



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 illustrativa

Regione Emilia Romagna
Comune di Sestola



Regione Emilia-Romagna
Settore Difesa del territorio - Area
geologia, suoli e sismica

Soggetto realizzatore
Geologica Toscana



Collaboratore:
Dott. Geol. Aurora Martini

Data

31.08.2023

INDICE

INDICE.....	1
1. INTRODUZIONE	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	26
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	36
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	39
6. ELABORATI CARTOGRAFICI	42
6.1 CARTA DELLE INDAGINI	43
6.2 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI	43
6.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	45
6.4 CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (V_s).....	58
6.5 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	58
6.6 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA	81
6.6.1 CARTA DELLA DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO DEI VALORI DI H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} , H_{0515}	84
6.6.2 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	85
7. RISULTATI E CONCLUSIONI.....	85
8. BIBLIOGRAFIA.....	86

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.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento, con complessità e costi crescenti:

- il livello 1 (MS1) è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee;
- il livello 2 (MS2) introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee (utilizzo di abachi), utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera carta di MS;
- il livello 3 (MS3) restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari attraverso il calcolo dei fattori di amplificazione.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di terzo livello è stato condotto nel Comune di Sestola (MO), in particolare nei centri abitati di Sestola e Roncoscaglia.

Tale approfondimento è finalizzato sia alla caratterizzazione degli effetti di amplificazione attesi nelle coperture detritiche, caratteristiche del territorio appenninico, e ottenuti sulla base di specifici calcoli di Risposta Sismica Locale (RSL) bidimensionali condotti nell'area, sia allo studio delle instabilità di versante presenti.

Il territorio comunale di Sestola è dotato di uno studio di Microzonazione di 2° livello, gli elaborati di tale studio sono parte integrante delle analisi proposte nel presente approfondimento per le aree non approfondite al 3° livello.

Tali cartografie sono state riverificate sulla base dei dati cartografici disponibili e sulla base di appositi rilevamenti geologici e indagini condotti nell'area in esame.

Gli shapefile delle cartografie prodotte sono stati revisionati e uniformati agli standard informatici e di archiviazione vigenti sia nelle aree studiate al terzo livello che nelle restanti aree.

Sono state reperite, con l'aiuto del Comune, dell'Unione dei Comuni del Frignano e dei tecnici della Regione Emilia Romagna, tutte le indagini geognostiche e sismiche presenti negli archivi e a tali indagini si sono poi aggiunte nuove indagini sismiche e geognostiche (sismica attiva e passiva ad hoc, penetrometrie DPSH, progettate e ubicate in accordo con il Comune di Sestola e con il Servizio Sismico Regionale nella persona del Dott. Geol. Luca Martelli) effettuate ad hoc per il terzo livello di approfondimento per conto dell'Amministrazione Comunale a completamento delle aree meno coperte da questo tipo di indagini.

Per la redazione della cartografia necessaria all'approfondimento di terzo livello ci siamo avvalsi degli standard di archiviazione e rappresentazione informatica Versione 4.2 (Roma, Dicembre 2020) 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 regionali, reperite sul Geoportale della Regione Emilia Romagna.

La base topografica utilizzata per la redazione degli elaborati cartografici, è la CTR scala 1:5.000 reperita nel Geoportale 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 geologico – tecnica, Carta delle MOPS e Carte di Microzonazione Sismica*)

Inoltre, ai sensi del DGR n. 476/2021 e successive modifiche DGR n. 564/2021, è stata prodotta:

- Carta della distribuzione sul territorio del valore di H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} e H_{0515}

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 4.2;
- DGR n. 476/2021 e successive modifiche DGR n. 564/2021;
- “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”.

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

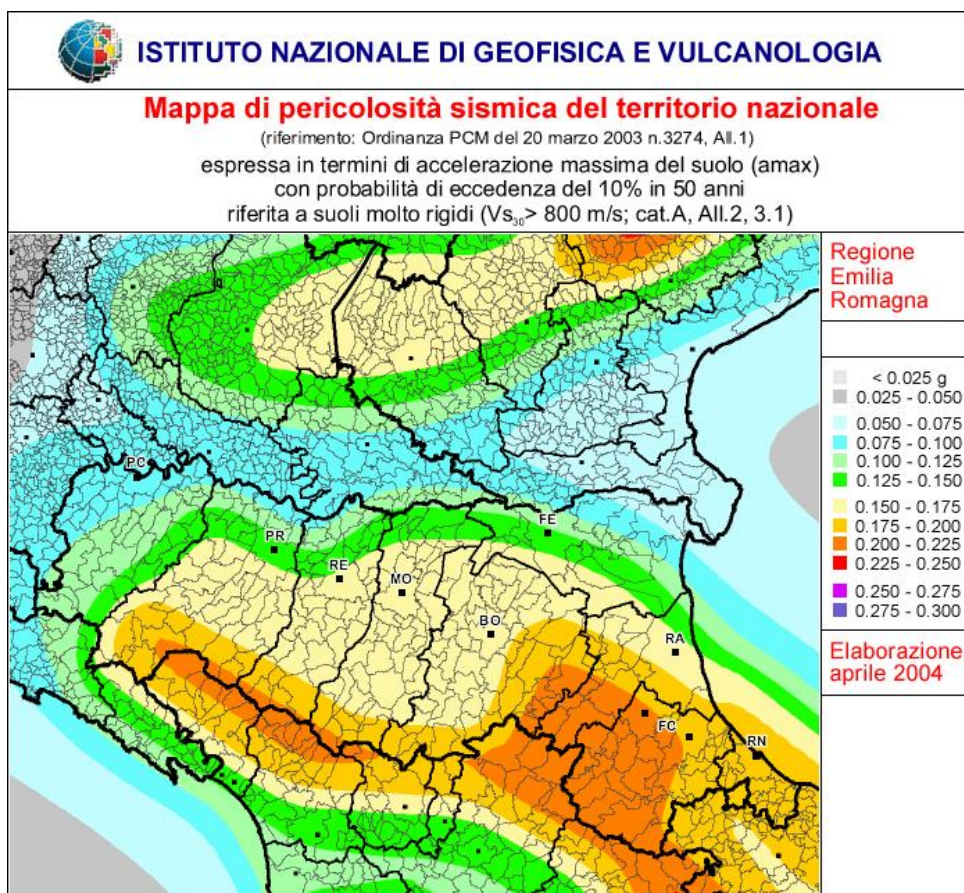
Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale dell’Emilia Romagna – Ord. PCM 3274/2003 – Delib. G.R. n° 1435 del 21/07/2003 – e successive modificazioni e integrazioni il Comune di Sestola è censito tra le aree a sismicità 3.

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.

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**.

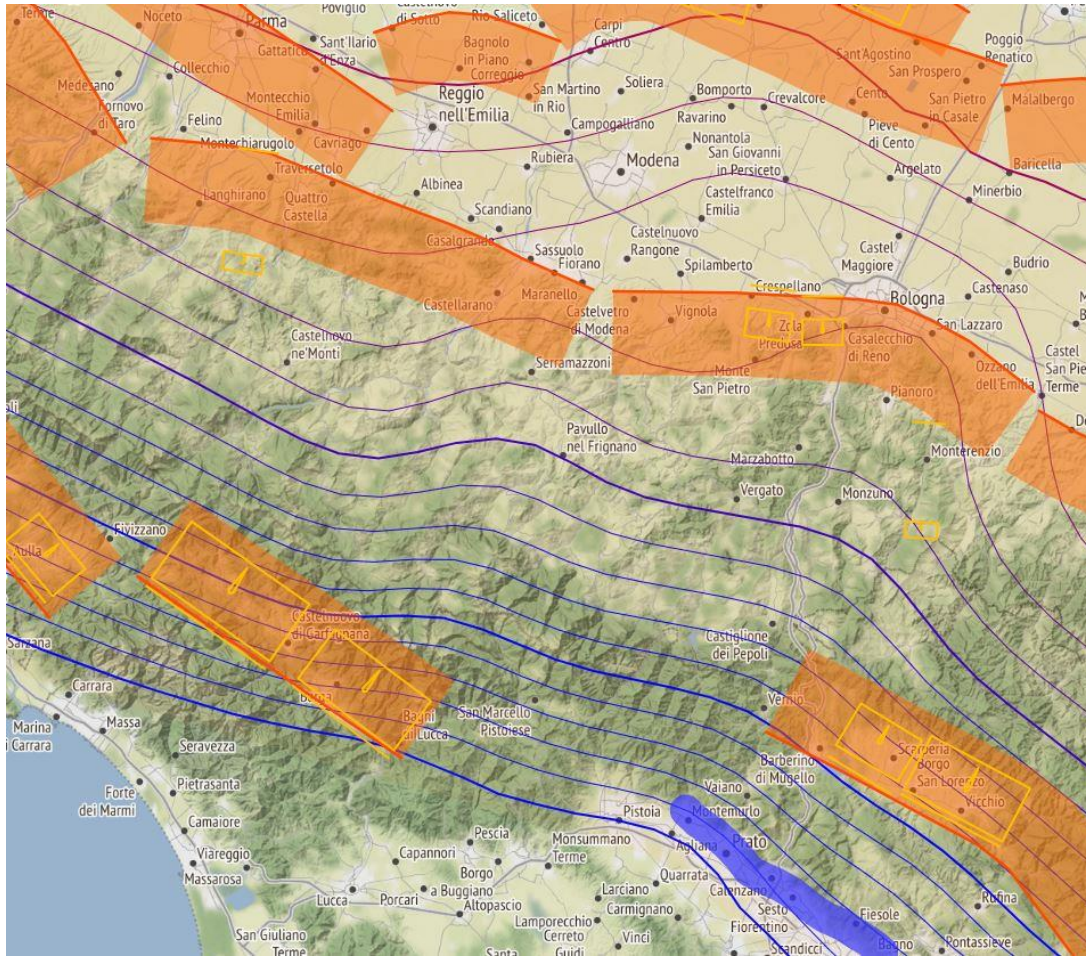
La **classificazione sismica** costituisce un **riferimento tecnico-amministrativo** per graduare l’attività di **controllo dei progetti** e la priorità delle azioni e misure di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Dal progetto DISS_3.3.0 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si nota ancor meglio come le faglie attive e capaci e in particolare le sorgenti sismogenetiche siano disposte sia a Nord, Nord-Est che a Sud-Ovest del territorio comunale.

In particolare sono da mettere in luce sette importanti sistemi fessurativi “*Individual Seismogenic Sources*” e “*Composite Seismogenic Sources*”, che prendono il nome di ITIS050: Garfagnana North, ITIS051: Garfagnana South, ITIS091: Casalecchio di Reno, ITIS103: Crespellano, ITCS046: Langhirano-Sassuolo, ITCS047: Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme, ITCS083: Garfagnana.



Mappa delle fonti sismogenetiche

Le fonti sismogenetiche individuali 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.

7

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES *i*

Information

Commentary

Pictures

References

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITIS050
Name	Garfagnana North
Compiler(s)	Vannucci G.(1), Valensise G.(2)
Contributor(s)	Vannucci G.(1), Valensise G.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Bologna; Via Donato Creti, 12, 40128 Bologna, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31/10/2001
Updated	31/10/2001
Display map	
Related sources	ITCS083

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.18 / 10.32 LD	Primarily based on the location of the associated historical earthquake.
Length [km]	18.0 OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	11.3 ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.0 OD	Based on geological and geomorphological data.
Max depth [km]	8.3 AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	305 OD	Based on geological and geomorphological data.

Dip [deg]	40	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from geological data.
Slip Per Event [m]	0.79	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	790... 7900	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.4	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	07 Sep 1920 CPTI04.
Penultimate Earthquake	Unknown See Commentary for information.

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

Information

Commentary

Pictures

References

GENERAL INFORMATION

DISS-ID

ITIS051

Name

Garfagnana South

Compiler(s)

Vannucci G.(1), Valensise G.(2)

Contributor(s)

Vannucci G.(1), Valensise G.(2)

Affiliation(s)

1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Bologna; Via Donato Creti, 12, 40128 Bologna, Italy

2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy

Created

31/10/2001

Updated

31/10/2001

Display map



Related sources

[ITCS083](#)

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter

Quality

Evidence

Location [Lat/Lon]

44.07 / 10.52

OD

Based on geological and geomorphological observations.

Length [km]

15.0

OD

Based on geological and geomorphological data.

Width [km]

10.0

ER

Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

Min depth [km]

1.0

OD

Based on geological and geomorphological data.

Max depth [km]

7.4

AR

Derived from dip, width and min depth.

Strike [deg]

307

OD

Based on geological and geomorphological data.

Dip [deg]	40	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from geological data.
Slip Per Event [m]	0.38	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	380... 3800	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.1	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	Unknown	See Commentary for information.
Penultimate Earthquake	Unknown	See Commentary for information.

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

Information	Commentary	Pictures	References
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITIS091		
Name	Casalecchio di Reno		
Compiler(s)	Vannoli P.(1), Burrato P.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Rovida A.(2)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Milano; Via Bassini 15, 20133 Milano, Italy		
Created	05/11/2005		
Updated	11/09/2007		
Display map			
Related sources	ITCS047		
PARAMETRIC INFORMATION			
	Parameter	Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.47 / 11.24	OD	Based on macroseismic, geological and geomorphological observations.
Length [km]	5.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Width [km]	3.9	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Max depth [km]	4.2	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Strike [deg]	90	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	35	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Rake [deg]	90	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.40	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	800... 4000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.5	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			
INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES			
Latest Earthquake	03 Jan 1505 CPTI04.		
Penultimate Earthquake	Unknown	See Commentary for information.	
ACTIVE FAULTS			
ACTIVE FOLDS			

Information	Commentary	Pictures	References
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITIS103		
Name	Crespellano		
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Rovida A.(2)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Rovida A.(2)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Milano; Via Bassini 15, 20133 Milano, Italy		
Created	11/09/2007		
Updated	11/09/2007		
Display map			
Related sources	ITCS047		
PARAMETRIC INFORMATION			
	Parameter	Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.48 / 11.16	OD	Based on macroseismic, geological and geomorphological observations.
Length [km]	5.6	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Width [km]	4.3	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Max depth [km]	4.5	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Strike [deg]	98	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	35	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Rake [deg]	90	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.40	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	800... 4000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.6	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			
INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES			
Latest Earthquake	20 Apr 1929 CPTI04.		
Penultimate Earthquake	Unknown See Commentary for information.		
ACTIVE FAULTS			
ACTIVE FOLDS			

Sempre nella figura sovrastante (Mappa delle fonti sismogenetiche), colorate con campitura 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).

12

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.

Information	Commentary	Pictures	References
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITCS046		
Name	Langhirano-Sassuolo		
Compiler(s)	Burrato P.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Basili R.(1)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy		
Created	08/01/2005		
Updated	25/06/2015		
Display map			
Related sources			

PARAMETRIC INFORMATION

	Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	95...120	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 regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.2400... 0.6300	EJ	Inferred from geological data by Ponza et al. (2010) and Gunderson et al. (2013)
Max Magnitude [Mw]	6.8	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Information	Commentary	Pictures	References
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITCS047		
Name	Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme		
Compiler(s)	Burrato P.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Basili R.(1)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy		
Created	08/01/2005		
Updated	25/06/2015		
Display map			
Related sources	ITIS091 ITIS103		

PARAMETRIC INFORMATION

	Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	85...135	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 regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.2400... 0.6300	EJ	Inferred from geological data by Ponza et al. (2010) and Gunderson et al. (2013)
Max Magnitude [Mw]	6.8	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Information

Commentary

Pictures

References

GENERAL INFORMATION

DISS-ID

ITCS083

Name

Garfagnana

Compiler(s)

Burrato P.(1), Valensise G.(1)

Contributor(s)

Burrato P.(1), Valensise G.(1)

Affiliation(s)

1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy

Created

08/01/2005

Updated

14/05/2010

Display map



Related sources

[ITIS050](#) [ITIS051](#)

PARAMETRIC INFORMATION

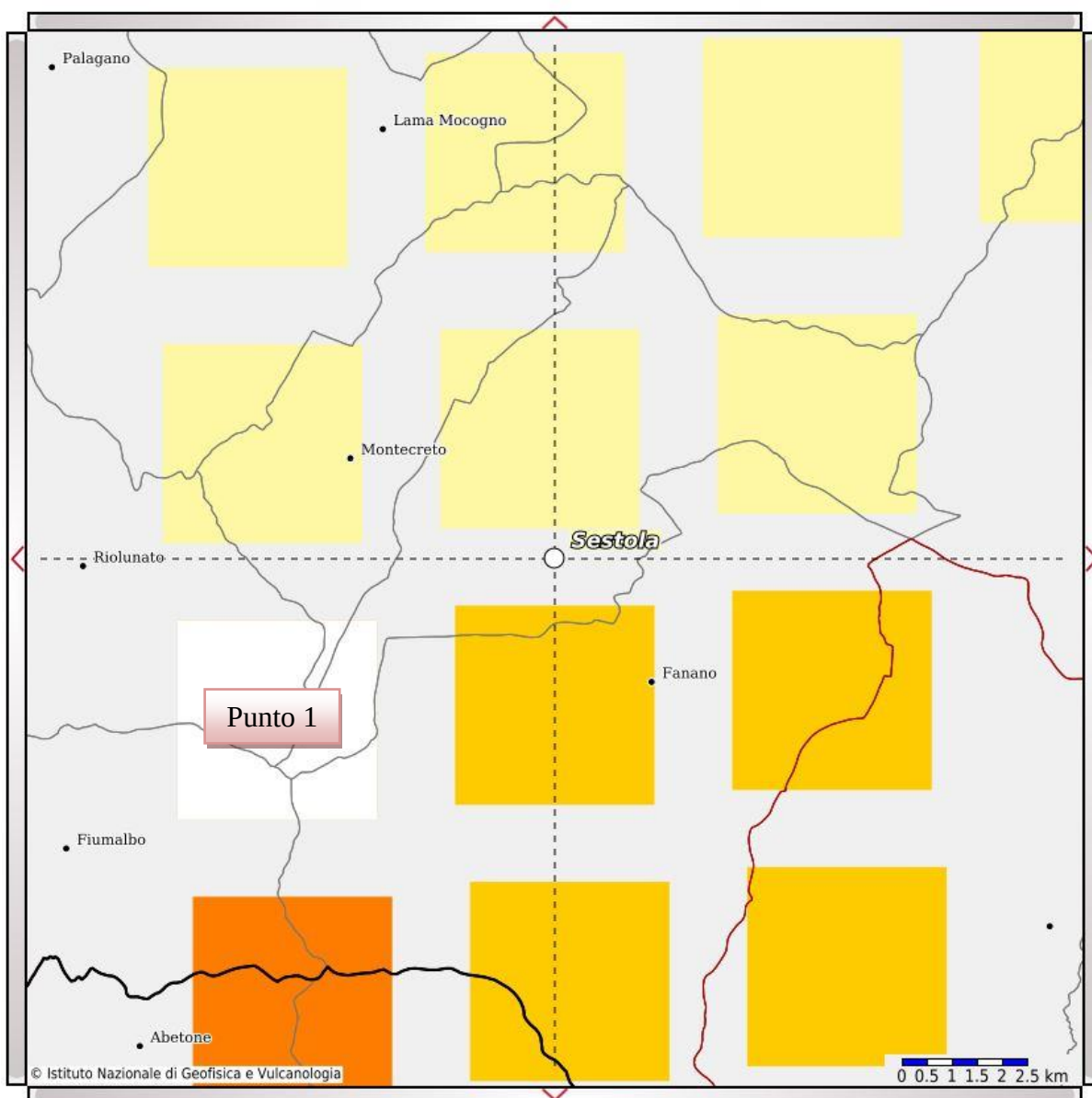
	Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Max depth [km]	10.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Strike [deg] min... max	300...310	OD	Based on geological data.
Dip [deg] min... max	30...45	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

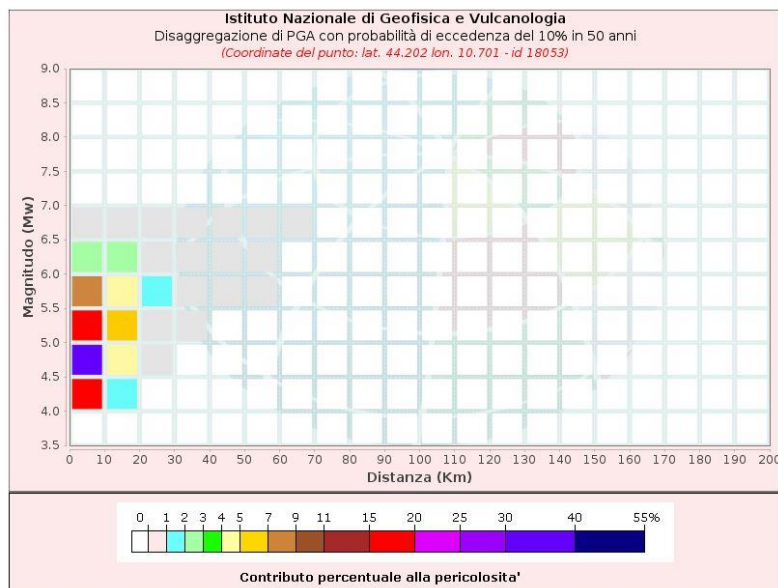
Dai dati di disaggregazione di $a(g)$ delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV possiamo valutare quale sia la magnitudo e la distanza epicentrale più probabile con tempi di ritorno di circa 475 anni (10% di superamento in 50 anni) attesi per il Comune studiato.

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 in esame.

Punto 1:



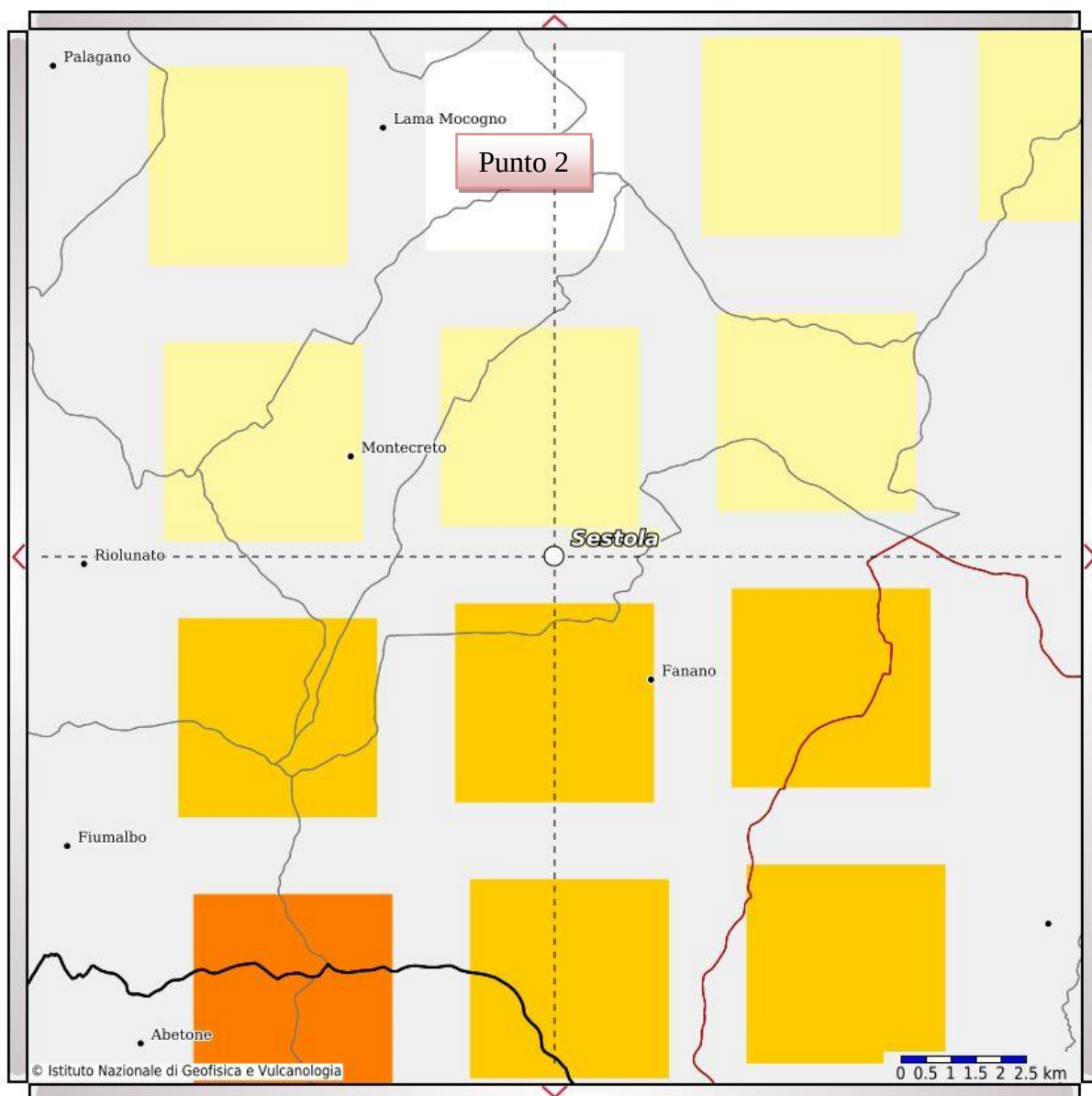


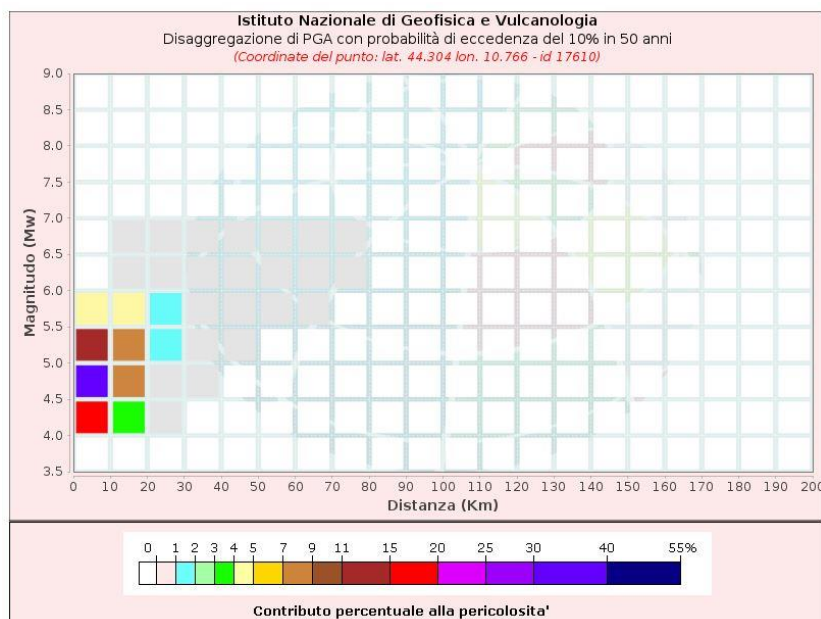
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.202 lon. 10.701 - id 18053)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	17.0000	31.9000	18.2000	8.3400	2.8800	0.3160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.2400	4.7900	5.5600	4.2600	2.2200	0.3240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0708	0.6460	1.0100	0.7650	0.1410	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0130	0.1330	0.1620	0.0370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.0294	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0043	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.03	7.0	0.999

Magnitudo media 5,03 con distanza epicentrale di 7,00 km

Punto 2:



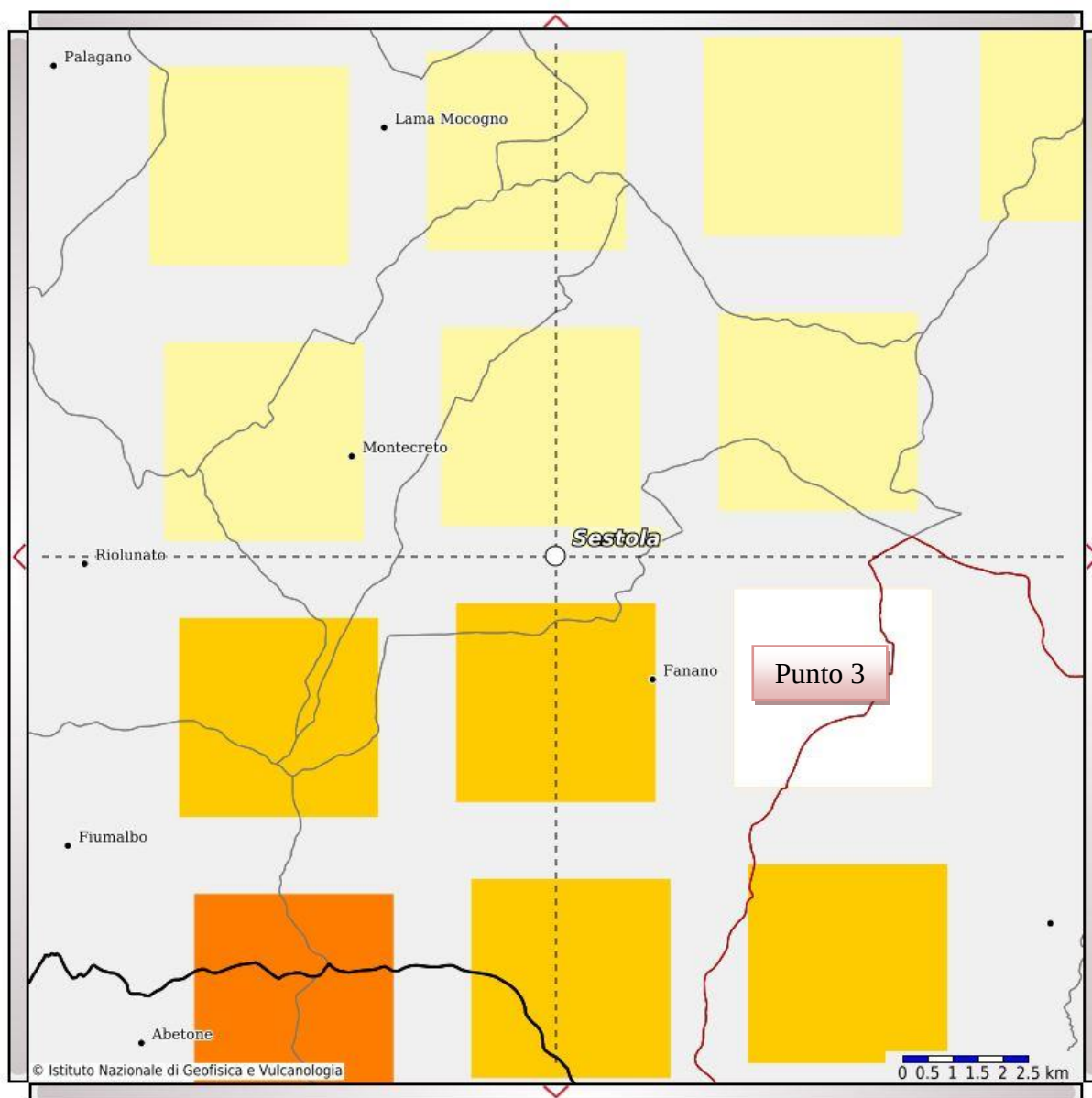


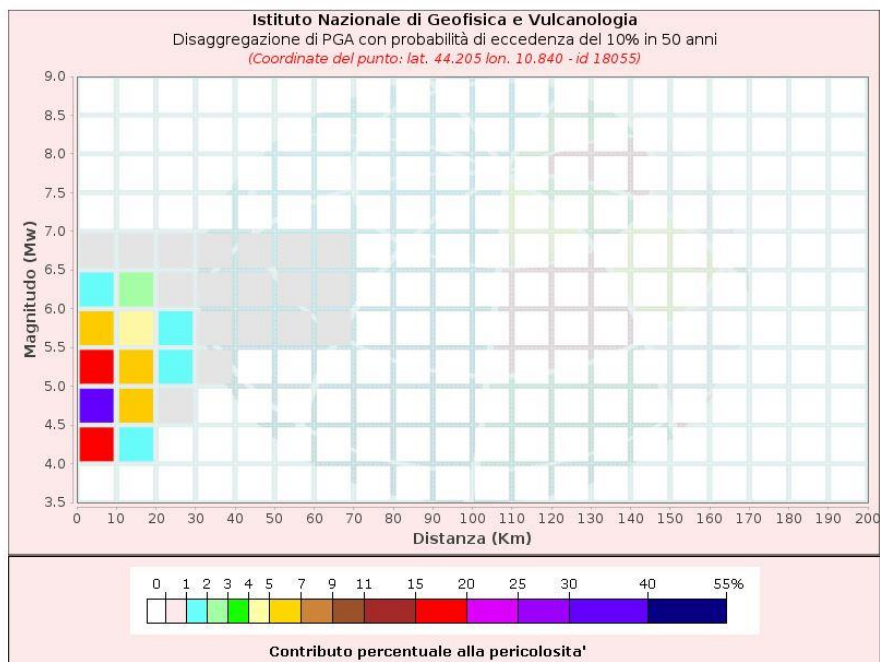
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.304 lon. 10.766 - id 17610)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	19.5000	31.1000	14.0000	4.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.2800	8.8400	7.4700	4.1300	0.9820	0.1380	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0176	0.6110	1.6200	1.6100	0.8390	0.1420	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0009	0.1750	0.4810	0.3820	0.0764	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0092	0.1120	0.1150	0.0244	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0201	0.0287	0.0072	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0057	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.91	8.66	0.924

Magnitudo media 4,910 con distanza epicentrale di 8,66 km

Punto 3:





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.205 lon. 10.840 - id 18055)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	17.8000	31.2000	16.4000	6.7400	1.7600	0.1930	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.9600	6.4700	6.5800	4.5200	2.0000	0.2820	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.2050	1.0100	1.2700	0.8360	0.1480	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0448	0.2210	0.2010	0.0434	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0242	0.0516	0.0140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0114	0.0043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0011	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.0	7.77	0.983

Magnitudo media 5,0 con distanza epicentrale di 7,77 km

Si nota come la magnitudo attesa più probabile con tempo di ritorno 475 anni, sui tre punti considerati, sia compresa tra un minimo di 4,91 ed un massimo di 5,03.

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.

21

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

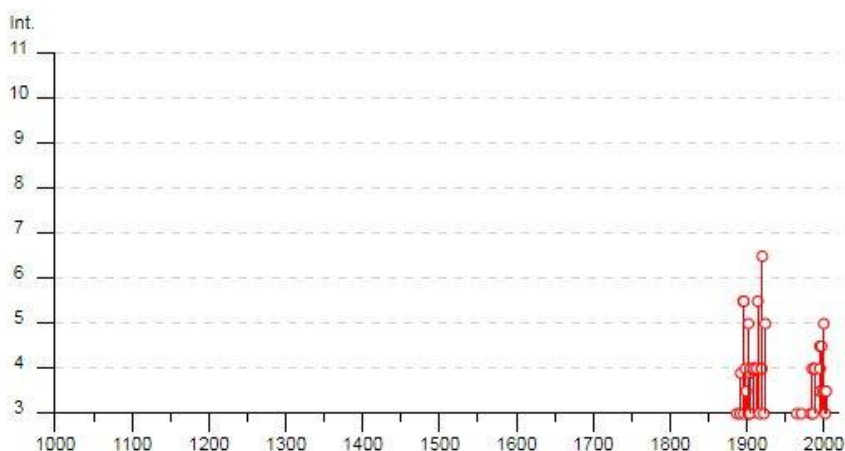
Appare tuttavia chiaro che, essendo le zone in esame ricomprese in aree sismogenetiche, sia più corretto attribuire alle aree studiate la magnitudo attesa da zonazione sismogenetica che varia tra 5,6 secondo quanto sopra riportato a 6.9 nel DISS3.3.0.

Riportiamo adesso i terremoti più recenti disponibili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 v4.0 e quindi nel Database Macrosismico Italiano DBMI15 v4.0 per la località in studio:

Sestola



PlaceID	IT_39139
Coordinate (lat, lon)	44.229, 10.771
Comune (ISTAT 2015)	Sestola
Provincia	Modena
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	48

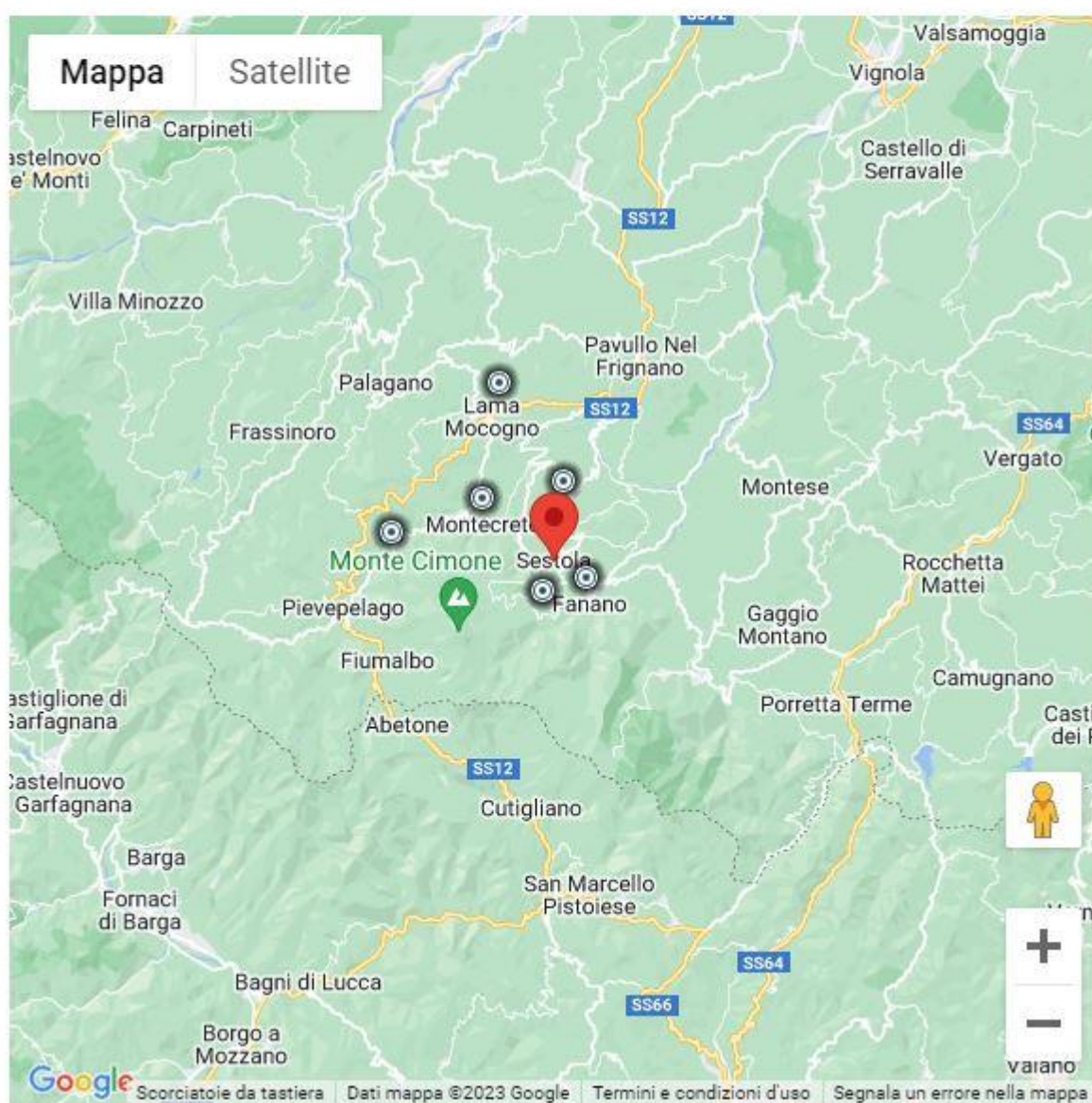


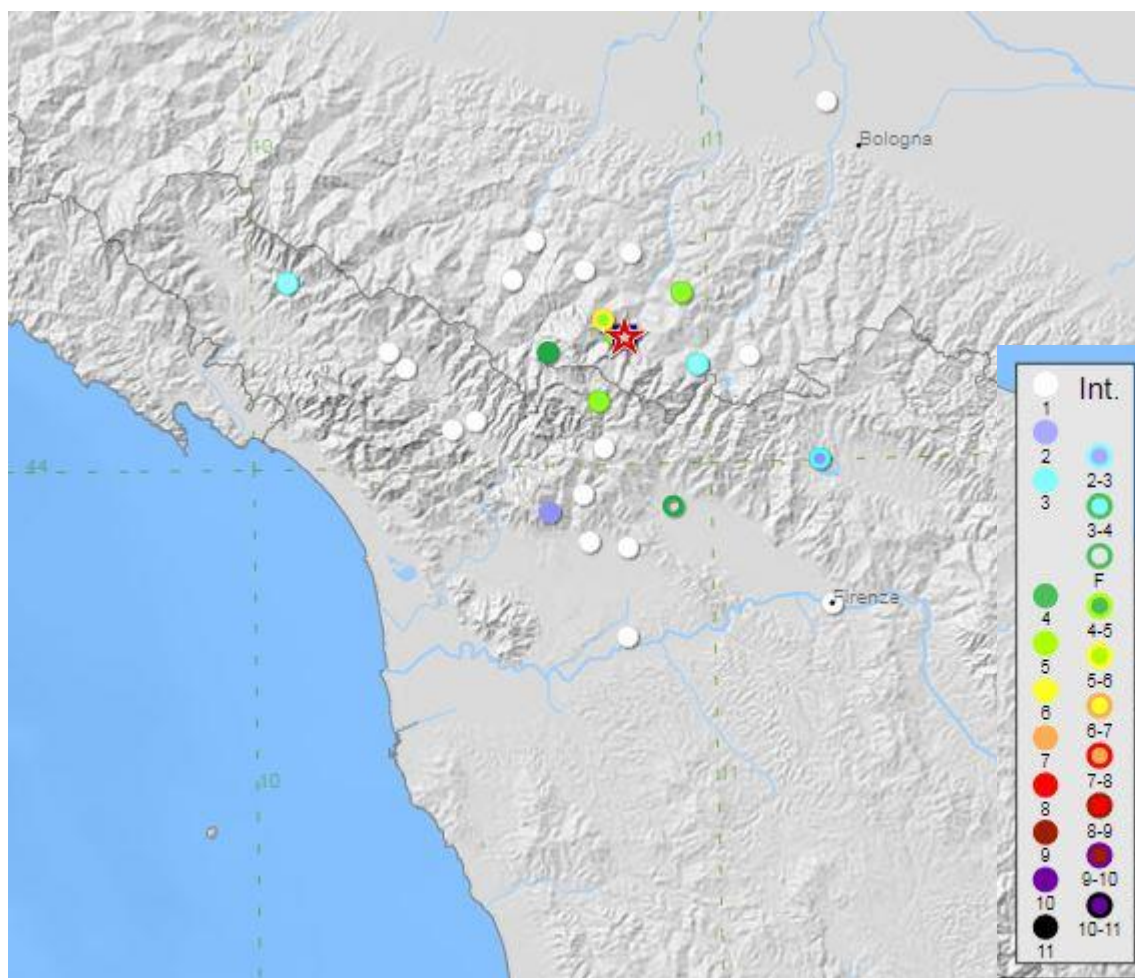
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3		1887	02	23	05	21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3		1891	06	07	01	06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
F		1892	05	17	03	08 1	Carpineti	28	5	4.28
5-6		1895	08	07	19	49 3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3		1896	07	08	01	51 2	Porretta Terme	17	5	4.37
5-6		1896	12	08	17	06 4	Sestola	26	5	4.33
4		1898	03	04	21	05	Parmense	313	7-8	5.37
3-4		1899	06	26	23	17 2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF		1901	10	30	14	49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3		1902	03	05	07	06	Garfagnana	83	7	4.98
5		1902	08	04	22	36 1	Lunigiana	60	6	4.78
2-3		1902	12	04	16	35 0	Lunigiana	36	5	4.35
3		1903	07	27	03	46	Lunigiana	79	7-8	5.19
F		1904	02	25	18	47 5	Reggiano	62	6	4.81
3		1904	06	10	11	15 2	Frignano	101	6	4.82
4		1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
4		1908	06	02	22	30	Frignano	18	4-5	4.50
4		1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4		1909	03	18	02	51	Appennino reggiano	12	4-5	4.13
4		1913	02	13	16	39	Corno alle Scale	26	5	4.18
5-6		1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
3		1916	07	27	18	38	Garfagnana	22	5-6	4.56
4		1919	06	29	15	06 1	Mugello	565	10	6.38
4		1919	09	25	03	15	Frignano	7	4	3.70
6-7		1920	09	07	05	55 4	Garfagnana	750	10	6.53

3		1922 08 02 21 13	Frignano	21	5	4.32
2		1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
5		1924 06 12 21 03 4	Frignano	25	5-6	4.46
2		1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
3		1965 05 10 05 01 5	Appennino reggiano	11	4-5	4.29
3		1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
NF		1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3		1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4		1985 01 23 10 10 1	Garfagnana	73	6	4.60
3		1986 10 01 19 53 3	Lunigiana	68	5	4.46
NF		1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
4		1988 02 08 11 24 4	Garfagnana	75	6	4.34
4		1988 02 08 13 36 4	Frignano	43	5	4.28
4-5		1995 08 24 17 27 3	Appennino pistoiese	56	6	4.45
3-4		1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
4		1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4-5		1997 12 24 17 53 1	Garfagnana	98	5	4.33
3-4		1999 07 07 17 16 1	Frignano	32	5	4.67
5		2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5	4.22
3		2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
3-4		2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF		2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
3-4		2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Fanano	39	3
Castellaro	1	3
Canevare	1	3
Montecreto	17	5
Lama Mocogno (Lama)	34	9
Riolunato	21	9



Terremoto di Sestola: 08.12.1896

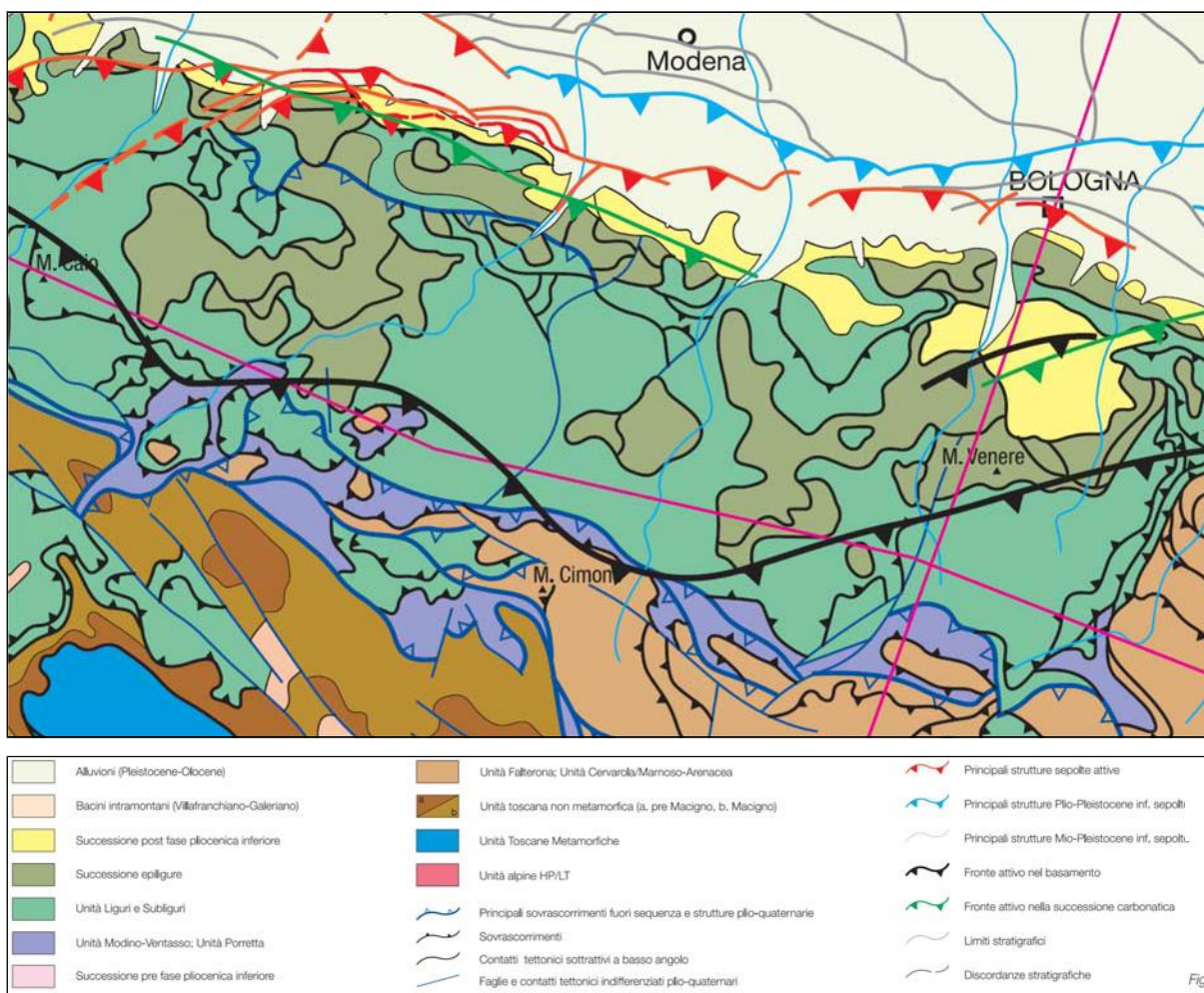
PlaceID	Località	Sc	Lat	Lon	Int
IT_39139	Sestola		44.229	10.771	5-6
IT_43955	Cutigliano		44.100	10.757	5
IT_38313	Fanano		44.207	10.794	5
IT_38738	Montese		44.270	10.944	5
IT_38358	Fiumalbo		44.179	10.648	4
IT_44294	Pistoia		43.933	10.915	F
IT_42357	Montale		44.295	10.078	3
IT_40088	Porretta Terme		44.156	10.976	3
IT_44659	Barberino di Mugello		44.002	11.238	2-3
IT_43910	Villa Basilica		43.927	10.645	2
IT_42864	Barga		44.073	10.486	NF
IT_43944	Buggiano (Borgo a Buggiano)	MS	43.879	10.730	NF
IT_39367	Calderara di Reno		44.566	11.273	NF
IT_42996	Camporgiano		44.158	10.335	NF
IT_39396	Camugnano		44.168	11.089	NF
IT_45020	Firenze		43.773	11.257	NF
IT_38395	Frassinoro		44.295	10.573	NF
IT_45144	Fucecchio		43.728	10.809	NF
IT_43324	Galliciano		44.060	10.435	NF
IT_38447	Lama Mocogno (Lama)	MS	44.308	10.731	NF
IT_44054	Monsummano Terme		43.869	10.814	NF
IT_38714	Montefiorino		44.355	10.622	NF

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

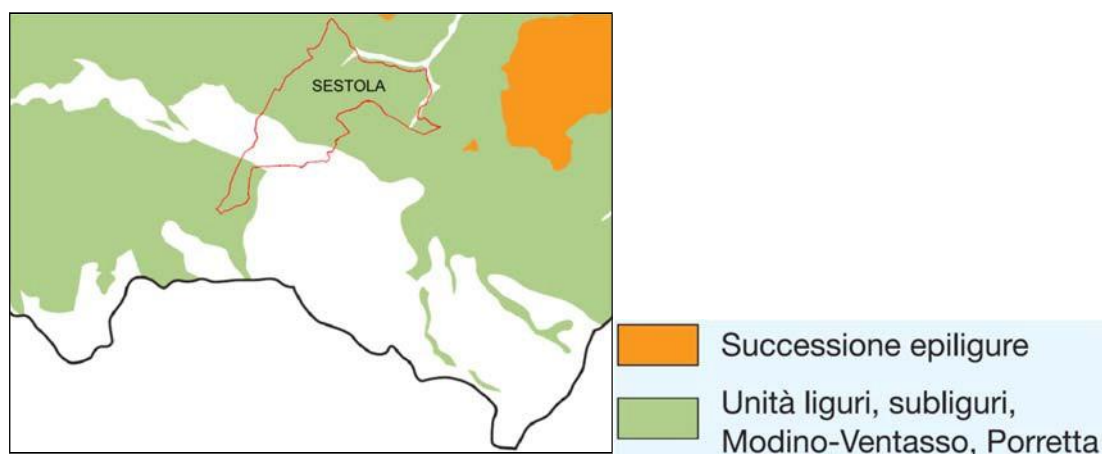
L'assetto geologico e geomorfologico è stato ripreso dalla relazione illustrativa a corredo dello studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello a firma del Raggruppamento Temporaneo con mandatario il Dott. Geol. Giorgio Masotti.

Il territorio del Comune di Sestola è ubicato sull'Appennino modenese estendendosi in direzione Sud-Nord dal Monte Cimone, collocato lungo il confine meridionale, al Torrente Scoltenna che delimita il confine settentrionale del territorio.

Dal punto di vista geologico, fa parte dell'Appennino settentrionale, una catena a thrusts che deriva dalla deformazione di differenti domini paleogeografici meso-cenozoici: il Dominio Ligure, i cui sedimenti sono stati depositi su crosta oceanica, il Dominio Subligure, sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica, il Dominio Tosco-umbro di pertinenza adriatico-padana. Quest'ultimo ha prodotto diversi elementi strutturali tra cui la Falda Toscana, le unità metamorfiche toscane, le Unità Modino e Cervarola e le unità Umbro-marchigiane. Ai domini citati si deve aggiungere il Dominio Epiligure, formato da sedimenti depositi a partire dall'eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate.



In corrispondenza delle porzioni centro-settentrionale e meridionale del territorio affiorano le unità alloctone costituite da successioni pelagiche deposte su crosta oceanica e di transizione (Liguri), da successioni pelagiche formatesi su crosta continentale assottigliata ai margini della placca dell'Adria tra il Cretaceo superiore e il Miocene inferiore (Subliguri e Unità Sestola-Vidiciatico) e dalle successioni di thrust-top basin (Successione Epiligure, Successione Modino-Ventasso, Successione di Porretta).



Queste ultime si sono deposte in discordanza sulle Unità Liguri, Subliguri e Sestola-Vidiciatico durante la migrazione verso est terminata nella parte alta del Pliocene inferiore.

L'insieme di queste unità è sovrascorso sulle unità toscane e umbro-marchigiano-romagnola dell'Appennino emiliano-romagnolo da Ovest verso Est prevalentemente nell'ambito delle fasi tettoniche mioceniche e infrapliocenica.

Alla Successione Modino-Ventasso appartiene la Formazione delle Argille Variegate con Calcarei (AVC), che affiora in corrispondenza del capoluogo e della frazione di Roncoscaglia, costituita prevalentemente da argille, localmente marnose, che hanno subito intense deformazioni, essendo state ripetutamente piegate, fratturate e fagliate. Per questo motivo esse si ritrovano in affioramento in modo estremamente caotico e disordinato, con l'aspetto di brandelli di stratificazione e di miscugli di rocce diverse.

Tale substrato è responsabile delle caratteristiche morfologiche di questo settore centrale del territorio in cui sono presenti versanti a debole pendenza, con fenomeni gravitativi attivi e quiescenti ed estese coperture detritiche di versante.

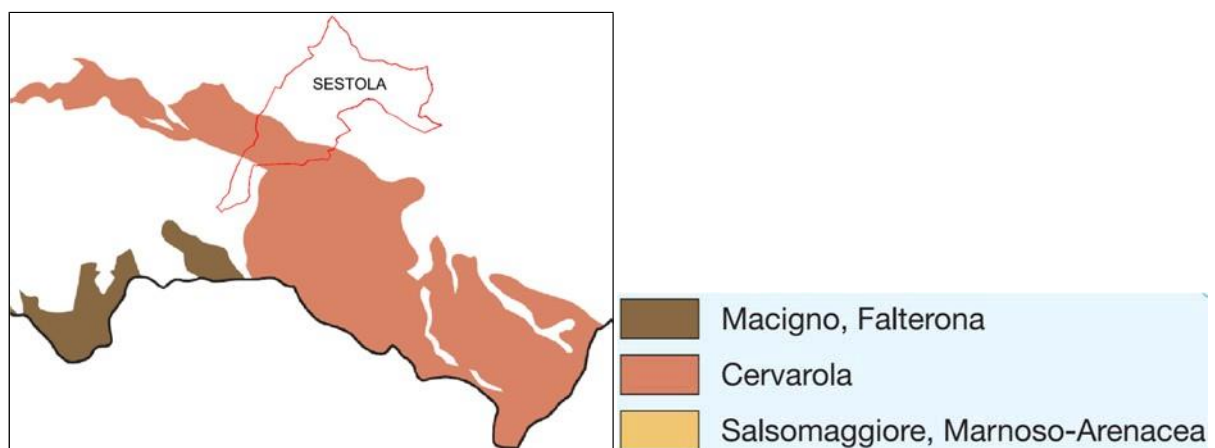
Si distingue morfologicamente l'area denominata "Rupe di Sestola", costituita da arenarie torbiditiche attribuite alle Arenarie di Monte Modino (MOD), alla cui sommità si trova il Castello di Sestola.

A Nord le principali litologie affioranti appartengono, invece, alle successioni liguri prevalentemente torbiditiche (“Formazione di Monghidoro” e “Formazione di Monte Venere”) e argillitiche (“Argille a Palombini”, “Arenarie di Scabiazza”, “Argille variegata di Grizzana Morandi”). I versanti presentano morfologicamente, anche in questo caso, pendenze deboli e forme dolcemente ondulate. Risultano caratterizzati dalla presenza di estesi movimenti di franosi, quiescenti e attivi, con frequenti fenomeni di soliflusso, di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata.

Nel settore Nord-orientale, in corrispondenza dei centri abitati di Castellaro, Rovinaccia, P.teTole e Casine S. Antonio, sono censiti numerosi fenomeni gravitativi anche molto rilevanti come quelli che interessano la frazione di Rovinaccia, ricompresa all’interno di un centro abitato dichiarato da consolidare.

Nel settore Nord-occidentale, invece, in relazione alla presenza di lembi di ofioliti giurassiche, all’interno della Formazione delle Argille a Palombini, si ritrovano rilievi isolati come quello su cui sorge l’abitato di Vesale.

Nel settore immediatamente a Sud dell’allineamento Sestola-Roncoscaglia affiorano i terreni che rappresentano il riempimento dell’avanfossa del Dominio Toscano, il cui tetto è costituito dalla superficie di sovrascorrimento dell’insieme delle unità liguri, subliguri ed epiliguri.



Si tratta della formazione geologica denominata Arenarie del Monte Cervarola costituita dalla ritmica alternanza di strati di arenaria e di strati di argilla, spesso circa 3000 metri, caratterizzata da una stratificazione molto regolare in cui si possono facilmente riconoscere le geometrie che hanno assunto gli strati nel corso delle deformazioni subite nell’ambito dei processi di formazione dell’Appennino.

Da un punto di vista morfologico il paesaggio si modifica radicalmente con la presenza di pendii boscati piuttosto ripidi in cui si registrano isolati fenomeni di instabilità.

Nella zona meridionale del territorio affiorano terreni attribuibili all'Unità Modino-Ventasso, in prevalenza torbiditici, costituiti delle Arenarie di Monte Modino e, in misura minore, da terreni argillosi appartenenti alla Formazione delle Argille di Fiumalbo, delle Argille Variegate con Calcarei e delle Marne di Marmoreto.

In questo settore le coperture quaternarie risultano poco sviluppate, con presenza di depositi morenici di origine glaciale e periglaciale, depositi detritici di origine gravitativa di versante in s.l., depositi eluvio-colluviali e di falda, oltre a depositi di origine palustre localizzati nelle depressioni glaciali. I fenomeni di instabilità sono piuttosto isolati e riconducibili alla tipologie di frana complessa e/o di scivolamento in blocco.

Le unità litostratigrafiche che formano la fascia dell'alto appennino modenese e che risultano affioranti nel territorio comunale di Sestola, sono di seguito riassunte:

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

- AES8 - Subsistema di Ravenna
- AES8a - Unità di Modena

Unità liguri

- MOH - Formazione di Monghidoro
- MOV - Formazione di Monte Venere
- AVT - Argille variegate di Grizzana Morandi
- AVTa - Argille variegate di Grizzana Morandi - litozonaargillitica
- SCB - Arenarie di Scabiazza
- APA - Argille a palombini
- APAa - Argille a palombini - litozonaargillitica
- APAc - Argille a Palombini - litofacies calcarea

Unità toscane

- CEV2 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo
- MOD - Arenarie del Monte Modino

- MSM - Marne del Monte San Michele
- VLR - Arenarie di Vallorsara
- MMA - Marne di Marmoreto
- FIU - Argille di Fiumalbo
- BAP - Breccie argillose poligeniche
- ABT - Formazione dell'Abetina Reale
- AVC - Argilliti variegate con calcari

Unità incertaesedis

- AMG - Arenarie di Monte Gabba

La descrizione dei tipi litologici delle successioni presenti nel territorio è riportata di seguito:

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

AES8 – Subsintema di Ravenna

Ghiaie e ghiaie sabbiose passanti a sabbie e limi, organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m.

(Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni)).

AES8a - Unità di Modena

Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio- giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).

Unità Liguri

MOH – Formazione di Monghidoro

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P generalmente intorno a 2/1 cui si intercalano intervalli metrici di strati sottili e medi con rapporto A/P circa 1/2. Le arenarie sono gradate con base a granulometria da media a grossolana, talora microconglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro ma generalmente marroni o giallastre per alterazione ed ossidazione dei minerali femici; passano ad argilliti più o meno siltose di colore nerastro. Nella parte bassa della formazione sono presenti rari strati sottili calcareo-marnosi o calcarei con abbondanti tracce di fucoidi. Localmente distinte: la litofacies arenacea (MOHa), caratterizzata da $A/P \gg 1$; la litofacies pelitico-arenacea (MOHb), caratterizzata da strati sottili pelitico-arenacei con rapporto $A/P < 1$; la litofacies pelitica (MOHc) con $A/P < 1/10$. Torbiditi di piana bacinale. Limite inferiore graduale su MOV. La potenza geometrica è di qualche centinaio di metri. (Maastrichtiano sup. - Paleocene sup.)

MOV - Formazione di Monte Venere

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi fino a banchi di oltre 15 m, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto $A/P > 1$, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo- marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza di oltre 900 m.(Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.)

AVT - Argille variegate di Grizzana Morandi

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere mangesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Contatto inferiore non preservato. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. Potenza fino a 200 m circa. (Cenomaniano sup.? - Santoniano sup.)

AVTa - Argille variegata di Grizzana Morandi - litozona argillitica

Argilliti fissili varicolori, totalmente silicizzate, caratterizzate da diagenesi spinta fino al limite dell'anchimetamorfismo; sottili intercalazioni di calcilutiti grigiastre con patine di alterazione nere, e areniti fini grigie con frequenti sostituzioni di ossidi di ferro di color rosso ruggine, di consistenza pulverulenta. Potenza geometrica di pochi metri. (Cenomaniano sup.? - Santoniano sup.?)

SCB - Arenarie di Scabiazza

Torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie da molto sottili a medie, mal strutturate e poco cementate, talora gradate, con granulometria da fine a finissima, di colore grigio, grigio-scuro o grigio-verdastre (beige o rossastro se alterate) in strati molto sottili e sottili, e argille o argille marnose verdastre o grigio scuro molto sporche; rapporto A/P < 1 o uguale a 1. Presenza saltuaria di calcilutiti marnose verdi o biancastre e marne calcaree grigio-chiare in strati da sottili a spessi e argilliti varicolorate. Presenti localmente intercalazioni lenticolari metriche di brecce sedimentarie poligeniche (bp) e livelli di marne scheggiose grigio-chiare (SCBms - litofacies marnoso-siltosa). E' stata localmente distinta una litofacies arenaceo-pelitica (SCBb). Ambiente deposizionale di piana bacinale con frequenti apporti torbiditici. Potenza geometrica affiorante che può raggiungere alcune centinaia di metri. (Turoniano sup.? - Campaniano inf.)

APA - Argille a palombini

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcare quasi sempre > 1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora mangesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate). La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati". Nei Fogli 219-236 all'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di ofioliti (of) giurassiche, spesso distinte in: arenarie ofiolitiche (ao), brecce ofiolitiche (bo), brecce poligeniche a elementi magmatici, calcarei e diasprigni: (bp1). Contatti ovunque tettonici o non affioranti.

Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. (Barremiano – Turoniano ?)

APAA - Argille a palombini - litozona argillitica

Argilliti grigie e a luoghi verdognole, con fissilità spesso molto evidente e in qualche caso silicizzate; sono alternate a calcilutiti grigie in strati medi e spessi con subordinati pacchi di strati sottili di alternanze arenaceo-pelitiche giallastre e nocciola. La litozona può essere caratterizzata da diagenesi spinta fino al limite dell'anchimetamorfismo. Potenza non bene valutabile, stimata in oltre 200 m. (Barremiano - Turoniano?)

APAc - Argille a Palombini - litofacies calcarea

Caratterizzata da un rapporto $C/A > 1$. (Barremiano - Turoniano?)

Of. - Ofioliti beta – Basalti gamma - Gabbri**sigma – Serpentine****Unità Toscane****CEV2 – Arenarie di Monte Cervarola – membro del Torrente Fellicarolo**

Da metri alle decine metri, a base arenitica medio-fine e tetto marnoso plurimetrico. A diverse altezze sono presenti intervalli ricchi di liste di selce nera e orizzonti da centimetrici a decimetrici di argilliti scure. In prossimità del contatto con CEV1 è presente lo strato guida gp (spesso circa 8 m) con base a grana da ruditica ad arenitica ricca di bioclasti, rip-up marnosi e frustoli carboniosi, e tetto marnoso-sabbioso. A circa 100m dalla base è presente la coppia di megatorbiditi "Elisa" ed "Sandra" (es). A circa 450 m, 650 m e 730 m dalla base sono stati cartografati rispettivamente gli strati guida Fellicarolo1 (fe1), Fellicarolo2 (fe2) e Fellicarolo3 (fe3). Nella parte bassa del membro è localmente presente un deposito da slumping talora associato a un deposito da debris flow a elementi argilloso-calcarei di origine ligure e subligure ((litofacies caotica CEV2a). Al tetto sono presenti marne e marne siltose laminate di colore grigio chiaro, con intercalati quattro strati calcsiltitici e siltitici di spessore centimetrico (CEV2b - litofacies pelitica); nella parte bassa di CEV2a è presente una vulcanoclastite di spessore centimetrico. Contatto inferiore non affiorante. Potenza parziale di oltre 1000 m. (Burdigaliano)

MOD - Arenarie del Monte Modino

Torbiditi arenaceo-pelitiche, grigie, in strati da sottili a spessi, costituiti da una base arenacea fine passante a pelite con rapporto A/P ~ 1 . Si alternano pacchi di strati da medi a spessi costituiti di arenarie medie o grossolane con al tetto, a luoghi, peliti spesse pochi centimetri. Rapporto A/P generalmente >1 . Le torbiditi a composizione mista o calcarenitico-marnose sono piuttosto rare. Contatto inferiore per alternanze su MMA nell'area tipo. Potenza di alcune centinaia di metri. (Chattiano p.p. – Aquitaniano)

MSM - Marne del Monte San Michele

Marne grigie, giallastre all'alterazione, a stratificazione spesso mal distinguibile, scheggie, con diffusi arricchimenti in silice. A luoghi intercalazioni di siltiti e arenarie fini, talora glauconitiche, in strati da sottili a medi. La formazione risulta notevolmente tettonizzata, frequentemente interessata da fratture. Contatto inferiore non affiorante. Potenza parziale di 150 m circa. (Aquitaniano - Burdigaliano)

VLR - Arenarie di Vallorsara

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marnegrigiastre. Rapporto A/P generalmente <1 . Intercalazione di intervalli relativamente spessi di torbiditi pelitico-marnose grigio-rosate. Frequenti depositi da slumping di spessore non elevato. Torbiditi di margine di bacino. Passaggio per alternanza su MMA con cui l'unità nell'area del Foglio 236 e' anche eteropica. Potenza parziale massima di 200 m circa. (Chattiano p.p. – Aquitaniano)

MMA - Marne di Marmoreto

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio- chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica. Nella parte basale è talora presente un livello spesso pochi metri costituito da torbiditi a base arenacea molto fine e tetto marnoso. Contatto inferiore discordante su FIU e su AVC. Deposito di scarpata. Nell'area del Foglio 236 interdigitazione con BAP. Spessore massimo di circa 100 m. (Rupeliano p.p.- Chattiano p.p.)

FIU - Argille di Fiumalbo

Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scuri, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, con intercalazioni di sottili strati gradati di siltitici areniti finissime e fini, grigio-verdastre, o di straterellicalcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-ceneri con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili. Localmente è stato distinto un membro prevalentemente arenaceo (FIU1). Depositi pelagici e pelagici e torbiditici fini distali. Contatto stratigrafico discordante sulle successioni sottostanti o tettonizzato. Spessore massimo 200-300 m. (Bartoniano - Rupeliano)

BAP - Breccie argillose poligeniche

Breccie poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre, con clasti di calcari micritici grigio-giallastri, talora selciferi, siltiti nerastre, calcareniti, calcari marnosi grigi, areniti e marne calcaree grigie. Stratificazione indistinta. Depositi di colate miste di fango e detrito (debris flow) in ambiente marino profondo. Interdigitazione con AVC, FIU e MMA. Potenza variabile da 0 a 100 m. (Cretaceo inf. - Oligocene)

ABT - Formazione dell'Abetina Reale

Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi, localmente plurimetritici, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuio in strati sottili e medi. Subordinate calcilutiti silicee in strati da media spessi grigio-bluastrati. Locali intercalazioni di breccie poligeniche e arenarie silicoclastiche e ofiolitiche. Torbiditi di ambiente marino profondo. Passaggio discordante alla formazione sottostante; contatti tettonici prevalentemente con AVC. Potenza di 200-300 m circa. (Campaniano sup. - Paleocene inf.?)

AVC - Argilliti variegati con calcari

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a moltospessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti bruno o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei arenarie fini gradate. Breccie argillitico-calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1. Localmente presenti arenarie grigio-verdi da fini a grossolane, talora decementate, in strati prevalentemente sottili, che localmente costituiscono la litologia prevalente(ar). Deposito di ambiente marino profondo.

Contatto inferiore generalmente non affiorante; nell'area del Foglio 235 in contatto tettonico col flysch di Sorba; nell'area del Foglio 236 interdigitazioni con BAP. Potenza fino a circa 300 m. (Hauteriviano - Cenomaniano inf. (Localmente Eocene)

Unità Invertaessedis

AMG – Arenarie di Monte Gabba

Litareniti da medie a grossolane fino a microconglomeratiche, grigie, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati. Rari strati molto sottili di pelite siltosa nerastra. Rapporto A/P >> 1. Contatto stratigrafico inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza parziale di 150 m circa. (Cenomaniano? - Turoniano?)

4. Dati geotecnici e geofisici

Per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 3° sono indispensabili la raccolta, l'archiviazione organizzata dei dati pregressi e la realizzazione di nuove specifiche indagini.

Nel caso specifico il Comune di Sestola era già provvisto di indagini d'archivio pregresse che ci sono state fornite dal Servizio Sismico Regionale e dall'Ufficio tecnico comunale.

In occasione del presente studio abbiamo realizzato numerose indagini geognostiche e geofisiche per caratterizzare al meglio dal punto di vista sia geotecnico che sismico il territorio in esame.

Il lavoro di ricerca bibliografica e di archivio ha messo a disposizione le seguenti indagini geognostiche e geofisiche disposte abbastanza omogeneamente nei centri urbani di Sestola e Roncosaglia:

- 50 prove HVSR;
- 289 prove penetrometriche dinamiche pesanti e superpesanti;
- 129 prove penetrometriche dinamiche leggere;
- 59 sondaggi geognostici;
- 68 prove MASW;
- 1 ReMi;
- 49 Sismiche a rifrazione;
- 3 trincee esplorative.

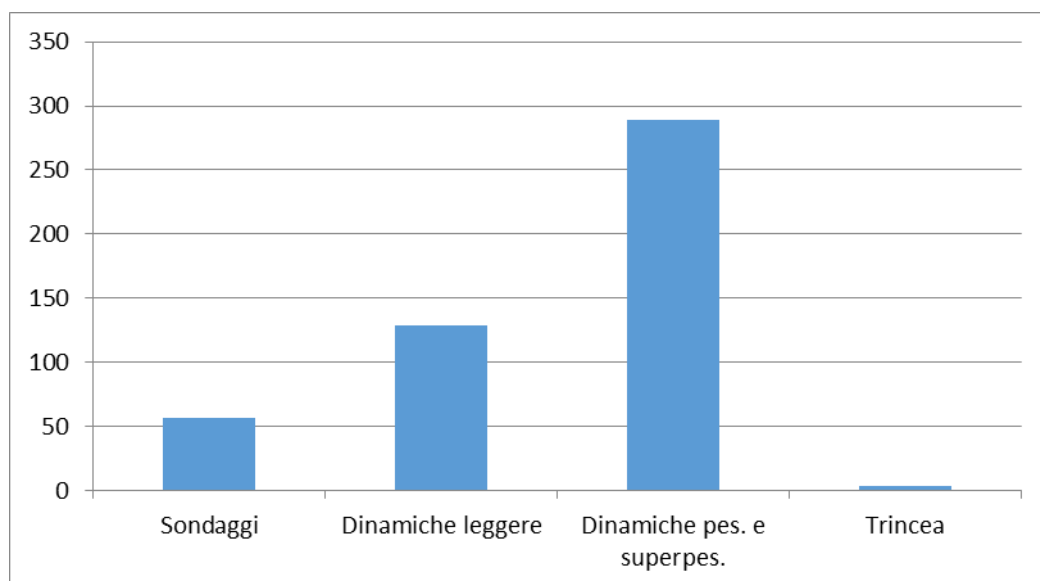
Per il 3° livello di approfondimento sono state eseguite ulteriori indagini, in particolare:

- 30 prove HVSR;
- 30 profili MASW;
- 10 prove ESAC;
- 10 sismiche a rifrazione.

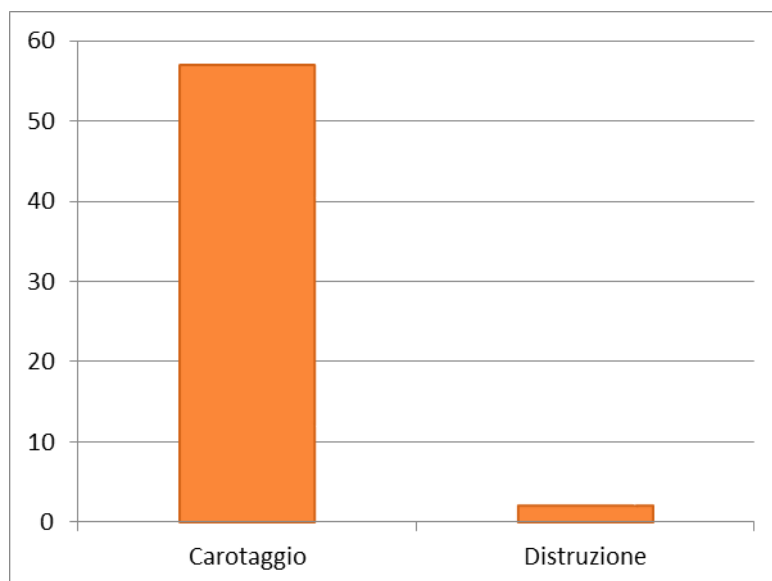
37

Per quanto riguarda le indagini geotecniche possiamo vedere che la tipologia di indagini che più frequentemente è stata effettuata è la prova penetrometrica dinamica pesante e superpesante seguita dalle dinamiche leggere.

Prove geotecniche			
Sondaggi	Dinamiche leggere	Dinamiche pes. e superpes.	Trincea
57	129	289	3

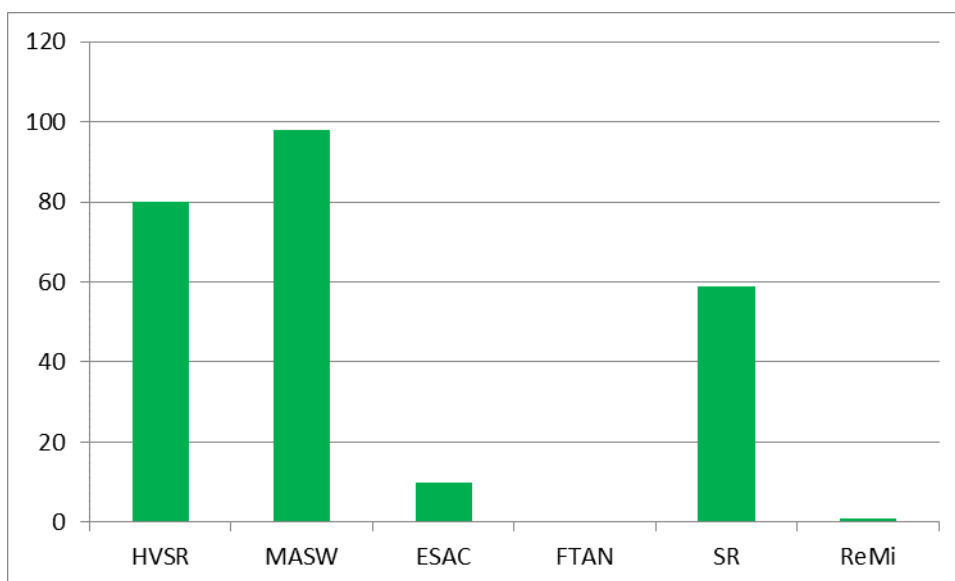


Differenziazione sondaggi	
Carotaggio	Distruzione
57	2



L'elenco relativo alle indagini geofisiche mostra che le prove maggiormente presenti sul territorio sono le MASW, tale indagine risulta infatti veloce da realizzare e richiede minimi spazi d'esecuzione.

Prove geofisiche					
HVSR	MASW	ESAC	FTAN	SR	ReMi
80	98	10	0	59	1



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 di Roncoscaglia che nel Capoluogo.

L'ottima descrizione del sottosuolo eseguita in fase di secondo livello di approfondimento non necessita di modifiche.

Riportiamo quindi quanto inserito studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello a firma del Raggruppamento Temporaneo con mandatario il Dott. Geol. Giorgio Masotti.

Il territorio di Sestola è caratterizzato, nel settore meridionale, dalla presenza delle successioni di avanfossa oligo-Mioceniche del Dominio Toscano, in cui si distingue la successione del Monte Cervarola con le unità torbiditiche delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro del Torrente Fellicarolo – (CEV2) e delle Arenarie del Monte Modino (MOD). In tale settore si evidenzia la presenza di un rilievo sviluppato con versanti a pendenza elevata e dorsali rocciose ad andamento Sud Ovest-Nord Est. Le coperture quaternarie risultano poco sviluppate, localizzate prevalentemente a Sud con la presenza di depositi morenici di origine glaciale e periglaciale, depositi detritici di origine gravitativa di versante in s.l., depositi eluvio-colluviali e di falda, oltre a depositi di origine palustre presenti nelle depressioni glaciali. I fenomeni di instabilità sono piuttosto isolati e riconducibili alla tipologie di frana complessa e/o di scivolamento in blocco. In termini sismici si tratta di un substrato geologico rigido costituito da una alternanza di torbiditi siltitico-pelitiche.

Il contatto tra le formazioni toscane e le formazioni liguri affioranti più a Nord è di tipo tettonico. Si riscontra l'esistenza di faglie di importanza anche regionale. Nell'ambito della Successione Toscana si individuano importanti linee di sovrascorrimento, di cui una è localizzata immediatamente a Sud dei centri abitati di Sestola e Roncoscaglia, come riportato nella cartografia della carta sismo-tettonica della Regione Emilia-Romagna a cura del Servizio Geologico sismico e dei Suoli della RER, di cui viene riportato un estratto.



All'interno dello stesso documento cartografico sono individuate anche le principali strutture tettoniche neogeniche senza evidenze di recente attività.

A Nord del settore descritto si estende una fascia con andamento Nord Ovest-Sud Est caratterizzata dalla presenza di un substrato argillitico appartenente alla Successione Toscana (Argilliti Variegate con Calcarei (AVC)), su cui si collocano il centro abitato di Sestola e la frazione di Roncoscaglia, e, in subordine, dei terreni marnosi della Formazione delle Marne di Marmoreto (MMA). In questa porzione di territorio le morfologie sono in gran parte condizionate dalla presenza di estesi corpi di frana e di detrito di versante e dal prevalente substrato argilloso. Si osservano morfologie blande, con pendenze prevalentemente inferiori ai 15° e presenza di contropendenze diffuse.

Lungo il versante orientale che discende sino al Torrente Leo, nella fascia di quota compresa tra 1.000 e 750 m s.l.m., si evidenziano estese coperture detritiche di versante e movimenti gravitativi prevalentemente quiescenti (solo alcuni risultano in atto) che in passato hanno determinato danni alla viabilità locale e ad alcuni edifici.

Si segnalano, infatti, danni nel centro di Sestola negli anni 1979 e 1993, a Nord della dorsale su cui corre Via Tintoria, in località Le Gonde, e lungo Via del Passerino sino alla località C.Ronco. A ridosso dei versanti su cui affiorano le rocce arenacee prevalgono movimenti franosi per scivolamento in blocco, mentre nelle porzioni basali si rinvencono soprattutto frane per colamento di fango. Le coperture presentano spessori, come evidenziato dai numerosi sondaggi desunti da bibliografia, che, procedendo da monte verso valle, variano da 5 a 20 m e sono costituite in prevalenza da litotipi eterogenei ed eterometrici, più o meno caotici, immersi in matrice limosa ed argillosa.

Sul versante occidentale che discende sino al Rio Vesale, l'abitato di Sestola risulta ricompreso su una vasta copertura detritica avente spessori in alcuni casi superiori ai 20 metri e tipologicamente simili alle coperture descritte in precedenza.

A Nord Ovest si osservano estesi fenomeni gravitativi quiescenti riconducibili a frane complesse, in cui si combinano differenti tipologie di movimento, che interessano solo parzialmente la frazione di Roncoscaglia, collocata prevalentemente su una copertura detritica che anche in questo caso può raggiungere i 20 metri di spessore.

In termini sismici il substrato geologico di tale settore, sulla base dei dati raccolti e di quelli desumibili dalle prove effettuate, risulta caratterizzato da velocità delle onde di taglio inferiori a 800 m/s ed è stato classificato, quindi, come “non rigido”.

Nella porzione settentrionale, a Nord dei centri abitati di Sestola e Roncoscaglia, le principali litologie affioranti appartengono alle successioni liguri prevalentemente torbiditiche (“Formazione di Monte Venere”) e argillitiche (“Argille a Palombini”, “Argille variegata di Grizzana Morandi” e “Arenarie di Scabiazza”), con versanti che morfologicamente presentano pendenze più deboli e forme dolcemente ondulate nei quali si assiste alla presenza di estesi movimenti di franosi, quiescenti e attivi, con frequenti fenomeni di soliflusso, di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata e depositi di versante in s.l..

Le forme di instabilità sono prevalentemente da ascrivere a meccanismi che derivano dalla combinazione di due o più tipologie di movimento, e quindi da inserire nella categoria delle frane complesse.

Fenomeni gravitativi rilevanti, in quanto direttamente interferenti con centri abitati, sono presenti lungo la strada Provinciale n° 30, dove si individua la frazione di Rovinaccia, ricompresa all'interno di un centro abitato dichiarato da consolidare ai sensi del Regio Decreto 1 Giugno 1933 n. 42. La Frazione di Castellaro viene parzialmente ricompresa all'interno di un'area a rischio idrogeologico elevato e molto elevato, in cui si distinguono le zone caratterizzate da instabilità o ad elevata probabilità di coinvolgimento (Zona 1) e le zone potenzialmente instabili (Zona 2).

In questo settore del Territorio Comunale sono presenti, inoltre, lembi di ofioliti giurassiche all'interno della Formazione delle Argille a Palombini, spesso distinte in basalti, serpentiniti e oficalciti, che formano, come nella frazione di Vesale, rilievi morfologicamente più accentuati che ben si individuano nell'ambito del paesaggio circostante.

Il substrato geologico è rappresentato prevalentemente, in termini sismici, da terreni non rigidi (velocità delle onde di taglio inferiori a 800 m/s) costituiti da argille intensamente tettonizzate (Argille a Palombini) e da alternanze di livelli lapidei e livelli pelitici (Formazione di Monte Venere). Per i materiali ofiolitici è stato considerato un substrato rigido di natura lapidea.

6. Elaborati cartografici

Come previsto dalle linee guida per gli studi di Microzonazione Sismica sono state realizzate le seguenti cartografie:

- *Carta delle indagini*
- *Carta delle frequenze naturali dei depositi*
- *Carta geologico – tecnica*
- *Carta delle Vs*
- *Carta delle MOPS*
- *Carte di Microzonazione Sismica*

Inoltre, ai sensi del DGR n. 476/2021 e successive modifiche DGR n. 564/2021, è stata altresì prodotta:

- *Carta della distribuzione sul territorio del valore di H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} e H_{0515}*

In virtù delle prescrizioni riportate negli standard di archiviazione e rappresentazione informatica 4.2. 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 4.2 del Dicembre 2020.

La carta è stata redatta in scala 1:10.000.

Le indagini eseguite per il presente studio e quelle d'archivio sono riportate negli specifici report inseriti nella cartellina "Indagini/Documenti" all'interno della struttura di archiviazione standard.

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 liscio, 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 52 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 base topografica su cui sono state riportate le misure di rumore con indicate la frequenza di risonanza F in rosso e l'ampiezza del rapporto H/V in blu.

Con elementi puntuali di colore rosa sono state raffigurate le misure HVSR che non presentano picchi significativi.

6.3 Carta geologico-tecnica

La carta geologico - tecnica è stata revisionata a partire dagli elaborati geologici della carta del CARG e dalla carta geologico tecnica redatta per il secondo livello di approfondimento.

La perimetrazione di alcune formazioni è stata tuttavia leggermente rivista e modificata in funzione delle nuove indagini geognostiche e geofisiche e dei rilevamenti geologici eseguiti in occasione del presente lavoro.

La carta geologico tecnica è stata redatta per ogni ambito indagato in scala 1:10.000 e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.2 – Dicembre 2020), 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.

Vengono inoltre riportati tutti i tipi di instabilità presenti nelle aree.

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.

Ambiente vulcanico	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri ignimbritiche	ig
Lahar (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
Varve	va
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
Ambiente carsico	
Riempimento di dolina/karren/vaschetta/sinkhole	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
Till	ti
Ambiente eolico	
Duna eolica	de
Loess	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.

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.

Si riportano, in ordine alfabetico, prima le coperture e dopo i substrati.

Coperture

Detriti di versante (a3) GT: (GC, ML)

Con questo termine sono stati raggruppati detriti eterometrici ed eterogenei depositi alla base di scarpate ripide ed originati presumibilmente da processi per gravità e talora per ruscellamento superficiale; vi sono compresi anche corpi detritici che probabilmente sono resti di vere e proprie frane, ma che non possiedono più quelle caratteristiche morfologiche che ne consentono una facile distinzione.

Depositi eluvio-colluviali (a4) GT: (GM)

Detriti di falda (a6) GT: (GC)

Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm³ e decine di m³, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi.

Subsistema di Ravenna (AES8) GT: (MH)

Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei.

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo.

Unità di Modena (AES8a) GT: (GM)

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.

Argille variegata con calcari (AVC) GT: (CL, ML)

Argille intensamente tettonizzate, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose"). Nel caso in esame, vista l'alterazione, si comportano come copertura.

Depositi alluvionali in evoluzione (b1) GT: (GM)

Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (b1a).

Depositi glaciali e periglaciali (c3) GT: (GM)

Accumulo detritico deposto per azione prevalente glaciale, caratterizzato da detrito sciolto a struttura caotica con clasti eterometrici inglobati in matrice limoso-sabbiosa o limo-argillosa e con stratificazione mal visibile. Localmente frequenti i massi in matrice limosa.

Arenarie del Monte Cervarola (CEV2) GT: (SM)

Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$. Nel caso in esame la struttura della roccia è stata scomposta e alterata a sabbie e sabbie limose.

Depositi eolici (d1) GT: (SM)

Sabbie fini, limi e limi argillosi in genere notevolmente pedogenizzati, su paleosuperfici.

Depositi palustri (f1) GT: (PT)

Deposito costituito da argille ricche in sostanza organica e in torba. Generalmente su aree di limitata estensione

Marne di Marmoreto (MMA) GT: (ML)

Argille, argille marnose e argille siltose strutturalmente ordinate, stratificate, con eventuale rara presenza di livelli arenitici. Nel caso in esame sono alterate a argille limose e limi.

Substrati

Formazione dell'Abetina Reale (ABT) GT: (ALS)

Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi, localmente plurimetrici, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinate calcilutiti silicee in strati da medi a spessi grigio-bluastri. Locali intercalazioni di breccie poligeniche e arenarie silicoclastiche e ofiolitiche. Torbiditi di ambiente marino profondo. Passaggio discordante alla formazione sottostante; contatti tettonici prevalentemente con AVC.

Formazione delle Arenarie di Monte Gabba (AMG) GT: (ALS)

Litareniti da medie a grossolane fino a microconglomeratiche, grigie, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati. Rari strati molto sottili di pelite siltosa nerastra. Rapporto A/P>>1. Contatto stratigrafico inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo.

Argille a Palombini (APA) e (APAc) GT: (CO)

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi.

Rapporto Argilla/Calcarea quasi sempre >1 . Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora mangesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate). La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati". Nei Fogli 219 -236 all'interno della formazione sono talora presenti lembi di ofioliti (of) giurassiche, spesso distinte in: arenarie ofiolitiche (ao), brecce ofiolitiche (bo), brecce poligeniche a elementi magmatici, calcarei e diasprigni: (bp1), basalti. Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri.

Argille a Palombini – litozona argillitica (APAA) GT: (LP)

Argilliti variegata con calcari (AVC) GT: (CO)

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o arenarie fini gradate.

Brecce argillitico-calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1 . Localmente presenti arenarie grigio-verdi da fini a grossolane, talora decementate, in strati prevalentemente sottili, che localmente costituiscono la litologia prevalente (ar). Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore generalmente non affiorante; nell'area del Foglio 235 in contatto tettonico col flysch di Sorba; nell'area del Foglio 236 interdigitazioni con BAP.

Argille varicolori di Grizzana Morandi (AVT e AVTa) GT: (CO)

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere mangesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Contatto inferiore non preservato. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. AVTa - Argille variegate di Grizzana Morandi - litozona argillitica: argilliti fissili varicolori, totalmente silicizzate, caratterizzate da diagenesi spinta fino al limite dell'anchimetamorfismo; sottili intercalazioni di calcilutiti grigiastre con patine di alterazione nere, e areniti fini grigie con frequenti sostituzioni di ossidi di ferro di color rosso ruggine, di consistenza pulverulenta.

Brecce argillose poligeniche (BAP) GT: (CO)

Brecce poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre, con clasti di calcari micritici grigio-giallastri, talora selciferi, siltiti nerastre, calcareniti, calcari marnosi grigi, areniti e marne calcaree grigie. Stratificazione indistinta. Depositi di colate miste di fango e detrito (debris flow) in ambiente marino profondo. Interdigitazione con AVC, FIU e MMA.

Basalti (beta) GT: (LP)

Materiale lapideo massiccio (non stratificato o con bancate di spessore > 3m). (Possono rientrare in questa classe anche le brecce ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione).

Arenarie di Monte Cervarola (CEV): GT: (ALS)

CEV4 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Rio Becco: Torbiditi a grana arenitica grossolana, talvolta conglomeratica, di spessore da decimetrico a plurimetrico, passanti verso l'alto ad intervalli più fini, fino ad un tetto siltitico spesso pochi centimetri e raramente associato ad un intervallo marnoso. Frequenti episodi di amalgamazione e bioturbazione. Agli strati grossolani si intercalano intervalli di torbiditi sottili siltitico-marnose talora di spessore plurimetrico. Presenti livelli a grossi intraclasti marnosi immersi in matrice pelitico-marnosa.

CEV3b - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Rio Carnale - litofacies peliticoarenacea: Torbiditi sottili siltitico-marnose con rapporto $A/P \ll 1$, cui si intercalano nella parte alta intervalli di torbiditi relativamente più spesse (fino a 1 m) e grossolane.

CEV3a - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Rio Carnale - litofacies arenaceopelitica: Strati torbiditici spessi circa 50 cm, a base arenitico fine-siltitica e tetto marnoso ben sviluppato; nella parte alta strati metrici a base arenitica grossolana e sottile tetto marnoso.

CEV2 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo: Torbiditi siltitico-pelitiche con rapporto A/P generalmente <1 in strati sottili e medi cui si intercalano megatorbiditi, di spessore variabile da alcuni metri alle decine metri, a base arenitica medio-fine e tetto marnoso plurimetrico.

A diverse altezze sono presenti intervalli ricchi di liste di selce nera e orizzonti da centimetrici a decimetrici di argilliti scure. In prossimità del contatto con CEV1 è presente lo strato guida gp (spesso circa 8 m) con base a grana da ruditica ad arenitica ricca di bioclasti, rip-up marnosi e frustoli carboniosi, e tetto marnoso-sabbioso. A circa 100m dalla base è presente la coppia di megatorbiditi "Elisa" ed "Sandra" (es). A circa 450 m, 650 m e 730 m dalla base sono stati cartografati rispettivamente gli strati guida Fellicarolo1 (fe1), Fellicarolo2 (fe2) e Fellicarolo3 (fe3). Nella parte bassa del membro è localmente presente un deposito da slumping talora associato a un deposito da debris flow a elementi argilloso-calcarei di origine ligure e subligure (litofacies caotica CEV2a). Al tetto sono presenti marne e marne siltose laminate di colore grigio chiaro, con intercalati quattro strati calcsiltitici e siltitici di spessore centimetrico (CEV2b - litofacies pelitica); nella parte bassa di CEV2a è presente una vulcanoclastite di spessore centimetrico.

Argille di Fiumalbo (FIU) GT:(COS)

FIU - Argille di Fiumalbo: Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scure, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, con intercalazioni di sottili strati gradati di siltiti e areniti finissime e fini, grigio verdastre, o di straterelli calcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili. Localmente è stato distinto un membro prevalentemente arenaceo (FIU1). Depositi pelagici emipelagici e torbiditici fini distali. Contatto stratigrafico discordante sulle successioni sottostanti o tettonizzato.

FIU1 - Argille di Fiumalbo - membro del Monte Sassolera: Arenarie litiche da medie a grossolane, localmente microconglomeratiche, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati, di colore grigio-verdastro, alimentate da successioni granitico-gneissiche e da successioni di tipo ligure. Talora al tetto degli strati intervallo centimetrico di argilla grigio-verde.

Gabbri (gamma) GT: (LP)

Materiale lapideo massiccio (non stratificato o con bancate di spessore > 3m). (Possono rientrare in questa classe anche le brecce ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione).

Marne di Marmoreto (MMA) GT:(CO)

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica. Nella parte basale è talora presente un livello spesso pochi metri costituito da torbiditi a base arenacea molto fine e tetto marnoso. Contatto inferiore discordante su FIU e su AVC. Deposito di scarpata. Nell'area del Foglio 236 interdigitazione con BAP.

Formazione delle Arenarie di Monte Modino (MOD) GT: (ALS)

Si tratta di alternanze torbiditiche arenaceo-pelitiche con A/P molto maggiore di 1 in strati da sottili a molto spessi, costituiti da una porzione arenacea da fine a media, localmente grossolana, grigia, passante a sottili inter- valli argilloso-marnosi grigio-scuri. Sono presenti ripetizioni di pacchi metrici di strati medi e sottili alternati a pacchi da metrici a decametrici di strati da medi a molto spessi. La potenza massima affiorante nell'area è di alcune centinaia di metri. Il passaggio inferiore alle sottostanti Marne di Marmoreto è graduale per alternanza in alcune aree ed erosivo in altre (CHICCHI & PLESI, 1992). Un affioramento di MOD si trova anche presso Sestola: alcuni autori precedenti (CHICCHI & PLESI, 1992) lo avevano attribuito alle Arenarie del Monte Cervarola (Arenarie del Torrente Scoltenna del Gruppo del Cervarola), ma le caratteristiche litologiche (maggiore rapporto A/P e maggiore spessore medio degli strati) rendono a nostro avviso più plausibile l'attribuzione di questo affioramento alle Arenarie del Monte Modino come già aveva ipotizzato REUTTER (1969).

L'ambiente di sedimentazione è marino profondo; il processo è attribuibile a correnti di torbida.

Per quello che riguarda la collocazione paleogeografica delle Arenarie del Monte Modino non vi è univocità di vedute nella letteratura più recente: ABBATE & BRUNI (1989) ritengono che il cosiddetto "complesso di base del Monte Modino", comprendente tutti i terreni sottostanti alle Arenarie del Monte Modino (MOD), costituisca un olistostroma formatosi nell'Aquitano e che quindi MOD non rappresenti altro che la continuazione del riempimento dell'avanfossa del Macigno la cui sedimentazione sarebbe proseguita dopo questo "evento"; MARTINI & PLESI (1988), CHICCHI & PLESI (1991, 1992, 1995) ritengono invece che le Arenarie del Monte Modino siano alloctone, rappresentando la copertura sedimentaria di una falda vera e propria traslata da una posizione molto più interna rispetto al bacino del Macigno o corrispondente tutt'al più al suo margine interno. Rimandando per un approfondimento della discussione alla letteratura specifica (MARTINI & PLESI, 1988; CHICCHI & PLESI, 1991, 1992, 1995 *cum bibl.*) rimane da osservare che attualmente i dati biostratigrafici relativi alla base delle Arenarie del Monte Modino non escludono nessuna delle due ipotesi; nell'area tipo però è osservabile una sostanziale continuità stratigrafica tra FIU, MMA e MOD che fa rigettare la prima ipotesi.

L'età è compresa nel Miocene inferiore (NN1-NN2). Nella porzione inferiore vi è rappresentato l'Aquitano basale (CATANZARITI *et alii*, 1992).

Formazione di Monghidoro (MOH) GT: (ALS)

E' costituita da alternanze di arenarie e peliti in strati tabulari, da sottili a molto spessi, con rapporto arenite/pelite variabile (valore modale compreso tra 2 e 1/2). Le arenarie sono generalmente quarzose, gradate da molto grossolane a fini, con grado di cementazione variabile, le peliti sono scure. La base è costituita di frequente da un livello di ghiaietto con prevalenti clasti quarzosi o frammenti di rocce metamorfiche, per uno spessore che può interessare fino ad un terzo del letto arenitico. La potenza massima affiorante è di circa 100 metri; la formazione affiora nell'estremità nord-occidentale, a nord di Pietramala, sul bordo orientale della cosiddetta "Placca di Monghidoro", dove si presenta con una giacitura degli strati rovesciata.

Il limite inferiore è tettonico con APA, non affiora il limite superiore. E' un deposito torbiditico di mare profondo.

L'età risulta compresa tra il Maastrichtiano superiore e il Paleocene superiore: nell'area del limitrofo Foglio 237 (Panini *et alii*, 2002) la formazione è riferibile (Fioroni *et alii*, 1996) ad un intervallo cronostratigrafico compreso tra il Maastrichtiano superiore (zone a *Litraphidites quadratus*, *Micula murus* e *M. prinsii*) ed il Paleocene superiore (zone NP1-NP6). In Val Rossenna (cfr. Foglio 236, Bettelli *et alii*, 2002) è stata documentata la presenza nella parte sommitale della formazione di associazioni a *Discoaster multiradiatus* che estende l'età della stessa alla sommità del Paleocene (zona NP9).

Formazione di Monte Venere (MOV) GT: (ALS)

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo.

Formazione delle Marne del Monte San Michele (MSM) GT: (LPS)

Affiorano nella località omonima, tra Montecreto e Roncoscaglia, e sono costituite di prevalenti marne, frequentemente siltose ed arenacee, a stratificazione spesso indistinta, scheggiose, grigie. Sono presenti locali intercalazioni di vulcanoclastiti grigio-verdi, alterate in giallastro, ed arenarie ricche in granuli verdi (clorite e glauconite) in strati medi e sottili, visibili lungo la SS 364, poco a est di Montecreto.

La potenza è di poche decine di metri; il contatto inferiore non è affiorante. L'ambiente sedimentario è di scarpata, la sedimentazione è attribuibile a correnti di torbida diluite. È ipotizzabile che MSM sia in parte eteropica a CIV: le marne costituirebbero un corpo sedimentario depositosi sopra la pila di sedimenti appartenenti alla Sotto-unità tettonica Sestola-Vidiciatico, migrante sopra il Gruppo del Cervarola; infatti le età registrate coprono l'intervallo Aquitaniano-Burdigaliano fino alla biozona NN3, (ANDREOZZI *et alii*, 1992) e le MSM sono quindi in parte più recenti del tetto di SLT.

Ofioliti – (of) GT: (LP)

Materiale lapideo massiccio (non stratificato o con bancate di spessore > 3m). (Possono rientrare in questa classe anche le brecce ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione).

Formazione delle Arenarie di Scabiazza – (SCB) GT: (ALS)

Le Arenarie di Scabiazza sono costituite da torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee in strati in prevalenza da molto sottili a sottili, più raramente da medi a spessi, con rapporto arenaria/pelite (A/P) molto variabile. Le porzioni arenacee sono formate da arenarie fini e finissime, con caratteristico colore di alterazione marrone-rossiccio o nocciola, passanti ad argille o argille marnose grigio-scuri. La sequenza di Bouma è tipicamente rappresentata dai soli intervalli T_{C-e} e molto frequenti sono le controimpronte basali di origine meccanica o biologica. Sono presenti subordinatamente calcilutiti verdognole in strati da medi a spessi e marne calcaree biancastre in strati da medi a molto spessi. In varie località le litofacies a torbiditi sottili si intercalano ad argille policrome del tutto identiche a quelle delle Argille varicolori di Cassio nelle quali le Arenarie di Scabiazza sfumano senza soluzione di continuità, ciò che rende spesso molto soggettiva la distinzione tra le due formazioni.

Le litofacies a rapporto arenaria/pelite (A/P) minore di 1 sono molto deformate ed alla scala dell'affioramento possiedono la tipica struttura a "blocchi in pelite" deformata; le litofacies, invece, in cui tale rapporto è a favore dell'arenaria, spesso si rinvengono indeformate per ampie estensioni come, per esempio, nei già citati affioramenti presenti lungo il Fosso della Rosola e a nord di Roncazzuolo, rispettivamente in destra e sinistra Panaro.

Sigma – Serpentine GT: (LP)

Peridotiti lherzolitiche serpentinizzate, di colore scuro, verde chiaro all'alterazione, talora brecciate.

Formazione delle Arenarie di Vallorsara – (VLR) – (LP)

Si tratta di alternanze arenaceo-pelitiche, in strati da sottili a spessi, ma prevalentemente sottili o medi, costituite da una base arenacea finissima o fine passante a marna; il colore prevalente è il grigio. Il rapporto A/P è generalmente minore di 1.

La potenza massima affiorante è attorno a 100 m. Le Arenarie di Vallorsara sono intimamente legate alle Marne di Marmoreto (MMA) con le quali sono in parte eteropiche e sulle quali appoggiano con passaggio graduale per alternanza, come osservabile a NW del M. Sassolera.

L'ambiente sedimentario è marino di base scarpata, al di sopra della CCD; il processo è attribuibile a correnti di torbida generalmente di piccolo volume. In base all'età ed alla posizione stratigrafica occupata dall'unità è ipotizzabile una eteropia anche con le Arenarie del Monte Modino (MOD), di cui poteva rappresentare un corrispondente più interno con facies marginali di bacino.

L'età della formazione è attribuibile all'Aquitaniense sulla base dei dati raccolti nell'area tipo da PALANDRI & PLESI (dati inediti). Non è da escludere una età chattiana.

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 della velocità equivalente.

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

Dove è stato possibile riconoscere un substrato sismico sono stati inseriti anche i valori in metri dello spessore del pacchetto delle coperture.

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 e il terzo livello di approfondimento in quanto vengono segnalate le problematiche da approfondire nei successivi step. 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;
- carte di dissesto idrogeologico (progetto IFFI).

Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

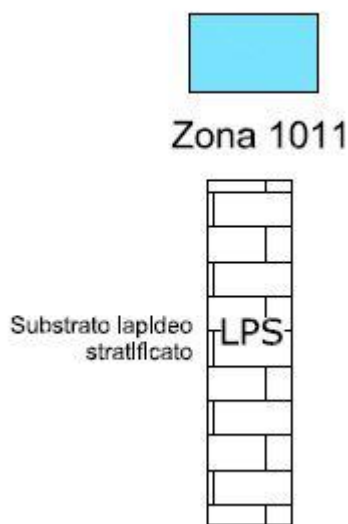
- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone di attenzione per le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

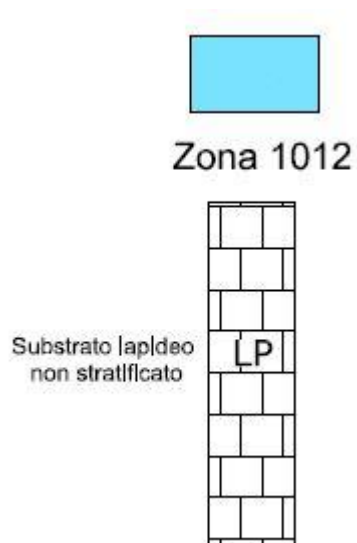
Le zone stabili sono quelle di affioramento del substrato geologico dove non si abbiano notizie di coperture maggiori di 3 metri e/o di amplificazioni dovute a differenze marcate di impedenza acustica tra la copertura alterata e il substrato integro.

- Per il Comune di Sestola esistono 5 zone stabili, ALS, CO, COS, LP e LPS.

ZONA 1011 – Substrato lapideo stratificato



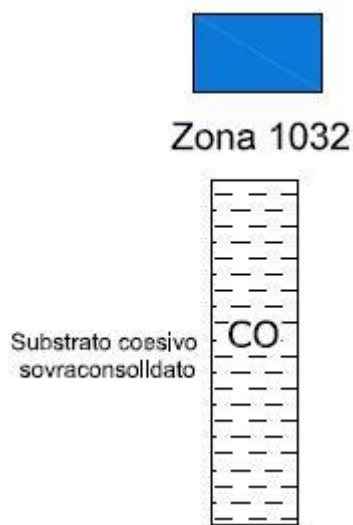
ZONA 1012 – Substrato lapideo



ZONA 1031 – Substrato coesivo sovraconsolidato stratificato



ZONA 1032 – Substrato coesivo sovraconsolidato



ZONA 1041 – Alternanza di litotipi stratificati



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 territorio comunale di Sestola sono state mappate e riportate in dettaglio nella tavola delle colonne MOPS le seguenti zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

- 38 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

ZONA 2001 – Si tratta di depositi di versante e/o depositi alluvionali, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato



ZONA 2002 – Si tratta di depositi glaciali, di versante ed eluvio-colluviali, sull'alterazione di substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati



ZONA 2003 – Si tratta di depositi palustri, sull’alterazione di substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati



ZONA 2008 – Si tratta dell’alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato



ZONA 2009 – Si tratta dell’alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato. Come la zona 2008 ma con spessori relativi maggiori.



ZONA 2010 – Si tratta di depositi alluvionali e depositi di versante, sull’alterazione di substrato lapideo non stratificato e stratificato, sul substrato lapideo non stratificato e stratificato.



ZONA 2012 – Si tratta di depositi eolici, sull’alterazione di substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati



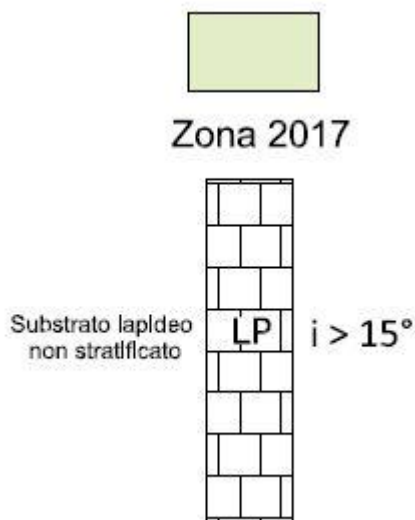
ZONA 2013 – Si tratta di depositi di versante, sull’alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull’alterazione di substrato coesivo non stratificato, sul substrato coesivo non stratificato



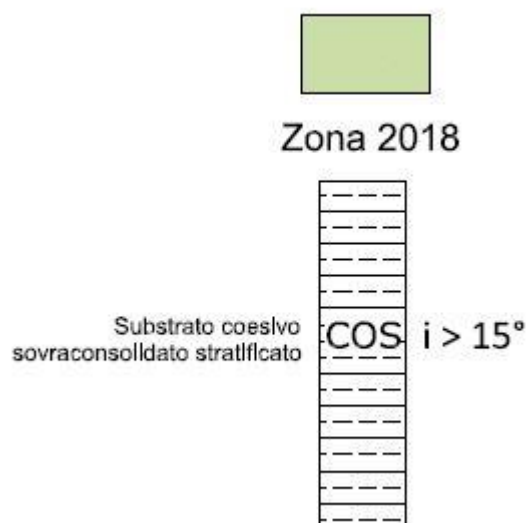
ZONA 2016 – Si tratta di depositi di versante e detriti di falda, sull’alterazione di substrato coesivo non stratificato, sul substrato coesivo non stratificato.



ZONA 2017 – Si tratta di substrato lapideo non stratificato con pendenza maggiore di 15°.



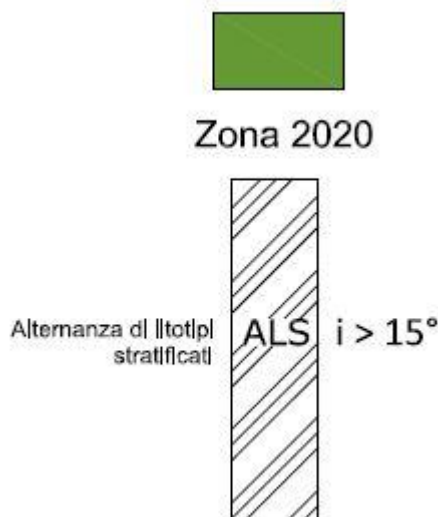
ZONA 2018 – Si tratta di substrato coesivo stratificato con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2019 – Si tratta di substrato coesivo non stratificato con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2020 – Si tratta di substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2021 – Si tratta di depositi di versante e/o depositi alluvionali, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2022 – Si tratta di depositi glaciali, di versante ed eluvio-colluviali, sull'alterazione di substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2023 – Si tratta di depositi palustri, sull'alterazione di substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2028 – Si tratta dell'alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2029 – Si tratta dell'alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, con pendenza maggiore di 15°. Come la zona 2028 ma con spessori relativi maggiori.



ZONA 2030 – Si tratta di depositi alluvionali e depositi di versante, sull'alterazione di substrato lapideo non stratificato e stratificato, sul substrato lapideo non stratificato e stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2032 – Si tratta di depositi eolici, sull'alterazione di substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2033 – Si tratta di depositi di versante, sull’alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull’alterazione di substrato coesivo non stratificato, sul substrato coesivo non stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2036 – Si tratta di depositi di versante e detriti di falda, sull’alterazione di substrato coesivo non stratificato, sul substrato coesivo non stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2037– Si tratta di substrato alterato (qualsiasi natura), sul substrato integro (qualsiasi natura), con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2099– Si tratta di substrato alterato, sul substrato integro (qualsiasi natura).



6.5.3 Zone di attenzione per instabilità

Le zone di attenzione per instabilità cartografate nelle aree oggetto di studio sono riferibili solamente a fenomeni di instabilità di versante.

In particolare, vista l'importanza areale che riveste, abbiamo portato al terzo livello di approfondimento una frana di Sestola e quindi calcolato i fattori di amplificazione e il relativo spostamento in funzione dell'accelerogramma scaturito dall'elaborazione RSL2D.

ZONA 2004 – Si tratta di materiali in frana, sopra l’alterazione della Formazione del Monte Cervarola, sull’alterazione di substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati



ZONA 2005 – Si tratta di materiali in frana, sopra depositi di versante e/o depositi alluvionali, sull’alterazione di substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un’alternanza di litotipi stratificati



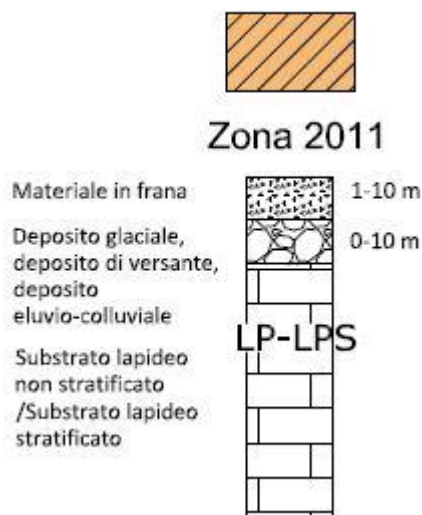
ZONA 2006 – Si tratta di materiali in frana, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato



ZONA 2007 – Si tratta di materiali in frana, sopra depositi di versante e/o depositi alluvionali, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato



ZONA 2011 – Si tratta di materiali in frana, sopra a depositi glaciali, di versante ed eluvio-colluviali, sul substrato lapideo non stratificato e stratificato.



ZONA 2014 – Si tratta di materiali in frana, sull'alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull'alterazione di substrato coesivo non stratificato, sul substrato coesivo non stratificato.



ZONA 2015 – Si tratta di materiali in frana, su depositi di versante e/o depositi alluvionali, sull'alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull'alterazione di substrato coesivo non stratificato, sul substrato coesivo non stratificato.



ZONA 2024 – Si tratta di materiali in frana, sopra l'alterazione della Formazione del Monte Cervarola, sull'alterazione di substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2025 – Si tratta di materiali in frana, sopra depositi di versante e/o depositi alluvionali, sull'alterazione di substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2026 – Si tratta di materiali in frana, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2027 – Si tratta di materiali in frana, sopra depositi di versante e/o depositi alluvionali, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2031 – Si tratta di materiali in frana, sopra a depositi glaciali, di versante ed eluvio-colluviali, sul substrato lapideo non stratificato e stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2034 – Si tratta di materiali in frana, sull'alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull'alterazione di substrato coesivo non stratificato, sul substrato coesivo non stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2035 – Si tratta di materiali in frana, su depositi di versante e/o depositi alluvionali, sull'alterazione della Formazione delle Argilliti Variegate, sull'alterazione di substrato coesivo non stratificato, sul substrato coesivo non stratificato, con pendenza maggiore di 15°.



6.6 Carta di Microzonazione Sismica

La carta di microzonazione sismica di terzo livello è stata redatta seguendo le specifiche tecniche riportate negli ICMS2008 e successive modificazioni e gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2 per la rappresentazione cartografica.

Per la problematica dell'instabilità di versante ci siamo avvalsi:

- Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0.

I vari coefficienti di amplificazione sono stati calcolati attraverso analisi quantitative bidimensionali RSL2D.

In particolare sono stati calcolati i coefficienti:

- FA0105;
- FA0408;
- FA0711;
- FA0515;
- FPGA;
- FH0105;
- FH0510;
- FH0515.

Ogni microzona MOPS è stata suddivisa di nuovo in funzione del coefficiente di amplificazione risultante dall'elaborazione 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 del calcolo è stata eseguita in base a similarità litostratigrafiche e geologiche con altre microzone che invece ne erano provviste.

Alle aree esterne a quelle analizzate con le RSL2D sono stati attribuiti coefficienti di amplificazione da abaco regionale utilizzando le tabelle relative all'Abaco Appennino sia in caso di coperture direttamente poggianti su substrato sismico rigido che in caso di coperture su substrato non rigido a seconda della situazione geologica locale riscontrata.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva relativa alle attribuzioni dei fattori di amplificazione per le zone non comprese nel terzo livello di approfondimento.

ZONA	ABACO	SUBSTRATO	MASW	Vseq	Vs30	H spessore copertura	Vsabaco	Habaco	FPGA	FA0105	FA0408	FA0711	FH0105	FH0510	CAT
1011	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
1012	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
1031	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
1032	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
1041	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
2001	APPENNINO	NON RIGIDO	L49	243		7.6	250	10	2	1.9	1.5	1.4	1.9	1.4	E
2002	APPENNINO	NON RIGIDO	L41	200		9.8	200	10	2.2	2.3	1.8	1.5	2.3	1.6	C
2003	APPENNINO	NON RIGIDO	L55	120		4	150	5	2.3	2.2	1.6	1.4	2.1	1.4	D
2005	APPENNINO	NON RIGIDO	L9	337		9	350	10	1.6	1.5	1.4	1.3	1.5	1.3	C
2006	APPENNINO	NON RIGIDO	L64	103		1.55	150	5	2.3	2.2	1.6	1.4	2.1	1.4	D
2007	APPENNINO	NON RIGIDO	L78	318		19	300	20	2	2.1	1.8	1.4	2.1	1.6	C
2008	APPENNINO	NON RIGIDO	L80	245		6.3	250	5	1.6	1.5	1.4	1.3	1.5	1.4	E
2009	APPENNINO	NON RIGIDO	L39	246		12.8	250	15	2.1	2.2	1.9	1.5	2.3	1.6	C
2010	APPENNINO	NON RIGIDO	L58	283		16	300	20	2	2.1	1.8	1.4	2.1	1.6	C
2011	APPENNINO	NON RIGIDO	L58	283		16	300	20	2	2.1	1.8	1.4	2.1	1.6	C
2012	APPENNINO	NON RIGIDO	L62	171		2	150	5	2.3	2.2	1.6	1.4	2.1	1.4	D
2013	APPENNINO	NON RIGIDO	L79	274		10	250	10	2	1.9	1.5	1.4	1.9	1.4	C
2014	APPENNINO	NON RIGIDO	L45	211		7.5	200	10	2.2	2.3	1.8	1.5	2.3	1.6	C
2015	APPENNINO	NON RIGIDO	L51	300		10	300	10	1.8	1.7	1.4	1.3	1.6	1.4	C
2016	APPENNINO	NON RIGIDO	L6	242		4.6	250	5	1.6	1.5	1.4	1.3	1.5	1.4	C
2099	APPENNINO	NON RIGIDO AFFIORANTE	L37		492		500		1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	B

Per gli input sismici sono stati scelti gli accelerogrammi scaricati dal sito EUCENTRE e in particolare:

Sestola - set di accelerogrammi Sestola_ TR475_ID17832 riferiti ai seguenti siti di registrazione:

```
% Magnitude(Mw) Epic.Distance(km) Scaling_Factor Source File_Name
6.20 29.90 2.21 % ESM EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC
5.74 12.57 1.45 % NGA RSN146_COYOTELK_G01320.AT2
5.99 54.21 2.73 % NGA RSN703_WHITTIER.A_A-VAS000.AT2
6.93 83.53 1.61 % NGA RSN804_LOMAP_SSF205.AT2
6.69 38.07 1.22 % NGA RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2
6.60 31.00 0.68 % KiKnet SMNH100010061330.EW2
5.90 14.40 2.88 % ESM IT.SLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC
```

Per quanto riguarda le instabilità di versante è stata valutata la frana presente a valle del centro di Sestola, vista l'omogeneità sismica e litologica delle coltri in movimento nel territorio comunale, è stata reputata rappresentativa per le altre presenti nelle aree studiate.

Chiaramente le frane attive sono state direttamente identificate come ZS_{FR} senza eseguire lo screening.

In particolare è stata fatta la verifica $k_{heq} < k_c$:

- **Sestola**

Frana su SEZ. 8

$$k_{heq} = 0,070 > k_c = 0,051$$

Verifica non soddisfatta (pag. 23 - *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) Versione 1.0*).

Ai sensi della norma questo tipo di frane vanno al Terzo Livello e quindi abbiamo calcolato gli spostamenti sismoindotti vista l'importanza areale di tali manifestazioni e riportate nella carta di Microzonazione Sismica.

Per la rappresentazione delle ZS_{FR} si nota una discrepanza tra quanto riportato a pag.23 delle *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0*. e gli standard di rappresentazione 4.2 a pag. 106.

Infatti per le ZS_{FR} non è richiesto (secondo le Linee Guida) il calcolo dello spostamento sismoindotto ma solo la verifica della disuguaglianza sopra riportata, ma tuttavia gli standard per la corretta rappresentazione lo prevedono.

Per ovviare a tale problema è stato deciso, in accordo con il Servizio Sismico Regionale, di calcolare lo spostamento sismoindotto e quindi procedere con la relativa rappresentazione come previsto negli standard.

- **Sestola** Frana su SEZ. 8 – si calcola uno spostamento indotto dall'azione sismica di circa 7,64 cm.

In “Allegato 1” riportiamo la verifica di stabilità della frana sopra richiamata.

In “Allegato 2” riportiamo tutte le sezioni sulle quali è stata eseguita la RSL2D con gli spettri di output relativi ai singoli nodi.

In aggiunta alle cartografie richieste a livello nazionale, sono state altresì prodotte quelle richieste ai sensi del DGR n. 476/2021 e successive modifiche DGR n. 564/2021 e in particolare:

- Carte dello scuotimento in accelerazione (g): H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} e H_{0515} .

Il calcolo del fattore di amplificazione topografica è stato effettuato seguendo il paragrafo A2.2 dell'Allegato A2 della DGR 476/2021 (vedi figura seguente).

Nel Comune di Sestola sono state individuate alcune configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali di altezza (H) superiore a 30 m, come ad esempio presso la Rocca di Sestola, dove è presente una scarpata molto ripida alta oltre 50 m. In queste zone abbiamo calcolato il fattore di amplificazione topografica sulla base della seguente figura 1.

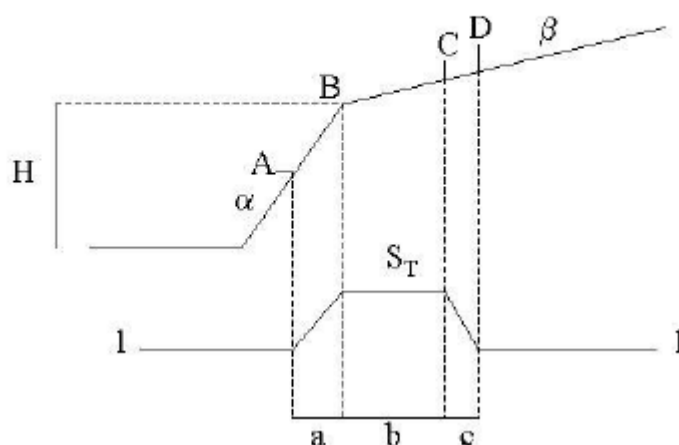


Figura 1

$S_T = 1 + 0.8(\alpha - \beta - 0.4)$ sul segmento BC

b: valore minimo tra 20α e $\frac{H+10}{4}$

α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida, rispettivamente:

$S_T = 1$ in A ($a = H/3$) e $S_T = 1$ in D ($c = H/4$)

S_T : si impone comunque un valore compreso tra 1 e 1,4.

Nelle carte di Microzonazione Sismica i fattori di amplificazione rappresentati derivano dalla moltiplicazione tra i FA e i relativi fattore di amplificazione topografica.

6.6.1 Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} , H_{0515}

Per le aree al terzo livello i parametri che esprimono lo scuotimento atteso al sito per gli intervalli di periodi $0.1s \leq T \leq 0.5s$, $0.4s \leq T \leq 0.8s$, $0.7s \leq T \leq 1.1s$ e $0.5s \leq T \leq 1.5s$ sono stati calcolati a partire dagli spettri di output in accelerazione ottenuti dai nodi significativi delle sezioni delle analisi bidimensionali di risposta sismica locale eseguite per il terzo livello di approfondimento.

In particolare, per ogni nodo significativo, l'integrale dello spettro in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi considerato (ASI), è stato diviso per il relativo ΔT determinato per lo stesso intervallo di periodi, utilizzando la procedura come richiesta nel D.G.R. n° 630 del 2019.

Per le aree al secondo livello, per il calcolo del parametro HSM, che esprime lo scuotimento atteso al sito per l'intervallo di periodi $0.1s \leq T \leq 0.5$, è stata utilizzata la griglia INGV riportata nel file all_4_coord.kmz (cartella Allegato_4.zip). In particolare è stata fatta un'interpolazione (utilizzando il metodo Triangulated Irregular Network) tra i punti della griglia INGV individuando delle fasce di valori ASI/ ΔT . Tali valori sono stati poi moltiplicati con i fattori in accelerazione (FA) ottenuti per l'intervallo di periodi $0.1s \leq T \leq 0.5s$.

6.6.2 Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati

Per quanto attiene il confronto con eventi passati non è stato possibile reperire alcuna informazione in merito ai danni degli eventi passati.

7. Risultati e Conclusioni

Il presente studio di Microzonazione Sismica di terzo livello è stato condotto nel territorio del Comune di Sestola, in particolare in corrispondenza dei centri abitati di Sestola e Roncoscaglia.

Tale studio è finalizzato sia alla caratterizzazione degli effetti di amplificazione attesi nelle coperture detritiche di versante e ottenuti sulla base di specifici calcoli di Risposta Sismica Locale (RSL) bidimensionali condotti nell'area, sia allo studio delle instabilità di versante presenti.

L'esecuzione di numerosi rilevamenti in loco di concerto con la valutazione delle indagini pregresse e l'interpretazione delle numerose indagini geognostiche e geofisiche realizzate in occasione del presente studio, hanno permesso di individuare e di conoscere in modo chiaro l'assetto geologico e sismico dell'area permettendo una peculiare suddivisione della zona in diverse microzone omogenee di dettaglio.

La definizione di tali modelli del sottosuolo sia a livello stratigrafico che sismico ha avuto un ruolo fondamentale nella caratterizzazione degli effetti di amplificazione attesi.

Le varie Risposte Sismiche Locali (RSL2D) eseguite hanno permesso di calcolare in modo quantitativo i fattori di amplificazione attesi per le varie zone e in relazione a quanto previsto dalle normative vigenti.

Lo studio condotto sulla frana a valle dell'abitato di Sestola è stato eseguito sulla base di quanto disposto dalle Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante. I risultati delle analisi condotte hanno permesso la valutazione dello spostamento cumulato (FRT) che è stato quantificato in 7,64 cm.

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 Piali 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”. *Kluwer Acad. Pubb. 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. Geol. Giorgio Masotti, Dott. Geol. Alberto Fiori e Dott. Geol. Franco Sasso per la redazione del secondo livello di approfondimento.

Siti web consultati:

<https://diss.ingv.it/>;

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

<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), 30.08.2023

ALLEGATO 1
VERIFICA DI STABILITA'

ALLEGATO 2

SEZIONI SULLE QUALI SONO STATE ESEGUITE LE RSL2D