



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 Riolunato



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	29
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	41
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	44
6. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	45
6.1 CARTA DELLE INDAGINI.....	45
6.2 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI.....	46
6.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	47
6.4 CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (V_s).....	57
6.5 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	57
6.6 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	73
6.6.1 CARTA DELLA DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO DEI VALORI DI H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} , H_{0515}	79
6.6.2 MOTIVAZIONI RIGUARDO AI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE E AI PARAMETRI DI SCUOTIMENTO ATTESO ALTI	79
6.6.3 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	80
7. RISULTATI E CONCLUSIONI	80
8. BIBLIOGRAFIA.....	81

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 Riolunato (MO). 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 Riolunato 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 Riolunato 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

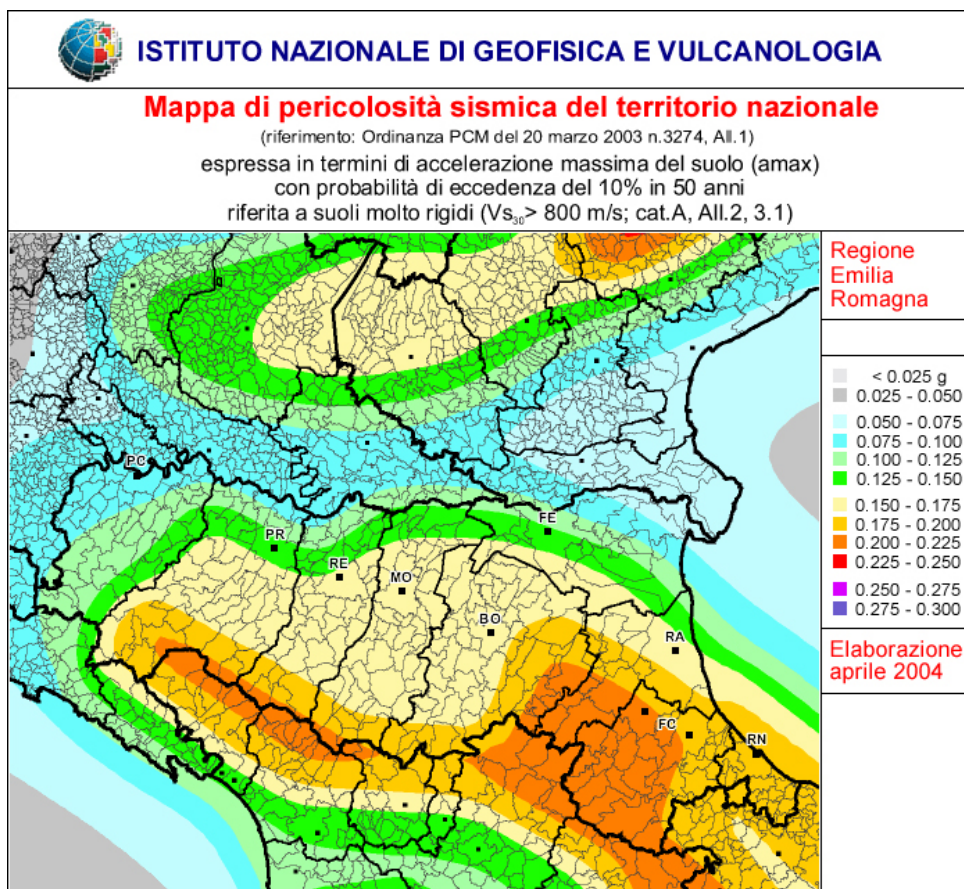
Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale dell’Emilia Romagna – Ord. PCM 3274/2003 – Delib. G.R. n° 1435 del 21/07/2003 – e successive modificazioni e integrazioni il Comune di Riolunato è censito tra le aree a sismicità 3.

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**.

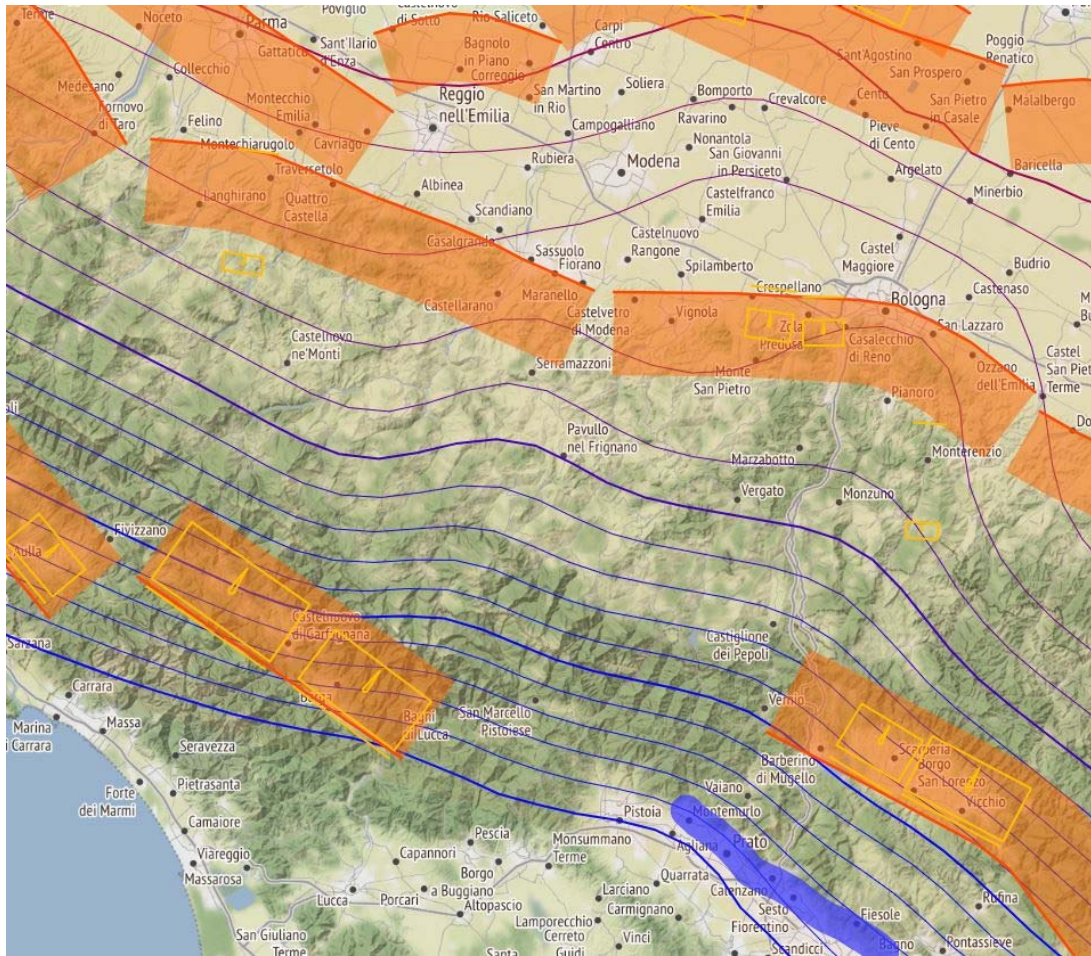
La **classificazione sismica** costituisce un **riferimento tecnico-amministrativo** per graduare l’attività di **controllo dei progetti** e la priorità delle azioni e misure di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.



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

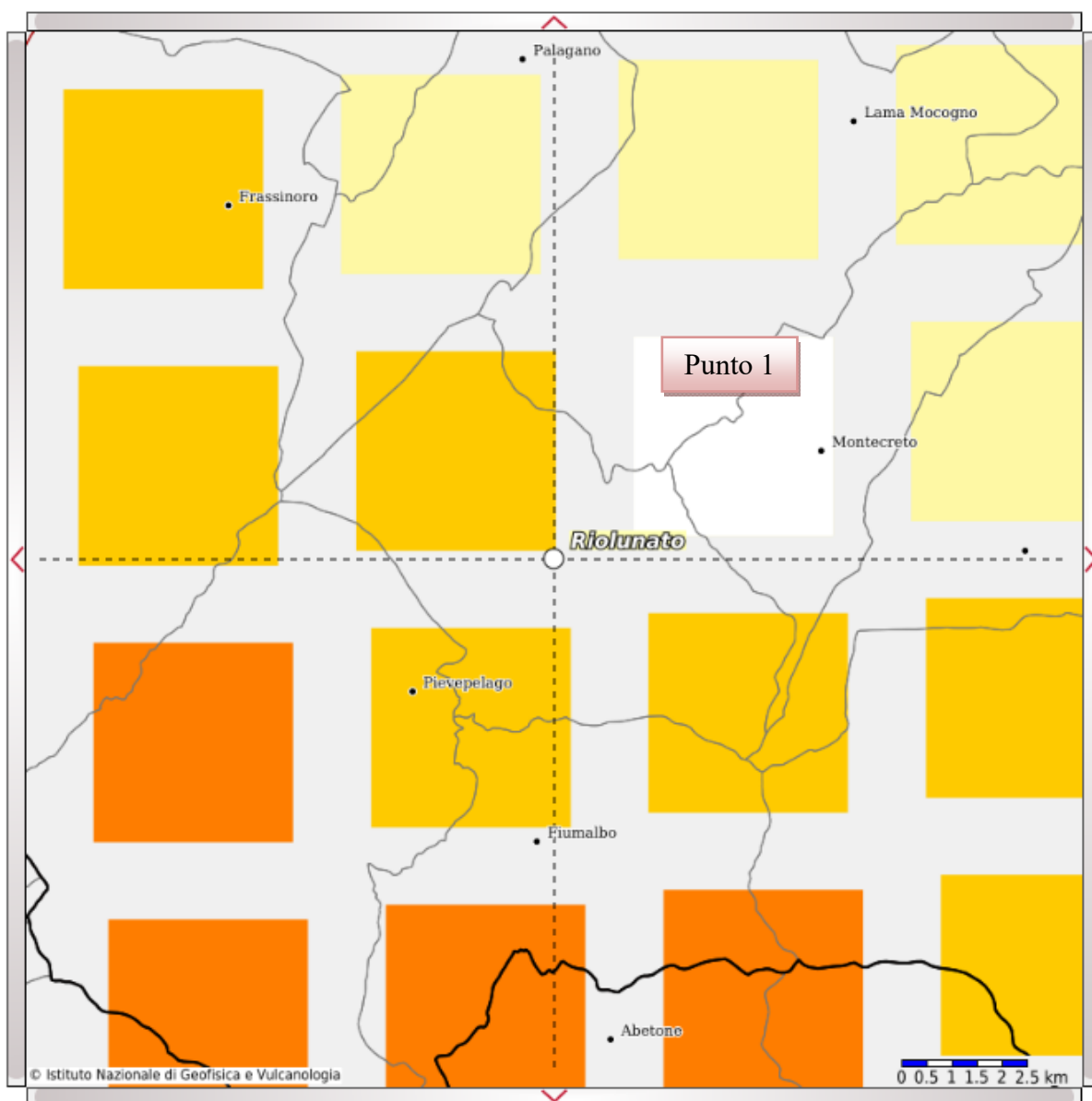
	Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Max depth [km]	10.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Strike [deg] min... max	300...310	OD	Based on geological data.
Dip [deg] min... max	30...45	OD	Based 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.

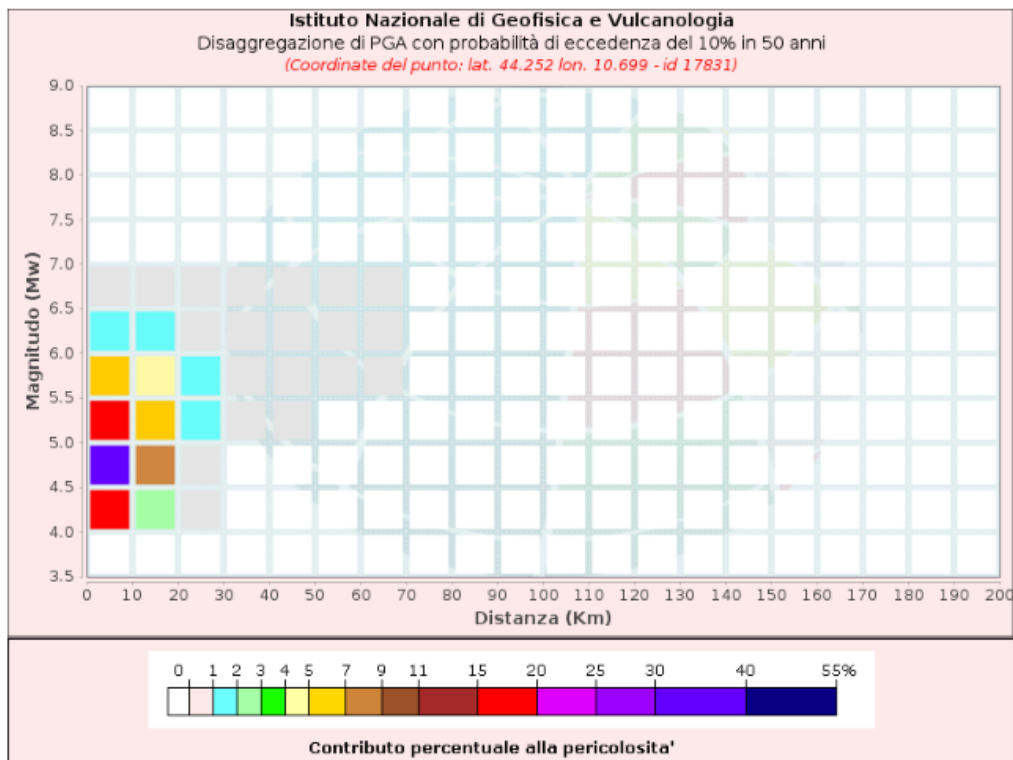
Dai dati di disaggregazione di a(g) delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV possiamo valutare quale sia la magnitudo e la distanza epicentrale più probabile con tempi di ritorno di circa 475 anni (10% di superamento in 50 anni) attesi per il Comune studiato.

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:



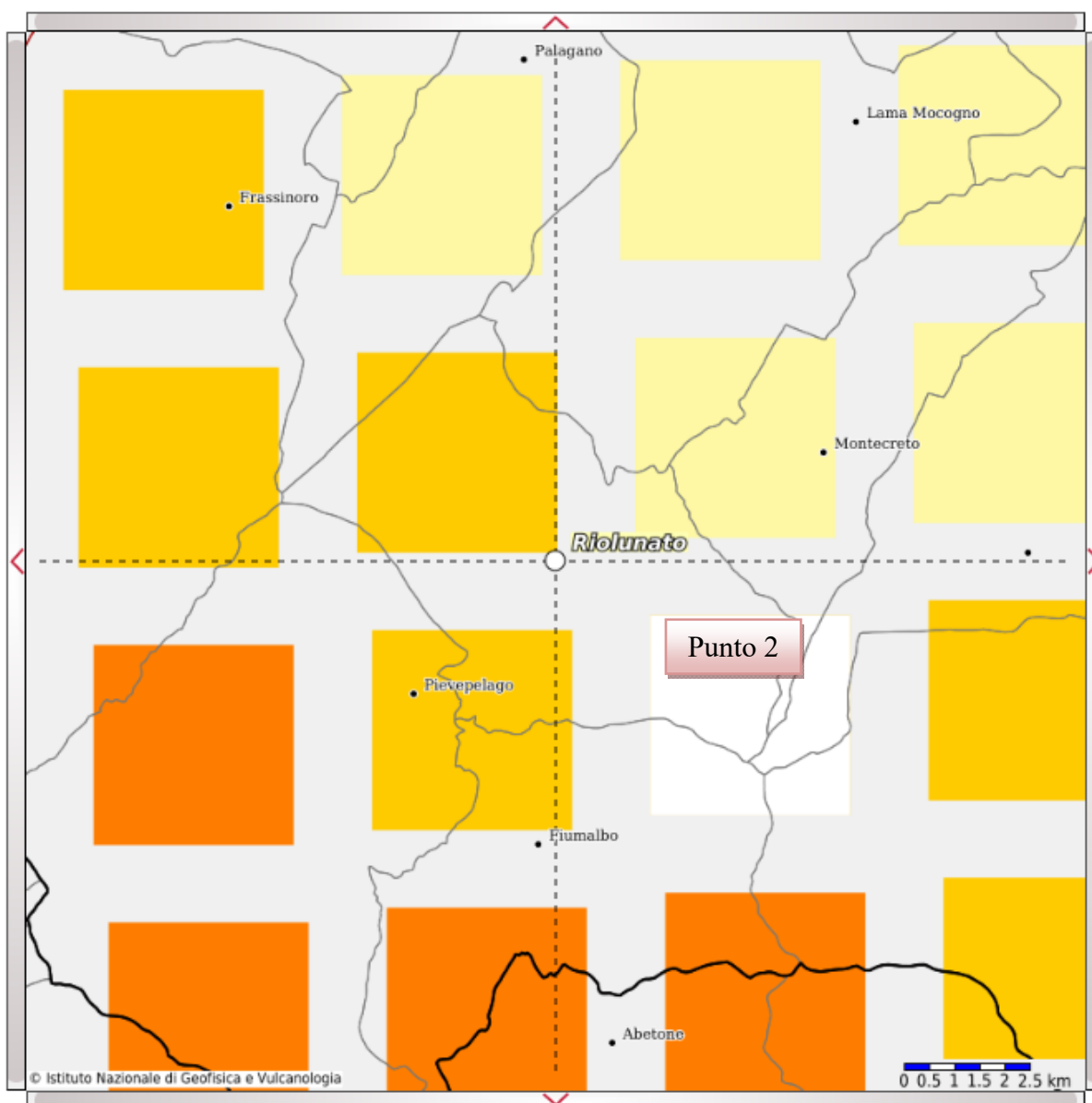


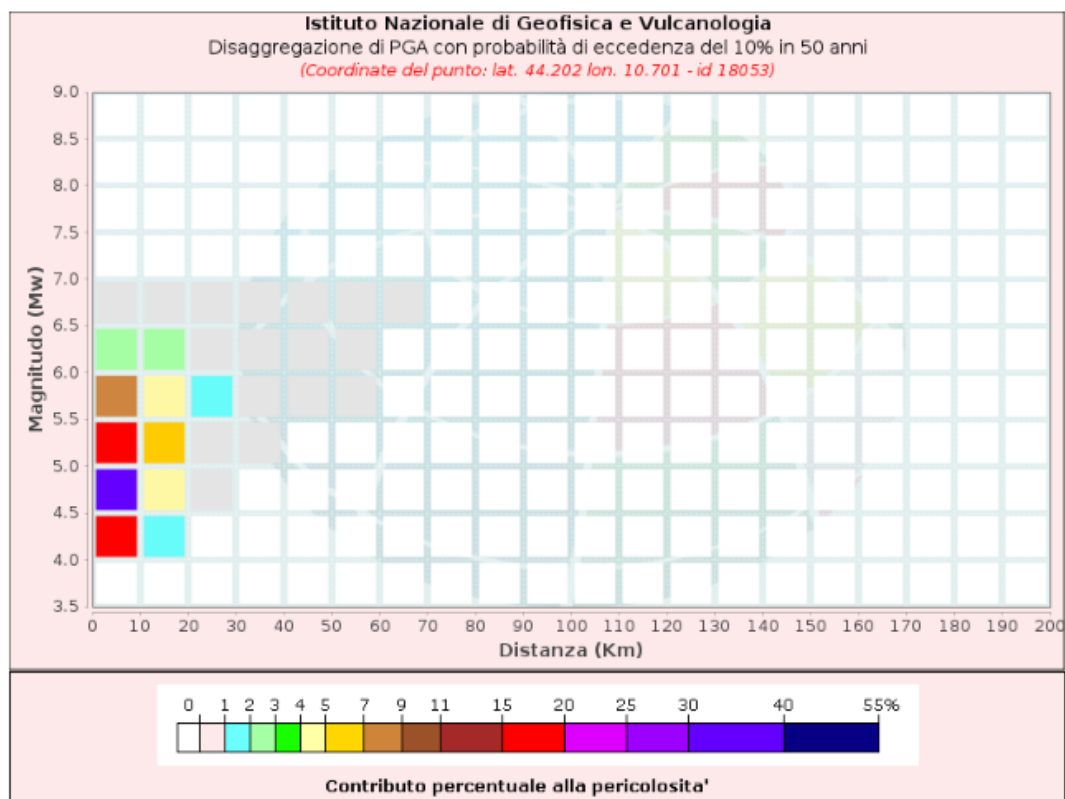
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.252 lon. 10.699 - id 17831)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	18.5000	31.1000	15.4000	5.7800	1.0800	0.1210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.2700	7.1400	6.9700	4.6400	1.9400	0.2720	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0009	0.2870	1.1900	1.4300	0.9290	0.1630	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0680	0.2950	0.2730	0.0575	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0335	0.0601	0.0155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0068	0.0148	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0018	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	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
4.97	8.09	0.968

Magnitudo media 4,97 con distanza epicentrale di 8,09 km

Punto 2:



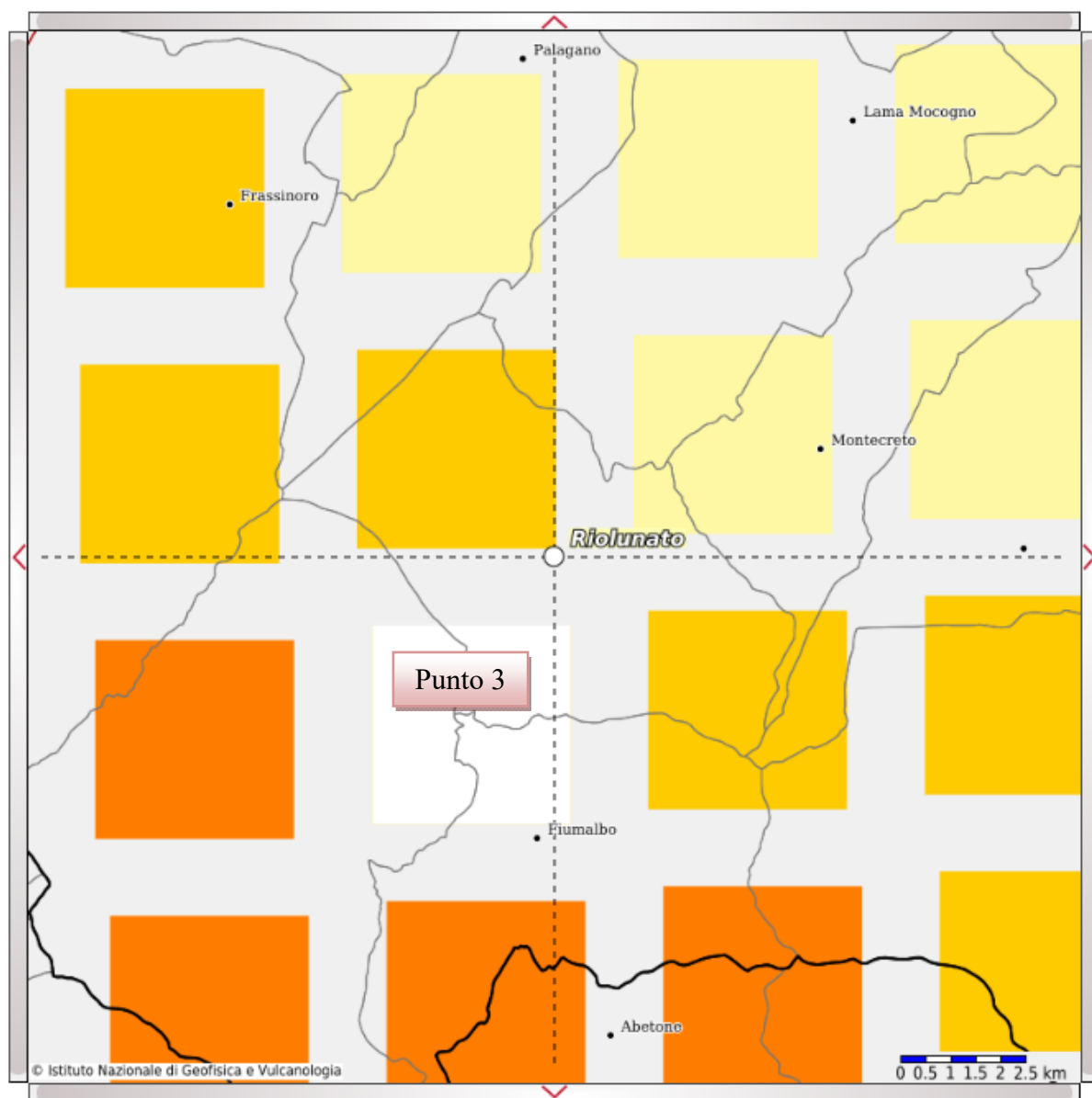


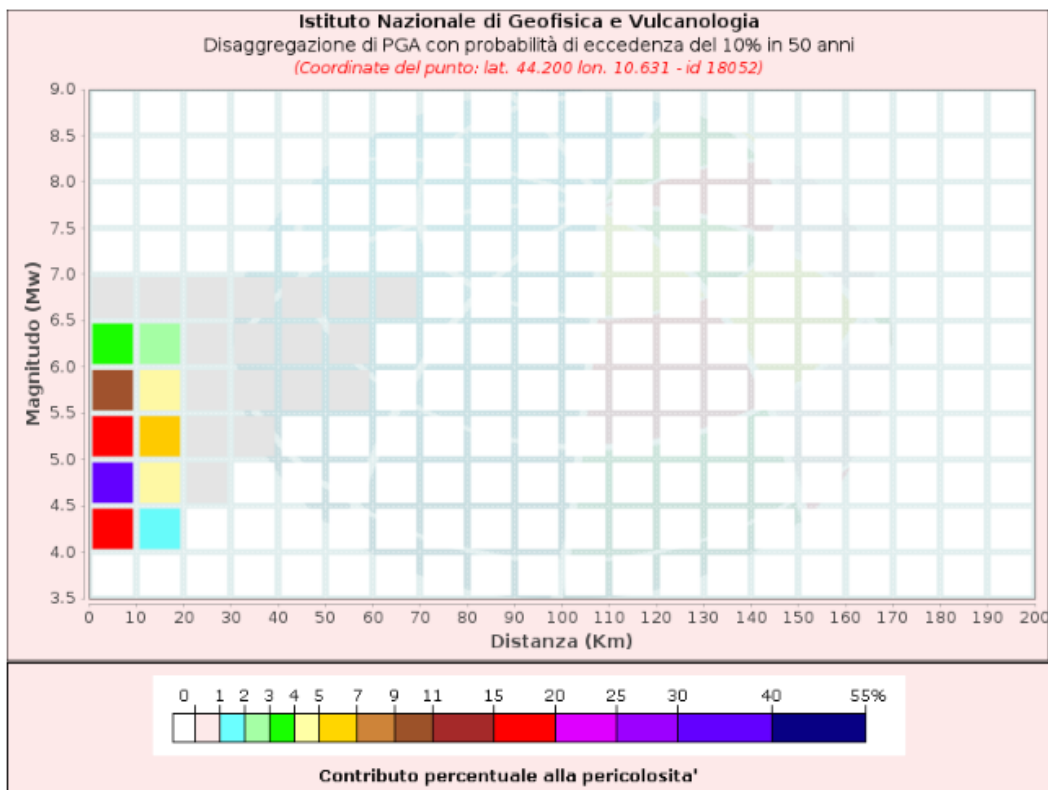
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.202 lon. 10.701 - id 18053)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	17.0000	31.9000	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 3:



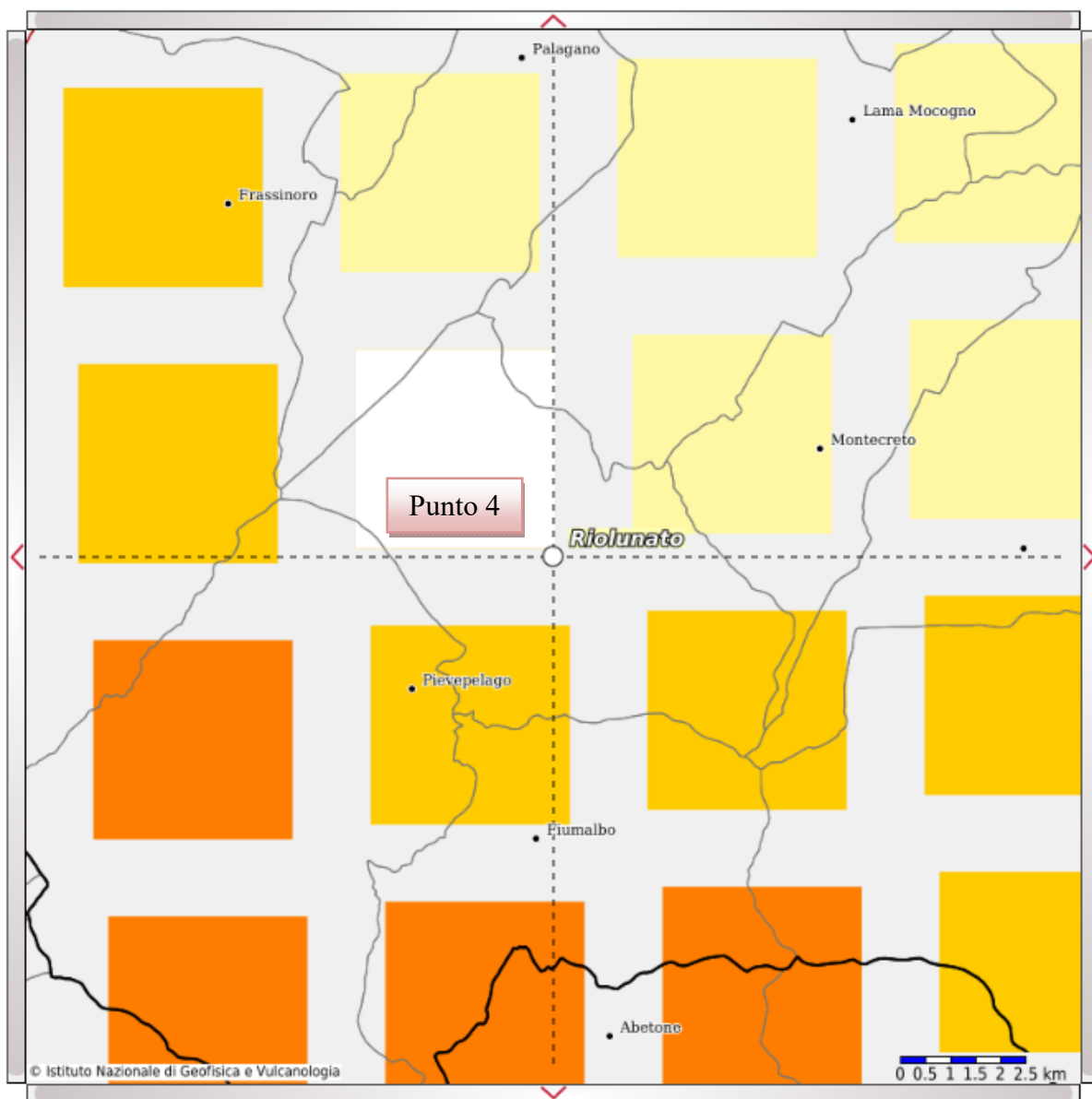


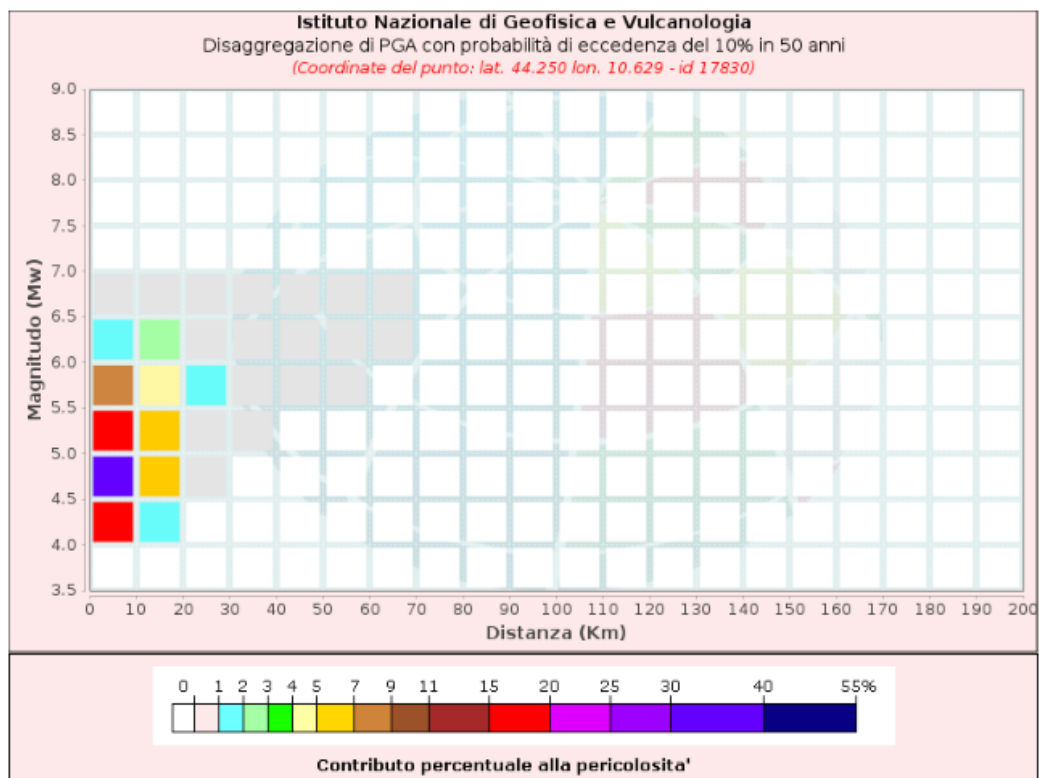
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.200 lon. 10.631 - id 18052)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	16.3000	31.7000	18.9000	9.1700	3.5600	0.3900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.0400	4.2600	5.1900	4.1400	2.3000	0.3370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0453	0.5340	0.9130	0.7350	0.1370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0076	0.1000	0.1340	0.0313	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0231	0.0085	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0025	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	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
5.06	6.72	1.0

Magnitudo media 5,06 con distanza epicentrale di 6,72 km

Punto 4:





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.250 lon. 10.629 - id 17830)											
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	17.6000	31.3000	16.7000	7.0100	1.9600	0.2150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.8000	6.1000	6.3500	4.4600	2.0500	0.2910	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.1800	0.9640	1.2800	0.8920	0.1590	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0408	0.2330	0.2360	0.0507	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0463	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0102	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0008	0.0008	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
5.01	7.73	0.988

Magnitudo media 5,01 con distanza epicentrale di 7,73 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 4,97 ed un massimo di 5,06.

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.

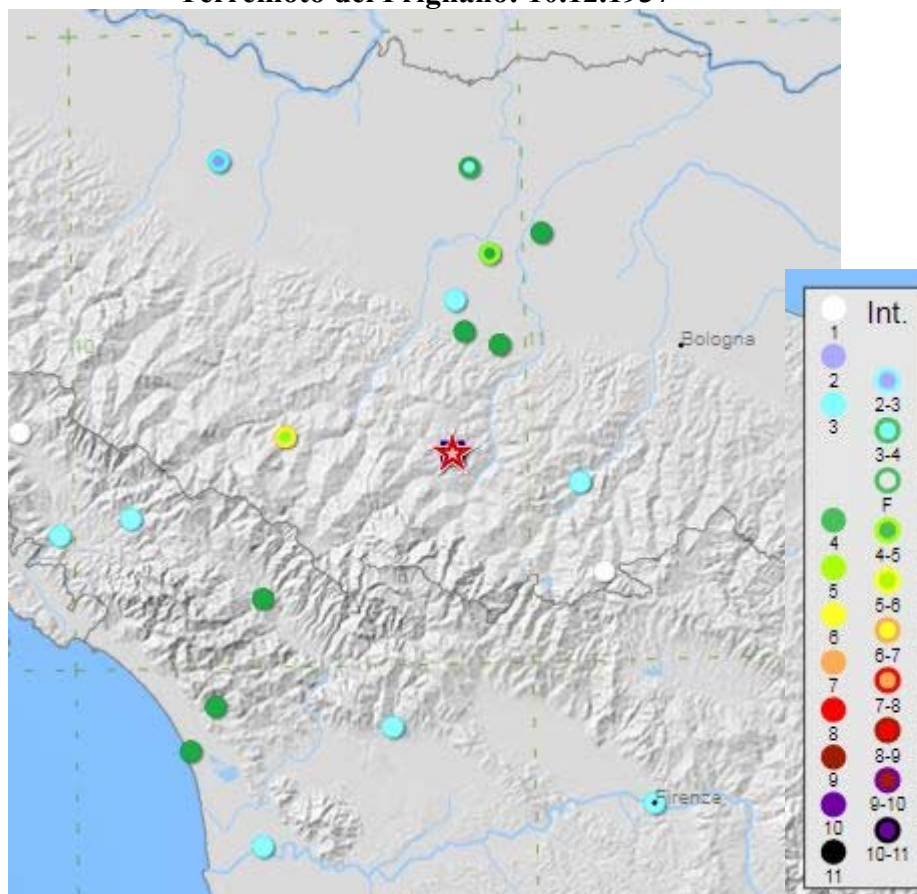
23

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:

Terremoto del Frignano: 10.12.1937



PlaceID	Località	Sc	Lat	Lon	Int
IT_38865	Pavullo nel Frignano		44.334	10.834	7
IT_38153	Villa Minozzo		44.364	10.467	5-6
IT_38628	Modena		44.647	10.926	4-5
IT_42928	Camaione		43.940	10.304	4
IT_43261	Castelnuovo di Garfagnana		44.109	10.411	4
IT_38268	Castelvetro di Modena		44.503	10.943	4
IT_38481	Maranello		44.525	10.866	4
IT_38756	Nonantola		44.678	11.041	4
IT_43897	Viareggio		43.870	10.248	4
IT_38203	Carpi		44.784	10.885	3-4
IT_42248	Aulla		44.213	9.968	3
IT_45020	Firenze		43.773	11.257	3
IT_42408	Fivizzano		44.238	10.124	3
IT_38373	Formigine		44.575	10.847	3
IT_33336	Genova		44.419	8.898	3
IT_34214	La Spezia		44.105	9.819	3
IT_45968	Livorno		43.551	10.309	3
IT_44102	Pescia		43.903	10.690	3
IT_46303	Pisa		43.718	10.402	3
IT_40298	Vergato		44.283	11.112	3
IT_36605	Barra		44.801	10.330	2-3

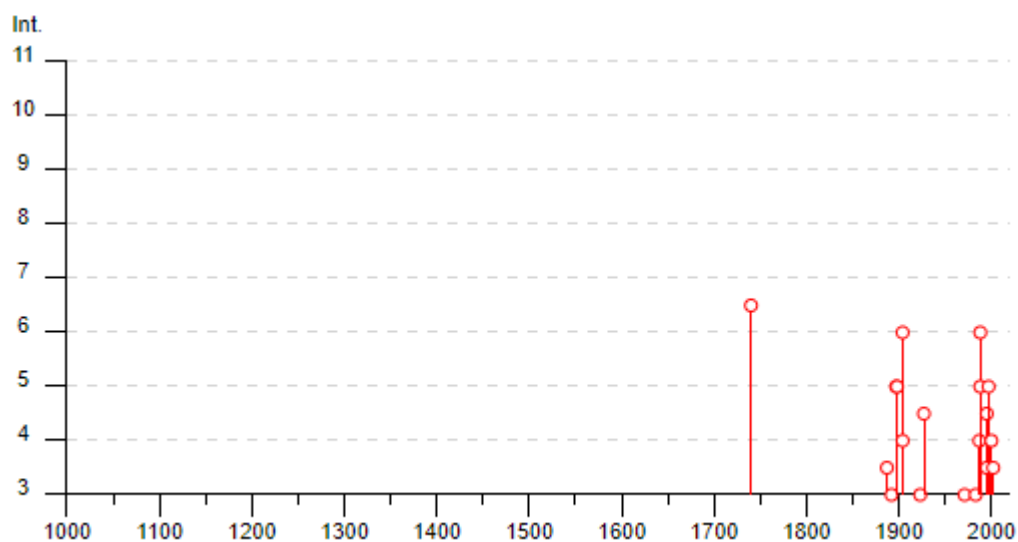
Dati dal BDMI15 per Riolunato

Riolunato



25

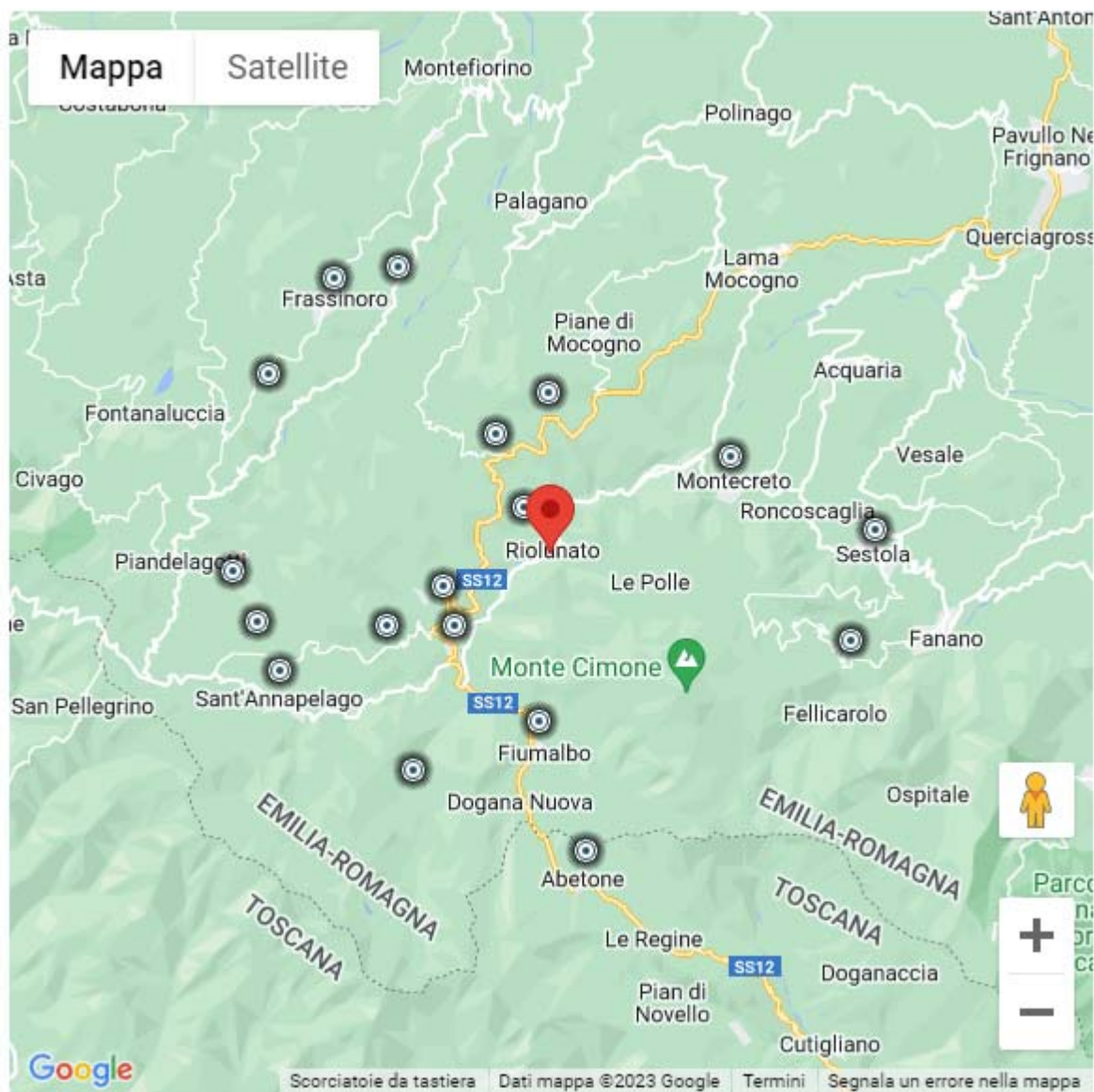
PlaceID IT_38993
Coordinate (lat, lon) 44.230, 10.652
Comune (ISTAT 2015) Riolunato
Provincia Modena
Regione Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati 21



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7		1740	03	06	05	40	Garfagnana	32	8	5.64
3-4		1887	02	23	05	21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3		1892	05	17	03	08 1	Carpineti	28	5	4.28
5		1897	09	06	03	10 4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
5		1898	03	04	21	05	Parmense	313	7-8	5.37
6		1904	06	10	11	15 2	Frignano	101	6	4.82
4		1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
3		1923	06	28	15	12	Modenese	22	6	5.04
4-5		1927	11	20	10	24 1	Appennino reggiano	16	5	4.29
3		1971	07	15	01	33 2	Parmense	228	8	5.51
3		1983	11	09	16	29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4		1987	02	10	21	20 1	Lunigiana	54	5	4.09
NF		1987	05	02	20	43 5	Reggiano	802	6	4.71
6		1988	02	08	11	24 4	Garfagnana	75	6	4.34
5		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
5		1997	12	24	17	53 1	Garfagnana	98	5	4.33
4		2000	10	03	01	12 3	Frignano	62	5	4.22
2		2002	06	08	20	13 0	Frignano	115	4	4.23
3-4		2002	06	18	22	23 3	Frignano	186	4	4.30

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Groppo	1	1
Serpiano	1	3
Sant'Andrea Pelago	1	4
Barigazzo	2	4
Pievepelago	38	4
Roccapelago	1	6
Montecreto	17	6
Fiumalbo	55	6
Tagliole	1	8
Sassatella	1	9
Sant'Anna Pelago	1	9
Piella	1	9
Riccovolto	2	9
Pian degli Ontani	1	9
Canevare	1	9
Sestola	48	9
Abetone	12	10
Frassinoro	33	10



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 Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio.

3.1 Inquadramento geologico

L'orogenesi appenninica si sviluppa a partire da processi che si svolgono dal Cretaceo superiore all'Attuale. In particolare le fasi tettoniche riconosciute sono: (Bettelli, Panini & Pizziolo, 2002):

- fase ligure: corrisponde alla chiusura dell'Oceano ligure; ha coinvolto i domini liguri interni ed esterni ed il dominio subligure a partire dal Cretaceo superiore sino all'Eocene medio, in seguito al quale inizia la sedimentazione epiligure dei bacini episuturali;
- fase subligure: dall'Oligocene superiore si assiste alla collisione delle zolle continentali europea e adriatica, con la messa in posto dei domini liguri e subliguri già tettonizzati.
- fase toscana: L'Unità tettonica della Falda Toscana è interessata essenzialmente da due fasi deformative (Fase Toscana): la prima, definita fase tangenziale o fase *sinnappe* (Oligocene superiore-Miocene inferiore), è considerata il più importante evento tettonico-metamorfico, perchè responsabile della strutturazione principale. Durante questa fase si ha l'individuazione e la strutturazione dell'Unità tettonica della Falda Toscana.

L'assetto geologico, stratigrafico e strutturale del territorio comunale di Riolunato rientra nel più complessivo ambito del versante emiliano sud-orientale dell'Appennino settentrionale, facente parte dell'edificio a falde appenninico precedentemente descritto. Tale settore risulta contraddistinto da una spiccata complessità geologica, riferibili a domini paleogeografici diversi, rappresentate dall'Unità tettonica Caio e Monte Venere (Dominio Ligure), dall'Unità tettonica Cervarola e Modino (Dominio Toscano). L'intero territorio comunale appartiene al foglio 236 "PAVULLO NEL FRIGNANO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 ed in parte al foglio 235 "PIEVEPELAGO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

Per le informazioni di seguito sinteticamente riportate si vedano soprattutto le note illustrative del foglio CARG 235 PIEVEPELAGO (Plesi) e quelle del foglio CARG 236 PAVULLO NEL FRIGNANO (G. Bettelli et alii).

Ai fini di una migliore descrizione dell'assetto strutturale del settore analizzato e della sua evoluzione è stata fatta la scelta di distinguere unità tettoniche di vario rango e significato e differenziare con diverse simbologie i relativi contatti basali. L'individuazione delle "unità tettoniche" s.l. può come in altri settori, essere ricondotta a due processi strutturali distinti:

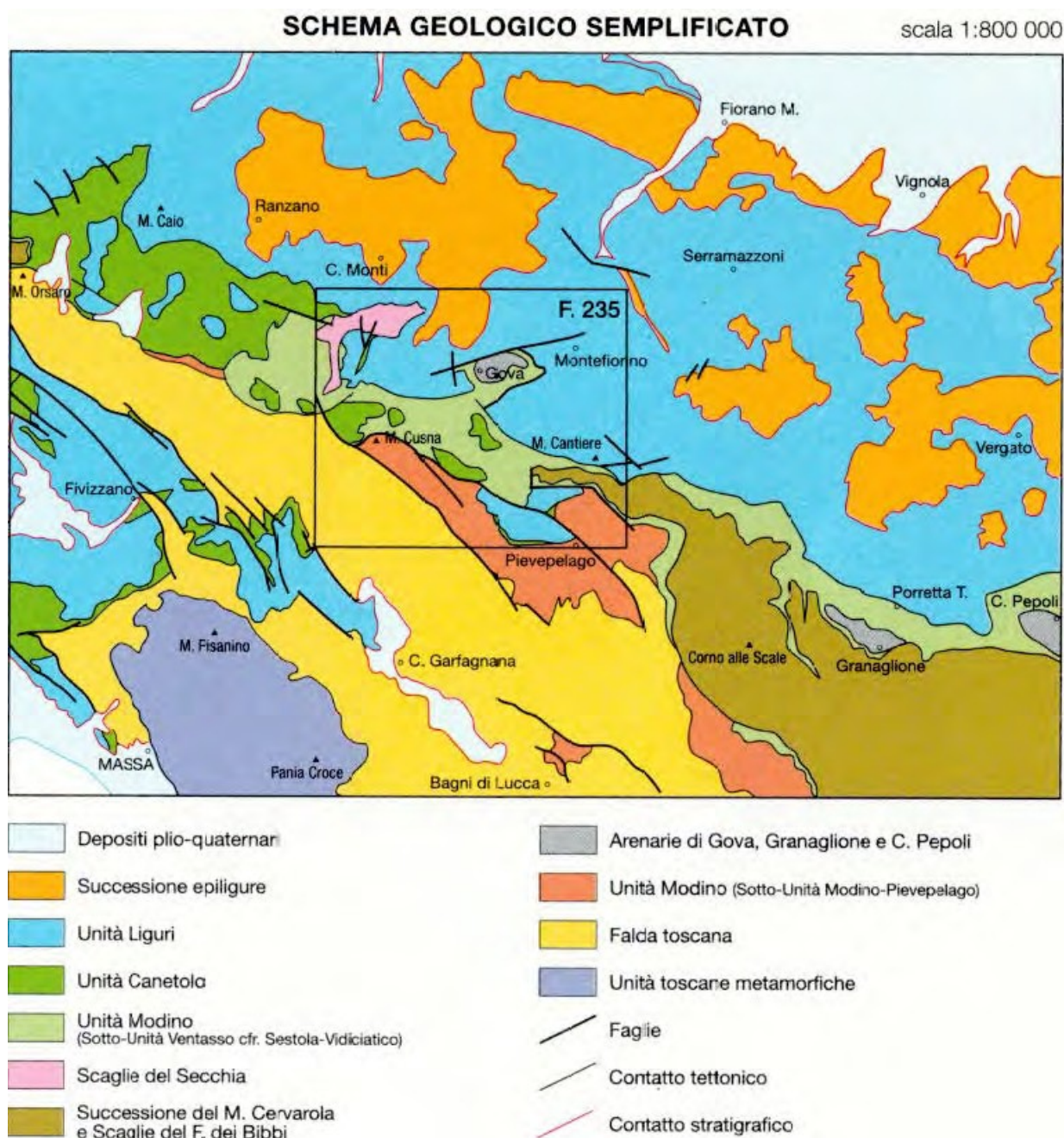
- una successione di fasi tettoniche che hanno interessato essenzialmente le successioni del Dominio oceanico ligure culminando nell'Eocene medio con la costruzione dell'impilamento delle Unità Liguri (Insieme ligure).
- un processo di tettonizzazione, essenzialmente ensialico, posteriore all'Eocene superiore, che per le unità del settore interessato ha avuto i suoi momenti culminanti all'Oligocene superiore-Miocene inferiore medio, dando luogo al sovrascorrimento dell'Insieme ligure sui domini esterni e alla individuazione delle unità subliguri e toscane s.l.. Durante questa stessa fase è avvenuto il processo di segmentazione della Falda toscana, della successione del Cervarola e di una parte delle unità già sovrascorse su di esse in una serie di "elementi tettonici" collegati con sovrascorrimenti minori ma comunque di ordine chilometrico.

Le strutture compressive e la superficie di sovrascorrimento della coltre alloctona, risultano dislocate da faglie disgiuntive subverticali con direzione sia appenninica che antiappenninica. L'età di queste strutture è dunque almeno successiva al Pliocene inferiore.

In sintesi le unità litostratigrafiche che costituiscono la fascia dell'alto appennino modenese, al quale appartiene il territorio di comunale, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

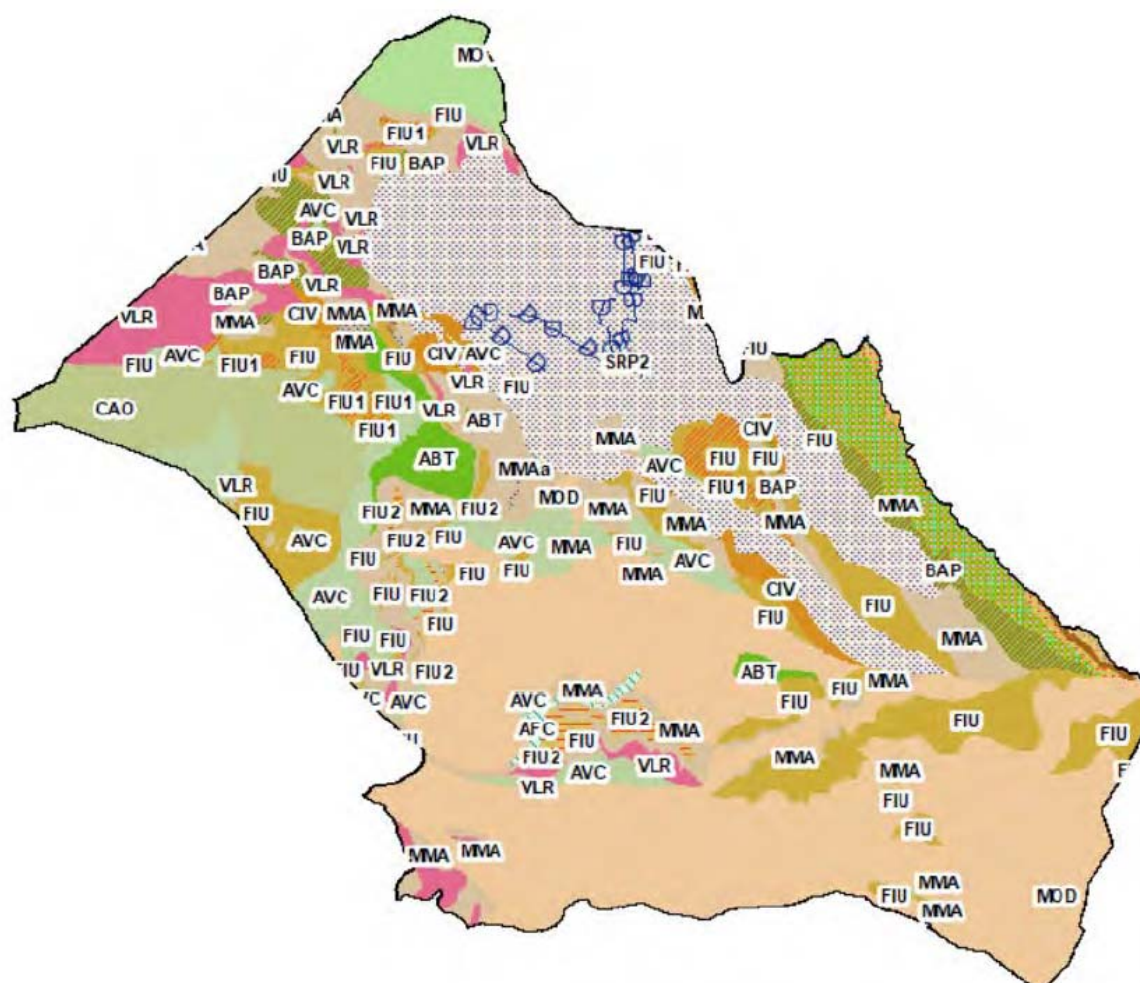
- o Unità Quaternarie continentali;
- o Unità Liguri;
- o Dominio Toscano;

Quanto sopra descritto si può riscontrare nello schema geologico semplificato di cui sotto:



Le formazioni affioranti, riportate nella carta geologica semplificata del Comune di Riolunato, appartengono alle Unità Liguri (formazioni rappresentate in carta con tonalità di azzurro) e al Dominio Toscano (formazioni rappresentate in carta con tonalità di marrone e rosso).

Le formazioni appartenenti al Dominio Ligure qui rappresentate sono le formazioni flyschoidi, costituite da litologie calcareo-marnose. Le litologie della Serie Toscana sono rappresentate da formazioni flyschoidi arenaceo-pelitiche, areniti, marne e marne calcaree, brecce poligeniche, argille, argilliti e argilliti-marnose.



La serie litostratigrafica delle successioni locali è riferita a quella adottata dal progetto CARG., Carta Geologica Regione Emilia Romagna. La descrizione dei tipi litologici delle successioni presenti nel territorio sono schematicamente di seguito descritte relativamente alle caratteristiche litotecniche salienti, riportate nella legenda della tav. 8.2: “Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica”.

Si riportano di seguito la descrizione delle unità litostratigrafiche:

UNITÀ QUATERNARIE CONTINENTALI**SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) (*Pleistocene medio?-Olocene*)**

Unità alluvionale costituita da sedimenti grossolani e fini, talora intensamente pedogenizzati, con alla base una superficie di discontinuità nel margine appenninico e nell'alta pianura, passante a una superficie di continuità nel sottosuolo della pianura, su AEI. Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi limitati, in affioramento, da scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e nel sottosuolo della pianura da bruschi contatti fra depositi fini alluvionali e palustri su depositi grossolani di conoide e di piana alluvionale.

SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) (Olocene età radiometrica della base: 11.000-8.000 anni)

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.

AES8a - UNITA' DI MODENA (Post-VI secolo dC.)

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).

Nel territorio comunale la presenza delle unità quaternarie continentali è limitata lungo i principali corsi d'acqua.

LIGURIDI**Flysch e formazioni post-Flysch*****FORMAZIONE DI MONTE VENERE (MOV) (Campaniano sup. - Maastrichtiano)***

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. Potenza fino a 900 m.

FLYSCH DI MONTE CAIO (CAO) (Campaniano sup. - Maastrichtiano)

Torbiditi calcareo-marnose, grigio-scure, in strati da medi a molto spessi con una base arenitica media o fine passante a marna; a tetto intervalli sottili e medi di argilla nerastra fissile. Si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelitiche chiare in strati medi. Torbiditi di piana abissale. Contatto inferiore non affiorante. Potenza fino ad alcune centinaia di metri.

UNITA' TOSCANE**Successione Cervarola*****ARENARIE DI MONTE CERVAROLA (CEV) (Burdigaliano)***

Torbiditi arenacei in strati spessi alternate con pebbly sandstone e potenti depositi da slumping, passanti in alto a sequenze di torbiditi più sottili. Alimentazione prevalente da rocce granitico-gneissiche. Deposito di bacino torbiditico e di margine di bacino.

- MEMBRO DEL T. SCOLTENNA (CEV5)

Torbiditi sottili siltitico-pelitiche con intercalati strati, spessi 15-20 cm, di colore bianco sporco-giallo, ad abbondante componente carbonatica. Nella parte bassa sono presenti due livelli vulcanoclastici di spessore decimetrico. In prossimità del contatto con il membro sottostante sono presenti strati pluridecimetrici con base a grana arenitica medio-grossolana. Spessore circa 150 m.

- MEMBRO DEL RIO BECCO (CEV4)

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.

- MEMBRO DEL RIO CARNALE (CEV3)**CEV3a - litofacies arenaceo-pelitica**

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. Al tetto è presente un deposito da slumping (sl), spesso circa 30-40 m, caratterizzato, nella parte medio-bassa dalla presenza di un livello a ciottoli poligenici (calcari, marne, graniti e rocce metamorfiche) in matrice sabbioso-marnosa.

- MEMBRO DEL TORRENTE FELLICAROLO (CEV2)

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. Al tetto è presente un deposito da slumping (sl), spesso circa 30-40 m, caratterizzato, nella parte medio-bassa dalla presenza di un livello a ciottoli poligenici (calcari, marne, graniti e rocce metamorfiche) in matrice sabbioso-marnosa.

FORMAZIONE DI SERPIANO (SRP) (Aquitaniense)

Torbiditi arenacei a grana fine in strati di potenza media e interstrati pelitico marnosi relativamente spessi passanti in basso a torbiditi di grana siltitica in strati sottili. Liste di selce nera. Deposito di margine di bacino torbiditico. Passaggio graduale alle Marne di Civago, dove affioranti. Potenza di alcune centinaia di metri.

- MEMBRO DI CASTELLINO (SRP2)

Arenarie torbiditiche a grana fine o molto fine in strati sottili e medi intercalati a siltiti e peliti marnose relativamente spesse con A/P<1. Locale presenza di liste di selce nera. In aree limitrofe passaggio graduale con le sottostanti siltiti del membro dei Poggi di Fontanaluccia.

MARNE DI CIVAGO (CIV) (Aquitaniense)

Marne grigio-cenere, spesso siltose, a stratificazione mal distinguibile. Localmente livelli di selce nera. Intercalazioni di sottili strati arenacei discontinui anche di origine vulcanoclastica, di livelli arenitici grossolani a matrice marnosa con abbondante glauconite risedimentata, di brecce argillose. Deposito di scarpata. Contatto inferiore discordante sulle successioni sottostanti. Spessore di 50-100 m.

Successione Modino

ARENARIE DEL MONTE MODINO (MOD) (Chattiano p.p. - Aquitaniense) 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.

ARENARIE DI VALLORSARA (VLR) (Chattiano p.p - Aquitaniense)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marne grigiastre. 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. Potenza parziale massima di 200 m circa.

MARNE DI MARMORETO (MMA) (Rupeliano p.p. - Chattiano p.p)

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. Spessore massimo di circa 100 m.

- LITOFACIES A BRECCE DEL MONTE LE COSTE (MMAb)

Presenti localmente nella parte alta o al tetto delle Marne di Marmoreto. Brecce argilloso-calcaree originate da *debris flow* e *slumping*; arenarie grossolane in matrice arenacea o siltosa, irregolarmente gradate e talora sfumanti al tetto a peliti marnose. Clasti di origine ligure-subligure e ciottoli marnosi arrotondati derivati dalla formazione stessa.

- LITOFACIES A BRECCE DEL RIFUGIO BATTISTI (MMAa)

Nella parte basale delle Marne di Marmoreto. Brecce grossolane originate da *debris flow* talora grossolanamente stratificate. Clasti argillitici e calcarei di origine ligure-subligure in matrice argillitica scura.

ARGILLE DI FIUMALBO (FIU) (Bartoniano - Rupeliano)

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. Depositi pelagici emipelagici e torbiditici fini distali. Contatto stratigrafico discordante sulle successioni sottostanti o tettonizzato. Spessore massimo 200-300m.

- MEMBRO DEL RIO ACQUICCIOLA (FIU2)

Arenarie a cemento calcareo in strati anche spessi. Intercalate, forse in più livelli, nella parte alta delle Argille di Fiumalbo.

- MEMBRO DEL M. SASSOLERA (FIU1) (Priaboniano - Rupeliano)

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. Rapporto A/P stimato $\gg 1$. Potenza geometrica massima fino a 200 metri. Depositi torbiditici prossimali.

BRECCE ARGILLOSE POLIGENICHE (BAP) (Cretaceo inferiore - Oligocene)

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. Potenza variabile da 0 a 100 m.

FORMAZIONE DELL'ABETINA REALE (ABT) (Campaniano sup - Paleocene inf?)

Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessia 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 brecce 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.

FORMAZIONE DEL FOSSO DELLA CA' (AFC) (Campaniano sup.)

Alternanze di torbiditi arenaceo-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e di brecce poligeniche (clasti di basalti, serpentiniti, calcari, argilliti selci e diaspri), in banchi spessi fino a qualche metro, intercalate a peliti grigio scure o nerastre manganesifere. Localmente distinta una **litofacies a brecce ofiolitiche (AFCa)**. Discordanti sulla successione sottostante. Depositi di ambiente marino profondo. Spessore massimo di circa 200 m.

ARGILLITI VARIEGATE CON CALCARI (AVC) (Hauteriviano - Cenomaniano inf.)

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. Breccie argillitico- calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1.

Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore generalmente non affiorante. Potenza fino a circa 300 m.

Le Unità geologiche, sopra descritte, nella Carta geologica tecnica sono state raggruppate secondo la legenda della CGT_MS riportata negli standard di rappresentazione e archiviazione informativa di microzonazione sismica Versione 4.2 di Dicembre 2020.

3.2 Inquadramento geomorfologico

Il presente capitolo descrive i caratteri geomorfologici del Comune di Riolunato, con particolare attenzione alle forme e ai processi che possono determinare fenomeni di instabilità e pericolosità del territorio.

La geomorfologia dell'area in oggetto è condizionata dalle unità stratigrafico deposizionali affioranti; in particolare, come messo in evidenza nel paragrafo relativo alla geologia, il territorio è caratterizzato dalla presenza di unità litologiche prevalentemente calcareo- marnose e arenaceo-pelitiche, a prevalente componente litoide, poggianti su unità a componente prevalentemente argillosa presenti in numero abbastanza ridotto, quindi facilmente degradabili, affioranti nell'intorno.

L'intero territorio comunale, risulta completamente montuoso e caratterizzato dalla presenza del torrente Scoltenna che divide l'ambito comunale in due versanti idrografici distinti. Entrambi i versanti di cui sopra sono caratterizzati dalla presenza di grandi fenomeni franosi (l'abitato di Riolunato, di Groppo e Roncombrellaro) con differenti superfici di scivolamento anche profonde la cui tipologia è riconducibile a frane per colata, scivolamento o dovute alla combinazione di queste ultime due.

La morfologia di queste aree è anche caratterizzata da forme e processi peculiari, quali accentuata acclività dei versanti, ripidi crinali, contropendenze e orli di scarpata. Questi ultimi sono suddivisi, in orli aventi scarpate comprese tra 10 e 20 m e maggiori di 20 m. In particolare, gli orli più significativi sono presenti nell'area meridionale del territorio, fino al crinale e risultano scolpite entro le differenti formazioni flyschoidi.

Gli orli summenzionati sono identificabili come forme strutturali, poligeniche, modellate a partire dal Pleistocene medio, ad opera di processi di degradazione selettiva legate all'erosione.

Negli affioramenti costituiti da alternanze di litotipi competenti e marnoso-pelitici, è possibile osservare, a volte, esempi significativi di morfoselezione, cioè del fenomeno per cui gli agenti di degradazione di un corpo roccioso intervengono in modo più o meno spinto su differenti tipi litologici.

Pertanto si rilevano:

- ruscellamento diffuso ed erosione laminare;
- ruscellamento concentrato ed erosione a rivoli: tale processo deriva da un'evoluzione del ruscellamento diffuso;
- frane per scivolamento: si tratta di movimenti in massa che comportano uno spostamento per taglio lungo una o più superfici di scorrimento, oppure entro un livello sufficientemente sottile; i movimenti possono essere rotazionali o traslativi; è possibile individuare frane per scivolamento attive e quiescenti;
- frane per colata: il fenomeno è caratterizzato da movimenti di materiali sciolti entro la massa spostata, tali per cui la forma assunta dal materiale in movimento o la distribuzione apparente delle velocità e degli spostamenti è assimilabile a quelle dei fluidi viscosi; anche in questo caso si possono individuare frane attive e quiescenti;
- contropendenze: in terreni interessati da movimenti di massa, quali frane per colata e soliflusso, è possibile individuare dei tratti di versante in contropendenza e con avvallamenti, rispetto all'andamento generale. Questo si determina per l'accumulo gravitativo di materiali detritici, messi in posto per soliflusso e per frana;
- orli di scarpata di degradazione: in corrispondenza di fenomeni di frana è possibile individuare un orlo di scarpata, corrispondente alla scarpata principale presente in coronamento; spesso tali orli, soprattutto per frane quiescenti, risultano oblitterati dalla rivegetazione del versante, pertanto la loro individuazione è risultata spesso incerta.

Oltre agli orli di scarpata fluviale, le forme più tipicamente legate alla presenza di un corso d'acqua sono rappresentate dai terrazzi fluviali. In particolare sono stati individuati differenti ordini di terrazzi in adiacenza al torrente Scoltenna nella zona del fondovalle.

Detti depositi sono organizzati in cicli sedimentari costituiti da ghiaie sabbiose alla base che passano a sabbie limose e quindi a limi sabbiosi verso l'alto.

Tali corpi sedimentari occupano in genere i fondovalle e la parte inferiore dei versanti dove costituiscono terrazzi elevati di 5 - 10 m rispetto all'alveo attuale nelle fasce prossime agli assi idrici superficiali.

I depositi terrazzati in narrativa sono riferibili al sintema AES8, unità AES8a. Non sono stati riconosciuti depositi alluvionali più antichi. La causa di ciò è probabilmente correlata all'elevato grado di erodibilità del substrato, dovuta alla natura prevalentemente argilloso- marnosa e all'intensa fatturazione, che ha impedito la conservazione dei terrazzi più antichi di solito a quote maggiori.

Tutte le forme geomorfologiche sono state riportate nella tavola 8.2: "Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica".

Le forme geomorfologiche sono state raggruppate in due macro categorie di cui si riporta sotto le legende e nello specifico sono:

- Forme di instabilità di versante
- Forme di superficie e sepolte

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 Riolunato 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 principali centri urbani del Comune di Riolunato:

- 28 prove HVSR;
- 43 prove penetrometriche dinamiche superpesanti;
- 23 sondaggi geognostici;
- 18 prove MASW;
- 10 ERT;

- 18 ESAC;
- 7 REMI;
- 12 FTAN.

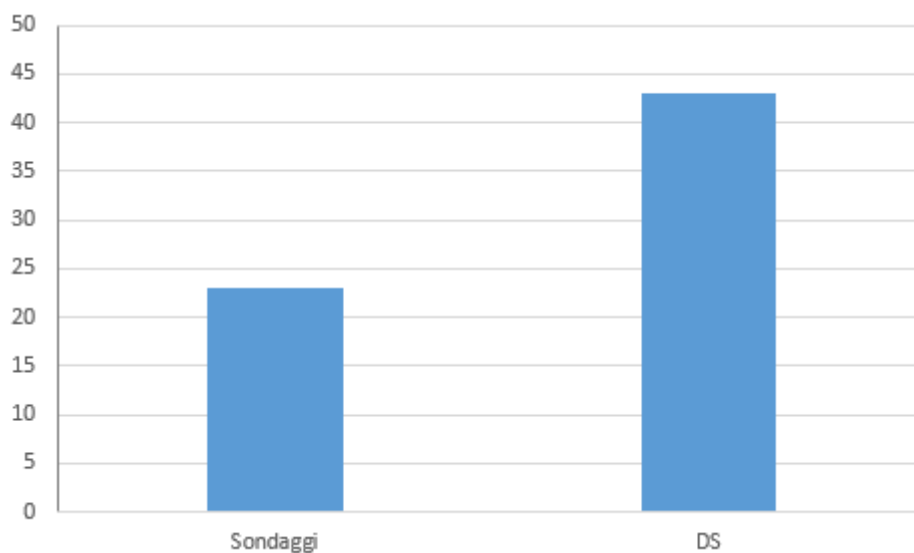
Per il 3° livello di approfondimento sono state eseguite ulteriori indagini, in particolare:

42

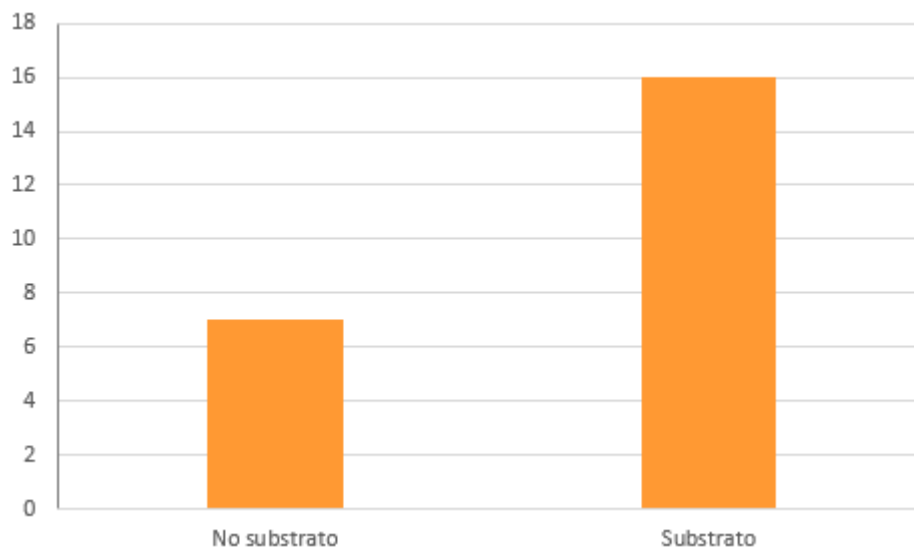
- 30 prove HVSR;
- 30 profili MASW;
- 10 prove ESAC;
- 10 sismiche a rifrazione.

Per quanto riguarda le indagini geotecniche possiamo vedere che la tipologia di indagini che più frequentemente è stata effettuata è la prova penetrometrica dinamica superpesante seguita dai sondaggi.

Prove geotecniche	
Sondaggi	Dinamiche superpesanti (DS)
23	43

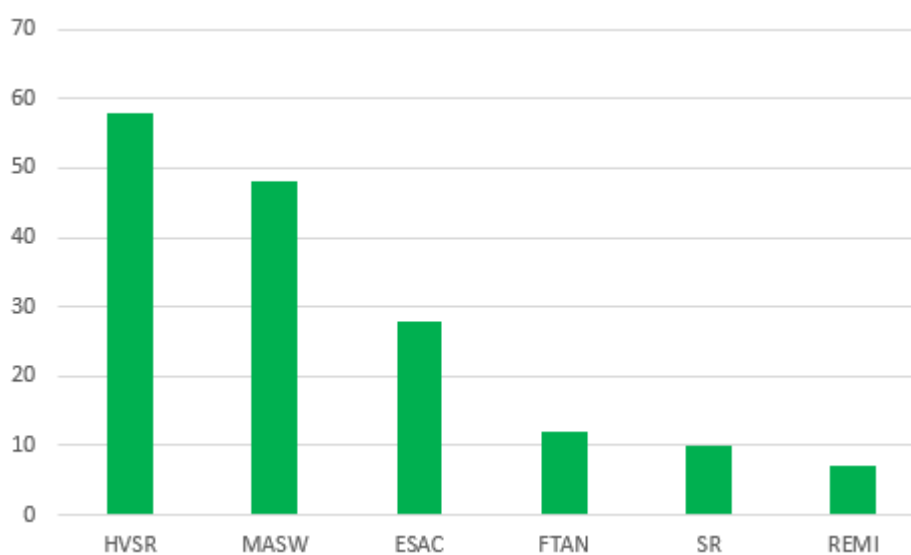


Differenziazione sondaggi	
no Substrato	Substrato
7	16



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

Prove geofisiche					
HVSR	MASW	ESAC	FTAN	SR	ReMi
58	48	28	12	10	7



5. Modello del sottosuolo

La costruzione della “Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica” ha riportato tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da informazioni esistenti desunte dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna ed in possesso del Servizio Geologico Regionale, da ulteriori studi effettuati a livello del territorio comunale in fase di formazione dei vari piani urbanistici comunali e dal presente studio.

Questi dati sono stati necessari alla definizione del modello di sottosuolo per l'intero territorio comunale e propedeutici per la definizione in chiave sismica degli effetti attesi al suolo.

La quasi totalità del territorio comunale è caratterizzato da formazioni appartenenti alla successione del Dominio Toscano. Tali formazioni autoctone costituite da flysch arenaceo-pelitici, marne, marne argilloso-siltose e argilliti, costituiscono il materiale lapideo stratificato, la cui stratificazione e fratturazione è influente sulle caratteristiche di rigidità dell'ammasso roccioso stesso. Le unità litologiche inoltre denotano sensibile variabilità laterale, all'interno della stessa formazione.

Tali litologie rappresentano il substrato geologico più antico presente nel territorio comunale e sono in contatto con la parte basale della successione ligure, caratterizzate nella totalità da flysch calcareo-marnosi.

La maggior parte dei terreni di copertura delle formazioni geologiche sono dovuti ad episodi franosi di grandi dimensioni (basti pensare all'abitato di Riolunato, alle frazioni di Groppo e Roncombrellaro) il cui comportamento non è schematizzabile ma va analizzato caso per caso. Tali fenomeni presentano molteplici superfici di scivolamento la cui profondità si attesta al massimo tra i 30 ed i 40 m dal piano campagna.

La maggior parte di tali fenomeni risente di movimenti annuali più superficiali e di parziali riattivazioni tali da far sì che i pendii in oggetto siano sempre in uno stato attivo.

Infine nell'area di fondovalle del Torrente Scoltenna sono presenti depositi alluvionali, in diversi ordini di terrazzamento, costituiti prevalentemente da ghiaie alla base e ghiaie sabbiose nella parte più alta, che si arricchiscono in componenti limoso sabbioso ghiaiose nei terrazzi di ordine superiore.

Quanto sopra descritto ed i rispettivi rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Riolunato, nei settori sede dell'urbanizzato, sono rappresentati anche nelle sezioni geologico-tecniche realizzate a corredo del presente studio.

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 lisciamento, le ordinate spettrali del moto sul piano orizzontale, ottenuto mediando opportunamente i valori ottenuti nelle due direzioni principali, vengono divise per quelle ottenute nella direzione verticale. Per definire la qualità delle misure vengono anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura.

L'assenza di massimi della funzione H/V suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza. Per maggiori dettagli riguardo i dati di acquisizione ed elaborazione delle indagini effettuate per lo studio in oggetto si rimanda alle relazioni tecniche allegate alla presente relazione. Per il presente studio sono state scelte 50 misure le quali sono state interpretate in chiave geologica alla ricerca della profondità del substrato sismico.

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

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 ignimbriche	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)

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)

Deposito di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata) generalmente di limitato spessore.

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.

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.

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

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 palustri (f1) GT: (PT)

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

Conoide torrentizia (i1 e i2) GT: (GM)

Depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallette trasversali ai corsi d'acqua principali ove la diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale.

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-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.

Formazione del Fosso della Cà (AFC) GT: (ALS)

Istituita solo recentemente nell'Appennino modenese-reggiano (Mochi et alii, 1996; Foglio 235 "Pievepelago"), nell'area del Foglio 251 la formazione non era stata finora distinta dalle unità limitrofe, essendo stata inclusa nelle "argille scagliose" (Abbate & Bortolotti, 1962; Nardi, 1965; Merla & Abbate, 1969; Dallan Nardi & Nardi, 1974) o nella "Serie di base del Monte Modino" (Guenther & Reutter, 1986). E' presente in una fascia stretta e discontinua che, con affioramenti di estensione limitata, si estende fra Rivoreta e la zona di crinale (località Sassi Bianchi). Si tratta di alternanze di torbiditi arenaceo-pelitiche (con abbondante componente ofiolitica) e marnoso-pelitiche in strati sottili e medi, breccie poligeniche (prevalentemente a clasti di basalti e serpentiniti, subordinatamente di calcari, argilliti, selci e diaspri) in banchi spessi fino a qualche metro, e peliti grigio-scure o nerastre mangesifere. Il passaggio con la sovrastante Formazione dell'Abetina Reale è stratigrafico discordante. Depositi di ambiente marino profondo, con flussi torbiditici, iperconcentrati e debris flow. Spessore massimo 10-20 m. Sulla base di dati di letteratura (Mochi et alii, 1996), la formazione nella località tipo risulta datata al Campaniano superiore (biozona CC22 di Sissingh, 1977).

Argilliti variegata con calcari (AVC) GT: (SFCO - 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.

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.

Breccie argillose poligeniche (BAP) GT: (CO)

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.

Flysch di Monte Caio (CAO) GT: (ALS)

53

Si tratta di un Flysch ad Elmintoidi ampiamente diffuso nell'Appennino emiliano: l'affioramento in esame rappresenta la testimonianza più orientale mai segnalata in letteratura. Litologicamente è costituito di areniti ibride medie o fini grigiastre passanti a calcilutiti biancastre in strati generalmente molto spessi debolmente gradati, tabulari.

Vi si intercalano pacchi di strati da sottili a medi di arenarie fini o medie grigio-marroni passanti a peliti siltose grigio-scure con rapporto arenaria/pelite (A/P) generalmente maggiore di 1. Entrambi i tipi di strato sono interpretabili come torbiditi deposte in un ambiente di piana sottomarina. Sono frequenti al tetto degli strati sottili intervalli argillosi neri o nero-verdastri che rappresentano i depositi da decantazione pelagica assolutamente privi di frazione carbonatica e deposti al di sotto della CCD.

I contatti con le formazioni circostanti sono esclusivamente tettonici.

Arenarie di Monte Cervarola (CEV):

Membro del T. Scoltenna (CEV5) GT: (ALS)

Torbiditi sottili siltitico-pelitiche con intercalati strati, spessi 15-20 cm, di colore bianco sporco-giallo, ad abbondante componente carbonatica.

Membro del Rio Becco (CEV4) GT: (ALS)

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.

Membro del Rio Carnale (CEV3) - CEV3a - litofacies arenaceo-pelitica GT: (ALS)

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. Al tetto è presente un deposito da slumping (sl).

Membro del Torrente Fellicarolo (CEV2 e CEV2b) GT: (ALS)

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. Al tetto è presente un deposito da slumping (sl).

Marne di Civago (CIV) GT: (CO)

Marne grigio-cenere, spesso siltose, a stratificazione mal distinguibile. Localmente livelli di selce nera. Intercalazioni di sottili strati arenacei discontinui anche di origine vulcanoclastica, di livelli arenitici grossolani a matrice marnosa con abbondante glauconite risedimentata, di breccie argillose

Argille di Fiumalbo (FIU) GT:(SFCOS - 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.

FIU2 – Argille di Fiumalbo - arenarie a cemento calcareo in strati anche spessi. Intercalate, forse in più livelli, nella parte alta delle Argille di Fiumalbo.

Marne di Marmoreto (MMA) GT:(SFCO - 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: (SFALS - ALS)

55

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 Pievepelago: 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 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.

Orizzonti caotici intraformazionali (sl) GT: (CO).

Formazione di Serpiano (SRP) GT: (ALS):

Membro Di Castellino (SRP2) GT: (ALS)

Arenarie torbiditiche a grana fine o molto fine in strati sottili e medi intercalati a siltiti e peliti marnose relativamente spesse con A/P <1. Locale presenza di liste di selce nera.

Formazione delle Arenarie di Vallorsara – (VLR) – (SFLAS - ALS)

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

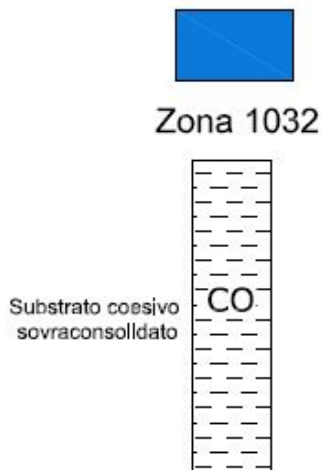
Le zone stabili sono quelle di affioramento del substrato geologico dove non si abbiano notizie di coperture maggiori di 3 metri e/o di amplificazioni dovute a differenze marcate di impedenza acustica tra la copertura alterata e il substrato integro.

- Per il Comune di Riolunato esistono 3 zone stabili, ALS, CO e COS.

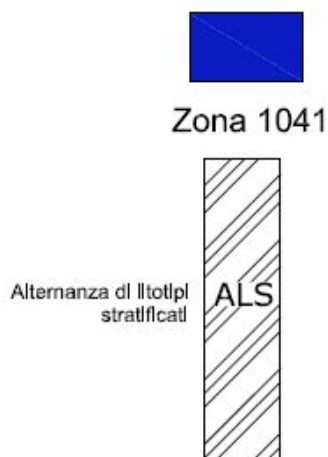
ZONA 1031 – Substrato coesivo sovraconsolidato stratificato



ZONA 1032 – Substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato



ZONA 1041 – Alternanza di litotipi stratificati

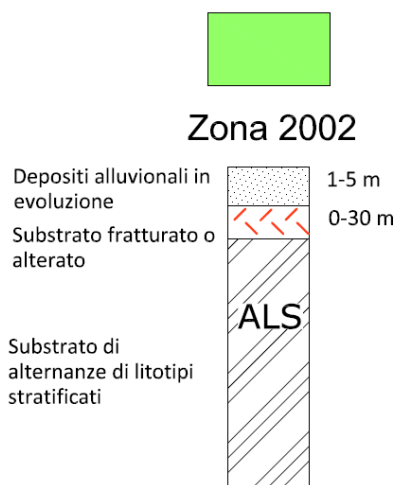


6.5.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

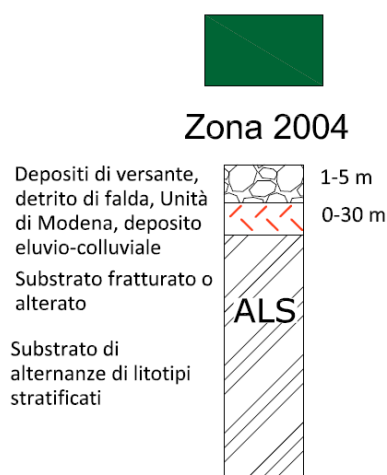
Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono quelle per le quali è attesa un'amplificazione del moto sismico per effetto della sola stratigrafia o per effetti topografici locali in particolar modo per pendenze maggiori di 15°.

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

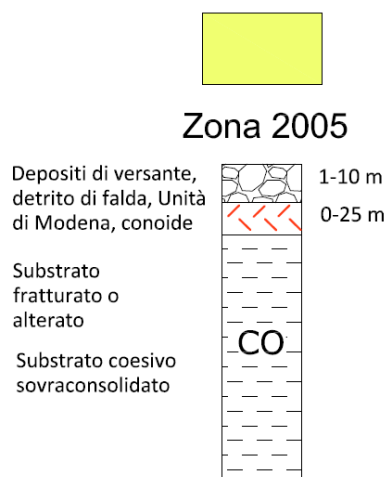
ZONA 2002 – Si tratta di depositi alluvionali in evoluzione, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.



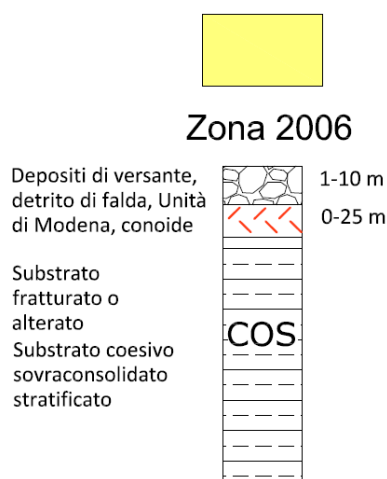
ZONA 2004 – Si tratta di depositi di versante, depositi eluvio colluviali, detriti di falda e Unità di Modena, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.



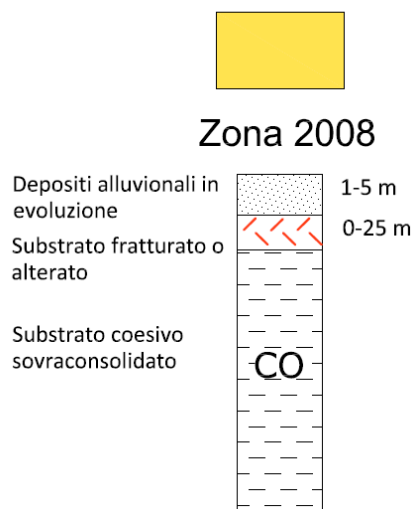
ZONA 2005 – Si tratta di depositi di versante, detriti di falda, Unità di Modena e depositi di conoide sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato.



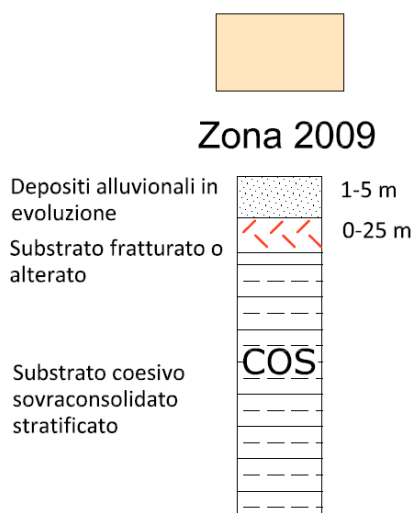
ZONA 2006 – Si tratta di depositi di versante, detriti di falda, Unità di Modena e depositi di conoide sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato stratificato.



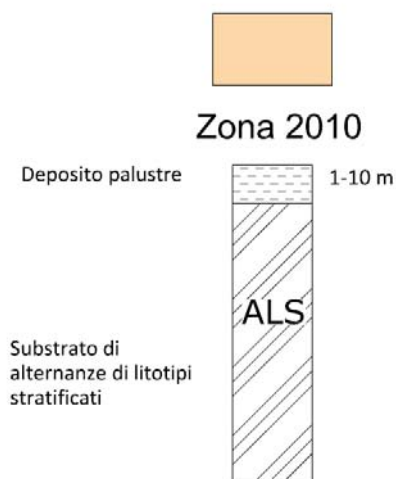
ZONA 2008 – Si tratta di depositi alluvionali in evoluzione sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato



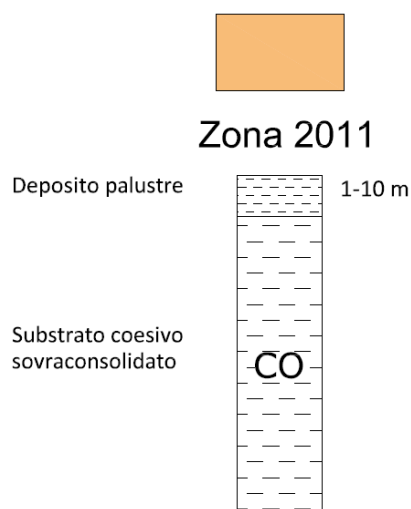
ZONA 2009 – Si tratta di depositi alluvionali in evoluzione sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato stratificato



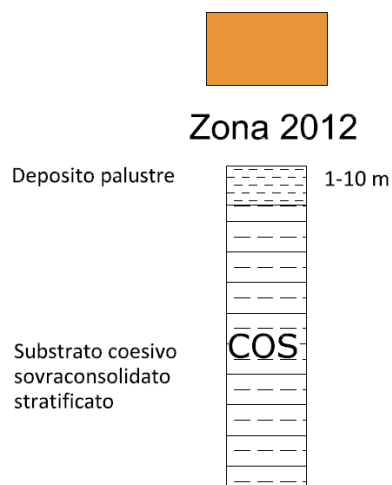
ZONA 2010 – Si tratta di depositi palustri sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.



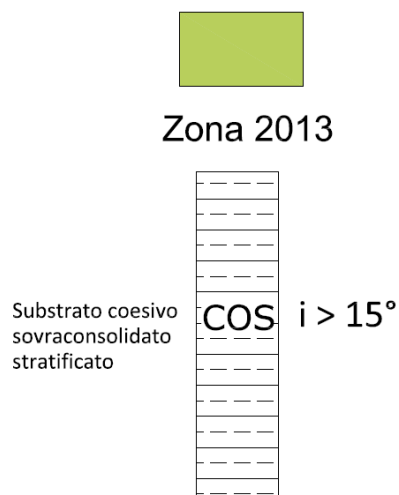
ZONA 2011 – Si tratta di depositi palustri sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato.



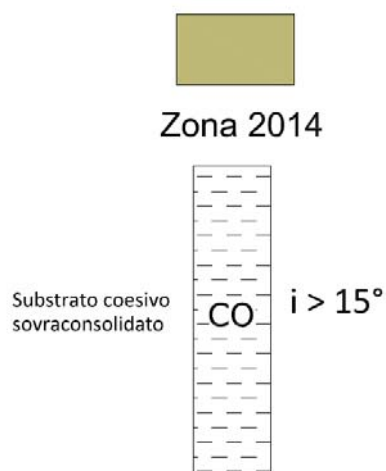
ZONA 2012 – Si tratta di depositi palustri sul substrato coesivo sovraconsolidato stratificato.



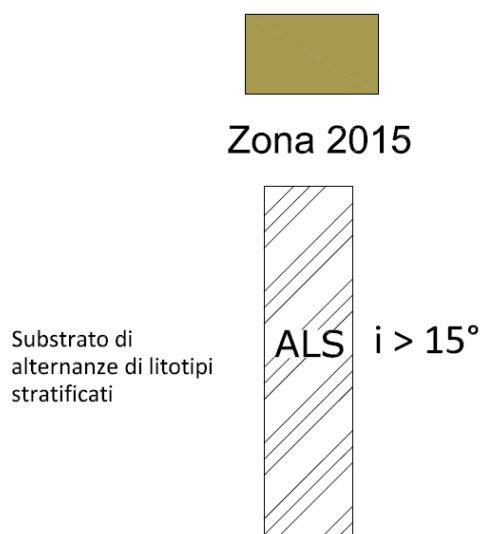
ZONA 2013 – Si tratta di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato con pendenze maggiori di 15°.



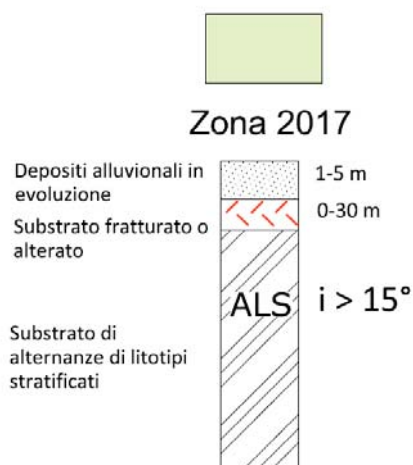
ZONA 2014 – Si tratta di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato con pendenze maggiori di 15°.



ZONA 2015 – Si tratta di substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenze maggiori di 15°.



ZONA 2017 – Si tratta di depositi alluvionali in evoluzione, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenze maggiori di 15°.



ZONA 2019 – Si tratta di depositi di versante, depositi eluvio colluviali, detriti di falda e Unità di Modena, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenze maggiori di 15°.



ZONA 2020 – Si tratta di depositi di versante, detriti di falda, Unità di Modena e depositi di conoide sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato con pendenze maggiori di 15°.



ZONA 2021 – Si tratta di depositi di versante, detriti di falda, Unità di Modena e depositi di conoide sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato stratificato con pendenze maggiori di 15°.



ZONA 2023 – Si tratta di depositi alluvionali in evoluzione sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato con pendenze maggiori di 15°.



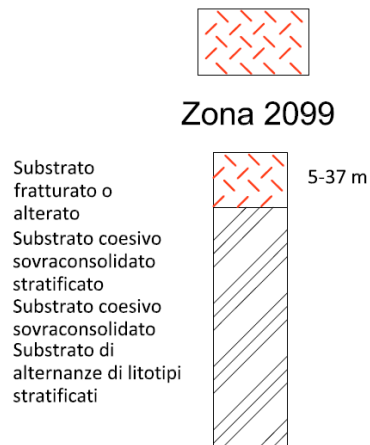
ZONA 2024 – Si tratta di depositi alluvionali in evoluzione sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato stratificato con pendenze maggiori di 15° .



ZONA 2025 – Si tratta di depositi palustri sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenze maggiori di 15° .



ZONA 2099 – Si tratta di substrato fratturato e/o alterato su substrato integro: substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.

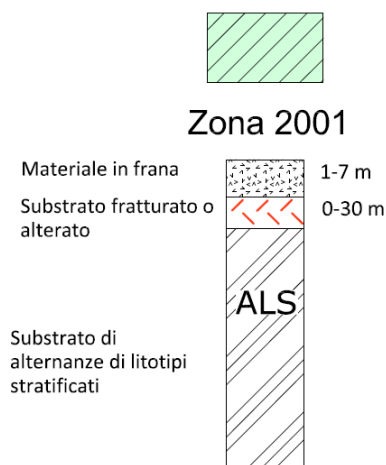


6.5.3 Zone di attenzione per instabilità

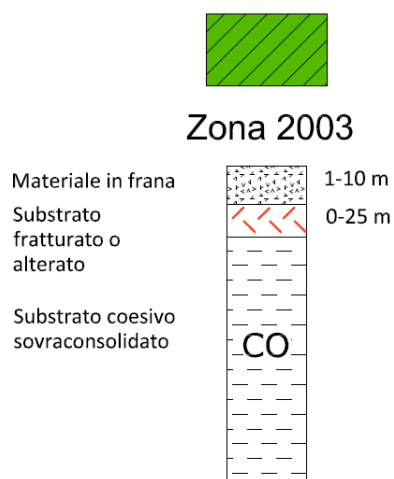
Le zone di attenzione per instabilità cartografate nelle aree oggetto di studio sono riferibili solamente a fenomeni di instabilità di versante.

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

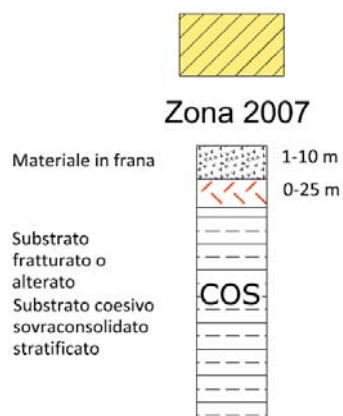
ZONA 2001 – Si tratta di materiali in frana, sull'alterazione di substrato di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato di alternanza di litotipi stratificati.



ZONA 2003 – Si tratta di materiali in frana, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato, sul substrato coesivo sovraconsolidato.



ZONA 2007 – Si tratta di materiali in frana, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato stratificato.



ZONA 2016 – Si tratta di materiali in frana, su substrato alterato, sul substrato di alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2018 – Si tratta di materiali in frana, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato, sul substrato coesivo sovraconsolidato, con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2022 – Si tratta di materiali in frana, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato 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 coperture	Vsabaco	Habaco	FPGA	FA0105	FA0408	FA0711	FH0105	FH0510	CAT
1032	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
1041	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
2001	APPENNINO	NON RIGIDO	L66	548		30	500	30	1.4	1.5	1.4	1.3	1.5	1.4	B
2003	APPENNINO	NON RIGIDO	L34	366		22.4	350	20	1.9	1.8	1.5	1.4	1.8	1.4	E
2004	APPENNINO	RIGIDO	L21	308		5.5	300	5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	E
2013	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
2014	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
2015	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
2016	APPENNINO	NON RIGIDO	L66	548		30	500	30	1.4	1.5	1.4	1.3	1.5	1.4	B
2018	APPENNINO	NON RIGIDO	L34	366		22.4	350	20	1.9	1.8	1.5	1.4	1.8	1.4	E
2019	APPENNINO	RIGIDO	L21	308		5.5	300	5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	E
2021	APPENNINO	NON RIGIDO	L85		427	30	400	30	1.8	1.8	1.6	1.4	1.8	1.5	B
2025	APPENNINO	NON RIGIDO	L38		440	30	450	30	1.6	1.6	1.5	1.4	1.6	1.4	B
2099	APPENNINO	NON RIGIDO	L38		440	30	450	30	1.6	1.6	1.5	1.4	1.6	1.4	B

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

Riolunato - set di accelerogrammi Riolunato_ TR475_ID18830 riferiti ai seguenti siti di registrazione:

%	Magnitude(Mw)	Epic.Distance(km)	Scaling_Factor	Source	File_Name
6.9	62.9	0.7	%	ESM	EU.HRZ..HNE.D.19790415.061941.C.ACC.ASC
5.74	12.57	1.53	%	NGA	RSN146_COYOTELK_G01320.AT2
6.93	94.31	1.93	%	NGA	RSN797_LOMAP_RIN090.AT2
6.69	38.07	1.19	%	NGA	RSN1091_NORTHVR_VAS000.AT2
6.6	31	0.72	%	KiKnet	SMNH100010061330.EW2
6.6	62	1.28	%	KiKnet	SAGH050503201053.EW2
6.1	97	1.47	%	KiKnet	MYGH041103280724.EW2

Per quanto riguarda le instabilità di versante è stata valutata la frana presente nell'abitato di Mandriole, 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 $kh_{eq} < k_c$:

- **Riolunato**

Frana su SEZ. 5

$$kh_{eq} = 0,087 > k_c = 0,085$$

Verifica 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 non va al Terzo Livello ma abbiamo comunque calcolato gli spostamenti sismoindotti vista l'importanza areale di tali manifestazioni e riportate nella carta di Microzonazione Sismica.

Per la rappresentazione delle Z_{SFR} 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 Z_{SFR} 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.

- **Riolunato** Frana su SEZ. 5 – si calcola uno spostamento indotto dall'azione sismica di circa 15,81 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).

Nelle zone studiate con il secondo e terzo livello di approfondimento della Microzonazione Sismica del Comune di Riolunato è stato applicato il seguente metodo (vedi figura 1) per valutare l'amplificazione topografica, tuttavia il parametro St è risultato sempre inferiore a 1, indicando quindi l'assenza di fenomeni di amplificazione topografica.

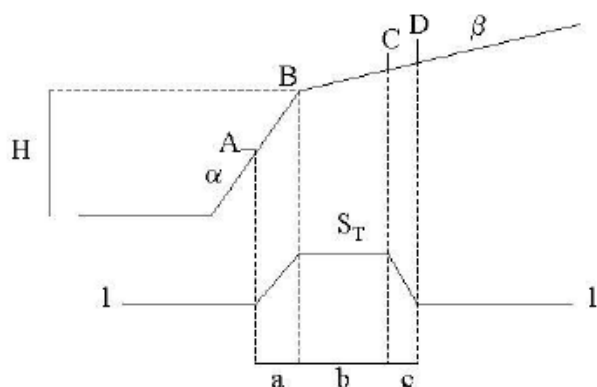


Figura 1

$S_T = 1 + 0.8(\alpha - \beta - 0.4)$ 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 fattori di amplificazione topografica; nel Comune di Riolunato il parametro F_t è sempre pari a 1.

Di seguito, per completezza, riportiamo i valori dei fattori di amplificazione risultanti sui nodi delle varie sezioni considerate e il confronto tra fattori di amplificazione scaturiti tra punti diversi ma calcolati sul solito periodo spettrale:

SEZIONE 1

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo133	1.92	1.10	1.01	1.10	1.75	1.10	1.04	1.97	0.73	0.18	0.15	0.14
nodo175	1.65	2.20	1.23	1.46	1.84	1.75	1.24	1.45	0.63	0.51	0.18	0.22
nodo237	1.34	2.47	1.40	1.61	1.56	2.02	1.37	1.47	0.51	0.58	0.21	0.24
nodo327	1.18	2.19	1.42	1.61	1.30	1.98	1.37	1.25	0.45	0.51	0.21	0.24
nodo598	1.55	2.19	1.10	1.32	1.79	1.59	1.09	1.46	0.59	0.51	0.14	0.20
nodo630	1.78	2.39	1.05	1.42	2.05	1.72	1.17	1.49	0.68	0.56	0.16	0.21
nodo773	1.28	2.00	1.72	1.55	1.48	1.86	1.43	1.32	0.49	0.47	0.25	0.23

SEZIONE 2

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo102	2.28	1.77	1.35	1.39	2.16	1.50	1.32	2.15	0.87	0.41	0.20	0.21
nodo133	1.50	2.14	1.58	1.61	1.78	1.77	1.51	1.28	0.57	0.50	0.23	0.24
nodo291	1.53	2.05	2.60	2.03	1.67	2.36	1.94	1.50	0.58	0.48	0.38	0.30
nodo432	1.24	2.28	1.77	1.80	1.34	2.24	1.56	1.68	0.47	0.53	0.26	0.27
nodo582	2.17	1.70	1.50	1.44	2.16	1.54	1.39	1.97	0.83	0.40	0.22	0.21
nodo704	1.63	2.61	1.26	1.61	1.95	1.92	1.36	1.39	0.62	0.61	0.19	0.24

77

SEZIONE 3

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo107	1.68	2.83	1.33	1.71	2.05	2.09	1.42	1.40	0.64	0.66	0.20	0.25
nodo205	1.72	2.69	1.22	1.52	2.13	1.84	1.27	1.31	0.65	0.63	0.18	0.22
nodo246	1.35	2.68	1.79	2.03	1.54	2.39	1.78	1.32	0.51	0.63	0.26	0.30
nodo354	1.64	2.53	1.50	1.68	1.92	2.04	1.45	1.30	0.62	0.59	0.22	0.25
nodo439	1.49	2.83	2.16	2.10	1.79	2.51	1.88	1.31	0.57	0.66	0.32	0.31
nodo500	1.50	2.49	1.46	1.69	1.79	1.95	1.49	1.31	0.57	0.58	0.22	0.25

SEZIONE 4

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo186	2.20	1.45	1.06	1.08	2.35	1.13	1.05	1.68	0.84	0.34	0.16	0.16
nodo302	2.23	1.70	1.17	1.19	2.48	1.27	1.14	1.67	0.85	0.40	0.17	0.18
nodo409	1.31	2.40	1.37	1.61	1.51	2.04	1.34	1.36	0.50	0.56	0.20	0.24
nodo592	1.76	1.99	1.05	1.16	2.04	1.33	1.04	1.35	0.67	0.46	0.15	0.17

SEZIONE 5

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo27	1.12	1.87	1.41	1.47	1.27	1.69	1.33	1.15	0.42	0.44	0.21	0.22
nodo252	1.41	2.26	2.05	1.63	1.66	2.03	1.50	1.78	0.53	0.53	0.30	0.24
nodo313	1.87	1.37	1.10	1.05	1.94	1.11	1.10	1.63	0.71	0.32	0.15	0.15
nodo624	1.26	2.27	1.51	1.57	1.48	1.93	1.37	1.45	0.48	0.53	0.22	0.23

SEZIONE 6

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo76	1.15	1.57	1.88	1.43	1.26	1.71	1.36	1.25	0.44	0.37	0.28	0.21
nodo223	1.58	1.86	1.81	1.69	1.59	1.96	1.56	1.68	0.60	0.43	0.27	0.25
nodo550	1.84	2.06	1.15	1.28	2.10	1.50	1.13	1.81	0.70	0.48	0.17	0.19
nodo714	1.32	1.47	1.57	1.45	1.46	1.51	1.43	1.30	0.50	0.34	0.23	0.21

78

SEZIONE 7

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo193	1.95	1.11	1.05	1.06	1.65	1.07	1.05	2.27	0.74	0.26	0.16	0.16
nodo429	1.85	1.11	1.05	1.06	1.58	1.07	1.05	2.20	0.70	0.26	0.15	0.16
nodo585	2.33	1.82	1.12	1.18	2.56	1.29	1.10	1.87	0.88	0.43	0.17	0.17

SEZIONE 8

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo110	1.99	1.12	1.05	1.06	1.69	1.08	1.05	2.38	0.76	0.26	0.16	0.16
nodo333	2.01	1.24	1.12	1.13	1.75	1.16	1.11	2.15	0.76	0.29	0.17	0.17
nodo579	1.66	2.55	1.29	1.70	1.82	2.04	1.42	1.55	0.63	0.60	0.19	0.25

SEZIONE 9

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo211	1.33	2.35	2.15	2.02	1.38	2.43	1.82	1.33	0.51	0.55	0.32	0.30
nodo289	1.37	1.70	1.57	1.46	1.38	1.75	1.32	1.46	0.52	0.40	0.23	0.22
nodo344	2.04	1.38	1.24	1.23	2.07	1.27	1.21	1.78	0.78	0.32	0.18	0.18
nodo420	1.89	1.06	1.19	1.11	1.70	1.11	1.11	1.87	0.72	0.25	0.18	0.16
nodo610	1.94	1.54	1.10	1.10	2.22	1.10	1.10	1.46	0.74	0.36	0.10	0.11

SEZIONE 10

	SA1 (0105)	SA2 (0408)	SA3 (0711)	SA4 (0515)	SI1 (0105)	SI2 (0510)	SI3 (0515)	FPGA	HSM	H0408	H0711	H0515
nodo255	1.53	2.27	2.05	1.90	1.59	2.29	1.71	1.44	0.58	0.53	0.30	0.28
nodo441	1.57	1.68	1.64	1.51	1.67	1.70	1.42	1.70	0.60	0.39	0.24	0.22
nodo462	1.91	1.52	1.09	1.12	2.11	1.20	1.06	1.59	0.73	0.36	0.16	0.17
nodo552	2.02	1.73	1.07	1.12	2.20	1.25	1.04	1.69	0.77	0.40	0.16	0.17

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

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 di risposta sismica locale bidimensionali 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.

Nelle zone al secondo livello per il parametro HSM che esprime lo scuotimento atteso al sito per l'intervallo di periodi $0.1s \leq T \leq 0.5s$ 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 Motivazioni riguardo ai fattori di amplificazione e ai parametri di scuotimento atteso alti

Le varie Risposte Sismiche Locali (RSL2D) eseguite hanno permesso di calcolare in modo quantitativo i fattori di amplificazione attesi per le varie zone in relazione a quanto previsto dalle normative vigenti. Si nota come nel territorio studiato i fattori di amplificazione ottenuti dalle RSL, siano talvolta alti e mostrino tendenzialmente un'amplificazione dei periodi che vanno tra 0,4 e 1,1 secondi a discapito di quelli tra 0,1 e 0,5 secondi che comunque in alcuni casi (es. sezione 7) superano quota 2.

A nostro avviso questo è da ricondurre a diversi tipi di cause:

- conformazione geologica e sismica del territorio dove il substrato alterato (spesso diverse decine di metri, quasi in tutte le sezioni), è caratterizzato da un modulo elastico elevato, ma da velocità delle onde S non altrettanto elevate, tipiche di materiali più scadenti capaci di intrappolare le onde sismiche e di amplificarne le frequenze in funzione degli spessori. Dalle geometrie e dagli spessori rilevati è logico aspettarsi amplificazioni per periodi abbastanza alti;

- particolare morfologia/geometria del contatto tra il substrato e il substrato fratturato;
- morfologie e geometrie del piano campagna;
- geometria delle coperture sovrastanti il substrato fratturato.

Tutte queste cause predisponenti tendono a focalizzare, superficialmente, il moto sismico in alcuni punti a discapito di altri producendo valori anche molto alti, ma locali, dei coefficienti di amplificazione.

Situazioni del tutto simili sono state riscontrate, dallo scrivente, anche in Comuni simili a quello in esame ad esempio Fiumalbo, Monghidoro, Loiano, Monterenzio e Montecreto.

Stesso discorso può essere fatto per i fattori di scuotimento al suolo che ricalcano l'andamento dei fattori di amplificazione riferiti ai vari intervalli di periodi.

Tali valori sono talvolta alti e mostrano tendenzialmente uno scuotimento elevato per periodi che vanno tra 0,7 e 1,1, e 0,5 e 1,5 secondi.

Le cause, come nel caso dei fattori di amplificazione, possono essere ricercate nella conformazione geologica e sismica del territorio, e dalle geometrie e dagli spessori delle coperture dai quali è logico aspettarsi i maggiori scuotimenti per intervalli di periodi abbastanza alti.

6.6.3 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 Riolunato, in particolare in corrispondenza del centro abitato principale.

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. Si nota come nel territorio studiato i fattori di amplificazione ottenuti dalle RSL mostrino tendenzialmente un'amplificazione dei periodi che vanno tra 0,4 e 1,1 secondi a discapito di quelli tra 0,1 e 0,5 secondi. Questo è da ricondurre alla conformazione geologica e sismica del territorio dove il substrato alterato (spesso alcune decine di metri), caratterizzato da un modulo elastico elevato, ma da velocità delle onde sismiche non altrettanto elevate, intrappolano le onde sismiche amplificandone le basse frequenze.

8. Bibliografia

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

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

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

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

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

M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). *Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra, 81-88.*

Brune, J.N. 1970. *Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes. Journal of Geophysical Research, Vol. 75, N. 26, pp. 4997-5009;*

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

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

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

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

Matini P., Sagri M., Coltella A. (2001) – *Neogene-Quaternary basin of the inner Apennine and Calabrian arc.*

G.B. Vai and I.P. Martini (eds.), “*Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent mediterranean basin*”. Kluw Accad. Pubbl. London, 375-400;

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

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

Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) - *Tyrrhenian basin and Apenninic arc: kinematic relation since Late Tortonian time. Memorie Società Geologica Italiana 45, 425-451.*

Principi G. e Treves B. (1984) – *Interpretazione attualistica del Sistema Corso-Appenninico. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennino. Memorie Società Geologica Italiana; 28, 549-576.* Valensise G. and Pantosti D., (Eds.), 2001 – *Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy;*

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

Dott. Geol. Giorgio Masotti, Dott. Geol. Alberto Fiori e Dott. Geol. Franco Sasso per la redazione del secondo livello di approfondimento.

Microzonazione sismica di secondo livello: Dott. Geol. Lorenzo Del maschio

Fogli CARG in scala 1:50000 e relativa descrizione

Siti web consultati:

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

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

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

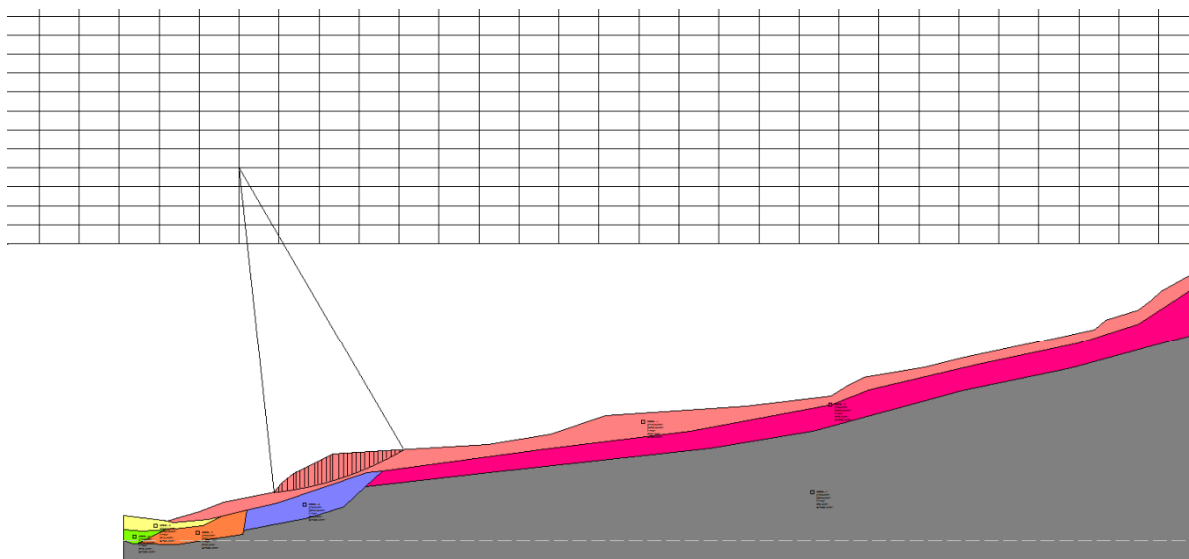
<http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet> Database terremoti;

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

Poggibonsi (SI), 30.08.2023

ALLEGATO 1

VERIFICA DI STABILITA' SULLA SEZIONE 5



Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.23089/10.654832
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	7.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-65.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	155.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	560.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	450.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	30.0
Numero di celle lungo y	30.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.6	2.46	0.25
S.L.D.	50.0	0.76	2.44	0.26
S.L.V.	475.0	1.8	2.44	0.29
S.L.C.	975.0	2.28	2.44	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.08	0.2	0.022	0.011
S.L.D.	1.368	0.2	0.0279	0.014
S.L.V.	3.0915	0.24	0.0757	0.0378
S.L.C.	3.7199	0.28	0.1062	0.0531

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.076

Coefficiente azione sismica verticale 0.038

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	13.11
2	19.99	10.58
3	22.68	10.24
4	39.42	15.24
5	51.89	20.24
6	78.31	25.24
7	82.41	30.24
8	88.32	35.24
9	99.47	40.24
10	108.83	45.24
11	189.56	50.24
12	222.21	55.24
13	250.76	65.24
14	324.27	70.24
15	368.25	75.24
16	376.13	80.24
17	385.48	85.24
18	417.31	90.24
19	436.34	95.24
20	483.6	105.24
21	505.92	110.24
22	511.33	115.24
23	528.4	120.24
24	535.13	125.24
25	540.21	130.24
26	558.53	140.24

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	13.11
2	19.99	10.58
3	25.71	9.33
4	43.62	11.12
5	51.19	12.92
6	64.17	16.0
7	79.71	19.69
8	126.68	35.35
9	134.86	36.46
10	222.21	48.24
11	295.12	56.86
12	368.71	70.98
13	388.5	78.75
14	445.16	92.04
15	496.91	102.93
16	528.62	112.93
17	558.53	132.43

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	6.03
2	9.76	5.2
3	21.82	5.83
4	26.52	6.07
5	40.88	7.73
6	51.19	12.92
7	64.17	16.0
8	79.71	19.69
9	126.68	35.35
10	134.86	36.46
11	222.21	48.24
12	295.12	56.86
13	368.71	70.98
14	388.5	78.75
15	445.16	92.04
16	496.91	102.93
17	528.62	112.93
18	558.53	132.43

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	4.77	-1.3
3	6.93	-1.35
4	21.82	5.83
5	26.52	6.07
6	40.88	7.73
7	51.19	12.92
8	64.17	16.0
9	79.71	19.69
10	126.68	35.35
11	134.86	36.46
12	222.21	48.24
13	295.12	56.86
14	368.71	70.98
15	388.5	78.75

16	445.16	92.04
17	496.91	102.93
18	528.62	112.93
19	558.53	132.43

Vertici strato 4

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	4.77	-1.3
3	6.93	-1.35
4	27.74	-1.78
5	62.1	3.41
6	62.45	5.57
7	64.17	16.0
8	79.71	19.69
9	126.68	35.35
10	134.86	36.46
11	222.21	48.24
12	295.12	56.86
13	368.71	70.98
14	388.5	78.75
15	445.16	92.04
16	496.91	102.93
17	528.62	112.93
18	558.53	132.43

Vertici strato 5

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	4.77	-1.3
3	6.93	-1.35
4	27.74	-1.78
5	62.1	3.41
6	62.45	5.57
7	96.19	12.02
8	114.37	17.55
9	125.78	28.08
10	134.86	36.46
11	222.21	48.24
12	295.12	56.86
13	368.71	70.98
14	388.5	78.75
15	445.16	92.04
16	496.91	102.93
17	528.62	112.93
18	558.53	132.43

Vertici strato 6

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	4.77	-1.3
3	6.93	-1.35
4	27.74	-1.78
5	62.1	3.41
6	62.45	5.57
7	96.19	12.02
8	114.37	17.55
9	125.78	28.08
10	186.38	35.04

11	304.91	48.21
12	359.15	56.93
13	436.59	78.24
14	493.04	90.1
15	558.53	107.86

Coefficienti parziali azioni

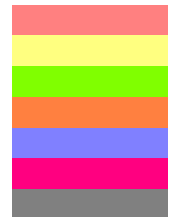
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	20	60	22	18.5	20.5	
2	15	60	25	18.5	20.5	
3	70	200	35	22	22.5	
4	70	200	35	22	22.5	
5	70	200	35	22	22.5	
6	70	200	35	22	22.5	
7	0	300	45	23	23	



Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	0.99
Ascissa centro superficie	60.0 m
Ordinata centro superficie	194.33 m
Raggio superficie	170.05 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 60.00 yc = 194.333 Rc = 170.053 Fs=0.992

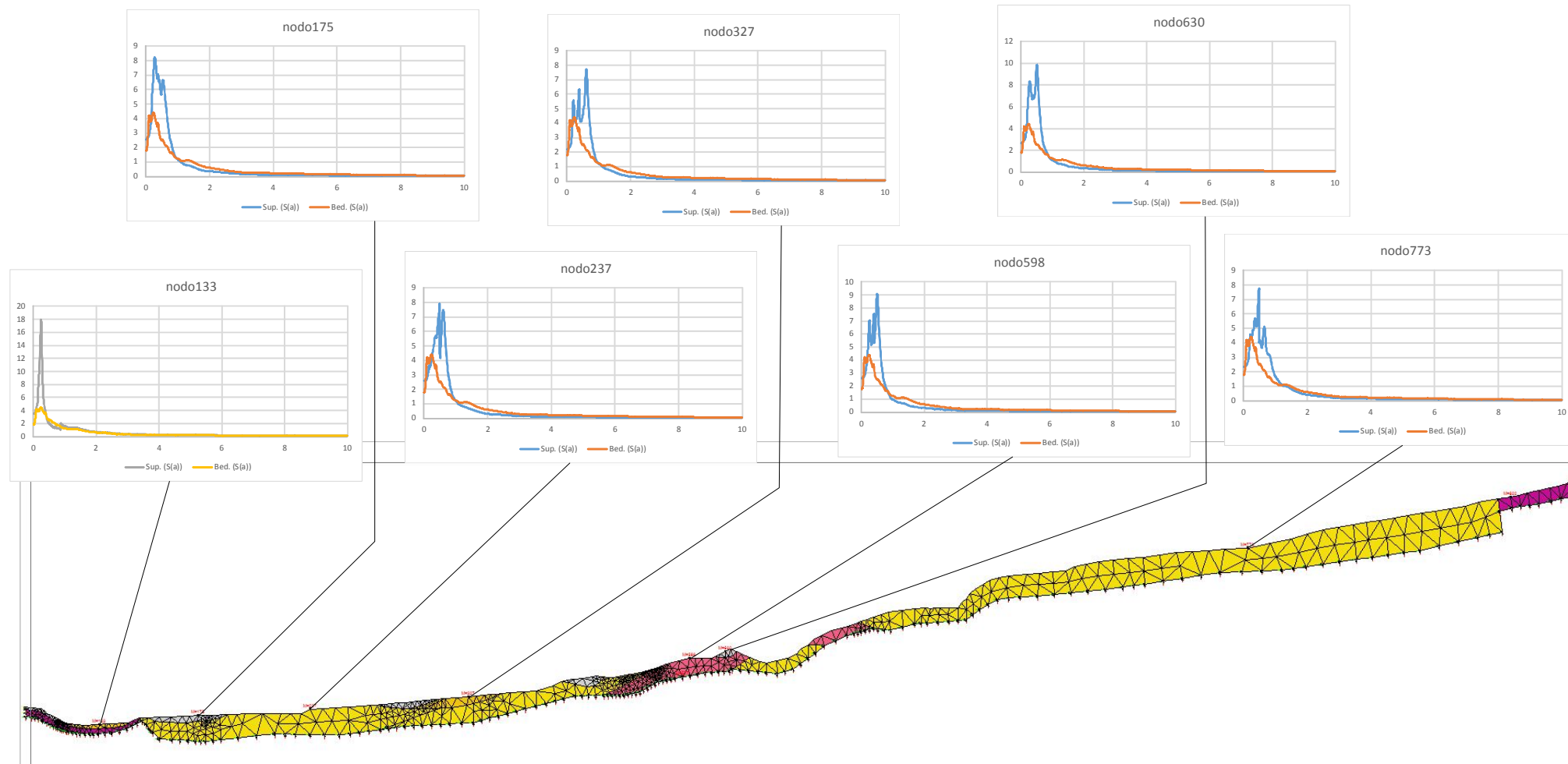
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	2.25	6.6	2.26	57.44	4.37	2.18	60.0	0.0	0.0	42.0	137.9
2	1.83	7.3	1.84	130.25	9.9	4.95	60.0	0.0	0.0	117.1	112.2
3	2.67	8.0	2.7	297.39	22.6	11.3	60.0	0.0	0.0	277.3	165.0
4	3.23	9.0	3.27	495.71	37.67	18.84	60.0	0.0	0.0	470.5	200.4
5	1.27	9.8	1.29	227.55	17.29	8.65	60.0	0.0	0.0	217.5	78.9
6	2.25	10.4	2.29	425.89	32.37	16.18	60.0	0.0	0.0	407.6	140.6
7	2.25	11.2	2.29	452.62	34.4	17.2	60.0	0.0	0.0	434.0	141.4

8	2.25	11.9	2.3	477.89	36.32	18.16	60.0	0.0	0.0	459.0	142.1
9	3.14	12.9	3.22	706.79	53.72	26.86	60.0	0.0	0.0	680.5	199.9
10	1.36	13.7	1.4	320.62	24.37	12.18	60.0	0.0	0.0	309.4	87.0
11	2.25	14.3	2.32	554.75	42.16	21.08	60.0	0.0	0.0	536.7	144.9
12	2.25	15.1	2.33	583.05	44.31	22.16	60.0	0.0	0.0	565.9	145.9
13	2.25	15.9	2.34	609.82	46.35	23.17	60.0	0.0	0.0	593.8	147.0
14	1.24	16.5	1.3	348.35	26.47	13.24	60.0	0.0	0.0	340.0	81.9
15	3.25	17.3	3.41	894.17	67.96	33.98	60.0	0.0	0.0	872.3	215.8
16	2.25	18.2	2.37	585.33	44.48	22.24	60.0	0.0	0.0	569.1	150.8
17	2.25	19.0	2.38	556.76	42.31	21.16	60.0	0.0	0.0	539.3	152.2
18	2.25	19.8	2.39	526.58	40.02	20.01	60.0	0.0	0.0	507.6	153.8
19	2.25	20.6	2.4	494.74	37.6	18.8	60.0	0.0	0.0	473.9	155.4
20	2.25	21.5	2.42	461.23	35.05	17.53	60.0	0.0	0.0	438.1	157.1
21	2.25	22.3	2.43	426.01	32.38	16.19	60.0	0.0	0.0	400.1	158.9
22	2.25	23.1	2.45	389.07	29.57	14.78	60.0	0.0	0.0	359.9	160.8
23	2.25	23.9	2.46	350.35	26.63	13.31	60.0	0.0	0.0	317.3	162.8
24	2.25	24.8	2.48	309.84	23.55	11.77	60.0	0.0	0.0	272.1	165.0
25	2.25	25.6	2.49	267.5	20.33	10.17	60.0	0.0	0.0	224.4	167.3
26	2.25	26.4	2.51	223.29	16.97	8.48	60.0	0.0	0.0	173.8	169.7
27	2.25	27.3	2.53	177.16	13.46	6.73	60.0	0.0	0.0	120.4	172.3
28	2.25	28.1	2.55	129.08	9.81	4.9	60.0	0.0	0.0	63.9	175.0
29	2.25	29.0	2.57	78.99	6.0	3.0	60.0	0.0	0.0	4.1	177.9
30	2.25	29.9	2.59	26.86	2.04	1.02	60.0	0.0	0.0	-59.2	180.9

ALLEGATO 2

SEZIONI SULLE QUALI SONO STATE ESEGUITE LE RSL2D

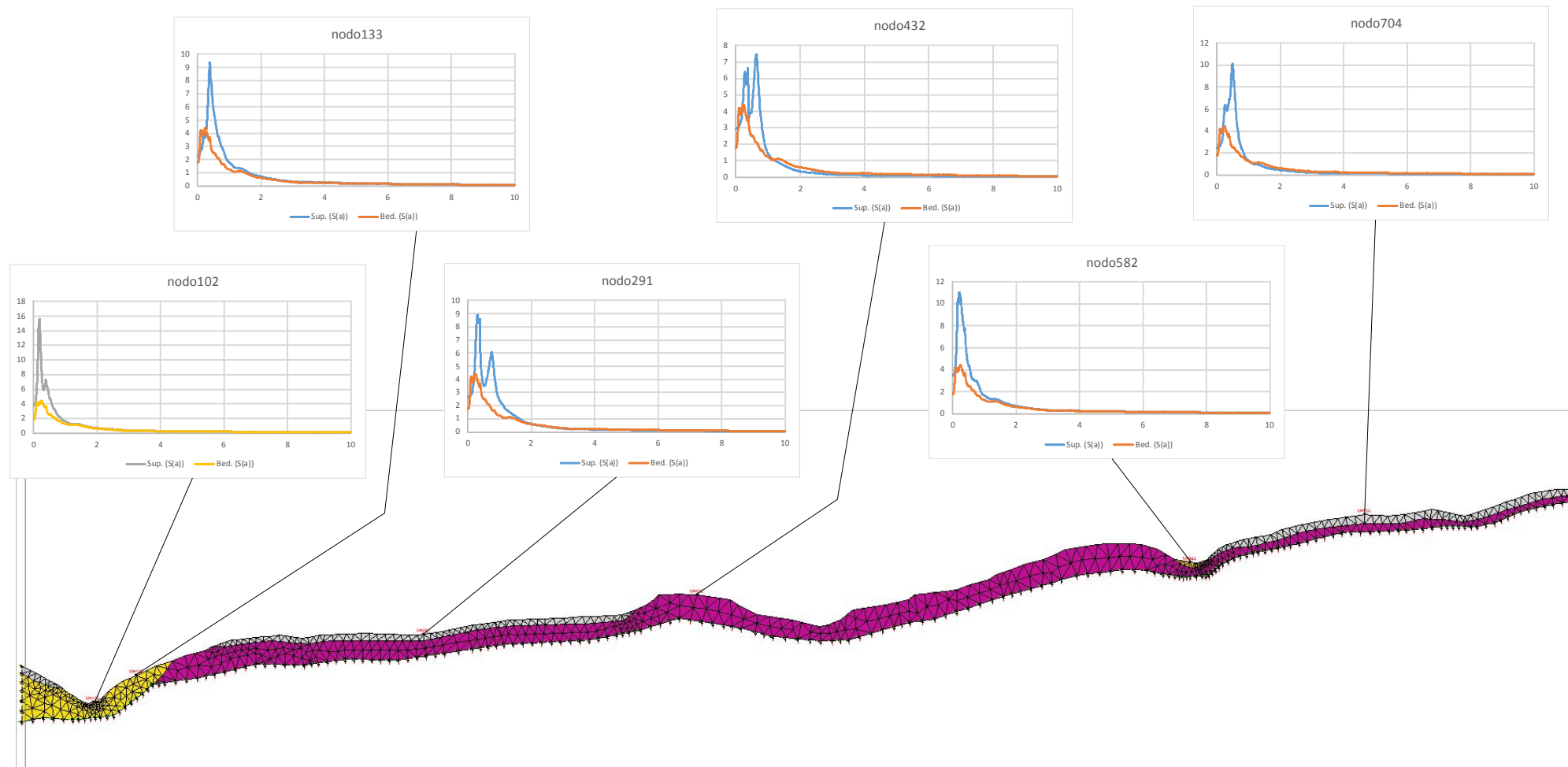
SEZIONE 1



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

SEZIONE 1
ELABORAZIONE RSL2D

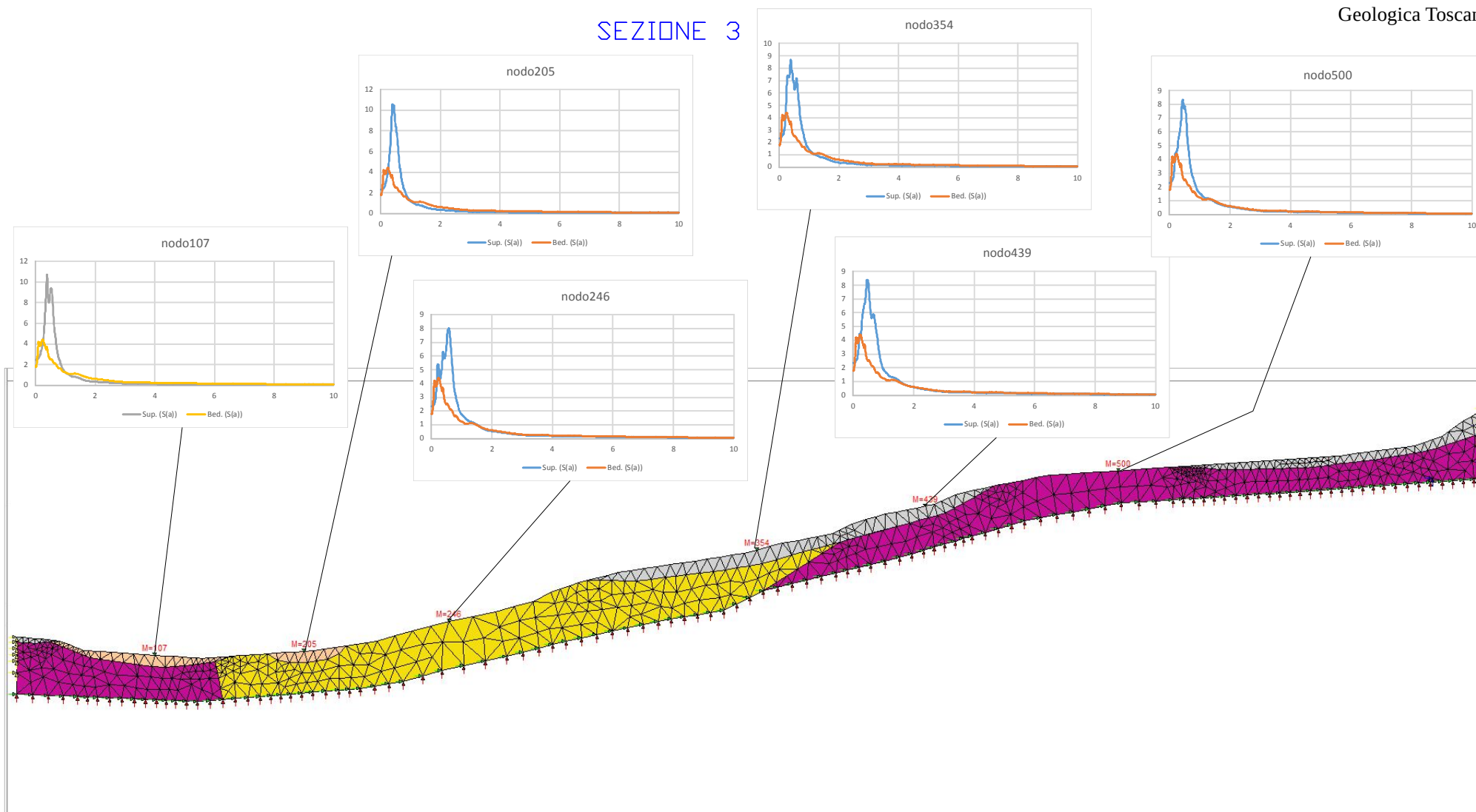
SEZIONE 2



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

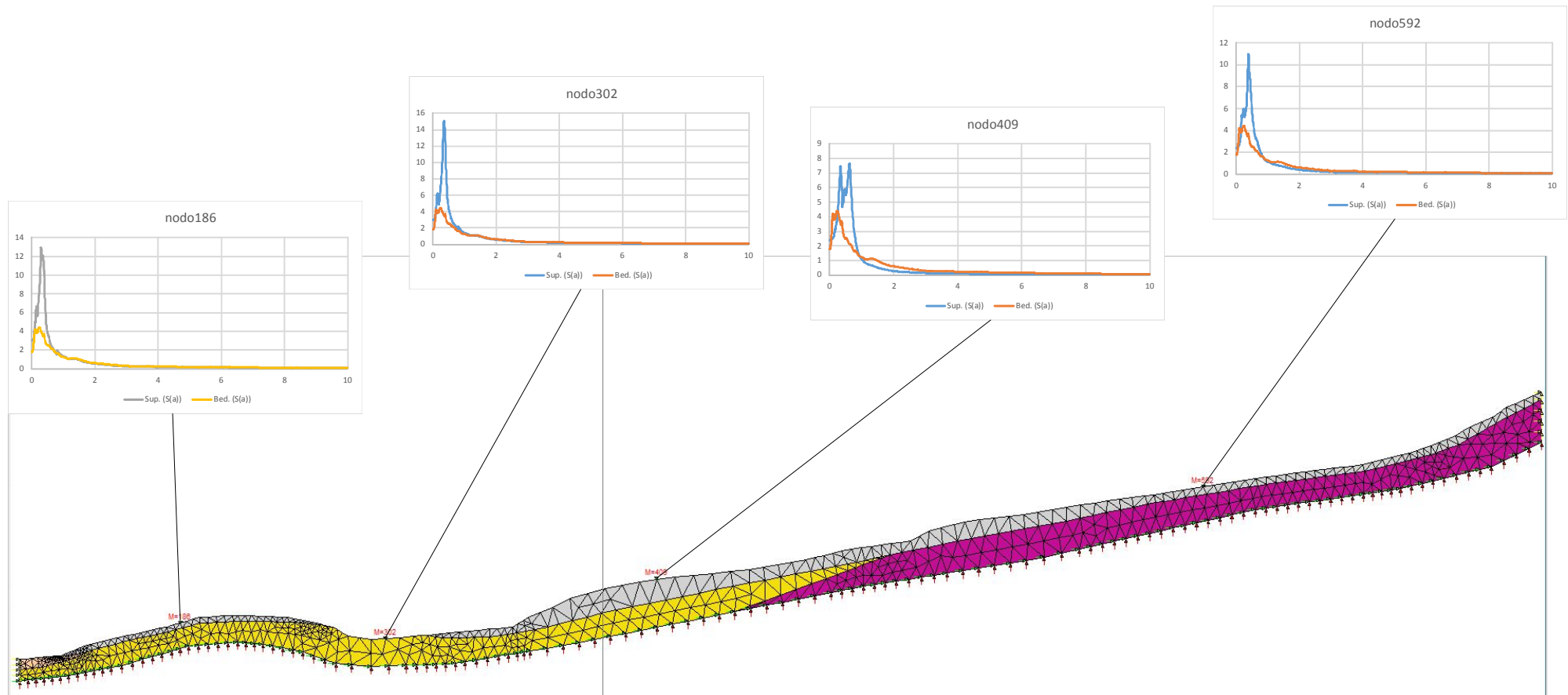
SEZIONE 2
ELABORAZIONE RSL2D

SEZIONE 3



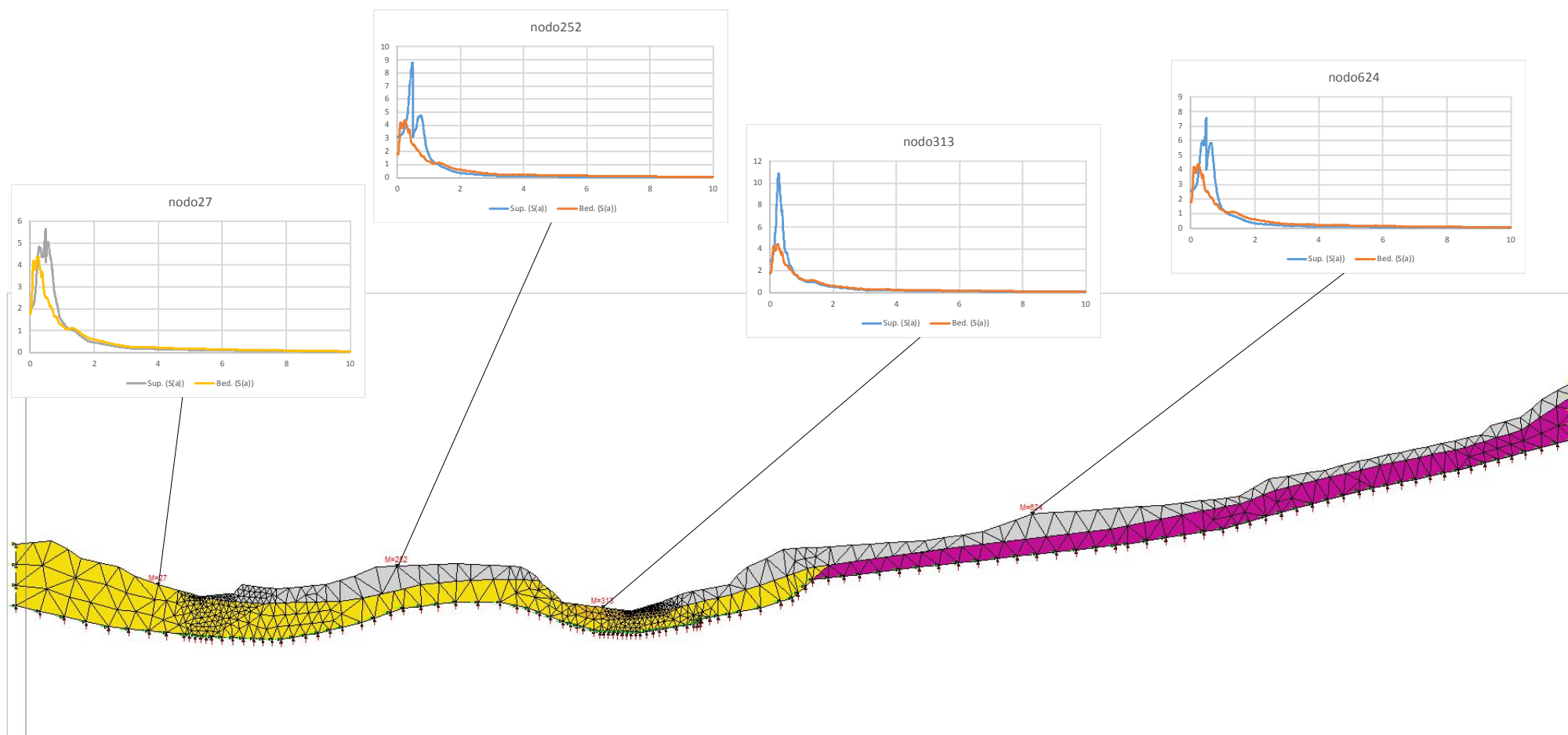
#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m ³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

SEZIONE 3
ELABORAZIONE RSL2D



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

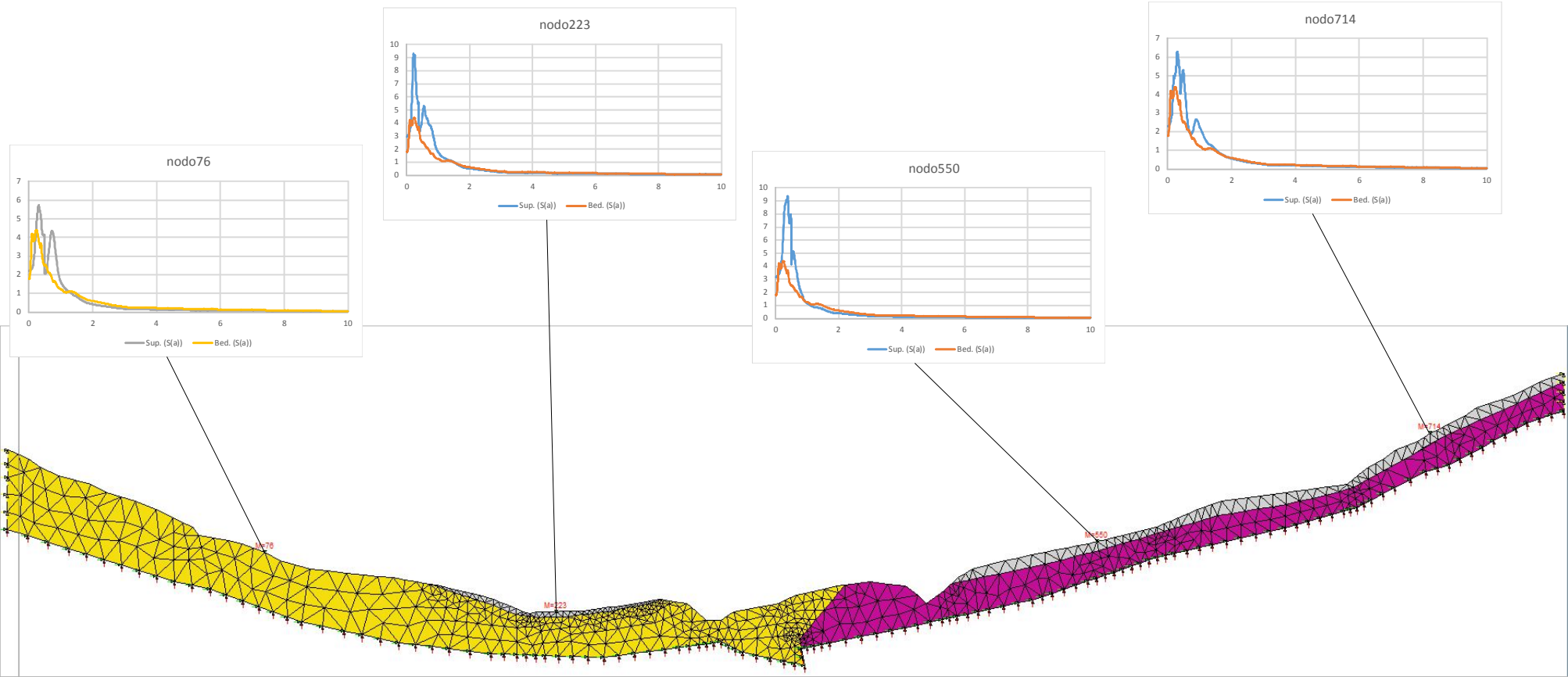
SEZIONE 5



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m ³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

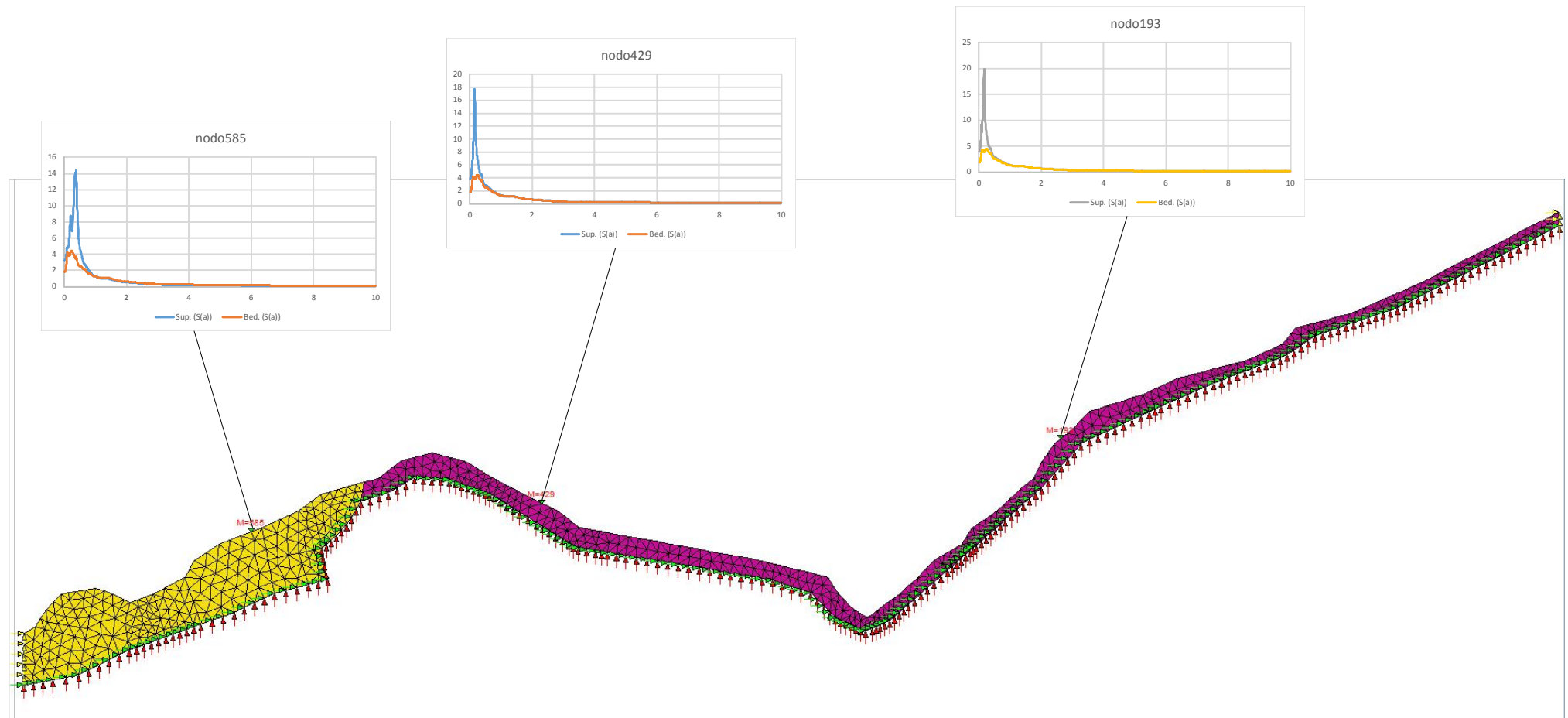
SEZIONE 5
ELABORAZIONE RSL2D

SEZIONE 6



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

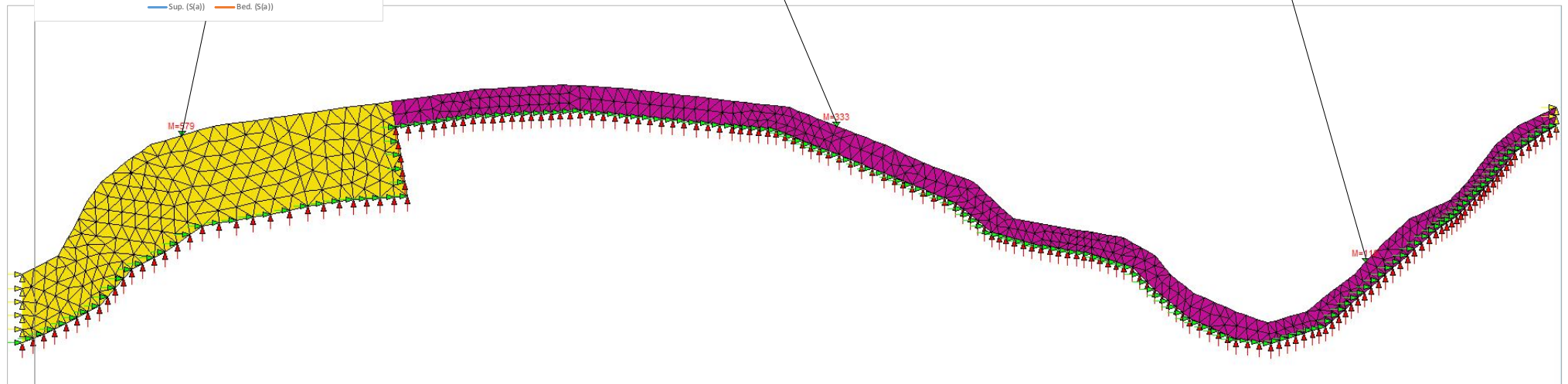
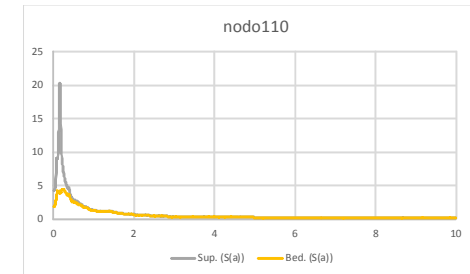
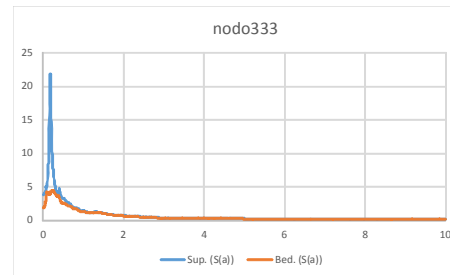
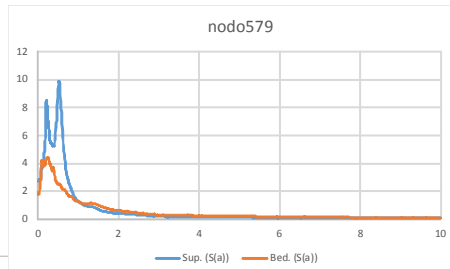
SEZIONE 7



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

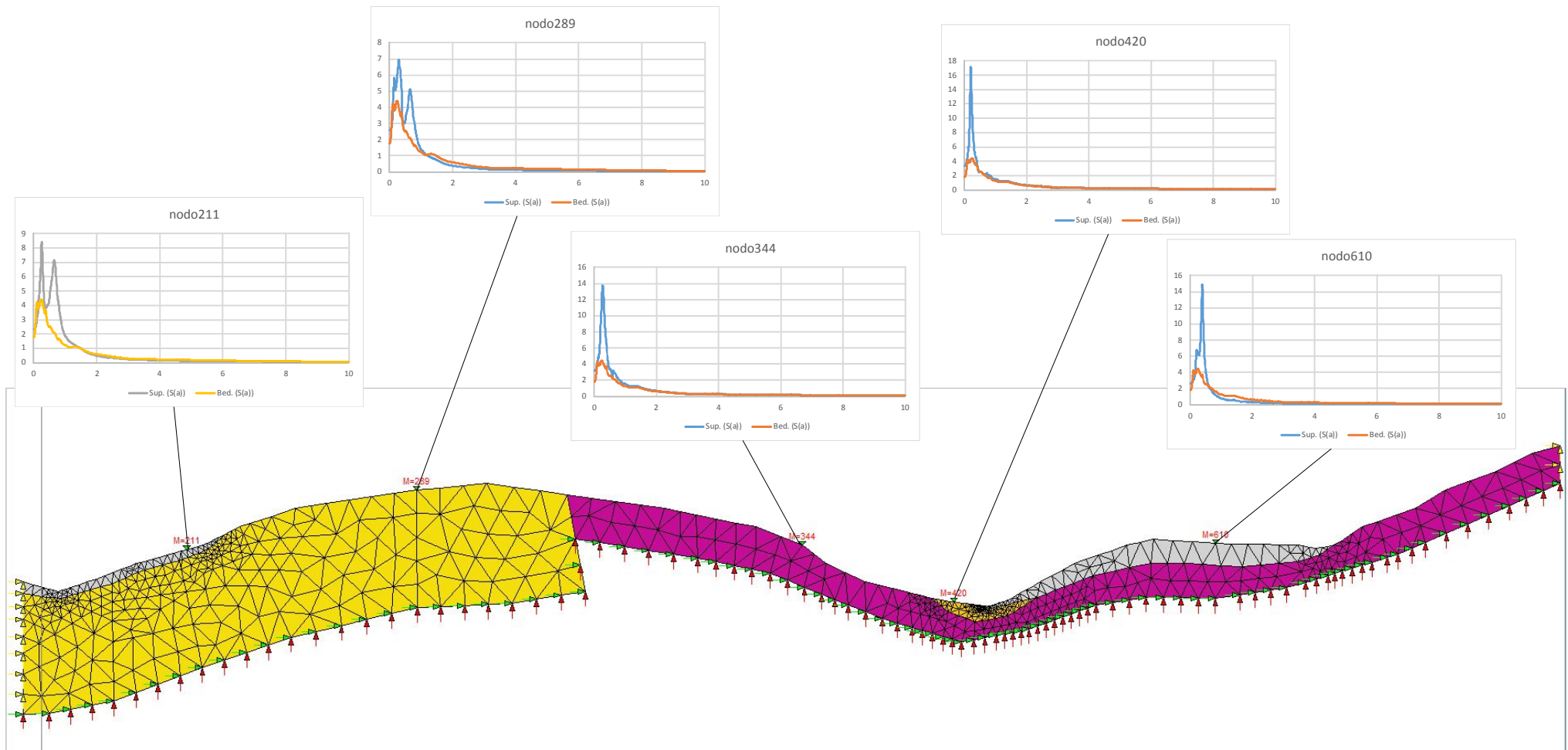
SEZIONE 7
ELABORAZIONE RSL2D

SEZIONE 8



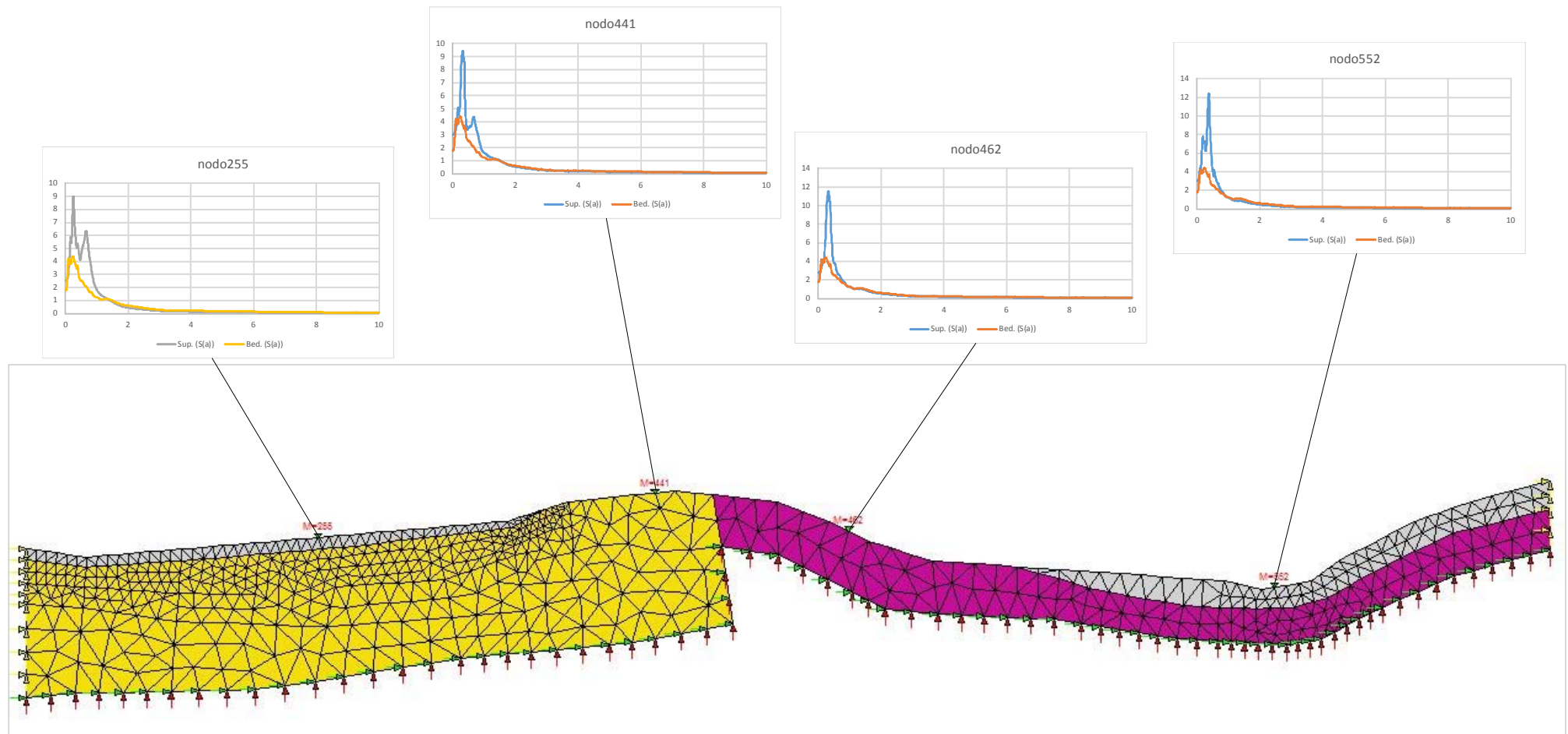
#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

SEZIONE 8 ELABORAZIONE RSL2D



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

SEZIONE 10



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		389000	0.41	18	139772.5	139772.5	0.02	276	742	curve_decadimento_web1
2	SM		150000	0.29	19	59314.48	59314.48	0.02	175	320	curve_decadimento_web1
3	GM		336000	0.34	19.5	127235	127235	0.02	253	520	Seed et al. (1986) Sand -
4	GC		552000	0.27	20	222018.3	222018.3	0.02	330	585	Seed et al. (1986) Gravel
5	SFCO		1695000	0.39	21	596785.3	596785.3	0.02	528	1234	EPRI_50-120ft
6	SFCOS		1061000	0.36	21	397653.5	397653.5	0.02	431	922	EPRI_50-120ft
7	SFALS		1367000	0.39	21	501465.4	501465.4	0.02	484	1138	Seed et al. (1986) Gravel

SEZIONE 10
ELABORAZIONE RSL2D