

Piano Strutturale Comunale

Relazione illustrativa

Adozione

Delibera di C.C. n. del

Approvazione

Delibera di C.C. n. del

Sindaco

Sergio Gaetano Cofferati

Assessore Urbanistica, Pianificazione territoriale, Casa

Virginio Merola

Direttore Settore Territorio e Urbanistica

Giacomo Capuzzimati

Responsabile gruppo di progettazione

Francesco Evangelisti

Consulente generale

Patrizia Gabellini

I N D I C E

SISMICA E NEOTETTONICA DEL COMUNE DI BOLOGNA.....	2
1. GENERALITA'.....	2
2. STORIA SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....	2
3. NEOTETTONICA DELL'AREA BOLOGNESE.....	7
4. STRUTTURE SISMOGENETICHE DEL BOLOGNESE.....	9
5. ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	11
6. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (1° livello).....	18

SISMICA E NEOTETTONICA DEL COMUNE DI BOLOGNA

1. GENERALITA'

L'obiettivo del presente studio è quello di dotare il PSC del Comune di Bologna di uno strumento per la riduzione e prevenzione del rischio sismico, in riferimento a quanto previsto dall'Art. A-2 dell'allegato alla Legge Regionale 20/2000, seguendo le indicazioni ed i criteri previsti dalla Delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna progr. N°112 del 2 maggio 2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nei paragrafi successivi sono riportate le informazioni esistenti relative agli eventi sismici che hanno direttamente interessato il territorio Comunale, con l'analisi delle strutture tettoniche che influenzano tali fenomeni, successivamente viene affrontato il tema del rischio sismico.

2. STORIA SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

L'analisi delle caratteristiche sismiche del territorio bolognese parte direttamente dall'analisi delle informazioni storiche esistenti. Tale rivisitazione deve necessariamente tenere conto di un quadro delle conoscenze che risulta particolarmente dettagliato negli ultimi 200 anni, ma che procedendo a ritroso diventa frammentario e parziale, con informazioni riferite prevalentemente ai centri urbani storicamente presenti sul territorio e meno alle aree limitrofe, all'epoca scarsamente abitate.

Dal database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno denominato DOM4.1, e che contiene circa 37.000 osservazioni macrosismiche relative a più di 900 terremoti, e a più di 10.000 località, sono state estratte le osservazioni sismiche disponibili per BOLOGNA [44.498, 11.34] riportate nella tabella seguente (n° 87 osservazioni), specificando l'area epicentrale e il relativo valore di intensità massima, e gli effetti nel territorio Comunale.

Is = intensità effetti al sito (x10)

Ix = intensità massima osservata (x10)

Ms = magnitudo calcolata sulle onde superficiali (x10)

data							effetti				data							effetti			
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	SEC	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms	Ye	Mo	Da	Ho	Mi	SEC	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms		
1222	12	25	11			0	65	BRESCIANO	80	59	1874	10	7			0	45	IMOLESE	70	50	
1323	2	25				0	65	BOLOGNA	65	47	1875	3	17			0	35	RIMINI	80	52	
1348	1	25				0	45	CARNIA	95	64	1878	3	12			0	45	CASTEL S.PIETRO	65	47	
1352	12	25				0	35	MONTERCHI	90	62	1879	4	27			0	40	CASOLA VALSENIO	70	50	
1365	4	7	18			0	75	BOLOGNA	75	52	1881	1	24			0	65	BOLOGNESE	70	50	
1399	7	20	23			0	70	MODENESE	70	50	1881	9	28			0	30	CESENA	70	47	
1408						0	55	BOLOGNA	55	42	1885	2	26	20	48	0	40	SCANDIANO	60	44	
1414	8	7				0	30	TOSCANA OCC.	75	52	1889	3	8	2	47	0	60	BOLOGNA	60	44	
1433	5	4				0	65	BOLOGNA	65	47	1889	12	8			0	30	APRICENA	70	50	
1455	12	20	20	30		0	70	BOLOGNA	70	50	1892	1	5			0	10	GARDA OCC.	75	47	
1501	6	5	10			0	40	SASSUOLO	90	59	1897	12	18			0	30	PIETRALUNGA	80	52	
1505	1	3	2			0	70	BOLOGNA	70	50	1898	1	16			0	35	ARGENTA	70	50	
1505	5	15				0	55	BOLOGNA	55	42	1898	3	4			0	35	CALESTANO	70	47	
1511	3	26	14	30		0	40	GEMONA	90	62	1901	10	30	14	49	0	20	SALO'	80	55	
1542	6	13	2	15		0	45	SCARPERIA	90	62	1904	2	25	18	47	0	30	APP. REGGIANO	75	53	
1570	11	17				0	40	FERRARA	80	55	1904	6	10	11	14	0	30	APP. MODENESE	80	52	
1591	7	10				0	35	FORLI	65	47	1908	6	2	22	30	0	35	FRIGNANO	45	45	
1624	3	18	19	30		0	40	ARGENTA	90	55	1909	1	13	0	45	0	60	BASSA PADANA	65	54	
1661	3	22	12	45		0	40	CIVITELLA DI ROM.	90	62	1911	2	19	7	18	0	30	FORLIVESE	75	52	
1672	4	14	15	15		0	30	RIMINI	80	55	1913	7	21	22	35	0	30	VALLE DEL LAMONE	60	47	
1688	4	11	11	30		0	60	ROMAGNA	90	62	1914	10	27	9	22	0	50	GARFAGNANA	70	58	
1695	2	25	5	30		0	40	ASOLO	90	64	1915	1	13	6	52	0	30	AVEZZANO	110	70	
1779	7	14				0	70	BOLOGNA	70	50	1916	8	16	7	6	0	50	RIMINESE	80	61	
1780	2	5	22			0	65	BOLOGNA	65	47	1916	5	17	12	50	0	40	RIMINESE	80	60	
1781	4	4				0	40	FAENTINO	90	62	1918	11	10	15	12	0	40	S.SOFIA	80	58	
1786	12	25				0	40	RIMINI	80	55	1919	6	29	15	6	0	50	MUGELLO	90	63	
1796	10	22				0	60	BASSA PADANA	70	50	1920	9	7	5	55	0	50	GARFAGNANA	100	65	
1801	10	8				0	55	BOLOGNA	55	42	1922	5	24	21	17	0	30	CENTO	35	44	
1806	2	12				0	45	NOVELLARA	70	50	1929	4	20	1	9	0	50	BOLOGNESE	75	54	

data						effetti				data						effetti			
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	SEC	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms	Ye	Mo	Da	Ho	Mi	SEC	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms
1810	12	25	0	45	0	40	NOVELLARA	70	50	1929	7	18	21	2	0	25	MUGELLO	70	47
1811	7	15	22	44	0	40	SASSUOLO	70	50	1930	10	30	7	13	0	20	SENIGALLIA	85	60
1818	12	9	18	52	0	30	LANGHIRANO	75	52	1931	6	10	17	2	0	30	MODENESE	40	45
1832	3	13	3	20	0	45	REGGIANO	75	52	1935	6	5	11	48	0	30	FAENTINO	60	51
1834	2	14	13	15	0	30	ALTA LUNIGIANA	85	59	1936	10	18	3	10	0	30	BOSCO CANSIGLIO	90	58
1834	7	4	0	35	0	30	ALTA LUNIGIANA	65	47	1939	10	15	14	5	0	30	GARFAGNANA	70	49
1843	10	25	3	22	0	30	VERNIO	75	50	1964	9	5	21	9	0	35	RONCOBILACCIO	50	46
1850	9	18	6	10	0	55	MODENA	60	44	1967	12	30	4	19	0	40	BASSA PADANA	60	53
1861	10	16			0	40	FORLÌ	70	47	1967	12	9	3	9	0	10	ADRIATICO MER.	50	44
1864	12	11	17	40	0	40	MUGELLO	70	50	1971	7	15	1	33	0	40	PARMENSE	80	54
1864	3	15			0	35	ZOCCA	65	47	1972	10	25	21	56	0	30	PASSO CISA	50	47
1869	6	25			0	45	VERGATO	75	52	1976	5	6	20		0	45	FRIULI	95	65
1870	10	30			0	40	MELDOLA	80	55	1976	9	15	9	21	0	45	FRIULI	85	59
1873	6	29	3	55	0	50	BELLUNESE	100	64	1980	11	23	18	34	0	30	IRPINIA-LUCANIA	100	69
1873	9	17			0	45	LIGURIA ORIENTALE	65	47										

Tabella 1 – Elenco terremoti da catalogo DOM4.1

Tale situazione viene schematizzata nel diagramma seguente (Fig. 1) nel quale in rosso sono riportati i risentimenti al sito con intensità I_s superiore alla soglia del danno (I_s (MCS) > 5).

Tra gli episodi più significativi occorre ricordare quelli avvenuti tra il dicembre 1504 ed il gennaio 1505 con una serie di scosse che hanno raggiunto un'intensità massima riconducibile al VII grado MCS, si tratta di un fenomeno interessante in quanto la zona di origine risulta essere proprio l'area pedeappenninica bolognese.

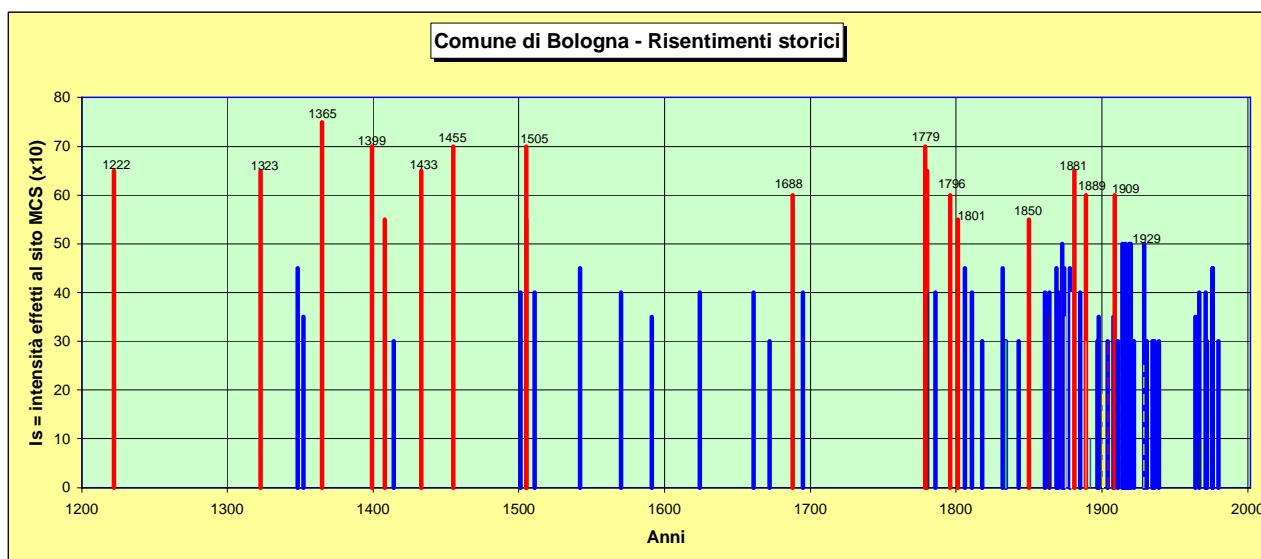


Fig. 1 – Risentimenti storici a Bologna

Analoga localizzazione e massima intensità caratterizzarono i terremoti bolognesi registrati tra il giugno 1779 e il settembre 1780.

Maggiori dettagli ed informazioni sono disponibili in merito ai terremoti del 1929 che risultarono particolarmente intensi e perdurarono per diversi mesi.

La massima intensità del fenomeno è stata registrata tra il mese di aprile e il mese di luglio, ed anche in questo caso la dislocazione degli epicentri interessa la fascia pedeappenninica bolognese con due aree di concentrazione, una posta a Sud Est (Fig. 2) della città lungo i rilievi collinari tra Bologna ed Imola (10-18 Aprile), una posta a Ovest (Fig. 3) in direzione dei comuni di Zola Predona e Bazzano (19 Aprile-31 Maggio), con intensità massime registrate sono approssimabili al VII grado MCS.

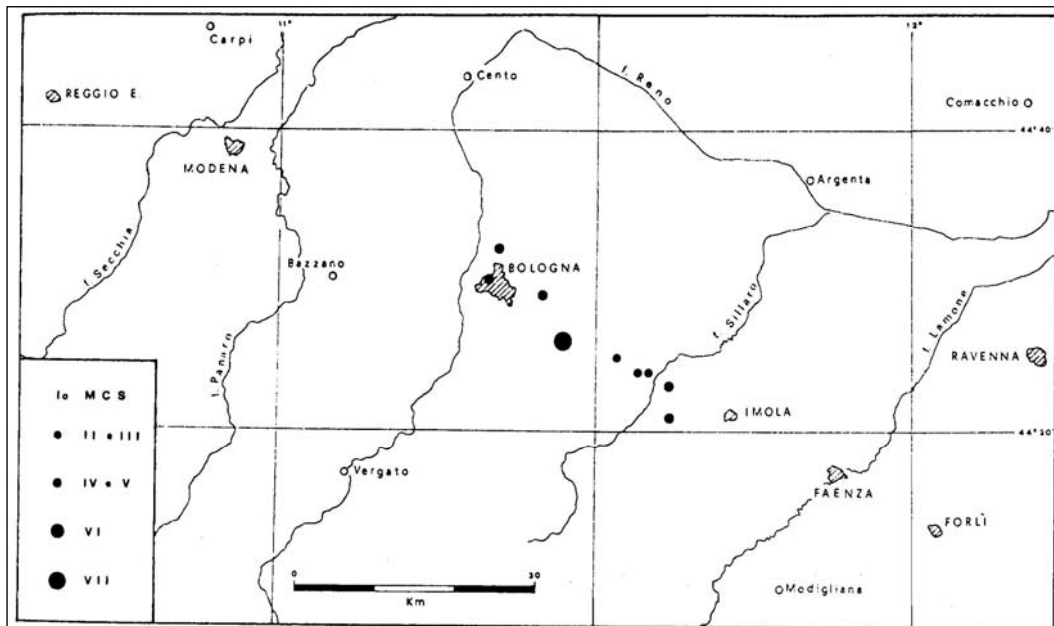


Fig. 2 - Carta degli epicentri, evidenziati per intensità massima, per il periodo 10-18 aprile 1929.

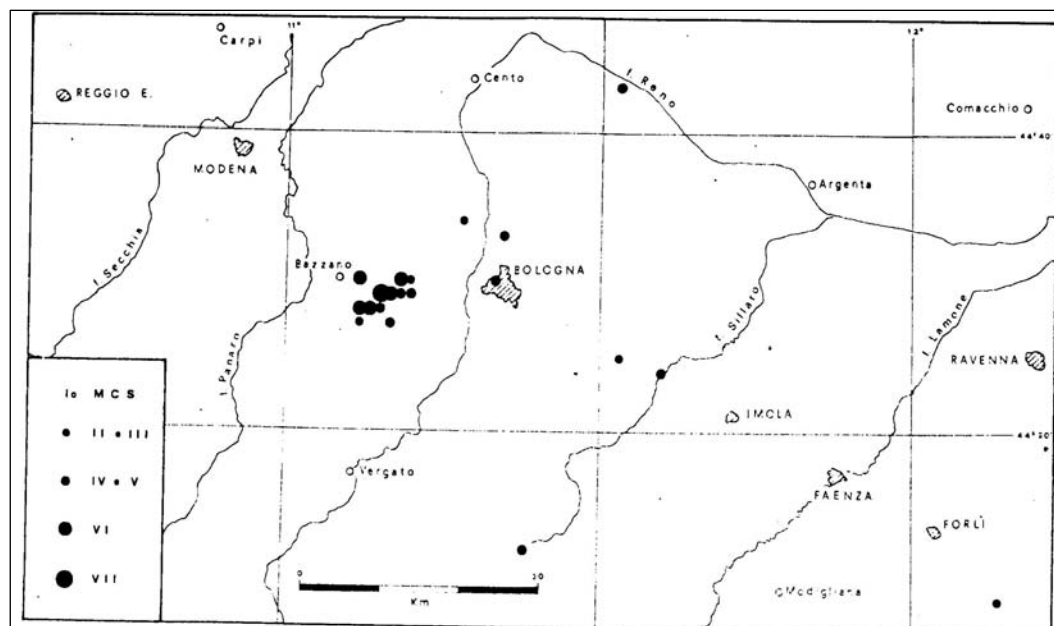
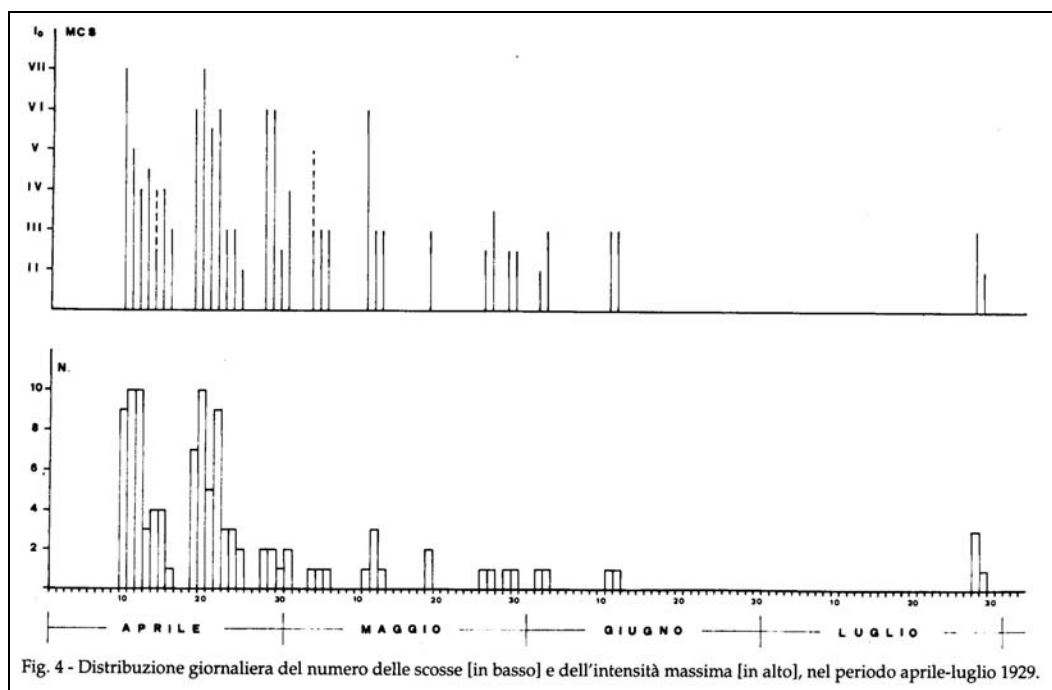


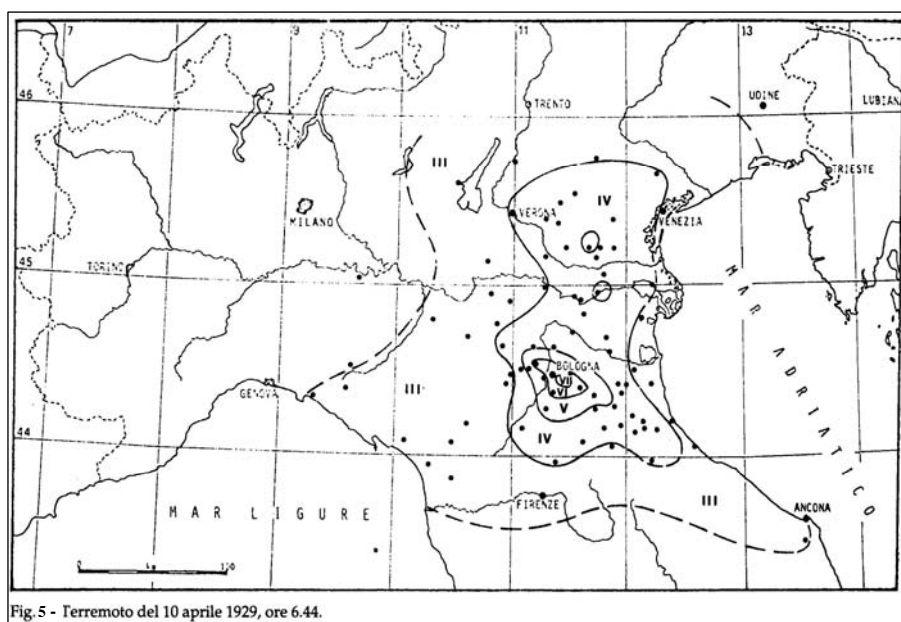
Fig. 3 - Carta degli epicentri, evidenziati per intensità massima, per il periodo 19 aprile 1929 - 31 maggio 1930.

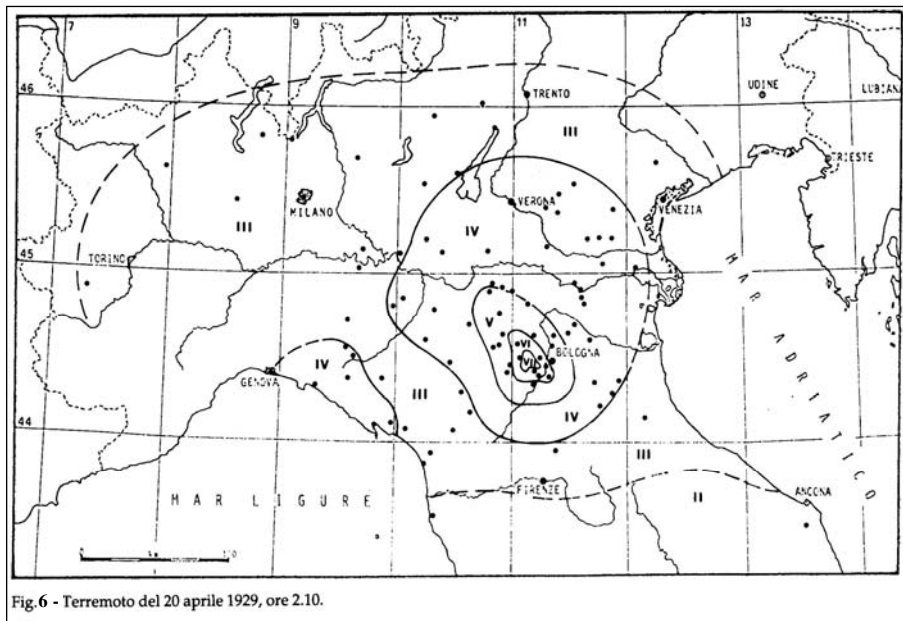
Tali figure mostrano inoltre come pochi epicentri risultino in questo caso localizzati in aree dell'Appennino e della Pianura Padana.

L'analisi della distribuzione giornaliera del numero delle scosse e delle intensità massime (Fig. 4) consente di individuare la presenza di una serie di sequenze sismiche "a sciame" relativamente brevi, intervallate da più brevi periodi di inattività.

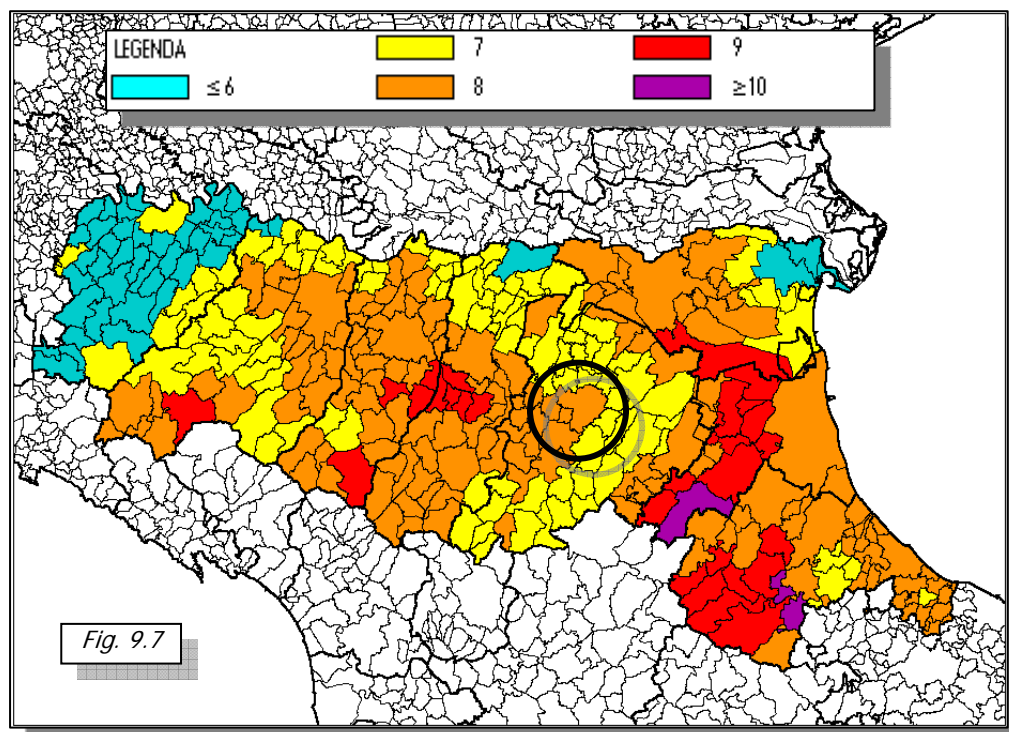


La distribuzione delle isosisme (linea che congiunge i punti della superficie terrestre in cui un terremoto si manifesta con uguale intensità) relative agli episodi di maggiore intensità verificatisi nel 1929 (figg. 5 e 6) consente inoltre di verificare come i campi macrosismici siano molto estesi interessando in buonissima parte tutta l'Italia settentrionale, con estensioni limitate delle aree di più elevata intensità (V grado o superiori) ed estensioni relativamente notevoli delle aree a più debole intensità (III e IV grado). Si noti inoltre nel caso delle isosisme più interne relative alle scosse del 10 Aprile si individuano (Fig. 5) propagazioni preferenziali in direzione WNW-ESE e negli altri tre in direzione NW-SE, lungo quelle che, come vedremo in seguito, rappresentano le principali strutture sismogenetiche presenti nell'area Bolognese. I risentimenti a Bologna risultano generalmente del V grado MCS e del VI nel caso della scossa del 10 Aprile.





In termini macrosismici, il catalogo DOM4.1, prima citato, è stato utilizzato, su incarico della Protezione Civile, da Molin et al. (1996) in combinazione con i dati di CFTI (Catalogo dei forti terremoti italiani di ING/SGA - Boschi et al., 1995) per la compilazione della "Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", di cui in fig. 7 viene riportato un estratto con la situazione della regione Emilia-Romagna.



Dalla figura precedente si desume che il territorio Comunale di Bologna è caratterizzato da un'intensità macrosismica pari a 8.

3. NEOTETTONICA DELL'AREA BOLOGNESE

L'analisi sismica di un territorio non può che partire dall'individuazione dei lineamenti geologici e tettonici che lo caratterizzano. La neotettonica rappresenta lo studio delle strutture tettoniche recenti ed attive che influenzano l'evoluzione di un territorio caratterizzandone l'attività sismica. Nel territorio comunale di Bologna si distingue nettamente un'area pedeappenninica che ricomprende la zona dei "colli bolognesi", e un'area di alta pianura caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali appartenenti alle conoidi dei fiumi e torrenti appenninici, mentre l'area appenninica più francamente montana lambisce marginalmente il territorio.

Dal punto di vista sismico l'area di maggiore interesse, tralasciando la parte appenninica, è individuata nella fascia pedeappenninica. In questo settore si realizza la sovrapposizione di terreni appartenenti alla successione neoautoctona emiliana su formazioni caotiche dando luogo a due strutture tettoniche principali:

- La sinclinale intrappenninica (1 – figura 8) - È dislocata nei circa 40 Km compresi tra le valli del Panaro e dell'Idice, presenta un orientamento Nord-Ovest/Sud-Est, ed è caratterizzato da terreni del Pliocene medio – superiore che evolvono gradualmente, verso l'alto, in depositi continentali costituiti prevalentemente da sabbie e ghiaie.
- L'anticlinale di Monte Capra – S.Luca – Monte Calvo (2 – figura 8) . Si tratta di un elemento di separazione tra la sinclinale intrappenninica e la grande depressione padana, difficilmente individuabile a causa dalla presenza di abbondanti depositi caotici e per il raddrizzamento del fianco settentrionale.

L'area di alta pianura è costituita da una stretta fascia di alluvioni prevalentemente ghiaiose e sabbiose deposte dai sistemi fluviali allo sbocco in pianura sulle sabbie gialle pleistoceniche in giacitura monoclinale con direzione di immersione orientata Nord/Nord – Est.

L'area di pianura presenta potenti accumuli alluvionali Quaternari. Le alluvioni sono collegate con strutture plicative sottostanti interessate da sistemi di faglia:

- Anticlinale di Anzola (3 – figura 8) – Segue grosso modo parallelamente la Via Emilia ma entra solo molto marginalmente nell'area d'interesse;
- Sinclinale di Sala Bolognese Castel Maggiore Granarolo (4 – figura 8) – si tratta di una grande depressione quasi completamente colmata dalle alluvioni in accumulo sui sedimenti marini plio-pleistocenici, si sviluppa secondo due direttrici, una ad andamento tipicamente appenninico che si dirige verso Castenaso, l'altra orientata E-W in direzione Budrio dove incontra l'Anticlinale di Budrio Imola in leggero sollevamento;
- Anticlinale di Budrio Imola (5 – figura 8) – Si tratta di un rilievo posto in profondità estremamente fagliato nella parte nord orientale;

Allontanandosi dall'area di studio in direzione Est ed Est Nord Est si possono riconoscere ulteriori strutture di notevole importanza ai fini tettonici:

- Anticlinale di Selva - Lugo (6 – figura 8) – struttura particolarmente estesa che presenta leggere ondulazioni riconducibili probabilmente a sollecitazioni generate da sistemi di pieghe e faglie profonde poste al substrato;

- Sinclinale di Conselice (7 – figura 8) – è una struttura plicativa molto simile a quella descritta come anticlinale di Selva Lugo anche per quanto riguarda l'orientamento e l'estensione, presenta però una dislocazione inversa nel substrato;
- Anticlinale di Argenta Alfonsine (8 – figura 8) – piega sepolta parallela alle precedenti, ubicata al margine Nord Est dell'area di pianura, il suo innalzamento ha determinato sensibili effetti sui depositi quaternari, riveste un discreto interesse geologico per la presenza di idrocarburi.

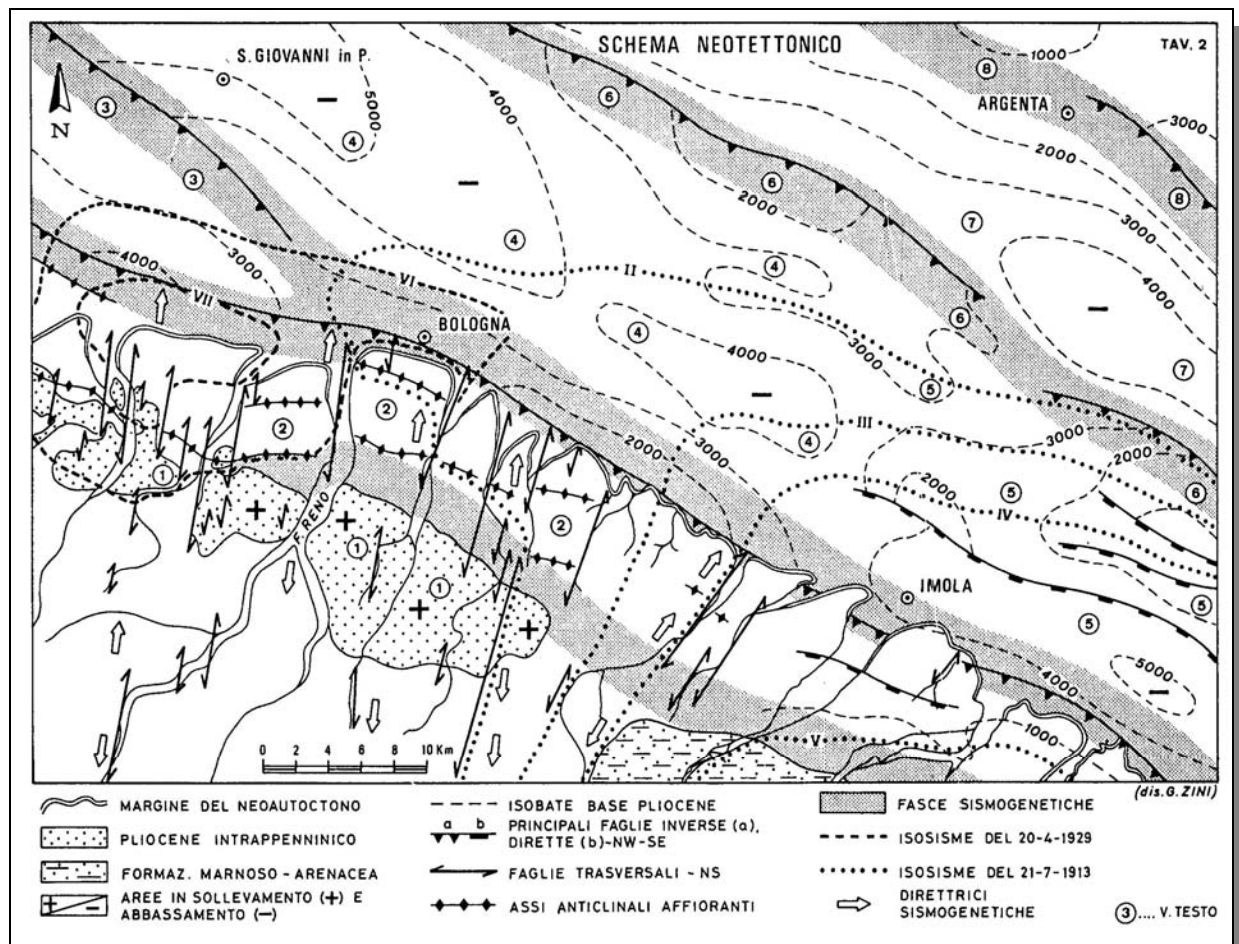


Fig. 8 – Schema neotettonico dell'area Bolognese (G.Carloni, F.Francavilla, R.Zecchi, 1978)

In termini neotettonici le più significative dislocazioni sono senza dubbio la faglia pedeappenninica e le faglie orientate in direzione Nord – Sud del margine padano.

- Faglia pedeappenninica – Si tratta di un lineamento tettonico che assume scala regionale in quanto si sviluppa attraverso Bazzano, Bologna, Castel S.Pietro, Imola e Faenza rappresentando l'elemento di separazione fra il margine appenninico e la pianura Padana. Nell'area pianeggiante si sono poi distinti ulteriori dislocazioni e strutture plicative che accompagnano l'approfondimento dei terreni appenninici.
- Faglie Nord Sud del margine padano – si tratta della prosecuzione in territorio pianeggiante del sistema di faglie a rigetto prevalentemente orizzontale che caratterizza gli assi vallivi dei fiumi Reno, Savena ed Idice. È un complesso di faglie a rigetto molto contenuto orientate in modo variabile ma

prevalentemente influenzate dall'andamento generale dell'arco appenninico orientato in direzione NW – SE nel tratto a Sud di Bologna.

Nel complesso si può sottolineare che il margine padano dell'Appennino bolognese presenta un sollevamento recente testimoniato sia dai lineamenti dislocati in direzione N-S, responsabili dei moti disgiuntivi trasversali nonché della frastagliatura del margine padano. Da sottolineare che la distribuzione degli epicentri dei terremoti si raccorda coerentemente con le strutture sepolte della pianura.

4. STRUTTURE SISMOGENETICHE DEL BOLOGNESE

I fenomeni sismici che si registrano nel territorio in esame sono più o meno direttamente connessi con le strutture neotettoniche precedentemente illustrate. Gli eventi di maggior rilievo, in termini d'intensità, sono riconducibili ai movimenti in atto nell'area montana appenninica a sud del territorio del Comune di Bologna, in cui il sovrascorrimento del cosiddetto "Macigno" è causa dei terremoti che fanno registrare elevata intensità (IX – X grado MCS). I movimenti che interessano la formazione marnoso – arenacea sono responsabili di una sismica che si manifesta con un'intensità appena inferiore (IX grado MCS). Anche in questo caso siamo in aree prossime a quelle in esame ma ancora al di fuori di esse. Vi sono poi terremoti generati dalle strutture appenniniche sepolte della Pianura Padana che si manifestano con intensità leggermente più basse (VIII grado MCS). Infine si registrano eventi derivanti dai sistemi vallivi inferiori ad andamento antiappenninico che danno luogo ad una sismica definibile secondaria per intensità (VII grado MCS), per frequenza di manifestazione e per dinamica tettonica. In definitiva le strutture sismogenetiche presenti nell'area del territorio del comune di Bologna sono rappresentate dalle faglie che bordano il margine padano del sistema della catena appenninica. Tali faglie hanno andamento sia orizzontale che verticale e i sismi che originano si collocano in una fascia posta ad una profondità compresa tra i 14 e i 20 Km che si estende in ampiezza da Bazzano fino a Faenza. Esiste poi una sismica secondaria che si sviluppa lungo lineamenti antiappenninici di rilevanza inferiore sia in ordine alla frequenza che in ordine alla intensità degli eventi, i quali si collocano ad una profondità compresa tra i 5 e i 15 Km. Queste manifestazioni si registrano lungo le valli del Reno, del Savena, del Santerno (Figura 9).

Dunque la sismogenetica riguardante il territorio comunale bolognese rientra nel più complessivo quadro relativo alla fascia pedeappenninica caratterizzata da attività individuabile in corridoi più o meno ampi in ragione della minore o maggiore verticalità dei sistemi di faglie che si rinvencono lungo tutto il margine padano. Per la sismica secondaria individuata nei sistemi di fratture con andamento antiappenninico (Nord Sud) si sottolinea che gli allineamenti dei fuochi risultano segmentati e non hanno le caratteristiche di continuità rintracciabili negli allineamenti del sistema principale orientato da Nord Ovest a Sud Est.

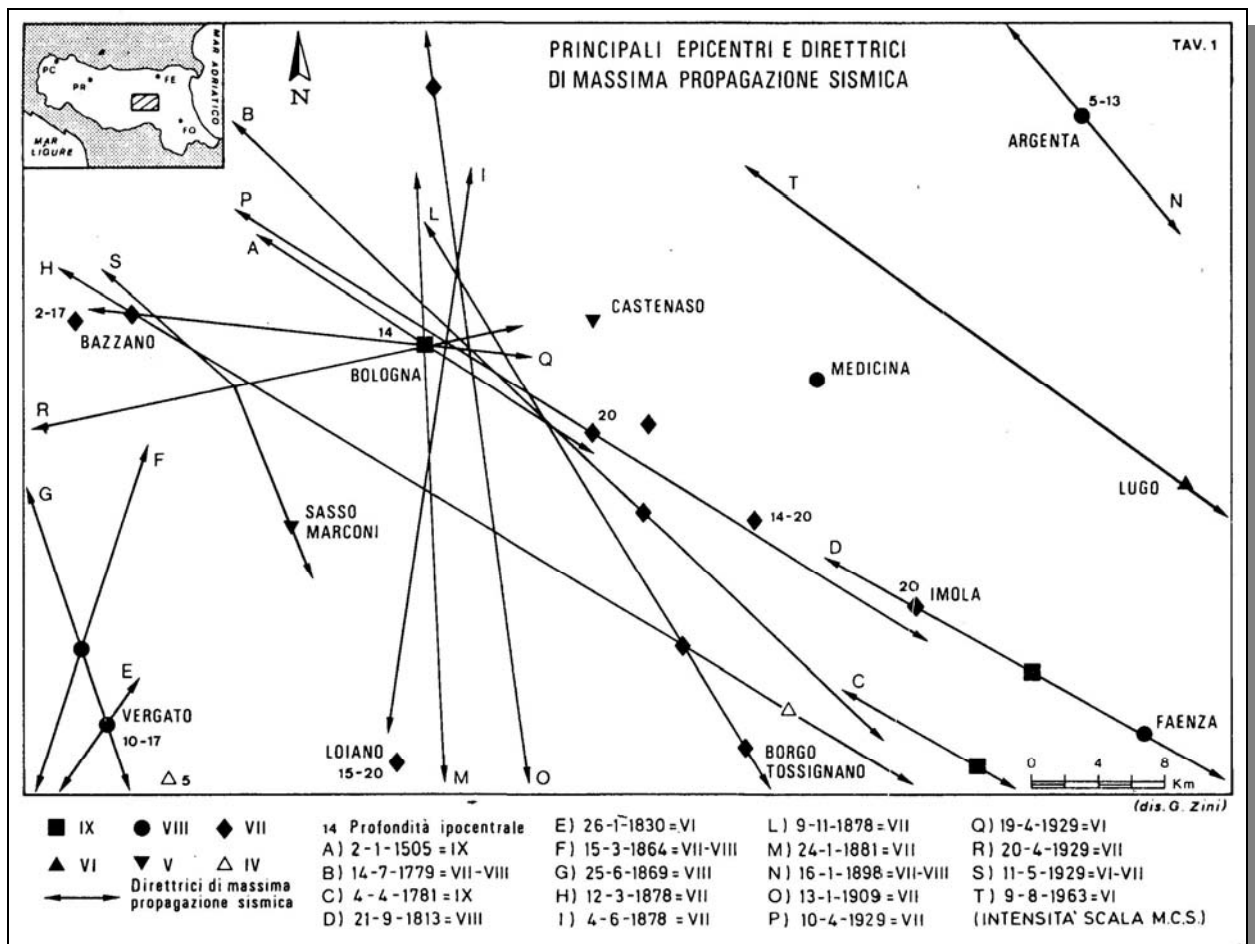


Fig. 9 - Principali epicentri e direttrici di massima propagazione sismica (G. Carloni, F. Francavilla, R. Zecchi, 1978)

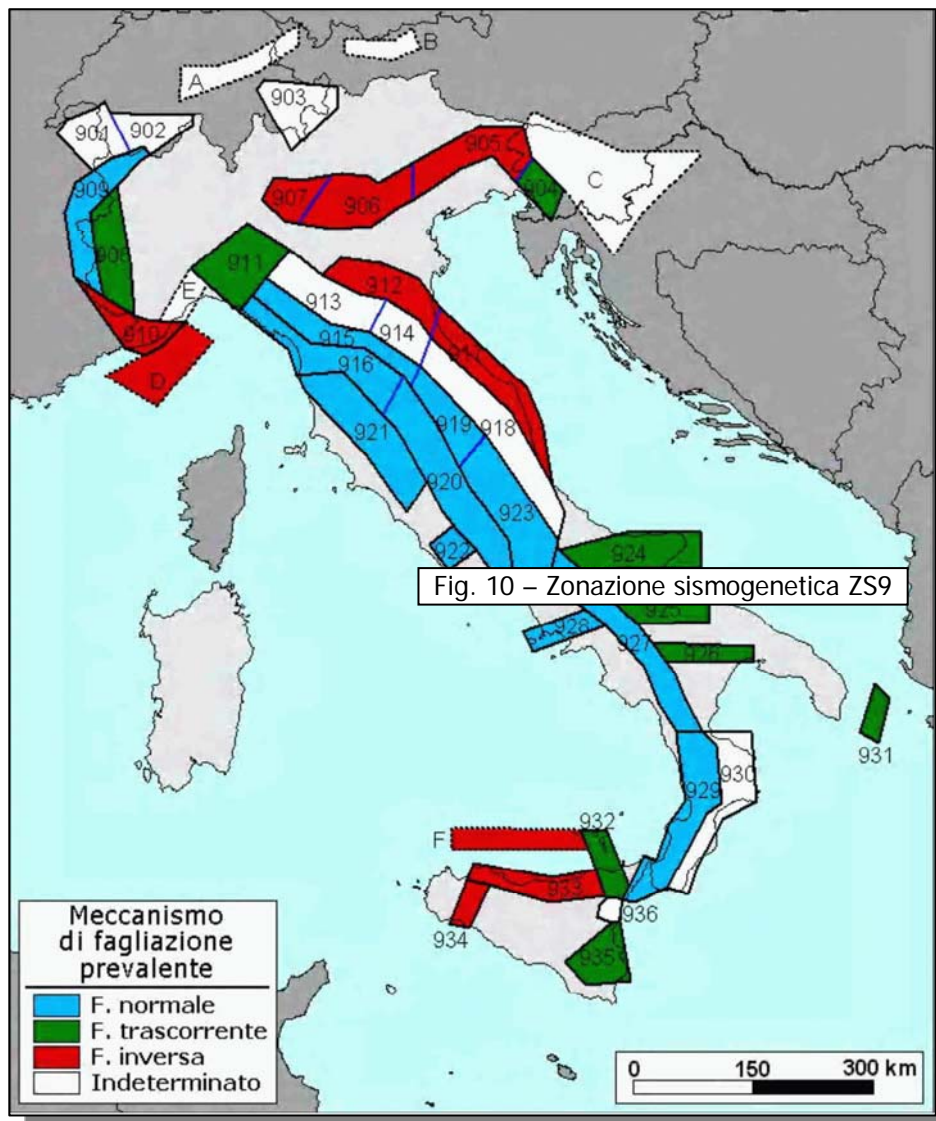
Tuttavia, pur trattandosi di una sismica decisamente secondaria, quella antiappenninica delle valli minori orientate Sud Nord, rappresenta senza dubbio una peculiarità caratterizzante per l'area oggetto di studio. A tal proposito la letteratura riferisce di interessanti osservazioni operate in merito alla dislocazione delle isosisme rilevate in occasione di terremoti particolarmente significativi, come ad esempio i terremoti bolognesi del 1929. Il rilievo riguarda la decisa deformazione che le isosisme hanno subito in corrispondenza proprio dei sistemi vallivi antiappenninici. Questo fenomeno viene interpretato in parte con la diversa velocità di propagazione delle onde sismiche in mezzi differenti (litotipi), ed in parte con la presenza di un rilevante sistema di fatturazione e diaclasi presente in queste aree. Dimostrazione ne è il fatto che la deformazione delle isosisme diventa più imponente in corrispondenza di deformazioni tettoniche più pronunciate. Con riferimento alla velocità di propagazione delle onde sismica è importante rilevare che essa differisce secondo particolari direzioni. In particolare la propagazione accelera preferenzialmente lungo la direttrice principale orientata NW SE, lungo la direttrice N S, nell'area collinare in corrispondenza con il confine settentrionale della formazione marnoso arenacea e lungo il bordo nord della sinclinale intrappenninica. Si registra invece un fenomeno di attenuazione della velocità di propagazione in direzione della pianura, dove evidentemente i potenti accumuli alluvionali causano una sensibile decelerazione.

5. ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Sulla base di un progetto pluriennale l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una ultima zonazione sismogenetica del territorio nazionale – Fig. 10 (denominata ZS9) che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale, e in cui, rispetto alle precedenti zonazioni, le zone sorgenti sono state ridisegnate in riferimento alle sorgenti sismogenetiche, sismicità storica e strumentale, ricomprendendo cautelativamente le aree circostanti sulle quali si possono sviluppare effetti di propagazione della pericolosità sismica.

Il territorio nazionale risulta suddiviso in 42 zone - sorgente e il territorio comunale di Bologna ricade prevalentemente all'interno della Zona sismogenetica 913 denominata "Appennino Emiliano-Romagnolo" una fascia di transizione nella quale convivono meccanismi di fagliazione diversi, essenzialmente compressivi a Nord-Ovest e distensivi a sud-est.

Una piccola porzione del territorio ricade all'interno della Zona sismogenetica 912 denominata "Dorsale Ferrarese" che rappresenta la fascia più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale con la presenza di alcune importanti linee sismotettoniche ed all'interno della quale al di sotto di spesse coltri di sedimenti alluvionali, sono presenti imponenti strutture compressive.



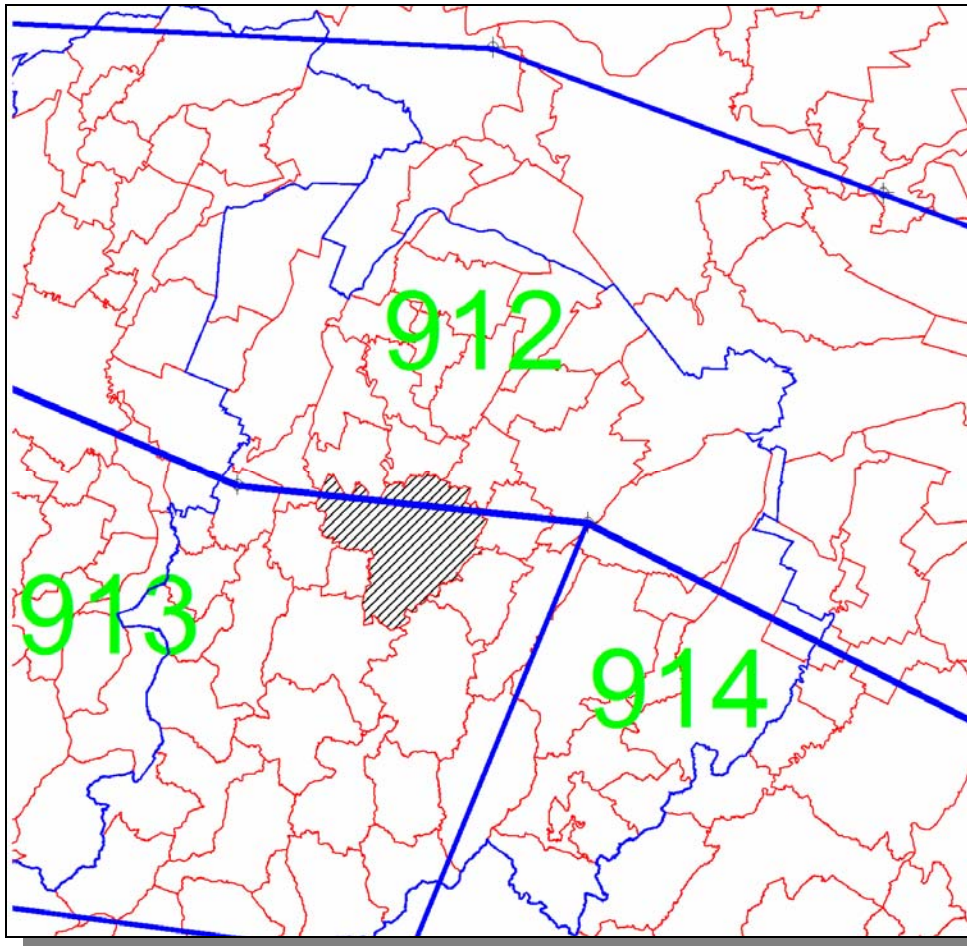


Fig. 11 – Dettaglio zonizzazione sismogenetica per il Comune di Bologna

Nella tabella seguente sono riportati per le zone sismogenetiche 912 e 913 i dati di riferimento pubblicati dal gruppo di lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (marzo 2004) in termini di numero di eventi per classi di magnitudo, magnitudo massima, classi di profondità e profondità efficace.

Zona	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2	Magnitudo massima Md	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13

Tabella 2. Dettagli eventi nelle zone sismogenetiche 912 e 913

Come si evidenzia nella tabella precedente il numero di eventi di basse magnitudo è molto elevato indicando quindi un frequente movimento che ha una funzione dissipativa delle energie tettoniche che possono accumularsi nell'area.

Basandosi sul CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI Edizione 2004 denominato CPTI04 sono stati individuati e riportati nelle tabelle seguenti i risentimenti storici che hanno direttamente interessato le zone sismogenetiche n. 912 e 913.

Tabella 3 – Elenco dei principali terremoti della zona sismogenetica 912

N	Tr	Anno	Me	Gi	AE	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	Mas	Das	Msp	Dsp	T	Ncft	Nnt	Ncpt
18	DI	725			Classe-Ravenna	2	85	80		44,400	12,220	A	5,57	0,19	5,40	0,28	5,55	0,28	G	77		18
51	DI	1234	3	20	FERRARA	5	70	70		44,836	11,618	A	5,17	0,30	4,80	0,45	4,99	0,42	G		860	51
53	DI	1249	9	0	Modena	4	75	65	M	44,650	10,930	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G	115	595	53
66	DI	1285	12	13	FERRARA	2	70	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		861	66
90	DI	1345	1	31	CASTELNUOVO	1	55	55		44,810	10,564	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	A		596	90
93	DI	1346	2	22	Ferrara	14	75	75		44,920	11,020	A	5,81	0,24	5,75	0,35	5,75	0,35	G	149	862	93
131	DI	1410	5	9	FERRARA	3	65	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		863	131
139	CP	1425	8	10	FERRARA SUD			60		44,833	11,667		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		864	139
171	DI	1474	3	11	MODENA	12	60	60		44,647	10,925	A	4,89	0,17	4,39	0,26	4,61	0,24	G		601	171
178	DI	1483	3	3	FERRARA	1	55	55		44,836	11,618	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		865	178
179	DI	1483	8	11	Romagna meridionale	14	85	80		44,170	12,230	A	5,67	0,13	5,54	0,20	5,54	0,20	G	197	888	179
207	CP	1508	10	18	FERRARA SUD			60		44,833	11,667		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		866	207
257	DI	1561	11	24	Ferrara	5	65	55	M	44,780	11,450	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	229	867	257
262	DI	1570	11	17	Ferrara	60	80	75		44,820	11,630	A	5,48	0,11	5,27	0,17	5,43	0,16	G	231	868	262
266	DI	1574	3	17	FINALE EMILIA	4	70	70		44,833	11,294	A	5,12	0,22	4,73	0,33	4,92	0,31	G		869	266
282	DI	1591	7	10	FORLI'	6	65	65		44,400	12,038	A	5,24	0,22	4,91	0,32	5,09	0,30	G		832	282
323	DI	1624	3	18	Argenta	17	85	75		44,650	11,850	A	5,43	0,22	5,19	0,32	5,35	0,30	G	243	870	323
362	DI	1660			MODENA	1	55	55		44,647	10,925	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		609	362
374	DI	1671	6	20	RUBIERA	13	70	70		44,709	10,814	A	5,34	0,15	5,06	0,22	5,23	0,20	G		610	374
393	DI	1688	4	11	ROMAGNA	36	90	90		44,390	11,942	A	5,88	0,12	5,85	0,18	5,85	0,18	G	266	834	393
395	CP	1688	8	18	FUSIGNANO			70		44,417	12,000		5,17	0,30	4,80	0,45	4,99	0,42	G		835	395
397	CP	1689	3	15	FUSIGNANO			60		44,417	12,000		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		836	397
416	DI	1695	2	28	FERRARA	1	55	55		44,836	11,618	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		871	416
521	DI	1743	5	29	FERRARA	1	65	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		872	521
609	DI	1780	2	6	Bolognese	7	65	55	M	44,620	11,320	A	4,85	0,11	4,32	0,16	4,54	0,15	G	323	766	609
612	DI	1780	5	25	RAVENNA	5	65	65		44,417	12,198	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		890	612
654	DI	1787	7	16	Ferrara	3	65	55	M	44,830	11,620	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	339	873	654
683	DI	1796	10	22	Emilia orientale	26	70	70		44,620	11,670	A	5,63	0,15	5,48	0,23	5,62	0,23	G	352	874	683
703	DI	1806	2	12	NOVELLARA	28	70	70		44,862	10,671	A	5,26	0,16	4,93	0,24	5,11	0,22	A		875	703
717	DI	1810	12	25	NOVELLARA	33	70	70		44,898	10,712	A	5,28	0,10	4,97	0,15	5,15	0,14	A		876	717
791	DI	1831	9	11	Reggiano	24	75	75		44,750	10,550	A	5,48	0,13	5,27	0,19	5,43	0,18	G	378	616	791
803	DI	1834	10	4	Bologna	10	60	55	M	44,600	11,370	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	384	768	803
871	DI	1850	9	18	MODENA	7	60	60		44,614	10,965	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		618	871
1174	CP	1891	8	1	LUGO			60		44,417	11,933		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		853	1174
1225	DI	1895	3	23	COMACCHIO	37	65	60		44,684	11,987	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		877	1225
1233	CP	1895	7	3	COMACCHIO			60		44,700	12,183		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	A		878	1233
1287	DI	1898	1	16	Romagna settent.	73	70	65		44,650	11,770	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G	452	879	1287
1482	CP	1908	6	28	FINALE EMILIA SUD			60		44,800	11,300		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		881	1482
1499	DI	1909	1	13	BASSA PADANA	799	65	65		44,579	11,688	A	5,53	0,05	5,33	0,08	5,48	0,07	G		882	1499
1729	DI	1922	5	24	CENTO	6	45	35		44,862	11,517	A	4,50	0,14	3,81	0,21	4,07	0,19	G		883	1729
1808	DI	1928	6	13	CARPI	35	70	65		44,797	10,872	A	4,85	0,09	4,32	0,13	4,54	0,12	G		884	1808
2047	DI	1950	5	6	REGGIANO	4	40	40		44,731	10,670	A	4,46	0,14	3,74	0,21	4,01	0,19	G		635	2047
2220	CP	1965	12	18	RUSSI			55		44,400	12,000		4,95	0,09	4,47	0,13	4,68	0,12	G		857	2220
2230	CP	1967	4	3	CORREGGIO			55		44,800	10,750		4,71	0,08	4,12	0,12	4,36	0,11	G		886	2230
2243	DI	1967	12	30	BASSA PADANA	40	60	60		44,604	11,997	A	5,36	0,08	5,09	0,12	5,26	0,11	G		887	2243
2245	CP	1968	1	11	RUSSI			50		44,400	12,000		4,58	0,20	3,92	0,29	4,17	0,27	G		858	2245
2263	CP	1969	1	10	RUSSI			55		44,383	12,000		4,63	0,09	4,00	0,13	4,25	0,12	G		859	2263
2389	CP	1978	12	5	RAVENNA S.O.					44,383	12,117		4,76	0,13	4,20	0,19	4,43	0,18	G		901	2389
2455	DI	1986	12	6	BONDENO	604	60	60		44,879	11,334	A	4,56	0,09	4,30	0,13	4,53	0,12	G		901	2456
2456	DI	1987	5	2	REGGIANO	803	60	60		44,797	10,697	A	5,05	0,07	4,79	0,08	4,98	0,08	G		902	2460
2509	DI	1996	10	15	CORREGGIO	135	70	70		44,782	10,683	A	5,44	0,18	5,09	0,04	5,26	0,04	G			
2534	CP	2000	6	18	REGGIANO					44,786	10,746		4,46	0,18	4,17	0,18	4,41	0,16	G			

Legenda:

N = Numero d'ordine del record
 Anno;Me;Gi = Tempo di origine
 Np = Numero dei dati puntuali di intensità disponibili
 Io = Intensità epicentrale x 10 (scala MCS)
 Lat/Lon = Coordinate epicentrali in gradi sessagesimali-decimali
 Maw = Magnitudo momento
 Mas = Magnitudo calcolata sulle onde di superficie
 Msp = Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di Sabetta e Pugliese (1996)
 TZ = Codice di assegnazione alla zona sorgente
 Nnt = Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1

Tr = Tipo di record
 AE = Denominazione dell'area dei massimi effetti
 Imx = Intensità massima x 10 (scala MCS)
 TI = Codice di determinazione di Io
 TL = Codice di localizzazione
 Daw = Errore associato alla stima di Maw
 Das = Errore associato alla stima di Mas
 Dsp = Errore associato alla stima di Msp
 Ncft = Numero progressivo dei record nel catalogo CFT12
 Ncpt = Numero d'ordine dei record nel catalogo CPT199

Tabella 4 – Elenco dei principali terremoti della zona sismogenetica 913

N	Tr	Anno	Me	Gi	AE	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	Mas	Das	Msp	Dsp	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
5	DI	-91			Modena - Reggio Emilia	3	85	80		44,650	10,780	A	5,66	0,17	5,53	0,25	5,53	0,25	G	24		5
84	DI	1323	2	25	BOLOGNA	5	65	55	M	44,500	11,330	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	144	755	84
106	DI	1365	7	25	BOLOGNA	5	75	65	M	44,500	11,330	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G	159	756	106
123	DI	1399	7	20	MODENESE	6	70	70		44,470	11,070	A	5,40	0,16	5,15	0,24	5,31	0,22	G	169	757	123
130	DI	1409	11	15	PARMA	5	70	60	M	44,800	10,330	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G	173	598	130
142	DI	1433	5	4	BOLOGNA	5	70	60	M	44,500	11,330	A	5,03	0,17	4,60	0,25	4,80	0,23	G	180	759	142
144	DI	1438	6	11	PARMENSE	12	80	80		44,850	10,230	A	5,62	0,17	5,47	0,26	5,61	0,26	G	181	599	144
151	DI	1455	2	6	BOLOGNESE	1		75		44,400	11,250	A	5,37	0,30	5,10	0,45	5,27	0,42	G		760	151
152	DI	1455	12	20	Media valle del Reno	7	75	70		44,420	11,270	A	5,18	0,25	4,81	0,37	5,00	0,34	G	185	761	152
160	DI	1465	4	15	REGGIO EMILIA	6	65	65		44,700	10,630	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G	192	600	160
195	DI	1501	6	5	Appennino modenese	19	90	85	M	44,520	10,850	A	5,85	0,11	5,82	0,16	5,82	0,16	G	204	602	195
202	DI	1505	1	3	BOLOGNA	31	70	70		44,480	11,250	A	5,47	0,09	5,25	0,14	5,41	0,13	G	207	762	202
203	DI	1505	5	15	BOLOGNA	1	55	55		44,498	11,340	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		763	203
242	DI	1547	2	10	REGGIO EMILIA	13	80	70	M	44,700	10,630	A	5,21	0,25	4,86	0,37	5,05	0,34	G	223	603	242
264	DI	1572	6	4	PARMA	8	70	70		44,851	10,422	A	5,13	0,23	4,74	0,34	4,93	0,32	A		604	264
279	CP	1586	1	12	SPLAMBERTO			60		44,583	11,000		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		605	279
281	DI	1591	5	24	REGGIO EMILIA	4	60	60		44,697	10,631	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		606	281
304	DI	1608	1	6	REGGIO EMILIA	2	60	60		44,697	10,631	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		607	304
333	DI	1628	11	4	PARMA	8	70	70		44,801	10,329	A	5,17	0,30	4,80	0,45	4,99	0,42	G		608	333
368	CP	1666	4	14	BOLOGNA			60		44,500	11,333		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		764	368
501	DI	1732	2	27	PARMA	1	60	60		44,801	10,329	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		611	501
511	DI	1738	11	5	PARMA	10	70	70		44,906	10,028	A	5,40	0,20	5,15	0,30	5,31	0,28	G		612	511
582	CP	1771	8	13	CAMUGNANO			60		44,167	11,167		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		748	582
589	DI	1774	3	4	PARMA	2	60	60		44,801	10,329	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		613	589
692	DI	1801	10	8	BOLOGNA	1	55	55		44,498	11,340	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		767	692
720	DI	1811	7	15	SASSUOLO	21	70	70		44,572	10,728	A	5,24	0,19	4,91	0,28	5,09	0,26	G		614	720
740	DI	1818	12	9	LANGHIRANO	27	75	75		44,668	10,286	A	5,57	0,10	5,40	0,15	5,55	0,15	G		615	740
798	DI	1832	3	13	REGGIANO	93	75	75		44,770	10,470	A	5,59	0,07	5,43	0,10	5,57	0,10	G	382	617	798
906	DI	1857	2	1	PARMENSE	22	65	65		44,749	10,480	A	5,26	0,12	4,94	0,18	5,12	0,17	G		619	906
939	DI	1864	3	15	ZOCCA	13	65	65		44,337	11,059	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		769	939
961	DI	1869	6	25	VERGATO	16	75	75		44,314	11,116	A	5,32	0,19	5,03	0,28	5,20	0,26	G		770	961
966	CP	1869	12	13	SERRAMAZZONI			65		44,500	10,750		5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		620	966
984	DI	1873	5	16	REGGIANO	15	65	65		44,612	10,701	A	5,13	0,20	4,74	0,29	4,93	0,27	G		621	984
1054	DI	1881	1	24	BOLOGNESE	30	70	65		44,320	11,350	A	5,14	0,17	4,76	0,26	4,95	0,24	G	430	772	1054
1124	DI	1886	10	15	COLLECCHIO	44	60	60		44,750	10,306	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		623	1124
1144	DI	1889	3	8	BOLOGNA	32	60	60		44,518	11,237	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		773	1144
1190	CP	1892	5	17	CARPINETI			60		44,450	10,517		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		581	1190
1236	CP	1895	8	7	FANANO			60		44,250	10,750		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		582	1236
1259	CP	1896	12	8	FANANO			60		44,250	10,750		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		583	1259
1291	DI	1898	3	4	CALESTANO	260	70	65		44,503	10,314	A	5,07	0,09	4,65	0,14	4,85	0,13	G		584	1291
1385	DI	1904	2	25	REGGIANO	62	70	60		44,480	10,630	A	5,13	0,07	4,75	0,11	4,94	0,10	G	461	624	1385
1479	DI	1908	6	2	FRIGNANO	18	45	45		44,264	10,823	A	4,69	0,14	4,09	0,21	4,33	0,19	G		586	1479
1504	CP	1909	3	18	CARPINETI			60		44,500	10,500		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		625	1504
1590	DI	1913	11	25	VAL DI TARO	73	50	50		44,597	10,279	A	4,85	0,14	4,33	0,21	4,55	0,19	G		587	1590
1622	DI	1915	10	10	REGGIO EMILIA	30	65	60		44,732	10,469	A	5,01	0,08	4,57	0,12	4,78	0,11	G		626	1622
1739	DI	1923	6	28	FORMIGINE	22	60	60		44,595	10,799	A	5,21	0,05	4,86	0,08	5,05	0,07	G		627	1739
1784	DI	1926	6	28	REGGIANO	3	40	40		44,488	10,487	A	4,61	0,11	3,97	0,16	4,22	0,15	G		628	1784
1797	CP	1927	11	20	CERVAREZZA			60		44,400	10,400		4,66	0,09	4,04	0,14	4,29	0,13	G		589	1797
1821	DI	1929	4	20	BOLOGNESE	639	80	70	M	44,470	11,130	A	5,55	0,02	5,36	0,03	5,51	0,03	G	495	774	1821
1843	CP	1930	9	24	SCANDIANO			60		44,600	10,600		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		629	1843
1859	DI	1931	6	10	MODENESE	14	40	40		44,541	11,021	A	4,84	0,09	4,31	0,13	4,54	0,12	G		630	1859
1897	DI	1934	9	18	VIGNOLA	6	40	40		44,495	11,012	A	4,50	0,14	3,80	0,21	4,06	0,19	G		631	1897
1931	CP	1937	9	17	PARMA OVEST			60		44,800	10,300		4,56	0,11	3,89	0,17	4,15	0,16	G		632	1931
1933	DI	1937	12	10	Appennino modenese	28	70	65		44,334	10,834	A	5,42	0,04	5,18	0,06	5,34	0,06	G		633	1933
1960	CP	1940	5	1	NOCETO			50		44,800	10,183		4,89	0,14	4,39	0,21	4,61	0,19	G		634	1960
2060	DI	1951	10	29	VALLE PANARO	3	50	50		44,458	10,989	A	4,60	0,14	3,96	0,21	4,21	0,19	G		636	2060
2097	CP	1956	4	26	PASSO FUTA			60		44,150	11,317		4,95	0,09	4,47	0,14	4,68	0,13	G		752	2097
2112	DI	1957	8	27	ZOCCA	58	60	60		44,394	10,994	A	5,06	0,09	4,64	0,14	4,84	0,13	G		775	2112
2173	CP	1962	5	11	CAMUGNANO			60		44,200	11,167		4,83	0,07	4,30	0,11	4,53	0,10	G		753	2173
2218	DI																					

Con il D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le costruzioni", è entrata in vigore la classificazione sismica del territorio nazionale, suddiviso in zone, ciascuna caratterizzata da un diverso valore di a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo rigido.

Il Comune di Bologna è rientrato tra i comuni dichiarati sismici rientrando nello specifico nella zona 3 (così come da classificazione dell'OPCM 3274/20003), in cui l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A è $a_g = 0.15g$.

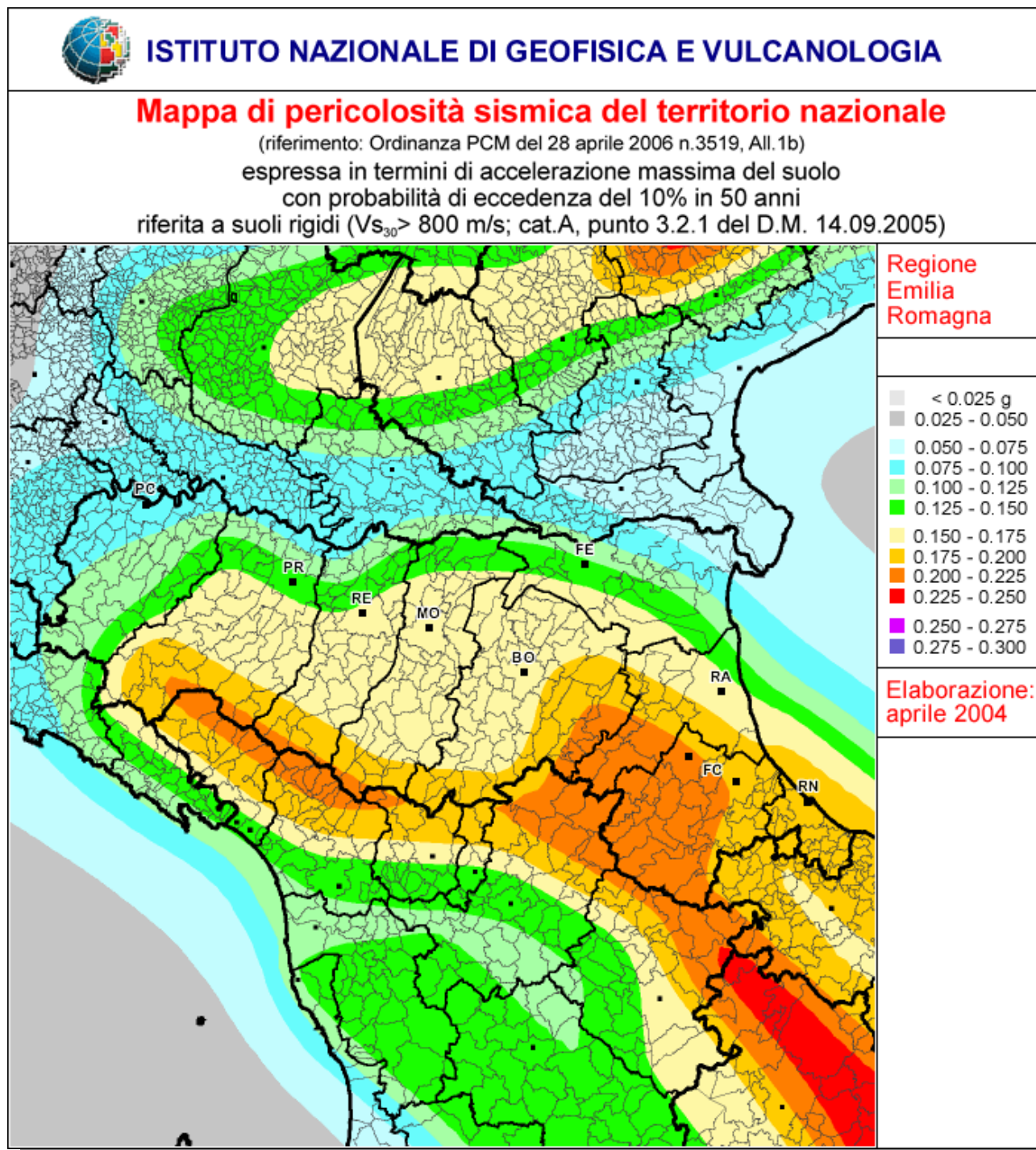
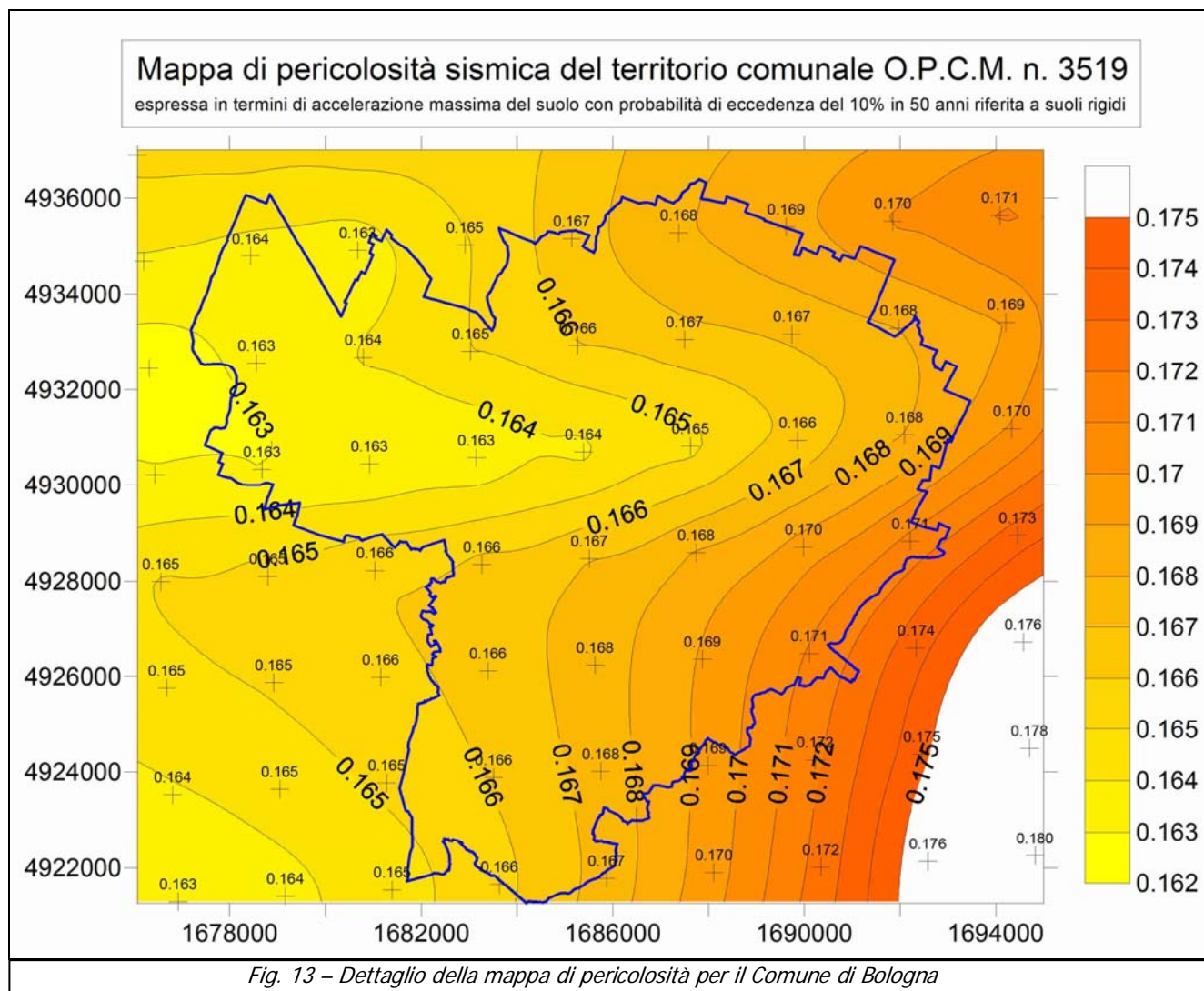


Fig. 12 – Mapa di pericolosità della Regione Emilia-Romagna

Con OPCM 3519 del 28/04/2006 viene definita una nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, non ancora recepita formalmente dalla Regione Emilia Romagna, riportata nella figura 12, espressa in termini di accelerazione massima al suolo a_{max} con probabilità di

eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/sec; cat. A), in cui viene adottata una suddivisione con intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0.025. come previsto dal D.M. 14/09/2005 . Per il territorio comunale viene riportata in fig. 13 il dettaglio dei valori di ag attesi, che variano da un minimo di 0.163g nella zona occidentale ad un massimo di 0.172g in quella orientale.



La tabella seguente individua i valori di alcuni parametri utilizzati per il calcolo dei valori di pericolosità sismica, ed in particolare i valori di M_{wmax} e relativi tassi (solo nei casi in cui M_{wmax} non corrisponde al valore osservato) e i valori di b ; si può notare che i valori di magnitudo massima prevista per le zone 912 e 913 sono rispettivamente pari a 6.14 e 5.91.

ZS Name	ZS9	MwMax AR	Tassi Mwmax	Tassi Mwmax	b Co-04.2	b Co-04.4	MwMax GR	Tassi Mwmax	Tassi Mwmax
Savoia	901	5.91	0.21	0.21	-1.18	-1.26	6.14	0.11	0.14
Vallese	902	6.14			-1.26	-1.05	6.14	0.14	0.21
Grigioni - Valtellina	903	5.91	0.21	0.21	-1.26	-1.05	6.14	0.14	0.21
Trieste - Monte Nevoso	904	5.68			-1.12	-1.32	6.14	0.14	0.09
Friuli - Veneto Orientale	905	6.60			-1.06	-1.12	6.60	0.37	0.34
Garda - Veronese	906	6.60		0.14	-1.14	-1.70	6.60	0.11	0.08
Bergamasco	907	5.91	0.14	0.14	-1.71	-1.48	6.14	0.04	0.06
Piemonte	908	5.68			-1.91	-1.67	6.14	0.04	0.06
Alpi Occidentali	909	5.68	0.21	0.33	-1.27	-1.38	6.14	0.10	0.09
Nizza - Sanremo	910	6.37			-1.12	-1.06	6.37	0.14	0.12
Tortona - Bobbio	911	5.68			-1.47	-1.33	6.14	0.05	0.09
Dorsale Ferrarese	912	6.14	0.12	0.12	-1.35	-1.32	6.14	0.12	0.12
Appennino Emiliano-Romagnolo	913	5.91		0.21	-1.80	-1.53	6.14	0.07	0.18
Forlivese	914	5.91			-1.33	-1.23	6.14	0.14	0.21
Garfagnana - Mugello	915	6.60			-1.34	-1.36	6.60	0.11	0.12
Versilia-Chianti	916	5.68	0.21	0.33	-1.96	-1.58	6.14	0.04	0.06
Rimini - Ancona	917	6.14	0.12	0.12	-1.04	-1.01	6.14	0.12	0.12
Medio-Marchigiana/Abruzzese	918	6.37	0.14	0.21	-1.10	-1.11	6.37	0.14	0.21
Appennino Umbro	919	6.37			-1.22	-1.39	6.37	0.26	0.21
Val di Chiana - Ciociaria	920	5.68	0.28	0.33	-1.96	-1.58	6.14	0.06	0.17
Etruria	921	5.91		0.08	-2.00	-2.01	6.14	0.05	0.04
Colli Albani	922	5.45			-2.00	-2.01	5.45	0.37	0.25
Appennino Abruzzese	923	7.06			-1.05	-1.09	7.06	0.14	0.14
Molise-Gargano	924	6.83			-1.04	-1.06	6.83	0.13	0.14
Ofanto	925	6.83			-0.67	-0.75	6.83	0.17	0.17
Basento	926	5.91			-1.28	-1.38	6.14	0.10	0.09
Sannio - Irpinia - Basilicata	927	7.06			-0.74	-0.72	7.06	0.43	0.69
Ischia - Vesuvio	928	5.91	0.21	0.21	-1.04	-0.66	5.91	0.21	0.21
Calabria tirrenica	929	7.29			-0.82	-0.79	7.29	0.17	0.17
Calabria ionica	930	6.60			-0.98	-0.89	6.60	0.17	0.21
Canale d'Otranto	931	6.83			-0.63	-0.63	6.83	0.21	0.21
Eolie - Patti	932	6.14			-1.21	-1.08	6.14	0.21	0.33
Sicilia settentrionale	933	6.14	0.21	0.33	-1.39	-1.24	6.14	0.20	0.31
Belice	934	6.14			-0.96	-0.93	6.14	0.20	0.20
Iblei	935	7.29			-0.72	-0.69	7.29	0.12	0.17
Etna	936	5.45	0.33	0.33	-1.63	-1.22	5.45	0.33	0.33

6. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (1° livello)

La Regione Emilia Romagna ha recentemente emanato una direttiva (n. 112/2007) ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 contenente gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Si è quindi proceduto ad eseguire uno studio della pericolosità sismica locale di 1° livello secondo lo schema proposto in tali indirizzi e facendo riferimento, da un punto di vista metodologico, alle esperienze effettuate dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Emilia-Romagna per la redazione di mappe di pericolosità per l'adeguamento dei PTCP delle Province di Rimini e Modena.

Si è quindi provveduto ad individuare sul territorio comunale le aree suscettibili di effetti locali e che necessitano di specifici approfondimenti (2° e 3° livello). Nella figura 14 viene riportato lo schema metodologico applicato desunto da L.Martelli et al (2007).

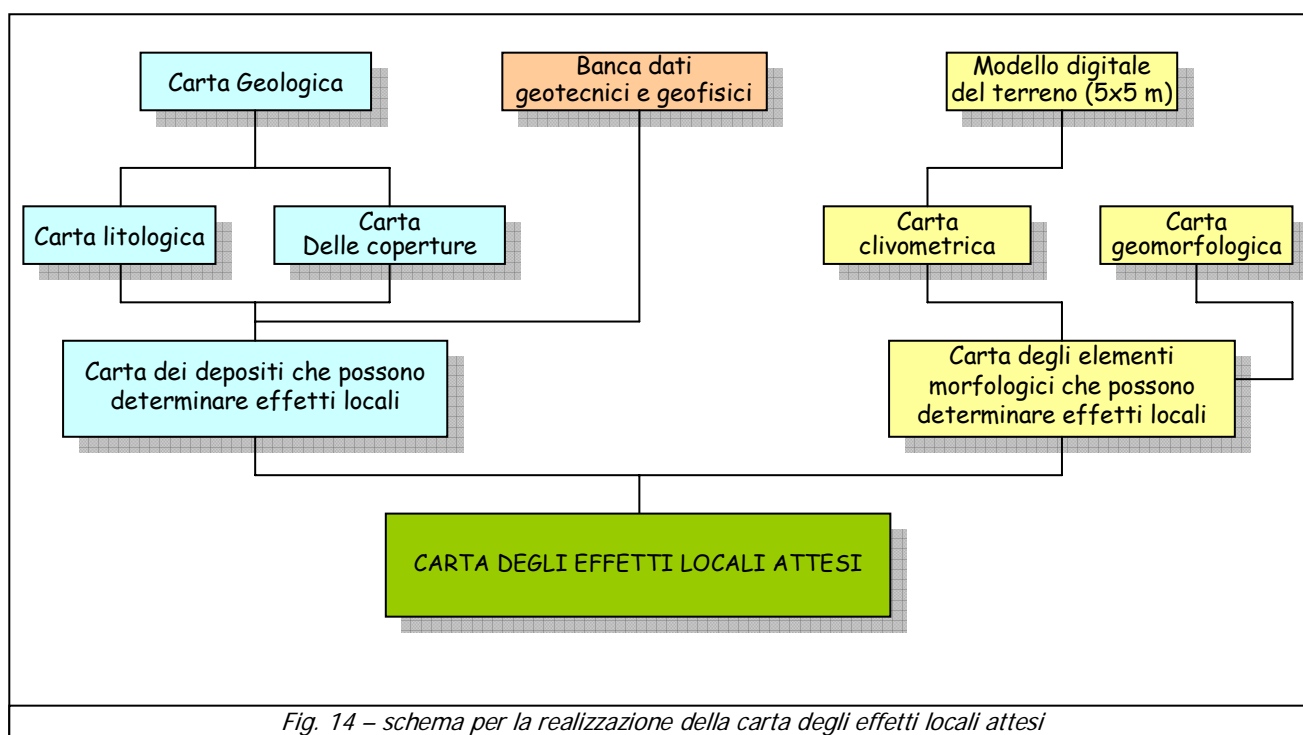


Fig. 14 – schema per la realizzazione della carta degli effetti locali attesi

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono di solito in tre gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- **gli effetti di amplificazione topografica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono l'amplificazione delle onde sismiche lungo i fianchi del rilievo con pendenza superiore a 15° con l'interazione tra onde incidenti ed onde diffratte che produce rapide variazioni in ampiezza e

frequenza delle onde sismiche generando un complesso campo di spostamenti con alternanza di amplificazioni ed attenuazioni che possono dare luogo a marcati movimenti differenziali. Inoltre si possono avere fenomeni di focalizzazione delle stesse in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; tale amplificazione è condizionata dalle caratteristiche geometriche del rilievo (quali il fattore di forma h/L), che devono essere tali per cui la lunghezza d'onda incidente sia comparabile con la semilarghezza $L/2$ della base dell'irregolarità;; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- **effetti di amplificazione litologica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc..) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.
- **gli effetti di instabilità:** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito. Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali. Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture. Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluisamenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione. Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

L'analisi dei depositi che possono determinare effetti locali è stata eseguita differenziando le aree collinari da quelle di alta e media pianura ricompresi nel territorio Comunale. Per quanto concerne l'area di pianura si è ricostruita una carta del sottosuolo (Tav. E.1) che riporta l'andamento del tetto delle ghiaie (equidistanza pari a 5 m) ricostruita sulla base di circa 1.300 dati stratigrafici con una densità nell'area di pianura pari a circa 120 dati per km², direttamente reperiti dalla banca dati geognostici della Regione Emilia-Romagna e del Comune. Si è inoltre effettuata una ulteriore elaborazione individuando la percentuale dei litotipi prevalentemente ghiaiosi presenti nei primi 30 metri di spessore, profondità che coincide con quella relativa alle velocità delle onde di taglio Vs30 sulle quali, in base agli indirizzi regionali, si basano gli studi di pericolosità di 2° livello. Tali elaborazioni individuano abbastanza nettamente i corpi ghiaiosi della conoide recente del Fiume Reno e del Torrente Savena, con il primo di maggiori dimensioni e meglio delineato rispetto a quello del Savena, con quest'ultimo caratterizzato da diversi rami corrispondenti ad antichi tracciati. Si sono inoltre individuate le aree in cui sono presenti nei primi 20 metri livelli prevalentemente sabbiosi significativi in termini di spessore per il rischio di liquefazione e densificazione, dato che risente in maniera significativa del dettaglio e della qualità delle ricostruzioni stratigrafiche.

In tale elaborato è stato inoltre ricostruito l'andamento delle isobate di profondità della base dei depositi alluvionali, spessori che diminuiscono progressivamente procedendo verso l'area collinare, e che presentano valori di solito inferiori a 5 metri nel fondovalle Savena, mentre risultano compresi tra 5 e 10 metri nel fondovalle del Reno.

La successiva elaborazione ha comportato l'individuazione sul territorio delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici (Tavola E.2), sia in termini di depositi che di elementi morfologici, distinti come di seguito riportato.

EFFETTI ATTESI : Amplificazione

Depositi

(n.b.: un ruolo importante viene svolto dallo spessore del deposito, che deve risultare superiore ai 5 metri per determinare un'amplificazione significativa. Se da un lato tale informazione è stata ottenuta con una certa precisione per i depositi alluvionali dell'alta pianura e dei fondovalle del Reno e Savena, dall'altro, sulle aree collinari, i dati relativi ai depositi di versante in senso lato, accumuli detritici pedemontani risultano scarsi. Su tali aree eventuali interventi dovranno prevedere specifiche indagini geognostiche volte alla verifica degli spessori di tali depositi)

- a) Detriti di versante s.l. (ricomprende i depositi eluvio-colluviali, di falda e gli accumuli di frana);
- b) Depositi alluvionali;
- c) Accumuli detritici pedemontani (falde di detrito e coniche di deiezione);
- d) Riperti antropici rappresentati da terreni di tombamento di aree di ex-cava con spessori che possono raggiungere anche i 20-30 metri;
- e) Litotipi del Substrato caratterizzati da $V_s < 750-800$ m/s (sono state considerate appartenenti a tale categoria di depositi argillosi e sabbiosi post-evaporitici (Argille di Riolo Terme e Sabbie di Imola) che costituiscono il substrato geologico della zona settentrionale e meridionale del territorio comunale);

Elementi morfologici : Versanti con acclività > 15°, creste e cocuzzoli

EFFETTI ATTESI : Amplificazione e cedimenti

- Depositi granulari sciolti (sabbie) – (sono stati considerati i depositi prevalentemente sabbiosi esistenti nei primi 20 metri di profondità con la presenza potenziale di una falda superficiale)
- Depositi prevalentemente argillosi e limosi, con spessori di copertura comunque superiori ai 5 metri;
- Cavità sepolte (cedimenti per crollo di cavità carsiche nei depositi evaporatici messiniani);

EFFETTI ATTESI : Instabilità dei versanti

- Zone instabili (movimenti gravitativi attivi);
- Zone potenzialmente instabili (Frane quiescenti o attivazioni di movimenti franosi in pendii con acclività > di 15°, zone boscate potenzialmente instabili, zone prossime a frane attive, aree detritiche prossime a orli di scarpata);

Per quanto concerne l'analisi delle pendenze del territorio collinare, si è utilizzato un modello digitale del terreno appositamente elaborato con una maglia 5 x 5 metri, ottenendo la carta clivometrica riportata in Fig. 15, dalla quale sono state individuati i settori dei versanti caratterizzati da un'acclività > 15° (Fig. 16).

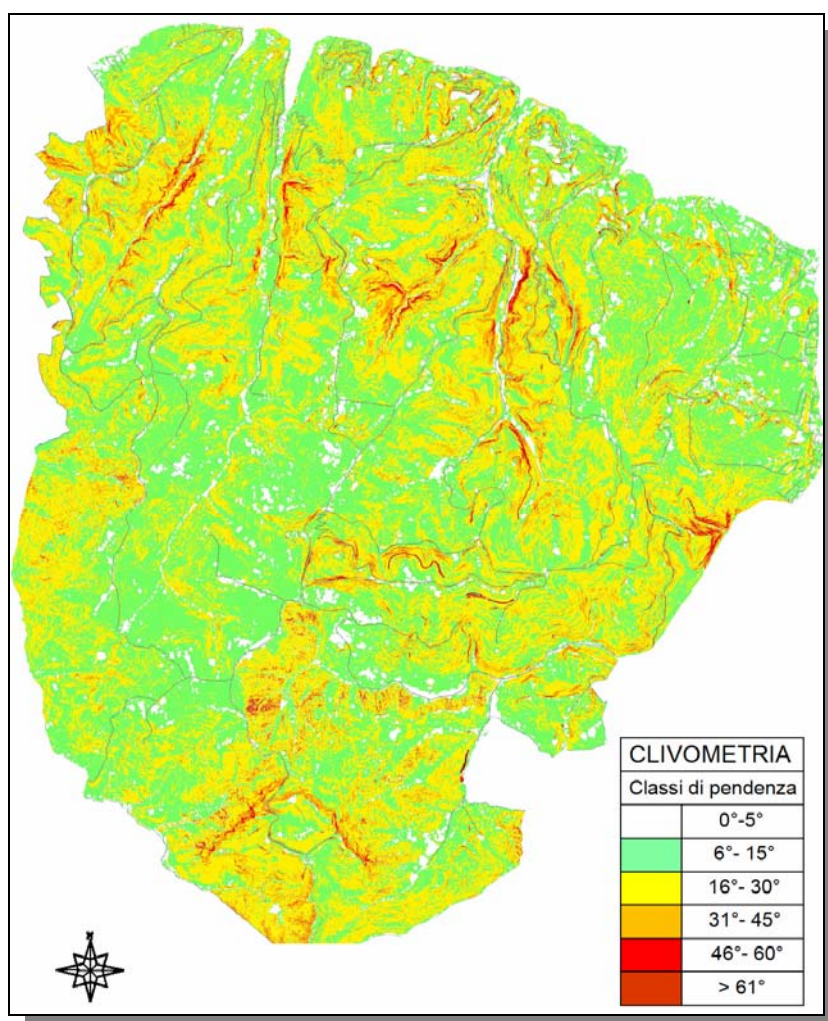


Fig. 15 – Carta clivometrica del territorio collinare

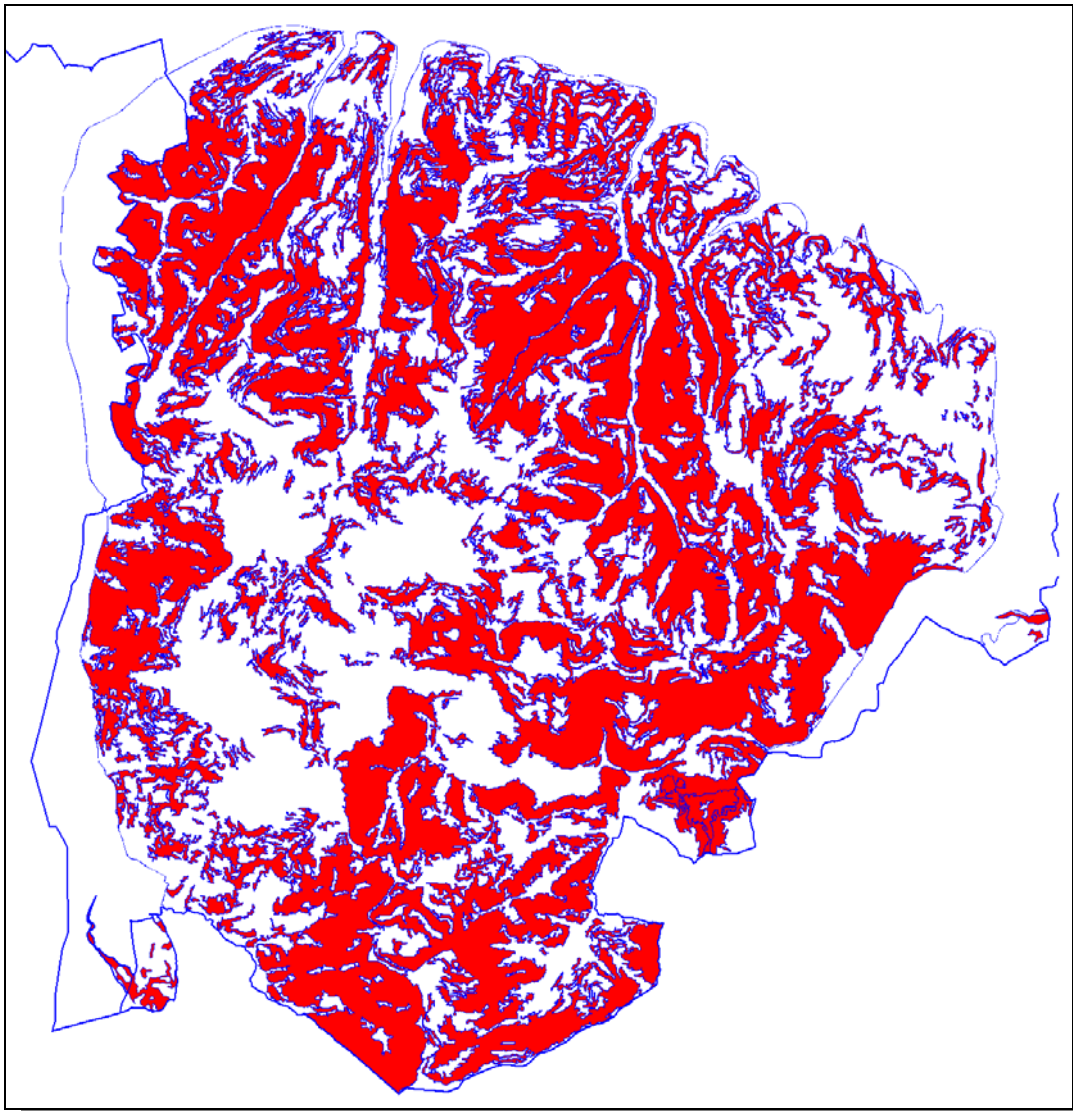


Fig. 16 – Versanti con acclività > 15°

Dalle carte di analisi descritte è derivata la cartografia comunale delle aree suscettibili di effetti locali (Tavola E.3) in cui sono anche indicati, nel caso siano ammessi interventi, gli effetti attesi, gli studi di approfondimento necessari e i livelli di approfondimento previsti dagli indirizzi proposti dalla Regione Emilia-Romagna nella Deliberazione n. 112/2007.

In particolare con il colore rosso sono individuate le aree instabili di frana attive, in cui sono necessari approfondimenti di III livello, e gli effetti previsti di amplificazione sono di natura litologica e topografica per i versanti con acclività > 15° (zona puntinata). In verde sono distinte le aree di frana quiescenti, i depositi detritici di versante in senso lato e le zone boscate potenzialmente instabili, con approfondimenti previsti di III livello, distinguendo, anche in questo caso, gli effetti di amplificazione litologica e topografica.

Con il colore azzurro sono indicati i depositi alluvionali, sia quelli di fondovalle e terrazzati dell'area appenninica, sia quelli di pianura e le zone con substrato geologico caratterizzato da $V_s < 750-800$ m/s; il colore marrone individua i depositi prevalentemente sabbiosi che sono a rischio di liquefazione e densificazione per scosse di magnitudo uguale o maggiore a 5, mentre il giallo indica i depositi prevalentemente limosi e argillosi di pianura soggetti ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a

potenziali cedimenti e i terreni di riporto che costituiscono il tombamento di aree di ex-cava. Con il colore bianco infine si indicano infine i terreni che presentano $V_s > 800$ m/s e come tali non soggette ad effetti locali.

Si è inoltre prodotta come previsto dalla Del. 112/2007 una carta di sintesi (Tav. E.4) in cui sono rappresentate con colore bianco le aree che non necessitano di approfondimento, con colore giallo le aree che necessitano dell'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento) e con colore rosso le aree per le quali è richiesta un'analisi approfondita (terzo livello di approfondimento).

7. CONCLUSIONI

Con il lavoro eseguito, all'interno delle analisi effettuate per il quadro conoscitivo del PSC del Comune di Bologna, si è provveduto a ampliare le conoscenze relative alla pericolosità sismica del locale territorio, attraverso la redazione di una cartografia di dettaglio degli elementi predisposti che possono determinare, a seguito di un evento sismico, effetti di sito, da utilizzare sia per la programmazione territoriale che per la pianificazione d'emergenza.

Si è inoltre prodotta una zonizzazione finalizzata ad individuare i settori del territorio sui quali devono essere previsti in fase di redazione del POC, nel caso di interventi di nuova edificazione e riqualificazione, specifiche analisi sul rischio sismico secondo i gradi di approfondimento previsti dalla delibera del Regione Emilia-Romagna n. 112/2007.