



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009, n.77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione tecnico-illustrativa

Regione Emilia Romagna

Comune di Fiorenzuola d'Arda



<p>Regione: Regione Emilia Romagna</p>	<p>Soggetto realizzatore: Geologica Toscana  Dott. Geol. Gabriele Corbelli  Collaboratore: Dott. Geol. Aurora Martini</p>	<p>Data: 06.11.2019</p>
--	---	-----------------------------

## Sommario

<b>1. Introduzione</b> .....	2
<b>2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento</b> .....	4
<b>3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area</b> .....	17
<b>4. Dati geotecnici e geofisici</b> .....	30
<b>5. Modello del sottosuolo</b> .....	32
<b>6. Elaborati cartografici</b> .....	33
<b>6.1 Carta delle indagini</b> .....	33
<b>6.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni</b> .....	34
<b>6.3 Carta geologico-tecnica</b> .....	36
<b>6.4 Carta delle velocità delle onde di taglio S (<math>V_s</math>)</b> .....	40
<b>6.5 Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)</b> .....	42
<b>6.6 Carta di Microzonazione Sismica</b> .....	49
<b>7. Risultati e Conclusioni</b> .....	52
<b>8. Bibliografia</b> .....	53

## 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 al secondo livello ha come obiettivo finale la redazione della Carta di Microzonazione di 2° livello, quindi la valutazione dei fattori di amplificazione sulle aree individuate su base degli abachi forniti dal Servizio Sismico Regionale o in alternativa dagli abachi proposti sugli ICMS.

Il territorio comunale di Fiorenzuola d'Arda non era dotato di uno studio di Microzonazione di 1° livello che invece farà parte integrante delle analisi presentate in questa fase.

Sono state reperite, con l'aiuto dei tecnici comunali, tutte le indagini geognostiche e sismiche presenti negli archivi dell'ente e a tali indagini si sono poi aggiunte nuove indagini sismiche (sismica attiva e passiva ad hoc ubicate in accordo con il Comune di Fiorenzuola d'Arda e con il Servizio Sismico Regionale nella persona del Dott. Geol. Luca Martelli) effettuate per conto del Comune di Fiorenzuola d'Arda a completamento delle aree meno coperte da questo tipo di indagini.

Per la redazione della cartografia necessaria all'approfondimento di secondo livello ci siamo avvalsi degli standard di archiviazione e rappresentazione informatica Versione 4.1 (Roma, Novembre 2018) emanati dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n.3907).

Inoltre sono state prese come riferimento le carte geologica e geomorfologica comunali gentilmente concesse dall'Ente.

La base topografica utilizzata per la redazione degli elaborati cartografici, è la CTR scala 1:10.000 scaricato liberamente dal sito della Regione Emilia-Romagna.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Raccolta delle indagini pregresse;
- Esecuzione delle nuove indagini;
- Redazione della Cartografia (*Carta delle indagini, Carta delle frequenze naturali dei terreni, Carta delle Vs, Carta geologico – tecnica, Carta delle MOPS e Carta di Microzonazione Sismica*).

Il presente studio di Microzonazione è stato effettuato in ottemperanza e seguendo:

- OPCM 3274/2003;

- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica volumi 1 e 2;
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.1;
- DGR n. 630 del 29.04.2019;
- “Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano”;
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC). Versione 1.0”;
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0”;
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ). Versione 1.0”.

Gli elaborati che sono parte integrante di questa relazione sono:

- Tav. 1.1 e Tav. 1.2 Carta delle Indagini;
- Tav. 2.1 e Tav. 2.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni;
- Tav. 3.1 e Tav. 3.2 Carta delle Vs;
- Tav. 4.1 e Tav. 4.2 Carta geologico-tecnica;
- Tav. 5.1 e Tav. 5.2 Carta delle MOPS;
- Tav. 6.1.1 e Tav. 6.1.2 Carta microzonazione sismica FH0105;
- Tav. 6.2.1 e Tav. 6.2.2 Carta microzonazione sismica FH0510;
- Tav. 6.3.1 e Tav. 6.3.2 Carta microzonazione sismica FH0515;
- Tav. 6.4.1 e Tav. 6.4.2 Carta microzonazione sismica FA0105;
- Tav. 6.5.1 e Tav. 6.5.2 Carta microzonazione sismica FA0408;
- Tav. 6.6.1 e Tav. 6.6.2 Carta microzonazione sismica FA0711;
- Tav. 6.7.1 e Tav. 6.7.2 Carta microzonazione sismica FA0515;
- Tav. 6.8.1 e Tav. 6.8.2 Carta microzonazione sismica FPGA;
- Tav. 7.1 e Tav. 7.2 Carta dello scuotimento atteso HSM;
- Colonne MOPS;
- Sezioni geologico-tecniche.

## 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 Fiorenzuola d'Arda è censito tra le aree a sismicità 3 ( $0,100 < a_g \leq 0,125$  g);

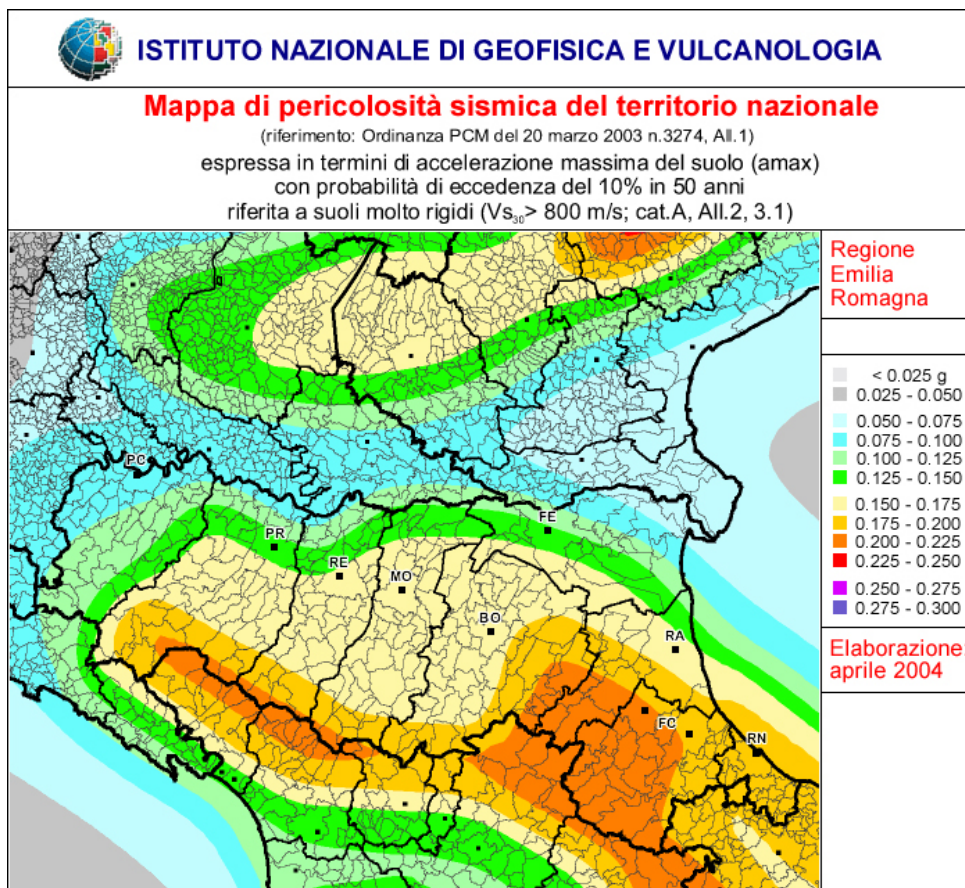
L'accelerazione, considerata al suolo su bedrock rigido categoria di sottosuolo "A", si intende per studi di Microzonazione Sismica come quello in esame, quella con la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a tempi di ritorno di 475 anni.

In linea con i meccanismi sismogenetici dell'appennino settentrionale la sismicità di base assume valori uniformi all'interno del territorio comunale e via, via in diminuzione da sud verso nord.

La classificazione sismica **non interferisce con la determinazione dell'azione sismica**, necessaria per la progettazione e la realizzazione degli interventi di prevenzione del rischio sismico.

L'azione sismica è definita per ogni sito dai **parametri di pericolosità sismica** previsti dalle norme tecniche per le costruzioni **NTC 2018**.

La **classificazione sismica** costituisce un **riferimento tecnico-amministrativo** per graduare l'attività di **controllo dei progetti** e la priorità delle azioni e misure di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.

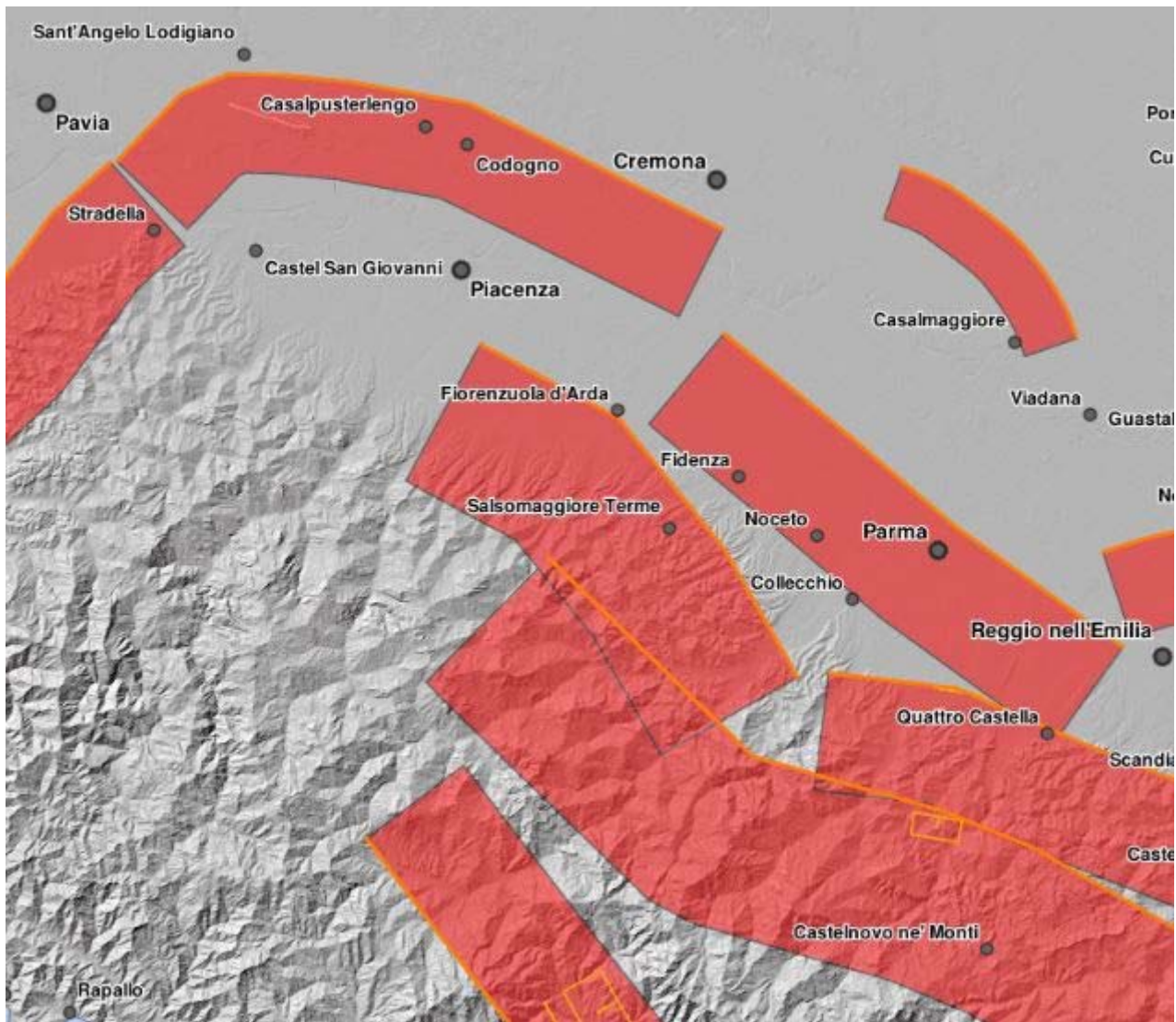


*Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale*

Dal progetto DISS\_3.2.1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si nota ancor meglio la disposizione delle faglie attive e capaci.

In particolare sono da mettere in luce tre importanti sistemi fessurativi composti essenzialmente da "Composite Seismogenic Sources", che prendono il nome di ITCS009 – Busseto-Cavriago, ITCS044 – Portalbera-Cremona e ITCS045 – San Giorgio Piacentino-Fornovo di Taro che contornano il territorio comunale.





*Mappa delle fonti sismogenetiche*

Nelle vicinanze di Fiorenzuola d'Arda non si rilevano fonti sismogenetiche individuali.

Nella figura sovrastante, colorate con campitura rossa, sono rappresentate fonti sismogenetiche composite, in particolare *ITCS009 – Busseto-Cavriago*, *ITCS044 – Portalbera-Cremona* e *ITCS045 – San Giorgio Piacentino-Fornovo di Taro*.

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.

**COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES** ?

[COMMENTARY](#) ▼   
 [PICTURES](#) ▼   
 [REFERENCES](#) ▼   
 [USER COMMENTS](#) ▼

---

**GENERAL INFORMATION**

<b>DISS-ID</b>	ITCS009
<b>Name</b>	Busseto-Cavriago
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(1), Toscani G.(3)
<b>Affiliation(s)</b>	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 3) Universit... di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy
<b>Created</b>	17-Oct-2013
<b>Updated</b>	19-Jun-2015
<b>Display map ...</b>	
<b>Related sources</b>	

---

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
<b>Min depth [km]</b>	2.0	OD Based on geological data from various authors.
<b>Max depth [km]</b>	8.0	OD Based on geological data from various authors.
<b>Strike [deg] min... max</b>	120...140	OD Based on geological data from various authors.
<b>Dip [deg] min... max</b>	20...40	OD Based on geological data from various authors.
<b>Rake [deg] min... max</b>	90...120	EJ Inferred from geological data.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.16...0.53	OD Based on geological data from Maesano et al. (2015).
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	5.6	LD Derived from the strongest earthquake occurred in the region.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGMENT;

**ACTIVE FAULTS**

---


**ACTIVE FOLDS**



**COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES** ?

[COMMENTARY](#) ▼   
 [PICTURES](#) ▼   
 [REFERENCES](#) ▼   
 [USER COMMENTS](#) ▼

**GENERAL INFORMATION**

<b>DISS-ID</b>	ITCS044
<b>Name</b>	Portalbera-Cremona
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(1), Toscani G.(3)
<b>Affiliation(s)</b>	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 3) Universit... di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy
<b>Created</b>	17-Oct-2013
<b>Updated</b>	19-Jun-2015
<b>Display map ...</b>	
<b>Related sources</b>	

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	OD Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	7.0	OD Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	30...115	OD Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.48...0.54	OD Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	5.5	EJ Assumed from regional seismological data.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGMENT;

**ACTIVE FAULTS**

**ACTIVE FOLDS**

ID	NAME	REFERENCE
125	San Colombano	Toscani et al. [2006]

**COMMENTARY**

### COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▼
[PICTURES](#) ▼
[REFERENCES](#) ▼
[USER COMMENTS](#) ▼

#### GENERAL INFORMATION

<b>DISS-ID</b>	ITCS045
<b>Name</b>	San Giorgio Piacentino-Fornovo di Taro
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1), Basili R.(1)
<b>Affiliation(s)</b>	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
<b>Created</b>	08-Jan-2005
<b>Updated</b>	26-Jun-2015

Display map ... 

Related sources ▶

#### PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
<b>Min depth [km]</b>	2.0	OD Based on geological data from various authors.
<b>Max depth [km]</b>	10.0	OD Based on geological data from various authors.
<b>Strike [deg] min... max</b>	110...150	OD Based on geological data from various authors.
<b>Dip [deg] min... max</b>	20...40	OD Based on geological data from various authors.
<b>Rake [deg] min... max</b>	80...100	EJ Inferred from regional geological data.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.24...0.63	EJ Inferred from geological data by Ponza et al. (2010) and Gunderson et al. (2013)
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	5.5	EJ Assumed from regional seismological data.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGMENT;

#### ACTIVE FAULTS

---

#### ACTIVE FOLDS

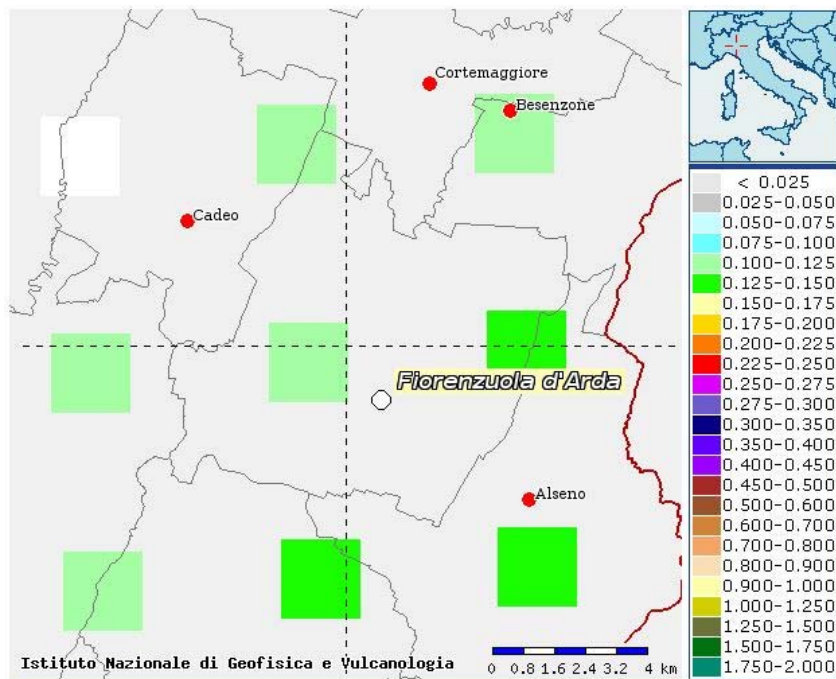
---

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).

Si sceglie tale tempo di ritorno perché è quello ufficiale per gli studi di Microzonazione Sismica e perché è il più frequentemente usato per la costruzione degli spettri di risposta sismica per la maggior parte dei fabbricati di uso comune, secondo le NTC2018, e corrispondente ad una vita nominale di 50 anni e classe d'uso 2.

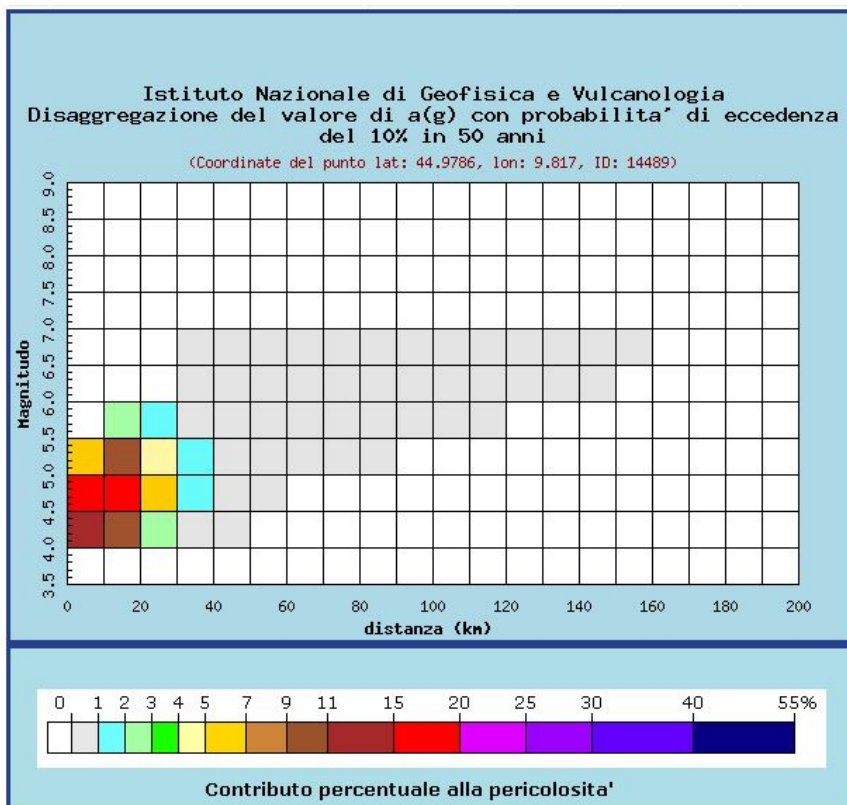
In particolare crediamo sia utile calcolare le magnitudo attese e le distanze epicentrali come appena spiegato, in corrispondenza dei nodi della griglia sismica di riferimento che ricadono subito esterni al confine comunale del comune in esame.

**Punto 1:**



**Selezione mappa**

<input checked="" type="checkbox"/>	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
<input type="checkbox"/>	Ridisegna mappa	a(g) ▼	10% ▼	50 ▼	▼





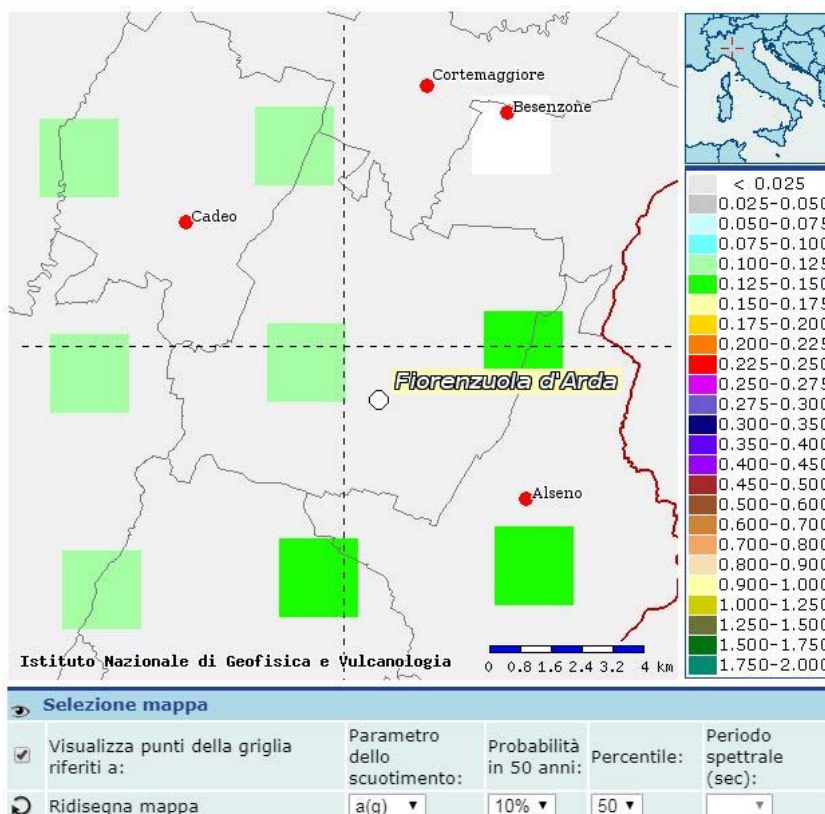
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.9786, lon: 9.817, ID: 14489)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	13.400	18.100	6.420	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	9.210	17.600	9.980	2.420	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	2.000	5.530	4.640	1.820	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.144	1.290	1.810	0.965	0.043	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.001	0.224	0.845	0.724	0.280	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.019	0.310	0.485	0.326	0.062	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.080	0.266	0.238	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.014	0.131	0.139	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.082	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.048	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.027	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	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

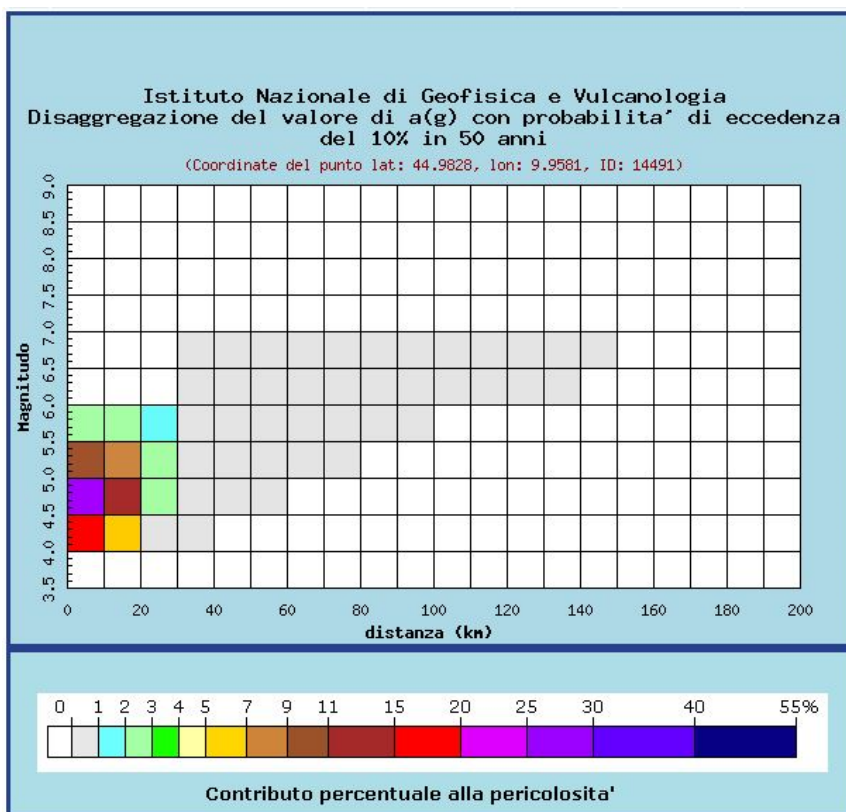
  

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.850	15.200	0.935

Magnitudo media 4,85 con distanza epicentrale di 15,2 km

**Punto 2:**





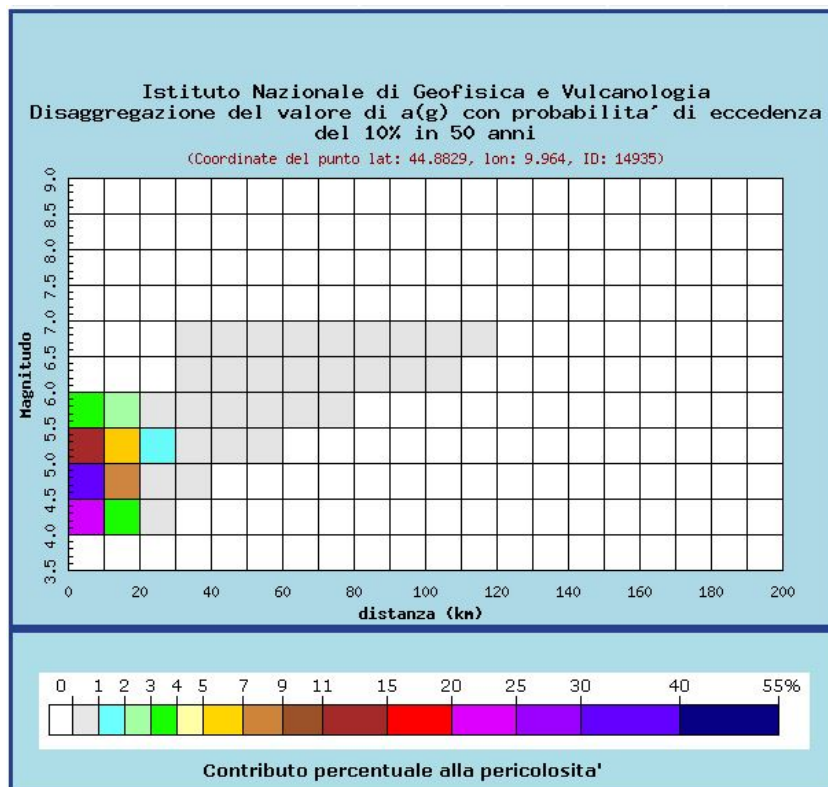
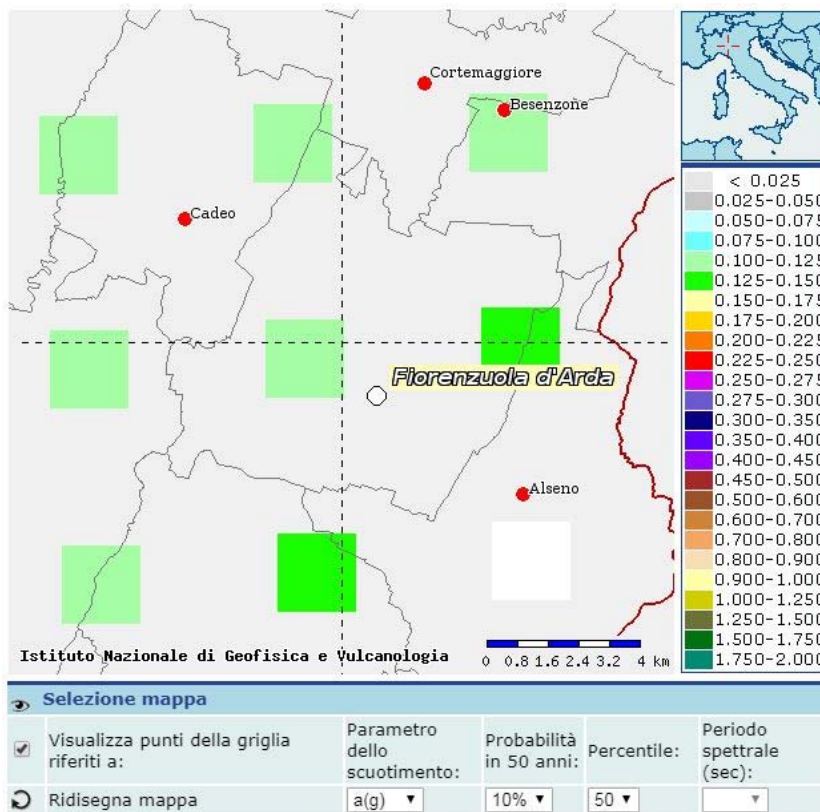
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.9828, lon: 9.9581, ID: 14491)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	19.700	27.600	10.300	2.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.200	12.300	7.330	2.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.891	2.880	2.690	1.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.014	0.495	0.965	0.582	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.064	0.431	0.451	0.180	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.001	0.116	0.283	0.220	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.021	0.146	0.160	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.001	0.053	0.082	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.042	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.022	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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
4.830	11.100	0.665

*Magnitudo media 4,83 con distanza epicentrale di 11,1 km*



**Punto 3:**



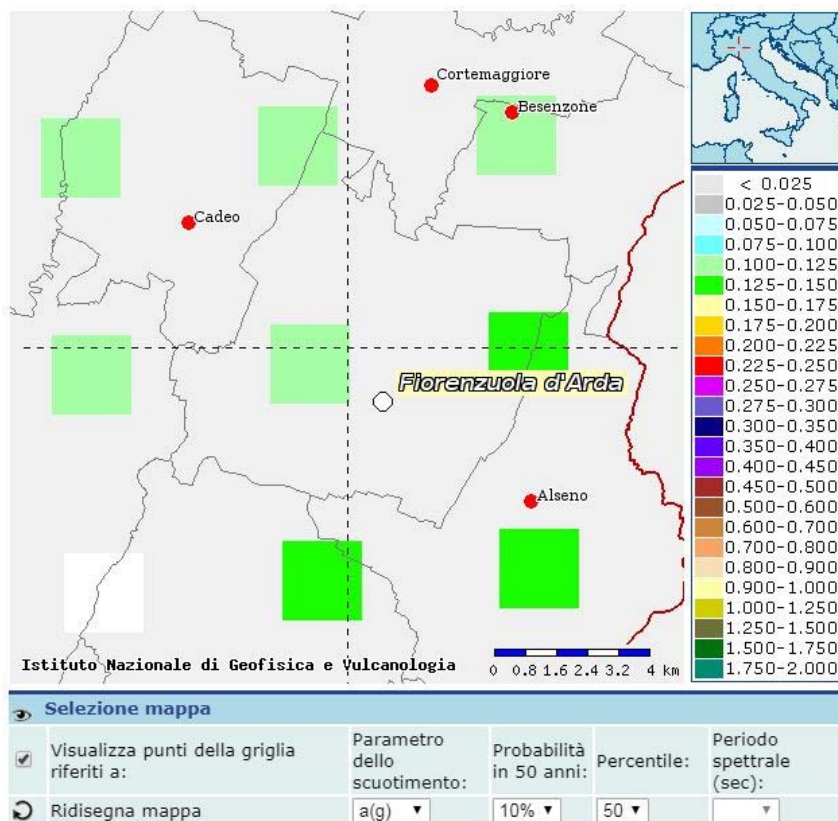
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.8829, lon: 9.964, ID: 14935)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	22.800	34.100	14.100	3.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.850	8.760	6.130	2.360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.122	0.882	1.230	0.689	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.024	0.236	0.259	0.083	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.015	0.089	0.094	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.002	0.036	0.067	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.030	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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

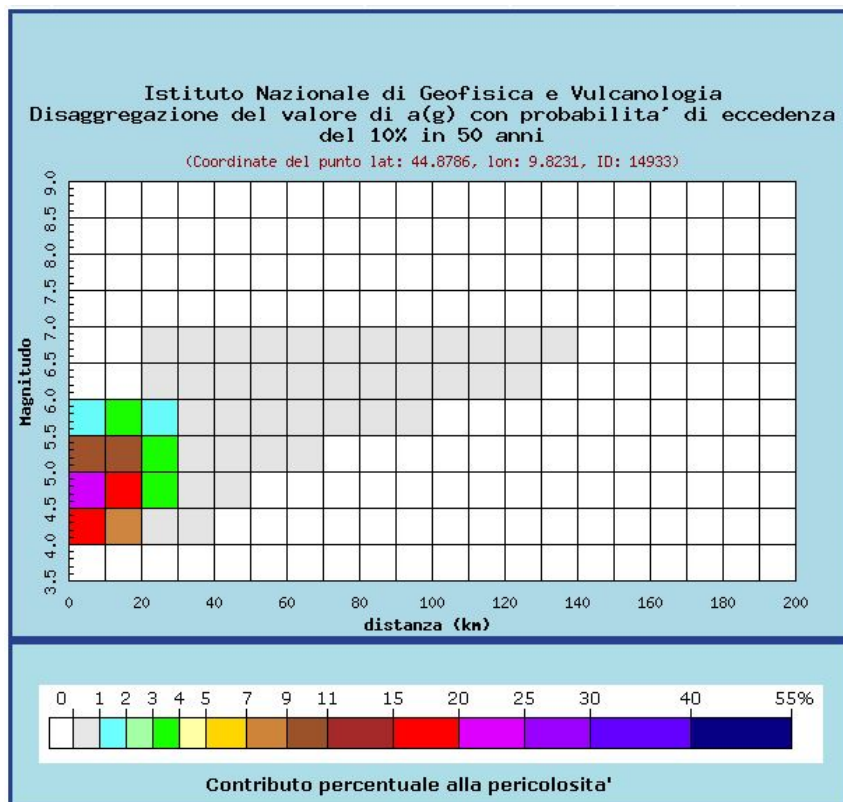
  

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.820	7.720	0.660

Magnitudo media 4,82 con distanza epicentrale di 7,72 km

**Punto 4:**





Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.8786, lon: 9.8231, ID: 14933)										
	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	16.300	24.100	9.720	1.750	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	7.400	15.500	9.830	3.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.828	3.140	3.240	1.560	0.068	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.251	0.840	0.712	0.307	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.002	0.146	0.298	0.233	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.019	0.116	0.130	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.003	0.049	0.070	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.040	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.021	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	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
4.850	11.700	0.921

*Magnitudo media 4,85 con distanza epicentrale di 11,7 km*



Si nota come la magnitudo attesa più probabile con tempo di ritorno 475 anni sia compresa tra un minimo di 4,82 un massimo di 4,85.

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 più probabile tra tutti gli eventuali sismi.

Quanto finora detto è del tutto confermato dagli eventi storici le cui magnitudo raramente superano il 5° grado.

**Appare tuttavia chiaro che, essendo la zona in esame ricompresa in aree sismogenetiche, sia più corretto attribuire alle aree studiate la magnitudo attesa da zonazione sismogenetica che varia tra 5.5 e 5.6 secondo quanto sopra riportato nel DISS3.2.1.**

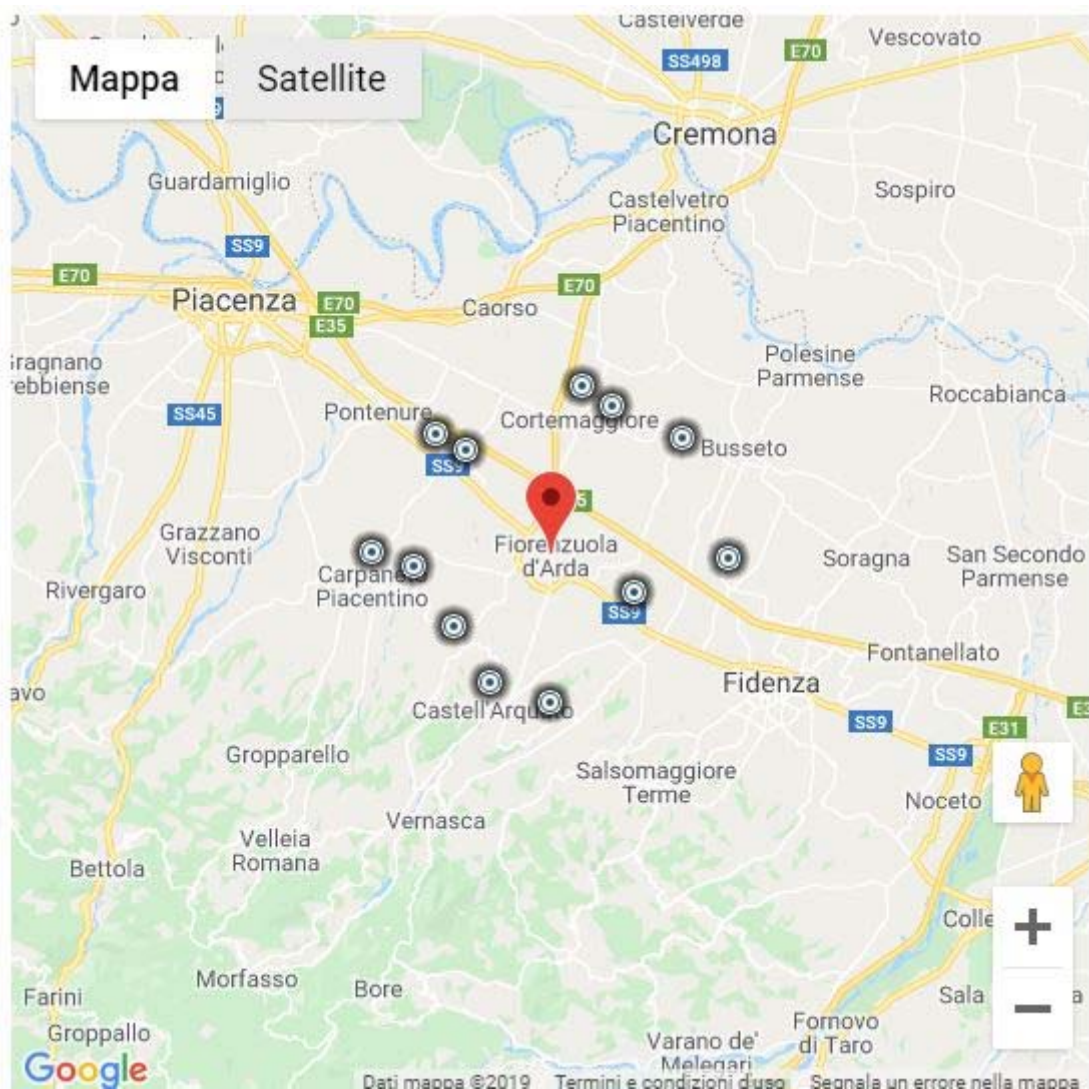
Riportiamo adesso i terremoti più recenti disponibili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 e quindi nel Database Macrosismico Italiano 2015 DBMI15:

### Fiorenzuola d'Arda



PlaceID IT\_34991  
 Coordinate (lat, lon) 44.928, 9.911  
 Comune (ISTAT 2015) Fiorenzuola d'Arda  
 Provincia Piacenza  
 Regione Emilia-Romagna  
 Numero di eventi riportati 20

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
2-3	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5	4.25
4	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
NF	1912	10	01	18	10		Piacenza	23	4	3.70
F	1913	03	27	02	25	4	Val Trebbia	58	4-5	4.24
3	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	73	4-5	4.65
3	1913	12	07	01	28		Valle Scrivia	56	5	4.57
4-5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
NF	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
NF	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
6	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1975	11	13	19	55	1	Appennino piacentino	7	5-6	4.36
6	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97



### **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 e in particolare riprenderemo il PSC del Comune di Fiorenzuola d'Arda.

*L'assetto fisico del territorio comunale ha seguito le sorti della pianura padana e del fronte Appenninico settentrionale, nel corso della loro storia evolutiva.*

*Dal Cretaceo (circa 100 MA) fino ai giorni nostri la regione padana ed appenninica è stata soggetta ad alterne fasi di compressione e stasi tettoniche, instaurate dalle interazioni tra la placca africana e la placca euroasiatica e, più in dettaglio, dalla microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale e dalla microplacca Adriatica.*



È a partire dall'Oligocene superiore che inizia la formazione della catena dell'Appennino settentrionale attraverso il meccanismo di sovrascorrimento della microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale a scapito della microplacca Adriatica e della sua copertura sedimentaria, che instaura un processo di deformazione continentale polifasica. In particolare, nell'ambito di tale processo, si possono riconoscere due stadi compressivi principali:

- primo stadio compressivo: si sviluppa dall'Oligocene superiore al Pliocene inferiore, durante il quale è definita la strutturazione dell'arco dell'Appennino Settentrionale (stadio collisionale) e, in zona antistante (avanfossa padana), la delineazione del bacino perisuturale padano – adriatico (Bally e Snelson 1980); all'inizio del Pliocene tale bacino costituiva un grande golfo invaso dalle acque marine (propaggine occidentale del Mare Adriatico), limitato a nord dalle Alpi, a sud-ovest dagli Appennini e a nord-est dalle Dinaridi (Catena montuosa della Jugoslavia);
- secondo stadio compressivo: si sviluppa a partire dal Pliocene medio (circa 5,0 MA) in poi coinvolgendo anche il margine meridionale del bacino perisuturale padano nel processo di strutturazione della catena appenninica (in senso geografico dal margine appenninico settentrionale fino a circa l'asse del Fiume Po); il processo deformativo del margine meridionale del bacino perisuturale si sviluppa attraverso la formazione di sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni e pieghe, in parte sepolte dalle coperture alluvionali quaternarie e in parte evidenti lungo il margine morfologico appenninico settentrionale.

Nell'epoca quaternaria, successivamente al pleistocene medio, la crescente estensione di terre emerse e soggette ad erosione consentì ai corsi d'acqua alpini ed appenninici di colmare di sedimenti il bacino padano conferendone l'attuale assetto e morfologia.

Il margine meridionale del bacino perisuturale padano è di tipo "complesso" (secondo Ricci Lucchi, 1986), perché interessato da sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni, pieghe e bacini che si estendono da est ad ovest interessando per intero la pianura emiliana romagnola.

In particolare nel sottosuolo antistante il margine morfologico dell'Appennino settentrionale, dal Piemonte meridionale fino al limite orientale della Romagna, seguendo poi l'allineamento Appennini – Mare Adriatico, sono presenti, a livello delle formazioni mesozoiche e mio-plioceniche (sepolte quindi da una più o meno spessa coltre alluvionale quaternaria), due serie principali di thrusts a sviluppo sequenziale frontale.

Essi costituiscono due sistemi di grandi pieghe asimmetriche con andamento anticlinalico, formatesi attraverso molteplici faglie inverse e sovrascorrimenti, immergenti verso sud/sud-ovest con inclinazioni comprese tra i 15° e i 30°, che racchiudono un bacino satellite ad esse parallelo.

In letteratura geologica queste zone di scollamento tettonico sono note come “External Thrust Front” (ETF), sull’allineamento di Cremona – Parma – Reggio Emilia – Correggio (RE) – Mirandola (MO) – Ferrara e Ravenna, e “Pedeapenninic Thrust Front” (PTF), lungo il margine morfologico dell’Appennino Settentrionale.

Da nord a sud il margine meridionale del bacino perisuturale padano è quindi caratterizzato dalle seguenti strutture:

1. External Thrust Front (ETF): alto strutturale frutto dell’involuppo delle rampe frontali dei thrust sepolti, che esprime la zona di confine tra la Monoclinale pedealpina<sup>1</sup>, che si apre in direzione nord a partire dal fronte settentrionale dell’alto strutturale medesimo, e la regione “Apennines” (microplacca dell’arco Appenninico settentrionale) a sud;
2. bacino minore o satellite: depressione racchiusa a nord dall’alto strutturale dell’ETF e a sud dalle strutture embricate del PTF; si estende in zona antistante al margine morfologico dell’Appennino emiliano romagnolo con allungamento in direzione ovest/nord-ovest ed est/sud-est, presentandosi con geometrie non costanti che esprimono settori strutturalmente svicolati tra loro in relazione all’andamento planimetrico delle strutture sepolte associate all’ External Thrust Front (ETF) e al Pedeapenninic Thrust Front (PTF);
3. Pedeapenninic Thrust Front (PTF); esprime la zona di confine tra il margine morfologico appenninico e il suddetto bacino satellite.

Il comune di Fiorenzuola d’Arda si colloca in corrispondenza del bacino minore o satellite.

L’External Thrust Front è suddiviso in tre margini planimetricamente arcuati, denominati da ovest verso est “Piemonte Folds”, “Emilia Folds” e “Ferrara Folds”. A sud delle “Ferrara Folds”, si estendono altri sistemi di thrust, sempre associati al meccanismo di deformazione delle precedenti, noti come “Romagna Folds” e “Adriatico Folds”.

*L'External Thrust Front è quindi caratterizzato da una serie di strutture ad arco, concave verso sud, che si raccordano in due zone di incrocio (Pavia e Reggio Emilia), dove il fronte appare notevolmente arretrato. Questo assetto strutturale è probabilmente dovuto alla presenza, nella crosta superiore padana, di zone con maggiore rigidità che hanno impedito lo scollamento delle successioni mesozoiche e terziarie dal basamento sottostante, bloccando in tal modo la traslazione verso nord (Bernini e Papani, 1987).*

*Le principali cause sono imputabili alle manifestazioni magmatiche effusive, subvulcaniche ed epiplutoniche del Paleozoico, Trias medio e Terziario (in parte accertate nei pozzi profondi AGIP), verosimilmente responsabili delle maggiori anomalie magnetiche positive della Pianura Padana (Bolis et al., 1981).*

*Le anomalie risultano, infatti, in larga misura coincidenti con le porzioni più arretrate dell'External Thrust Front e delle zone di incrocio fra gli archi. In particolare l'anomalia presente a sud del Lago di Garda, estesa dal Mantovano fino alla pianura parmense e reggiana, corrisponde alla zona di incrocio tra "Emilia Folds" e "Ferrara Folds", mentre l'anomalia presente nella zona di Pavia, estesa nella pianura pavese e allessandrina, corrisponde alla zona di incrocio tra "Emilia Folds" e "Piemonte Folds".*

*Il Pedepenninic Thrust Front è invece costituito da un margine discontinuo, planimetricamente parallelo al limite morfologico dell'Appennino settentrionale, segmentato da faglie trasversali, coincidenti con alcuni dei principali corsi d'acqua (Stirone, Taro, Enza, ecc.). Si tratta di una serie di thrusts e duplicazioni crostali che hanno determinato il sollevamento e il basculamento dei depositi affioranti nella fascia pedeappenninica.*

*Le faglie trasversali al Pedepenninic Thrust Front sono inoltre all'origine della suddivisione dell'Appennino settentrionale in settori a differente comportamento tettonico, responsabili altresì della traslazione differenziale dei vari settori dell'Appennino settentrionale come appunto testimoniano le rientranze del margine appenninico tra il F. Taro e il T. Enza e tra il F. Panaro e il F. Reno.*

*I depositi affioranti nell'area in esame sono stati attribuiti dal Servizio Geologico Regionale al dominio: Dominio Padano Adriatico.*

*Si tratta di quella serie di unità cosiddette “Neoautoctoni”, ovvero sedimentati posteriormente alle principali fasi orogenetiche dell’Appennino Settentrionale; hanno carattere regressivo, con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.*

*Nei profili sismici si riconosce una sola direzione di progradazione nord/est-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.*

*Le unità stratigrafiche del Dominio Padano Adriatico, descritte nel presente studio, rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali sensu Mitchum et Al. (1977). Dal punto di vista gerarchico si distinguono 2 Sequenze Principali (Supersintemi, secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:*

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da depositi di ambiente marino;*
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituita da depositi di ambiente continentale.*

*Il Supersintema del Quaternario Marino può essere ulteriormente suddiviso in 3 cicli progradazionali (dal più antico al più recente):*

- Alloformazione del Torrente Stirone (Qm1) – (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore);*
- Alloformazione di Costamezzana (Qm2) - (Pleistocene inferiore – medio);*
- Allomembro del Quaternario Marino 3 (Qm3) - (Pleistocene medio).*

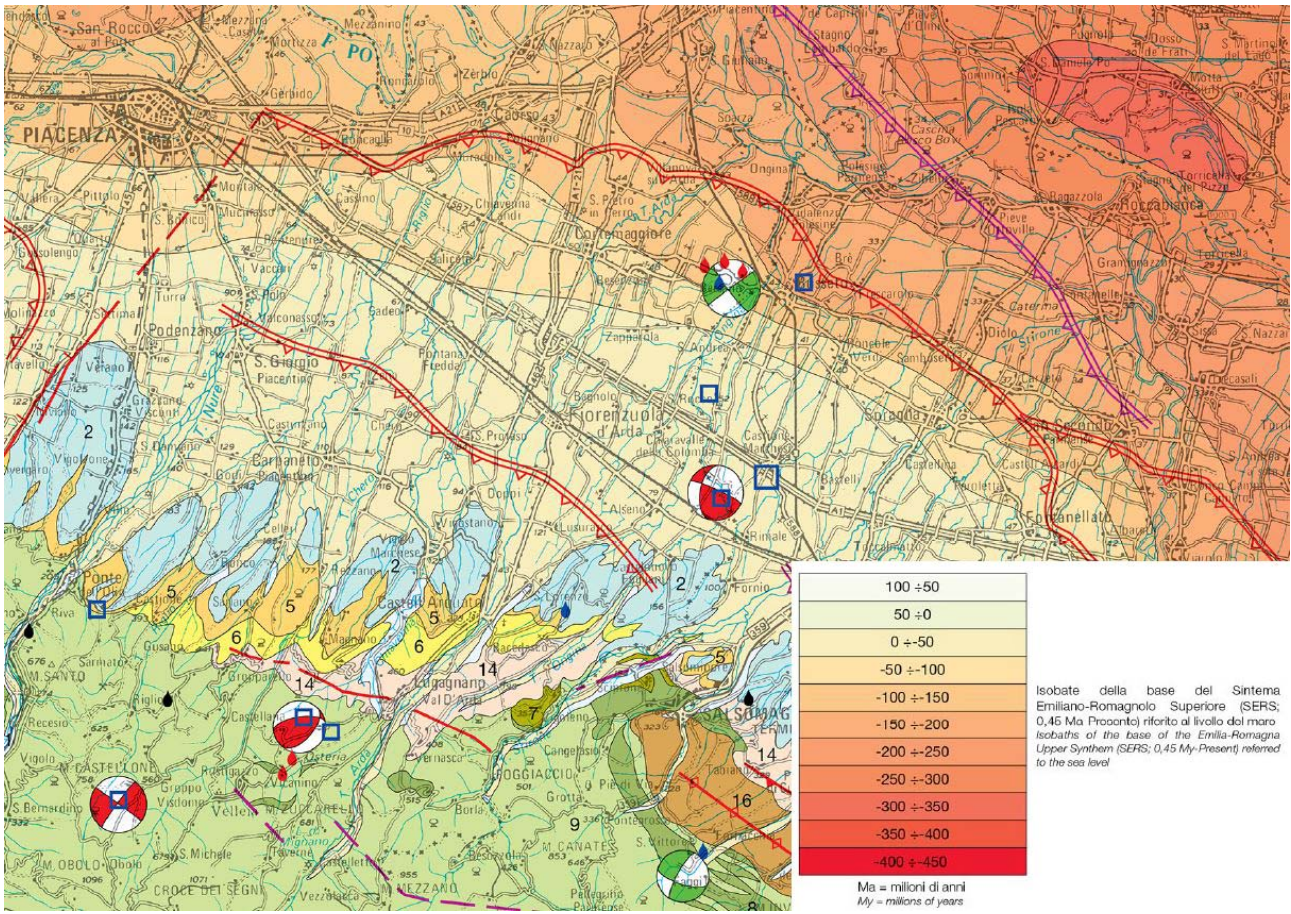
*Il Supersintema del Emiliano Romagnolo può essere ulteriormente suddiviso in 2 sintemi principali (dal più antico al più recente):*

- Sintema (o Alloformazione) Emiliano Romagnolo inferiore - (Pleistocene medio);*
- Sintema (o Alloformazione) Emiliano Romagnolo superiore - (Pleistocene medio - Olocene).*

*Nell’ambito del territorio comunale affiora unicamente il Sintema (o Alloformazione) Emiliano Romagnolo superiore che ricopre le unità più antiche.*

Tali rapporti stratigrafico-tettonici possono essere più facilmente visualizzati nella carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna di cui sotto, riportiamo uno stralcio.







## Unità geologiche affioranti *Outcropping geological units*

### Depositi quaternari dei bacini intermontani e del margine padano-adriatico *Quaternary deposits of intramontane basins and Po Plain - Adriatic margin*

- |   |  |
|---|--|
| 1 | Depositi alluvionali olocenici<br><i>Holocene alluvial deposits</i>  |
| 2 | Depositi alluvionali pleistocenici<br><i>Pleistocene alluvial deposits</i>   |
| 3 | Depositi fluvio-lacustri (Villafranchiano-Pleistocene medio)<br><i>Fluvial-lacustrine deposits (Villafranchian-middle Pleistocene)</i> |

### Successione marina plio-pleistocenica del margine padano-adriatico *Pliocene-Pleistocene marine succession of the Po Plain-Adriatic margin*

- |   |   |
|---|---|
| 4 | Sabbie di Imola (Pleistocene medio)<br><i>Imola Sands (middle Pleistocene)</i>                      |
| 5 | Sabbie gialle (Pleistocene medio)<br><i>Yellow sands (middle Pleistocene)</i>                       |
| 6 | Successione Pliocene sup. - Pleistocene inf.<br><i>Late Pliocene - Early Pleistocene succession</i> |

#### Unità alloctone s.l. *Allochthonous units*

- |    |   |
|----|---|
| 7  | Successione epiligure superiore (Burdigaliano - Messiniano inf.)<br><i>Upper Epiligurian Succession (Burdigalian - Early Messinian)</i> |
| 8  | Successione epiligure inferiore (Luteziano - Burdigaliano)<br><i>Lower Epiligurian Succession (Lutetian - Burdigalian)</i>              |
| 9  | Unità Liguridi (Giurassico - Eocene medio)<br><i>Ligurian Units (Jurassic - middle Eocene)</i>  |
| 10 | Successione episubligure (Bartoniano - Langhiano)<br><i>Episubligurian Succession (Bartonian - Langhian)</i>                            |
| 11 | Subliguridi (Cretaceo- Aquitaniano)<br><i>Subligurian Units (Cretaceous - Aquitanian)</i>   |
| 12 | Unità delle evaporiti triassiche della Val Secchia<br><i>Val Secchia Triassic evaporites</i>  |
| 13 | Mélange tettonico<br><i>Tectonic mélange</i>  |









#### Unità umbro-marchigiano-romagnole *Umbria-Marche and Romagna Units*

- |    |  |
|----|--|
| 14 | Successione Messiniano sup. - Pliocene inf.<br><i>Late Messinian - Early Pliocene succession</i> |
| 15 | Evaporiti messiniane<br><i>Messinian evaporites</i>  |
| 16 | Depositi di avanfossa miocenici<br><i>Miocene foredeep deposits</i>                              |














#### Unità toscane *Tuscan Units*

- |    |  |
|----|--|
| 17 | Depositi di avanfossa oligo-miocenici e Scaglia Toscana<br><i>Oligocene-Miocene foredeep deposits and Tuscan Scaglia</i> |
| 18 | Successione carbonatica mesozoica<br><i>Mesozoic carbonatic succession</i>   |
| 19 | Basamento cristallino e copertura metamorfica<br><i>Crystalline basement and metamorphic units</i>                       |

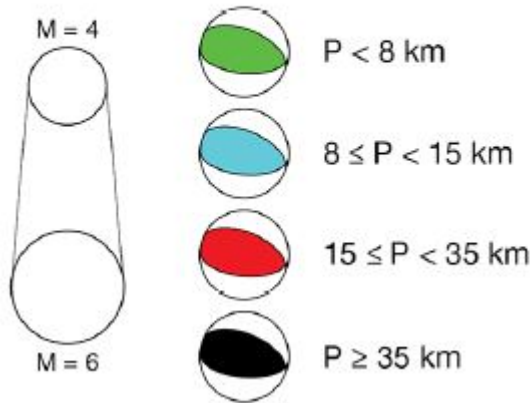
**Strutture tettoniche attive**  
*Active tectonic structures*

	Faglia <i>Fault</i>
	Faglia presunta <i>Inferred fault</i>
	Faglia normale <i>Normal fault</i>
	Faglia normale presunta <i>Inferred normal fault</i>
	Anticlinale <i>Anticline</i>
	Sovrascorrimento <i>Thrust fault</i>
	Fronte di sovrascorrimento sepolto <i>Buried thrust front</i>
	Fronte di sovrascorrimento sepolto presunta <i>Inferred buried thrust front</i>
	Faglia sepolta <i>Buried fault</i>
	Faglia sepolta presunta <i>Inferred buried fault</i>
	Faglia normale sepolta presunta <i>Inferred buried normal fault</i>
	Sorgente sismogenica individuale (da DISS 3.2) <i>Individual seismogenic source (from DISS 3.2)</i>

**Strutture tettoniche potenzialmente attive**  
*Potentially active tectonic structures*

	Faglia <i>Fault</i>
	Faglia presunta <i>Inferred fault</i>
	Faglia normale <i>Normal fault</i>
	Faglia normale presunta <i>Inferred normal fault</i>
	Anticlinale <i>Anticline</i>
	Sinclinale <i>Syncline</i>
	Fronte di sovrascorrimento sepolto <i>Buried thrust front</i>
	Fronte di sovrascorrimento sepolto presunto <i>Inferred buried thrust front</i>
	Faglia sepolta <i>Buried fault</i>
	Faglia sepolta presunta <i>Inferred buried fault</i>
	Faglia normale sepolta presunta <i>Inferred buried normal fault</i>
	Discontinuità presunta <i>Inferred discontinuity</i>
	Traccia di sezione geologica <i>Geological cross section trace</i>

**Meccanismi focali**  
*Earthquake focal solutions*



Dimensione del simbolo  
proporzionale alla magnitudo  
*Symbol size proportional  
to the magnitude*

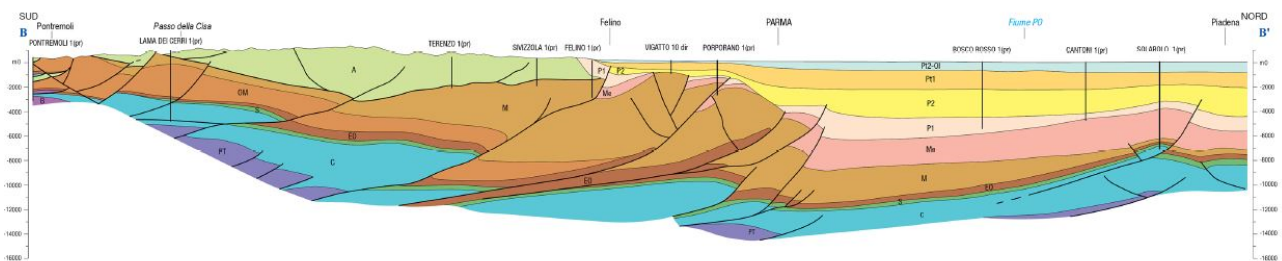
**Epicentri dei terremoti (da CPTI15)**  
*Earthquake epicenters (from CPTI15)*



**Manifestazioni superficiali**  
*Surface manifestations*



Sebbene non passante per Fiorenzuola d'Arda riportiamo la sezione B-B' dello studio sismotettonico regionale in quanto, nei lineamenti generali, rappresentativa anche della zona in esame.



### Supersintema del Quaternario Marino

Il Supersintema del Quaternario Marino, sedimentato tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore, è costituito da terreni paralici e marini depositi al di sopra di una superficie di discontinuità regionale.

In corrispondenza della città di Fiorenzuola d'Arda presenta uno spessore di circa 300 metri, costituito dalle unità di seguito descritte.

### Alloformazione del Torrente Stirone (ATS)

L'Alloformazione del Torrente Stirone (Sintema del Quaternario Marino 1) è costituita da depositi paralici e marini composti da due litofacies in parte eteropiche. Il limite basale è netto e discordante con il Supersintema del Pliocene Medio-Superiore o con altri domini tettonici.

Il limite basale è marcato dalla presenza di un livello calcarenitico di spessore plurimetrico ("calcarenite fossilifera"), rappresentante uno strato guida nei profili sismici; è interpretato come deposito residuale corrispondente alla migrazione dell'antica linea di costa al di sopra della superficie di inconformità basale del Supersintema del Quaternario Marino (Di Dio et al. 1997).

1. Litofacies ATsb: litofacies prevalentemente sabbiosa, localmente associata a ghiaie e peliti fossilifere. Le sabbie sono organizzate in corpi plurimetrici, di notevole estensione laterale, costituiti da strati sabbiosi, gradati e amalgamati e da strati sabbiosi con laminazione piano parallela e hummocky. Sono comuni i livelli ricchi di resti conchigliari. Talora si incontrano corpi ghiaioso-sabbiosi con tessitura ben selezionata, che mostrano strutture di embriciatura e laminazione obliqua. Questi corpi sono intercalati da livelli pelitici o sabbioso pelitici di spessore decametrico: depositi paralici e di fronte deltizio.

2. Litofacies ATsa: litofacies prevalentemente fine, costituita da peliti sovente bioturbate e con presenza di fossili marini. Si intercalano strati sottili di sabbie fini, gradati, talvolta con detrito conchigliare alla base e con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky.

Eccezionalmente, intercalati alle peliti, si possono rinvenire livelli con ghiaie e ciottoli in matrice pelitica: depositi di prodelta, piattaforma e scarpata sottomarina.

### Alloformazione di Costamezzana (CMZ)



L'Alloformazione di Costamezzana (Sintema del Quaternario Marino 2) è costituita grossolanamente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest:

1. depositi prossimali di delta-conoide: sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati;
2. depositi lagunari: sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche;
3. depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina: sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche. Frequenti anche la stratificazione obliqua a grande scala e le laminazioni trattive. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana. Il contatto di base è erosivo o netto e discordante sull'Alloformazione del Torrente Stirone o sul Supersintema del Pliocene Medio-Superiore.

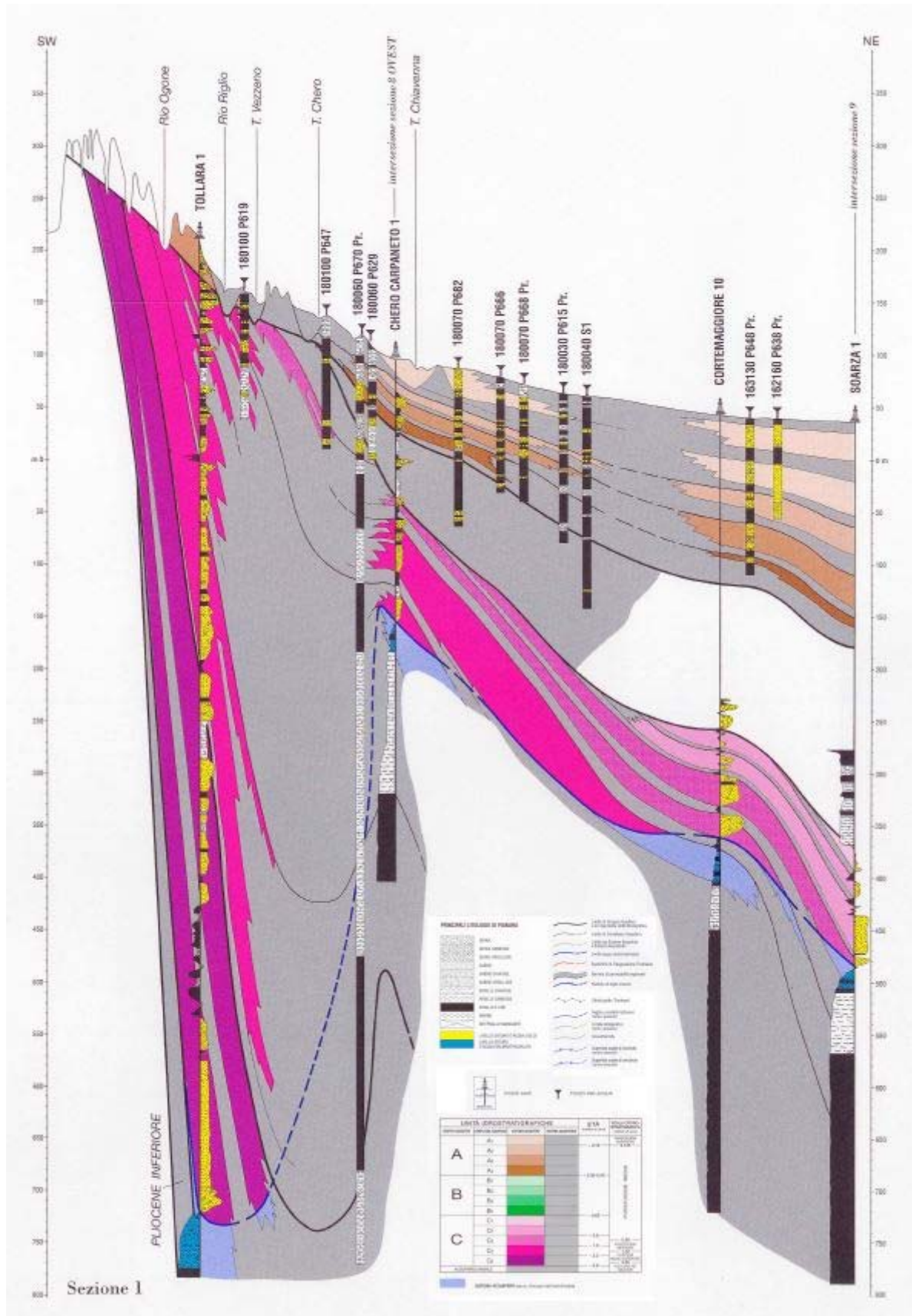
### Sintema del Quaternario Marino 3

Il Sintema del Quaternario Marino 3 è rappresentato da un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest. Si tratta di limi sabbiosi in strati spessi e molto spessi con intercalazioni sabbiose, d'ambiente litorale; in subordine da ghiaie solitamente alterate, in corpi discontinui a geometria lenticolare, d'ambiente deltizio con locale sviluppo di livelli torbosi e da limi argillosi d'ambiente lagunare.

### Supersintema Emiliano Romagnolo (ESS)

Il Supersintema Emiliano Romagnolo, depositosi a partire da circa 800.000 anni BP, è costituito da terreni continentali, sedimentati al di sopra di una superficie di discontinuità regionale. In corrispondenza di Fiorenzuola d'Arda lo spessore di tali sedimenti continentali, in aumento verso Nord-Est, è tra i 150 e 290 metri.

*In particolare lo spessore del Sintema Emiliano Superiore (SERS) presenta spessori tra circa 90-160 m, mentre il Sintema Emiliano Inferiore (SERI) varia tra circa 60-130 m.*



### Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore (LES)

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore (LES), depositosi probabilmente tra circa 800.000 e 450.000 anni BP (Pleistocene medio), è un'unità sedimentata in ambiente di piana alluvionale durante un prolungato periodo di subsidenza regionale. Il contatto di base è netto e discordante, talora erosivo, sull'Allogruppo Quaternario Marino.

### Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore (UES)

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è un'Unità alluvionale prevalentemente grossolana, di età Pleistocene medio – Olocene.

Il limite di tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è netto e discordante sull'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore e su tutte le altre unità più antiche.

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è suddivisa in cinque allomembri, che dal più recente a quello più antico sono:

1. Allomembro di Ravenna (AES8): Pleistocene superiore - Olocene; post circa 20.000 anni B.P;
2. Allomembro di Villa Verucchio (AES7): Pleistocene superiore;
3. Allomembro di Agazzano (AES3): Pleistocene medio;
4. Allomembro di Maiatico (AES2): Pleistocene medio;
5. Allomembro di Monterlinzana (AES1): Pleistocene medio.

## **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.

Queste indagini ci sono state fornite in forma privata dagli Uffici del Comune di Fiorenzuola d'Arda e quindi implementate con quelle concordate con il Servizio Sismico Regionale.

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:

- 12 prove HVSR;
- 55 prove CPT (prove penetrometriche statiche);
- 10 CPTE (prove con piezocono elettrico);

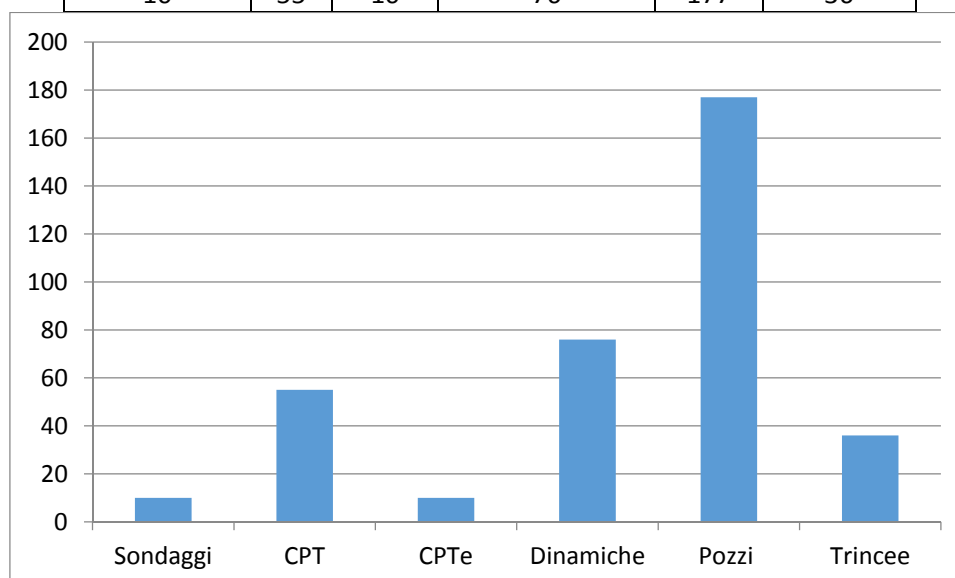
- 177 pozzi;
- 10 sondaggi geognostici;
- 21 prove MASW;
- 76 prove penetrometriche dinamiche leggere, pesanti e super pesanti;
- 36 trincee esplorative;
- 23 prove SPT in foro.

Per integrare ulteriormente le indagini sopra menzionate ed estendere lo studio di Microzonazione Sismica, sono state effettuate le ulteriori seguenti prove :

- 16 prove MASW;
- 16 prove ESAC;
- 20 prove HVSR.

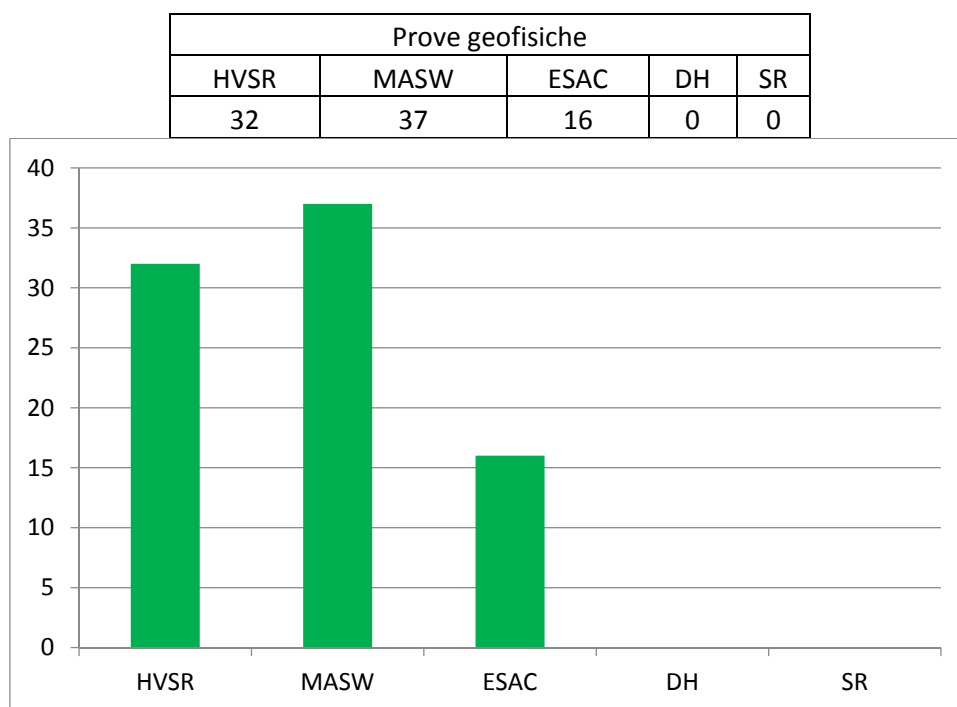
Per quanto riguarda le indagini geotecniche possiamo vedere che la tipologia di indagini che più frequentemente è stata effettuata nei territori investigati sono le perforazioni ad uso pozzo, seguite dalle prove penetrometriche dinamiche e da quelle statiche.

Prove geotecniche					
Sondaggi	CPT	CPTe	Dinamiche	Pozzi	Trincee
10	55	10	76	177	36





L'elenco relativo alle indagini geofisiche mostra che le prove maggiormente presenti sul territorio sono i MASW seguiti dagli HVSr e dagli ESAC.



## 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 del sottosuolo in maniera abbastanza accurata.

L'ottima qualità della carta insieme alle informazioni reperite dai fogli CARG in scala 1:50.000 hanno infine permesso di riverificare l'assetto stratigrafico locale.

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

Inoltre si sono rivelate fondamentali le prove di sismica passiva, le quali ci hanno fornito informazioni attendibili sui profili di velocità fino a notevoli profondità.

In contrapposizione assumono minore importanza i risultati dei sondaggi a carotaggio continuo e delle prove penetrometriche, che sebbene abbiano evidenziato gli spessori delle coperture, in molti casi non hanno consentito la ricerca del bedrock geologico in quanto quest'ultimo si trova sempre fuori della portata di tali indagini.

Come detto, molto utili sono state invece le indagini geofisiche sia attive che passive: queste a differenza delle prove geotecniche hanno consentito di verificare l'assenza di bedrock sismico per lo meno nei primi 60 metri di profondità, informazioni fondamentali per valutare eventuali effetti di amplificazione stratigrafica e quindi di stimare attraverso gli abachi regionali i fattori di amplificazione.

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 dalle linee guida per gli studi di Microzonazione Sismica sono state eseguite le seguenti carte:

- *Carta delle indagini*
- *Carta delle frequenze naturali dei depositi*
- *Carta geologico – tecnica*
- *Carta delle Vs*
- *Carta delle MOPS*
- *Carte di Microzonazione Sismica*
- *Carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$*

In virtù delle prescrizioni riportate negli standard di archiviazione e rappresentazione informatica 4.1. La scala di tutte le cartografie è 1:5.000.

### **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 4.1 del Novembre 2018.

Tutta la cartografia è stata redatta in scala 1:5.000.

Le indagini eseguite per il presente studio e quelle d'archivio sono riportate nello specifico report denominato Cdl\_Tabelle.

All'interno della cartella Indagini\Documenti, sono riportati tutti i report delle indagini d'archivio e di quelle eseguite appositamente per questo studio.

## **6.2 Carta delle 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. Per il presente studio sono state scelte 31 misure le quali sono state interpretate in chiave geologica alla ricerca della profondità del substrato sismico.

Gli elaborati (Carta delle frequenze fondamentali dei depositi) sono costituiti da una semplice base topografica su cui sono state riportate le misure di rumore con evidenziata la frequenza di risonanza in blu e il valore del rapporto  $H/V$  in rosso tra 0,2 e 20 Hz.



Tipo	f0	A0	Classe
HVSR1	13.5	2	B1
HVSR2	13.5	2	A1
HVSR3	4.7	1.9	B1
HVSR4	8.2	1.9	B1
HVSR5	5.6	1.4	B2
HVSR6	18.5	1.3	B2
HVSR7	4.3	1.3	B2
HVSR8	11	2.2	B1
HVSR9	3.8	1.2	A2
HVSR10	10.8	0.8	A2
HVSR11	7.7	1.2	A2
HVSR12	16.1	1.7	B2
HVSR13	2.2	1.7	A2
HVSR14	7.4	1.1	A2
HVSR15	0.5	2.6	C
HVSR16	3.3	1.5	A2
HVSR17	0.5	1.4	A2
HVSR18	0.6	1.1	A2
HVSR19	3.4	1.5	A2
HVSR20	3.2	1.8	A2

Dalle misure H/V appare chiaro che i contrasti di impedenza acustica sono blandi e anche dove ci sono producono rapporti H/V che superano di poco il valore 2.






### **6.3 Carta geologico-tecnica**

La carta geologico - tecnica è stata revisionata a partire dagli elaborati geologici forniti dal Comune.

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

Le carte geologico tecniche sono state redatte per ogni ambito indagato in scala 1:5.000 e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.1 – novembre 2018), 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 MOPS.

Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. 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.

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 medio-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.

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

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.

Si fa presente che non necessariamente la classe che abbiamo deciso di attribuire alla formazione geologico-tecnica corrisponde in maniera esatta alla sua descrizione geologica in quanto localmente le formazioni geologiche possono presentarsi in stati anche decisamente diversi dalla colonna tipo dove sono state descritte.

### **Depositi Quaternari**

#### **Depositi alluvionali in evoluzione (b1) GT:**

Si tratta di sedimenti recenti costituiti da elementi litoidi di varie dimensioni accumulati lungo gli alvei torrentizi.

#### **Subsintema di Ravenna (AES8) GT: (CL, GC)**

Descrizione generale: depositi alluvionali corrispondenti ai depositi terrazzati più bassi, fino al V ordine. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talora fissate da arbusti, soggette a erosione e rideposizione durante le piene stagionali. Questi ultimi depositi sono costituiti da prevalenti ciottoli embriciati e subordinate lenti di sabbie e limi. Lo spessore dei terrazzi è generalmente di pochi metri. I ripiani morfologici che costituiscono i terrazzi alluvionali sono spesso sede di sfruttamento agricolo ed insediamenti urbani. Allo sbocco delle valli montane sono presenti frequentemente depositi di piccole conoidi alluvionali, la cui origine è probabilmente dovuta all'interazione del trasporto torrentizio e della gravità. L'età varia dal Pleistocene superiore terminale, per i depositi terrazzati più alti, all'olocene per quelli più bassi e all'olocene attuale per quelli in deposizione in alveo.



### Unità di Modena (AES8a) GT: (CL, GC)

Descrizione generale: AES8a è costituita da sabbie, limi e argille (con ghiaie molto subordinate) di pianura alluvionale; trattandosi di depositi molto recenti è caratteristica la preservazione delle morfologie deposizionali originarie. Per una descrizione dell'unità nell'area tipo, si vedano Cremaschi & Gasperi (1989). Il limite inferiore di AES8a, datato al periodo post-romano, è definito al margine appenninico da una scarpata di terrazzo fluviale. In pianura corrisponde alla superficie di appoggio di depositi alluvionali al di sopra del suolo sviluppatosi in epoca romana. Il limite superiore dell'unità coincide col piano topografico ed è caratterizzato da un suolo calcareo (Entisuolo) con fronte di alterazione inferiore al metro e colore bruno olivastro e bruno grigiastro.

Come è possibile notare sia il Subsistema di Ravenna (AES8), che l'Unità di Modena (AES8a) non sono state raggruppate omogeneamente in una classe geologico-tecnica ma bensì in due ciascuna. Questo è inusuale ma si è rivelato necessario in quanto dallo studio delle indagini geognostiche le due formazioni non si comportano in maniera omogenea sul territorio.

Nello shape Geodr, contenuto nella cartella Geotec, sono state inserite misurazioni attendibili del livello piezometrico. Tali misure non hanno riscontro nello shape Ind\_pu in quanto non esiste un report dell'indagine ma solo la misura piezometrica riportata nella Carta Idrogeologica e degli Aspetti Idraulici (PRG variante 1997).

### **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 o nei primi 30 metri del sottosuolo o fino al substrato sismico.

I valori utilizzati di  $V_s$  sono da riferirsi sia alle indagini d'archivio che a quelle effettuate.

Non è stato possibile riconoscere un substrato sismico e quindi non sono riportati i valori in metri dello spessore del pacchetto delle coperture.

Di seguito si riporta la tabella sintetica delle misure di  $V_s$ .

Non avendo trovato substrato sismico si tratta di misure  $V_{230}$  (m/sec).

Nel campo "Nome" è riportata la sigla dell'indagine lineare riportata nella Carta delle Indagini, alla quale riferirsi per il profilo di velocità.

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

id	Vs30	Nome
1	380	L1
2	408	L2
3	300	L3
4	272	L4
5	386	L5
6	276	L6
7	298	L7
8	364	L8
9	259	L9
10	370	L10
11	243	L11
12	306	L12
13	465	L13
14	289	L14
15	265	L15
16	237	L16
17	413	L17
19	226	L19
20	420	L20
21	402	L21
22	365	L22
23	376	L23
25	573	L25
26	394	L26
28	434	L28
29	458	L29
30	404	L30
31	320	L31
32	329	L32
33	434	L33
34	214	L34
35	285	L35
36	394	L36
37	230	L37
38	406	L38
39	423	L39
40	352	L40
42	467	L42

## **6.5 Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica costituisce il documento fondamentale per il primo livello di approfondimento e risulta una carta di vitale importanza anche per il secondo livello di approfondimento in quanto vengono segnalate le problematiche da approfondire nei successivi steps. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici e morfologici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc...).

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

- carta delle indagini, precedentemente prodotta;
- carte geologiche e geomorfologiche della Regione Emilia-Romagna;
- logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggi, pozzi;
- sezioni geologiche.

Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone di attenzione per le 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.

### **6.5.1 Zone stabili**

Le zone stabili sono quelle di affioramento del substrato geologico dove non si abbiano notizie di coperture maggiori di 3 metri e/o di amplificazioni dovute a differenze marcate di impedenza acustica tra la copertura alterata e il substrato integro.

Non si riconosce questo tipo di zona nel Comune di Fiorenzuola d'Arda.

### **6.5.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono quelle per le quali è attesa un'amplificazione del moto sismico per effetto della sola stratigrafia o per effetti topografici locali in particolar modo per pendenze maggiori di 15°.

Per il comune analizzato sono state mappate e riportate in dettaglio nella tavola delle colonne MOPS undici zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

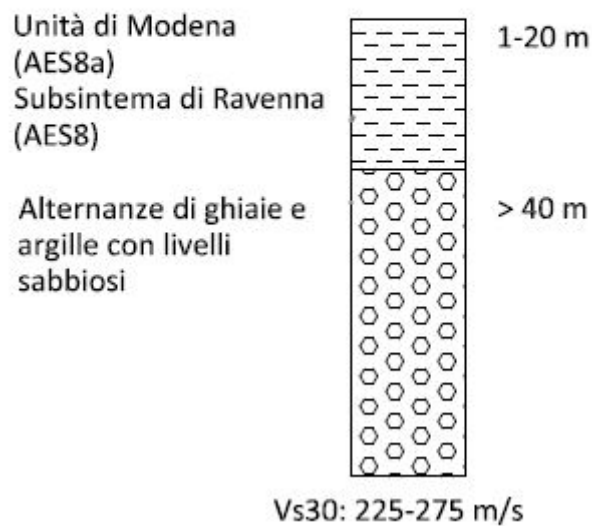
Sono state inoltre riportate sotto ad ogni singola colonnina le velocità Vs30 della zona stessa in modo da avere una correlazione diretta per la scelta dei fattori di amplificazione riportati nelle successive Carte di Microzonazione Sismica.

Si precisa che il valore numerico a destra si riferisce allo spessore della litologia riportata a sinistra della colonnina.

### ZONA 1



### Zona 1

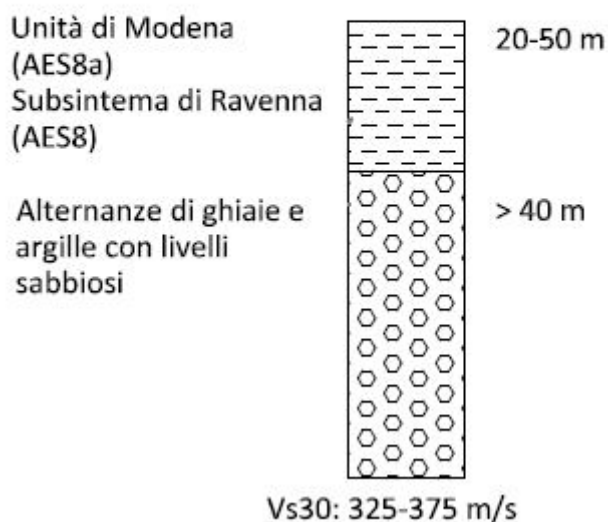


### ZONA 2





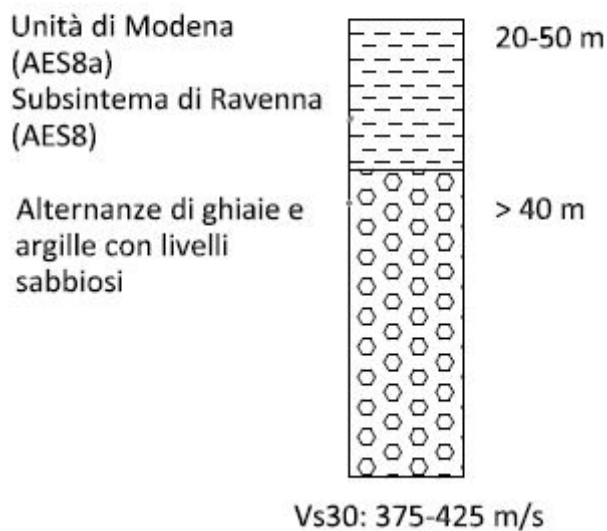
## Zona 2



## ZONA 3

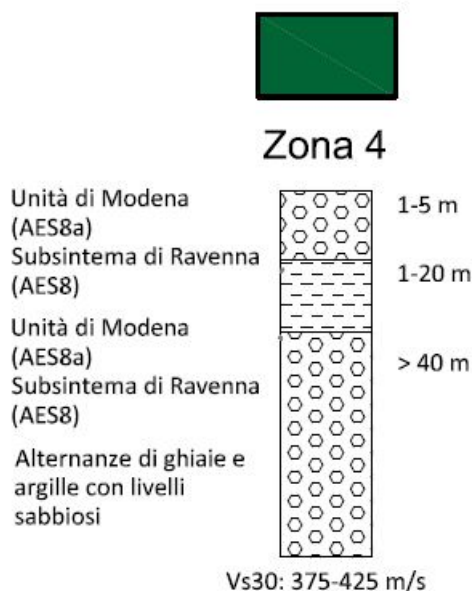


## Zona 3



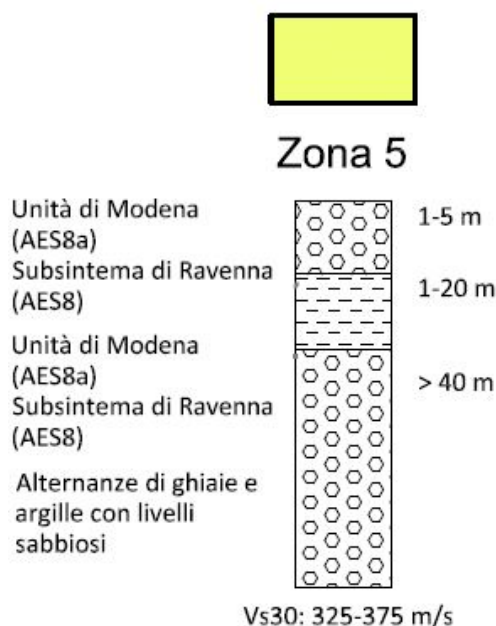
#### ZONA 4

(Precisazione: si nota la ripetizione per i primi due strati di AES8a – Unità di Modena e AES8 – Subsintema di Ravenna. Questo è dovuto alla natura mista fine-grossolana delle due formazioni. Non è infatti insolito trovare l'Unità di Modena o il Subsintema di Ravenna passare da litologie grossolane a fini con la profondità, senza tuttavia cambiare formazione in senso stretto del termine)

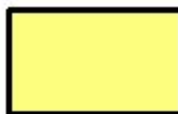


#### ZONA 5

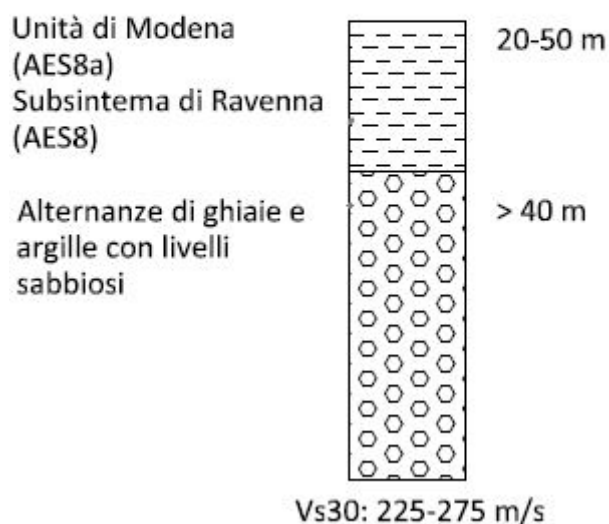
(Precisazione: si nota la ripetizione per i primi due strati di AES8a – Unità di Modena e AES8 – Subsintema di Ravenna. Questo è dovuto alla natura mista fine-grossolana delle due formazioni. Non è infatti insolito trovare l'Unità di Modena o il Subsintema di Ravenna passare da litologie grossolane a fini con la profondità, senza tuttavia cambiare formazione in senso stretto del termine)



### ZONA 6



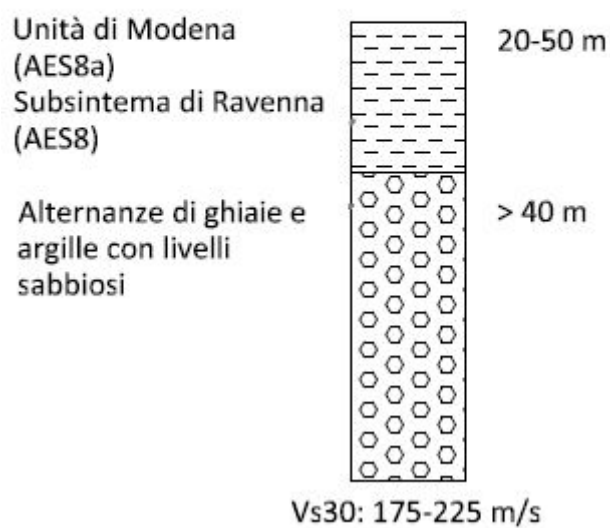
### Zona 6



### ZONA 7



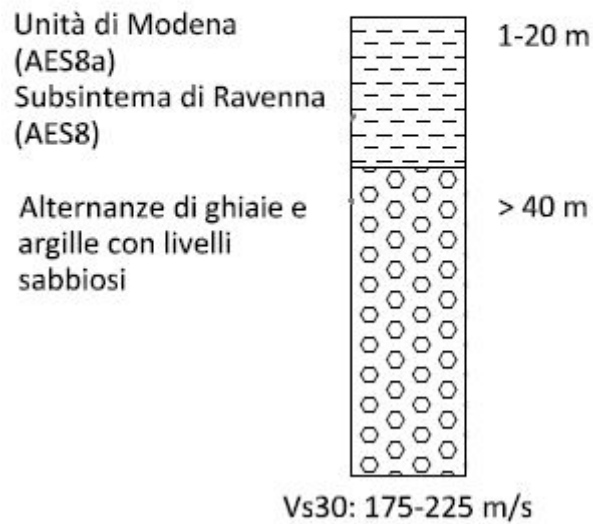
### Zona 7



## ZONA 8



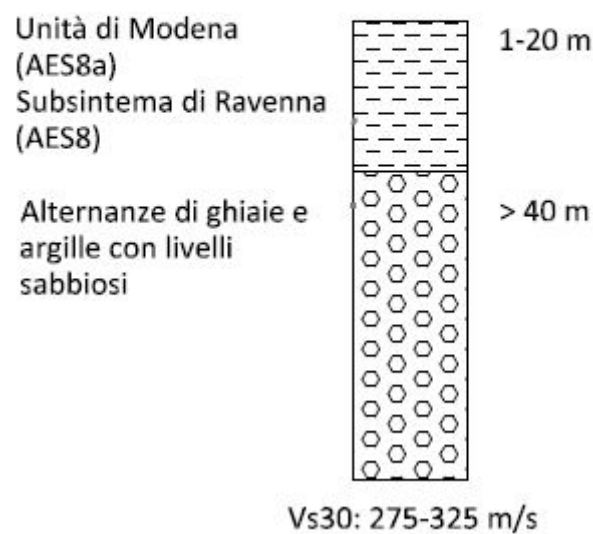
### Zona 8



## ZONA 9



### Zona 9

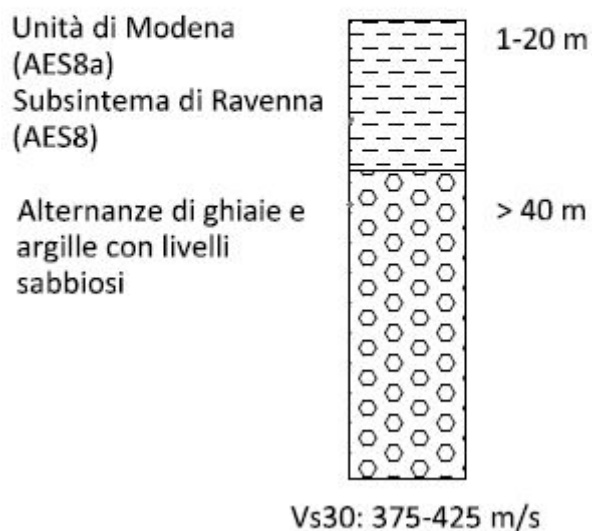




### ZONA 10



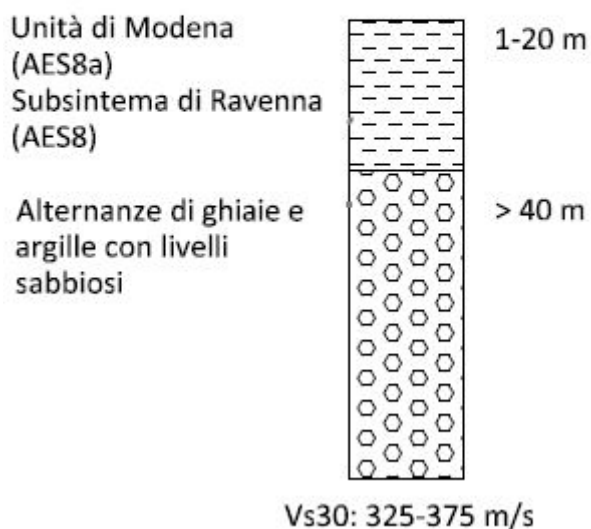
### Zona 10



### ZONA 11



### Zona 11



### 6.5.3 Zone di attenzione per instabilità

Non abbiamo cartografato zone di attenzione per instabilità per possibile liquefazione.

Delle quattro 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 ( $pga$ )  $> 0,1g$ .

manca solamente il punto 1, infatti dalle indagini e dai pozzi si nota che le stratigrafie sono pressoché ghiaio-argillose o argillo-ghiaiose.

Quindi per sicurezza e adoperando accelerazioni di sito corrispondenti all'accelerazione di base moltiplicate per il coefficiente di amplificazione risultante dall'abaco "margine B" per la rispettiva  $V_{s30}$ , abbiamo calcolato l'indice di potenziale liquefazione su diverse verticali all'interno del Comune.

Tutte hanno dato come risultato un indice basso ed è proprio per questo che non abbiamo inserito zone di questo tipo.

Tuttavia abbiamo provato a far variare un po' i parametri di input (aumentando l'accelerazione e/o la magnitudo e/o portando quasi a piano campagna il livello piezometrico) nel calcolo e talvolta l'indice si è portato su moderato.

**A tale proposito consigliamo di non sottovalutare tale problematica in ambito edile e di eseguire indagini volte all'individuazione dell'indice di potenziale liquefazione.**

### 6.6 Carta di Microzonazione Sismica

La carta di microzonazione sismica è stata redatta seguendo le specifiche tecniche riportate negli ICMS2008 e successive modificazioni e gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.1.

Per quanto riguarda invece le amplificazioni litostratigrafiche e quindi per il calcolo dei coefficienti di amplificazione FPGA, SA1, SA2, SA3, SA4, SI1, SI2 e SI3, sono stati usati gli abachi proposti dalla regione Emilia-Romagna nella DGR 630 del 29.04.2019 ed in particolare gli abachi Margine B come valutato e concordato con il Servizio Sismico Regionale (*i fattori SA(1,2,3,4) sono il rapporto tra SA<sub>0</sub> che è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e SA che è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: SA1 per 0,1s≤T≤0,5s, SA2 per 0,4s≤T≤0,8s, SA3 per 0,7s≤T≤1,1s, SA4 per 0,5s≤T≤1,5s. I fattori SI(1,2,3) sono il rapporto tra SI<sub>0</sub> che è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e SI che è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: SI1 per 0,1s≤T≤0,5s, SI2 per 0,5s≤T≤1,0s, SI3 per 0,5s≤T≤1,5s).*

MARGINE di tipo B: caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini;

V <sub>s30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V <sub>s30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s), **SA2** (0,4s≤T≤0,8s), **SA3** (0,7s≤T≤1,1s) e **SA4** (0,5s≤T≤1,5s)

V <sub>s30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s), **SI2** (0,5s≤T≤1,0s), **SI3** (0,5s≤T≤1,5s)

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della corrispondenza tra microzone e fattori di amplificazione:

Tipo_z	FH0105	FH0510	FH0515	FPGA	FA0105	FA0408	FA0711	FA0515
2001	1.9	2.5	2.7	1.6	1.8	2.3	2.7	2.6
2002	1.7	2.1	2.2	1.6	1.7	1.9	2.3	2.1
2003	1.6	2	2	1.5	1.5	1.7	2.1	1.9
2004	1.6	2	2	1.5	1.5	1.7	2.1	1.9
2005	1.7	2.1	2.2	1.6	1.7	1.9	2.3	2.1
2006	1.9	2.5	2.7	1.6	1.8	2.3	2.7	2.6
2007	1.9	2.8	3.1	1.6	1.8	2.6	2.9	2.9
2008	1.9	2.8	3.1	1.6	1.8	2.6	2.9	2.9
2009	1.8	2.3	2.4	1.6	1.7	2.1	2.4	2.3
2010	1.6	2	2	1.5	1.5	1.7	2.1	1.9
2011	1.7	2.1	2.2	1.6	1.7	1.9	2.3	2.1

Il coefficiente di amplificazione è stato scelto per ogni microzona in base alla Vs30, riportata sotto ad ogni colonna MOPS, e alla profondità del substrato e mappato sulle carte di microzonazione sismica.

Sono state quindi redatte 8 carte di Microzonazione Sismica.

L'attribuzione dei coefficienti di amplificazione alle microzone sprovviste di un profilo di velocità è stata eseguita in base a similarità litostratigrafiche e geologiche con altre microzone che invece ne erano provviste.

Per le microzone con più valori di velocità la scelta dei fattori di amplificazione è stata condotta in direzione della massima cautela e quindi scelte le combinazioni con i valori più alti.

Non sono state rilevate aree con pendenza maggiore di 15°.

Come richiesto nella DGR 630 del 29.04.2019 è stata inoltre redatta la Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H<sub>SM</sub>.

Tale elaborato esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto ed è dato dal prodotto del parametro ASI<sub>UHS</sub> diviso per ΔT, moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione calcolato per lo stesso intervallo di periodi (0.1 – 0.5 sec) e quindi SA1 (vedi abaco).

I valori di ASI<sub>UHS</sub>/ ΔT sono calcolati per ogni punto dall'INGV e riportati in un file scaricabile dal sito della Regione Emilia-Romagna.

Da questa griglia di punti è stata eseguita un'interpolazione lineare per ottenere la variazione continua del parametro  $ASl_{UHS}/\Delta T$  sul territorio comunale. Infine è stata eseguita la moltiplicazione di questo parametro per il Fattore di Amplificazione in Accelerazione SA1 (FA0105) come indicato nella norma e quindi prodotta la relativa Carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$ . Per la tematizzazione abbiamo usato la legenda regionale che prevede classi  $H_{SM}$  per steps di 100 unità.

## 7. Risultati e Conclusioni

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

- DGR 630/2019 Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017);
- All. A del DGR 630/2019 Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017)
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.1.
- OPCM 3274/2003;
- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica volumi 1 e 2;

Per quanto attiene ai contenuti dello studio si è fatto riferimento alle carte del PSC in scala 1:10.000 forniteci dal Comune di Fiorenzuola d'Arda.

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 degli Uffici dell'Ente e sono state usate prove della banca dati regionale.

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

Come previsto nel piano di lavoro è stata eseguita una campagna di misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSRR), di misure MASW, ESAC raccogliendo dati, in aggiunta a quelli già presenti sul territorio.

Tutte le prove H/V sono state riportate nella "Carta delle frequenze fondamentali dei depositi" 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 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica”.

Tali elaborati sono stati indispensabili per la costruzione della “Carta di Microzonazione Sismica”.

## 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;

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;

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;*

PSC Comune di Fiorenzuola d'Arda.

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;

<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>;

<http://diss.rm.ingv.it/diss/>.

<https://www.regione.emilia-romagna.it/> Regione Emilia Romagna

Poggibonsi (SI), 18.11.2019