

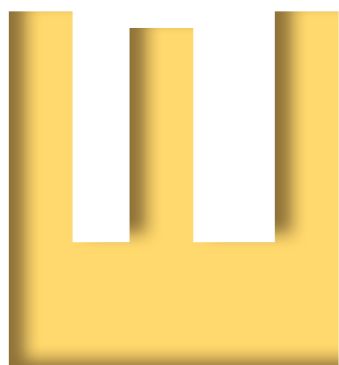


Elaborato gestionale

Regolamento Urbanistico Edilizio

RUE 11

Studio di microzonazione sismica (approfondimento al II°
livello DAL Regione Emilia-Romagna n. 112/2007 e smi)



ADOTTATO	con Delibera di CC. n. 103054/79 del 21/07/2015
PUBBLICATO	sul B.U.R. n. 213 del 12/08/2015
APPROVATO	con Delibera di CC. n. 54946/88 del 14/04/2016
PUBBLICATO	sul B.U.R. n. 144 del 18/05/2016



GEOLOGICA TOSCANA - Prospezioni Geofisiche S.n.c.

Viale Marconi n° 106 – POGGIBONSI (SI) Tel. 0577 935891 Fax 0577 989279
Cod. Fisc. & P.I. 01228880520
e-mail: info@geologicatoscana.eu - www.geologicatoscana.eu

Dott. Geol. Andrea Castellani
Dott. Geol. Paolo Castellani
Dott. Geol. Annalisa Fontanelli
Dott. Geol. Damiano Guarguaglini
Dott. Geol. Stefano Nastasi
Dott. Riccardo Cortigiani (collaboratore)

VARIANTE 2015 DI ADEGUAMENTO E SEMPLIFICAZIONE

Sindaco

Fabrizio Matteucci

Segretario Generale

Paolo Neri

Assessore Urbanistica, Edilizia, Protezione civile e subsidenza

Libero Ascoli

Coordinamento generale: Paola Bissi

Responsabile di procedimento: Francesca Proni

Unità operativa:

Raffaella Bendazzi, Francesca Brusi, Doriana Casilio, Giovanna Galassi Minguzzi, Franca Gordini, Paolo Minguzzi, Federica Proni, Leonardo Rossi

Gruppo di lavoro:

Patrizia Alberici, Gloria Dradi, Flavio Magnani, Angela Vistoli, Roberto Braghini, Rudy Iemmi, Antonia Tassinari, Eugenio Vichi, Maurizio Fabbri, Fausto Mazzesi, Simone Ruffilli, Silvia Ulazzi

INDICE

1

1. INTRODUZIONE.....	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	3
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	23
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	24
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	28
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	29
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	30
6. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	32
6.1 CARTA DELLE INDAGINI.....	32
6.2 CARTA GEOLOGICO - TECNICA E DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI	33
6.3 CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI	38
6.3.1 Zone suscettibili di amplificazioni locali.....	39
6.3.2 Zone suscettibili di instabilità.....	39
6.4 CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (V_s)	39
6.5 CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	40
7. RISULTATI E CONCLUSIONI.....	40
8. BIBLIOGRAFIA	42

ALLEGATI

ALLEGATO 1 ALLEGATI CARTOGRAFICI SUDDIVISI PER CENTRI URBANI
ALLEGATO 2 REPORT DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA E GEOFISICA
ALLEGATO 3 INDAGINI D'ARCHIVIO

1. Introduzione

Con il termine Microzonazione Sismica si intende l'attività di valutazione su un territorio, a scala comunale, delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche e dalle condizioni topografiche locali.

Il progetto di approfondimento di secondo livello ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la microzonazione sismica del territorio indagato, allo scopo di definire un modello unitario del sottosuolo e individuare con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre in seguito ad approfondimento di terzo livello.

Il Comune di Ravenna in concomitanza con la *Variante 2015 di adeguamento e semplificazione RUE 11* del Regolamento Urbanistico Edilizio ha deciso di eseguire lo studio di microzonazione sismica con approfondimento al secondo livello e a tal fine, vista la vastità del territorio comunale, è stato concordato di concentrare gli studi su 36 aree, rappresentate dal Capoluogo e dalle frazioni più significative (Casal Borsetti, Sant'Alberto, Savarna, Marina Romea, Marina di Ravenna, Area Industriale 2, Area Industriale 3, Area Industriale 4, Mezzano, Santerno, Piangipane, Area Industriale - Fornace Zarattini, Porto Fuori, Punta Marina, Lido Adriano, Lido di Dante, Ponte Nuovo e Madonna dell'Albero, Classe, Fosso Ghiaia, San Bartolo, Villanova e San Marco, Roncalceci, Ragone e Filetto, San Pietro in Trento, Coccolia, Gambellara, San Pietro in Vincoli, Santo Stefano e Campiano, San Pietro in Campiano, San Zaccaria, Casemurate, Castiglione di Ravenna, Savio di Ravenna, Lido di Classe e Lido di Savio.).

Il territorio comunale era già stato investigato dal punto di vista sismico con una prima fase di approfondimento, nell'ambito della redazione del Piano Operativo Comunale (*Dott. Geol. Giorgio Frassinetti*) nel dicembre 2010, e tali indagini sono state parte integrante per lo studio di Microzonazione nel suo complesso.

A tali indagini si sono poi aggiunte nuove indagini sismiche e geognostiche (sismica attiva e passiva ad hoc, penetrometrie statiche e piezoconi sismici, progettate e ubicate in accordo con il *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli* della Regione Emilia Romagna nella persona del Dott. Geol. Luca Martelli) effettuate per conto del Comune di Ravenna a completamento delle aree rimaste scoperte durante la redazione del Piano Operativo Comunale.

Per la redazione della cartografia necessaria all'approfondimento di secondo livello ci siamo avvalsi della carta geologica del Piano Operativo Comunale; ci siamo inoltre anche avvalsi della cartografia geologica regionale.

Inoltre è stata presa come riferimento la carta geomorfologica del Piano Operativo Comunale; è stato infine consultato l'archivio on - line del progetto IFFI.

La base topografica utilizzata per la redazione degli elaborati cartografici, è la CTR scala 1:5.000 fornita dall'Ufficio Progettazione Urbanistica del Comune di Ravenna, in particolare dal Dott. Paolo Minguzzi.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Raccolta delle indagini pregresse;
- Esecuzione delle nuove indagini;
- Realizzazione della Cartografia (*Carta delle indagini, Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni, Carta delle aree suscettibili di effetti locali, Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s), Carta dei fattori di amplificazione.*).

Il presente studio di Microzonazione è stato effettuato in ottemperanza:

- DGR 2193/15 Aggiornamento all'atto di coordinamento tecnico denominato "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*"
- All. A del DGR 2193/15 "*Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'Art. 16, c.1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*";
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.0 b.

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale dell'Emilia Romagna – Ord. PCM 3274/2003 – Delib. G.R. n° 1435 del 21/07/2003 – e successive modificazioni e integrazioni, il Comune di Ravenna è censito tra le aree a sismicità 3 ($0,100 < A_g/g < 0,200$).

L'accelerazione, considerata al suolo su bedrock rigido categoria di sottosuolo "A", si intende quella con la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a tempi di ritorno di 475 anni.

In linea con i meccanismi sismogenetici dell'appennino settentrionale tale accelerazione assume, sul territorio del Comune di Ravenna, valori progressivamente decrescenti spostandosi da Sud - Ovest verso Nord - Est, allontanandosi quindi dalle sorgenti principali dei terremoti.

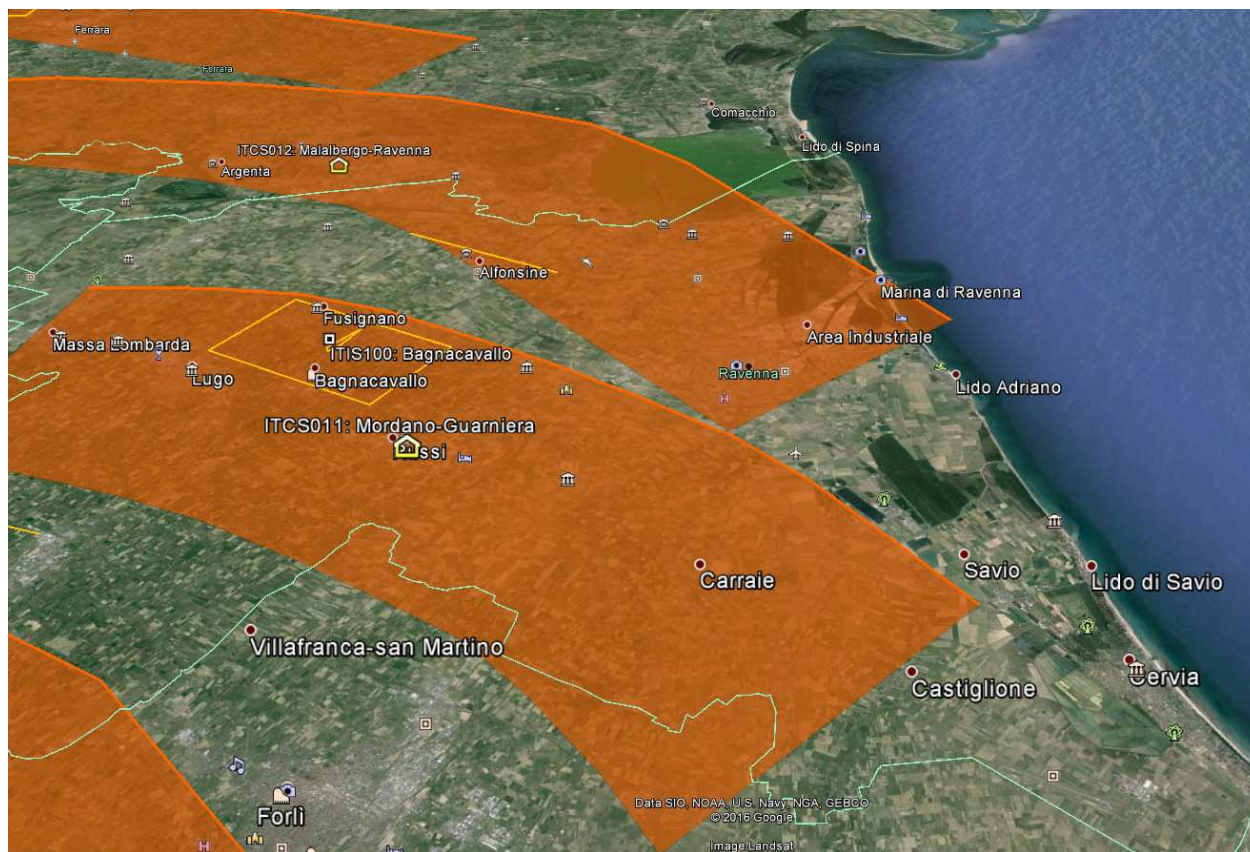
Dott. Paolo Castellani
 Dott. Stefano Nastasi
 Dott. Damiano Guarguaglini
 Dott. Annalisa Fontanelli
 Dott. Andrea Castellani



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Dal progetto DISS_3.1.1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si nota ancor meglio come le faglie attive e capaci siano posizionate tutte a Ovest e a Nord - Est del territorio comunale in questione.

In particolare sono da mettere in luce due importanti sistemi fessurativi “*Individual Seismogenic Sources*”, che prendono il nome di *ITCS011: Mordano - Guarniera* e *ITCS012: Malalbergo - Ravenna Ovest* distanti poco più di 20 km dal capoluogo comunale.



Mapa delle fonti sismogenetiche

Le fonti sismogenetiche individuali (nella figura sopra in giallo – *ITIS100 Bagnacavallo*) sono definite da dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da una serie completa di dati geometrici (strike, dip, lunghezza, larghezza e profondità), cinematici (rake) e parametri sismologici (spostamento singolo evento, magnitudo, slip rate, periodo di ritorno).

Si assume che le fonti sismogenetiche individuali abbiano una ripetitività strettamente periodica in funzione del rapporto lunghezza/larghezza a rottura, dell'immersione dell'evento e della magnitudo attesa.

Esse sono confrontate con i database di tutto il mondo per la coerenza interna, in termini di lunghezza, larghezza, spostamento del singolo evento e magnitudo, oltre a poter essere aumentate attraverso la scarpata di faglia o asse della piega quando disponibili (di solito caratteristiche strutturali con attività documentata dal Pleistocene superiore - Olocene).

Questa categoria ha lo scopo di fornire le informazioni più accurate disponibili tra le migliori sorgenti identificate, ma la completezza delle fonti stesse non può essere garantita.

Le fonti sismogenetiche individuali possono quindi essere utilizzate per il calcolo di scenari di terremoto e tsunami e per le indagini tettonico/geodinamiche, ma non hanno lo scopo di comprendere un insieme di dati completo per la valutazione probabilistica della pericolosità sismica.

Sempre nella figura sovrastante, colorate in arancio, sono rappresentate fonti sismogenetiche composite.

Le fonti sismogenetiche composite (aree sismogenetiche) sono basate su dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da parametri geometrici (strike, dip, larghezza, profondità) e cinematici (rake).

Una sorgente sismogenetica composta è essenzialmente una struttura dedotta da dati geologici regionali superficiali e profondi.

La lunghezza della rottura del terremoto atteso, è comunque poco definita o sconosciuta; quindi una tipica sorgente sismogenetica composta si estende ad un numero imprecisato di sorgenti individuali.

Come risultato, fonti di questa categoria non vengono considerate capaci di un terremoto di specifiche dimensioni, ma il loro potenziale sismico può essere stimato dai cataloghi di terremoti esistenti.

A differenza delle fonti sismogenetiche individuali, questa categoria di sorgenti è stata concepita per raggiungere la completezza delle registrazioni delle potenziali fonti di terremoto, anche se questo può comportare una precisione minore nella loro descrizione.

Dai dati di disaggregazione di a(g) delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV possiamo valutare quale sia la magnitudo e la distanza epicentrale più probabile con tempi di ritorno di circa 475 anni (10% di superamento in 50 anni) attesi per il Comune di Ravenna.

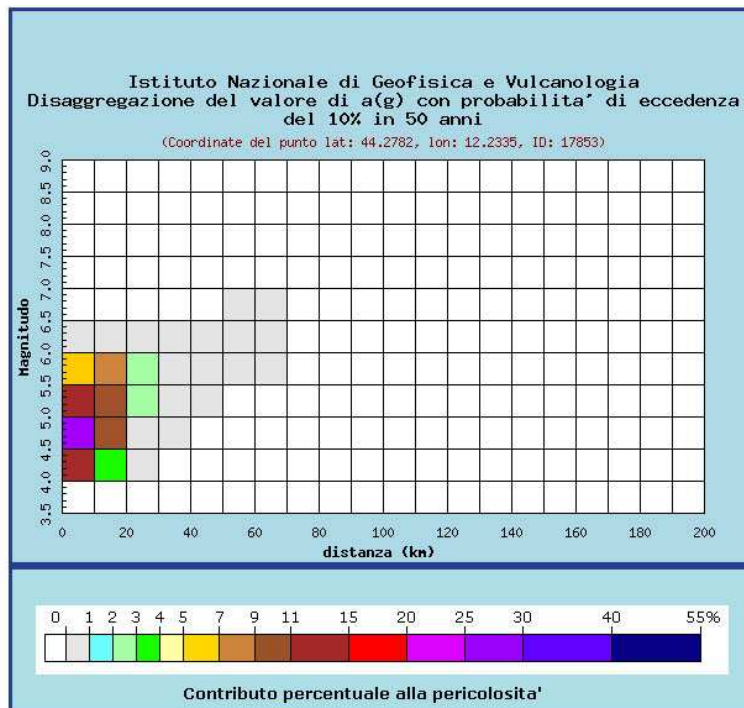
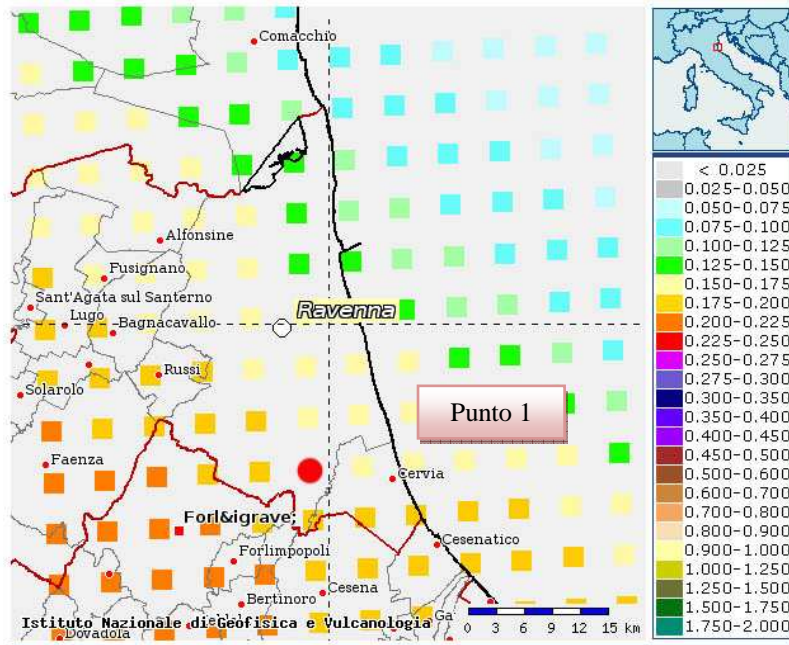
Si sceglie tale tempo di ritorno perché è quello che comunemente viene considerato per la costruzione degli spettri di risposta sismica per la maggior parte dei fabbricati corrispondente, secondo le NTC2008, ad una vita nominale di 50 anni e classe d'uso 2.

In particolare crediamo sia utile calcolare le magnitudo attese e le distanze epicentrali come appena spiegato, in corrispondenza dei nodi della griglia sismica di riferimento che ricadono all'interno del territorio comunale di Ravenna.

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Dalla figura sottostante si evince come tali nodi siano 5 disposti in direzione circa sud/nord-:

Punto 1:



Dott. Paolo Castellani

Dott. Stefano Nastasi

Dott. Damiano Guarguaglini

Dott. Annalisa Fontanelli

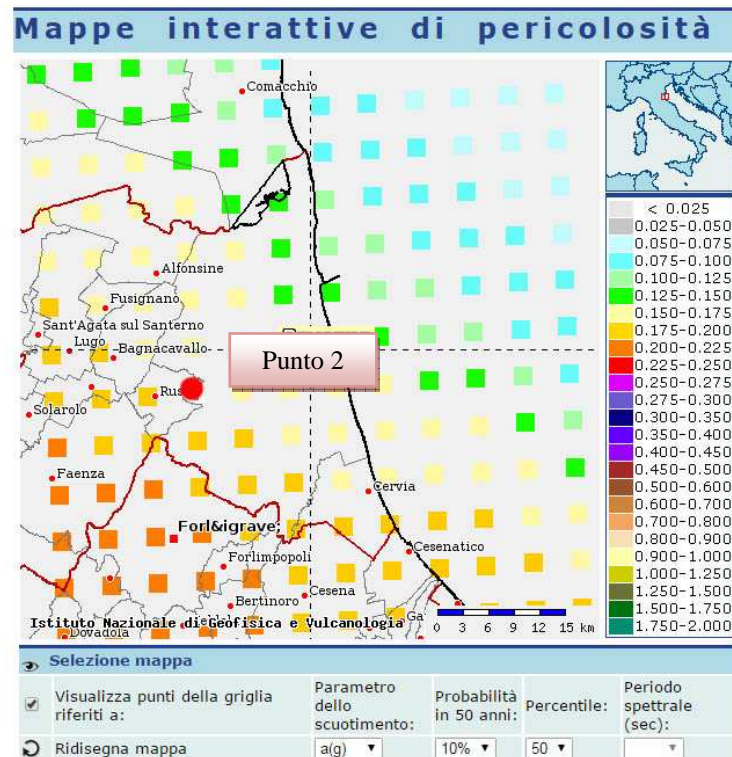
Dott. Andrea Castellani

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.2782, lon: 12.2335, ID: 17853)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	13.800	25.300	14.300	6.890	0.799	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.020	9.720	10.300	7.740	0.916	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.022	0.721	2.160	2.590	0.452	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.002	0.204	0.651	0.190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.003	0.124	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.030	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

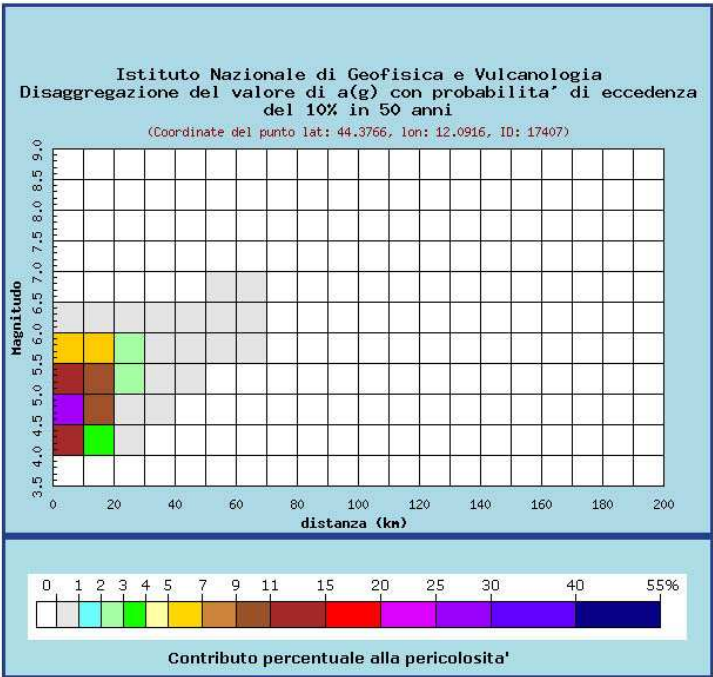
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.030	9.480	0.904

Magnitudo media 5,03 con distanza epicentrale di 9,48 km

Punto 2:



Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

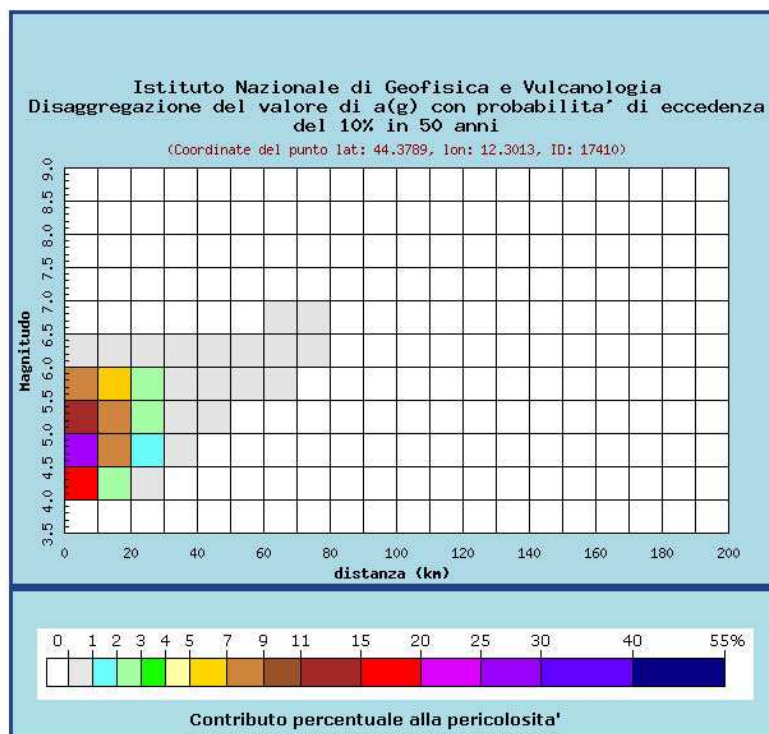
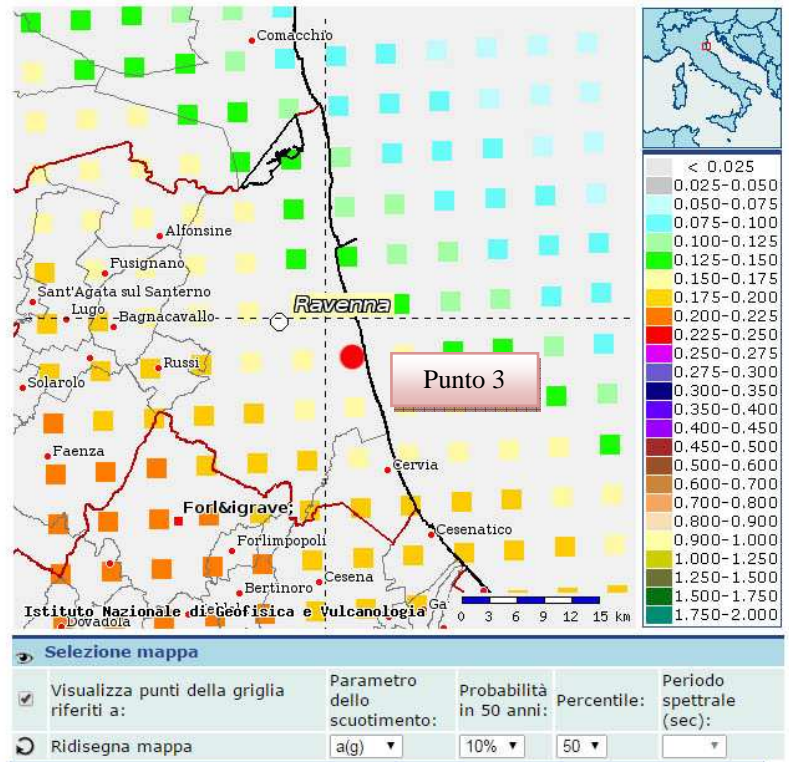


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.3766, lon: 12.0916, ID: 17407)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	14.300	26.300	14.700	6.950	0.771	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.180	9.790	9.690	6.600	0.662	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.027	0.788	2.220	2.450	0.307	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.002	0.233	0.689	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.004	0.131	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.023	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza	Epsilon									
5,000	9,330	0,904									

Magnitudo media 5,00 con distanza epicentrale di 9,33 km

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Punto 3:



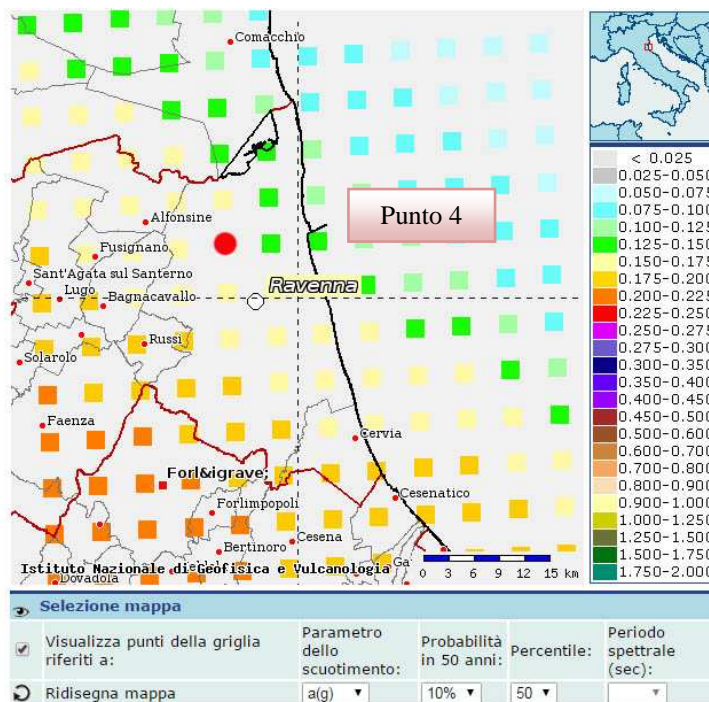
Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.3789, lon: 12.3013, ID: 17410)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	15.300	27.300	14.800	7.000	0.826	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.990	8.360	7.950	6.100	0.948	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.121	1.160	2.290	2.450	0.374	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.031	0.479	0.900	0.179	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.033	0.267	0.097	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.017	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

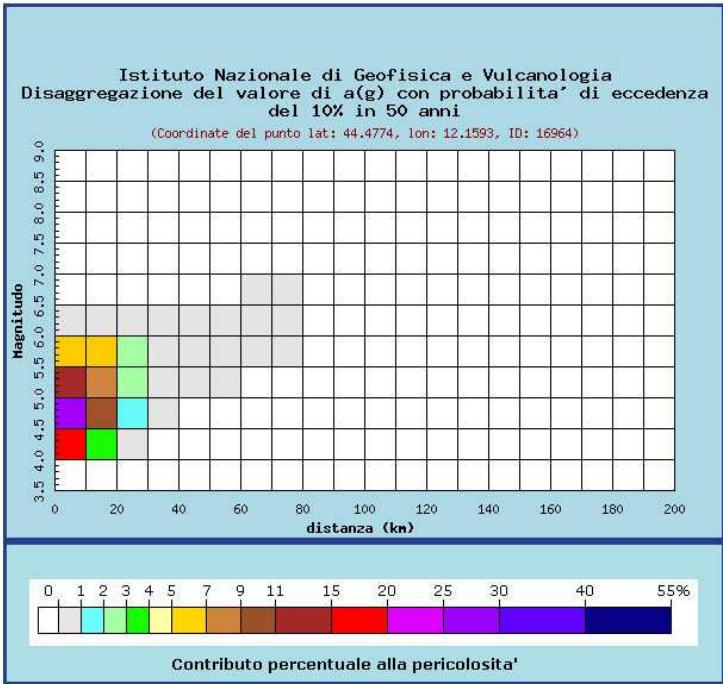
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.000	9.500	0.686

Magnitudo media 5,00 con distanza epicentrale di 9,5 km

Punto 4:



Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

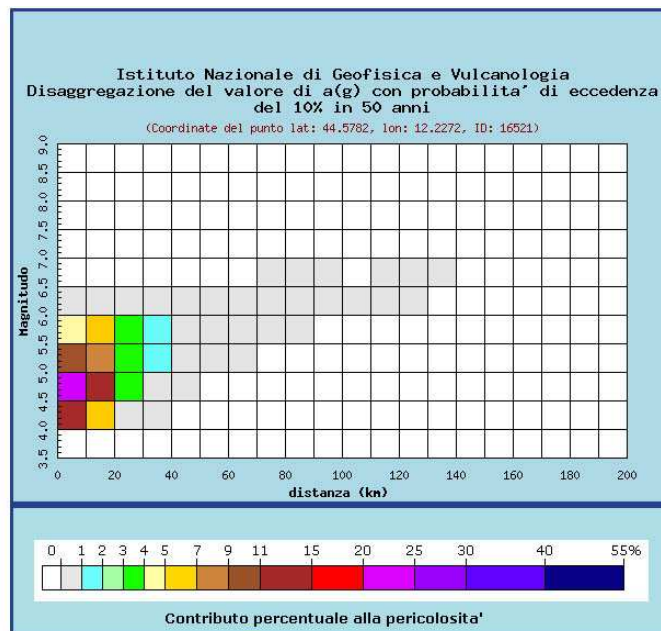
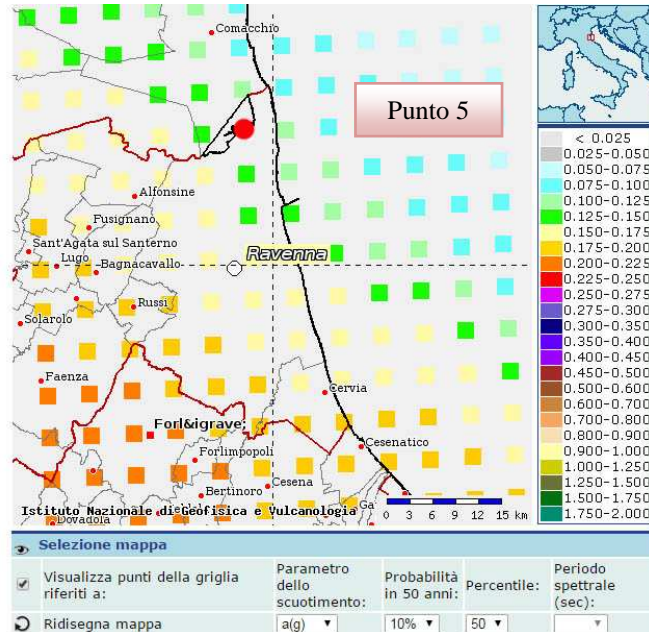


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.4774, lon: 12.1593, ID: 16964)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.700	27.400	14.200	6.390	0.719	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.580	9.320	7.990	5.480	0.787	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.153	1.250	2.270	2.290	0.337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.039	0.516	0.891	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.041	0.281	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza		Epsilon								
4.970	9.480		0.686								

Magnitudo media 4,97 con distanza epicentrale di 9,48 km

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Punto 5:



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.5782, lon: 12.2272, ID: 16521)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	13.500	21.800	10.100	4.130	0.440	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.250	12.100	8.920	5.360	0.712	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.853	3.130	3.640	3.190	0.529	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.021	0.583	1.460	1.720	0.296	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.023	0.462	0.863	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.064	0.362	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.002	0.109	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza	Epsilon									
4.980	12.600	0.636									

Magnitudo media 4,98 con distanza epicentrale di 12,6 km

Si nota come la magnitudo attesa pi  probabile con tempo di ritorno 475 anni rimanga stabile su tutto il territorio comunale.

Il valore medio stimato   intorno ai 4,9 – 5 con distanza epicentrale compresa tra 9 e 12 km.

Questo dato, scaturito dall’elaborazione di innumerevoli serie storiche e registrazioni strumentali di eventi sismici, non indica la certezza che l’evento in questione sia l’unico possibile, ma solo che sia il pi  probabile tra tutti gli eventuali sismi.

Quanto finora detto   del tutto confermato dagli eventi storici la cui magnitudo massima raramente supera il 4° grado.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Qui di seguito riportiamo alcuni eventi storici ricavati dalla banca dati del sito web *resitalica.it* e dalla banca dati ISIDE dell'INGV tra quelli con magnitudo compresa tra 0 e 10:

15



Mappa estratta dal sito www.resitalica.it

data	MAG	zona	dist. in km
1) 10/05/2000	4,9	Ponticello	28,49
2) 05/12/1978	4,76	Villanova	7,41
3) 10/01/1969	4,63	Russi	16,12
4) 11/01/1968	4,58	Bagnacavallo	15,78
5) 30/12/1967	5,36	Alfonsine	26,17
6) 18/12/1965	4,95	Russi	15,78
7) 01/08/1891	4,83	Lugo	20,99
8) 12/02/1881	5,03	Faenza	25,08
9) 16/10/1861	5,13	Forlimpopoli	21,48
10) 10/03/1844	5,03	Forlimpopoli	26,88
11) 08/10/1828	4,63	Forlimpopoli	28,53
12) 21/09/1813	5,32	Forlì	25,91
13) 17/07/1781	5,53	Faenza	24,87
14) 25/05/1780	5,03	Ravenna	0,06
15) 11/06/1778	5,03	Forlì	25,17
16) 09/08/1732	4,83	Faenza	29,05
17) 15/03/1689	4,83	Bagnacavallo	15,66
18) 18/08/1688	5,17	Bagnacavallo	15,66
19) 11/04/1688	5,88	Cotignola	20,50
20) 15/08/1653	5,03	Forlì	25,04
21) 10/07/1591	5,24	Russi	12,79
22) 19/04/1509	5,17	Faenza	28,16
23) 11/08/1483	5,67	Cesena	27,58
24) 10/10/1479	4,83	Forlì	25,17
25) 04/08/1383	5,37	Forlì	25,17
26) 00/00/ 725	5,57	Ravenna	2,61

Tabella estratta dal sito www.resitalica.it

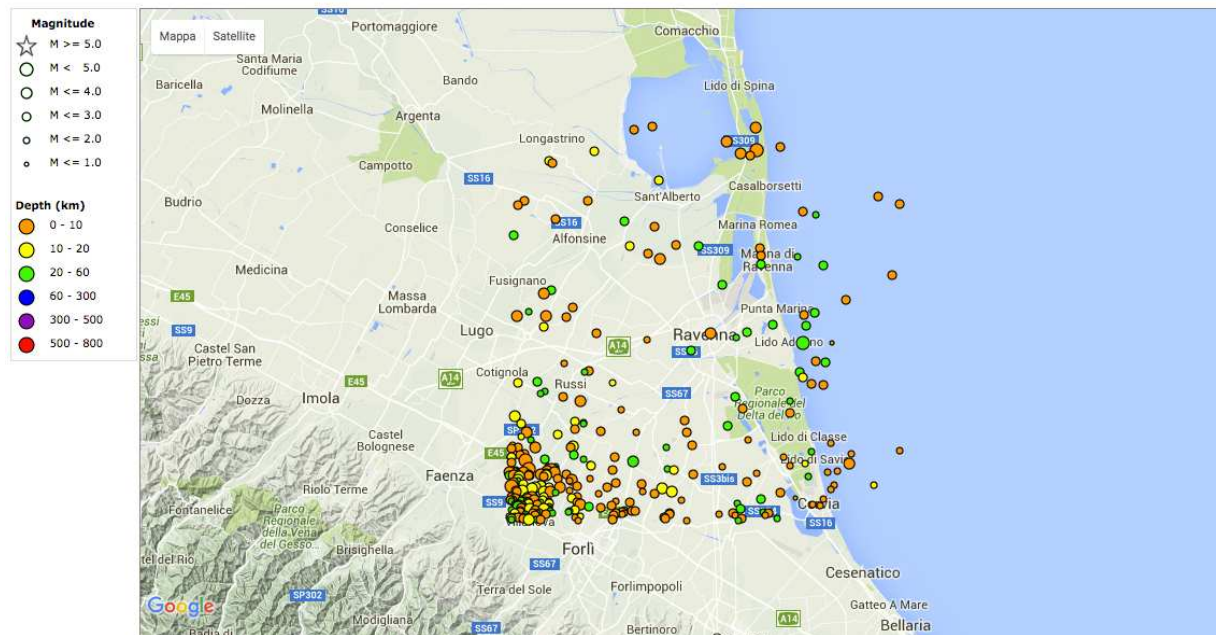
Dott. Paolo Castellani

Dott. Stefano Nastasi

Dott. Damiano Guarguaglini

Dott. Annalisa Fontanelli

Dott. Andrea Castellani



Mapa estratta dal sito <http://iside.rm.ingv.it/>

#Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo
2016-01-26 21:39:28.960	44.245	12.002	38.4	1.2--ML
2016-01-18 11:32:50.740	44.287	11.997	10.0	1.7--ML
2015-11-09 18:10:41.010	44.312	11.975	29.4	1.3--ML
2015-11-04 09:45:44.350	44.354	11.987	34.7	1.7--ML
2015-09-21 02:19:22.820	44.256	11.951	24.4	1.8--ML
2015-09-15 00:49:00.200	44.448	12.001	30.7	2.2--ML
2015-08-24 03:47:21.910	44.28	11.991	18.8	1.6--ML
2015-05-18 20:48:44.890	44.239	11.982	24.8	1.6--ML
2015-04-27 20:03:52.240	44.275	11.958	22.6	1.8--ML
2015-04-27 04:51:59.400	44.282	11.959	24.1	1.0--ML
2015-04-27 03:41:03.710	44.283	11.96	19.5	1.0--ML
2015-04-27 02:24:48.790	44.272	11.966	19.2	1.2--ML
2015-04-26 06:27:19.540	44.28	11.958	23.1	1.2--ML
2015-04-25 13:30:57.760	44.242	12.038	14.4	1.5--ML
2015-04-25 05:20:19.060	44.246	12.272	43.2	1.3--ML
2015-04-25 04:58:42.450	44.289	12.05	10.2	1.7--Md
2015-04-25 02:55:29.960	44.247	11.963	18.9	1.3--ML
2015-04-25 02:50:55.820	44.242	11.955	24.6	1.6--ML
2015-04-25 00:33:00.790	44.246	12.023	25.4	1.4--ML
2015-04-24 23:34:59.250	44.254	11.959	19.9	1.7--ML
2015-04-24 20:28:22.990	44.258	11.965	24.0	1.6--ML
2015-04-24 19:48:10.600	44.258	11.953	24.7	1.4--ML
2015-04-24 18:16:54.350	44.261	11.969	17.6	1.2--ML
2015-04-24 17:47:05.260	44.256	11.973	20.5	1.4--ML

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

2015-04-24 15:23:21.360	44.248	11.951	22.4	1.8--ML
2015-04-24 13:09:29.810	44.244	11.968	23.0	1.5--ML
2015-04-08 05:08:13.520	44.282	11.973	31.6	1.8--ML
2014-10-30 22:20:48.450	44.245	12.095	10.0	1.0--ML
2014-10-10 08:12:52.210	44.24	12.289	28.3	1.8--ML
2014-09-16 06:50:07.370	44.405	12.238	35.1	1.7--ML
2014-08-29 19:23:58.030	44.511	12.094	32.8	2.2--ML
2014-07-29 02:09:03.310	44.248	12.094	31.6	1.3--ML
2014-06-14 22:53:25.920	44.327	12.043	30.6	1.8--ML
2014-06-14 18:42:33.430	44.294	12.043	31.1	1.8--ML
2014-01-22 06:24:05.620	44.383	12.352	23.2	2.6--ML
2014-01-15 03:36:49.410	44.429	11.973	35.0	1.7--ML
2013-12-14 02:09:58.990	44.254	12.239	23.9	1.6--ML
2013-07-15 17:05:38.350	44.489	12.189	20.2	2.2--ML
2012-11-25 17:03:28.620	44.394	12.18	36.2	2.0--ML
2012-09-25 19:48:28.330	44.238	12.24	22.5	1.6--ML
2012-08-29 02:27:22.620	44.479	12.316	28.9	1.5--ML
2012-08-16 10:10:59.150	44.266	12.024	9.3	1.9--ML
2012-08-13 23:54:46.690	44.271	12.413	10.1	1.3--ML
2012-07-09 03:28:55.910	44.301	12.333	40.7	1.6--ML
2012-06-14 20:48:29.010	44.305	12.148	27.5	1.3--ML
2012-06-09 09:31:36.140	44.287	12.007	22.7	1.5--ML
2012-06-09 02:13:57.930	44.416	12.326	21.9	2.3--ML
2012-06-08 20:30:04.630	44.428	12.337	30.1	2.1--ML
2012-06-08 01:11:39.670	44.472	12.269	21.3	2.6--ML
2012-06-06 09:57:06.580	44.471	12.348	28.8	2.1--ML
2012-06-06 05:14:49.200	44.453	12.219	33.1	2.1--ML
2012-06-06 04:11:47.810	44.41	12.251	32.2	2.3--Md
2012-06-06 04:08:31.410	44.4	12.322	31.1	4.0--Mw
2012-06-03 02:32:42.070	44.374	12.318	33.8	2.3--ML
2012-04-06 04:51:06.860	44.319	12.109	9.4	1.2--ML
2012-04-05 20:13:03.870	44.243	12.236	8.0	1.8--ML
2012-01-13 01:14:44.120	44.364	11.959	10.9	2.1--ML
2011-12-12 13:00:33.420	44.249	11.999	10.0	1.6--ML
2011-11-06 20:12:07.860	44.374	12.044	25.4	1.9--Md
2011-11-03 02:09:19.520	44.256	12.084	10.0	1.2--ML
2011-09-05 21:47:57.700	44.256	11.999	32.9	1.6--ML
2011-08-19 02:11:00.370	44.263	12.062	10.0	1.0--ML
2011-08-11 06:34:55.790	44.382	12.018	10.0	1.4--ML
2011-08-06 00:36:00.810	44.24	11.972	10.0	1.3--ML
2011-08-05 14:48:41.700	44.246	11.986	10.0	1.3--ML
2011-07-30 04:07:28.580	44.242	11.948	11.9	1.4--ML
2011-06-25 12:28:54.690	44.264	12.294	5.6	2.2--ML
2011-05-07 22:53:53.010	44.517	12.339	29.9	1.2--ML

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

2011-01-28 12:54:56.000	44.4	12.36	10.0	0.6--M
2010-12-22 23:47:02.390	44.249	12.243	22.4	2.0--ML
2010-09-01 14:09:14.480	44.498	11.953	44.3	2.3--ML
2010-08-10 00:45:45.770	44.288	12.306	10.0	1.0--ML
2010-08-08 20:52:27.630	44.238	12.174	9.6	1.0--ML
2010-08-07 20:22:51.370	44.259	12.313	5.0	0.9--ML
2010-08-07 20:10:01.460	44.296	12.298	5.5	1.3--ML
2010-08-07 20:06:41.920	44.29	12.325	17.0	1.9--ML
2010-08-07 08:38:38.110	44.299	12.385	6.6	1.8--ML
2010-06-30 02:06:15.740	44.294	11.993	26.1	2.2--ML
2010-06-29 08:05:30.940	44.364	12.08	15.0	1.7--ML
2010-06-23 18:41:21.060	44.305	11.956	24.4	1.5--ML
2010-06-23 18:08:59.720	44.315	11.963	18.6	1.4--ML
2009-12-25 16:05:33.040	44.258	12.269	27.4	2.2--ML
2009-12-10 17:02:17.260	44.365	11.983	24.8	2.1--ML
2009-11-27 10:02:19.120	44.244	12.092	9.1	1.4--ML
2009-07-22 03:30:56.540	44.347	12.306	36.4	1.2--ML
2009-05-27 08:29:52.060	44.275	12.024	10.0	1.4--ML
2009-05-24 02:13:46.250	44.279	12.33	42.6	1.6--ML
2009-04-16 14:01:31.110	44.307	11.952	10.3	1.8--ML
2009-04-09 18:09:52.620	44.28	11.948	27.9	2.6--ML
2009-04-08 05:24:01.480	44.249	11.997	32.1	1.8--ML
2009-04-07 17:21:00.480	44.265	12.118	10.0	1.3--ML
2009-04-07 10:46:10.600	44.277	12.051	10.0	1.7--ML
2009-04-06 13:03:43.730	44.251	12.049	32.2	2.0--ML
2009-04-06 06:27:30.820	44.247	12.024	32.1	1.7--ML
2009-04-06 03:33:39.410	44.251	11.958	27.7	3.3--ML
2009-04-06 01:03:34.970	44.328	12.043	10.0	1.4--ML
2009-04-05 23:42:04.460	44.307	11.979	25.0	1.6--ML
2009-04-05 23:38:30.010	44.257	11.968	36.1	1.1--Md
2009-04-05 23:20:41.340	44.255	11.987	31.0	1.4--ML
2009-04-05 22:26:32.550	44.264	12.007	33.8	1.9--ML
2009-04-05 22:02:58.250	44.241	11.957	29.4	1.8--ML
2009-04-05 21:57:49.710	44.245	11.983	33.7	1.5--ML
2009-04-05 21:25:00.920	44.261	11.979	30.0	1.5--ML
2009-04-05 21:22:18.680	44.247	12.0	30.3	1.6--ML
2009-04-05 21:11:04.800	44.285	11.956	30.6	1.6--ML
2009-04-05 21:09:38.720	44.242	11.968	28.8	1.9--ML
2009-04-05 20:56:04.680	44.239	11.95	29.1	1.8--ML
2009-04-05 20:45:03.500	44.257	11.963	25.0	1.6--ML
2009-04-05 20:29:55.730	44.298	12.03	34.2	2.0--Md
2009-03-30 17:43:01.420	44.487	12.267	8.0	2.0--ML
2009-02-23 20:53:26.220	44.403	12.124	5.0	1.5--ML
2009-02-18 10:14:35.210	44.302	12.446	10.0	1.9--ML

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

2009-01-06 10:03:55.670	44.251	11.999	10.0	1.5--ML
2008-11-04 13:06:48.140	44.243	12.274	10.0	1.4--ML
2008-07-12 00:54:25.650	44.241	12.032	10.0	1.0--ML
2008-06-20 08:41:17.020	44.257	11.98	21.7	1.6--ML
2008-06-02 17:09:13.720	44.284	12.367	5.0	1.1--ML
2008-03-29 15:12:11.920	44.309	12.358	10.0	1.5--ML
2008-03-29 05:43:26.040	44.252	12.344	10.0	1.8--ML
2008-03-29 00:27:22.230	44.283	12.354	10.0	1.5--ML
2008-03-29 00:17:09.360	44.271	12.363	10.0	1.8--ML
2008-03-28 19:54:52.460	44.258	12.348	10.0	1.5--ML
2008-03-28 19:52:50.670	44.267	12.358	6.6	1.6--ML
2008-03-27 21:40:21.920	44.253	12.335	3.9	1.7--ML
2007-09-29 20:22:01.850	44.282	12.263	7.7	1.8--ML
2007-06-30 23:37:22.750	44.286	12.006	5.0	1.3--ML
2007-05-18 01:34:29.720	44.287	12.22	10.0	1.6--ML
2007-05-11 16:20:55.090	44.325	12.227	30.9	2.1--ML
2007-02-18 12:02:01.010	44.34	12.09	10.0	1.5--ML
2007-02-15 23:23:56.780	44.356	11.993	29.6	1.3--ML
2007-02-15 00:27:30.420	44.351	12.016	10.0	2.0--Md
2007-02-14 23:10:54.270	44.306	12.029	17.6	3.3--ML
2007-01-27 22:13:49.770	44.238	12.036	10.0	1.4--ML
2007-01-27 19:41:56.260	44.312	12.253	10.0	1.5--ML
2007-01-24 04:06:00.870	44.351	12.236	28.3	2.2--Md
2006-12-12 22:08:25.060	44.575	12.056	12.1	2.0--ML
2006-05-04 13:18:47.660	44.369	12.322	11.9	2.3--ML
2006-03-24 08:51:59.290	44.307	12.181	10.0	2.3--ML
2006-01-03 14:59:29.050	44.241	12.145	10.0	2.0--ML
2005-12-01 00:15:35.980	44.286	12.15	23.5	1.8--ML
2005-11-09 00:29:59.920	44.244	12.216	9.9	1.7--ML
2005-06-05 12:16:57.050	44.254	11.96	6.6	1.8--ML
2005-04-11 01:32:18.080	44.363	12.333	5.0	2.7--Md
2005-03-26 16:59:18.590	44.548	12.138	13.0	2.4--Md
2005-03-08 08:41:53.870	44.44	12.378	10.0	2.3--Md
2004-07-20 11:33:46.740	44.462	12.437	10.0	2.4--Md
2004-02-13 06:18:10.880	44.433	12.028	10.0	2.4--Md
2004-02-06 19:02:38.250	44.319	12.174	10.0	2.1--Md
2004-01-23 10:40:11.060	44.32	12.065	10.0	2.2--Md
2003-02-01 09:24:37.780	44.584	12.225	6.8	3.2--Md
2003-02-01 08:51:54.430	44.579	12.294	4.8	2.9--Md
2002-11-21 17:23:33.430	44.573	12.243	5.0	3.1--Md
2002-11-02 10:57:44.650	44.576	12.263	8.8	4.1--Md
2002-10-21 19:42:46.090	44.49	12.16	10.0	2.5--Md
2002-08-12 22:50:37.930	44.596	12.262	5.0	3.3--Md
2002-07-26 02:01:27.180	44.571	12.255	8.7	2.9--Md

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

2002-06-22 19:26:28.050	44.566	11.999	12.2	2.3--Md
2002-05-31 02:39:32.320	44.248	11.98	5.0	2.5--Md
2002-04-28 14:58:15.220	44.26	11.95	10.0	2.1--Md
2002-04-15 14:11:32.030	44.26	12.034	10.0	2.0--Md
2002-04-13 14:30:43.750	44.274	11.953	10.0	2.3--Md
2002-04-12 20:34:44.950	44.28	11.974	10.0	2.1--Md
2001-12-02 20:34:51.700	44.244	11.995	6.3	2.2--Md
2001-11-04 12:43:42.560	44.239	11.987	6.5	2.6--Md
2001-05-22 03:58:14.300	44.274	12.251	6.4	2.4--Md
2001-04-17 22:35:27.850	44.426	12.324	10.0	2.2--Md
2001-03-18 08:28:52.800	44.245	12.233	5.0	2.4--Md
2001-02-20 19:58:19.300	44.263	12.133	10.0	2.4--Md
2001-02-13 19:40:25.690	44.281	12.183	5.0	2.3--Md
2001-02-13 19:22:09.200	44.257	12.167	10.0	1.9--Md
2001-01-23 12:11:22.830	44.341	12.245	3.8	2.7--Md
2001-01-11 18:22:55.200	44.564	12.002	5.0	2.6--Md
2001-01-07 23:24:10.040	44.253	11.984	10.0	2.1--Md
2001-01-03 02:33:11.400	44.53	11.967	5.1	2.4--Md
2000-12-27 09:36:47.860	44.24	11.951	15.4	2.7--Md
2000-12-09 11:47:29.880	44.526	11.959	5.0	2.6--Md
2000-12-06 04:39:51.020	44.53	12.048	10.0	2.4--Md
2000-11-29 18:10:12.540	44.245	11.954	11.8	2.6--Md
2000-10-16 21:58:11.830	44.513	12.007	5.0	2.7--Md
2000-10-14 04:09:22.090	44.25	12.064	6.6	2.3--Md
2000-10-02 22:55:37.110	44.247	12.104	5.0	2.4--Md
2000-07-25 04:09:13.460	44.252	12.078	5.0	2.4--Md
2000-07-16 07:34:40.330	44.281	12.02	5.0	2.7--Md
2000-07-02 05:30:30.950	44.27	11.987	16.8	3.3--Md
2000-06-06 06:55:03.890	44.299	11.967	10.0	2.2--Md
2000-05-22 06:28:11.050	44.28	11.973	10.0	2.4--Md
2000-05-21 02:58:25.910	44.291	11.951	10.0	2.3--Md
2000-05-20 23:42:20.280	44.241	11.961	5.0	2.3--Md
2000-05-19 17:06:43.970	44.247	11.961	10.8	2.8--Md
2000-05-18 15:16:53.770	44.25	11.966	4.0	2.6--Md
2000-05-18 15:11:22.280	44.246	11.961	5.0	2.4--Md
2000-05-14 19:32:44.560	44.296	11.951	5.0	2.1--Md
2000-05-13 19:56:14.960	44.258	11.955	10.0	3.3--Md
2000-05-13 08:33:28.770	44.27	12.034	5.0	2.5--Md
2000-05-13 08:17:15.030	44.305	11.959	5.0	2.6--Md
2000-05-13 08:14:04.830	44.243	11.981	5.0	2.4--Md
2000-05-13 08:08:50.030	44.255	12.034	5.0	2.6--Md
2000-05-11 11:57:15.750	44.293	11.968	5.1	4.1--Md
2000-05-11 04:41:13.130	44.265	11.992	12.3	3.5--Md
2000-05-11 02:39:18.390	44.296	11.95	14.1	2.7--Md

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

2000-05-11 01:00:29.460	44.26	11.991	10.1	2.9--Md
2000-05-11 00:02:59.260	44.317	12.009	14.8	2.9--Md
2000-05-10 23:04:08.880	44.266	11.964	14.0	3.0--Md
2000-05-10 22:22:10.360	44.269	11.981	11.2	2.6--Md
2000-05-10 22:03:16.670	44.249	11.992	13.6	3.4--Md
2000-05-10 19:48:14.230	44.279	11.992	10.0	2.8--Md
2000-05-10 19:35:28.220	44.266	11.956	11.9	2.6--Md
2000-05-10 18:19:28.740	44.283	11.955	13.0	2.6--Md
2000-05-10 12:15:02.860	44.271	11.989	11.2	2.8--Md
2000-05-10 05:54:10.680	44.269	12.012	5.0	3.1--Md
2000-05-10 03:55:33.550	44.257	11.952	5.0	2.5--Md
2000-05-10 03:46:02.650	44.257	11.979	10.0	3.5--Md
2000-05-09 00:53:34.570	44.298	11.961	5.0	2.8--Md
2000-05-08 18:33:51.480	44.243	12.081	5.0	2.2--Md
2000-05-08 14:55:58.090	44.248	12.032	11.6	2.2--Md
2000-05-08 14:28:58.650	44.268	11.977	10.4	3.5--Md
2000-05-08 13:57:54.750	44.283	11.965	10.0	2.5--Md
2000-05-08 13:16:23.890	44.28	11.995	11.0	3.0--Md
2000-05-08 12:58:19.230	44.288	12.052	11.0	2.5--Md
2000-05-08 12:40:25.660	44.258	11.971	5.0	3.1--Md
2000-05-08 12:29:56.700	44.27	11.95	10.0	4.3--Md
2000-05-08 00:14:36.190	44.269	11.98	10.1	3.2--Md
2000-05-07 05:01:42.720	44.276	11.958	11.9	3.9--Md
2000-05-07 03:08:36.860	44.327	11.963	13.5	2.8--Md
2000-05-07 03:05:28.160	44.279	11.96	15.2	3.7--Md
2000-05-07 00:44:08.130	44.249	11.974	16.3	3.3--Md
2000-05-05 14:23:43.950	44.253	11.956	5.0	2.6--Md
2000-05-05 13:24:46.960	44.265	12.0	8.0	3.5--Md
2000-05-02 16:48:25.190	44.247	12.108	5.0	2.1--Md
2000-05-02 08:48:49.520	44.286	11.972	9.8	4.0--Md
2000-05-02 02:03:16.580	44.283	12.005	5.0	3.3--Md
2000-05-01 18:06:15.190	44.305	11.98	5.0	3.1--Md
2000-05-01 07:40:26.330	44.284	11.996	5.0	3.2--Md
2000-05-01 02:49:09.670	44.265	11.957	5.0	2.7--Md
2000-05-01 02:28:42.180	44.319	11.97	5.0	3.8--Md
2000-04-29 23:23:33.160	44.277	12.01	4.1	2.9--Md
2000-04-29 13:42:12.440	44.272	11.965	12.2	2.8--Md
2000-04-29 12:03:40.860	44.241	11.958	5.0	2.6--Md
2000-04-28 15:15:49.650	44.286	12.001	5.0	3.5--Md
2000-04-27 03:01:29.910	44.281	11.994	9.4	3.0--Md
2000-04-27 02:26:25.560	44.283	11.965	5.0	3.2--Md
2000-04-27 01:57:50.990	44.28	11.953	5.0	3.4--Md
2000-04-26 21:08:27.620	44.252	11.957	5.0	2.8--Md
2000-04-26 20:28:50.740	44.375	12.049	5.0	2.7--Md

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

2000-04-26 19:56:17.880	44.281	11.987	5.0	3.4--Md
2000-04-24 08:27:53.600	44.25	11.963	5.0	2.3--Md
2000-04-24 04:38:12.540	44.283	11.948	5.0	3.2--Md
2000-04-23 21:45:20.310	44.304	11.95	5.0	2.6--Md
2000-04-21 14:54:39.810	44.254	11.972	11.6	2.8--Md
2000-04-21 02:15:50.980	44.24	11.965	3.9	2.8--Md
2000-04-20 09:01:28.500	44.285	12.079	5.0	2.6--Md
2000-04-19 18:58:11.420	44.239	11.972	17.6	3.3--Md
2000-04-05 03:04:55.690	44.26	11.977	5.0	3.0--Md
2000-04-04 01:09:10.940	44.255	11.971	5.0	2.4--Md
2000-02-07 23:08:06.430	44.273	12.083	6.9	2.6--Md
2000-01-06 11:45:28.180	44.259	12.027	16.9	2.6--Md
2000-01-05 21:48:11.730	44.269	11.998	11.7	2.7--Md
2000-01-05 14:14:51.130	44.254	11.998	15.0	2.9--Md
2000-01-05 13:38:51.410	44.257	11.99	14.9	2.8--Md
2000-01-05 13:21:58.560	44.276	12.027	5.0	3.4--Md
1999-01-30 05:19:34.420	44.245	12.152	10.0	2.4--Md
1998-02-26 09:14:13.440	44.296	12.082	5.0	2.5--Md
1998-02-16 07:55:44.170	44.245	12.278	5.0	2.3--Md
1997-10-02 19:42:23.480	44.417	12.284	41.7	2.4--Md
1997-08-10 12:25:38.270	44.285	12.158	19.1	2.6--Md
1997-08-02 14:00:48.220	44.329	12.031	10.9	2.5--Md
1996-12-12 21:13:49.740	44.29	12.382	5.0	3.1--Md
1996-11-23 14:48:00.530	44.272	12.116	10.0	2.2--Md
1996-08-23 05:03:51.240	44.534	12.419	5.0	2.8--Md
1996-04-18 10:45:09.990	44.409	12.205	9.9	3.4--Md
1996-03-18 02:15:52.610	44.506	12.133	5.0	2.9--Md
1996-01-11 10:40:36.140	44.482	12.125	5.0	2.5--Md
1995-10-07 15:47:59.230	44.362	12.349	10.0	2.3--Md
1995-08-09 23:35:10.890	44.489	12.102	11.0	2.9--Md
1995-02-26 20:22:40.910	44.477	12.14	5.3	3.0--Md
1994-11-29 09:20:20.730	44.337	12.306	10.0	2.3--Md
1994-11-27 18:02:05.110	44.594	12.107	8.1	2.9--Md
1994-02-15 13:17:58.150	44.305	12.026	10.0	2.6--Md
1993-11-14 21:26:24.300	44.409	12.059	5.0	2.2--Md
1993-11-08 00:12:38.680	44.269	12.073	10.0	2.0--Md
1993-11-06 23:21:14.410	44.253	12.038	10.0	3.8--M
1993-11-05 02:17:37.580	44.24	12.147	10.0	2.3--Md
1993-05-01 21:53:23.590	44.33	12.172	10.0	2.2--Md
1993-03-11 23:42:07.110	44.245	12.083	5.0	2.7--Md
1993-03-11 22:43:56.330	44.322	12.031	10.0	2.5--Md
1993-03-11 22:38:10.290	44.268	12.142	11.6	3.1--Md
1993-03-11 22:35:37.260	44.265	12.155	12.8	3.0--Md
1993-02-09 10:22:25.300	44.384	12.339	10.0	2.3--Md

1992-06-25 20:19:54.430	44.48	12.269	7.0	2.7--Md
1992-06-24 10:47:17.390	44.24	12.244	5.0	2.6--Md
1992-04-03 21:23:54.630	44.425	11.957	9.8	3.5--Md
1992-03-15 03:53:06.830	44.415	11.992	17.2	2.6--Md
1992-02-20 17:10:52.680	44.334	11.955	10.4	3.1--Md
1991-11-08 23:26:31.810	44.246	12.092	10.0	2.0--Md
1991-03-29 14:37:55.290	44.252	11.964	5.0	2.5--Md
1991-02-20 18:58:10.630	44.257	11.949	5.0	2.4--Md
1991-02-20 13:53:30.730	44.347	12.038	5.0	3.3--Md
1990-01-19 12:46:16.550	44.424	12.021	5.0	2.8--Md
1989-11-04 03:37:05.640	44.239	12.079	10.0	2.3--Md
1989-03-26 21:30:15.080	44.281	11.957	10.0	2.3--Md
1988-05-22 23:31:03.320	44.527	12.446	5.0	2.8--Md
1988-05-15 16:29:18.200	44.52	12.323	9.9	2.7--Md
1988-04-07 11:42:06.080	44.425	11.994	5.0	3.0--Md
1988-03-10 13:07:23.280	44.597	12.13	5.0	2.7--Md
1988-02-16 23:47:39.910	44.446	11.992	5.0	3.2--Md
1988-02-01 14:05:36.300	44.245	11.978	10.0	2.1--Md
1987-06-23 10:40:48.320	44.255	12.102	7.5	2.4--Md
1986-06-21 22:57:30.800	44.292	12.106	24.4	3.6--Md
1985-06-22 09:03:17.910	44.244	12.152	5.0	2.7--Md

Tabella estratta dal sito <http://iside.rm.ingv.it>

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Per quanto riguarda la descrizione dell'assetto geologico e geomorfologico comunale riprendiamo dati di archivio e bibliografici ampiamente diffusi in letteratura, in particolare il *Piano di Protezione Civile del Comune di Ravenna*.

Il territorio comunale di Ravenna si estende su una superficie complessiva di 654,88 kmq.

Dal punto di vista morfologico si tratta di un paesaggio completamente pianeggiante con andamento totalmente omogeneo compreso tra le quote di 20 m s.l.m. ed il livello del mare stesso.

Tale paesaggio e la varietà di forme associate sono da mettere in relazione con l'evoluzione geologico - strutturale antica e recente dell'area.

La morfologia del territorio è quella tipica di una pianura alluvionale intensamente antropizzata, con alvei fluviali pensili aventi argini rialzati e rinforzati dall'uomo nel corso dei secoli scorsi per consentire il deflusso incanalato e proteggere le aree abitate e coltivate dalle frequenti esondazioni dovute alle improvvise piene dei fiumi, che trovavano facile e rapida espansione nelle zone tra un corso d'acqua e l'altro, talora particolarmente depresse.

Gli argini fluviali ed i rilevati stradali sono gli unici rilievi della parte interna del territorio comunale, mentre nella zona costiera si hanno in alcune ristrette fasce modesti rilievi, che raggiungono al massimo alcuni metri, determinati dalla presenza dei cordoni litorali dunosi.

Una menzione particolare merita il fenomeno della subsidenza, che nella zona della pianura ravennate è particolarmente intenso in particolar modo per l'emungimento di acqua dal sottosuolo ed in misura minore e più localizzata per la coltivazione dei giacimenti di gas a terra ed a mare in piattaforma.

Negli ultimi 30 - 40 anni infatti il territorio della zona di Ravenna ha subito notevoli abbassamenti, specialmente nell'area della zona industriale, dove è più alta la concentrazione di pozzi.

Numerosi corsi d'acqua appenninici che nascono fuori comune o fuori provincia sfociano in mare dopo aver transitato nel territorio comunale di Ravenna: in particolare il Reno, il Lamone, il Montone e il Ronco (questi ultimi due a sud del capoluogo sono stati fatti confluire a formare i Fiumi Uniti), il Bevano e il Savio.

Le direzioni prevalenti di scorrimento sono da sudovest verso nordest, così come determinato dalla esposizione predominante del versante appenninico romagnolo, mentre nel tratto terminale verso il mare l'orientazione degli alvei tende a disporsi da ovest verso est.

Esistono nel territorio comunale anche numerosi specchi d'acqua e zone umide, tra cui le Valli di Comacchio, di Ponte Alberete, la Valle delle Canne, alcune grosse cave e le zone delle Piallasse, che ricevendo e restituendo le maree, formano correnti che agiscono sul fondo del canale e proteggono la bocca del porto da insabbiamenti e da altre ostruzioni.

Infine bisogna menzionare il Canale Candiano, scavato nel 18° secolo al fine di migliorare e potenziare i collegamenti per il trasporto marittimo della città, che costituisce una fondamentale via d'acqua tra il mare ed il Porto interno di Ravenna.

3.1 Inquadramento geologico

3.1.1 Assetto geologico regionale

I caratteri geologici che definiscono la Pianura Padana traggono principalmente origine dagli studi di sismica a riflessione condotti da AGIP, che hanno evidenziato la presenza di depositi di età plio - quaternaria costituenti il riempimento del bacino di avanfossa compreso tra la catena appenninica a Sud e quella alpina a Nord.

Lo spessore complessivo delle unità quaternarie risulta di circa 1.000 - 1.500 metri.

L'evoluzione sedimentaria plio - quaternaria del bacino registra una 'tendenza regressiva' da depositi marini di ambiente progressivamente sempre meno profondo fino a depositi continentali.

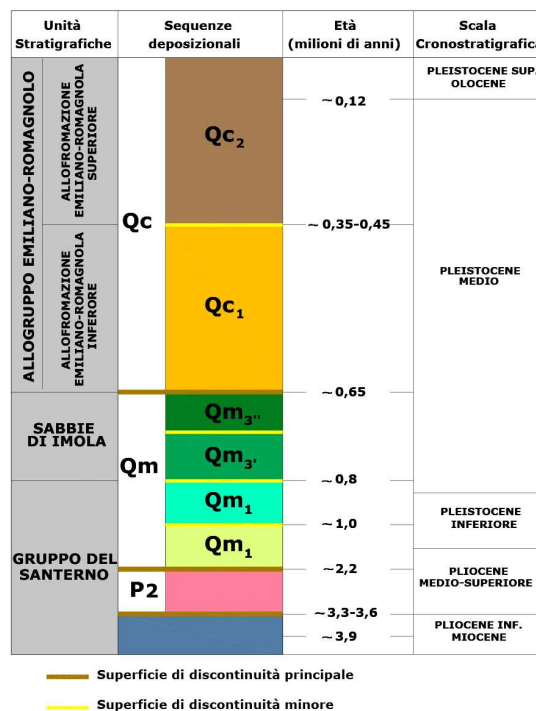
Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Si identificano quindi due distinti cicli sedimentari, uno marino (indicato in letteratura con 'Qm') ed uno continentale ('Qc'); tale tendenza risulta ben riconoscibile al margine appenninico (Ricci Lucchi et al., 1982).

25

Studi condotti dalla Regione Emilia - Romagna & ENI - AGIP (1998), basati sui profili sismici integrati da dati stratigrafici di pozzi profondi, hanno permesso di identificare la superficie di discontinuità tra i due cicli sedimentari anche nel sottosuolo della Pianura Padana, in corrispondenza del limite tra il Supersistema del Quaternario Marino (corrispondente al ciclo Qm) e il sovrastante Supersistema Emiliano - Romagnolo (ciclo Qc).

All'interno di queste due unità sono state riscontrate da vari autori discontinuità minori, che portano alla distinzione di sequenze deposizionali di rango inferiore all'interno dei due cicli sedimentari, come evidenziato nello schema sottostante, (Regione Emilia-Romagna, 1998).



SCHEMA STRATIGRAFICO DEI DEPOSITI PLIO - QUATERNARI DEL BACINO PADANO (FONTE: REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998)

Facendo riferimento allo studio della Regione Emilia - Romagna & ENI - Agip (1998), si riconoscono nel Supersistema Emiliano - Romagnolo, caratterizzato da uno spessore complessivo di circa 600 - 700 metri, due unità allostratigrafiche definite come Alloformazione Emiliano - Romagnola Inferiore e Alloformazione Emiliano - Romagnola Superiore.

All'interno di quest'ultima sono presenti unità di rango inferiore (Allomembri) che registrano la ciclicità elementare glacioeustatica di IV ordine e che per loro natura ciclica costituiscono le unità cartografiche di riferimento.

Supersintema Emiliano - Romagnolo

Il Supersintema Emiliano - Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti in corrispondenza del margine appenninico padano (ciclo Qc di Ricci Lucchi et al, 1982) ed i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano - romagnola.

Questi ultimi, nel ravennate, includono depositi alluvionali che passano verso Est a depositi deltizi e marini, organizzati in cicli deposizionali di vario ordine gerarchico.

Il limite inferiore del Supersintema Emiliano - Romagnolo affiora esclusivamente a ridosso del margine appenninico e nei settori intravallivi nell'area meridionale del Comune, dove è fortemente discordante sui depositi marini del Pleistocene medio (sabbie di Imola - IMO) e mio - pliocenici.

Il limite superiore coincide col piano topografico.

L'età dell'unità è Pleistocene medio – attuale (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998).

Alloformazione Emiliano - Romagnola Superiore (AES)

Costituisce la porzione superiore del Supersintema Emiliano - Romagnolo.

Nell'area di pianura comprende tutti i depositi continentali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di alcune decine di metri di spessore.

Nel sottosuolo l'Alloformazione appoggia localmente in discontinuità stratigrafica sull'Alloformazione Emiliano - Romagnola Inf. ed è suddivisibile in quattro cicli deposizionali.

Il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica.

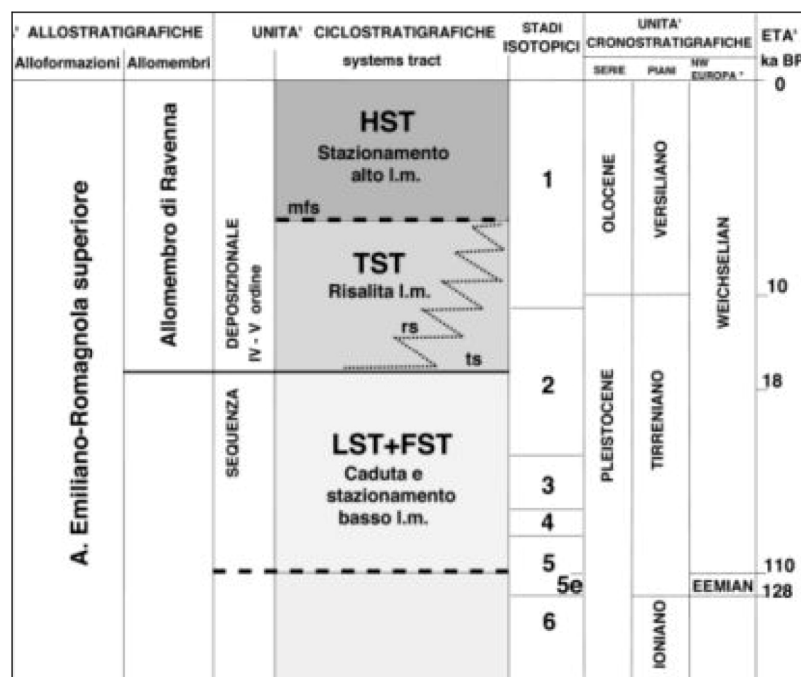
L'età è attribuibile al Pleistocene medio - Olocene.

La porzione più investigata dell'alloformazione è rappresentata dai 120 metri sommitali: al di sotto dei sedimenti litorali, localmente affioranti, di età olocenica, attribuibili all'ultimo episodio trasgressivo quaternario (Allomembro di Ravenna), i primi depositi litorali e marini che si incontrano verso il basso stratigrafico sono rappresentati da un corpo tabulare alla profondità di circa -100 metri slm costituito da sabbie litorali e subordinatamente da argille di prodelta e transizione alla piattaforma.

Al di sopra di questi sedimenti marini sono riconoscibili depositi di alcune decine di metri prevalentemente argillosi di piana deltizia.

La comparsa, intorno a -50÷-70 metri slm di corpi sabbiosi nastriformi, interpretati come depositi fluviali di valle incisa, segna il passaggio ai sedimenti alluvionali che costituiscono la porzione dell'alloformazione immediatamente sottostante all'Allomembro di Ravenna.

Questo intervallo è caratterizzato da argille e limi di piana inondabile, con subordinate sabbie di canale, (Regione Emilia-Romagna, 1999) come si vede nello schema sottostante.



SCHEMA STRATIGRAFICO DELL'ALLOFORMAZIONE EMILIANO-ROMAGNOLA SUP. (FONTE: REGIONE EMILIA-ROMAGNA)

Allomembro di Ravenna (AES8)

Esso è caratterizzato da sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale, organizzati in corpi lentiformi, nastriformi e tabulari di vario spessore.

Il tetto, che coincide con il piano topografico, presenta suoli con diverso grado di alterazione, i cui orizzonti superiori variano da non calcarei a calcarei.

Il limite inferiore è inconforme e marcato da una superficie di discontinuità definita su base radiometrica.

Nell'area ravennate l'unità ha uno spessore compreso tra 20 e 28 metri.

La porzione basale di AES8 è caratterizzata dalla frequente presenza di sedimenti ricchi di sostanza organica palustri e/o lagunari di natura trasgressiva che si accompagnano ad una generale disattivazione dei sistemi fluviali del ciclo sottostante ed ad un generale spostamento verso monte dei sistemi deposizionali.

Questo intervallo basale costituisce pertanto un orizzonte stratigrafico di correlazione molto importante che caratterizza la base del subsistema in settori della pianura anche abbastanza diversi e lontani fra loro (per distanze dell'ordine di decine di chilometri).

La sua età, definita su basi radiometriche, varia da 14.280 +/- 140 a 7.420 +/- 60 anni.

Nella parte sommitale dell'Allomembro di Ravenna viene distinta un'unità di rango gerarchico inferiore, l'Unità di Modena (AES8a), la quale contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione.

Nel settore di alta pianura, la base di AES8a è data da una superficie di erosione fluviale che passa lateralmente ad una scarpata di terrazzo in cui sono confinati i depositi di canale.

Nei settori di bassa pianura la base di AES8a è individuata dal contatto, in discontinuità, delle sue tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo di AES8 che contiene i reperti di epoca romana o più antica in posto.

Il tetto di AES8a è dato da un suolo poco evoluto, calcareo, di pochi decimetri di spessore e generalmente di colore bruno olivastro o bruno grigiastro.

Il limite inferiore è datato al periodo post-romano e segna l'instaurarsi di un'importante fase di deterioramento climatico tra il IV e il VI sec. d.C. che determinò un aumento della piovosità, con conseguente modifica della rete idrografica e alluvionamento della pianura.

Nell'area ravennate gli effetti del cambiamento climatico sono registrati nell'incremento del tasso di sedimentazione con conseguente seppellimento degli elementi infrastrutturale della colonizzazione e bonifica romana.

Lo spessore dell'Unità di Modena varia da 0 a 5,5 metri (Regione Emilia-Romagna, 1999).

3.2 Inquadramento geomorfologico

La caratterizzazione geomorfologica è strettamente connessa al modello genetico di formazione del territorio.

In pianura gli effetti morfologici maggiori e più rilevanti sono quelli legati all'evoluzione del sistema idrografico, che a sua volta viene condizionato dai caratteri climatici prevalenti e dalle condizioni geologiche del sottosuolo.

Occorre inoltre considerare che il territorio ha subito nel tempo significative trasformazioni antropiche.

Non è semplice quindi riconoscere e ricostruire gli allineamenti fisici e morfologici originari ed anche molti 'fenomeni ambientali' che si verificano attualmente sono di difficile interpretazione, essendo spesso dipendenti o comunque connessi all'intervento dell'uomo sull'ambiente.

Tra gli agenti che concorrono all'assetto morfologico del territorio, la subsidenza, in parte di origine naturale in parte legata ai prelievi di fluido dal sottosuolo, è tra quelli attualmente attivi.

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Studi effettuati da Arpa Ingegneria Ambientale indicano per il territorio comunale velocità di movimento verticale del suolo, comprese tra circa 5 e 10 mm/anno nei periodi 1999 - 2000 e 2002 - 2006.

4. Dati geotecnici e geofisici

Per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 2 sono indispensabili la raccolta, l'archiviazione organizzata dei dati pregressi e la realizzazione di nuove specifiche indagini.

Nel caso specifico il Comune di Ravenna era stato già parzialmente indagato dal punto di vista sismico nell'ambito della redazione del Piano Operativo Comunale nel 2010 e, limitatamente alla fascia costiera, in occasione della stesura del recente POC Arenile (*indagini svolte dal Dott. Geol. Angelo Angeli*); queste indagini costituiscono una discreta base di partenza, ma non sono sufficienti per effettuare il lavoro di Microzonazione Sismica di livello 2, in quanto non consentono una copertura unitaria di tutta l'area.

Inoltre il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna ha messo a disposizione coppie di prove CPT – CPTU eseguite dal *Dott. Geol. Thomas Veronese di Codigoro (FE)* nelle località di Casalborsetti, Lido di Savio e Marina di Ravenna, oltre ad una serie di misure di sismica passiva a stazione singola e in modalità di antenna sismica eseguite dalla ditta *EGIS System Srl di Siena* lungo la fascia costiera.

Infine l'Ing. Sara Martini dell'Area Infrastrutture Civili del Comune di Ravenna, in cooperazione con gli altri settori dell'Amministrazione, ha fornito una serie di prove geognostiche e geofisiche eseguite per svariati lavori presso infrastrutture ed edifici pubblici.

Riassumendo quanto appena enunciato, il lavoro di ricerca bibliografica e di archivio ha messo a disposizione le seguenti indagini geognostiche e geofisiche disposte abbastanza omogeneamente nei centri urbani del Comune:

- 72 prove HVSR;
- 107 prove CPT (prove penetrometriche statiche);
- 58 CPTU (prove con piezocono);
- 3 SCPTU (prove con piezocono sismico);
- 3 DH (prove sismiche in foro down - hole);
- 25 sondaggi geognostici;
- 3 prove ESAC;
- 5 prove Re.Mi.;
- 12 prove MASW.

Per integrare le indagini sopra menzionate ed estendere lo studio di Microzonazione Sismica di secondo livello alla maggior parte dei nuclei abitati o industriali del Comune sono state effettuate le ulteriori seguenti prove :

30

- **15 prove HVSR;**
- **10 prove MASW;**
- **10 prove ESAC;**
- **15 prove CPT;**
- **15 prove SCPTU.**

Per quanto riguarda le indagini geotecniche possiamo vedere che la tipologia di indagini che più frequentemente è stata effettuata nel territorio comunale è la prova penetrometrica statica (CPT) seguita dalle prove con piezocono e dai sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

L'elenco relativo alle indagini geofisiche mostra che le prove maggiormente presenti sul territorio sono le HVSR che sono state effettuate per il progetto di Microzonazione unite a quelle usate per la redazione del Piano Operativo Comunale e a quelle reperite dagli archivi dell'Ufficio Tecnico comunale e regionale.

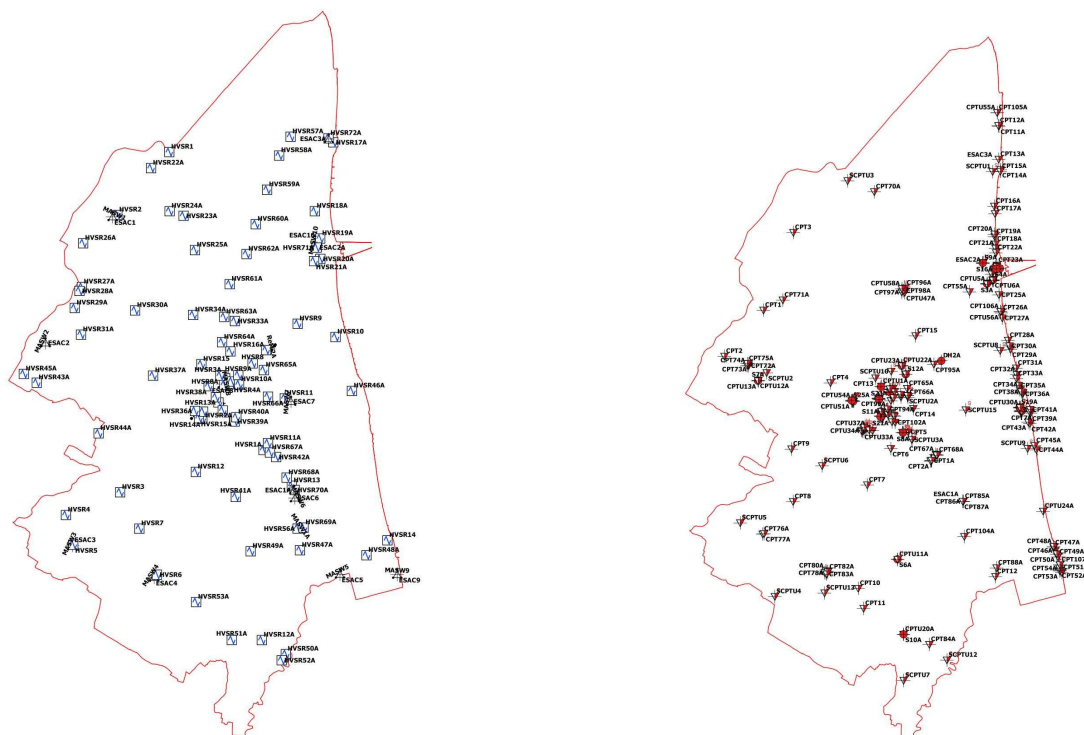
A seguire il binomio MASW - ESAC che solitamente viene eseguito in contemporanea per sopperire alle lacune dei due diversi metodi eseguiti singolarmente.

5. Modello del sottosuolo

La raccolta delle indagini disponibili e la realizzazione di prove geofisiche e geognostiche ex-novo ha consentito la ricostruzione del modello di sottosuolo sia nelle frazioni che nel Capoluogo.

La qualità del modello, funzione della densità di indagini, risulta maggiore laddove queste ultime sono ben distribuite e in gran numero come nel caso del Capoluogo e dei Lidi costieri; nelle altre aree il modello presenta alcune lacune e incertezze, superate mediante correlazioni di tipo geologico ed interpretazioni stratigrafiche.

*Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani*



Distribuzione delle indagini geofisiche (a sinistra) e delle indagini geognostiche (a destra) nel territorio comunale

Inoltre si sono rivelate fondamentali le prove di sismica passiva, le quali ci hanno fornito informazioni attendibili sulla profondità del substrato sismico.

In contrapposizione assumono minore importanza i risultati dei sondaggi a carotaggio continuo e delle prove penetrometriche, che non hanno mai consentito l'individuazione del bedrock geologico, in quanto quest'ultimo, come evidenziato dai dati delle compagnie petrolifere nel capitolo precedente, è stato rinvenuto a profondità di svariate centinaia di metri.

Come detto, molto utili sono state invece le indagini geofisiche sia attive che passive: queste a differenza delle prove geotecniche hanno consentito di stimare nella maggior parte dei casi il bedrock sismico (individuato a profondità comprese tra 150 e 250 metri), utile per valutare eventuali effetti di amplificazione stratigrafica.

Le indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSr) effettuate in buon numero, specificatamente per questo progetto, si sono correlate in maniera ottimale con le prove esistenti; questo ha consentito di utilizzarle, seppur con cautela, nella ricostruzione del modello geologico e geofisico del sottosuolo.

6. Elaborati cartografici

Come previsto dal DGR 2193/15 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” sono state redatte le seguenti cartografie:

- ***Carta delle indagini***
- ***Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni***
- ***Carta delle aree suscettibili di effetti locali***
- ***Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)***
- ***Carta dei fattori di amplificazione***

Abbiamo deciso di accorpare la *Carta geologico – tecnica* e la *Carta delle frequenze naturali dei terreni* a scopi semplificativi, senza inficiare la qualità delle stesse.

Per ognuna delle 36 aree sottoposte ad approfondimento al II° livello sono conseguentemente stati redatti 5 elaborati cartografici.

In virtù delle prescrizioni riportate nel DGR 2193/15 la scala di tutte le cartografie è 1:10.000.

6.1 Carta delle indagini

La carta delle indagini è stata realizzata mediante tecnologia GIS, riportando su base topografica tutte le prove presenti nel database organizzato come esposto nel Capitolo 4.

Sono stati distinti graficamente gli elementi puntuali e lineari e ad ogni prova è stato assegnato un simbolismo funzione della tipologia d'indagine in ottemperanza agli standard di rappresentazione e archiviazione informativa per la Microzonazione Sismica Versione 4.0 b.

Tutta la cartografia è stata redatta in scala 1:10.000; per una migliore leggibilità e chiarezza, le aree studiate sono state numerate da 1 a 36.

Analizzando la distribuzione areale delle prove si evidenzia una maggior densità nel Capoluogo e nei lidi costieri (Casal Borsetti, Lido Adriano, Lido di Savio e Lido di Classe).

Per quanto riguarda le altre frazioni, presentano una discreta densità di indagini le frazioni di Porto Fuori, Fosso Ghiaia, San Pietro in Vincoli e Classe, mentre le frazioni più piccole come Casemurate, Coccolia, Gambellara, San Bartolo e San Zaccaria, anche in funzione della minore espansione residenziale, risultano meno coperte da indagini di qualsiasi tipologia.

Le indagini eseguite per il presente studio sono riportate nello specifico report denominato *Report della campagna geognostica e geofisica ai fini dello “Studio di microzonazione sismica del territorio urbanizzato e rurale (approfondimento al II° livello DAL Regione Emilia - Romagna n. 112/2007 e smi)” del Comune di Ravenna.*

Tutte le indagini di archivio sono state opportunamente siglate, raccolte a loro volta e fornite all'Amministrazione Committente in un'apposita relazione riepilogativa.

6.2 Carta geologico - tecnica e delle frequenze naturali dei terreni

In funzione dell'elevato numero di elaborati cartografici da produrre, dipendente dalla grande estensione comunale e dalla notevole presenza di agglomerati urbani, abbiamo ritenuto opportuno unificare la *carta geologico - tecnica* e la *carta delle frequenze naturali dei terreni*.

Questa operazione non ha compromesso in alcun modo la qualità e la leggibilità della cartografia, che risultano buone e ampiamente comprensibili.

La descrizione della carta geologico - tecnica è stata redatta a partire dagli elaborati geologici del Piano Operativo Comunale del 2010 e adeguata al nuovo standard di rappresentazione e archiviazione.

La perimetrazione di alcune formazioni è stata tuttavia rivista e modificata in funzione delle nuove indagini geognostiche e geofisiche eseguite in occasione del presente lavoro.






Le carte geologico tecniche sono state redatte per ogni singola frazione indagata in scala 1:10.000 e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.0 b – ottobre 2015), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle aree suscettibili di effetti locali.

Le uniche unità geologico - litologiche presenti sono rappresentate dai *terreni di copertura*; nel territorio comunale di Ravenna non è mai stato rilevato il substrato geologico rigido o non rigido.

La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette così di identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità.

Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato:

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

In aggiunta per i terreni di copertura vengono riportati i codici relativi agli ambienti di possibile genesi e deposizione dei terreni di copertura.

Ambiente vulcanico	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri Ignimbritiche	ig
<i>Lahar</i> (colate di fango)	lh
Ambiente di versante	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
Ambiente fluvio - lacustre	
Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
Ambiente carsico	
Riempimento di dolina/ <i>karren</i> / <i>vaschetta/sinkhole</i>	do
Forme costruite presso sorgenti	so
Forme costruite in canyon carsici	cy
Croste calcaree	cc
Ambiente glaciale	
Morena	mr
Deposito fluvio glaciale	fg
Deposito lacustre glaciale	fl
<i>Till</i>	ti
Ambiente eolico	
Duna eolica	de
<i>Loess</i>	ls
Ambiente costiero	
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
Altro ambiente	zz

In tale cartografia sono stati valutati gli elementi geologici e idrogeologici puntuali derivanti dai dati di base (profondità di sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido, profondità della falda).

Infine sono state valutate le forme morfologiche di superficie e sepolte.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie “unità geologico - tecniche” individuate con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

Terreni di copertura

- **Unità geologico - tecnica SP:** si tratta di terreni costituiti da sabbie pulite a granulometria poco assortita, corrispondente alle *sabbie* della legenda della carta geologica del POC;
- **Unità geologico - tecnica SM:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscele di sabbie e limi, corrispondenti alle *sabbie limose* della legenda della carta geologica del POC;
- **Unità geologico - tecnica MH:** si tratta di terreni costituiti da limi inorganici, sabbie fini, limi micacei o diatomitici, corrispondenti ai *limi argilloso – sabbiosi e sabbie limoso - argillose* della legenda della carta geologica del POC;
- **Unità geologico - tecnica CH:** si tratta di terreni costituiti da argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse, corrispondenti alle *argille limose e alle argille limose con torba* della legenda della carta geologica del POC.

Infine per quanto riguarda gli ambienti genetico deposizionali dei terreni di copertura abbiamo riconosciuto unicamente terreni di ambiente fluvio – lacustre di piana inondabile (*pi*) e di ambiente costiero – spiaggia (*sp*).

Sono invece stati utilizzati i dati ricavati dalle misure HVSR per rappresentare in cartografia le frequenze naturali dei terreni.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi tra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontale e verticale del rumore sismico ambientale.

Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V).

L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

La campagna di misure passive del rumore sismico ambientale ha avuto come obiettivo quello di individuare possibili fenomeni di risonanza sismica e misurare la corrispondente frequenza di vibrazione.

Queste misure forniscono indicazioni sul rapporto fra la velocità media delle onde S nella copertura e la profondità del basamento sismico al di sotto del punto di osservazione.

Si può dimostrare che la frequenza di risonanza f_0 di una copertura sedimentaria di spessore H sovrapposta ad un basamento rigido e in condizioni di stratificazione piana è data dal rapporto fra la velocità media delle onde S nel sedimento V_s e 4 volte lo spessore H:

$$f_o = \frac{V_s}{4H}$$

Utilizzando questa relazione è possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata allo spessore della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio, o viceversa a quest'ultima se lo spessore H è noto.

La misura della funzione H/V richiede l'acquisizione del rumore sismico ambientale in un punto per tempi dell'ordine di diverse decine di minuti.

Questa durata ha lo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato da una molteplicità di sorgenti dalle diverse direzioni dello spazio.

La misura va effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tridimensionale caratterizzato da sufficiente sensibilità.

I dati raccolti vengono analizzati per determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sui piani orizzontale e verticale.

A questo scopo, la serie di rumore ambientale viene suddivisa in segmenti di durata simile per ciascuna delle quali viene determinato lo spettro del moto.

Dopo un opportuno lisciamento, le ordinate spettrali del moto sul piano orizzontale, ottenuto mediando opportunamente i valori ottenuti nelle due direzioni principali, vengono divise per quelle ottenute nella direzione verticale.

Per definire la qualità delle misure vengono anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura.

L'assenza di massimi della funzione H/V suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza.

Per maggiori dettagli riguardo i dati di acquisizione ed elaborazione delle indagini effettuate per lo studio in oggetto si rimanda alle relazioni tecniche allegate alla presente relazione.

In tutto il territorio comunale di Ravenna sono state utilizzate 87 misure di rumore di cui:

-n. 15 effettuate dalla ditta Geologica Toscana – Prospezioni Geofisiche Snc per conto del Comune di Ravenna nell'ambito del presente incarico per la Microzonazione Sismica di II° livello;

-n. 72 effettuate in vari step precedenti: *a)* in occasione del POC dell'Arenile; *b)* in occasione della Microzonazione di I° livello; *c)* reperite negli archivi comunali derivanti da interventi a carattere pubblico o privato; *d)* fornite dalla Regione Emilia Romagna.

6.3 Carta delle aree suscettibili di effetti locali

La carta delle aree suscettibili di effetti locali costituisce il documento fondamentale di questo livello di approfondimento.

La carta individua le aree ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici, è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità, liquefazione).

Le informazioni utilizzate, oltre alla cartografia di base disponibile sono:

- carta delle indagini, precedentemente prodotta per questo livello di approfondimento;
- carte geologiche e geomorfologiche del Piano Operativo Comunale;
- logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggi e prove profonde;
- carte di dissesto idrogeologico (progetto IFFI).

Le distinte aree della carta sono classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- b) zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

Nel caso specifico del Comune di Ravenna sono state individuate 2 aree suscettibili di effetti locali (determinate in funzione dei criteri sopra esposti) che vengono descritte di seguito:

6.3.1 Zone suscettibili di amplificazioni locali

Le zone suscettibili di amplificazioni locali sono le aree riconducibili ai litotipi MH della carta geologico tecnica, sui quali si prevedono amplificazioni del moto sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico.

6.3.2 Zone suscettibili di instabilità

Le zone suscettibili di instabilità sono le aree riconducibili ai litotipi CH, SP e SM della carta geologico tecnica, in particolare sui litotipi CH sono attesi effetti sismici del tipo di *cedimento* o *cedimento differenziale*, mentre sui litotipi SP e SM sono attesi effetti sismici del tipo di *liquefazione*.

Nelle zone in esame gli effetti di queste fenomenologie risultano essere maggiori di quelli causati dall'amplificazione litostratigrafica evidenziate nel paragrafo 6.3.1.

Le zone suscettibili di liquefazione sono le zone nelle quali gli studi di microzonazione sismica di I° livello hanno verificato l'esistenza di 4 condizioni predisponenti:

1. Terreni sabbiosi;
2. Falda a profondità inferiore a 15 m;
3. Magnitudo attesa al sito $M_w > 5$;
4. Accelerazioni massime in superficie (p_{ga}) $> 0,1g$.

Tali zone dovranno essere riviste, confermate o smentite dal III° livello di approfondimento, di cui diamo perimetrazione nella Carta dei fattori di amplificazione.

6.4 Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)

In questa carta vengono riportati tutti i punti di misura di V_s delle aree oggetto di microzonazione e vengono evidenziati i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio S nei primi 30 metri del sottosuolo.

I valori utilizzati di V_{s30} sono da riferirsi sia alle indagini d'archivio che a quelle effettuate (MASW, MASW - ESAC, SCPTU, DOWN - HOLE, Re.Mi.).

Considerando distribuzione ed andamento dei dati di velocità delle onde S nei primi 30 metri di sottosuolo, opportunamente correlati con altri dati geognostici e geofisici, si nota come in generale le elaborazioni delle acquisizioni eseguite abbiano evidenziato valori oscillanti tra un valore minimo di 160 m/s, rilevato nei pressi delle frazioni di Casal Borsetti, Marina Romea e Porto Corsini, e un valore massimo di 240 m/sec nei pressi della frazione di Fosso Ghiaia.

In generale, i valori maggiori si riscontrano nella zona meridionale del territorio comunale, tra il confine sud e le frazioni di San Pietro in Vincoli, Fosso Ghiaia e Castiglione di Ravenna, con valori della V_{s30} che sono quasi sempre superiori ai 200 m/s.

Nella rimanente parte del territorio, i valori della V_{S30} sono generalmente compresi tra un valore minimo di 160 m/s ed uno massimo di 200 m/s.

6.5 Carta dei fattori di amplificazione

La carta dei fattori di amplificazione costituisce l'elaborato principale del II° livello di approfondimento.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

Questo genere di cartografia riporta la suddivisione del territorio in zone suscettibili di amplificazione e zone suscettibili di amplificazione e liquefazione.

L'obiettivo di questa carta è quello di riportare i valori di amplificazione stimati in termini di rapporto tra PGA al sito e PGA di riferimento (FA_{PGA}) e di rapporto tra Intensità di Housner al sito e quella al sito di riferimento per intervalli di periodi compresi tra 0,1 e 0,5 secondi ($FA_{0,1-0,5S}$), tra 0,5 e 1 secondo ($FA_{0,5-1S}$) e tra 0,5 e 1,5 secondi ($FA_{0,5-1,5S}$).

Questi 4 fattori sono riportati nella carta dei fattori di amplificazione in corrispondenza del punto sul quale sono stati calcolati.

Nelle zone dove le indagini presenti non permettevano tale rappresentazione per tutti e quattro i valori, viene proposta solamente la carta dei fattori di amplificazione in termini di intensità di Housner $FA - SI3$ che è l'interpolazione più cautelativa per il territorio del Comune di Ravenna.

7. Risultati e Conclusioni

Il progetto di studio di microzonazione sismica con approfondimento al secondo livello del Comune di Ravenna è stato svolto in ottemperanza a:

- DGR 2193/15 Aggiornamento all'atto di coordinamento tecnico denominato *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*
- All. A del DGR 2193/15 *"Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'Art. 16, c.1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*;
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.0 b.

Per quanto attiene ai contenuti dello studio si è fatto riferimento agli Strumenti Urbanistici vigenti, in particolare alle indagini geologiche e sismiche eseguite per il Piano Operativo Comunale.

In particolare sono state esaminate le carte geologica e geomorfologica, nonché utilizzati i dati di base come sondaggi e indagini sismiche per la ricostruzione del modello di sottosuolo.

Inoltre sono state raccolte tutte le indagini effettuate per costruzioni private presenti nell'archivio dell'ufficio Urbanistica del Comune e quelle fornite dalla Regione Emilia – Romagna.

Le prove e la loro ubicazione sono state riportate su base topografica dando origine alla Carta delle indagini.

Come previsto nel piano di lavoro impostato con il Comune di Ravenna è stata eseguita una campagna di misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR) raccogliendo 15 acquisizioni, in aggiunta a quelle già presenti sul territorio.

Tutte le prove sono state riportate nella “Carta delle frequenze naturali dei terreni” classificandole in base alla frequenza fondamentale f_0 e al massimo della funzione H/V .

Attraverso le carte di base suddette sono state redatte sia la “Carta geologico-tecnica” che la “Carta delle Aree suscettibili di effetti locali”.

Poiché il II° livello di approfondimento ha per obiettivo l'individuazione delle microzone a comportamento sismico omogeneo, tale carta costituisce il documento fondamentale di questo livello di approfondimento.

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

8. Bibliografia

Bartoloni C., Bernini M., Carloni G.C., Castaldini P., Costantini A., Federici P.R., Francavilla F., Gasperi G., Lazzaretto G., Mozzanti A., Papani G., Pranzini G., Rau A., Sandrelli P. & Vercesi P.L., 1982 – Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale. Boll. Soc. Geol. Ital., 101: 523-549;

Biondi G. & Maugeri M. – A modified Newmark type-analysis according to EC-8 requirements for seismic stability analysis of natural slope. University of Catania Italy;

Boccaletti M., Coli M., Eva C., Ferrari G., Giglia G., Lazzaretto A., Merlanti F., Nicolich R., Papani G. & Postpischl D., (1985) – Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines. Tectonophysics; 117, 7-38;

Boccaletti M., Cerrina Feroni A., Martinelli P., Moratti G., Plesi G. & Sani F. (1991) – L'alternanza distensione-compressione nel quadro evolutivo dei bacini neogenici dell'Appennino Settentrionale. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1991/1, 187-192;

Boncio P. & Lavecchia G. (2001) – Interpretazioni controverse del profilo CROP03: stato dell'arte e considerazioni per un'ipotesi alternativa. In: A. Brogi, M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra, 75-80;

M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra, 81-88.
Brune, J.N. 1970. Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes. Journal of Geophysical Research, Vol. 75, N. 26, pp. 4997-5009;

Collettini C., Barchi M., Paeselli C., Federico C. and Pialli G., 2000, Seismic expression of active extensional fault in northern Umbria (Central Italy). Journal of Geodynamics 29 (2000): 309-321;

Gruppo di lavoro MS, 2008 - Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica - Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della Protezione civile Roma, 3 vol. e cd-rom;

Grünthal G, ed. (1998). European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). European Seismological Commission, subcommission on Engineering Seismology, working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, Luxembourg;

Martini I.P., Sagri M. (1993) – Tectono – Sedimentary characteristics of Late Miocene – Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy. Earth Science Reviews, 34, 197 – 233;

Matini P., Sagri M., Coltella A. (2001) – Neogene-Quaternary basin of the inner Apennine and Calabrian arc. G.B. Vai and I.P. Martini (eds.), "Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent mediterranean basin". Kluw Accad. Pubbl. London, 375-400;

McGuire R.K. 2001. Deterministic vs. probabilistic earthquake hazards and risks. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 21, 377- 384;

Newmark N.M. 1965. Effects of earthquakes on dams and embankments. Géotechnique, 15, 139-160;

Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) -Tyrrhenian basin and Apenninic arc: kinematic relation since Late Tortonian time. Memorie Società Geologica Italiana 45, 425-451. Principi G. e Treves B. (1984) – Interpretazione attualistica del Sistema Corso-Appenninico. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennino. Memorie Società Geologica Italiana; 28, 549-576. Valensise G. and Pantosti D., (Eds.), 2001 – Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy;

SGA [ed] (2007). Viaggio nelle aree sismiche: Liguria basso Piemonte, Toscana, Emilia Romagna, coste e Appennino, dal I secolo a.C. al 2000. Guida monografica a cura della società SGA (Storia Geofisica Ambiente) Bologna, 496 pp;

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Dott. Geol. Giorgio Frassinetti (2010) Piano Operativo Comunale di Ravenna;

Dott. Geol. Angelo Angeli (2015) Indagini geognostiche e geofisiche POC Arenile del Comune di Ravenna;

Dott. Geol. Thomas Veronese per i dati di alcune prove geognostiche di archivio;

EGIS System Srl per i dati di alcune prove sismiche di archivio.

Siti web consultati:

<http://diss.rm.ingv.it/diss/KML-HTMLoptions.html> Mappa sismogenetica aggiornata;

<http://esse1-gis.mi.ingv.it/> Pericolosità sismica e disaggregazione;

<http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet> Database terremoti;

<http://www.ingv.it/it/> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Poggibonsi (SI), 18.03.2016