



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

# MICROZONAZIONE SISMICA di 3<sup>^</sup> livello

## Relazione Illustrativa

### Regione Veneto Comune di Mussolente (VI)

Regione del Veneto

Soggetto realizzatore  
dott. geol. Livio Sartor

Settembre 2022



<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
2.1 ZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE.....	4
2.2 TERREMOTI DI RIFERIMENTO.....	7
2.2 FAGLIE ATTIVE E CAPACI, E SORGENTI SISMOGENETICHE RESPONSABILI DI TERREMOTI.....	11
2.3 PRINCIPALI FAGLIE NELL'AREA IN STUDIO.....	16
2.4 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DI DANNI PER EVENTI PASSATI.....	18
<b>3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....</b>	<b>21</b>
3.1 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE.....	21
3.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	23
<b>4. MICROZONAZIONE SISMICA.....</b>	<b>25</b>
4.1 FINALITA' DELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	25
4.2 ELABORATI CARTOGRAFICI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO.....	27
<b>5. CONCLUSIONE.....</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUZIONE

Lo studio di Microzonazione Sismica di terzo livello è stato eseguito ai sensi della DGRV n. 1572/2013 [*“Le Linee Guida di Microzonazione sismica vanno applicate agli studi di microzonazione sismica a corredo degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale (PAT, PI, e loro varianti)”*] e DGRV n. 899 del 28.06.2019 [*“Linee guida regionali per gli studi di Microzonazione sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Chiarimenti e precisazioni sulle modalità applicative. Studi di Microzonazione sismica direttive per l'applicazione dei livelli di approfondimento”*] e alla DGRV n.1381/2021 e alla circolare della Regione del Veneto n. 71886 del 16.02.2022.

La DGRV n.1572 del 03.09.2013 *“Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (DGR 71/2008, DGR 2877/2008, D.lgs. 163/2006 e abrogazione DGR n. 3308/08)”*, ha inserito il Comune di Mussolente (VI) (v. allegato B) nell'elenco dei comuni del Veneto che devono applicare le linee guida per gli studi di microzonazione sismica.

La Microzonazione sismica del territorio è la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di aree caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, in quanto lo scuotimento sismico può provocare scuotimenti differenti in funzione alla morfologia superficiale e sepolta, e alla tipologia e spessori dei terreni di copertura del “bedrock” sismico. Di conseguenza si possono verificare danneggiamenti su fabbricati con le stesse caratteristiche strutturali, posti a poche decine di metri, e aventi caratteristiche geologico-sismiche differenti. In fase di pianificazione territoriale la Microzonazione sismica permette di:

- definire gli interventi ammissibili nelle varie aree e le priorità d'intervento;
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento per salvaguardare strutture e infrastrutture esistenti da collasso in caso di sisma.

La **presente relazione è stata redatta ai sensi della DGRV 1572/2013**, che prevede quanto segue:

- **1° LIVELLO:** *si applica in sede di PAT e consente di delineare gli scenari della pericolosità sismica ed identifica le parti del territorio comunale suscettibili di effetti sismici locali: amplificazione del moto sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, liquefazione, rottura del terreno, ecc.;*
- **2° LIVELLO:** *si applica in sede di PI a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio che comportano un incremento dei carichi urbanistici/insediativi e per il territorio compreso nel perimetro del centro abitato così come previsti dalla normativa vigente;*
- **3° LIVELLO:** *si applica in sede di PI per le scelte di trasformazione urbanistica nelle aree con particolari criticità geologiche, geomorfologiche e geotecniche. Si applica altresì alle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

Nell'allegato A della DGRV 1572/2013 si afferma che: *“...per l'elaborazione del primo e secondo livello di approfondimento è preferibile adottare una piattaforma GIS ed utilizzare gli standard di rappresentazione ed archiviazione informatica promulgate dalla Commissione Tecnica Nazionale per la Microzonazione Sismica”*.

Per la stesura di questo lavoro, si è fatto riferimento perciò agli *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione sismica”* della Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica, alle linee guida della DGRV 1572/2013.

Gli elaborati cartografici realizzati sono i seguenti:

- Carta delle Indagini;
- Carta della pericolosità sismica locale;
- Carta delle frequenze naturali dei depositi;
- Carta della Microzonazione sismica di terzo livello (Fa);
- Carta della Microzonazione sismica di terzo livello (Fv).

Le aree soggette a instabilità per faglie attive e capaci (FAC) sono in corso di studio specialistico.

La presente relazione ottempera anche al DM 17.01.2018, alla normativa tecnica del PAT, e all'art.89 del DPR 380/2001.

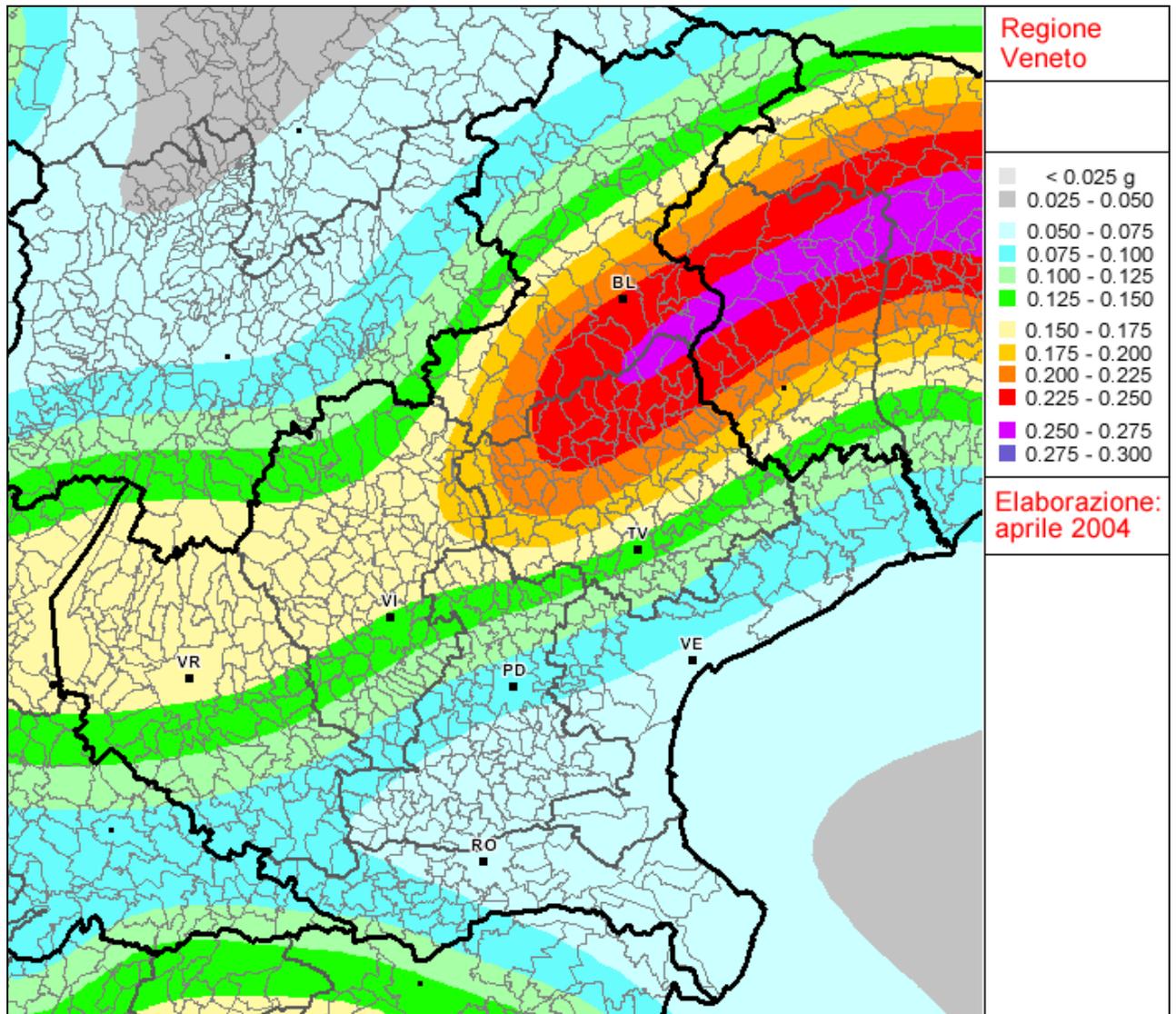
## **2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO**

### **2.1 Zonazione sismica del territorio nazionale**

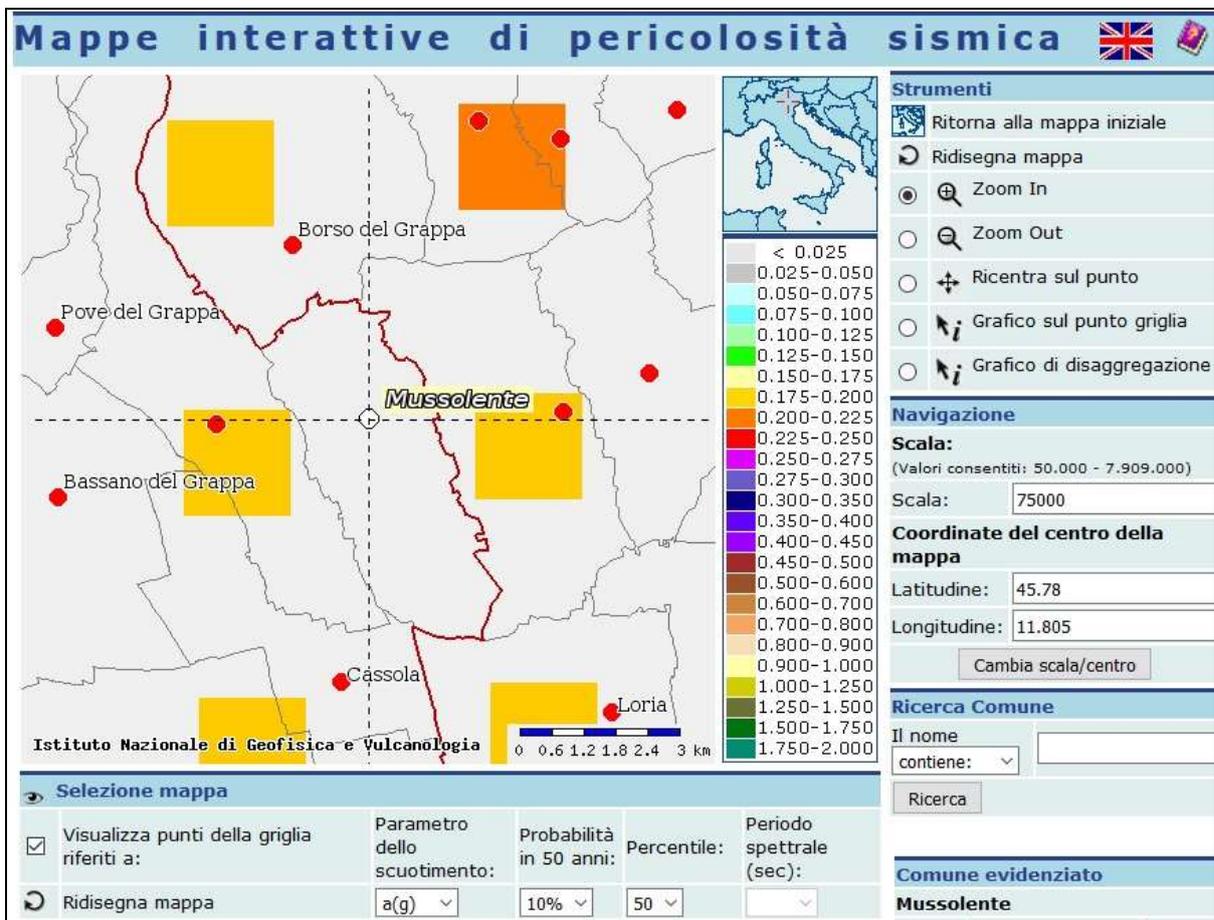
#### ➤ Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Con la nuova normativa sismica, per definire l'azione sismica di progetto, si deve valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In alternativa si può utilizzare la classificazione dei terreni presente nelle "Norme tecniche per le Costruzioni" (dm 14.01.2008), basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_s$  entro 30 metri di profondità. Un modello di riferimento per la descrizione del moto sismico sul piano di fondazione è costituito dallo spettro di risposta elastico, altro modello consiste nel descrivere il moto del suolo mediante accelerogrammi. Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita allo smorzamento convenzionale del 5% e considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima convenzionale del terreno fondale "ag" che caratterizza il sito. Nella espressione dello spettro di risposta elastico, sia nella sua componente orizzontale che verticale, assume importanza non solo il parametro "ag" ma anche "S", quest'ultimo è il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione in funzione alla velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi trenta metri di profondità, e della componente di amplificazione topografica del sito.

Con l'OPCM n. 3519 del 28.04.2006 e DGRV n.71/2008 si approva la "Mapa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $ag_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/sec). Il valore di "ag", per il Comune di Mussolente, in zona "2", riferita a suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/s) varia da 0,175g a 0.200g.



**Fig. 1 -** Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{g \max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/sec)



**Fig. 2: Mappa della pericolosità sismica relativa al territorio comunale di Mussolente espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{g \max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/sec)**

➤ Carta delle zone sismogenetiche ZS9

Oltre alla “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” è stata redatta la “*Carta delle zone sismo genetiche ZS9*”, che suddivide il territorio italiano in 36 zone, in base a un modello cinematico che sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di simulazioni. Le zone sismogenetiche sono state definite in base a uniformità dello stile deformativo e della congruenza cinematica con il modello deformativo.

In base alla cartografia ZS9 (v. fig. 3). Le aree del trevigiano settentrionale possono essere associate alle zone 905 e 906, caratterizzate da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; la zona 905 include sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo  $M > 6$ , e racchiude un’area in cui la frequenza di eventi sismici (anche di magnitudo medio-alte) è nettamente superiore a quella delle zone adiacenti. La zona 905 comprende anche la sorgente del Montello (potenzialmente responsabile di terremoti con  $M > 6$ ), che, in base ai dati attualmente disponibili, è definita come “silente” (cioè mancano, nei cataloghi disponibili, terremoti storici con magnitudo prossima a quella massima attesa). La zona 906 interessa l’area che va da Bassano del Grappa fino a Verona.

Il potenziale sismico di tutta l’area compresa circa tra Thiene, Carmignano sul Brenta, Treviso, Oderzo e Revine, resta in ogni caso ancora piuttosto controverso, e si moltiplicano gli studi per comprendere la relativa assenza di sismicità su faglie ritenute capaci di generare forti terremoti. Sono attualmente in corso monitoraggi specifici per caratterizzare la deformazione geodetica e la microsismicità.

Tutte le zone sismo genetiche vengono considerate omogenee ai fini della probabilità di accadimento degli eventi sismici e in rapporto agli epicentri noti, ne consegue che non esiste l'effetto distanza. L'ICMS 2008 al paragrafo 2.8.2 stabilisce che può essere utilizzato, a favore della sicurezza, per alcune tipologie di verifiche (es. liquefazione), la magnitudo attesa massima della zona sismogenetica di appartenenza. Per le aree 905 e 906 la magnitudo massima attesa è  $M_{wmax} = 6.60$ .

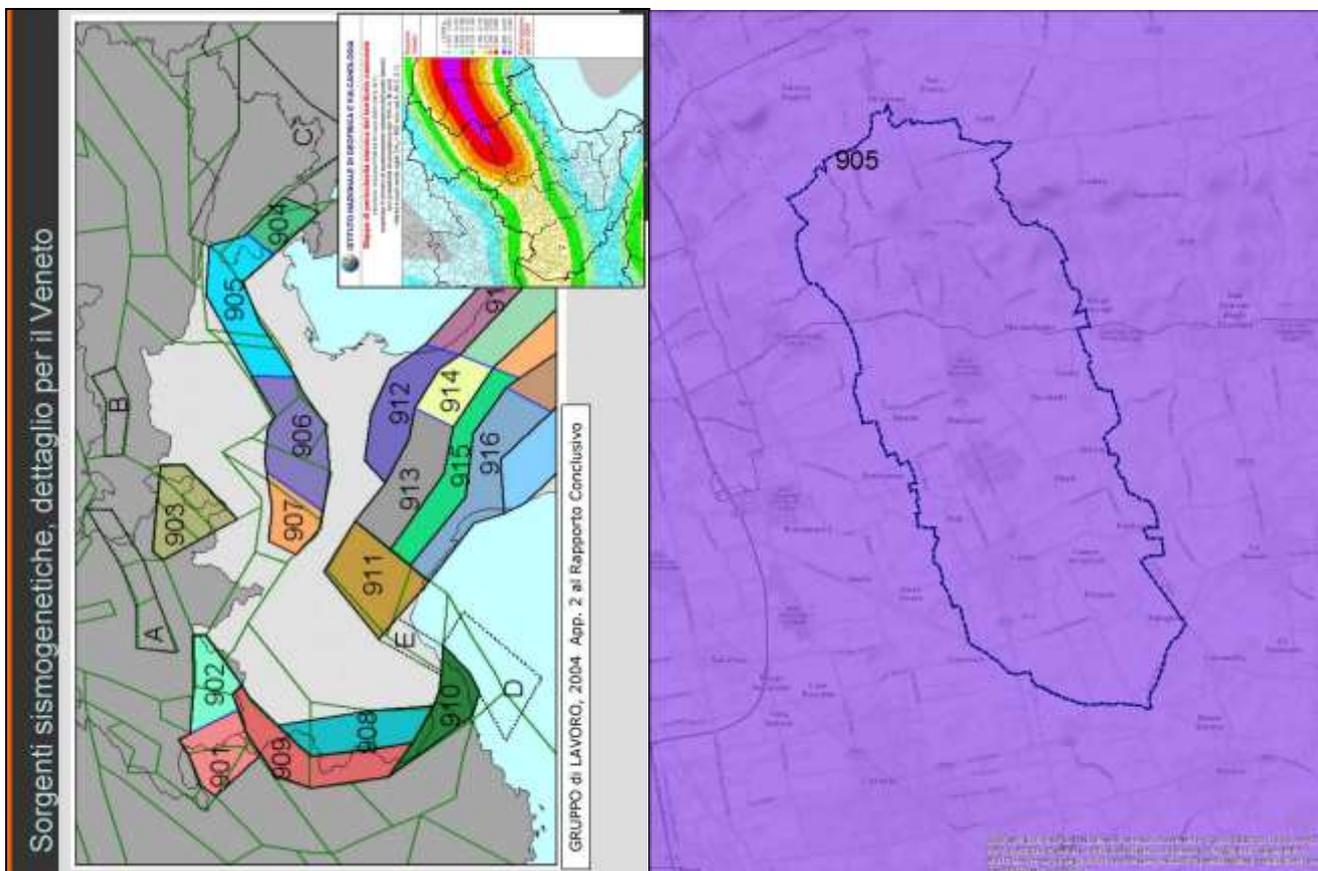


Fig. 3: Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto

## 2.2 Terremoti di riferimento

Nel 2004 è stato aggiornato il Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI04 – catalogo dei terremoti dal 217 a.C. al 2002 ) da parte di INGV; dall'analisi di questo catalogo possiamo rilevare che i terremoti aventi epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Mussolente e con magnitudo  $M_{aw} \geq 5$  è quello dell'anno 1695 nell'Asolano con  $M_{aw}=6.61$ .

La legenda della Tab. 1 è la seguente:

- **N** numero progressivo dei terremoti presenti nel catalogo CPTI04;
- **Tr** tipi di informazione che è alla base dei parametri;
- **Tempo origine (Anno, Me, Gi, Or, Mi, Se)** data in cui è avvenuto il sisma;
- **AE** denominazione dell'area dei massimi effetti;
- **Rt** codice dell'elaborato di riferimento;
- **Np** numero dei punti di intensità;
- **Imax** intensità massima;
- **Io** intensità epicentrale
- **Lat, Long** coordinate in gradi sessadecimali del luogo dell'epicentro;
- **Magnitudo** sono state indicate tre alternative di magnitudo:  $M_{aw}$  con errore  $D_{aw}$  e tipologia di stima  $TW$ ,  $M_{as}$  (calcolata sulle onde superficiali) con errore  $D_{as}$  e tipologia

di stima *TS*, e infine *Msp* (da utilizzare nella relazione di attenuazione di Sabetta Pugliese) con errore *Msp* e tipologia di stima *Dsp*.

- **ZS9** è la zona sorgente cui l'evento è associato, secondo la zonazione sismogenetica ZS9, descritta nell'appendice 2 del rapporto conclusivo.

CPTI04 - Risultato dell'interrogazione per parametri																													
Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:																													
Area circolare con centro E (45.779, 11.801) e raggio 30 km con valore Io tra 1 e 11																													
N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	RE	Rt	Mp	Troc	To	TI	Lat	Lon	TL	Haz	Bas	TU	Maw	Bas	T5	Msp	Dsp	ZS9	T2	Mcft	Nst	Ncpt
55	DI	1268	11	4				Trevigiano	CPTI	4	80	75		45.79	12.08	A	5.37	0.30		5.10	0.45		5.27	0.42	905	G	117	197	55
126	DI	1403	1	17				Verona	CPTI	5	65	60		45.8	11.6	A	4.82	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	G	170	235	126
415	DI	1695	2	25	5	30		Asolano	CPTI	82	100	95	M	45.8	11.95	A	5.61	0.11		5.61	0.11		5.61	0.11	905	G	276	204	415
550	CP	1756	2	25	21			BOGN'	POSSE					45.78	11.75		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	906	G		201	550
813	DI	1836	6	12	2	30		BARBANO	DOM	26	80	75		45.807	11.823	A	5.48	0.13		5.26	0.19		5.42	0.18	906	G	389	207	813
909	CP	1857	3	10	3			PIEVE DI SOLIGO	POSSE					45.9	12.1		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	905	G		208	909
918	DI	1859	1	20	7	55		COLLALTO	DOM	36	70	55		45.893	12.103	A	4.97	0.16		4.50	0.24		4.71	0.22	905	G	411	209	918
924	CP	1860	7	19	15	38		VALDOBBIADENE	POSSE					45.9	12.05		5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	905	G		211	924
928	CP	1861	5	19	19	45		CASTELFRANCO	POSSE					45.75	11.917		5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	905	G		212	928
1130	CP	1887	4	14	1	11	6	ASOLO	POSSE					45.8	11.917		5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	905	G		217	1130
1218	DI	1894	11	28				FONZASO	DOM	11	65	65		46.006	11.821	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	906	G		219	1218
1291	DI	1895	6	10	1	47		VALDOBBIADENE	DOM	73	65	65		45.943	12.073	A	5.05	0.15		4.64	0.22		4.84	0.20	905	G		220	1291
1273	CP	1897	6	11	11	40	52	MONTRELLUMA	POSSE					45.817	12.033		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	905	G		221	1273
1325	DI	1900	3	4	16	55		VALDOBBIADENE	DOM	99	65	60		45.85	12.067	A	5.22	0.10		4.88	0.15		5.06	0.14	905	G		222	1325
1685	CP	1919	7	12	12	6		ASOLO	POSSE					45.8	11.917		4.98	0.09		4.52	0.13		4.73	0.12	905	G		223	1685
1723	DI	1921	9	12				ASOLO	DOM	3	40	40		45.77	11.768	A	4.83	0.14		4.29	0.21		4.52	0.19	906	G		224	1723
1793	CP	1922	11	8	10	28	29	FELTRE	POSSE					46	12		4.78	0.15		4.23	0.22		4.46	0.20	905	G		225	1793
1951	CP	1940	1	3	19	15		FONZASO	POSSE					46.033	11.8		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	A		228	1951
1987	DI	1943	7	24	1	44		VALDOBBIADENE	DOM	29	70	65		45.986	11.894	A	5.18	0.09		4.82	0.13		5.01	0.12	906	G		229	1987
1991	CP	1943	11	15	8	30		FONZASO	POSSE					46.017	11.8		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	A		230	1991

Numero di record estratti: 28

**Tab. n.1 - Terremoti avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Mussolente, con magnitudo da  $3.92 \leq Maw \leq 7.41$  (dal catalogo CPTI04)**

Il sisma con maggiore intensità negli ultimi 2000 anni, con epicentro entro i 30 km circa di raggio è avvenuto il 25.02.1695 nell'asolano (il CPTI 15 lat. 45,861, long. 11,910 poco a Sud del cimitero di Cavaso del Tomba) con intensità epicentrale di 10 e magnitudo  $Mw=6.4 \pm 0.10$ . Il DBMI11 dell'INGV (Database Macrosismico Italiano 2011) di Tav.4 e 5 evidenziano la distribuzione delle intensità sismiche (scala MCS-Mercalli/Cancani/Sieberg1930) dei due terremoti di maggiore magnitudo (1695-1836), avvenuti nelle aree immediatamente vicine al sito d'interesse. Nella località di Mussolente è indicata un'intensità dell'ottavo grado della scala Mercalli, per il sisma del 1695.



Fig. 4 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1695 con epicentro a Cavaso del Tomba (TV).

Terremoto <b>1695 02 25 05:30 Asolano</b>				
Studio macros, <b>Guidoboni et al., 2007</b> [Np 82, I <sub>max</sub> 10]				
Epicentro	<b>CPTI11</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Mw 6.48</b>	
	<b>macro-sismico</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Mw 6.48</b>	
Località	Sc	Lat	Lon	I [MCS]
Alano di Piave		45.907	11.909	10
Altivole		45.753	11.956	10
Caselle		45.743	11.981	10
Quero		45.921	11.931	9-10
Vas		45.938	11.937	9-10
Segusino		45.918	11.954	9-10
Campo		45.915	11.921	9-10
Castelcucco		45.831	11.884	9-10
Cavaso del Tomba (Caniezza)	MS	45.863	11.899	9-10
Colmirano		45.911	11.916	9-10
Fener		45.904	11.942	9-10
Asolo		45.801	11.914	9
Borso del Grappa		45.820	11.796	9
Coste		45.802	11.961	9
Crespignaga		45.797	11.944	9
Fonte		45.800	11.863	9
Pederobba		45.877	11.952	9
Possagno		45.854	11.881	9
San Zenone degli Ezzelini		45.779	11.839	9
Cornuda		45.831	12.007	8-9
Crespano del Grappa		45.827	11.838	8-9
Fietta		45.844	11.847	8-9
Liedolo		45.791	11.819	8-9
Maser		45.809	11.975	8-9
Monfumo		45.830	11.921	8-9
Paderno del Grappa		45.827	11.858	8-9
Pagnano		45.808	11.889	8-9
San Vito		45.755	11.912	8-9
Sant'Eulalia		45.817	11.815	8-9
Casella		45.789	11.915	8-9
Casoni		45.756	11.809	8
Muliparte		45.817	11.987	8
Mussolente		45.781	11.803	8
Nogarè		45.823	12.019	8
Romano d'Ezzelino		45.795	11.759	8
Semonzo		45.807	11.776	8
Valdobbiadene		45.901	11.996	8
Vicenza		45.549	11.549	8
Motta di Livenza		45.776	12.607	7-8
Bassano del Grappa		45.767	11.734	7-8
Marostica		45.744	11.657	7-8
Soave		45.418	11.248	7
Treviso		45.669	12.244	7
Castelfranco Veneto		45.671	11.926	7
Verona		45.438	10.994	7
Cologna Veneta		45.309	11.385	7
Vittorio Veneto [Vittorio]		45.982	12.305	7
Conegliano		45.887	12.298	7
Guastalla		44.921	10.654	7
Marsan		45.757	11.686	7
Montebelluna		45.776	12.045	7
Oderzo		45.781	12.494	7
Padova		45.407	11.876	7

**Tab. 2 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1695 con epicentro a Cavaso del Tomba (TV).**

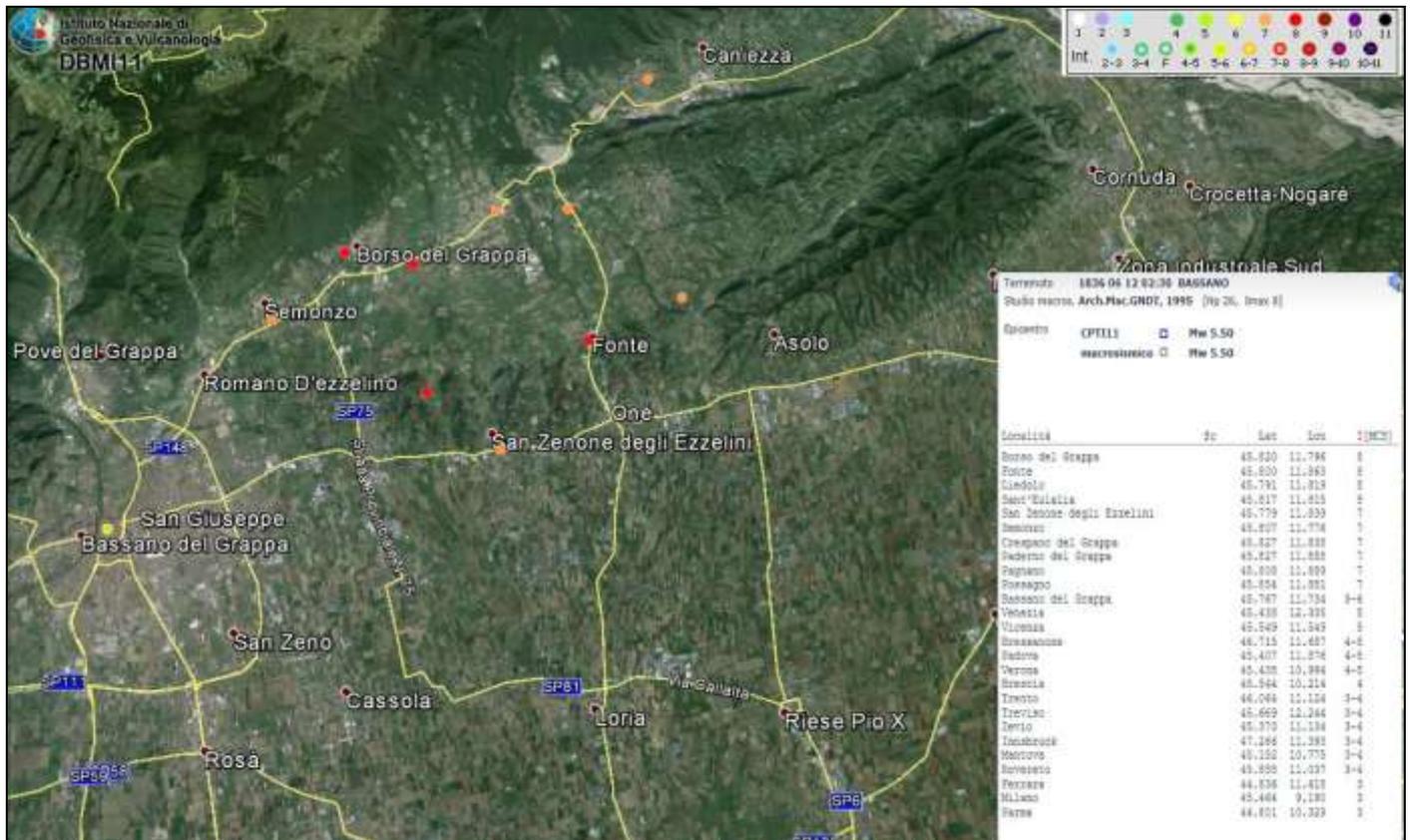
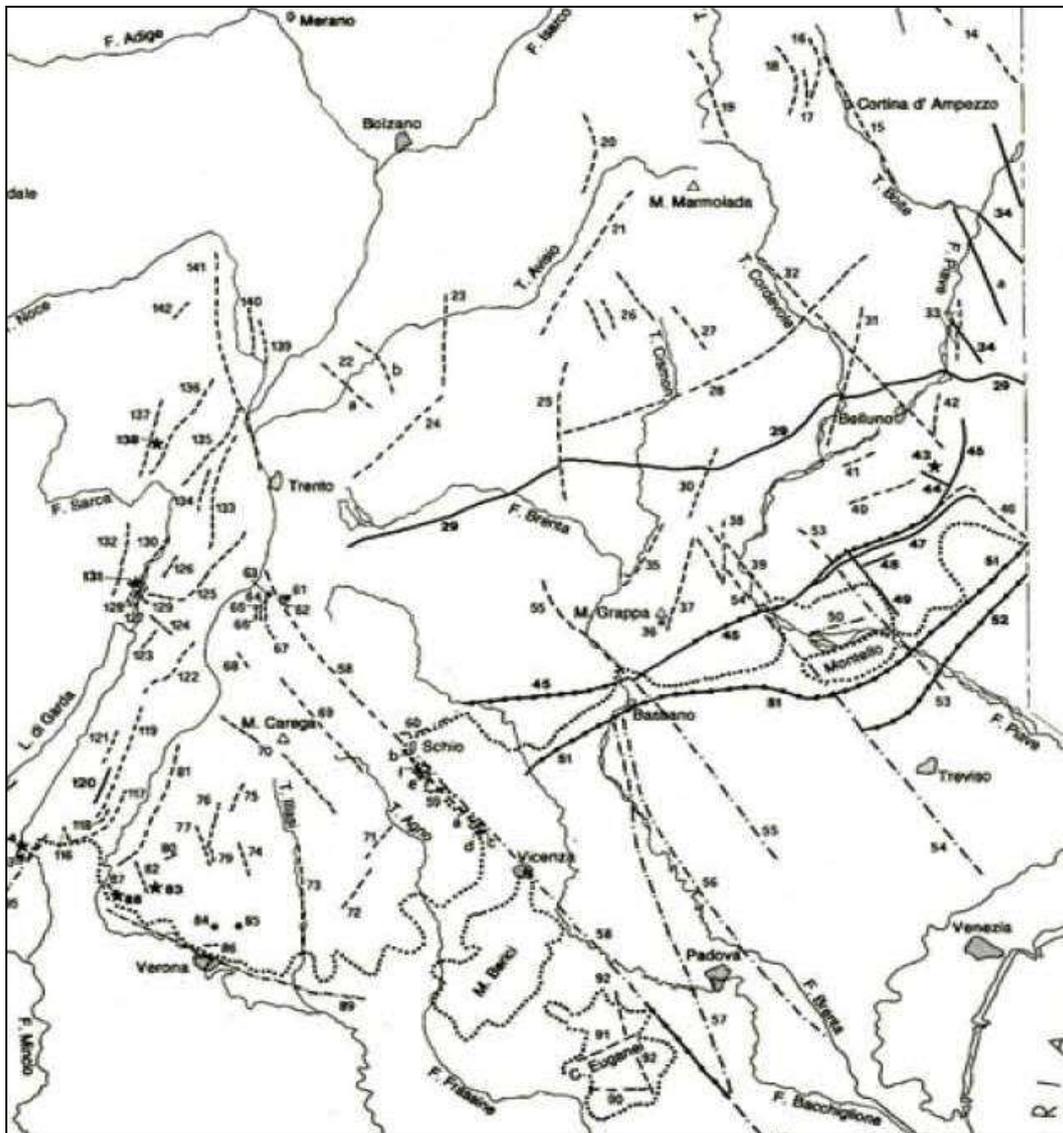


Fig. 5 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1836 con epicentro poco a Nord di Liedolo di S. Zenone degli Ezzelini (TV).

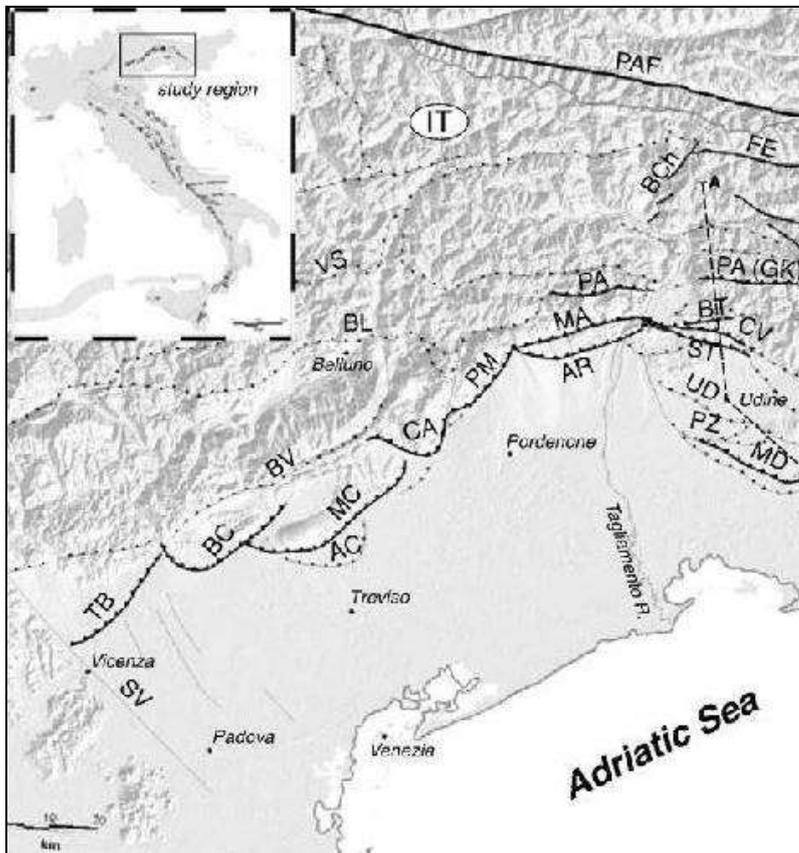
## 2.2 Faglie attive e capaci, e sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti

Il quadro sismotettonico disponibile sino alla metà degli anni '90 era dominato da un rilevante cilindrisimo, con fronti di accavallamento, ritenuti attivi durante il Quaternario nella loro interezza, senza evidenze di segmentazione (v. Fig.6 Castaldini-Panizza). Da Sud a Nord si trattava del sovrascorrimento di Sacile, di quello di Aviano, del Bassano-Valdobbiadene e a Nord della linea di Belluno-sovrascorrimento periadriatico. Verso la fine degli anni '90 sono iniziate delle ricerche geologico-strutturali, sul fronte pliocenico (7-1.5 milioni di anni fa) - quaternario (1.5 milioni all'attuale) nell'Italia Nord Orientale e sul suo potenziale sismogenetico; con tale studio sono stati ridefiniti l'architettura del fronte sepolto della pianura friulano-veneta, lo schema dei rapporti fra i sovrascorrimenti paleocenici dinarici WSW-vergenti e quelli neoalpini SSE-vergenti e il quadro dell'evoluzione miocenica superiore-quaternaria dell'area.

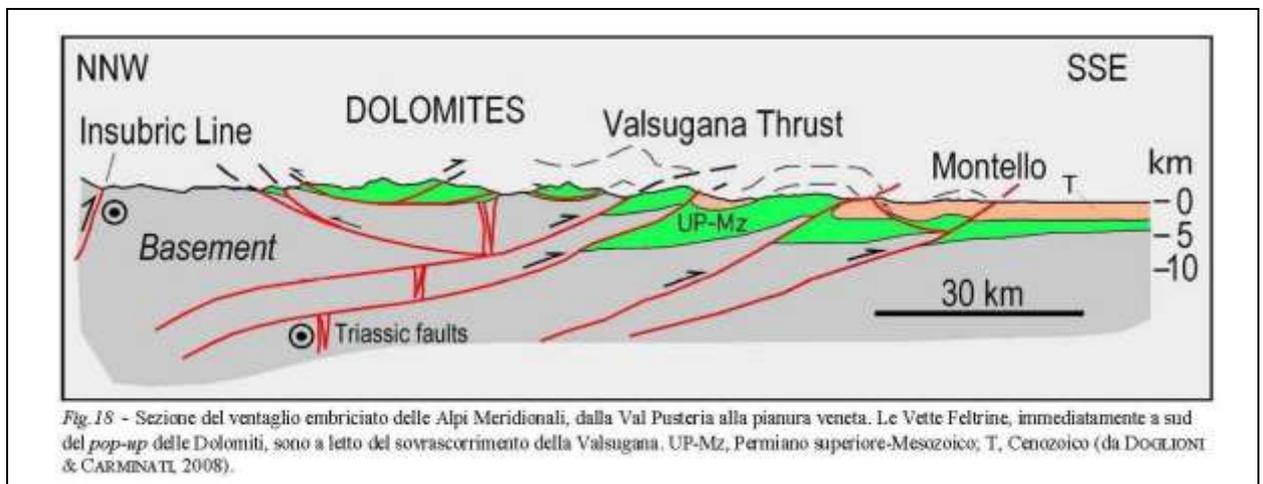


**Fig. 6 - Carta generale delle faglie attive del Sudalpino centro-orientale (da Castaldini-Panizza - 1991)**

Lo schema strutturale aggiornato del fronte pliocenico-quadernario (v. fig. 7) evidenzia la segmentazione del fronte stesso in un sistema di “thrust” arcuati, in massima parte ciechi e spesso caratterizzati da rampe oblique, mediante le quali un “thrust” si accavalla lateralmente su un altro. Analisi morfotettoniche e neotettoniche applicate a tali strutture hanno permesso in vari casi di datarne l’attività e di definirne la cinematica quadernaria.



**Fig. 7 - Schema strutturale semplificato del Sudalpino orientale (da Burrato e altri - 2009).**  
 Legenda: **BC**=sovrascorrimento Bassano-Cornuda; **BV**= sovr. Bassano-Valdobbiadene;  
**TB**= sovr. Thiene- Bassano; **MC**: sovr. Montello-Conegliano; **AC**: sovr. Arcade.



*Fig. 18 - Sezione del ventaglio embriacato delle Alpi Meridionali, dalla Val Pusteria alla pianura veneta. Le Vette Feltrine, immediatamente a sud del pop-up delle Dolomiti, sono a letto del sovrascorrimento della Valsugana. UP-Mz, Permiano superiore-Mesozoico; T, Cenozoico (da DOGLIONI & CARMINATI 2008).*

**Fig. 8 - Sezione geologico strutturale rappresentativa**

La catena alpina è stata prodotta dalla convergenza della micro-placca Adriatica verso l'Europa; attualmente in corrispondenza del Veneto, il raccorciamento misurabile tramite GPS è dell'ordine di circa 2mm/anno, con una velocità di circa 2 km ogni milione di anni, compatibile con un raccorciamento di circa 20 km per gli ultimi 10 milioni di anni. In particolare nell'area in oggetto è stimabile in circa 1.7 mm/anno (v. fig. 9).

## Accumulo di Deformazione Attraverso le Alpi Meridionali

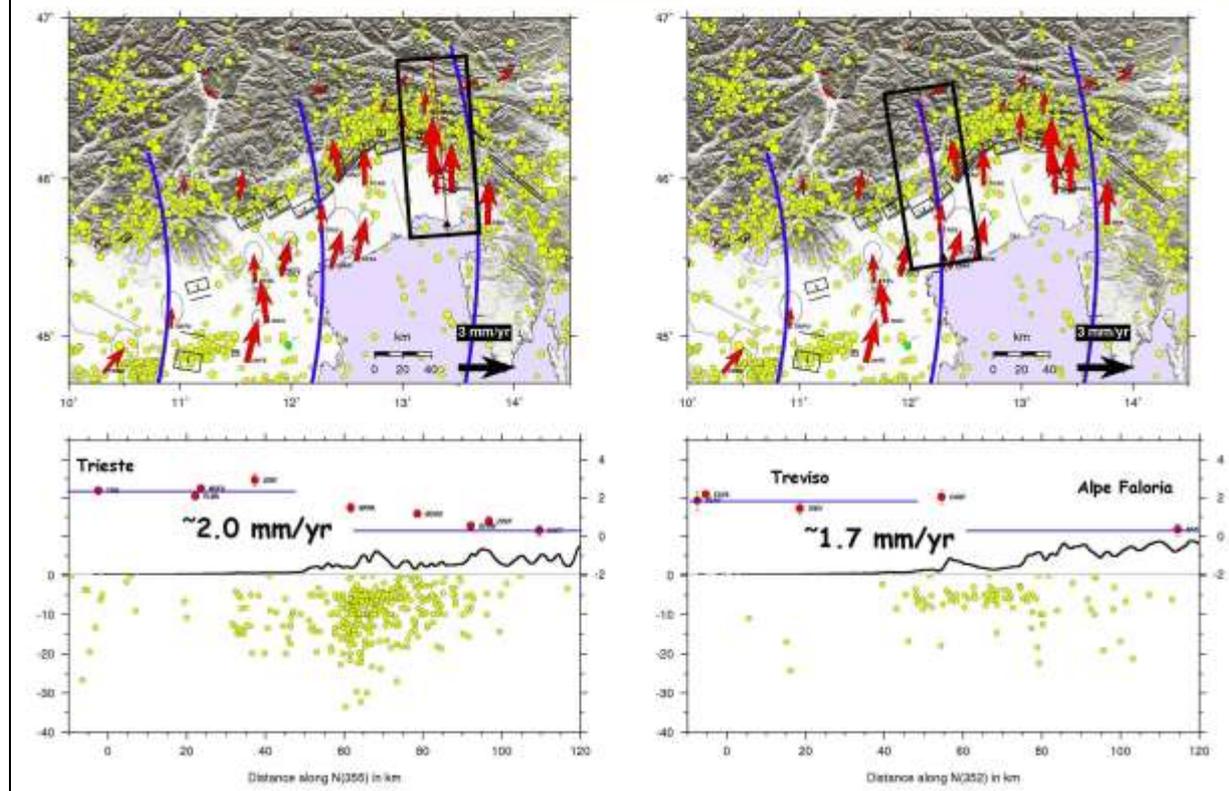
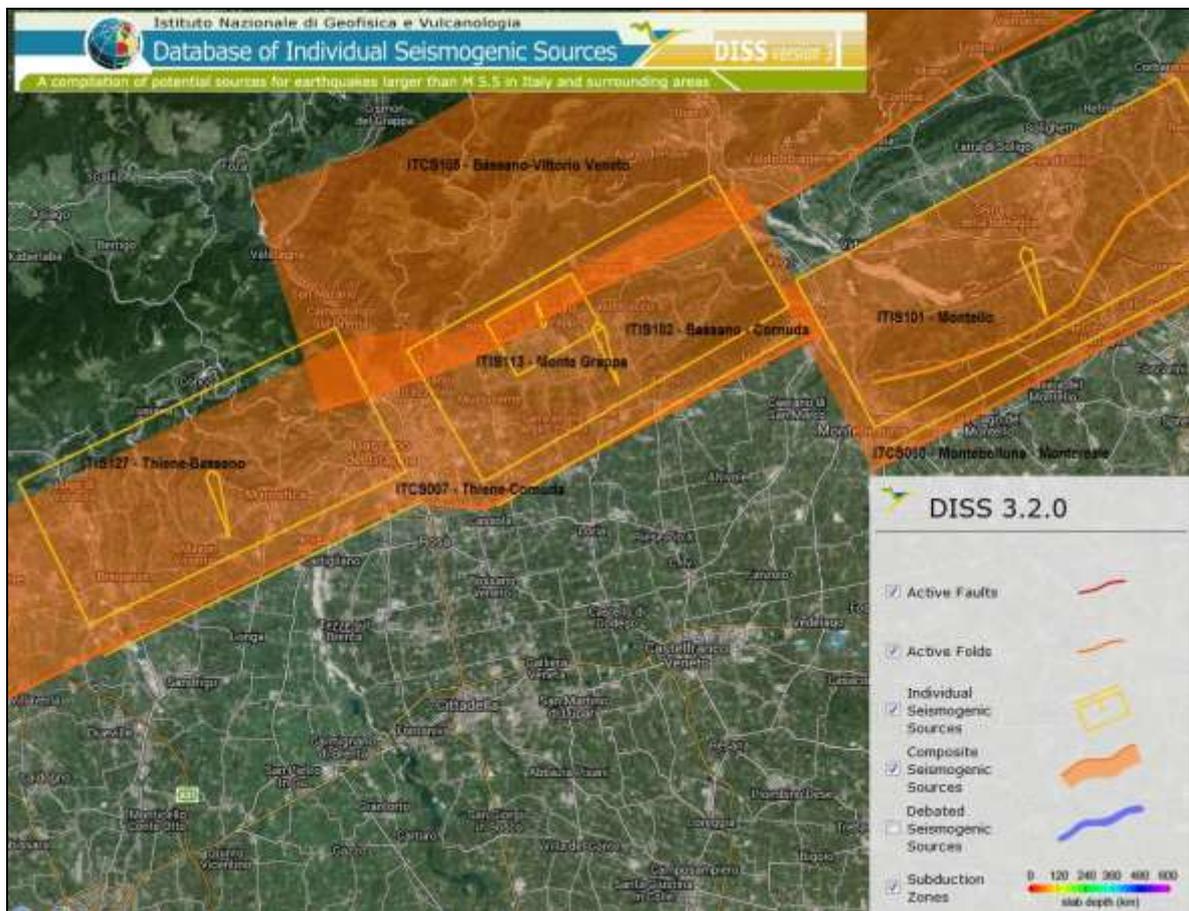


Fig. 9 - Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste- Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni –2008)



**Fig. 10 - Sorgenti sismogenetiche del Vicentino-Trevigiano occidentale; le frecce gialle, all'interno dei rettangoli gialli (sorgenti individuali), rappresentano la direzione del vettore di movimento, vettore di slip sotto forma di angolo di rake (da DISS 3.2.1)**

Il DISS 3.2.1 (*Database of Individual Seismogenic Sources versione 3.2.1*) dell'INGV (*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*) individua tre tipi di sorgenti sismogenetiche:

- Sorgenti Sismogenetiche dibattute: sono aree di sorgenti in fase di studio, presenti in letteratura ma ritenute ancora non sufficientemente attendibili (in Fig. 10 individuate con la linea azzurra)
- Sorgenti composite: sono zone molto estese, all'interno delle quali vi sono sorgenti sismogenetiche minori ancora non sufficientemente studiate. Queste aree non sono associate a specifici terremoti storici ( in Fig. 10 individuate con un retino arancione).
- Sorgenti individuali: aree a cui sono associati specifici terremoti storici. Viene proposta una rappresentazione tridimensionale della faglia, e sono stabilite le caratteristiche di massima magnitudo, movimento ed estensione (in Fig. 10 individuate con un rettangolo giallo).

In figura n. 10 è rappresentato lo schema delle sorgenti sismogenetiche, accompagnati dalla proiezione in superficie del piano di rottura rettangolare. In particolare per l'area del vicentino e del trevigiano Nord-occidentale, evidenziamo tre sorgenti sismogenetiche :

- ITIS101 - Montello (Sorgente individuale) alla quale non è associato alcun terremoto significativo (zona silente), ed è associata alla sorgente sismogenetica composta ITC8060 Montebelluna-Montereaie;

- *ITIS113 - Monte Grappa* (Sorgente individuale) a cui è associato il sisma del 12.06.1836 con epicentro nel Bassanese; appartiene alla sorgente sismogenetica composita ITCS007 - Thiene-Cornuda;
- *ITIS102 - Bassano-Cornuda* (Sorgente individuale) a cui è associato il sisma del 25.02.1695 con epicentro nell'Asolano; appartiene alla sorgente sismogenetica composita ITCS007 - Thiene-Cornuda;
- *ITIS127 - Bassano-Thiene* (Sorgente individuale) alcuni autori l'associano l'area al terremoto del 03.01.1117 con epicentro nel Veronese; appartiene alla sorgente sismogenetica composita ITCS007 - Thiene-Cornuda;
- *ITCS105 – Bassano- Vittorio Veneto* è una sorgente sismogenetica composita ancora in fase di studio.

In Tab.3 sono riportate le sorgenti sismiche di terremoti di  $M \geq 6$  e i relativi parametri geometrici e cinematici. La struttura Montello-Conegliano sembra essere caratterizzata da comportamento silente, sulla base dell'assenza di terremoti storici riferibili alla sua attuazione, mentre per la Thiene-Bassano alcuni autori l'associano al terremoto del 03.01.1117 con epicentro nel Veronese.

ID	Name	LAT	LON	Length (km)	Width (km)	Depth (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Slip rate (mm/a)	Associated earthquake	$M_w$
ITIS127	Thiene-Bassano	45.69	11.54	18.0	9.5	1.0-5.8	244	30	80	0.10-1.00	Unknown	6.6
ITIS102	Bassano-Cornuda	45.75	11.79	18.0	9.5	1.0-6.4	240	35	80	0.70-0.87	25 Feb 1695	6.6
ITIS113	Monte Grappa	45.85	11.85	5.0	3.9	0.5-2.7	60	35	80	0.10-1.00	12 Jun 1836	5.5
ITIS101	Montello	45.88	12.31	22.0	11.2	1.0-8.2	242	40	80	0.47-1.56	Unknown	6.7
ITIS124	Cansiglio	45.98	12.41	10.0	6.4	1.5-6.4	214	50	80	0.52-0.65	18 Oct 1938	6.1

**Tabella n. 3 - Caratteristiche sismogenetiche di alcune sorgenti di Fig.10**

### 2.3 Principali faglie nell'area in studio

Nella Fig. 11 sono indicate le faglie attive, in prossimità del Comune di Mussolente, dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) aggiornato al 2022. Si tratta di un progetto che si occupa di censire le faglie capaci, ovvero tali da poter creare deformazioni in superficie.



**Fig. 11: Faglie attive nell'area di Mussolente dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) – le linee verdi sono i confini comunali, le rosse quelli provinciali quelle rosse/arancioni sono le faglie.**

La presenza di “faglie attive” nelle vicinanze del territorio comunale, è stato effettuato da dati bibliografici, presenti nel progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) e DISS 3.2.0:

NOME DELLA FAGLIA	ULTIMA ATTIVITA'	TIPO DI FAGLIA
<i>Faglia Bassano</i>	in corso di studio	non definita
<i>Faglia Thiene - Bassano</i>	Q43 (<3000 anni)	inversa
<i>Faglia Bassano-Valdobbiadene 2</i>	in corso di studio	inversa
<b><i>Faglia Bassano - Cornuda</i></b>	Q43 (<3000 anni)	inversa
<i>Faglia Bassano-Valdobbiadene 3</i>	in corso di studio	inversa

Si sottolinea che l'individuazione delle faglie attive e capaci è di fondamentale importanza. Per faglia attiva si intende una faglia che si è rotta almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (limite inferiore certo dalle datazioni radiometriche). Una faglia attiva è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno ovvero deformazioni in superficie; l'andamento di questa rottura in superficie è la superficie della

faglia (v. cap. 3.1.4 “Indirizzi e criteri di microzonazione sismica –2008 Conferenza Stato Regioni).

Rispetto allo studio di microzonazione sismica di 1<sup>a</sup> livello sono state eseguite delle variazioni sull'ubicazione delle FPAC:

1) la Faglia Bassano – Cornuda è stata posta leggermente più a nord, come indicato attualmente nel sito Ithaca;

2) La faglia circa Nord-Sud, non presente in Ithaca, passante dal Comune di Borso del Grappa al centro abitato di Mussolente, è stata eliminata, in quanto, le giaciture degli strati a Est e Ovest della faglia sono equivalenti. Questa faglia era stata indicata in quanto rappresentata negli studi di microzonazione sismica di 1<sup>a</sup> livello del Comune di Borso del Grappa.

3) la faglia posta nel settore nord occidentale del territorio comunale, non presente in Ithaca, è stata modificata, in base a rilievi di campagna e alle foto aeree. L'attuale posizione giustifica anche il contatto anomalo tra formazioni diverse in Comune di Borso del Grappa (v. punto 2.)

Le aree soggette a instabilità per faglie potenzialmente attive e capaci (FPAC) sono in corso di studio specialistico.

## 2.4 Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati

Nelle ricerche bibliografiche eseguite, pur non approfondite con ricerche documentali specifiche di atti risalenti al periodo degli eventi, si sono rilevati danni per eventi sismici nel Comune di Mussolente soprattutto nel sisma del 1695, ma non è escluso che vi siano stati anche in quello del 1836.

### ■ TERREMOTO DEL 1695

- Interessanti sono le documentazioni scritte di danni reperite presso la Biblioteca Comunale di Treviso, l'archivio storico di Asolo, e alcuni archivi parrocchiali, causate dal **terremoto del 25.02.1695** ore 5.30, con epicentro nell'asolano:

- “ *L'anno 1695, 25 Febbaro giorno di Venerdì ...circha l'8 hore di notte (circa alla due di notte) fecesi sentire un picholo scosso di teremotto... circha le hore 13 di giorno (probabilmente vi è un errore, in quanto la scossa avvenne circa alle ore 5.30 del mattino, documentata da diversi atti dell'epoca) in cui sentitosi un gran urtone del teremotto rivelgiando tute le anime sopite...il dano più remarcabile fù nel territorio verso il monte...nel castello di Asolo non vi è cassa che non conti qualche fracasso...con la morte di 3 persone: nella villa di cavaso oltre le rovine di assaisime casse si considerano 28 persone sepolte (sic) ne i precipicij nella villa di guida di san illaria ogni casa e aperta dal precipizio: di maniera che gli habittanti abbandonate le case vivono per timore in campagna sotto la sferza di un inverno rigoroso...*” ( da “Cronaca di Treviso”).

- anno 1695, 24 Marzo “ ...Asolo ha risentito ...dell'eccidio di due infelici fratelli ritrovati estinti sotto le rovine...e nei 26 villaggi (la podesteria di Asolo comprendeva gran parte dei territori degli attuali Comuni di Romano d'Ezzelino, Mussolente, Borso del Grappa, San Zenone degli Ezzelini, Fonte, Crespano e Paderno del Grappa, Possagno, Cavaso, Castelcucco, Monfumo, Asolo, Maser, Altivole, Cornuda e Crocetta del Montello) ...essersi precipitate a fundamentis 1477 case et altre 1284 case rese inhabili ne esservene rimasta illesa pur una...si meritano il compatimento de l'esenzion dal Boccatico e macina come hanno supplicato anco li comuni di Quer, Campo, Colmiran e Vas...” (lettera firmata dal Podestà di

Treviso).

- 1695, 3 Aprile. Elenco dei danni nei vari paesi dal Libro Giallo:

“50 **Casoni** case 30 diroccate, le altre rovinate + la Chiesa et campanile mal trattati.

50 **Mussolente** 24 case diroccate: sei edifici da Molino, et Folti da pani. Una parte della Canonica, il Campanile disfatto da fondamenti: altre 140 case precipitanti parte, et parte sensibilmente offese. + la Chiesa di S. Nicolò in gran parte per terra”.

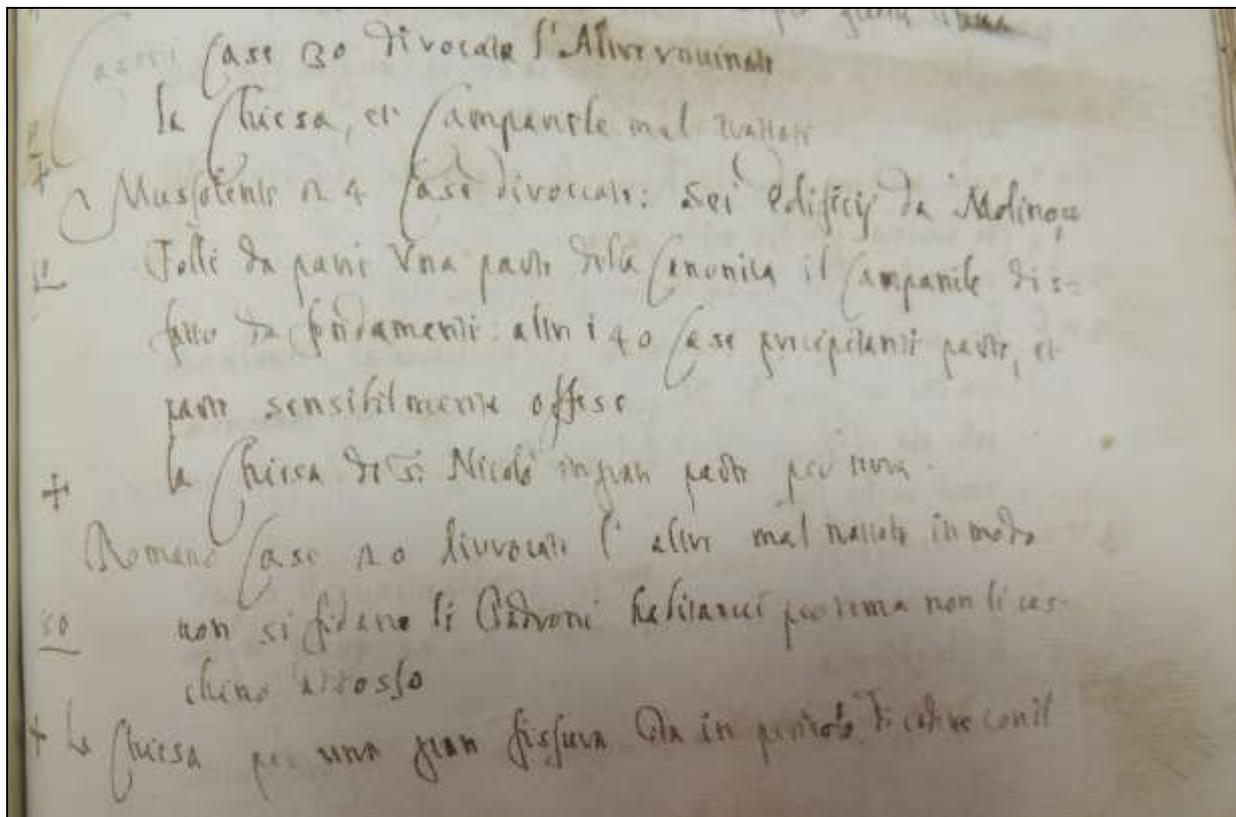


Fig. 13 – Località danneggiate nel Comune di Mussolente ( da Libro Giallo – Archivio storico di Asolo)

Nelle immediate vicinanze al Comune di Mussolente, il terremoto provocava ingenti danni alla Villa Vignola nel Comune di S. Zenone degli Ezzelini, ubicata in via Coltrù, in prossimità della SP248:

“...nel febbraio del 1695 il terremoto arrecò gravissimi danni, il crollo di buona parte del tetto, e di tutto il fianco orientale del palazzo, tali da restare per parecchi anni in condizioni di semi abbandono, mentre i Vignola si chiedevano se convenisse ripristinarlo o demolirlo. I disegni eseguiti da Girolamo Tomasoni nel 1714, particella n. 107, mostrano le condizioni dell'edificio ancora diroccato, mentre sembrano integri la torre retrostante, l'oratorio e la scuderia. Con un tratteggio il perito ha indicato l'area del piccolo giardino posto immediatamente dietro il palazzo e scavato nel versante collinare, al cui centro si trova un antico pozzo collegato ad un'ampia cisterna indetificabile con quella indicata dal Burchiellati...”(v. fig.14).

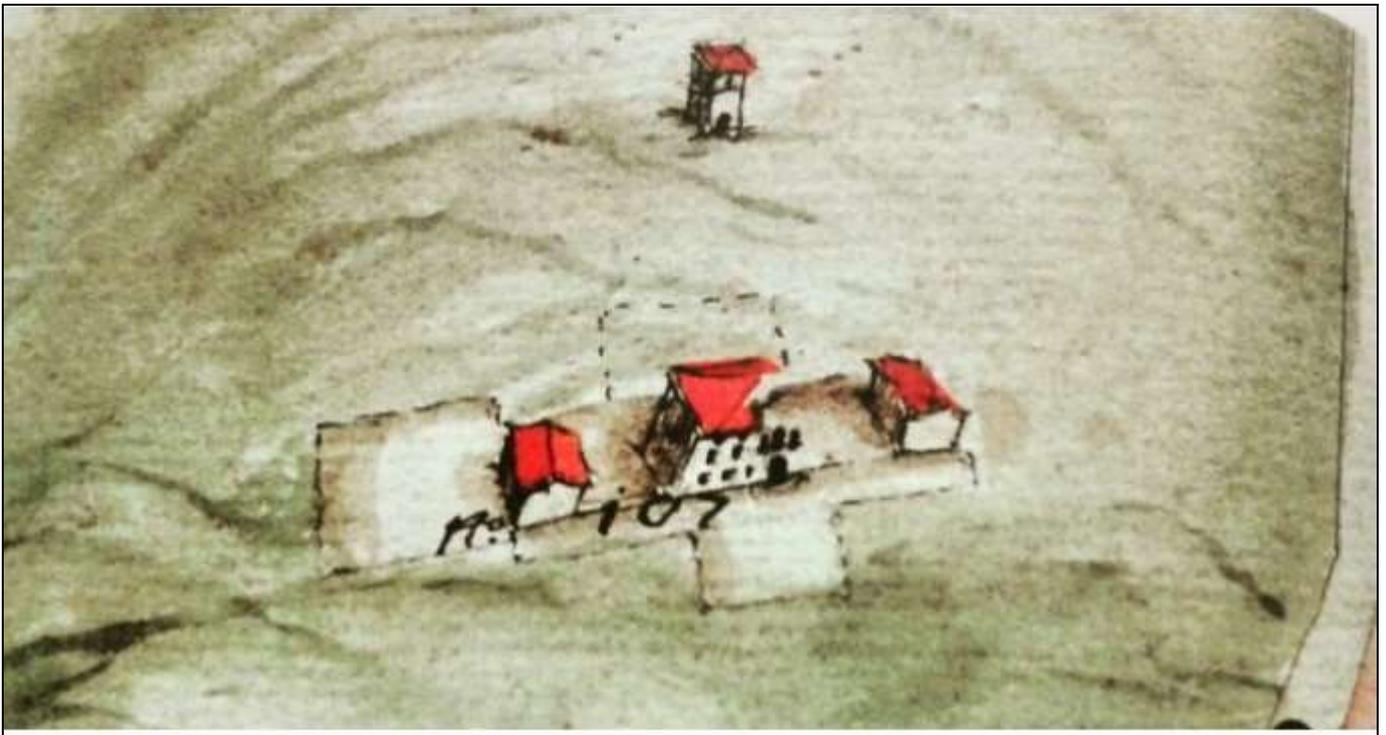


Fig. 14 – Estimo 1714 – San Zenone degli Ezzelini, Villa Vignola con rappresentata la parte diroccata a causa de terremoto dal 1695 (da Archivio museale di Asolo)

#### ■ TERREMOTO DEL 1836

Un altro terremoto colpì la zona pedemontana dell'asolano-bassanese **nel 1836**.

- Da *“Cronaca dei terremoti a Vicenza”* di Piovene G.:  
*“Circa le 11<sup>h</sup> pom. dell’11 giugno a Bassano una scossa; verso le 3<sup>h</sup>30<sup>m</sup> ant. del giorno 12 replica più forte, però senza sinistri effetti; Liedolo, Fonte, S. Ilaria (S. Eulalia) furono le località più danneggiate (v. Fig.17) quindi vengono S. Zenone, Crespano e Possagno. Nei primi da 60 a 70 case furono ridotte in stato rovinoso; nella parrocchiale di S. Ilaria la facciata rimase assai conquassata ed il campanile perdette la porzione terminale della guglia. Nessun danno soffrirono le chiese di Crespano e di Possagno. Nell’area danneggiata su 1943 fabbricati 100 caddero interamente, 100 altri rimasero cadenti, 692 ebbero danni più o meno gravi e 1151 restarono illesi...A Bassano nel corso della settimana altre 16 scosse ...A mezzodì del 20 luglio a Bassano si sentirono due scosse assai sensibili che da Borso a Possagno causarono nuovi danni: a Crespano gli abitanti si attendarono...”*

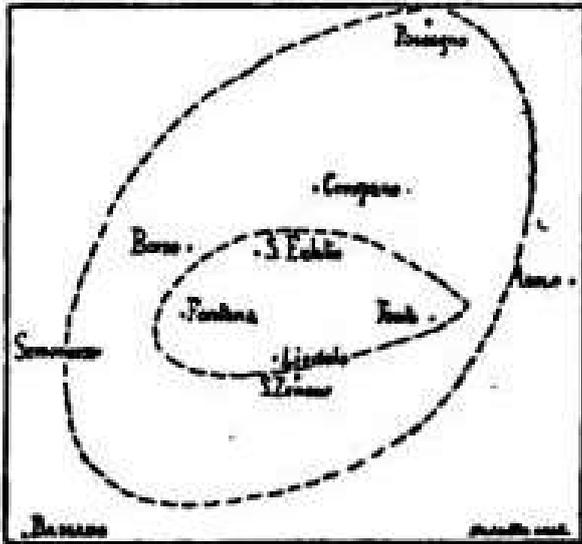


Fig. 15 – Località più danneggiate ( da Baratta -1901)

Nella seconda importante scossa del 20 Luglio il terremoto “causò danni da Borso a Possagno, caddero alcune case e perirono delle persone. Molti fabbricati di Possagno furono danneggiati; gli abitanti di Crespano trasportarono i loro averi sulla piazza e nei prati, dove si accamparono.” (dalla Gazzetta di Genova del 27.07.1836 n.60).

Dai documenti storici esaminati presso la biblioteca di Bassano del Grappa, vi è solo un breve accenno al terremoto del Giugno 1836: *“Le scosse in Bassano non portarono danni, ma grandissimi nei Comuni vicini di Borso, S. Zenone, Fonte e Crespano. A Crespano e a Borso le genti dormivano all’aperto sotto tende o rannicciati sotto a dei tini.”* Sormani-Moretti scrivono che nel terremoto del 1836 “su 10.308 abitanti dei paesi colpiti, 516 (5%) rimasero senza tetto, 3206 rimasero in abitazioni che creavano pericolo (31%) e 6586 non subirono alcun danno.

Interessante è la descrizione, conservata nell’archivio arcipretale di Borso del Grappa, dello sciame sismico che durò per circa nove mesi. I maggiori danni non furono nella prima scossa (12 giugno), bensì nelle seguenti: all’inizio vi fu solo *“una casa caduta e molti feriti”*, successivamente (20 luglio) *“atterrate in Borso più di 80 case, con gravi danni per tutte le altre”*.

### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL’AREA

#### 3.1 Caratteristiche litologiche e geomorfologiche

La morfologia locale, come si può osservare nella cartografia alla scala 1 :10.000, può fornire un tipico esempio di quanto il paesaggio di una zona sia influenzato dalla propria situazione geologica. Il settore Nord Orientale della Provincia di Vicenza è geologicamente e geomorfologicamente dominato dal Massiccio del Grappa e da una serie di colline quasi parallele tra loro, orientate grosso modo secondo la direzione Nord-Est Sud-Ovest. Si ha una nettissima relazione tra geologia e geomorfologia, che si esplica soprattutto nell’erosione selettiva dei vari termini della serie geologica : maggiore erosione nei terreni più teneri (marne e argille) che diventano facile preda delle acque meteoriche, e una erosione minore, per non dire quasi assente nei terreni più duri (arenarie, calcari e conglomerati).Viene così a formarsi il tipico paesaggio, detto “a corde”, dell’alta pianura, in cui si riconoscono file di rilievi collinari intercalati da valli ad esse parallele. La situazione geologica dell’area in esame impone, sia dal punto di vista litologico che da quello idrogeologico, una netta distinzione tra la zona montuosa e

collinare e quella pianeggiante. I rilievi montani e collinari si sono formati durante le fasi dell'orogenesi alpina, per piegamento e sollevamento derivante dall'attività di un complesso sistema di pieghe e di faglie. Questa struttura geologica, costituita da dolomie e calcari, che rappresentano i terreni più antichi della zona, ha favorito l'instaurarsi di un complesso sistema carsico. In questi litotipi la circolazione idrica superficiale è stata sostituita da una diffusa circolazione sotterranea, che alimenta le sorgenti del fondovalle, per lo più mascherate dal sovralluvionamento postglaciale. Ai piedi del rilievo montuoso (zona di Borso del Grappa e Romano D'Ezzelino), allo sbocco delle valli, si aprono a ventaglio conoidi alluvionali anche di notevole estensione e spessore, dovuti ad apporto misto detritico ed alluvionale dei corsi d'acqua. I depositi alluvionali sono costituiti da alternanze di ghiaie, a volte cementate, e sabbie, con intercalati lenti limose e/o argillose. Gran parte del territorio sub-pianeggiante di Mussolente è dominato dai depositi fluvioglaciali del F. Brenta, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, che nella parte settentrionale hanno una copertura di depositi alluvionali recenti prevalentemente ghiaiosi con matrice limoso argillosa. Nell'area limitrofa al territorio comunale in oggetto (settore Bassanese) si riscontrano dei terrazzi posti su vari livelli, originati dalla progressiva migrazione dell'asta principale del fiume, in conseguenza a variazioni del regime idrico, dal massimo glaciale alle fasi postglaciali. Nel territorio in esame ed immediatamente limitrofo, le varie fasi deposizionali possono essere così riassunte:

- i primi materiali in prevalenza ghiaioso sabbiosi sono stati deposti durante la fase di massima espansione glaciale, con terreni più grossolani a monte e più fini verso valle.
- successivamente il ghiacciaio iniziò a ritirarsi, perciò le correnti e il flusso di materiali di accumulo cominciò a diminuire, iniziarono le prime fasi di erosione dei materiali ghiaiosi precedentemente deposti, con la conseguente formazione di scarpate d'erosione, che ci permettono ora di riconoscere e classificare l'età relativa dei differenti terrazzi. In questa fase il fiume permetteva la mobilitazione ed il rimaneggiamento dei materiali ghiaiosi.
- nell'era postglaciale il F. Brenta ha presentato una mobilitazione dei terreni quasi esclusivamente all'interno dell'alveo attuale.

Attualmente nella zona centro meridionale del territorio comunale, il reticolo idrografico è per lo più artificiale, rappresentato dalla fitta rete di scoli e canalette; infatti l'estensione e lo spessore delle ghiaie costituenti il sottosuolo, estremamente permeabile, determinano la scarsità di corsi d'acqua naturali. I caratteri geomorfologici sono stati abbondantemente approfonditi da numerosi studi, da cui risulta che l'attuale struttura deriva dalla sovrapposizione di più cicli di sedimentazione fluvioglaciali e alluvionali, riferibili al massimo al Wurmiano. Nell'area infatti affiorano sia terreni connessi con le divagazioni del F. Brenta, che con le sue imponenti correnti interessava la pianura. Le varie direttrici hanno pertanto generato dei propri cono di sedimentazione che si sono variamente sovrapposti e anastomatizzati. La deposizione dei materiali, orizzontale e verticale, è stata determinata dalla granulometria degli stessi, nonché dall'energia idraulica delle correnti di deposizione. Si è venuto in tal modo a creare una classazione in senso Nord-Sud delle alluvioni: a Sud della zona collinare, che limita l'alta pianura vicentina, si sviluppa una estesa fascia (denominata alta pianura) in cui il materasso alluvionale risulta costituito prevalentemente da ghiaie più o meno sabbiose con strati conglomeratici. Spostandosi verso Sud la percentuale della matrice fine aumenta sempre più evidenziata dalla formazione di lenti argillose che via via diventano più consistenti formando livelli spessi e continui.

In particolare la litologia dell'area è nota nei suoi caratteri generali dalla bibliografia e da tutta una serie di indagini condotte in zona per studi di carattere stratigrafico ed idrogeologico. L'esame della stratigrafia dei pozzi permette di confermare il modello indicato. Nella zona medio-bassa del territorio in esame, vi è una sostanziale prevalenza

di: *“materiali granulari più o meno addensati di origine fluviale e/o fluvioglaciale a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa”*. La loro composizione mineralogica risulta costante su tutta la potenza analizzata. Gli elementi che la costituiscono sono in prevalenza di natura calcareo-dolomitica, in quantità minore sono presenti elementi derivanti da rocce sedimentarie, intrusive, effusive e metamorfiche.

### **3.2 Caratteristiche idrogeologiche**

Nel territorio comunale vi è una netta distinzione tra la zona collinare e quella pianeggiante. Mentre i rilievi sono costituiti da terreni coerenti generalmente poco permeabili nei terreni coesivi e mediamente permeabili in quelli costituiti dal Conglomerato del Messiniano, il materasso alluvionale della pianura e del fondovalle è invece formato da ghiaie grossolane ad elevata permeabilità, che permettono l'esistenza di un'importante falda freatica, principale fonte di alimentazione del sistema acquifero della media e bassa pianura veneta. A rendere complicata la situazione idrogeologica della zona montuosa hanno notevolmente contribuito le varie vicende tettoniche succedutesi nel tempo; ripiegando e fratturando le dolomie e i calcari, che rappresentano i terreni più antichi della zona, esse hanno infatti favorito l'instaurarsi del complesso fenomeno carsico. In questi litotipi la circolazione idrica superficiale è stata sostituita da una diffusa circolazione sotterranea, che alimenta le sorgenti del fondovalle, per lo più mascherate dal sovralluvionamento postglaciale. Un maggiore interesse idrogeologico hanno invece gli acquiferi posti nelle alluvioni del fondovalle e della pianura.

La pianura vicentina è costituita da un materasso di materiali sciolti i cui caratteri granulometrici, e la successione stratigrafica, risultano notevolmente variabili sia arealmente che in profondità. In generale si suddivide la pianura in due zone con caratteristiche diverse: l'alta pianura e la media-bassa pianura. Il passaggio tra l'alta e la media-bassa pianura è individuabile in corrispondenza della fascia delle risorgive (intersezione tra superficie freatica e superficie topografica), cioè in corrispondenza di quelle sorgenti che si formano per contrasto di permeabilità, in seguito all'aumento, nella sezione verticale, della frazione limoso-argillosa. Tale aspetto è peraltro molto rilevante anche dal punto di vista idrografico. Nell'area di media-bassa pianura predominano i sedimenti a granulometria fine (argilla, limo) che costituiscono livelli arealmente discontinui e potenti con intercalazioni di livelli ghiaioso-sabbiosi suborizzontali.

Dal punto di vista idrogeologico, nell'alta pianura è presente un unico acquifero indifferenziato freatico, mentre nell'area di media-bassa pianura coesistono diversi livelli acquiferi in pressione. Nell'insieme essi formano un sistema multifalde in pressione alimentato direttamente dall'acquifero indifferenziato presente nell'alta pianura, che viene intensamente utilizzato per usi civili e per attività produttive. Generalmente il primo sottosuolo contiene un acquifero freatico di scarso interesse economico, alimentato fondamentalmente dalle piogge, dai corsi d'acqua e dalle acque di irrigazione.

In alcune aree del vicentino, dove nel sottosuolo sussistono potenti livelli ghiaiosi appartenenti ad estese conoidi alluvionali, le falde in pressione sono particolarmente ricche. Si tratta di veri e propri “campi acquiferi”, situati normalmente lungo le zone assiali di antiche grandi aree di deiezione alluvionale, ora abbandonate dal Fiume Brenta.

A valle della media pianura, e perciò nella bassa pianura le risorse idriche sotterranee sono molto povere. Mancano normalmente nel sottosuolo, almeno fino alle profondità esplorate, acquiferi ghiaiosi ad elevata permeabilità. In certe aree della bassa pianura, esistono tuttavia falde in pressione insediate in acquiferi prevalentemente sabbiosi; le loro portate ai pozzi sono molto modeste.

L'acquifero indifferenziato e quello inferiore con falde confinate costituiscono la principale risorsa per l'approvvigionamento idrico della Regione Veneto. Appaiono

evidenti anche importanti direzioni di deflusso delle acque sotterranee, orientate in prevalenza verso SE. I fattori di alimentazione naturale delle falde sono individuabili nella dispersione dei corsi d'acqua, nella infiltrazione diretta degli afflussi meteorici e nella infiltrazione dei ruscellamenti dai versanti posti ai limiti settentrionale e occidentale della pianura Veneta. La loro azione è efficace solo lungo la fascia pedemontana, nel tratto di pianura ad acquifero indifferenziato, dove l'infiltrazione delle acque dalla superficie può giungere alla falda freatica e, indirettamente, alle falde in pressione ad essa collegate. Il fattore di ricarica più importante è la dispersione di subalveo dei corsi d'acqua. Il processo inizia allo sbocco in pianura delle valli montane e prosegue per vari chilometri verso valle. Lungo i tronchi d'alveo disperdenti la carta delle isofreatiche fa rilevare marcatissimi assi di alimentazione. L'alimentazione per dispersione d'acqua dagli alvei al sottosuolo determina tutta una serie di caratteri peculiari nelle falde: una strettissima analogia tra il regime dei corsi d'acqua e quello degli acquiferi sotterranei; una maggiore oscillazione della falda a ridosso dei tratti disperdenti; direzioni di deflusso della falda divergenti lateralmente dai letti fluviali. Il processo di dispersione è messo in risalto dalla mancanza di deflussi superficiali in alveo per estesi periodi dell'anno lungo buona parte dei tronchi disperdenti. Il fenomeno si verifica quando le portate di magra sono interamente assorbite dal sottosuolo allo sbocco del fiume in pianura, una situazione che si verifica quasi ogni anno per il Brenta. A valle del tratto disperdente, i rapporti tra i fiumi e la falda si invertono. A cavallo della fascia delle risorgive cessa il processo di dispersione e per un breve tratto i fiumi esercitano una sensibile azione di drenaggio sulla falda, la cui superficie piezometrica si trova a quota maggiore di quella dell'acqua fluviale. L'importanza del processo di dispersione nella ricarica naturale degli acquiferi sotterranei è valutabile dalle dimensioni delle portate disperse e dal confronto tra queste e i valori delle portate di alimentazione attribuibili agli altri fattori. Nella ricarica naturale delle falde è rilevante anche il contributo delle precipitazioni dirette sull'area di alimentazione degli acquiferi.

La differente importanza dei due fattori principali di alimentazione naturale risulta evidente anche dal confronto tra la portata complessiva delle risorgive e la portata delle infiltrazioni dirette degli afflussi meteorici: la portata di risorgiva, che in pratica rappresenta lo scarico pressochè completo della falda freatica, raggiunge i 50 mc/sec, mentre la portata delle infiltrazioni dalle piogge è di soli 20 mc/sec circa. Ne consegue che la ricarica operata dalle piogge dirette giustifica meno della metà della restituzione freatica ai fontanili. Un ulteriore contributo all'alimentazione delle falde è fornito dall'infiltrazione delle acque irrigue, il cui uso è ancora ampiamente diffuso nella pianura del Piave e del Brenta. Una derivazione del F. Brenta, situata in corrispondenza di Bassano del Grappa, deriva circa 33 mc/sec, ed è utilizzata su gran parte del territorio in riva sinistra, fino a Cittadella.. Sicuramente vi è un notevole contributo alla ricarica delle falde da parte delle acque di irrigazione. Da notare che solo il 10% dell'acqua che raggiunge la falda deriva dalle pratiche irrigue, mentre il rimanente 90% è dovuta alle perdite dei canali non rivestiti. Per la diversa provenienza delle acque utilizzate, il bilancio risulta peraltro positivo solo nella parte in cui non vengono utilizzati, dal Consorzio di Bonifica, i prelievi dalla falda sotterranea mediante pozzi a grande diametro, difatti, in questo caso, si ha un ritorno delle acque in falda solo parziale, essendo una buona frazione utilizzata dalla vegetazione o dispersa per evapotraspirazione.

Nel territorio comunale la superficie della falda, nella zona sub-pianeggiante a valle dei rilievi collinari, è a una profondità variabile dai circa 50 ai oltre i 60 metri dal piano campagna. La falda sotterranea, oltre a variazioni a lungo periodo nel corso dell'anno subisce delle escursioni stagionali di qualche metro. Dall'analisi delle isofreatiche, risulta che la falda è abbastanza articolata, con una direzione principale di deflusso circa NW-SE. Le acque provenienti dal Massiccio del Grappa, s'infiltrano nel materasso alluvionale

che costituisce i conoidi di Borso del Grappa, per emergere, in parte, nelle zone di “bassura” al contatto principalmente con le marne argillose. I depositi alluvionali, presenti nelle zone vallive del settore collinare, sono costituiti da ghiaie con matrice limoso argillosa con livelli ghiaioso sabbiosi, quest’ultimi hanno una buona permeabilità e sono sede di falde acquifere, a volte in pressione. La profondità di queste falde è variabile, ma molto spesso rientrano nell’intervallo da 0 a 15 metri dal piano campagna.

## 4. MICROZONAZIONE SISMICA

### 4.1 Finalità dello studio di microzonazione sismica

Per la stesura della Microzonazione di terzo livello, si è fatto riferimento agli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione sismica*” della Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica e alle “Linee guida per l’esecuzione di studi di micro zonazione sismica”, allegato “A” della DGRV n. 1572 del 03.09.2013 e successive modificazioni.

La Microzonazione Sismica ha lo scopo di riconoscere, normalmente a scala comunale, le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso in termini di ampiezza, durata e frequenza o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture. Essa si pone tra la classificazione sismica a scala nazionale, che fa riferimento a un terreno ideale rigido ( $V_s > 800$  m/sec) e pianeggiante per il quale fornisce dei parametri indicativi della pericolosità di base, e la progettazione antisismica dei singoli manufatti.

Si è constatato che un terremoto può creare danni differenti nel territorio, anche a breve distanza: sono gli “effetti di sito”, che possono amplificare le sollecitazioni nelle strutture, provocare cedimenti nei terreni soffici e fenomeni di liquefazione in terreni incoerenti saturi (sabbie), movimenti franosi, rotture nel terreno (faglie capaci). Possiamo distinguere due tipi principali di “effetti di sito”: stratigrafici e morfologici, quest’ultimi possiamo distinguerli in effetti di valle e topografici.

Nello studio di Microzonazione Sismica di primo livello si evidenziano le zone il cui comportamento può essere instabile, stabile o suscettibile di amplificazione locali, nel secondo e terzo livello si valuta la risposta sismica dei terreni.

Gli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (2008), e la normativa regionale prevedono tre livelli di approfondimento:

- il Livello 1 prevede una raccolta di dati preesistenti, qualora mancanti è necessario eseguire nuove indagini. L’elaborato finale prevede l’esecuzione della “*Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica*” con indicate le *Zone stabili*, le *Zone suscettibili di amplificazioni locali*, le *Zone di attenzione per instabilità*, e le *Forme di superficie e sepolte*.

- il Livello 2 prevede l’esecuzione di indagini sismiche in modo da associare alle zone omogenee dei parametri quantitativi di interesse strutturale. In particolare le indagini sismiche in sito permettono di determinare il grado di rigidità del sottosuolo, le frequenze di risonanza dei depositi, e calcolare il fattore di amplificazione “Fa” e “Fv”, tramite l’utilizzo degli abachi nazionali. L’elaborato finale è “*Carta di microzonazione sismica*” di secondo livello.

- il Livello 3 prevede la definizione dell’amplificazione del moto sismico atteso in superficie tramite un’analisi numerica monodimensionale o bidimensionale. L’elaborato finale è “*Carta di microzonazione sismica*” di terzo livello.

La studio di Microzonazione Sismica fornisce perciò ai Comuni delle informazioni sulla

pericolosità sismica utili per la pianificazione territoriale, per la gestione delle emergenze e per l'eventuale ricostruzione dopo il terremoto.



Fig.16 – Effetti di sito con stima dei danni a una certa distanza dall'ipocentro

Lo studio di Microzonazione Sismica di 2° livello si propone di raggiungere i seguenti obiettivi:

- approfondire le tematiche incerte del livello 1;
- fornire quantificazioni numeriche della modificazione locale del moto sismico in superficie con metodi semplificati (abachi) e dei fenomeni di deformazione permanente (zone suscettibili di instabilità).

Lo studio di Microzonazione Sismica di 3° livello, realizzato in questo comune, quantifica numericamente l'amplificazione sismica del moto atteso in superficie, attraverso un'analisi di risposta sismica locale monodimensionale o bidimensionale, a seconda delle condizioni geologico-topografiche del sito d'indagine, e restituisce i risultati nella Carta di Microzonazione sismica. Lo studio di 3° livello si applica nelle zone:

- stabili suscettibili di amplificazione sismica non risolvibili con l'uso degli abachi o per opere di particolare importanza;
- nelle zone suscettibili d'instabilità particolarmente gravose.

Il documento fondamentale del 3° livello è la "*Carta di microzonazione sismica*" in cui si sono rappresentate tre tipologie di zone:

- a) **zone stabili**: aree in cui non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scotimento funzione dell'energia e della distanza del sisma.
- b) **zone stabili suscettibili di amplificazione**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Le zone di questa categoria sono caratterizzate numericamente dai valori di "FA01 - 05" e "FA05 - 1.1", per il comune di Mussolente.

c) **zone suscettibili d'instabilità**

- per **instabilità di versante**: le linee guida della Regione del Veneto prevedono un secondo livello per le aree potenzialmente di frana, e un terzo livello per le frane attive e le frane quiescenti. Nell'area di studio non si sono riscontrate instabilità di versante.
- per **liquefazione**: le linee guida della Regione del Veneto prevedono che la suscettibilità di liquefazione è calcolata utilizzando l'accelerazione massima calcolata in superficie ("a<sub>max</sub>") con la RSL (analisi di risposta sismica locale).
- per **comportamenti differenziali**: le linee guida della Regione del Veneto prevedono l'individuazione con il modello geologico delle aree che possono produrre effetti differenziali sia di amplificazione che di cedimento. Nel caso di densificazione di terreni insaturi, il valore di "a<sub>max</sub>" alla superficie dovrà essere eseguito con la RSL (analisi di

risposta sismica locale).

- per la presenza di **faglie attive e capaci**: l'approfondimento deve essere di livello 3.

## 4.2 Elaborati cartografici per la Microzonazione Sismica di terzo livello

Le cartografie prodotte per la Microzonazione Sismica di secondo livello sono:

- la *Carta delle Indagini*;
- la *Carta di Pericolosità Sismica* (prevista dalle linee guida regionali);
- la *Carta delle Frequenze naturali dei depositi*;
- la *Carta di Microzonazione Sismica di secondo livello (Fa)*;
- la *Carta di Microzonazione Sismica di secondo livello (Fv)*.

### 4.2.1 – Carta delle Indagini

La Carta delle indagini deriva dalla rappresentazione cartografica e archiviazione di elementi puntuali e lineari rappresentativi delle indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche e geofisiche eseguite nel territorio di interesse.

#### 4.2.1.1 *Sondaggi e prove penetrometriche*

Sono state allegate indagini reperite dagli studi precedenti di Microzonazione Sismica, e altri da ditte private e pubbliche. In particolare sono state allegate le seguenti indagini:

TIPO DI INDAGINI	NUMERO
<b>CPT</b> (Prove penetrometriche statiche con punta meccanica)	11
<b>DL</b> (Prove penetrometriche dinamiche leggere)	3
<b>DN</b> (Prove penetrometriche dinamiche medie)	3
<b>DS</b> (Prove penetrometriche dinamiche superpesanti)	12
<b>PA</b> (Pozzi per acqua)	4
<b>T</b> (Trincee esplorative)	27
<b>S</b> (Sondaggi a carotaggio continuo)	8
<b>SS</b> (Sondaggi a carotaggio continuo che intercettano il substrato)	2

#### 4.2.1.2 *Indagini geofisiche*

I dati geofisici sono stati recuperati soprattutto dalle indagini eseguite nel territorio comunale di Mussolente per gli studi di Microzonazione sismica di 1<sup>a</sup> livello, da indagini eseguite dallo scriventi e da altre reperite presso l'ufficio tecnico comunale. Sono state realizzate indagini HVSR (Stazione microtremore a stazione singola), MASW, REMI (Prova RefractionMicrotremors).

In particolare sono state allegate le seguenti indagini:

<b>TIPO DI INDAGINI</b>	<b>NUMERO</b>
<b>HVSR</b> (Stazione microtremore a stazione singola)	86
<b>MASW</b>	18
<b>REMI</b> (Prova RefractionMicrotremors)	25
<b>DH</b> (prova sismica in foro Downhole)	1

Le tecniche in array (es. MASW e ReMi) usate si fondano sull'assunto di sottosuolo a strati piani e paralleli. Questo è un requisito fondamentale per l'inversione dei dati sperimentali. Al fine di verificare se l'assunto sia o meno soddisfatto è buona norma effettuare alcune registrazioni a stazione singola in punti diversi lungo lo stesso stendimento. Essendo il metodo a stazione singola particolarmente sensibile, nei primi metri, alla stratigrafia "puntuale" sotto il punto di misura, eventuali differenze tra curve registrate in punti vicini sarebbero indicative di sottosuolo non assimilabile a strati piani e paralleli. L'inversione delle curve di dispersione è stata effettuata congiuntamente a quella delle curve H/V, pertanto il modello di Vs è stato dato dal miglior "fit" con le curve di dispersione MASW e/o ReMi e H/V.

#### 4.2.2 – Carta della pericolosità sismica locale

Nella “Carta della pericolosità sismica locale”, sono stati individuati quattro scenari di pericolosità sismica locale:

##### a) Instabilità per cedimenti:

- **P2c:** Zone caratterizzate da depositi di riporto antropico (cave e/o discariche e/o terrapieni, casse di laminazione, ecc.).

##### b) Forme di superficie e sepolte:

- **P3b:** - Zone di cresta.

##### c) Elementi tettonico strutturali:

- Faglia inversa potenzialmente attiva e capace, incerta.
- Faglia a cinematismo non definito, potenzialmente attiva e capace, incerta.

##### e) Amplificazioni litologiche e in parte per instabilità (rischio di liquefazione):

- **P2b:** Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione.
- **P2b-4b:** Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione. Presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale.
- **P2b-4c:** Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione e di conoide alluvionale.
- **P4a:** Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.
- **P4c:** Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di conoide alluvionale.
- **P4c-2b-4b:** Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione, e di conoide alluvionale. Talvolta presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale.
- **P4e:** Zone costituite prevalentemente da depositi limoso-argillosi della copertura detritica eluviale-colluviale.
- **P0:** Substrato geologico costituito da:
  - *Conglomerati poligenici con lenti argillso-sabbiose e di ligniti;*
  - *Marna di Tarzo.*

##### f) Altri elementi

- Profondità della superficie falda acquifera da bocca pozzo, espressa in metri.
- Confine comunale.

#### 4.4.3 – Carta delle frequenze naturali dei depositi

La misura delle vibrazioni ambientali (note anche come rumore sismico ambientale o microtremori) o della sismica di fondo (weak motion) consentono di analizzare la variazione della risposta sismica di un sito al variare delle condizioni lito-stratigrafiche. Durante le indagini di microzonazione sismica dell'area aquilana dopo il terremoto del 06.04.2009, i risultati di tali analisi si sono rilevati estremamente utili. L'analisi dei microtremori attraverso misure HVSR ha consentito di mettere in luce fenomeni di risonanza sismica e di stimare le frequenze alle quali il moto del terreno può essere amplificato. Il metodo ha consentito inoltre di valutare qualitativamente l'entità dell'amplificazione, anche se l'ampiezza del picco HVSR è una grandezza da interpretare con cautela, e fornire stime di massima circa la profondità del contrasto di impedenza che causa la risonanza sismica (soprattutto se le misure HVSR vengono utilizzate in associazione ad altre informazioni sismo-stratigrafiche). I risultati delle analisi HVSR da microtremori potranno dare informazioni su locali criticità utili in fase di pianificazione territoriale (es. frequenze fondamentali del terreno prossime a quelle proprie di una determinata tipologia di edifici) ed in generale saranno utili nella pianificazione delle indagini di approfondimento successive.

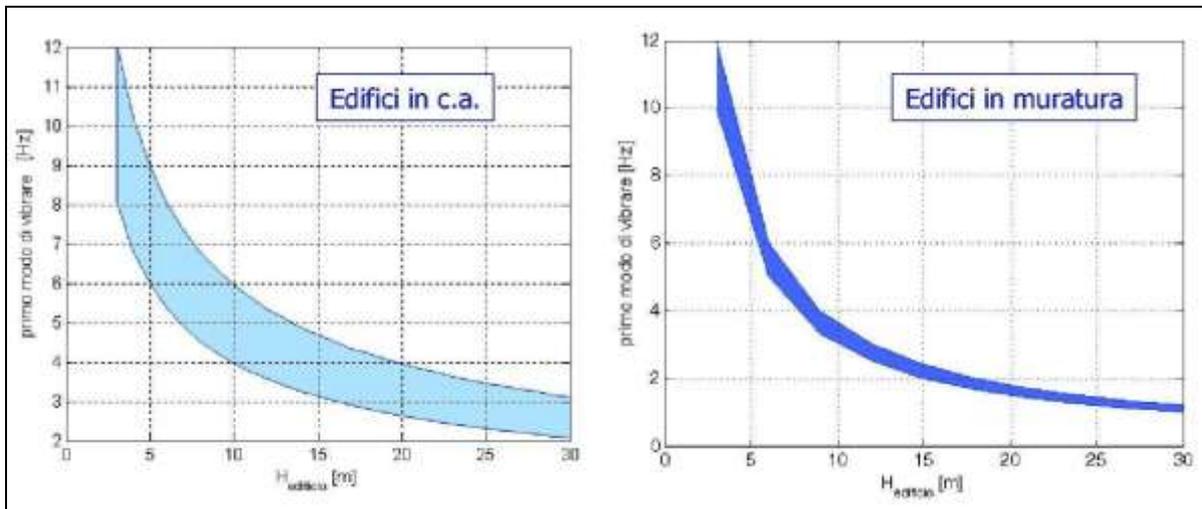
I risultati delle misure HVSR sono state rappresentate nella "*Carta delle frequenze naturali dei depositi*". Sono state riscontrate frequenze di risonanza ben riconoscibili come picchi nei grafici H/V. I risultati delle indagini HVSR, considerando le frequenze da 0.1 a 20 Hz (quelle d'interesse ingegneristico sono normalmente da 0.1 a 12 Hz), e sono rappresentati in Tabella n.4.

PROVE	RISONANZA DEL TERRENO DA 0.1 - 20 Hz								NOTE
	Frequenze (Hz)	Ampiezza picco	Frequenze (Hz)	Ampiezza picco	Frequenze (Hz)	Ampiezza picco	Frequenze (Hz)	Ampiezza picco	
n.1	12	1.6							
n.2	13	1.6							
n.3	3	4.4							
n.4	2.8	4.4							
n.5	2.4	2.3	5.2	2.5					
n.6	3.8	3.2							
n.7	2.3	2	7	1.9					
n.8	3	2	8.5	1.9					
n.9	3.3	3.6							
n.10	3.5	3.4							
n.11	5.5	2							
n.12	8.5	2.9							
n.13	6.5	2							
n.14	2.5	2	7	2					
n.15	2.5	2	7	2	17	1.9			
n.16	1.2	1.8	5	1.4	16	2.1			
n.17	1.9	1.8	13	1.9					
n.18	2	1.8	14	2.2					
n.19	5.5	2.8	10	2.8	16	2.9			
n.20	1.6	2.2							
n.21	1.6	2	5.37	2.04	19.7	1.53			
n.22	1.6	2.2	5.7	2.85	12.3	1.8			
n.23	3.3	3.8							
n.24	3.26	5.2							
n.25	2.07	1.62	17.15	2.25					
n.26	2.3	1.67	11.6	3.4					
n.27	2.8	2.09	12.5	2.08					
n.28	1.2	1.8	13.6	2.4					
n.29	1.5	1.95	14	2.16					
n.30	2	1.54	14.45	2.68					
n.31	2.07	1.68	10.65	3					
n.32	1.5	1.6	14	2.38					
n.33	2.04	1.67	12.7	2.4					
n.34	7.73	2.4							
n.35	8.26	2.11	16.5	1.8					
n.36	1.51	1.68	15.2	2.35	20.7	2.75			
n.37	2.13	2.12	17.4	1.8					
n.38	2.43	5.27							
n.39	3.45	7.37	16.3	2.74					
n.40	2.38	2.26	3.66	2.6					
n.41	2.46	2.25	4.35	2.05					
n.42	1.4	2.1	6.23	2.69					
n.43	0.95	2.9	5.46	3.33					
n.44									Non interpretabile
n.45	4.7	3	8	2.37					
n.46	4.7	2.94							
n.47									“Piatta”
n.48	4	2.4	9	2.5					
n.49	1.8	2	9.9	2.5					
n.50									Non interpretabile
n.51	14	4							
n.52	9	6.4							
n.53	11.4	2.3							
n.54	0.8	1.9	5.3	1.7	15.3	1.9			
n.55	2.29	1.78	14.8	3.19					

PROVE	RISONANZA DEL TERRENO DA 0.1 - 20 Hz								NOTE
	Frequenze (Hz)	Ampiezza picco	Frequenze (Hz)	Ampiezza picco	Frequenze (Hz)	Ampiezza picco	Frequenze (Hz)	Ampiezza picco	
n.56	2.25	1.6	13.8	3.1					
n.57	2.7	2.4	12.6	1.5	9	1.7			
n.58	2.6	2.7	14.3	1.8					
n.59	2.5	2.6	12.3	13.6					
n.60	2.5	3.45	12	1.25					
n.61	2.36	3.2	12.62	2.3					
n.62	2.11	2.1	3.55	2.3					
n.63	1.05	2.13	10.2	2.34					
n.64	4	4							
n.65	4	4							
n.66	3.62	2.65							
n.67	3.21	2							
n.68	3	2.25							
n.69	4.9	2.5							
n.70	15	1.8							
n.71	2.92	3.65							
n.72	2.95	4.4							
n.73	2.84	2.67							
n.74	2.39	3.3							
n.75	3.1	2.9							
n.76	3.26	3.45							
n.77	4.76	2.73							
n.78	2.49	2.71							
n.79	1.87	1.75	4.14	1.94	8.69	1.9	13.06	1.89	
n.80	3	2.94	10.6	1.5					
n.81	2.76	3.31	12.11	1.76	20.3	1.98			
n.82	2.15	2.66	4	2.66	10.96	1.7			
n.83	2.2	4	3.4	2.8	12.4	2			
n.84	2.6	2.6							
n.85	2.4	4.7	13.3	1.4					
n.86	2.3	1.9							

**Tabella n. 4: Valori di risonanza del terreno (frequenza-ampiezza), considerando frequenze da 0.1 a 20.0 Hz**

Il grafico rappresentato in tabella n.5, permette di ottenere un'indicazione degli edifici a maggiore rischio e vulnerabilità, per fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura in caso di terremoto. La curva vale per edifici standard in c.a. e in muratura. La prassi migliore è eseguire il confronto o con la misura diretta dei modi di vibrare degli edifici se esistenti o con i risultati del calcolo dello strutturista attraverso l'analisi modale, nel caso di fabbricati in progetto. I modi principali di vibrare di un edificio si possono misurare con tecniche passive molto rapide e simili a quelle descritte in questo studio; le misure dirette sono raccomandabili, rispetto al calcolo da modello o alla stima attraverso relazioni standard come quelle riportate nei grafici di tabella n.5, in quanto esiste una notevole variazione da struttura a struttura. Se consideriamo la relazione tipica "altezza edificio-frequenza di risonanza" (v. Tabella n.5 grafico per edifici in cemento armato), si evidenzia che, considerando le frequenze di risonanza del terreno misurate in sito da 2 a 3 Hz provocano un effetto di doppia risonanza suolo-struttura sugli edifici di altezza tra i 15-30 metri circa, da 5.5 a 7 Hz su quelli di altezza da 4 a 12 metri, da 8 a 10 Hz su quelli di altezza da 3 a 7 metri, superiori a 10 Hz su quelli di altezza da 3-4 metri.



**Tabella n. 5: Esempi di modi di vibrare di edifici (rapporto frequenze e altezze); il grafico di sinistra è relativo a edifici in cemento armato quello di destra a edifici in muratura. I valori tipici assunti per disegnare questi grafici sono stati ricavati dallo studio di Masi et al. - 2007.**

#### 4.4.4 – Carta di Microzonazione sismica di terzo livello (Fa) e (Fv)

La “Carta di microzonazione sismica di terzo livello” è stata redatta sulla base della quantificazione numerica, attraverso il calcolo di Risposta Sismica Locale, dei valori di amplificazione sismica. Nel nostro caso il Fattore di amplificazione a basso periodo è quello da 0.1 a 0.5 sec. ( $FA_{0.1-0.5}$ ), mentre quello ad alto periodo è da 0.5 a 1.1 sec ( $FV_{0.5-1.1}$ ). Gli indirizzi prevedono inoltre una suddivisione in due tipi di zone:

- a) Zone stabili suscettibili di amplificazione: sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione stratigrafica e morfologica locale.
- b) Zone suscettibili di instabilità: gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio. A questa categoria appartiene la “*Zona suscettibile d’instabilità per faglie attive e capaci*”, la “*Zona suscettibile d’instabilità per liquefazione*” e la “*Zona di attenzione per cedimenti differenziali*”.

Nell’area d’indagini sono state eseguite n. 11 sezioni di calcolo bidimensionale della Risposta Sismica Locale, al fine di determinare i valori più cautelativi di amplificazione e di accelerazione massima calcolata in superficie ( $a_{max}$ ).

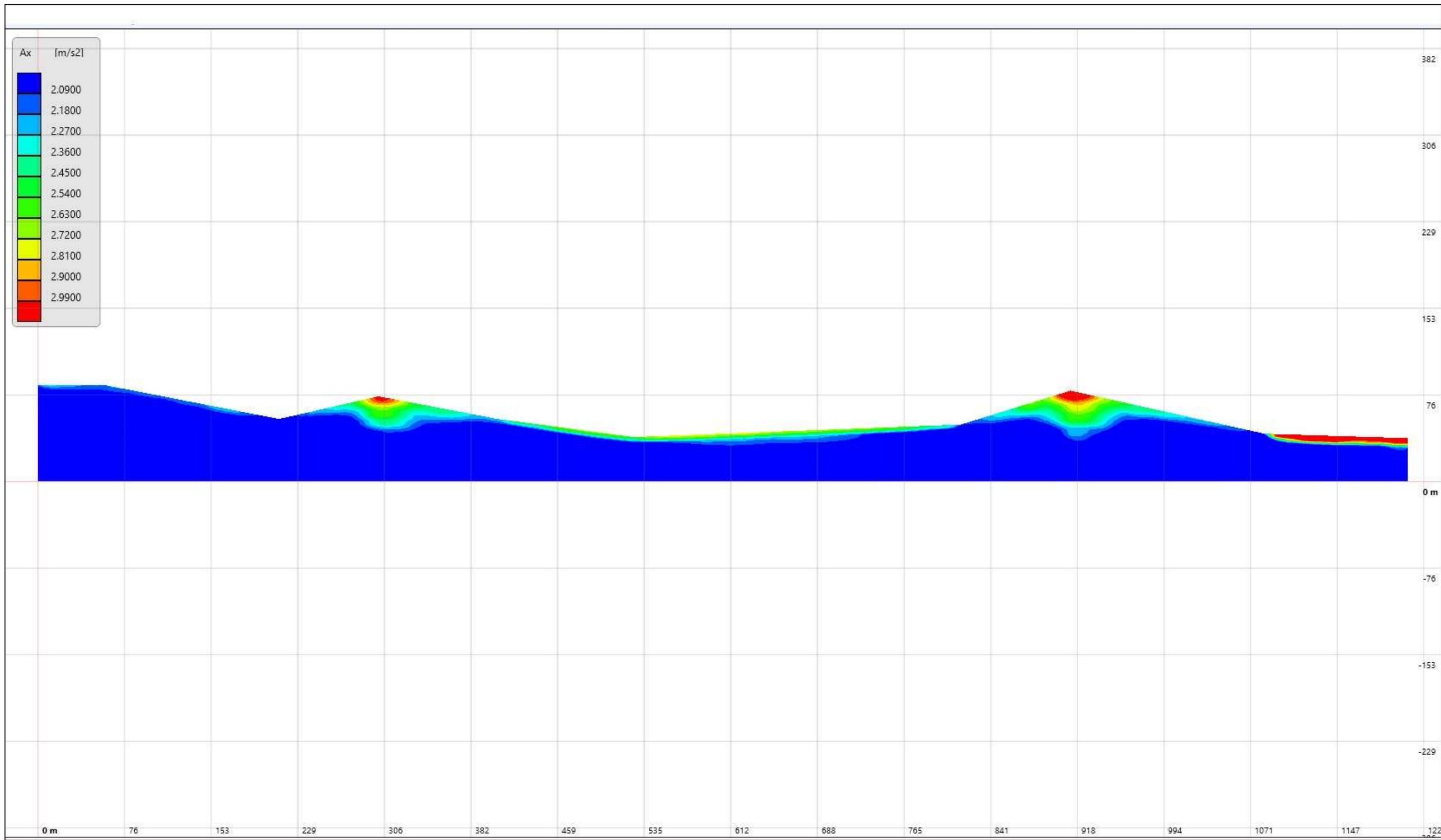
E’ stata eseguita la Risposta Sismica Locale (RSL) bidimensionale, utilizzando il software LSR 2D, basato sull’analisi lineare equivalente. L’elaborazione permette di valutare l’amplificazione dell’impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento. L’input sismico utilizzato è rappresentato da una settupla di storie accelerometriche applicate alla base del modello e riferite agli spettri di normativa calcolati per il sito in esame, considerando un sottosuolo di roccia affiorante (classe A) con topografica orizzontale (T1). In particolare, i sette accelerogrammi sono stati ricavati tramite l’utilizzo del portale SEISM-HOME creato dall’Eucentre di Pavia, che seleziona gli input con il massimo rigore da parte di operatori esperti, evitando in particolare di inserire più di una registrazione proveniente dallo stesso evento o dalla stessa stazione e selezionando l’insieme migliore di accelerogrammi spettrocompatibili registrati su sottosuolo roccioso di Categoria A e disponibili nelle principali banche dati accelerometriche mondiali accreditate. Per quantificare l’azione sismica in superficie, in corrispondenza dei siti in esame, e valutare il fattore di amplificazione, è stato realizzato un modello bidimensionale (v. sezioni allegate) sul quale sono state successivamente condotte le

modellazioni numeriche. Le sismostratigrafie e i valori di rigidità utilizzati sono quelli ottenuti dalle indagini sismiche eseguite appositamente e precedentemente descritte. Lungo le frontiere laterali dei modelli sono stati introdotti particolari elementi assorbenti (free-field boundaries) che forzano i nodi delle frontiere laterali a riprodurre il moto di free-field, essenziale per le analisi di risposta sismica locale bidimensionali 2D.

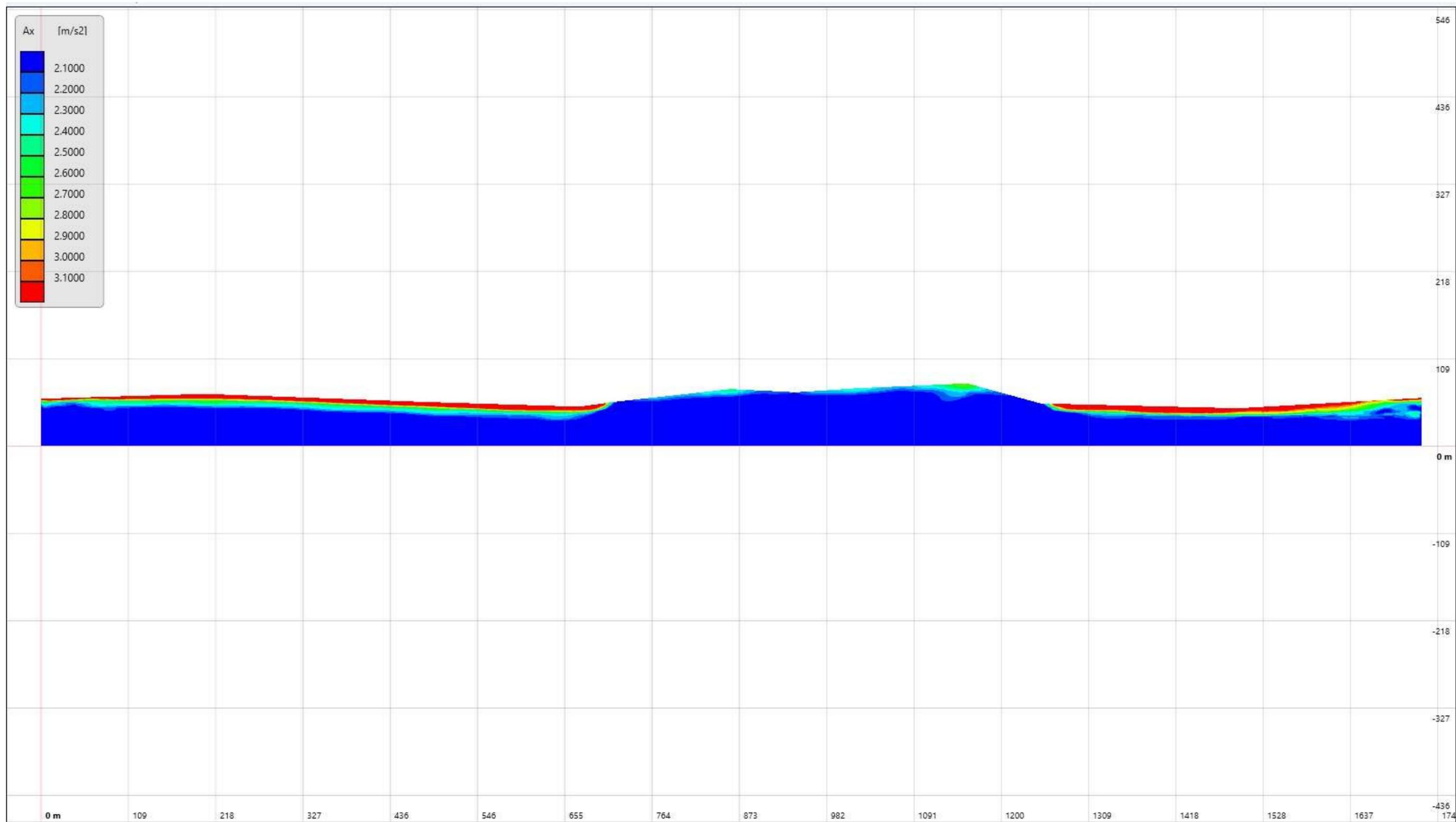
Nel rispetto del D.M. 17/01/2018 è stata assunta una severità dell'azione sismica con la probabilità di superamento ( $P$ ) e con il periodo di ritorno ( $T_R$ ) relativi allo stato limite considerato. In particolare, è stata considerata una vita nominale della costruzione ( $V_n$ ) di 50 anni, un coefficiente d'uso ( $C_u$ ) pari a 1 e quindi un periodo di riferimento  $V_R = V_n \cdot C_u = 50 \cdot 1 = 50$  anni. A partire da queste indicazioni, si è determinato un periodo di ritorno ( $T_R$ ) dell'azione sismica di 475 anni corrispondente ad una probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{V_R}$  (50 anni) del 10% allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV). Utilizzando il software dei LL.PP. "Spettri-NTC", è stato possibile calcolare i parametri " $ag$ ", " $F_0$ ", " $T_c$ ", che sono rispettivamente **0.191** (g), 2.378, 0.309 (s). Con l'OPCM n. 3519 del 28.04.2006 e con DGRV n.71/2008 si approva la "*Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale*" espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $ag_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/sec). Nel calcolo della Risposta Sismica Locale si è assunto, a scopo cautelativo, il valore massimo di "**ag**", riferito a suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/s), lungo l'intera traccia delle singole sezioni.

Riepilogando, la verifica bidimensionale dell'amplificazione sismica locale si compone di tre fasi principali:

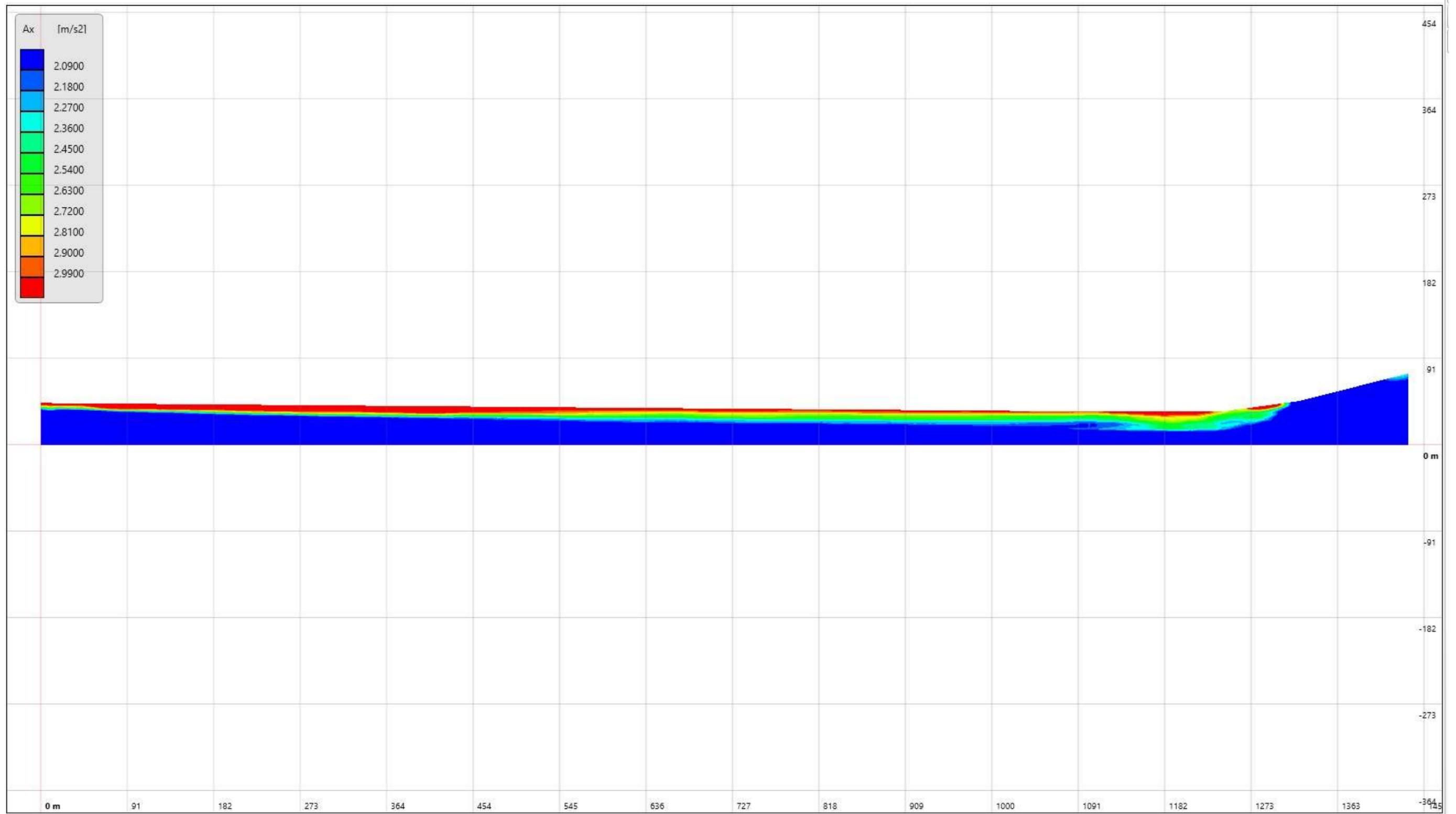
- 1- elaborazione del modello del sottosuolo. In questa fase sono stati inseriti i parametri di profondità, spessore, peso di volume,  $V_s$ , smorzamento (0.02% per il bedrock e quello delle curve di decadimento per i terreni di copertura) per ogni strato.
- 2- inserimento dei dati di input sismico. Sono stati importati sette accelerogrammi ricavati tramite l'utilizzo del portale SEISM-HOME creato dall'Eucentre di Pavia.
- 3- elaborazione dei dati che ci consente di ottenere diverse informazioni, tra cui il comportamento dell'accelerazione, velocità, spostamento, lo Stress-strain, gli spettri di risposta della velocità e dello spostamento relativi, lo spettro elastico in accelerazione e lo spettro normalizzato. Consente inoltre di calcolare il Fattore di Amplificazione confrontando lo spettro medio in ingresso con quello in uscita e calcolando il rapporto dell'intensità per un periodo  $T$ .



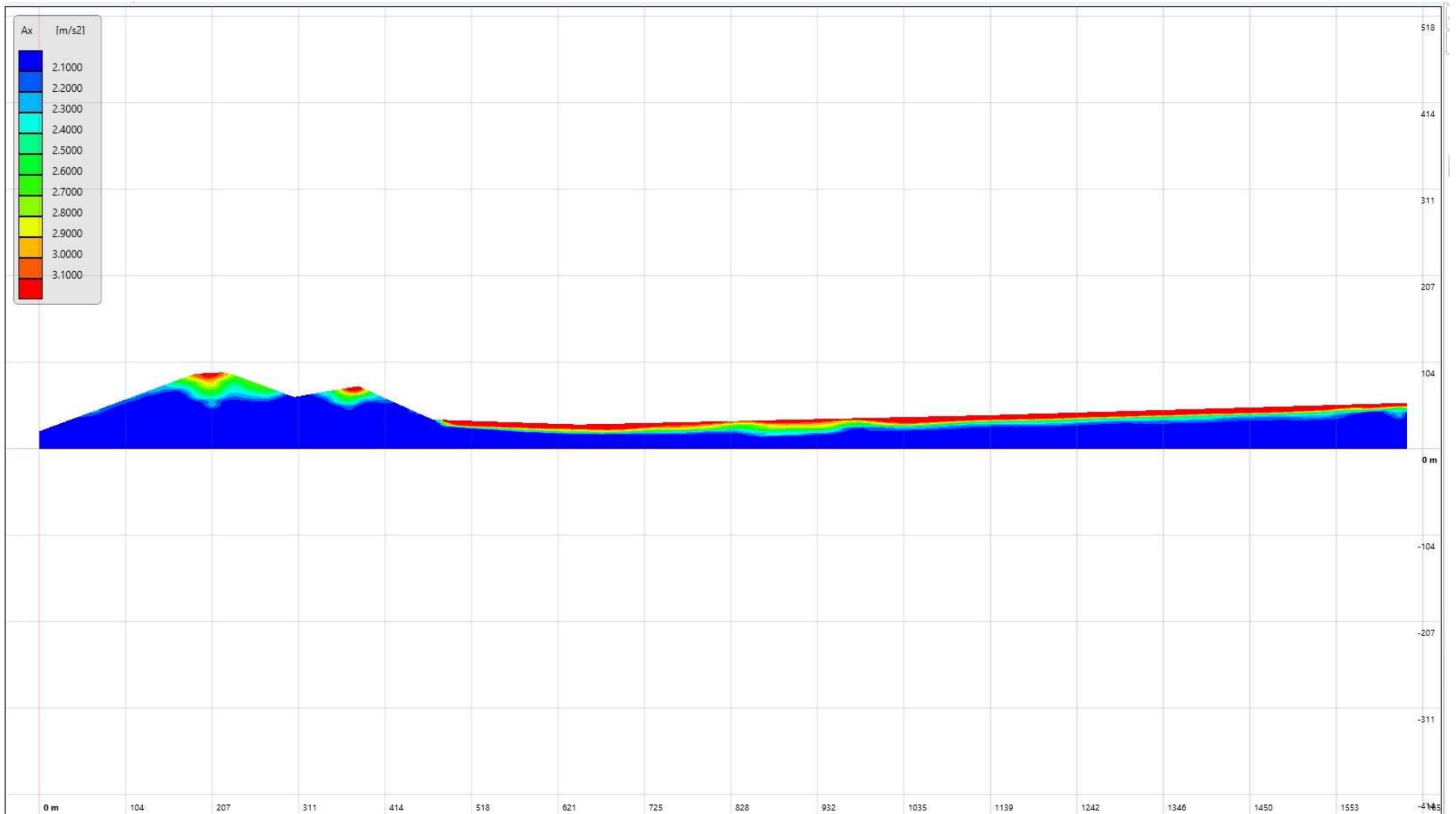
Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL1



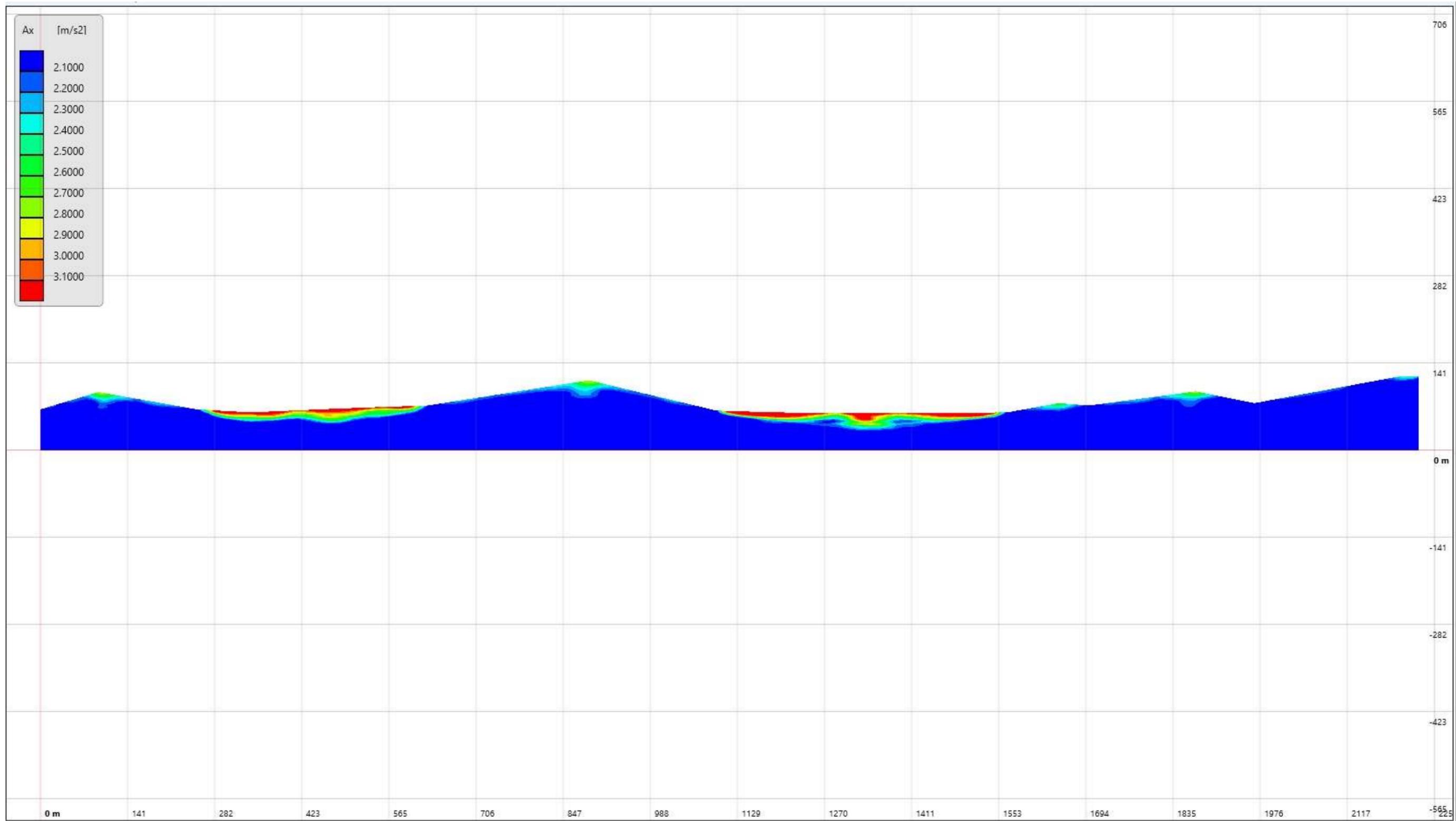
Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL2



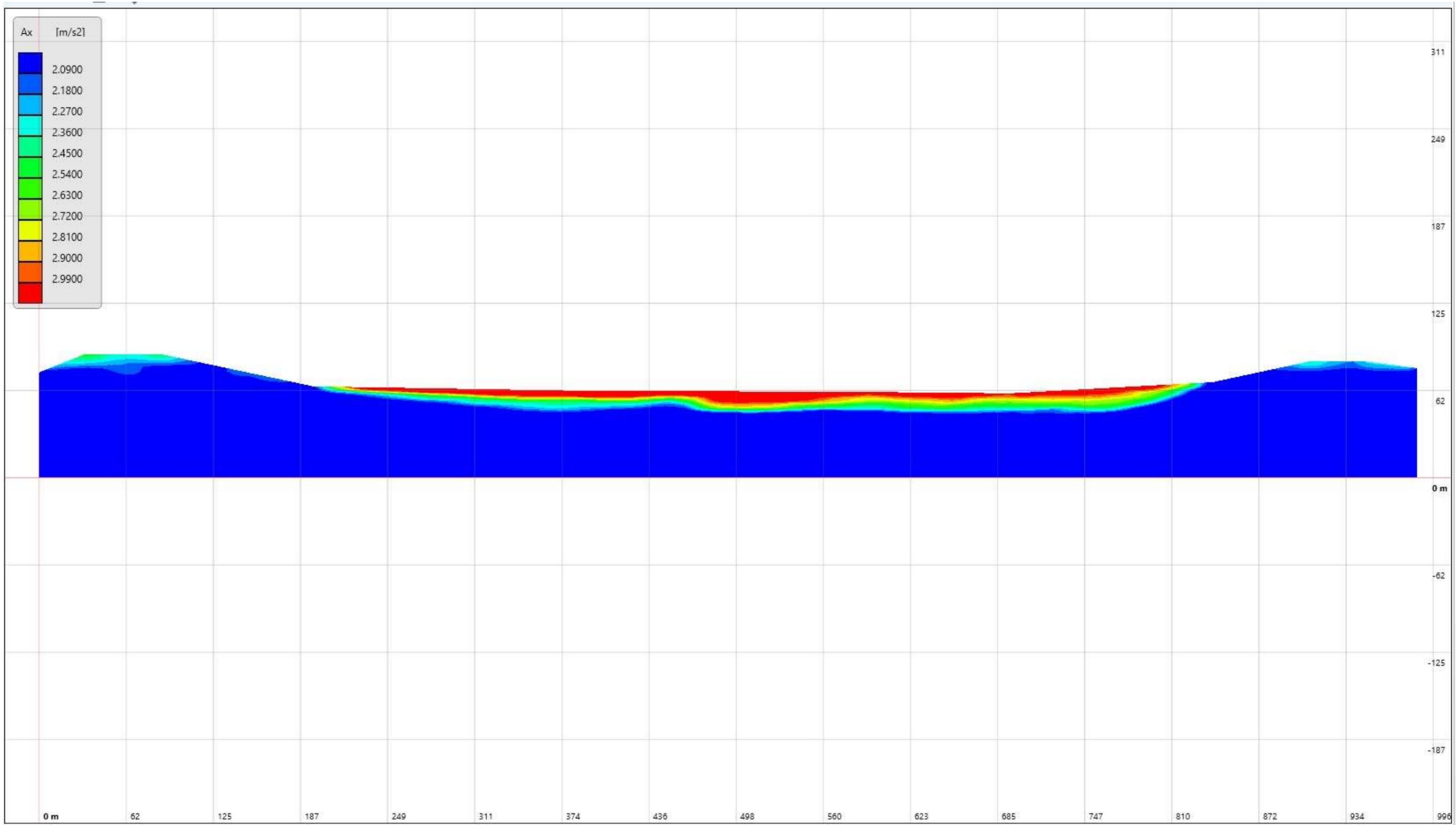
Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL3



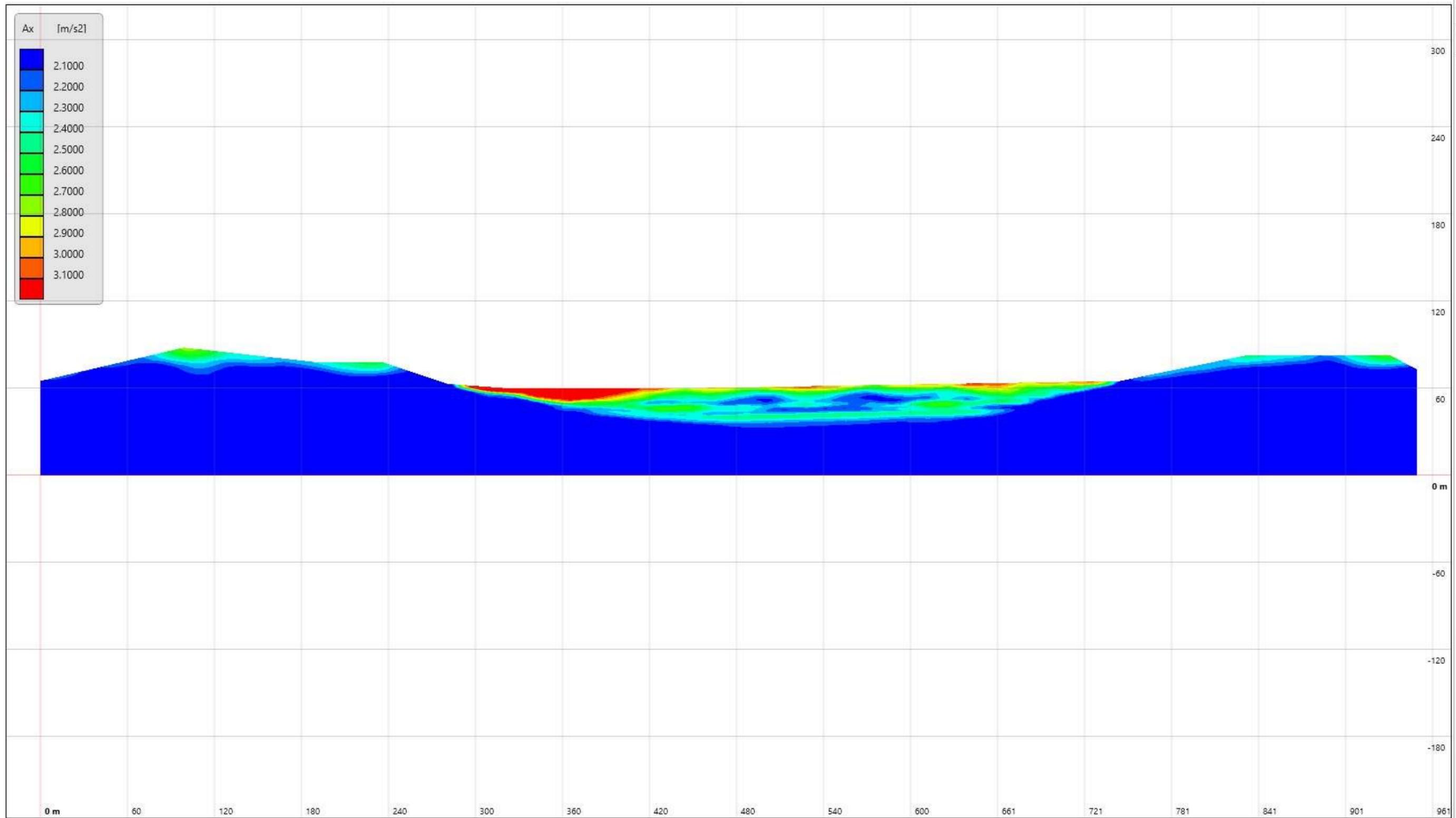
Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL4



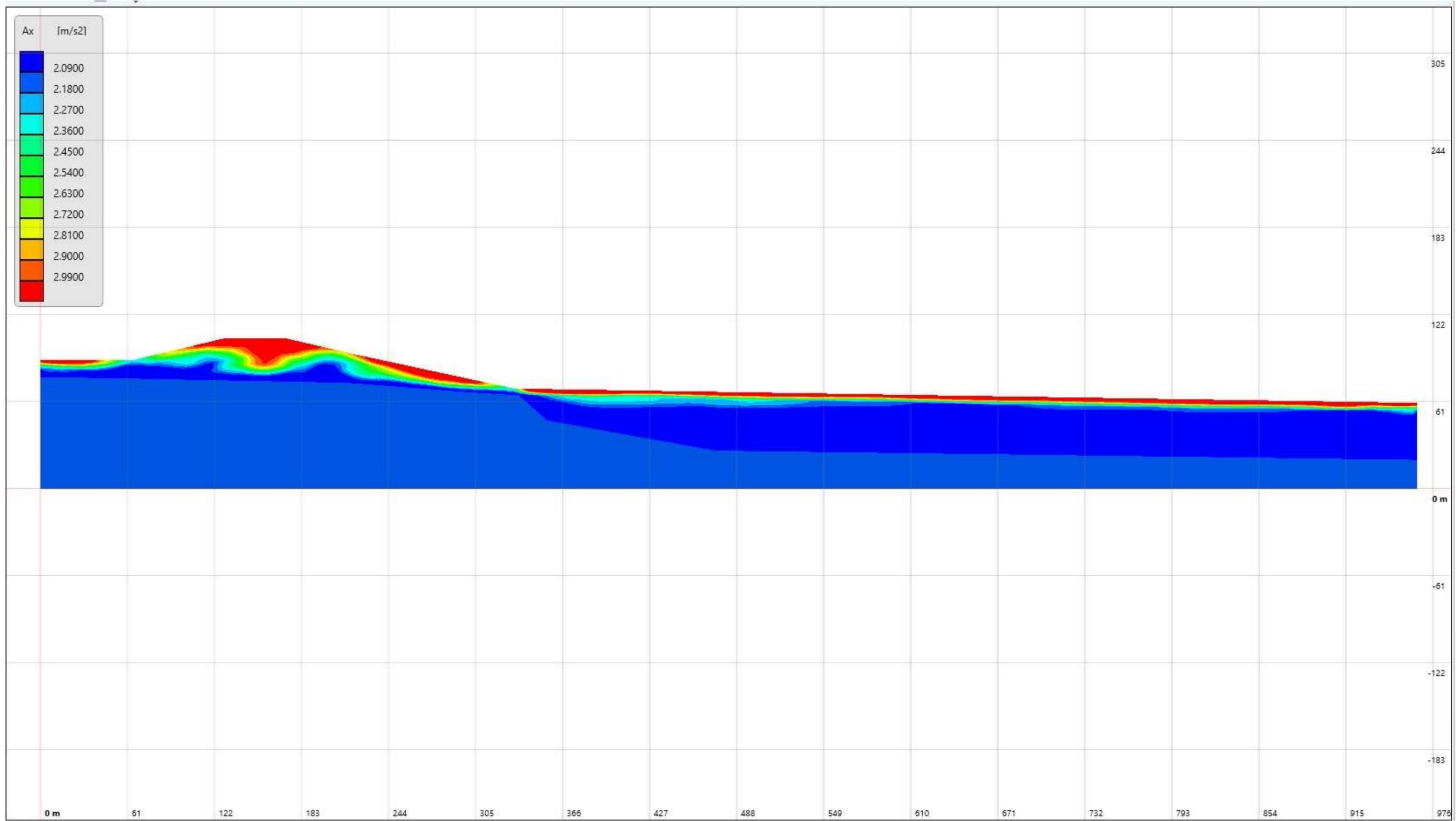
Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL5



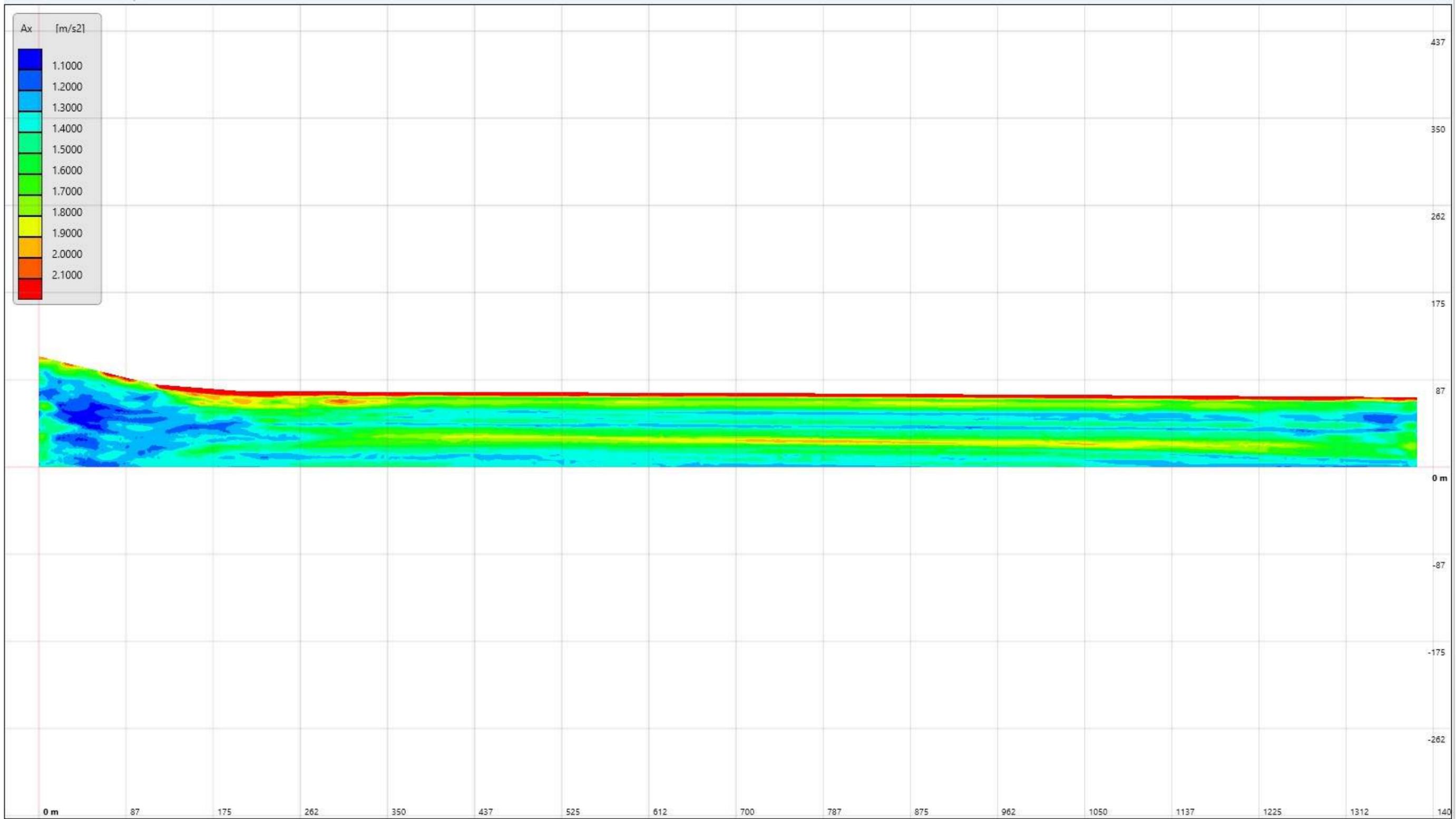
Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL6



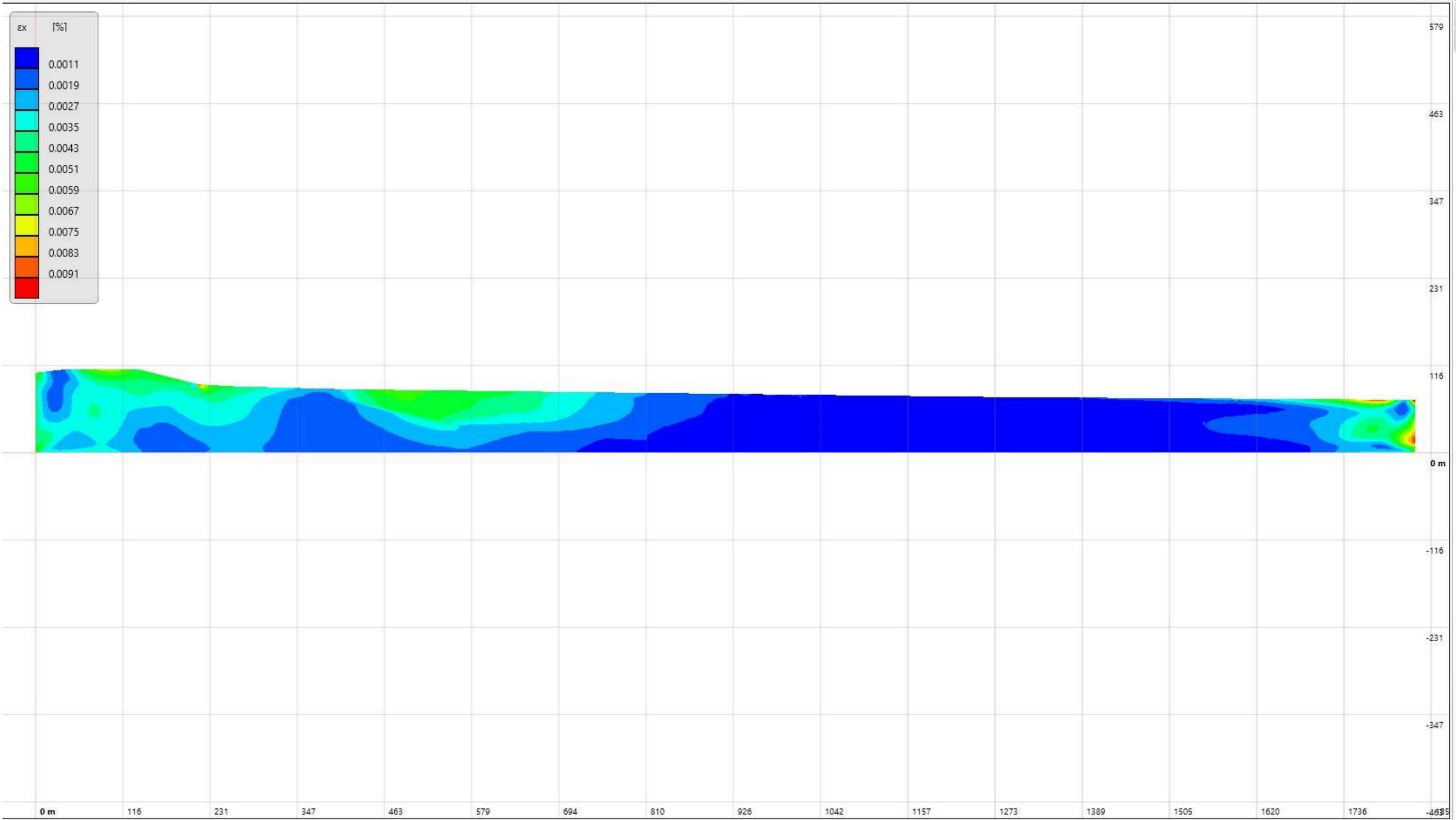
Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL7



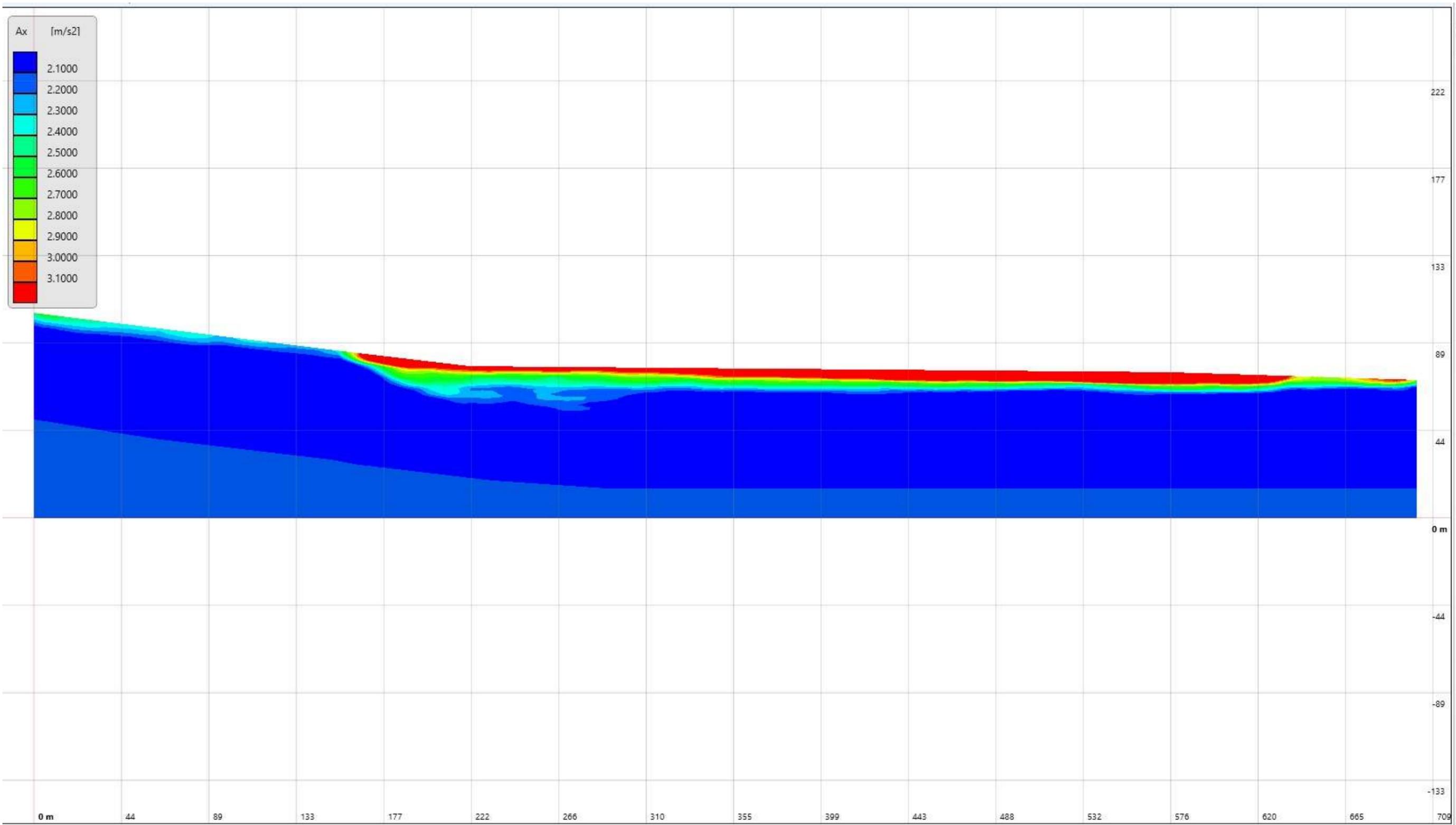
Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL8



Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL9



Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL10



Calcolo di Risposta Sismica Locale: modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione RSL11

Nelle “**Carte di Microzonazione Sismica di Livello 3**” sono stati rappresentati i valori del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell’intervallo d’integrazione di 0.1 - 0.5 sec (“**FA<sub>01-05</sub>**”) e 0.5 – 1.1 sec (“**FV<sub>05-1.1</sub>**”), calcolati attraverso un’analisi numerica bidimensionale (Risposta Sismica Locale), come sopra descritta. La cartografia è stata realizzata seguendo le linee guida della Regione del Veneto.

Nella Carta di Microzonazione sismica di livello 3 “FA<sub>01-05</sub>” sono state individuate le seguenti zone:

1) Zone stabili suscettibili di amplificazione:

- FA<sub>01-05</sub> = < 1.4;
- FA<sub>01-05</sub> = 1.41-1.8;
- FA<sub>01-05</sub> = 1.81-2.2;
- FA<sub>01-05</sub> = 2.21-3.0;

2) Zone suscettibili d’instabilità per liquefazione:

- ZL\_FA<sub>01-05</sub> =< 1.4
- ZL\_FA<sub>01-05</sub> = 1.41-1.8;
- ZL\_FA<sub>01-05</sub> = 1.81-2.2;
- ZL\_FA<sub>01-05</sub> = 2.21-3.0;

3) Indice potenziale di liquefazione (IL), punti di misura:

- non liquefacibile
- basso (0<IL≤ 2)
- moderato (2<IL≤5)
- alto (5<IL≤15)
- molto alto (IL>15).

4) Zone suscettibili d’instabilità:

- ZA\_fac: Zona di attenzione di faglia potenzialmente attiva, presunta. Le aree soggette a instabilità per faglie attive e capaci (FPAC) sono in corso di studio specialistico.

5) Zone caratterizzate da depositi di riporto antropico (cave e/o discariche e/o terrapieni, casse di laminazione, ecc.).

Nella Carta di Microzonazione sismica di livello 3 “FV<sub>05-1.1</sub>” sono state individuate le seguenti zone:

1) Zone stabili suscettibili di amplificazione:

- FV<sub>05-1.1</sub> = < 1.4;
- FV<sub>05-1.1</sub> = 1.41-1.8;
- FV<sub>05-1.1</sub> = 1.81-2.2;
- FV<sub>05-1.1</sub> = 2.21-3.0;

2) Zone suscettibili d’instabilità per liquefazione:

- ZL\_FV<sub>05-1.1</sub> =< 1.4
- ZL\_FV<sub>05-1.1</sub> = 1.41-1.8;
- ZL\_FV<sub>05-1.1</sub> = 1.81-2.2;
- ZL\_FV<sub>05-1.1</sub> = 2.21-3.0;

3) Indice potenziale di liquefazione (IL), punti di misura:

- non liquefacibile
- basso (0<IL≤ 2)

- moderato ( $2 < IL \leq 5$ )
- alto ( $5 < IL \leq 15$ )
- molto alto ( $IL > 15$ ).

4) Zone suscettibili d'instabilità:

- ZA\_fac: Zona di attenzione di faglia potenzialmente attiva, presunta. Le aree soggette a instabilità per faglie attive e capaci (FPAC) sono in corso di studio specialistico.

5) Zone caratterizzate da depositi di riporto antropico (cave e/o discariche e/o terrapieni, casse di laminazione, ecc.).

Le **zone instabili per liquefazione** e l'indice di potenziale di liquefazione "IL", sono state definite attraverso il metodo semplificato "Robertson-Wride" per la CPT, "Finn" per le prove DS e "Andrus & Stokoe (2000)" per le prove sismiche ( $V_s$ ). Quest'ultimo è basato sulla determinazione della resistenza di taglio mobilata (CRR), partendo dalla velocità trasversale ( $V_s$ ) ottenuta attraverso prove sismiche.

La circolare n.7 del 21.01.2019, esplicativa delle NTC 2018, stabilisce che *"..la resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base di prove cicliche in laboratorio o prove in sito (ad esempio le prove penetrometriche statiche o dinamiche o da misure in sito della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ )."*

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione:

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

Per il calcolo della CSR si è necessario conoscere il parametro dell'accelerazione ( $a_g$ ) sismica massima del sottosuolo. Per questo motivo sono stati utilizzati i dati di input di pericolosità sismica di base e i parametri sismici di amplificazione sismica  $a_{g\ max}$  al suolo, ricavati dalla modellazione di risposta sismica numerica.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. I parametri maggiormente utilizzati sono quelli ricavati dalla prova dinamiche (SPT), dalle prove statiche (CPT) o dalle prove di misurazione delle onde di taglio  $V_s$ . Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza. A differenza della maggior parte dei metodi empirici, quelli semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento.

Per quanto riguarda la valutazione del rischio di liquefazione attraverso i parametri delle onde di taglio  $V_s$ , esistono diversi grafici di correlazione  $CSR/V_{s1}$ , dove la  $V_s$  è corretta dalla sovrappressione usando l'equazione:

$$V_{s1} = V_s C_{Vs} = V_s (P_a / \sigma'_v)^{0.25}$$

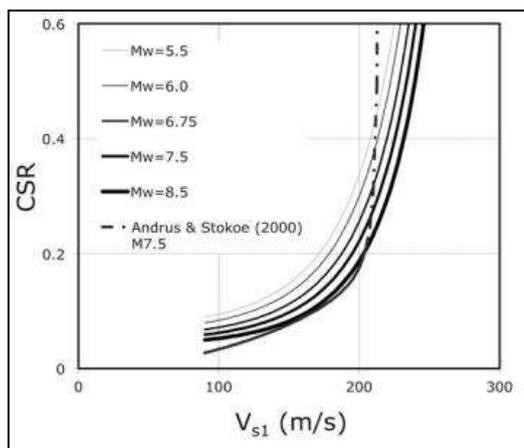
Dove:

$V_{s1}$  = velocità delle onde di taglio corretta della sovrappressione;

$V_s$  = velocità delle onde di taglio misurate in situ;

$\sigma'_v$  = pressione effettiva alla stessa unità di misura di  $P_a$ ;

Pa= pressione atmosferica approssimativamente pari a 100 kPa.



**Fig. 17 – Grafico che evidenzia l'andamento delle curve, per valori di Mw da 5.5 a 8.5, in funzione di Vs1 e CSR (da Kayen e altri, 2013).**

I dati utilizzati nel calcolo sono stati:

- $M_{wmax} = 6.6$ . in quanto l'area di studio è a cavallo tra la zona sismogenetica 905 e 906.
- MSF (Magnitudo Scaling Factor) = 1.69 come da tabella proposta da Eurocodice 8, per il metodo *Finn e Andrus & Stokoe*, mentre è stata utilizzata quella dell'autore per il metodo *Robertson-Wride*.
- l'accelerazione massima al suolo " $a_{max}$ " (g), calcolata attraverso l'analisi di risposta sismica locale bidimensionale.

L'eurocodice 8 e gli "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – 2008" considerano non liquefacibile un deposito con il coefficiente di sicurezza alla liquefazione **Fs > 1.25**.

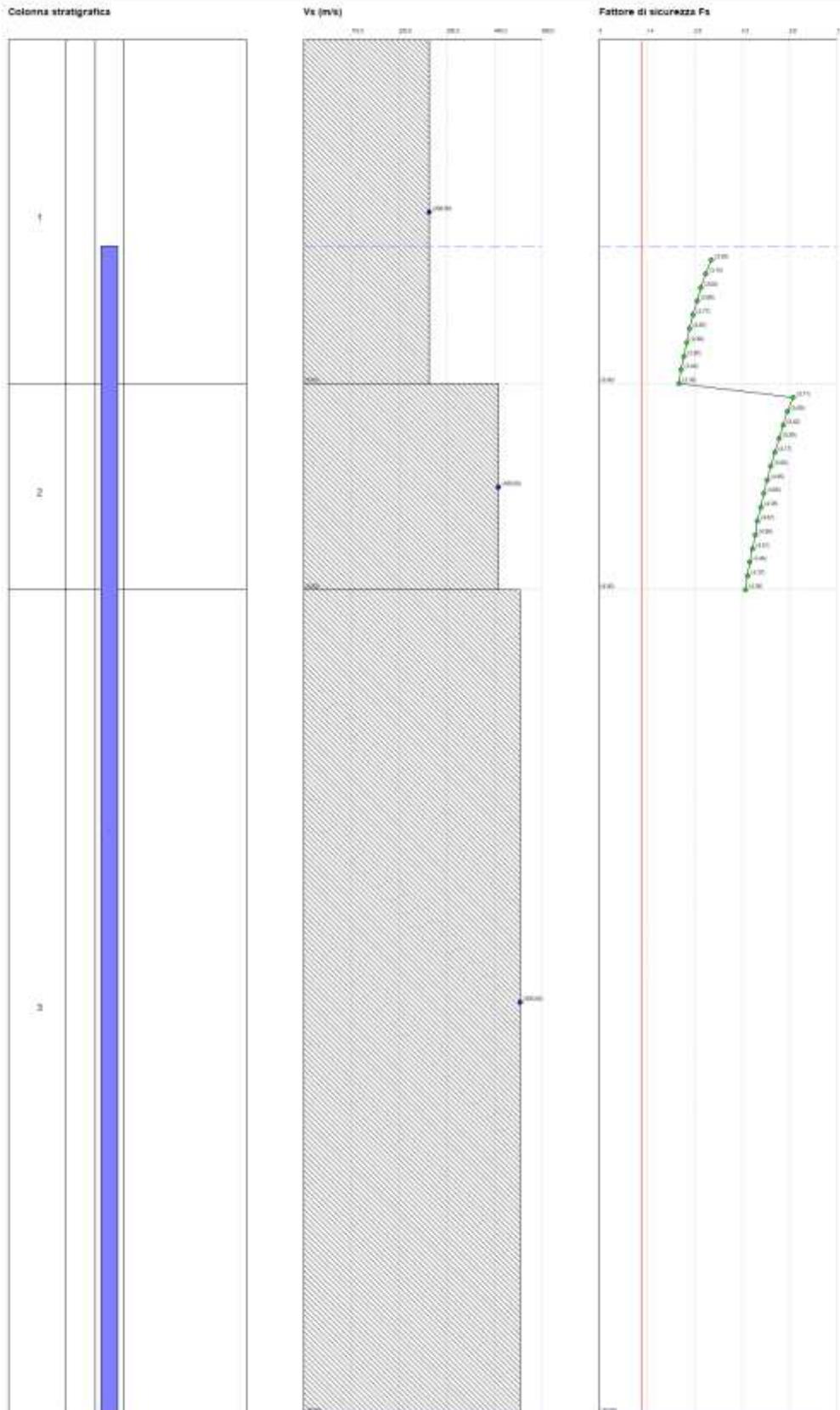
Per la verifica dell'indice potenziale di liquefazione (IL) si è utilizzato il metodo *Sonmez (2003)*, come indicato nelle Linee Guida della Regione del Veneto.

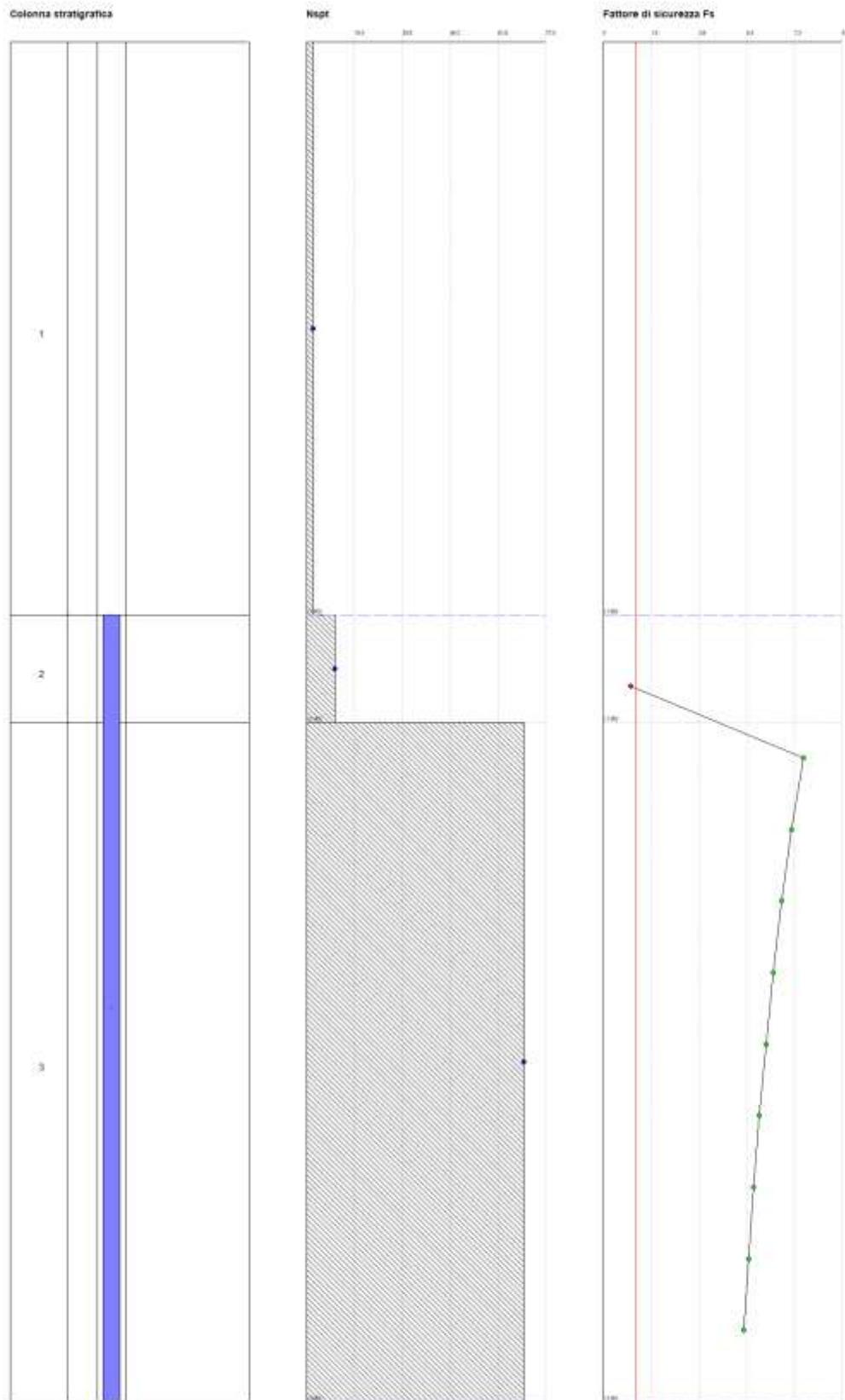
Le singole verifiche del rischio liquefazione sono presenti nelle figure allegate, gli indici di potenziale liquefacibilità sono i seguenti:

<b>Sito</b>	<b>Tipo di prove in sito</b>	<b>Metodo di calcolo</b>	<b>IL (indice potenziale di liquefazione di Sonmez)</b>
1	HVSR10	Finn	7.11 Alto ( $5 < IL \leq 15$ )
2	DH1	Finn	0 Non liquefacibile
3	CPT2	Robertson-Wride	0 Non liquefacibile
4	DS1	Finn	25.49 Molto alto ( $IL \geq 15$ )
5	DL2	Finn	1.42 Basso ( $0 < IL \leq 2$ )
6	DL3	Finn	30.5 Molto alto ( $IL \geq 15$ )
7	CPT3	Robertson-Wride	0 Non liquefacibile
8	DS2	Finn	26.59 Molto alto ( $IL \geq 15$ )
9	CPT4	Robertson-Wride	0 Non liquefacibile
10	CPT5	Robertson-Wride	0 Non liquefacibile
11	CPT6	Robertson-Wride	0 Non liquefacibile
12	CPT7	Robertson-Wride	0 Non liquefacibile
13	CPT8	Robertson-Wride	0 Non liquefacibile
14	DS3	Finn	10.82 Alto ( $5 < IL \leq 15$ )
15	HVSR64	Andrus & Stokoe	0.01 Basso ( $0 < IL \leq 2$ )
16	DS4	Finn	24.07 Molto alto ( $IL \geq 15$ )
17	HVSR76	Andrus & Stokoe	0 Non liquefacibile
18	DS5	Finn	46.8 Molto alto ( $IL \geq 15$ )
19	DS6	Finn	14.6 Alto ( $5 < IL \leq 15$ )
20	CPT9	Robertson-Wride	4.64 Moderato ( $2 < IL \leq 5$ )
21	DS11	Finn	9.73 Alto ( $5 < IL \leq 15$ )
22	DN2	Finn	12.47 Alto ( $5 < IL \leq 15$ )
23	DN3	Finn	18.81 Molto alto ( $IL \geq 15$ )
24	HVSR86	Andrus & Stokoe	2.21 Moderato ( $2 < IL \leq 5$ )
25	HVSR74	Andrus & Stokoe	0 Non liquefacibile
26	HVSR3 e 4	Andrus & Stokoe	34.02 Molto alto ( $IL \geq 15$ )
27	HVSR7 e 8	Andrus & Stokoe	8.63 Alto ( $5 < IL \leq 15$ )
28	HVSR55 e 56	Andrus & Stokoe	0.21 Basso ( $0 < IL \leq 2$ )

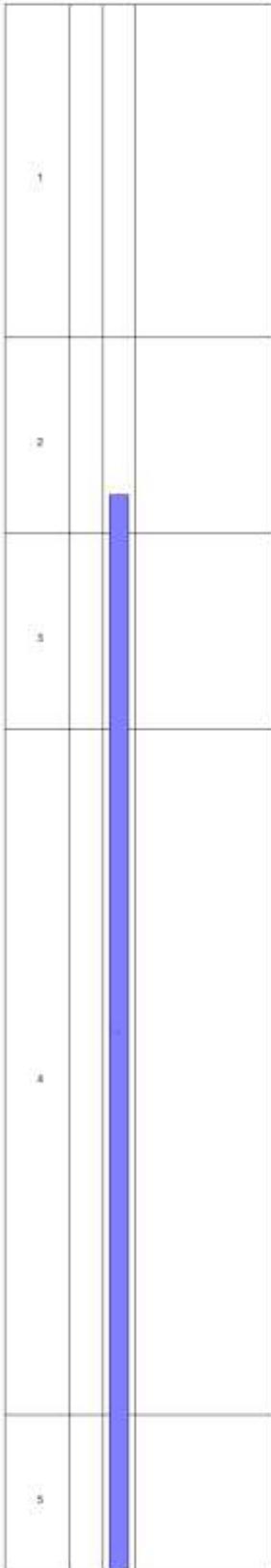
**Tabella n.6: Indice Potenziale di liquefazione (IL) nei siti puntuali.**

■ **Calcolo del Rischio di liquefazione nei vari siti**

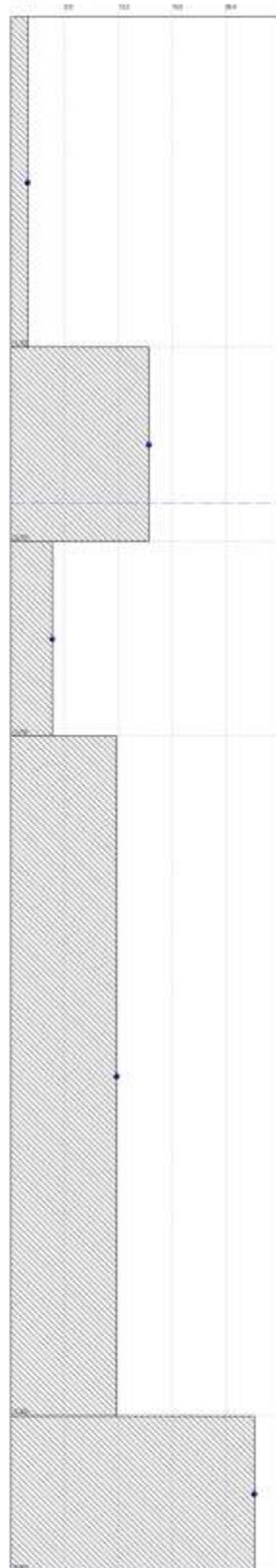




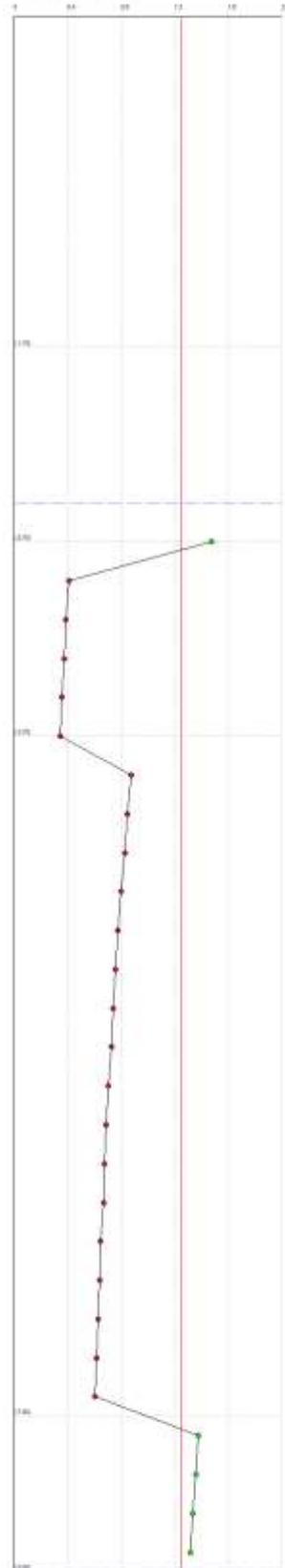
Colonna stratigrafica



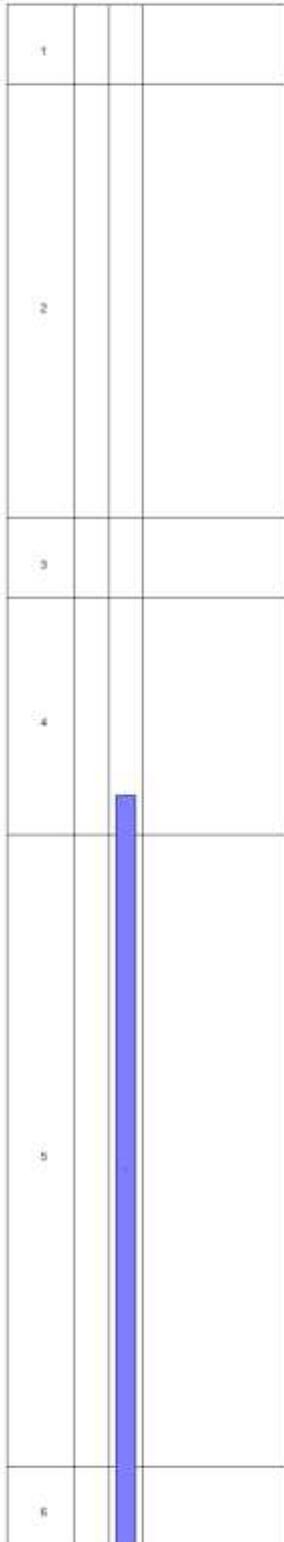
kgpt



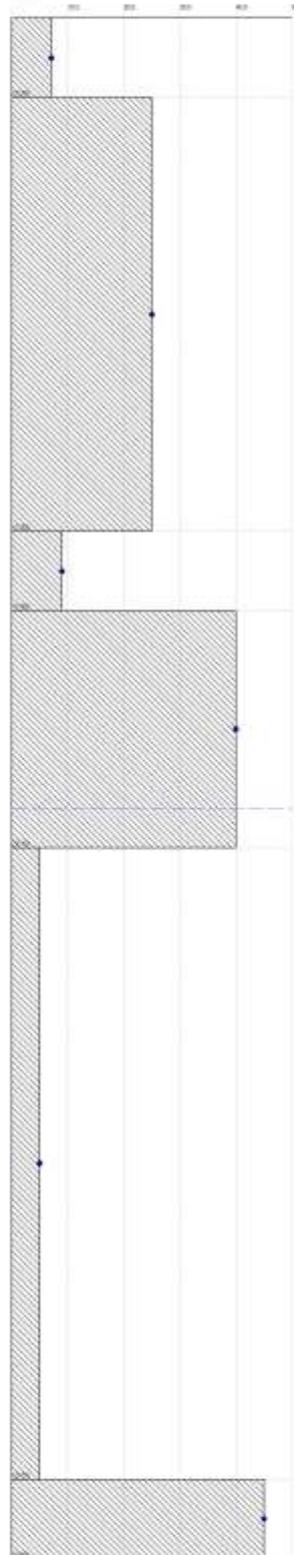
Fattore di sicurezza Fs



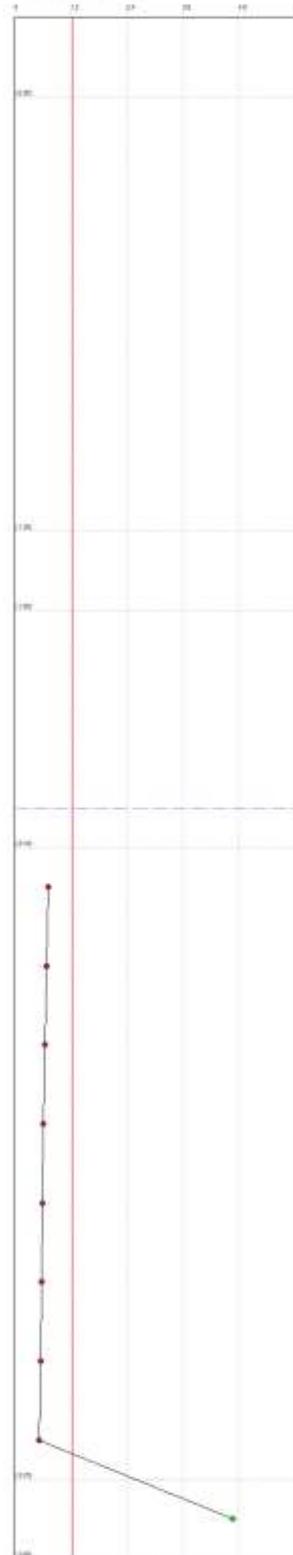
Colonna stratigrafica

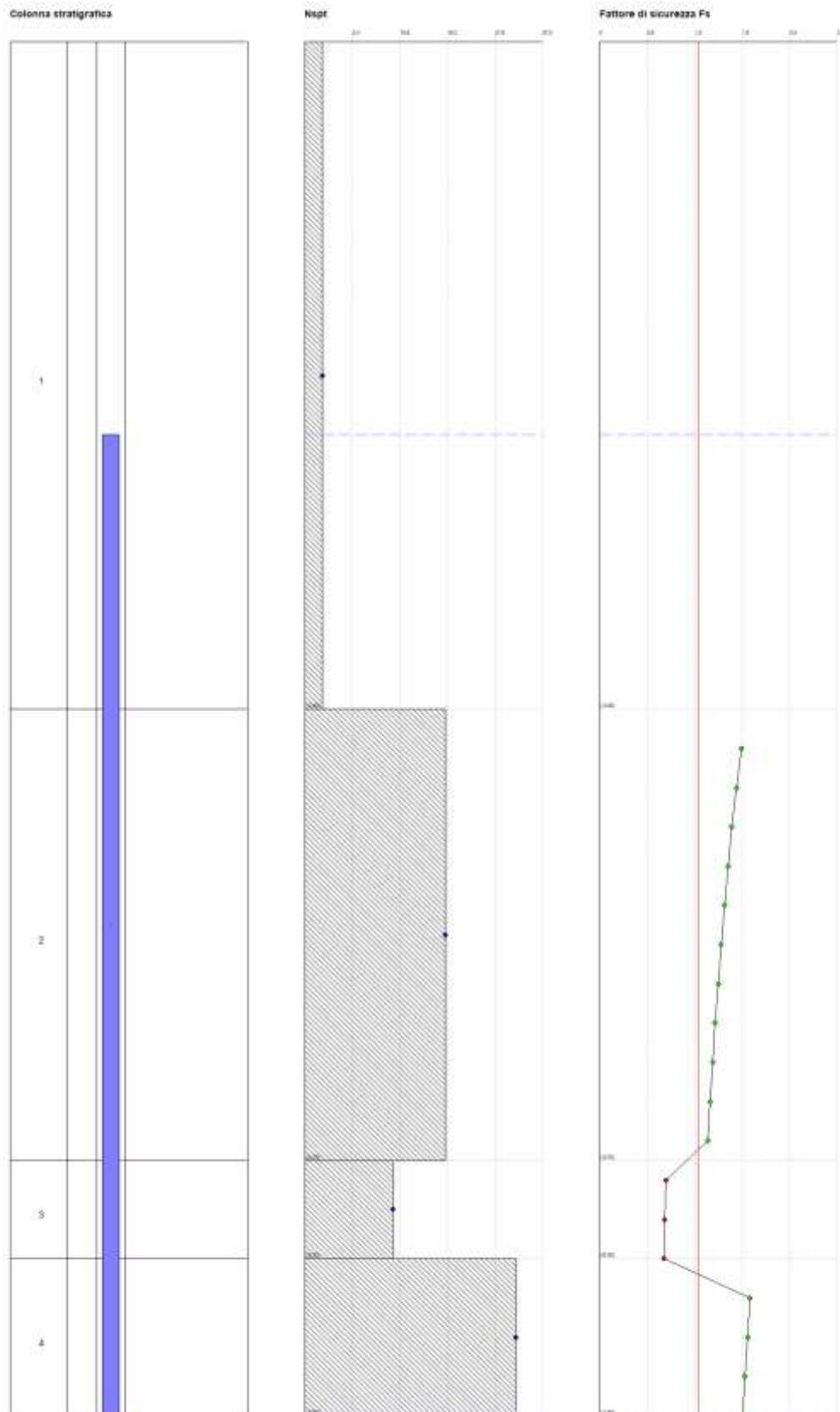


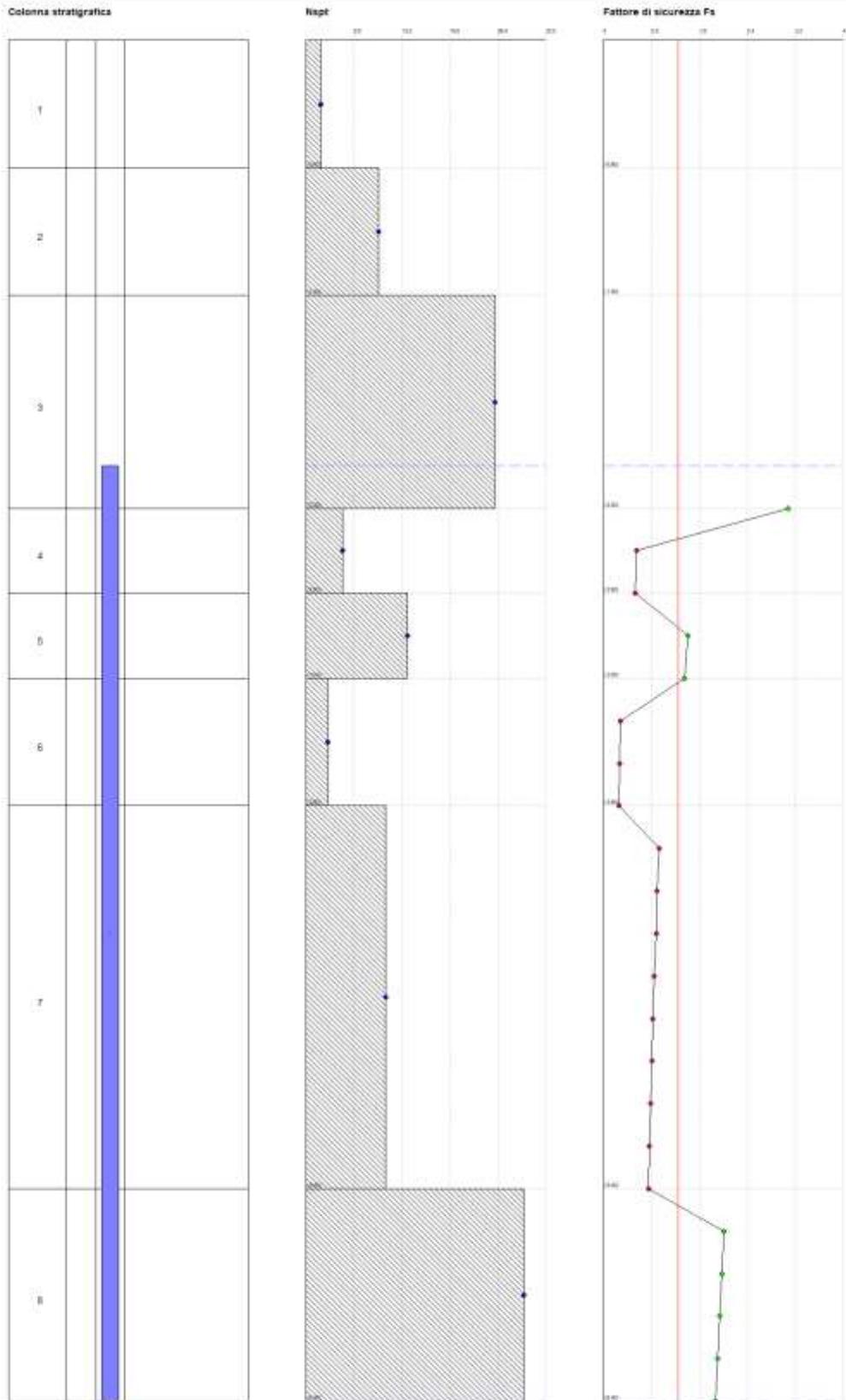
logp

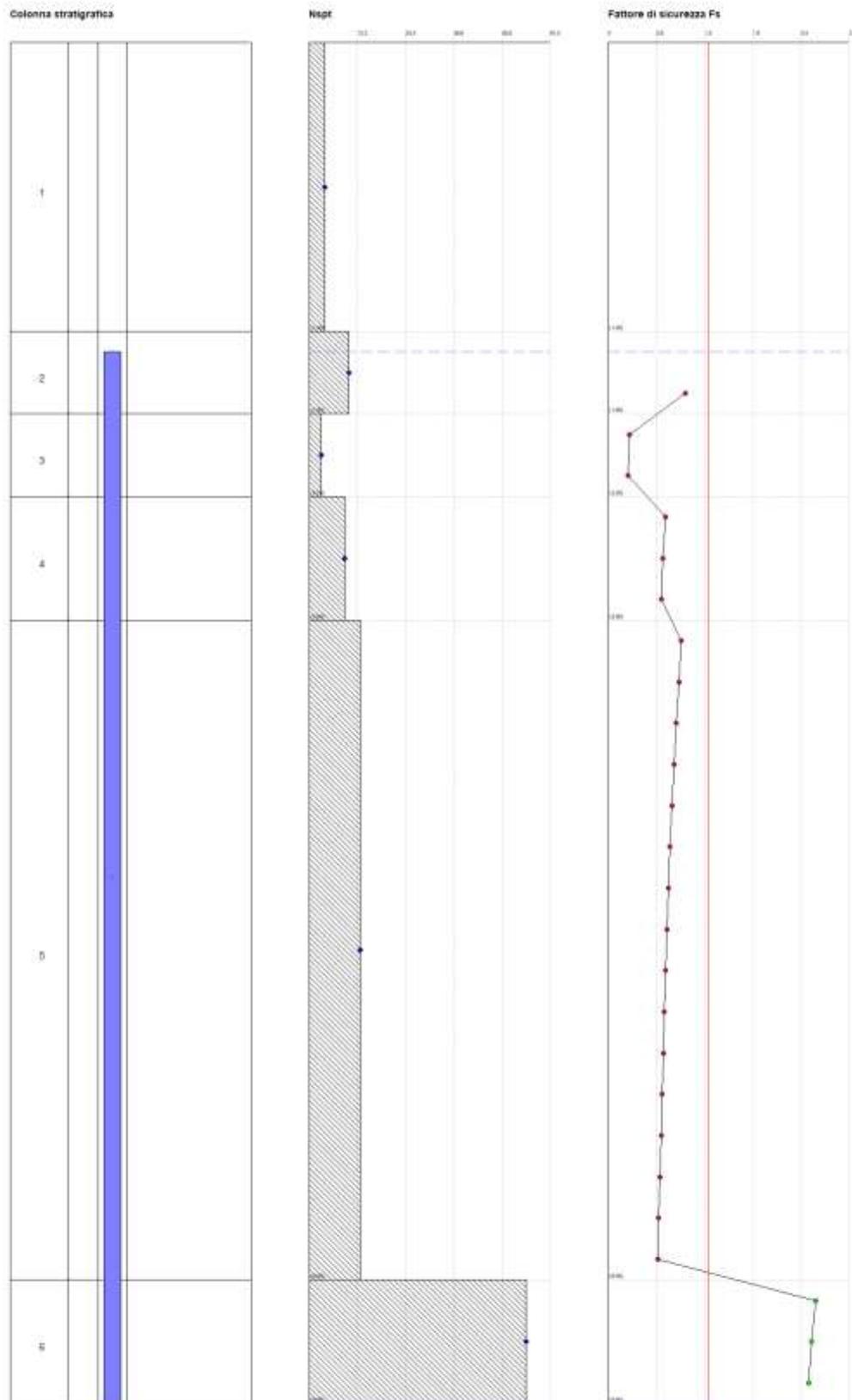


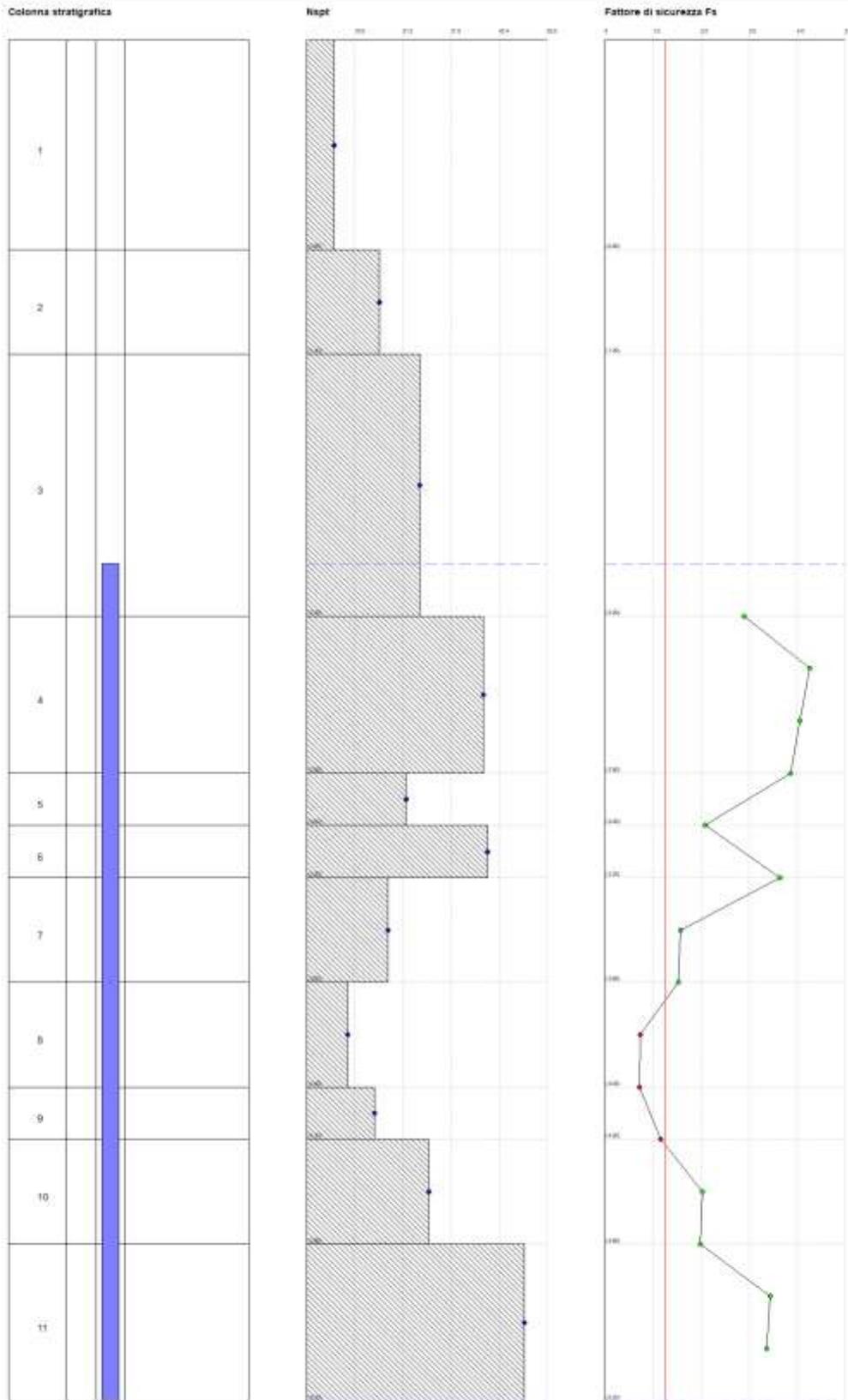
Fattore di sicurezza Fs

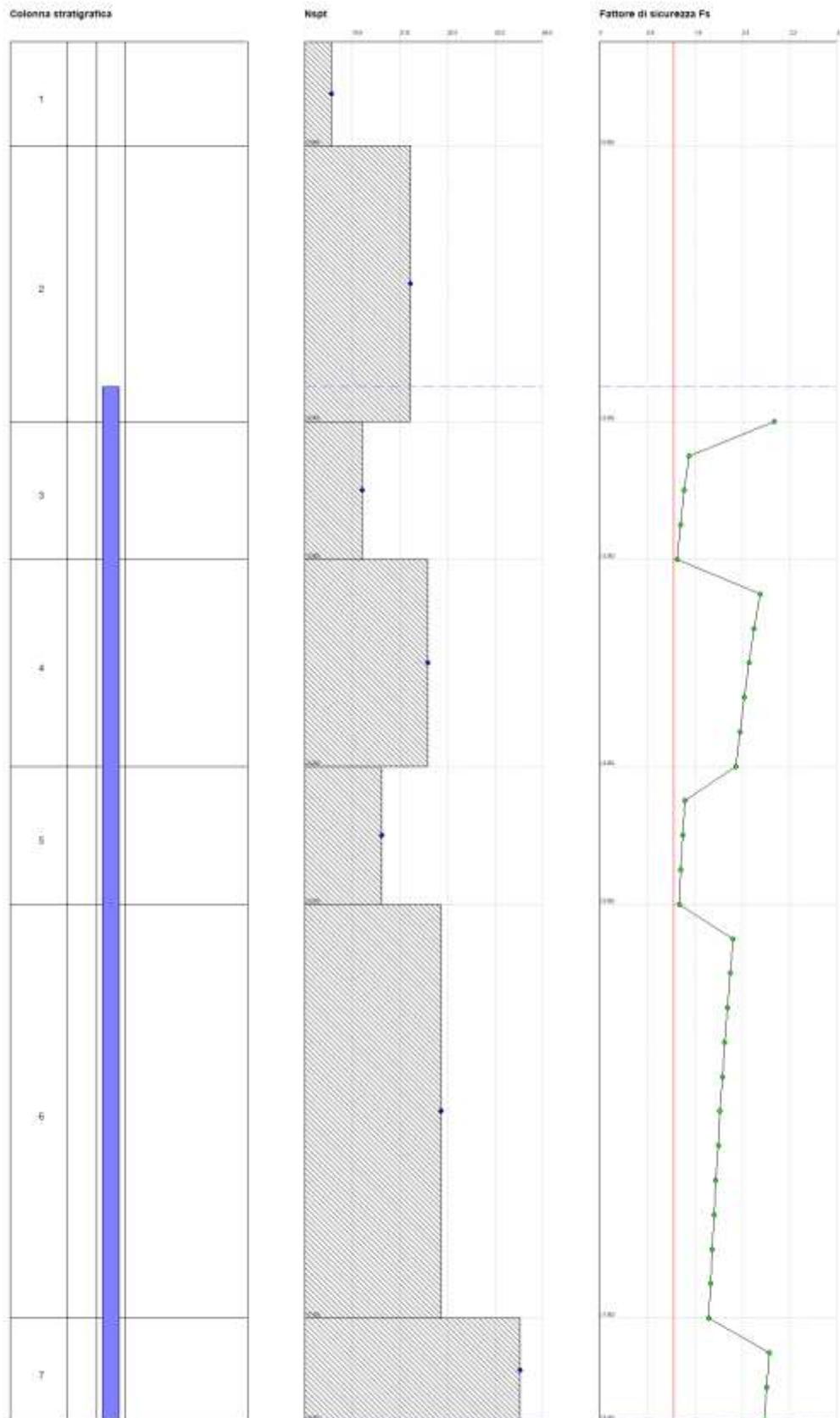


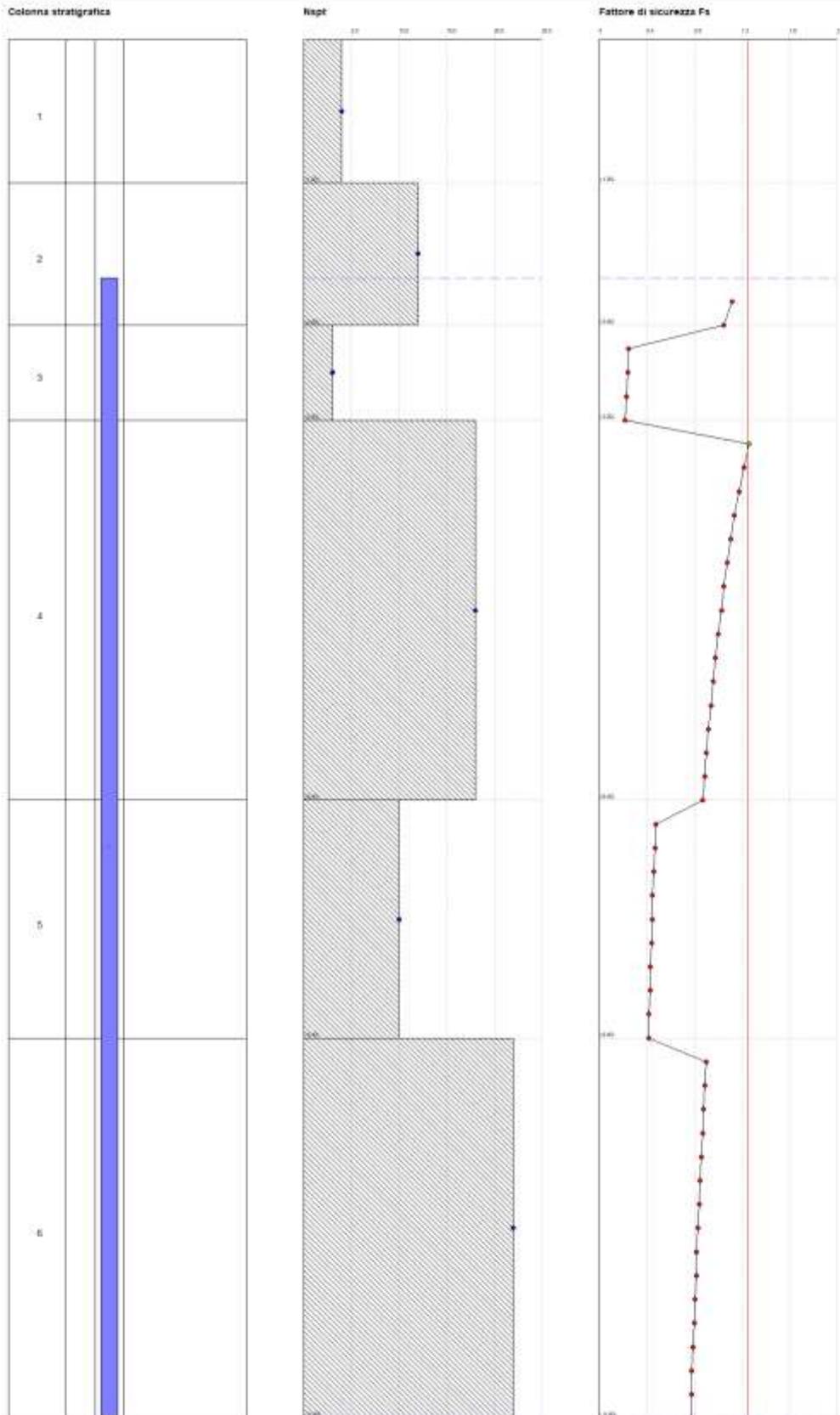


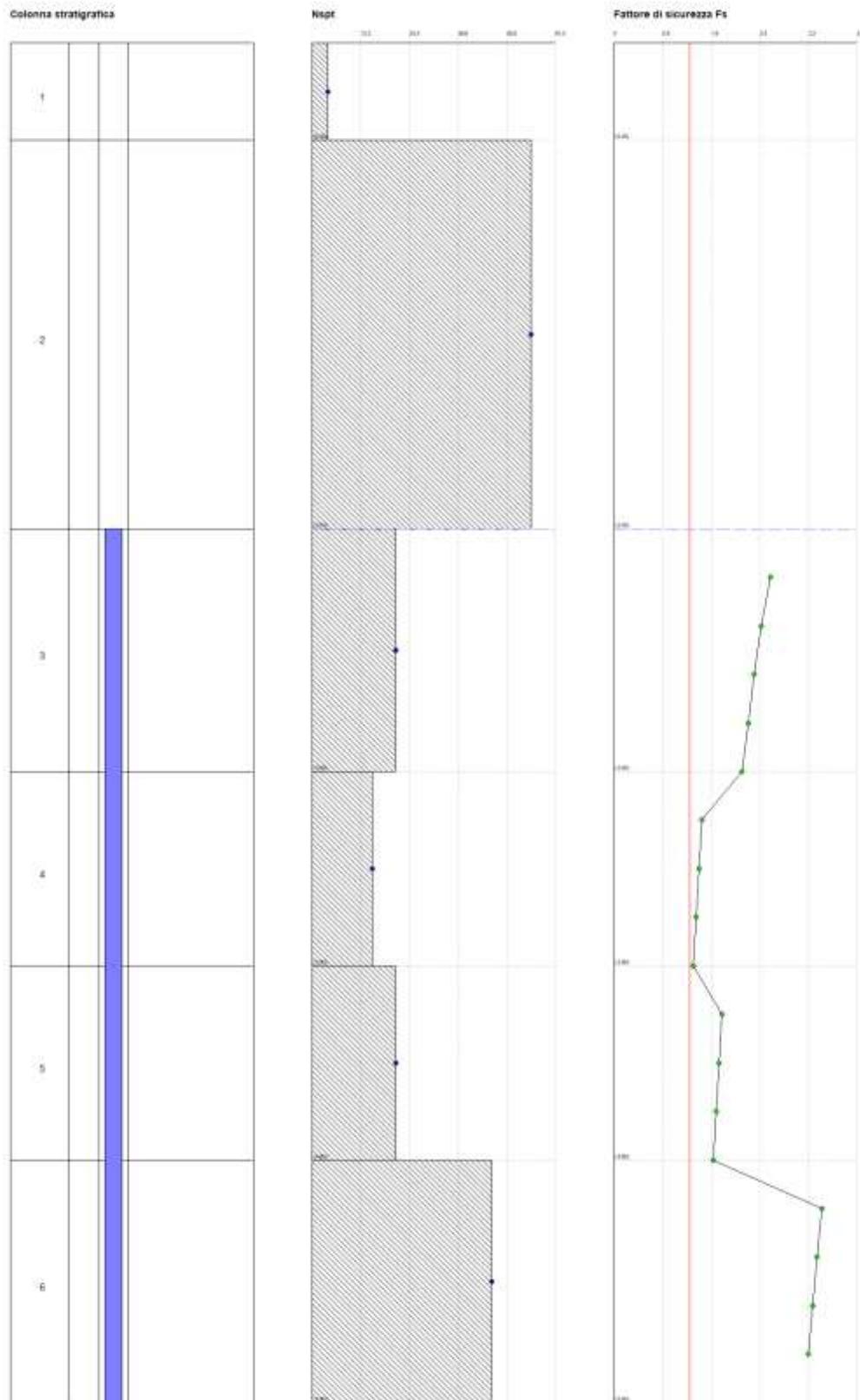


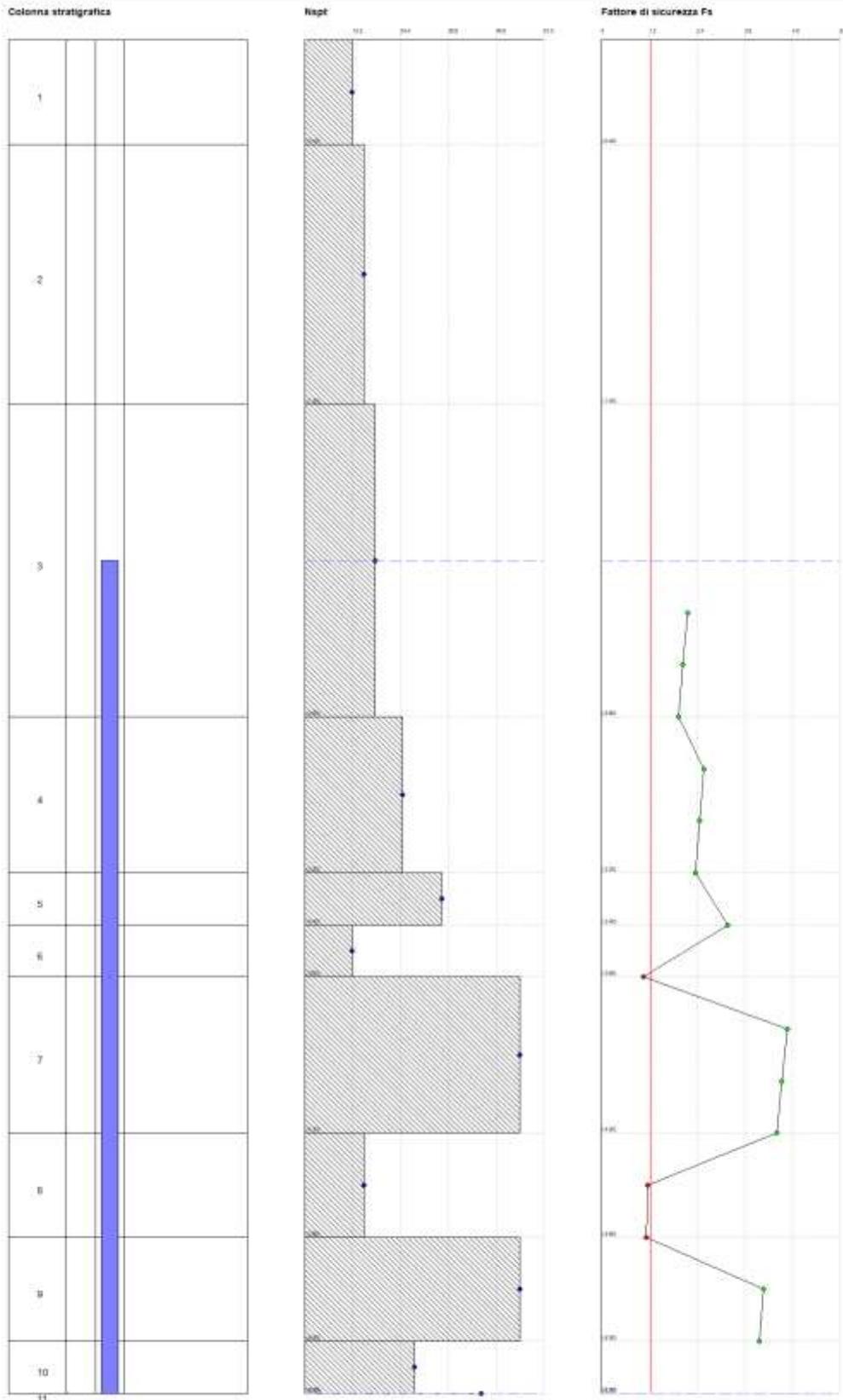


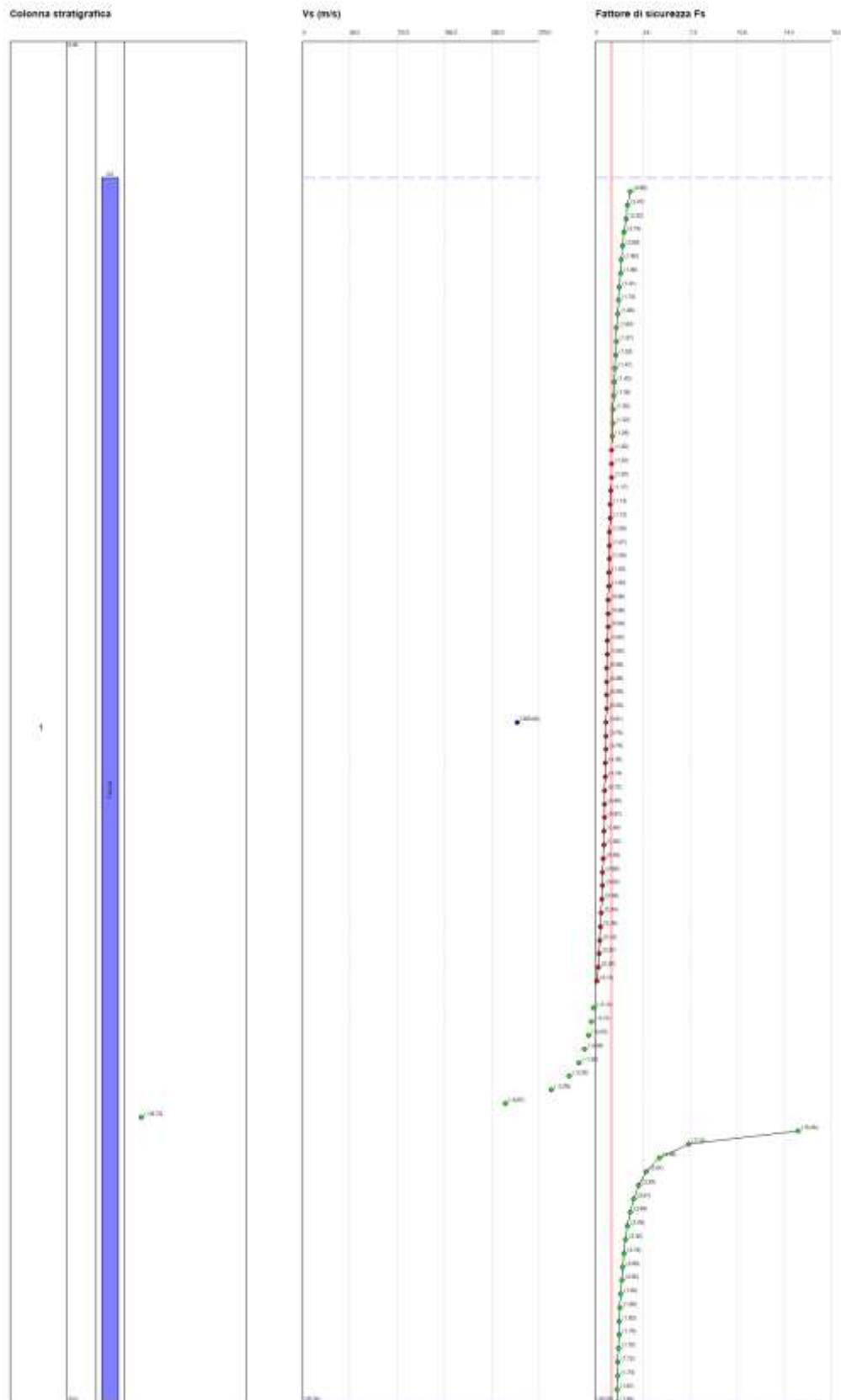


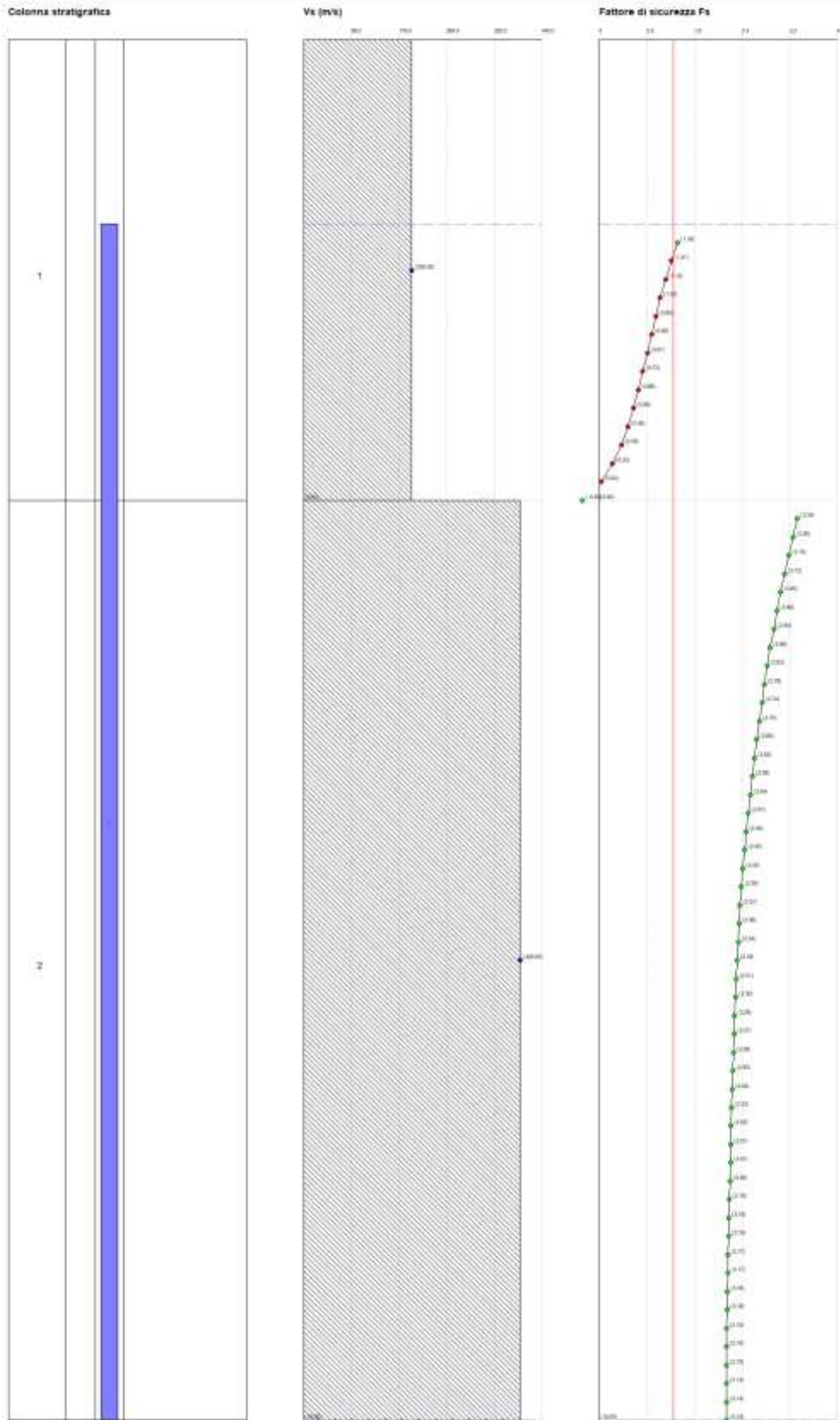


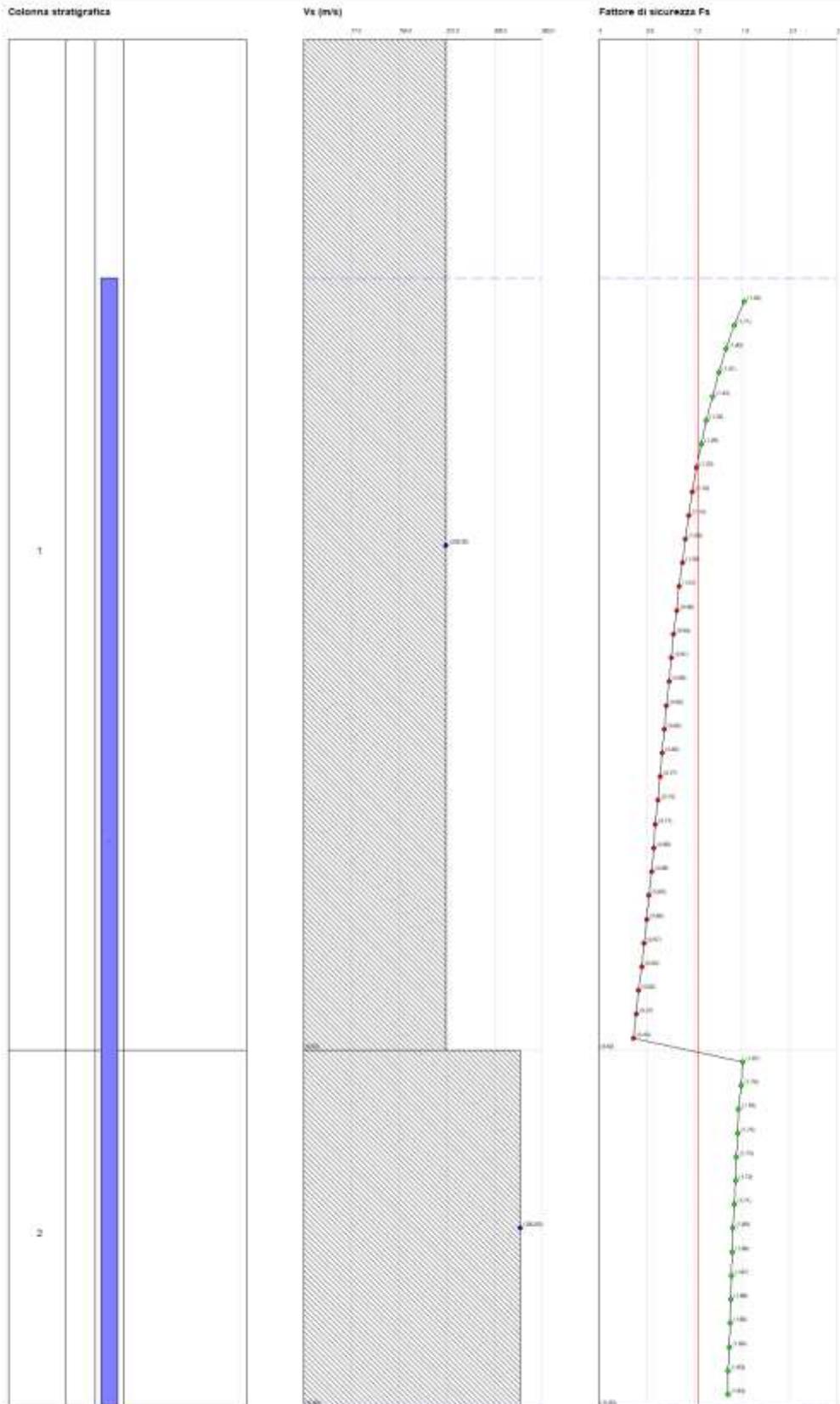




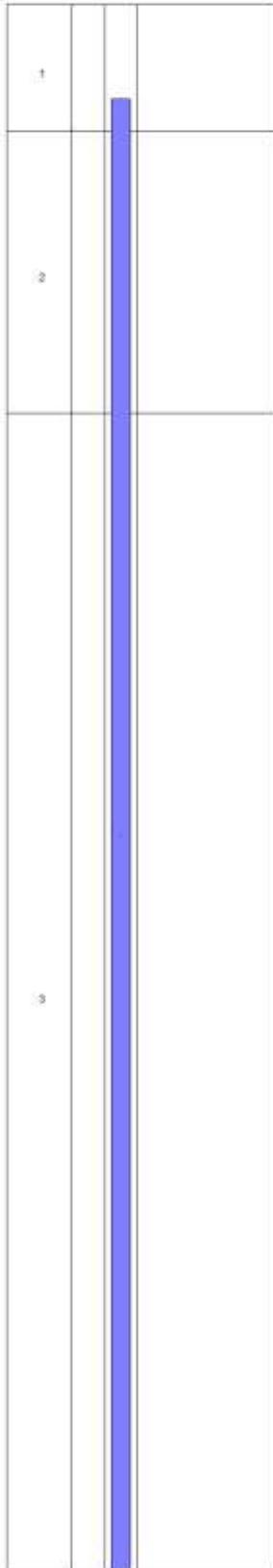




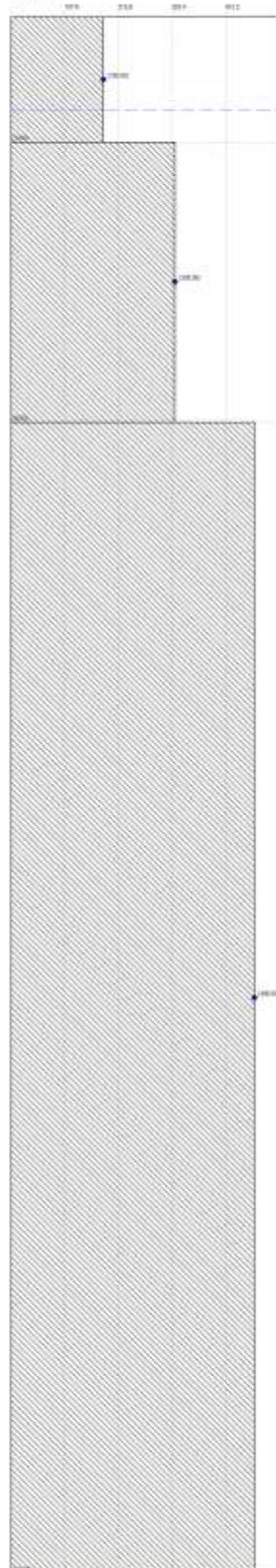




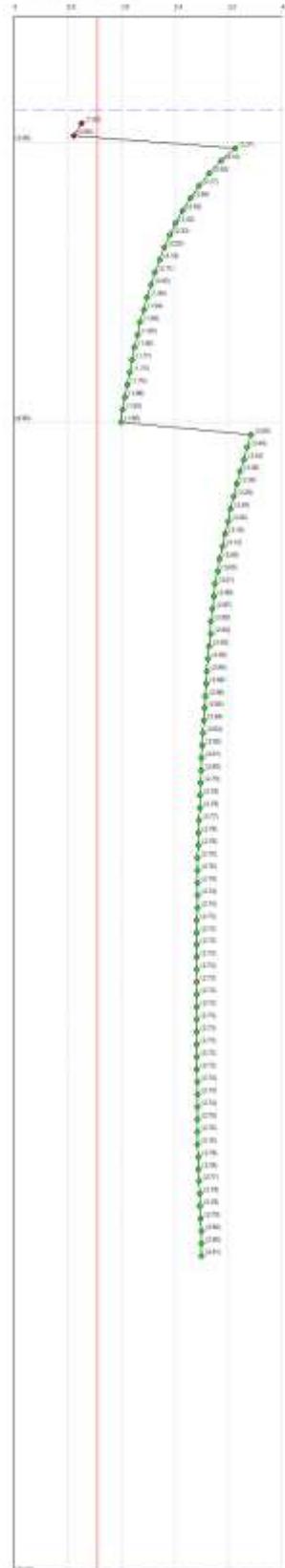
Colonna stratigrafica

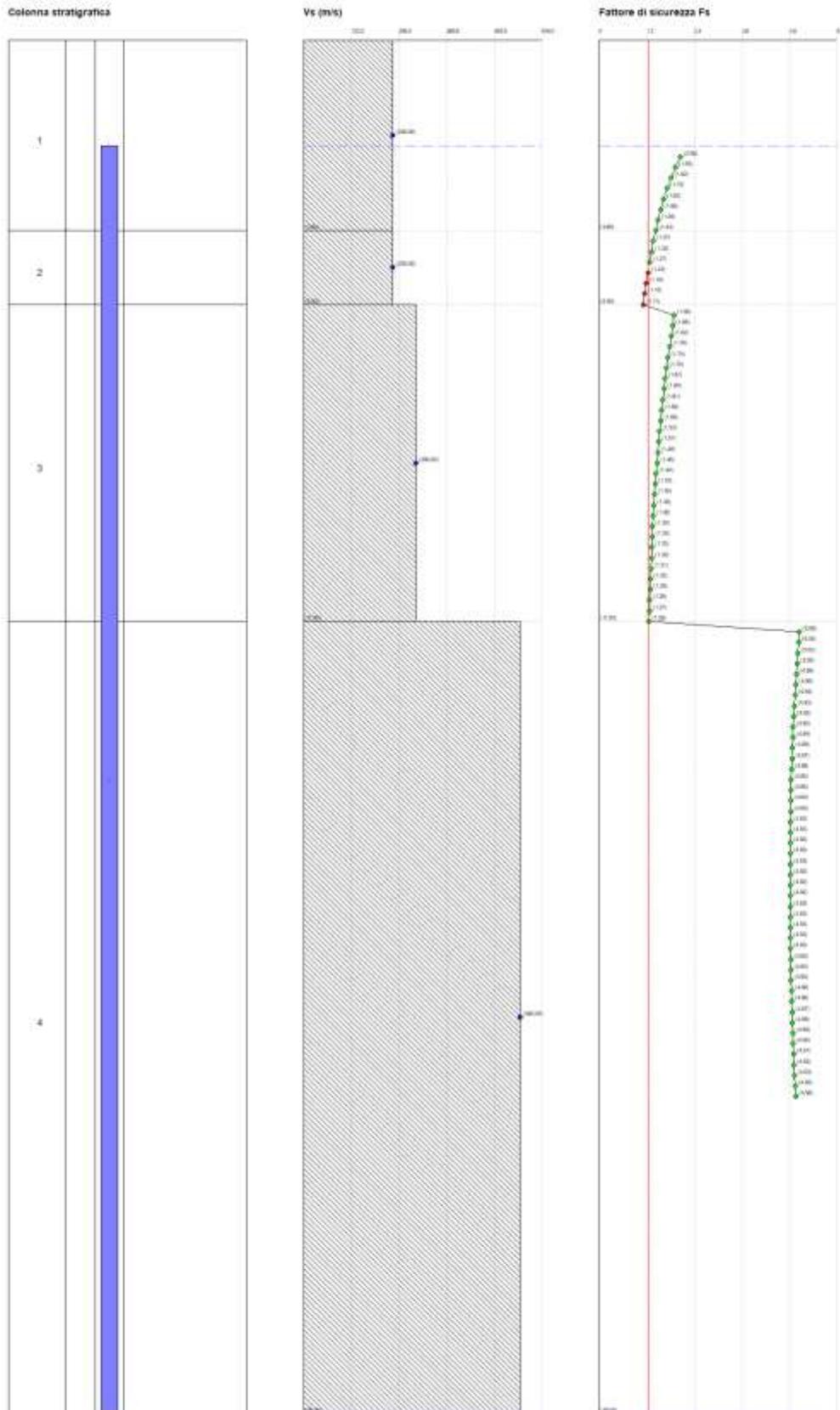


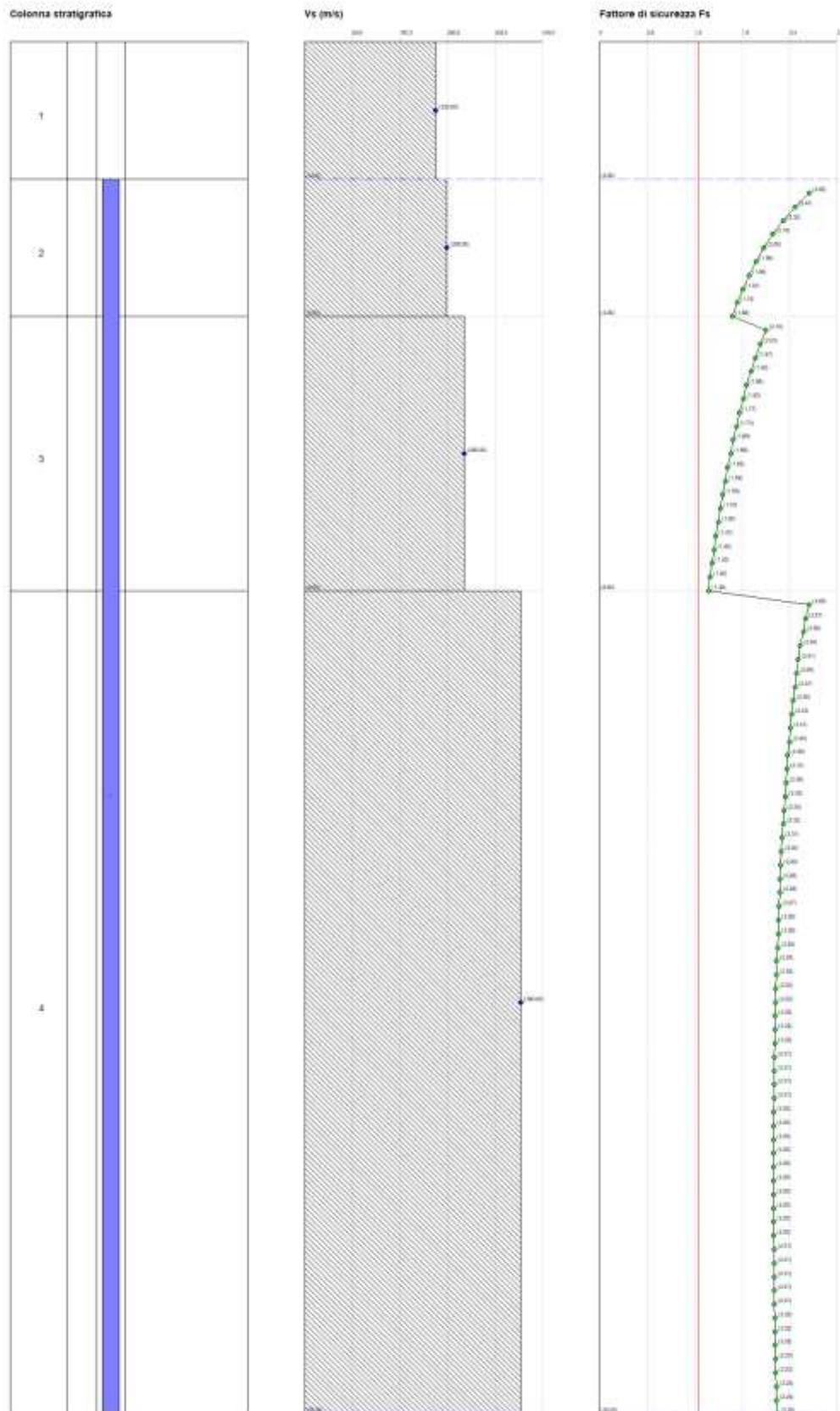
Vs (m/s)



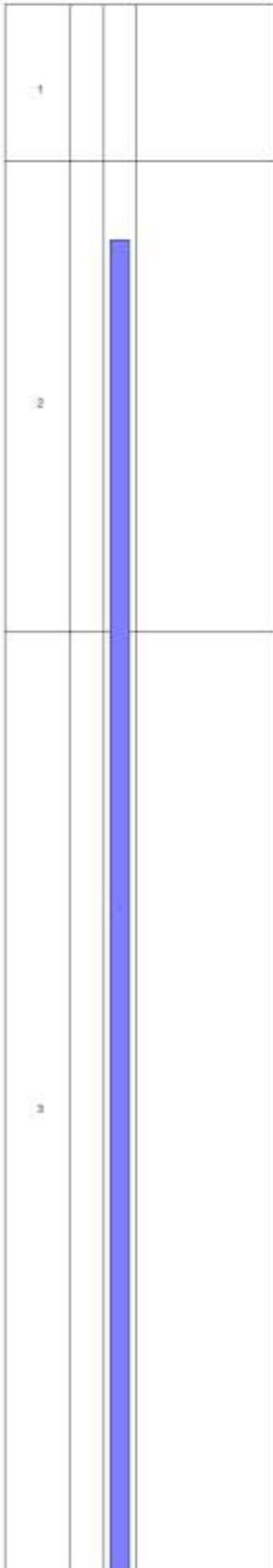
Fattore di sicurezza Fs



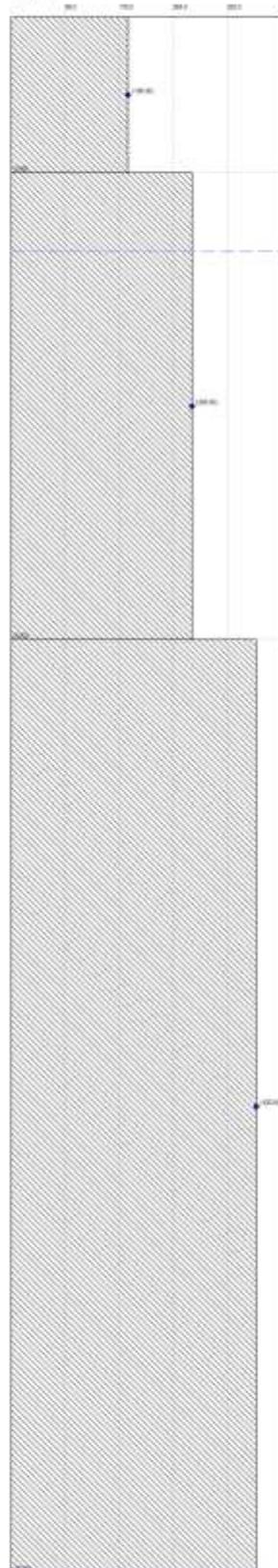




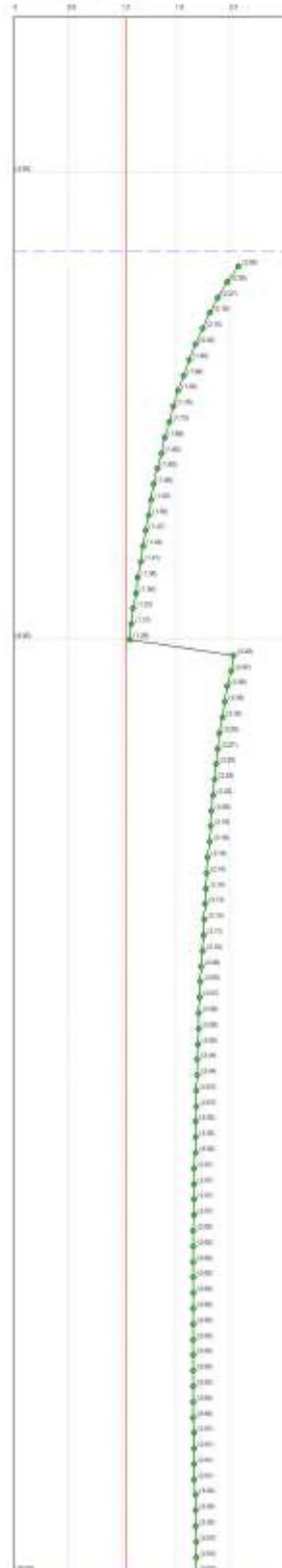
Colonna stratigrafica

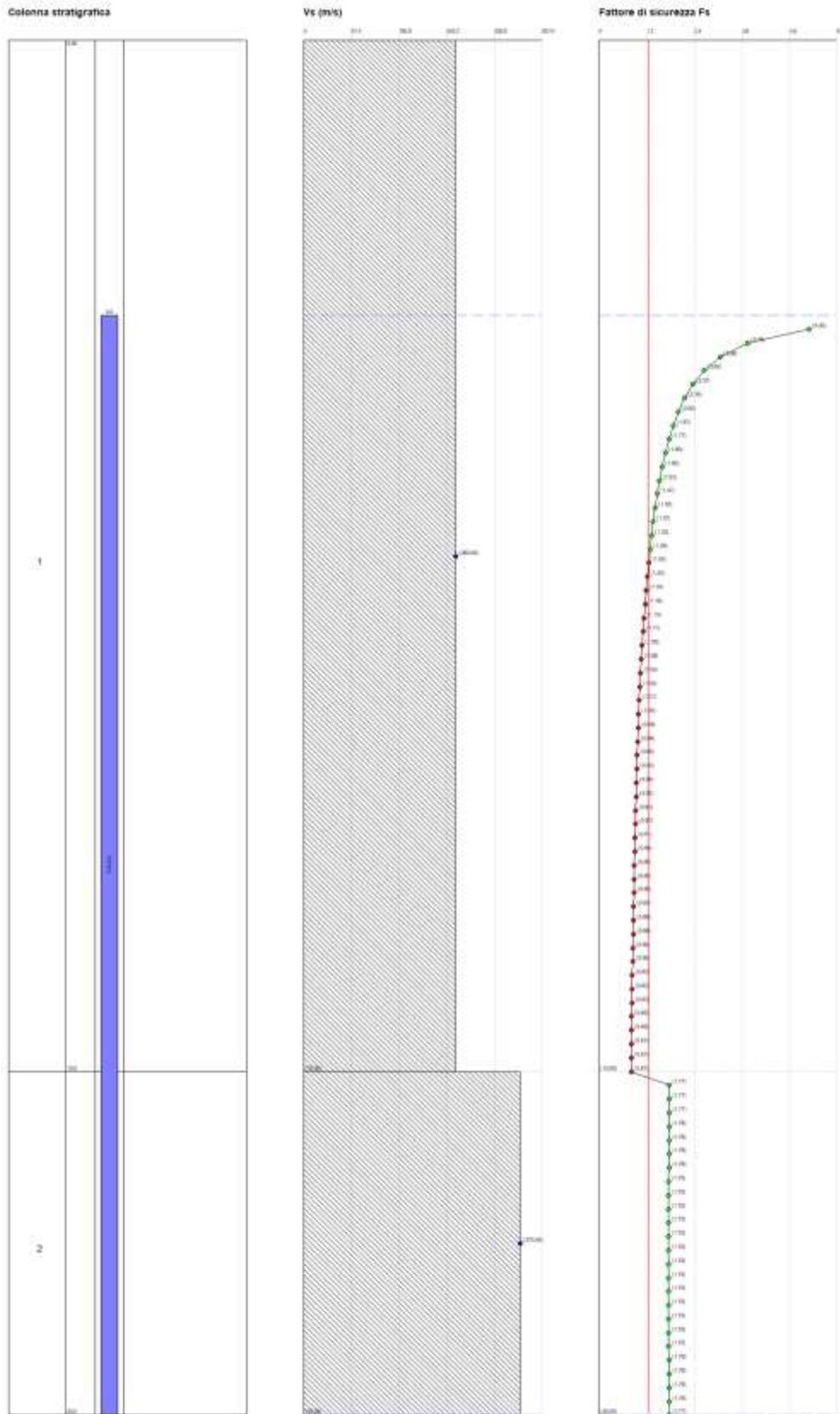


Vs (m/s)



Fattore di sicurezza Fs

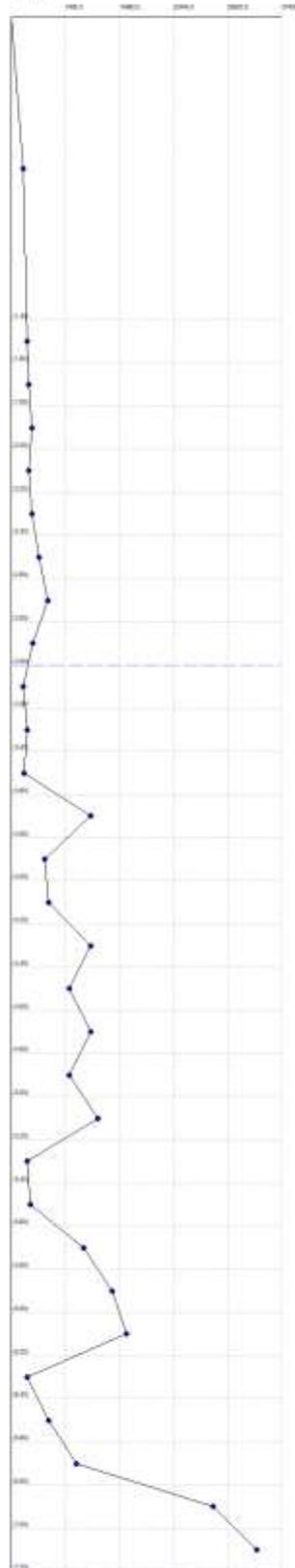




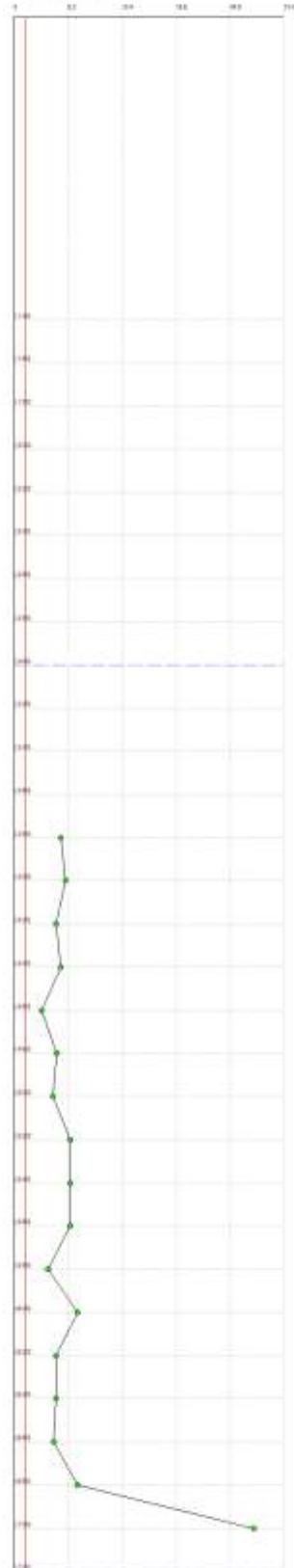
Colonna stratigrafica

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Qc (kPa)



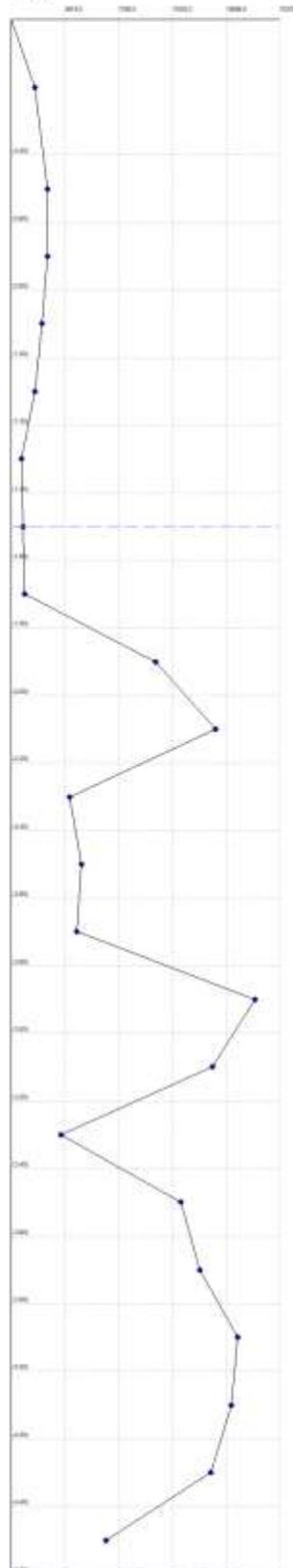
Fattore di sicurezza Fs



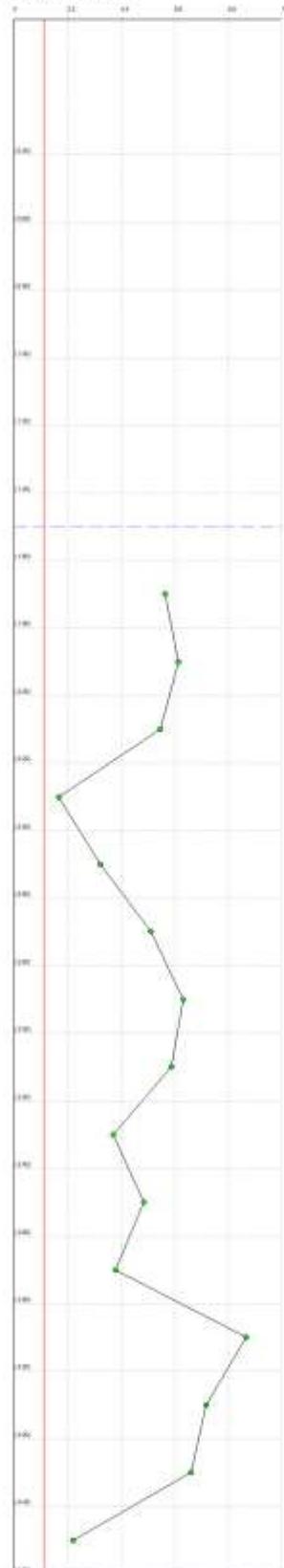
Colonna stratigrafica

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	

Qc (kPa)



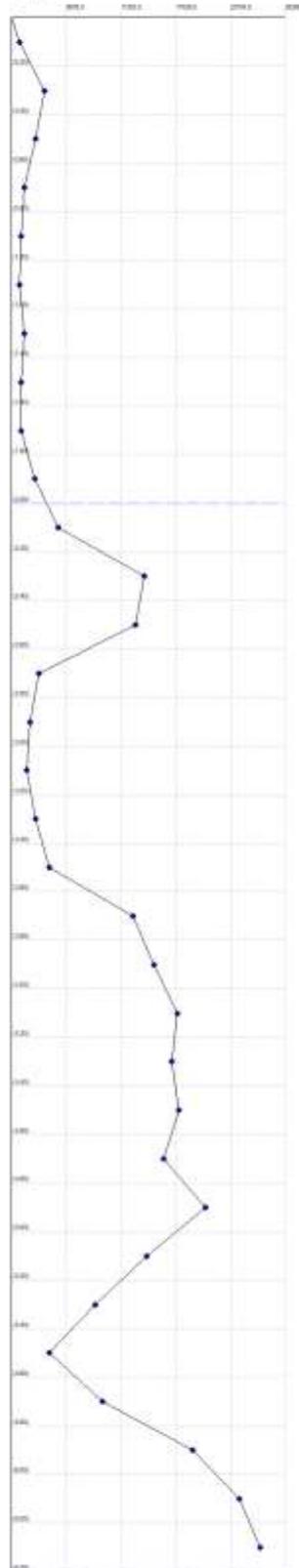
Fattore di sicurezza Fs



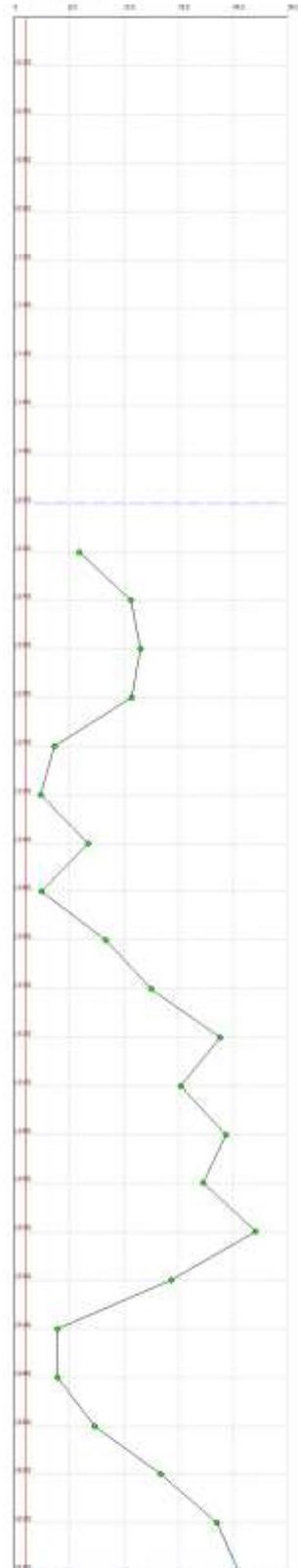
Colonna stratigrafica

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		

Oc (kPa)



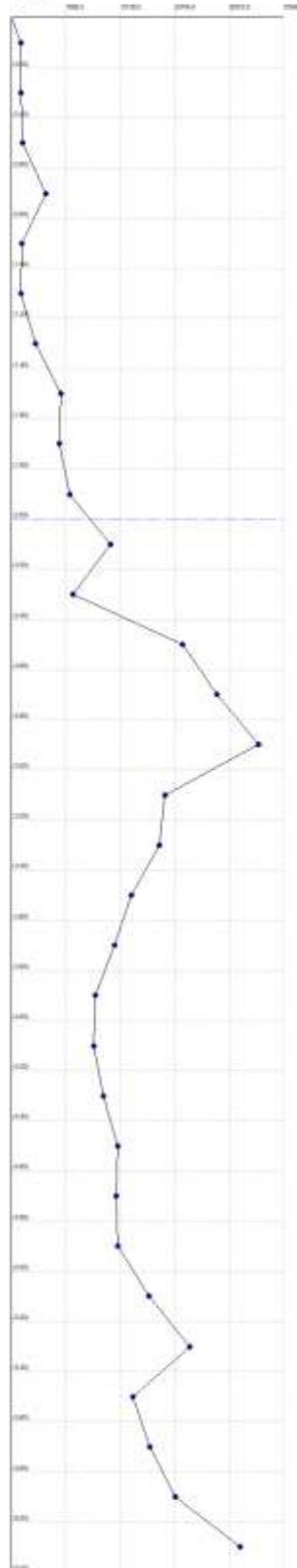
Fattore di sicurezza Fs



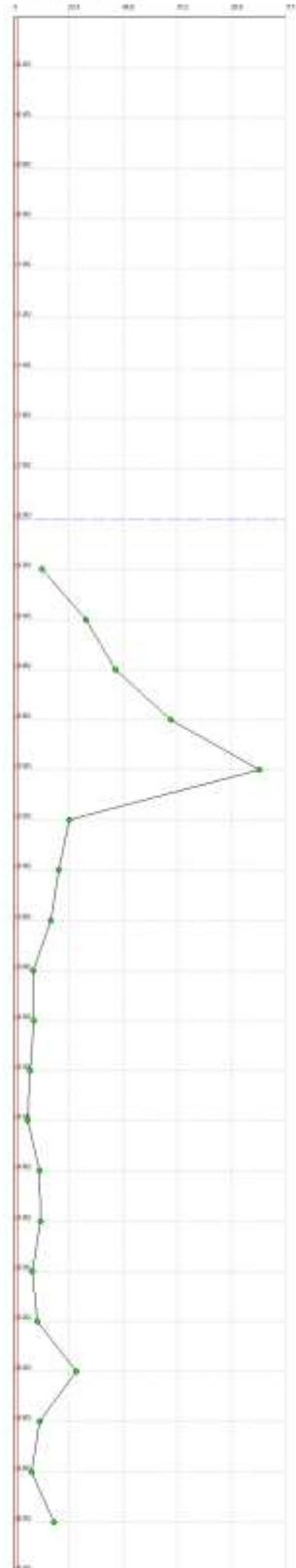
Colonna stratigrafica

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		

Qc (kPa)



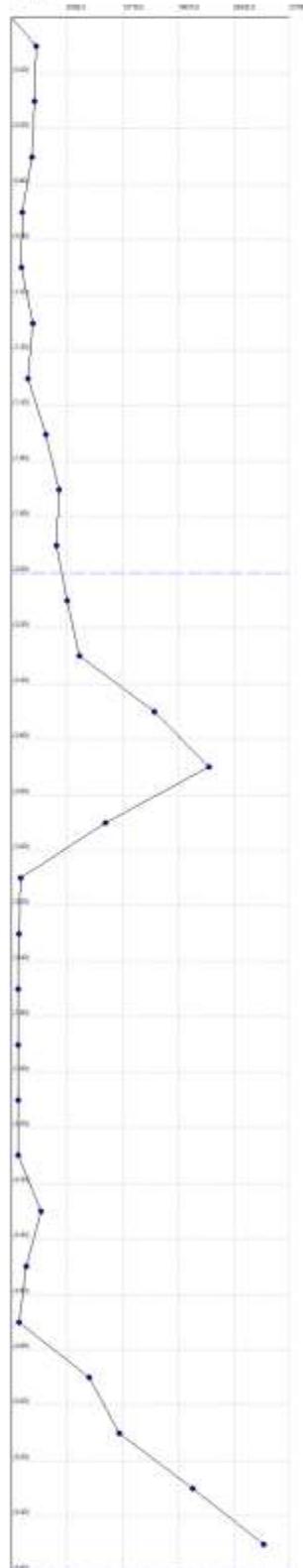
Fattore di sicurezza Fs



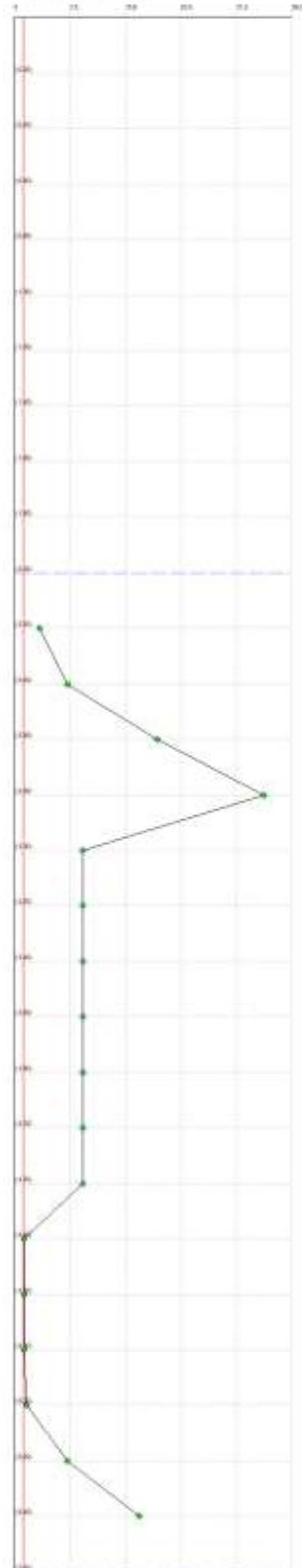
Colonna stratigrafica

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		

Qc (kPa)



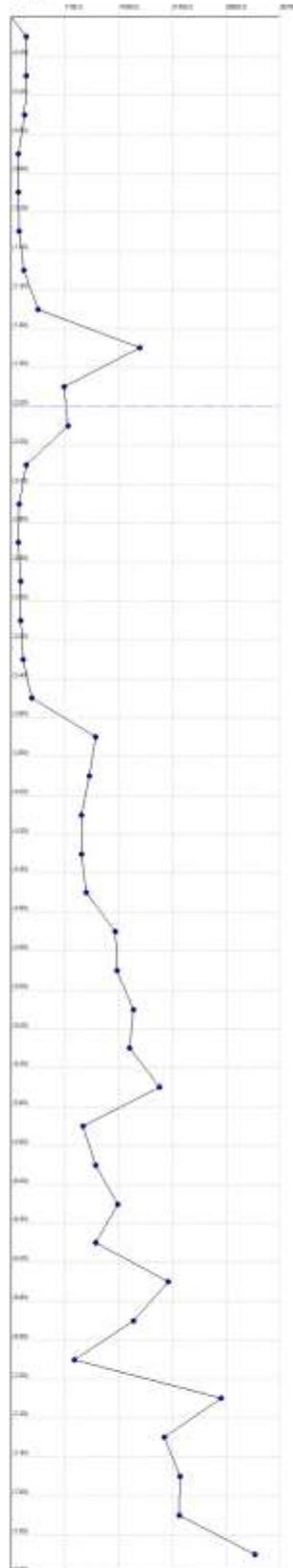
Fattore di sicurezza Fs



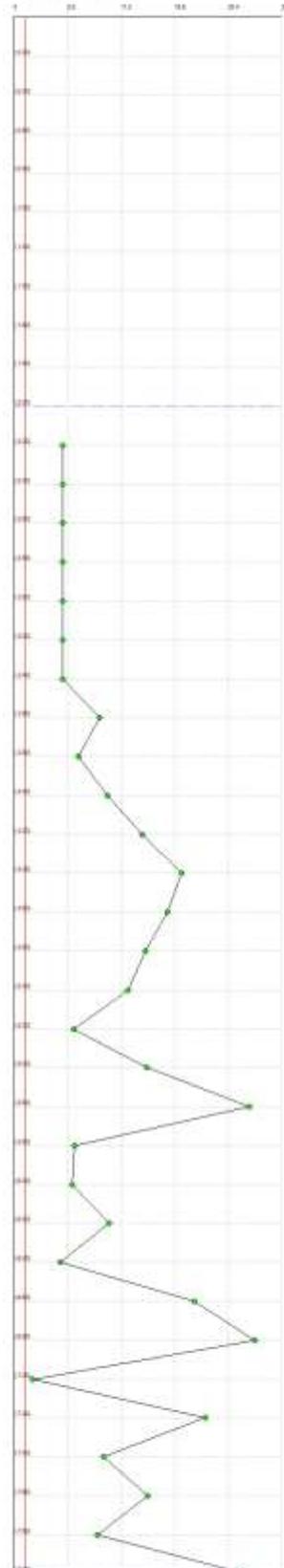
Colonna stratigrafica

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

Qc (kPa)



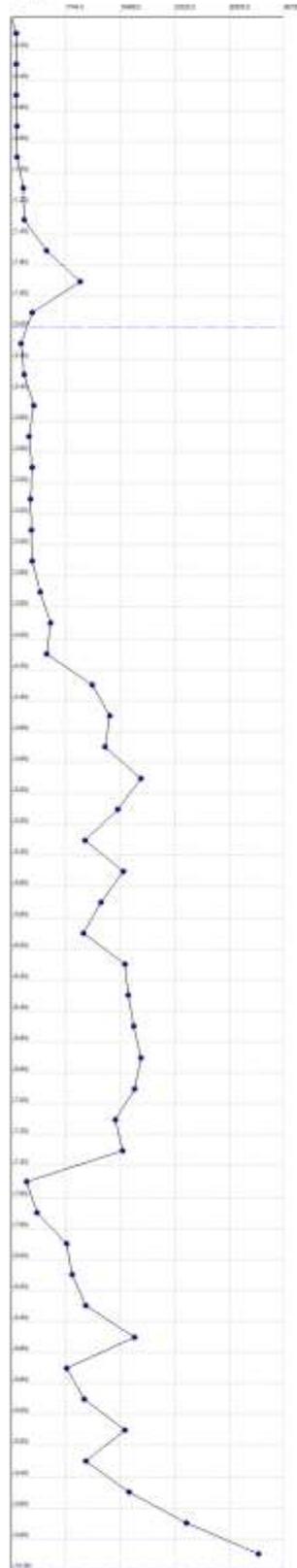
Fattore di sicurezza Fs



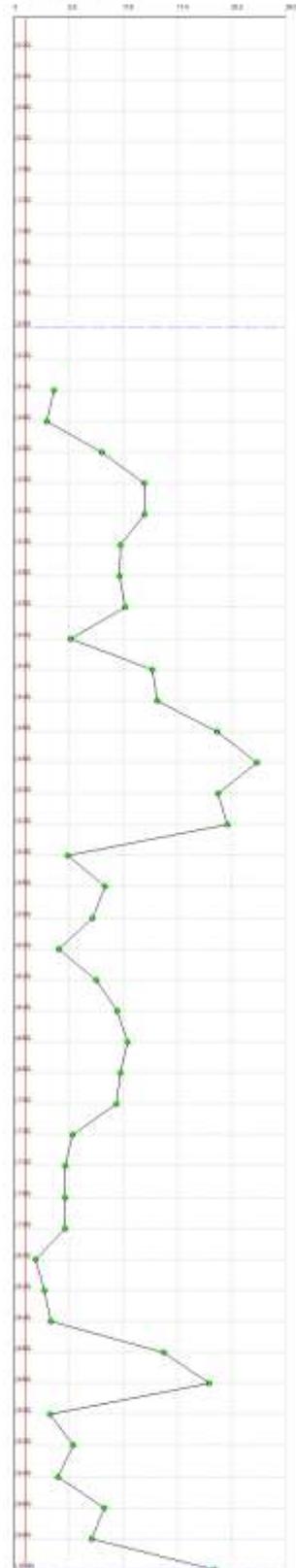
Colonna stratigrafica

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		

Qc (kPa)



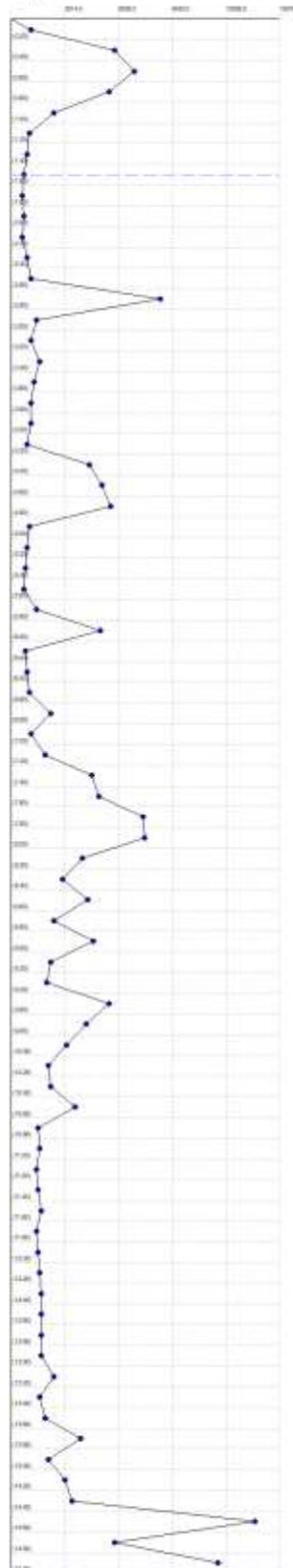
Fattore di sicurezza Fs



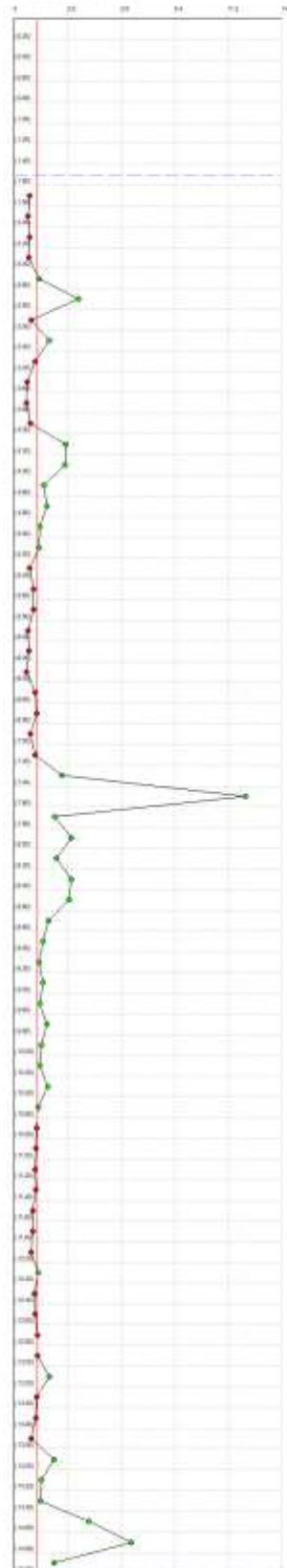
Colonna stratigrafica



Oc (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



## 5. CONCLUSIONE

In questo lavoro si è realizzata la Microzonazione sismica di secondo livello del territorio comunale. Si è fatto riferimento agli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione sismica*” della Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica e alle linee guida della DGRV 1572/2013, alla DGRV n. 899 del 28.06.2019, e alle successive integrazioni. La presente relazione ottempera anche al DM 17.01.2018, alla normativa tecnica del PAT, e all’art.89 del DPR 380/2001.

E’ stata redatta la seguente cartografia:

- Carta delle Indagini;
- Carta della pericolosità sismica locale;
- Carta delle frequenze naturali dei depositi;
- Carta della Microzonazione sismica di secondo livello (Fa);
- Carta della Microzonazione sismica di secondo livello (Fv).

Lo studio ci ha consentito di stabilire che tutte le aree in esame sono suscettibili di amplificazioni locali. Dall’elaborazione dei dati sismici è stato possibile individuare i fattori di amplificazione (“Fa” e “Fv”). Non sono state studiate le aree soggette a instabilità per faglie potenzialmente attive e capaci (FPAC), in quanto è in corso uno studio specialistico di settore.

A seguito dello studio di Microzonazione sismica di secondo livello si **propone la seguente normativa tecnica**:

### **ARTICOLO “X” - Microzonazione sismica**

Lo “Studio di Microzonazione Sismica” costituisce il quadro di riferimento in ordine al rispetto delle norme in materia sismica in tutte le trasformazioni del territorio del comune (Piani Attuativi – Interventi sull’esistente edificato – Nuove Costruzioni). In particolare gli interventi dovranno dare riscontro ed essere conformi alle disposizioni normative tratte dalla “microzonazione sismica secondo livello e dallo studio sismico predisposto per il P.I. di seguito riportati.

Tutti gli interventi che prevedano nuove costruzioni, ampliamenti, ristrutturazioni, modifiche strutturali, opere infrastrutturali (v. DGRV n. 1823 del 19.12.2020), dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici previsti dalle N.T.C. di cui al D.M.17.01.2018. La scelta della metodologia d’indagine dovrà essere commisurata all’importanza dell’opera.

#### **A) Zone d’instabilità per cedimenti (P2c-“Zone con terreni di riporto di origine antropica”)** (v. *Carta della Pericolosità sismica*):

E’ vietata qualsiasi tipo di costruzione appartenente alle Classi I, II, III, e IV (v. DM 17.01.2018 punto 2.4.2), a meno che, un’analisi geologico-sismica, valuti superabile l’instabilità. Dovrà essere eseguito un approfondimento sismico di Livello 3 (v. DGRV 1572/2013 e successive normative) per ogni variante urbanistica che comporti un incremento dei carichi urbanistici-insediati. Va sottolineato che queste aree sono

anche “zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”.

**B) Zona di faglia e potenzialmente attiva, presunta (FPAC)** (v. *Carta della Pericolosità sismica*):

“FPAC”: dovrà essere eseguito un approfondimento sismico di Livello 3 (v. DGRV 1572/2013 e successive normative) per ogni variante urbanistica che comporti un incremento dei carichi urbanistici-insediativi, all’interno del “buffer” di 400 metri a cavallo della FPAC”. Essa dovrà essere investigata con indagini appropriate al fine di identificarne l’eventuale attività negli ultimi 40.000 anni, oltre che definirne con certezza la geometria.

**C) Zone di cresta (P3a)**

(v. *Carta della Pericolosità sismica*):

Sono aree in cui vi possono essere significativi aumenti dei fattori amplificazione sismica. Qualora siano presenti fattori di amplificazione superiori a 2.5 (v. Fa e Fv), si sconsiglia la “nuova edificazione” (v. DPR 380/2001 art. 3, comma e) per le strutture di classe II, III, IV.

**D) Zone con amplificazioni litologiche, forme di superficie e sepolte e in parte d’instabilità dovuta al rischio di liquefazione** (v. *Carta della Pericolosità sismica*):

➤ Per le **Classi d’uso “I” e II”**:

1- Nelle aree “P0”, “P4a”, “P4c”, “P4e”, in prossimità di forme di superficie e sepolte che non permettono di considerare il modello geologico monodimensionale, la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio “Vs” deve essere ottenuta utilizzando indagini sismiche (es. metodi passivi o attivi, misure HVSR). Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato derivante dai calcoli con simulazioni numeriche di risposta sismica locale, con quello ottenuto con il metodo semplificato. La scelta dello spettro dovrà avvenire secondo le procedure evidenziate nell’ordinanza n.55 del commissario per la ricostruzione del sisma del 24.04.2018 (v. Allegato 1 “*Criteri generali per l’utilizzo dei risultati degli studi di Microzonazione sismica di livello 3 ..*”.

2- Nelle zone “P0”, “P4a”, “P4c”, “P4e”, che non siano in prossimità di forme di superficie e sepolte, possono essere usati nella progettazione, gli spettri di risposta elastici derivanti dal metodo semplificato o da analisi puntuali di risposta sismica locale. Per la classe “II”, la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio “Vs” deve essere ottenuta utilizzando indagini sismiche (es. metodi passivi o attivi, misure HVSR).

3- Nelle zone “P2b”, “P2b/P4b”, “P2b/P4c”, “P4c/P2b/P4b”, oltre a seguire le procedure dei precedenti punti 1 o 2, al fine di determinare gli spettri di risposta elastica e le misure Vs, si dovrà verificare il rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018. Il calcolo del rischio di liquefazione deve essere eseguito per tutte le nuove opere e per il consolidato, per gli interventi rilevanti ( v. allegato A - punto 1) e di minor rilevanza della pubblica incolumità ( v. allegato B - v. punto 1); non deve essere elaborata per gli interventi privi di rilevanza ( v. allegato C), e per le varianti strutturali di carattere non sostanziale (v. allegato D), della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.

- Per le **Classi d'uso III e IV** e in ogni caso **per le costruzioni di carattere strategico per fini di protezione civile o rilevanti per l'uso**, come elencate nell'allegato A e B della DGRV 28.11.2003 n. 3645, la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio "Vs" deve essere ottenuta utilizzando indagini sismiche (es. metodi passivi o attivi, misure HVSR). Gli spettri di risposta sismica devono essere calcolati con simulazioni numeriche, cioè mediante un'analisi monodimensionale o bidimensionale, considerando che il metodo monodimensionale tiene conto della sola amplificazione stratigrafica, mentre quello bidimensionale determina anche l'amplificazione morfologica (superficiale e/o profonda) del sito.

Maser, Settembre 2022

IL GEOLOGO



**Tabella 7: Sintesi di Valutazione di Compatibilità Sismica**

VAR. al PI	TIPOLOGIA di VARIANTE	VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA
2	Demolizione fabbricato e generazione di credito edilizio di 102 mc per ampliamento	<b>P2b/P4b:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione. Presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale".</i>	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello (Fa0105=<1.41-1.8; Fv051.1=<1.41-1.8). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato, per gli interventi rilevanti ( v. allegato A - punto 1) e di minor rilevanza della pubblica incolumità ( v. allegato B - v. punto 1); non deve essere elaborata per gli interventi privi di rilevanza ( v. allegato C), e per le varianti strutturali di carattere non sostanziale (v. allegato D), della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.
3	Da area residenziale C1.2 a verde privato	/	Si <b>attesta</b> che non necessita uno studio di Microzonazione sismica di 2 <sup>^</sup> /3 <sup>^</sup> livello in quanto la variante non incrementa il carico urbanistico / insediativo del piano (variante "verde" di cui all'art.7 della L.R. n.4 / 2015).
4	Da zona agricola "E" a zona residenziale "B.2"	<b>P4a:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
5	Inserimento lotto edificabile residenziale	<b>P4a:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.

VAR. al PI	TIPOLOGIA di VARIANTE	VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA
6	Da zona agricola "E" a zona residenziale "B.2"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
7	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C.1"	<b>P2b/P4c/P4b:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione, e di conoide alluvionale. Talvolta presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale".	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello (Fa0105=1.41-2.2; Fv051.1=1.41-2.2). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato ricadente nell'allegato A (v. punto 1) e B (v. punto 1), e perciò non per quelle appartenenti all'allegato C e D, della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.
9	Revisione scheda per permettere la ristrutturazione senza modifica del volume	<b>P0:</b> "Substrato geologico"	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
10	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C.1.2"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
11	Revisione scheda per permettere la ristrutturazione	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.

VAR. al PI	TIPOLOGIA di VARIANTE	VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA
12	Da zona agricola "E" a zona residenziale "B.2"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
13	Trasformazione zona in area verde, con trasferimento capacità edificatoria in sito di istanza n.32	/	Si <b>attesta</b> che non necessita uno studio di Microzonazione sismica di 2 <sup>a</sup> /3 <sup>a</sup> livello in quanto la variante non incrementa il carico urbanistico / insediativo del piano (variante "verde" di cui all'art.7 della L.R. n.4 / 2015).
14	Da zona industriale e artigianale "D1" a zona verde privato	/	Si <b>attesta</b> che non necessita uno studio di Microzonazione sismica di 2 <sup>a</sup> /3 <sup>a</sup> livello in quanto la variante non incrementa il carico urbanistico / insediativo del piano (variante "verde" di cui all'art.7 della L.R. n.4 / 2015).
15	Revisione scheda per permettere la demolizione e ricostruzione fabbricato	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
16	Revisione scheda per permettere la demolizione e ricostruzione fabbricato	<b>P2b/P4b:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione. Presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale".	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello (Fa0105=1.41-2.2; Fv051.1=<1.4). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato, per gli interventi rilevanti ( v. allegato A - punto 1) e di minor rilevanza della pubblica incolumità ( v. allegato B - v. punto 1); non deve essere elaborata per gli interventi privi di rilevanza ( v. allegato C), e per le varianti strutturali di carattere non sostanziale (v. allegato D), della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.

VAR. al PI	TIPOLOGIA di VARIANTE	VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA
17/18	Eliminazione viabilità di progetto	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
19	Da zona agricola “E” a zona residenziale “C1.2”	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
21	Da zona industriale e artigianale “D1” a zona agricola “E”	<b>P2b/P4c/P4b:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione, e di conoide alluvionale. Talvolta presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale”.</i>	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello (Fa0105=1.41-1.8; Fv051.1=<1.4). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato ricadente nell'allegato A (v. punto 1) e B (v. punto 1), e perciò non per quelle appartenenti all'allegato C e D, della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.
23	Da zona agricola “E” a zona residenziale “C1.3”	<b>P2b/P4b:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione. Presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale”.</i>	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello (Fa0105=1.41-1.8; Fv051.1=1.41-1.8). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato, per gli interventi rilevanti ( v. allegato A - punto 1) e di minor rilevanza della pubblica incolumità ( v. allegato B - v. punto 1); non deve essere elaborata per gli interventi privi di rilevanza ( v. allegato C), e per le varianti strutturali di carattere non sostanziale (v. allegato D), della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.

<b>VAR. al PI</b>	<b>TIPOLOGIA di VARIANTE</b>	<b>VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<b>VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA</b>
<b>24</b>	Trasformazione da zona artigianale a commerciale	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>25</b>	Riduzione fascia rispetto stradale per la realizzazione di un fabbricato residenziale	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>26</b>	Da zona agricola “E” a zona residenziale “C1.2”	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>27</b>	Da zona “C1.4”(centri rurali) a zona agricola “E”	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>29</b>	Ridefinizione limiti tra due aree (correzione cartografica)	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.

VAR. al PI	TIPOLOGIA di VARIANTE	VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA
30	Rimozione area a "verde privato" e inserimento in zona C1.2 residenziale	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
31	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C1"	<b>P4e:</b> "Depositi prevalentemente limoso argillosi della copertura detritica eluviale-colluviale	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=1.81-2.2; Fv051.1=1.81-2.2.
32	Atterraggio credito edilizio di mc 800 proveniente da istanza n.13	L'area in esame rientra in due zone: - <b>P0:</b> "Substrato geologico"; - <b>P4e:</b> "Depositi prevalentemente limoso argillosi della copertura detritica eluviale-colluviale	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=1.41-1.8; Fv051.1=<1.4. <b>Parere sospeso</b> , in attesa dei risultati dello studio specialistico sulla FPAC in fase di redazione, in quanto la zona rientra nel "buffer" di 400 metri.
33	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C1.2"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
35	Revisione scheda per permettere la demolizione e ricostruzione fabbricato	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
36/39	Trasferimento credito edilizio di 900 mc da var. n.36 a n.39	La nuova area residenziale è in zona: <b>P4e:</b> "Depositi prevalentemente limoso argillosi della copertura detritica eluviale-colluviale	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=1.41-2.2; Fv051.1=1.41-1.8.

VAR. al PI	TIPOLOGIA di VARIANTE	VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA
37	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C1.3"	<b>P2b/P4b:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione. Presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale".</i>	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3^ livello (Fa0105=1.41-2.2; Fv051.1=1.41-1.8.). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato, per gli interventi rilevanti ( v. allegato A - punto 1) e di minor rilevanza della pubblica incolumità ( v. allegato B - v. punto 1); non deve essere elaborata per gli interventi privi di rilevanza ( v. allegato C), e per le varianti strutturali di carattere non sostanziale (v. allegato D), della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.
38	Revisione scheda per permettere la demolizione e ricostruzione fabbricato	<b>P4a:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3^ livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
40	Da zona agricola "E" a zona "D3"	<b>P2b/P4b:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione. Presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale".</i>	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3^ livello (Fa0105=<1.41-1.8; Fv051.1=<1.4). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato, per gli interventi rilevanti ( v. allegato A - punto 1) e di minor rilevanza della pubblica incolumità ( v. allegato B - v. punto 1); non deve essere elaborata per gli interventi privi di rilevanza ( v. allegato C), e per le varianti strutturali di carattere non sostanziale (v. allegato D), della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.

VAR. al PI	TIPOLOGIA di VARIANTE	VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA
41	Demolizione e ricostruzione fabbricato esistente e riconversione a residenziale	<b>P2b/P4b:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione. Presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale".</i>	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello (Fa0105=1.41-2.2; Fv051.1=1.41-1.8). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato, per gli interventi rilevanti ( v. allegato A - punto 1) e di minor rilevanza della pubblica incolumità ( v. allegato B - v. punto 1); non deve essere elaborata per gli interventi privi di rilevanza ( v. allegato C), e per le varianti strutturali di carattere non sostanziale (v. allegato D), della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.
42	Da zona agricola "E" a zona "C1.2" residenziale	<b>P4a:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
45	Demolizione con ricostruzione di un fabbricato non più funzionale al fondo	<b>P4e:</b> <i>"Depositi prevalentemente limoso argillosi della copertura detritica eluviale-colluviale</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.41-1.8; Fv051.1=1.41-1.8. <b>Parere sospeso</b> , in attesa dei risultati dello studio specialistico sulla FPAC in fase di redazione, in quanto la zona rientra nel "buffer" di 400 metri.
46	Trasformazione di porzione area agricola per inserimento lotto edificabile	<b>P4a:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
47/48	Estensione zona C1.4 per costruire due fabbricati	<b>P4a:</b> <i>"Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.

<b>VAR. al PI</b>	<b>TIPOLOGIA di VARIANTE</b>	<b>VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<b>VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA</b>
<b>49</b>	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C1.2"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>50</b>	Da zona industriale e artigianale "D1" a zona "E"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>51</b>	Costruzione deposito attrezzature agricole	<b>P0:</b> "Substrato geologico"	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1<1.4.
<b>52</b>	Da zona agricola "E" a zona "C1.4" (centri rurali)	<b>P2b:</b> "Materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi suscettibili a liquefazione".	E' stato eseguito uno studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello (Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8). Il sito risulta a rischio di liquefazione. La verifica del rischio di liquefazione, secondo le metodologie di analisi previste dalle NTC 2018, deve essere eseguita per tutte le nuove opere e per il consolidato, per gli interventi rilevanti ( v. allegato A - punto 1) e di minor rilevanza della pubblica incolumità ( v. allegato B - v. punto 1); non deve essere elaborata per gli interventi privi di rilevanza ( v. allegato C), e per le varianti strutturali di carattere non sostanziale (v. allegato D), della DGRV n. 1823 del 29.12.2020.
<b>54</b>	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C1.2"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.

VAR. al PI	TIPOLOGIA di VARIANTE	VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA
55	Da zona residenziale "C1.2" a zona agricola "E"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
56	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C1.2"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
58	Da zona agricola "E" a zona residenziale "C1.3"	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
59	Demolizione e ricostruzione fabbricato esistente e riconversione a residenziale	<b>P4a:</b> "Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
60	Introduzione lotto libero	L'area in esame rientra in due zone: - <b>P0:</b> "Substrato geologico"; - <b>P4e:</b> "Depositi prevalentemente limoso argillosi i della copertura detritica eluviale-colluviale	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>a</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4-1.8; Fv051.1=1.4-1.8. <b>Parere sospeso</b> , in attesa dei risultati dello studio specialistico sulla FPAC in fase di redazione, in quanto la zona rientra nel "buffer" di 400 metri.

<b>VAR. al PI</b>	<b>TIPOLOGIA di VARIANTE</b>	<b>VALUTAZIONE IN RELAZIONE ALLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA</b>	<b>VALUTAZIONE di MICROZONAZIONE SISMICA</b>
<b>61</b>	Demolizione e recupero edilizio su mappali di proprietà adiacenti	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>63</b>	Da zona residenziale “C1.2” a zona agricola “E”	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>64</b>	Da zona agricola “E” a zona residenziale “C1.3”	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.
<b>65</b>	Trasformazione capacità edificatoria in altra zona vicina con ritrasformazione ad area verde dell'attuale (v. scheda di progetto: da C1.4 a E e da E a C1.4)	<b>P4a:</b> <i>“Zone costituite da materiali a tessitura eterogenea ghiaiosa con matrice limoso argillosa e livelli ghiaioso sabbiosi di piana pedemontana; ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, di origine fluvioglaciale.</i>	Lo studio locale di Microzonazione sismica di 3 <sup>^</sup> livello ha evidenziato i seguenti fattori di amplificazione sismica: Fa0105=<1.4; Fv051.1=1.41-1.8.