



Regione del Veneto  
Comune di San Pietro di Feletto



# MICROZONAZIONE SISMICA di II° LIVELLO

## Relazione illustrativa



Comune	Soggetto realizzatore	Data
	ARGO Project S.C.  Geol. Maurizio Olivotto Geol Francesco Marinoni	

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO.....</b>	<b>3</b>
2.1. Caratteri geologico strutturali.....	3
2.2. Sismicità storica dell'area.....	9
<b>3. CARTA DELLE INDAGINI.....</b>	<b>13</b>
3.1. Integrazioni alla MS di I° livello .....	13
3.2. Descrizione della carta .....	18
<b>4. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI.....</b>	<b>20</b>
<b>5. CARTA DELLA MS DI II° LIVELLO.....</b>	<b>21</b>
5.1. Premessa.....	21
5.2. Valutazione degli effetti morfologici .....	22
5.2.1. Zona di scarpata .....	23
5.2.2. Zona di cresta e/o cocuzzolo .....	24
5.3. Valutazione degli effetti litologici.....	25
5.4. Zona di fondovalle .....	28
5.5. Instabilità di versante.....	29
5.5.1. Frane attive e/o quiescenti.....	29
5.5.2. Aree potenzialmente in frana .....	30
5.6. Liquefazione.....	38
5.7. Zone con cavità sotterranee.....	40
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>41</b>

# 1. PREMESSA

Su incarico del Comune di San Pietro di Feletto è stato redatto lo studio di Microzonazione Sismica di II° livello in ambito del I° Piano degli Interventi in fase di realizzazione. Lo studio è stato predisposto ai sensi della DGR 1572/2013: “*Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)*” e dello specifico Allegato A): “*Linee guida per l'esecuzione di studi di Microzonazione Sismica*”.

Questa DGR del Veneto ha abrogato, come esplicitato anche nel titolo, la precedente norma che definiva la modalità di redazione dello studio di “Compatibilità sismica” sia in sede di PAT che di PI e dal luglio 2014 tutti gli elaborati che accompagnano gli strumenti urbanistici comunali devono fare riferimento alla DGR 1572/13.

In particolare le nuove linee guida regionali hanno di fatto equiparato, tranne alcune modeste differenze, il nuovo studio di microzonazione relativo al territorio comunale agli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica emessi dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica nell'ambito dell'Intesa Stato-Regioni.

Il caso specifico del Comune di San Pietro di Feletto, tra i primi nel Veneto a dotarsi dello studio di MS di I° livello finanziato dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, è particolare poiché si trova nella condizione in cui lo studio è stato predisposto prima dell'emanazione della DGR 1572/2013 e quindi in leggera difformità rispetto a quest'ultima (tra tutte si segnala la mancanza della carta della Pericolosità Sismica locale, peraltro facoltativa) con la conseguente necessità di adeguare e adattare la trattazione delle singole tematiche affrontate nell'ambito delle instabilità e amplificazioni che possono avvenire in caso di sisma.

Infine la variabilità geologica, geomorfologica e stratigrafia del territorio comunale, dove si affiancano valli con presenza di sedimenti coesivi e/o granulari saturi a zone di altipiano dove invece sono prevalenti i depositi ferrettizzati soprastanti degli orizzonti conglomeratici molto più tenaci, provoca condizioni diversificate e che contemplano molte delle tipologie previste dalla citata DGR 1572/13.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

### 2.1. Caratteri geologico strutturali

Le note di carattere generale riportate di seguito, sono tratte da ricerche bibliografiche e fanno riferimento principalmente al lavoro di M. Segan e L. Peruzza: "Distretti sismici del Veneto" (dicembre 2011) oltre che alle altre pubblicazioni citate in bibliografia.

Il settore orientale delle Alpi Meridionali, all'interno del quale è compresa la Regione Veneto, è la zona con sismicità più accentuata dell'intera catena alpina: tale situazione è da imputarsi alle caratteristiche geodinamiche dell'area, interessata, anche attualmente, da un processo di raccorciamento. Infatti, dal Cretaceo in poi, la convergenza tra la placca Europea e la placca Adriatica, strutturalmente continua con la placca Africana, provoca la collisione alpina i cui effetti perdurano fino ad oggi.

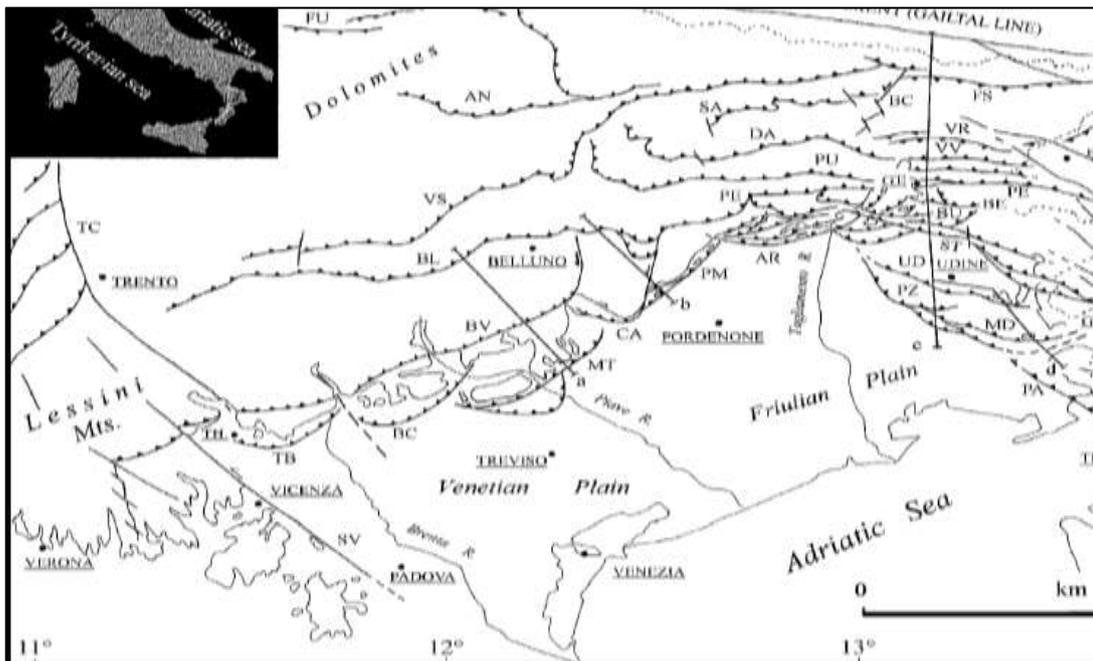


Figura 1: Modello strutturale dell'Italia nord-orientale che riporta i principali sovrascorrimenti della catena sudalpina orientale (da Galadini et al. [2005]).

Le Alpi Meridionali Orientali, situate sull'estremità nord-orientale della microplacca Adriatica, sono una catena a pieghe e sovrascorrimenti sud-vergenti (Figura 1). La loro architettura è il risultato di due principali fasi compressive del Terziario: la fase meso-alpina (Paleogene) e la fase neo-alpina (Neogene-Quaternario). Quest'ultima è responsabile di buona parte del sollevamento delle montagne venete, con formazione di sovrascorrimenti S-SE vergenti. Le deformazioni compressive del Messiniano-Pliocene hanno generato pieghe e sovrascorrimenti disposti NE-SO (Flessura Pedemontana, anticlinale di rampa frontale del sovrascorrimento Bassano-Valdobbiadene) e riattivato il sistema trascorrente Schio-Vicenza.

Nella pubblicazione di Sukan e Peruzza, il territorio veneto è diviso in 9 distretti sismici (Figura 2): il Comune di San Pietro di Feletto ricade nel “**Distretto Pedemontana Sud: PS**”, del quale vengono riassunti di seguito i lineamenti principali. *“Questa regione si estende dall’Altopiano di Asiago fino alla zona pedemontana del margine del Cansiglio, verso SE si estende alla zona di pianura approssimativamente ad includere la fascia delle risorgive; lungo la catena il sistema strutturale è troncato bruscamente ad Ovest dagli allineamenti disposti NO-SE del sistema Schio-Vicenza verso Est da elementi paleogeografici (margine occidentale del massiccio del Cansiglio). L’area presenta tuttora un’attività tettonica rilevante con una compressione attiva la cui velocità è stimata dell’ordine di qualche mm/anno. La stretta di Quero e il rilievo del Montello sono gli elementi geologici e morfologici di questo distretto attorno ai quali si sono maggiormente concentrati studi per il riconoscimento di faglie attive. Nonostante ciò, il potenziale sismico dell’area resta ancora piuttosto controverso e si moltiplicano gli studi per comprendere la relativa assenza di sismicità su faglie ritenute capaci di generare forti terremoti. Per questo si attendono i risultati di monitoraggi specifici, attualmente in corso per caratterizzare la deformazione geodetica e la microsismicità (OMBRA Project Group 2011).*

*Il distretto Pedemontana Sud è una zona interessata storicamente da un evento distruttivo e numerosi eventi che hanno superato la soglia del danno ( $I_0 = VI$  MCS), documentati in modo abbastanza affidabile sin dal XIII secolo. Risale al 25 febbraio 1695 l’evento più energetico ( $I_0 = IX-X$  MCS,  $M_w = 6,61$ ), la cui magnitudo ricavata dai dati macrosismici è comparabile ai massimi eventi registrati nell’area friulana a seguito del terremoto del 1976. Localizzato nell’Asolano, l’evento ha raggiunto la soglia della distruzione coinvolgendo l’area compresa tra Bassano del Grappa e Valdobbiadene (Figura 2).*

*Danni significativi dovuti ad eventi più antichi vengono invece attribuiti esclusivamente o prevalentemente alla città di Treviso ( 778  $I_0 = VIII-IX$  ,  $M_w = 5,84$ ; 1268  $I_0 = VII-VIII$ ,  $M_w = 5,37$ ); per questi eventi è oggi impossibile risolvere la vera localizzazione, data la scarsità di fonti storiografiche che documentano i danni.*

*Quattro eventi minori (25 febbraio 1756, 1857, 1897, e 1919) sono stati recentemente revisionati (Molin et al., 2008) con modifiche lievi ai parametri di intensità e localizzazione. Negli ultimi due secoli, l’evento maggiore è stato quello del 12 giugno 1836 localizzato nell’area di Bassano, che ha raggiunto la soglia del danno significativo ( $I_0 = VII-VIII$  MCS,  $M_w = 5,48$ ) e una serie di eventi dannosi prevalentemente documentati nella seconda metà del XIX secolo. Da oltre un secolo, quindi, non si verificano eventi di energia significativa.*

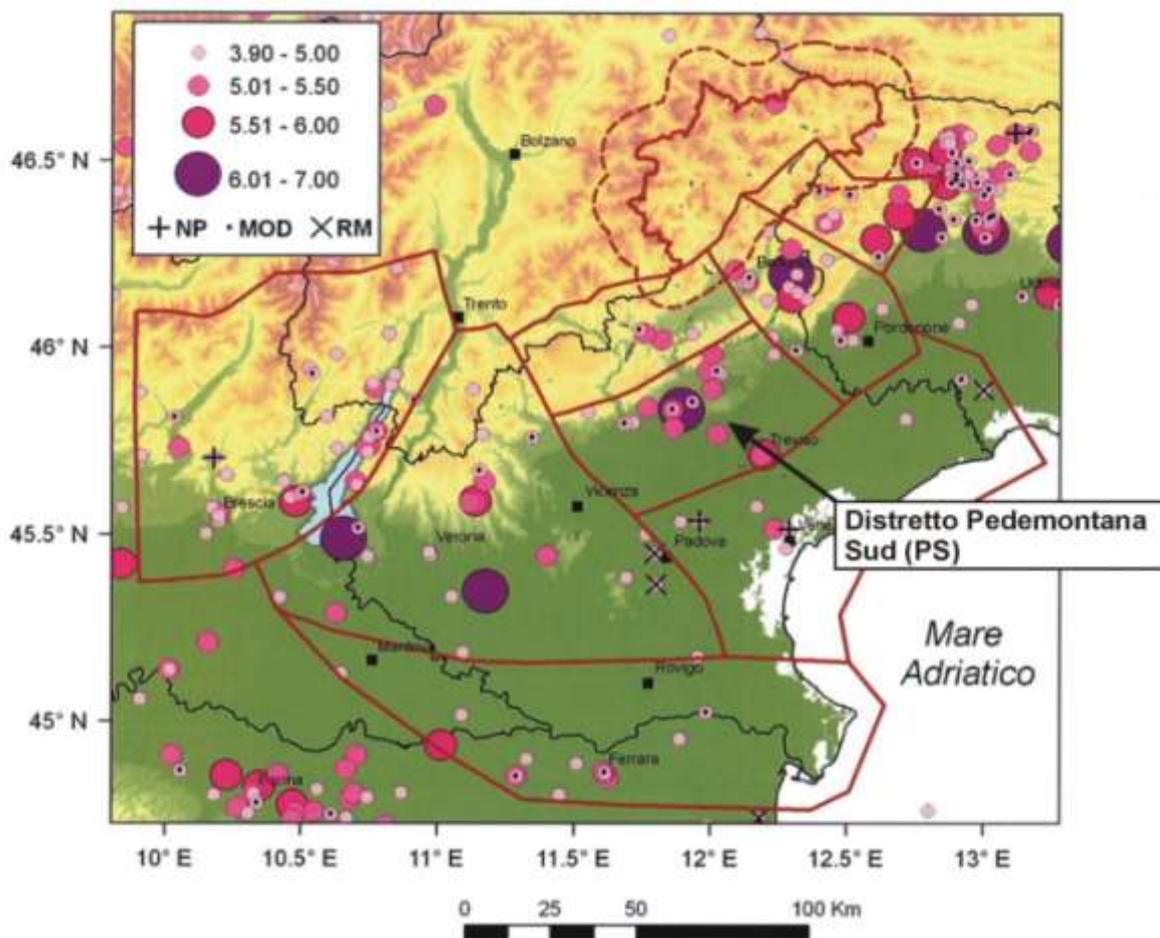


Figura 2: Mappa della sismicità storica del Veneto e aree limitrofe; fonte dati CPTI04 criticamente rivisto (Molin et al, 2008). In legenda i simboli colorati indicano la magnitudo equivalente a  $M_w$  riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati "NP", modificati "MOD" o rimossi "RM". (Estratto da Sugan e Peruzza, 2011)

*La sismicità registrata strumentalmente dal 1977 si presenta da bassa a moderata, con diversi eventi di magnitudo superiore a 3, limite teorico della soglia di percezione, localizzati lungo la fascia esterna della catena alpina, nella zona della flessura Pedemontana e del Montello. La magnitudo massima registrata nell'area fino al 2010 è  $M_D = 3,3$ ..... Il 13 settembre 2011 è avvenuto un evento di  $M_L = 3,7$  percepito particolarmente nella località di Moriago della Battaglia; esso risulterebbe l'evento più energetico in epoca strumentale.....*

(Successivi alla pubblicazione riportata sono da ricordare i recenti sismi avvenuti nella zona di Vidor il 12 e 15 maggio del 2015 con magnitudo rispettivamente di 3,5 e 3,6 a cui sono seguite numerose repliche di minor intensità durate per un periodo superiore al mese)

*Dal punto di vista della neotettonica è in atto un processo di sollevamento causato da compressione con forte raccorciamento crostale che raggiunge valori massimi nel Friuli centrale. Le strutture neotettoniche più importanti sono rappresentate in primo luogo dai sovrascorrimenti orientati ENE-OSO e subordinatamente da back-thrust e faglie subverticali con componenti più o*

meno rilevanti di trascorrenza orientate NO-SE. Modelli cinematici del movimento della microplacca Adria, basati su misure geodetiche, stimano una convergenza in quest'area di 2-3 mm/anno. Sulla base di datazioni di terrazzi fluviali, Benedetti et al. (2000) attribuiscono una costante di scorrimento di 1,8-2 mm/a alla sola faglia del Montello negli ultimi 300.000 anni.”

Seismogenic source	Rupture length (km)	Downdip rupture width (km)	Rupture area (km <sup>2</sup> )	Minimum depth (km)	Maximum depth (km)	Rake	Vertical slip rate (mm/yr)	Min. vertical slip rate (mm/yr)	Magnitude	Associated historical earthquake
Thiene-Bassano (1)	20	9.5	190	-1	5.75	100°	<1*	-	6.43	1117 (Jan. 3) (?)
Bassano-Cornuda (2)	22	11	242	-1	6.2	100°	<1*	0.42-0.5	6.49	1695 (Feb. 25)
Montello-Conegliano (3)	30	15	480	-1	12	100°	1*	0.32-0.4	6.69	-
Cansiglio (4)	15	10	150	0	7	120°	<1*	0.4-0.47	6.24	1936 (Oct. 18)
Polcenigo-Maniago (5)	21	14	294	-1	9	100°	<1*	0.17-0.25	6.55	1873 (June 29)

Figura 3: Caratteristiche geometrico cinematiche di alcune sorgenti sismogenetiche che interessano il Veneto NE. (Estratto e modificato da Galadini et al., 2005)

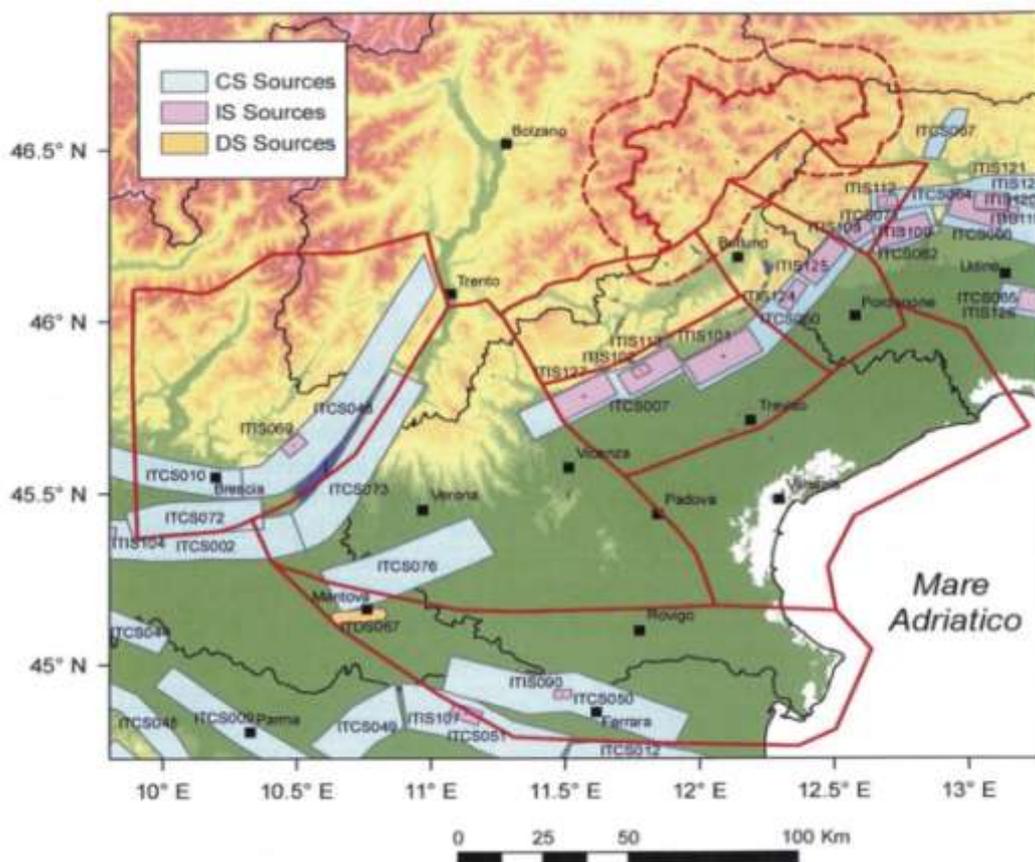


Figura 4: Sorgenti sismogenetiche DISS versione 3.1.1 (DISS Working Group, 2010). Visualizzazione su DEM. Con codice sorgente in azzurro le sorgenti composite (CS), in rosa le sorgenti individuali (IS) e in arancione le sorgenti ritenute controverse (Debated Sources, DS). (Estratto da Sugan e Peruzza, 2011)

Nella Figura 3, sono riportate le caratteristiche geometrico-cinematiche delle sorgenti sismogenetiche che interessano il Veneto Nord-Orientale, secondo quanto riportato da Galadini et al. (2005). Tralasciando la sorgente Bassano-Cornuda, descritta in dettaglio più avanti, si nota che la sorgente Thiene-Bassano è ritenuta responsabile del terremoto avvenuto nel 1117 nell'area Veronese; la sorgente Cansiglio del terremoto verificatosi nella regione Alpago-Cansiglio nel 1936; mentre la sorgente Polcenigo-Maniago di quello del 1873 che ha interessato il territorio Bellunese. Si osserva come, anche in questo documento, alla sorgente Montello-Conegliano non è associato alcun terremoto in epoca storica, ma la sorgente è ritenuta in grado di generare sismi di Magnitudo pari 6,69. Di seguito si riporta quanto indicato nel lavoro di Sukan e Peruzza, riguardo le sorgenti sismo genetiche (vedi Figura 4 e Figura 5).

*In questo distretto, DISS, versione 3.1.1 identifica due sorgenti composite, denominate Thiene-Cornuda (ITCS007), che si estende dalla città di Schio a Cornuda e Montebelluna-Montereale (ITCS060), dallo sbocco in pianura del F. Piave, a quello del T. Cellina. Entrambe le sorgenti composite rappresentano segmenti di sovrascorrimenti vergenti S-SE, implicati nella sismogenesi degli eventi maggiori fino a profondità modeste (7-9 Km) e frammentati da elementi trasversali.*

*Alla prima sorgente composita appartengono le sorgenti individuali di Thiene-Bassano (ITIS 127), che risulta quiescente in epoca storica e la struttura Bassano-Cornuda (ITIS102), cui viene associato il terremoto di Asolo del 25 febbraio 1695, nonché la sorgente individuale di Monte Grappa (ITIS113). Quest'ultima viene interpretata come il back-thrust della più grande sorgente di Bassano-Cornuda e ad essa è associato il terremoto di Bassano del 1836,  $M_w = 5,48$ . Strike-slip appare invece il meccanismo dell'evento di  $M_D = 3,3$ , avvenuto il 6 dicembre 2009 nella medesima area.*

*Procedendo verso Est, della sorgente composita Montebelluna-Montereale fa parte la sorgente sismogenica individuale del Montello (ITIS101), collegata al sovrascorrimento Montello-Conegliano. Anche in questo caso, non vi sono indizi di forti terremoti storici associati. Sebbene le evidenze geomorfologiche e geologiche (terrazzi fluviali deformati, diversione del Piave, vedi Benedetti et al. (2000), confermino l'attività recente dei fronti di deformazione del thrust Montello-Conegliano, non vi sono chiare informazioni che permettano di definire quanto la deformazione venga rilasciata attraverso eventi sismici e quanto questo fenomeno avvenga in modo asismico.*

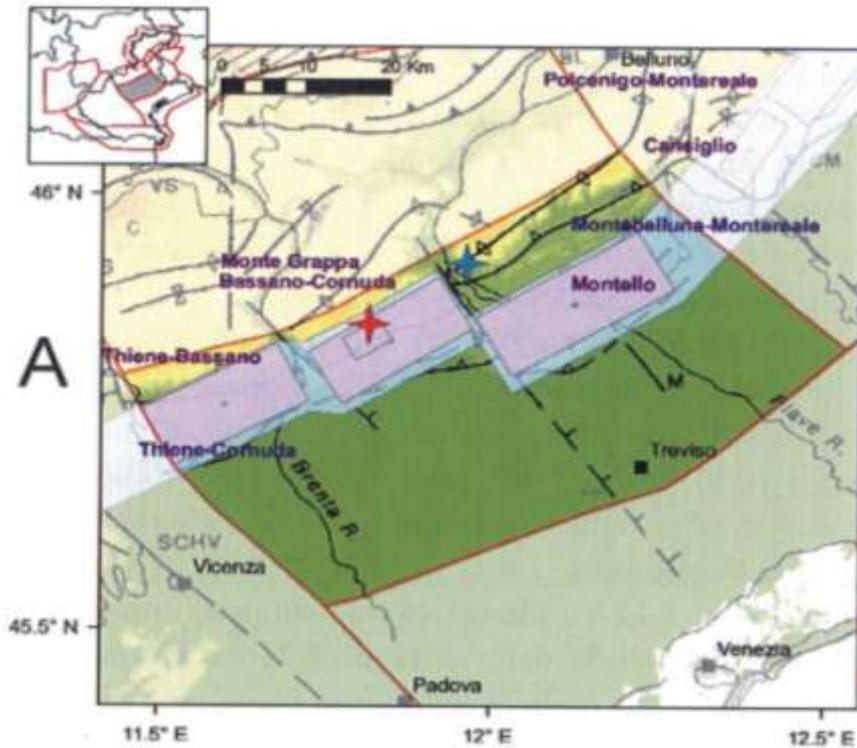


Figura 5: Sorgenti sismogenetiche per il distretto Pedemontana Sud. DISS versione 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) su DEM e modello strutturale da Castellarin et al. (1998b). (Estratto da Sugan e Peruzza, 2011)

*Per quanto riguarda la zonazione sismica, si nota che a fronte di una sismicità recente modesta, sono stati proprio i forti eventi del passato ad aver consentito un'applicazione abbastanza precoce di norme antisismiche e circa la metà dei comuni veneti che ricadono nel distretto; 11 comuni sono entrati in classificazione col Regio Decreto del 22 novembre 1937, mentre il gruppo più corposo di comuni in classe II risale al 1982. Grossomodo i limiti dell'area mantenuta in zona 2 con l'Ord. 3274/03 coincide con valori di accelerazione attesa superiori a 0,2 g, con qualche anomalia nella pedemontana trevigiana. Nel distretto complessivamente si attendono valori di pericolosità non inferiori a 0,125-0,150 g, fino a 0,250 g nella porzione orientale del distretto.*

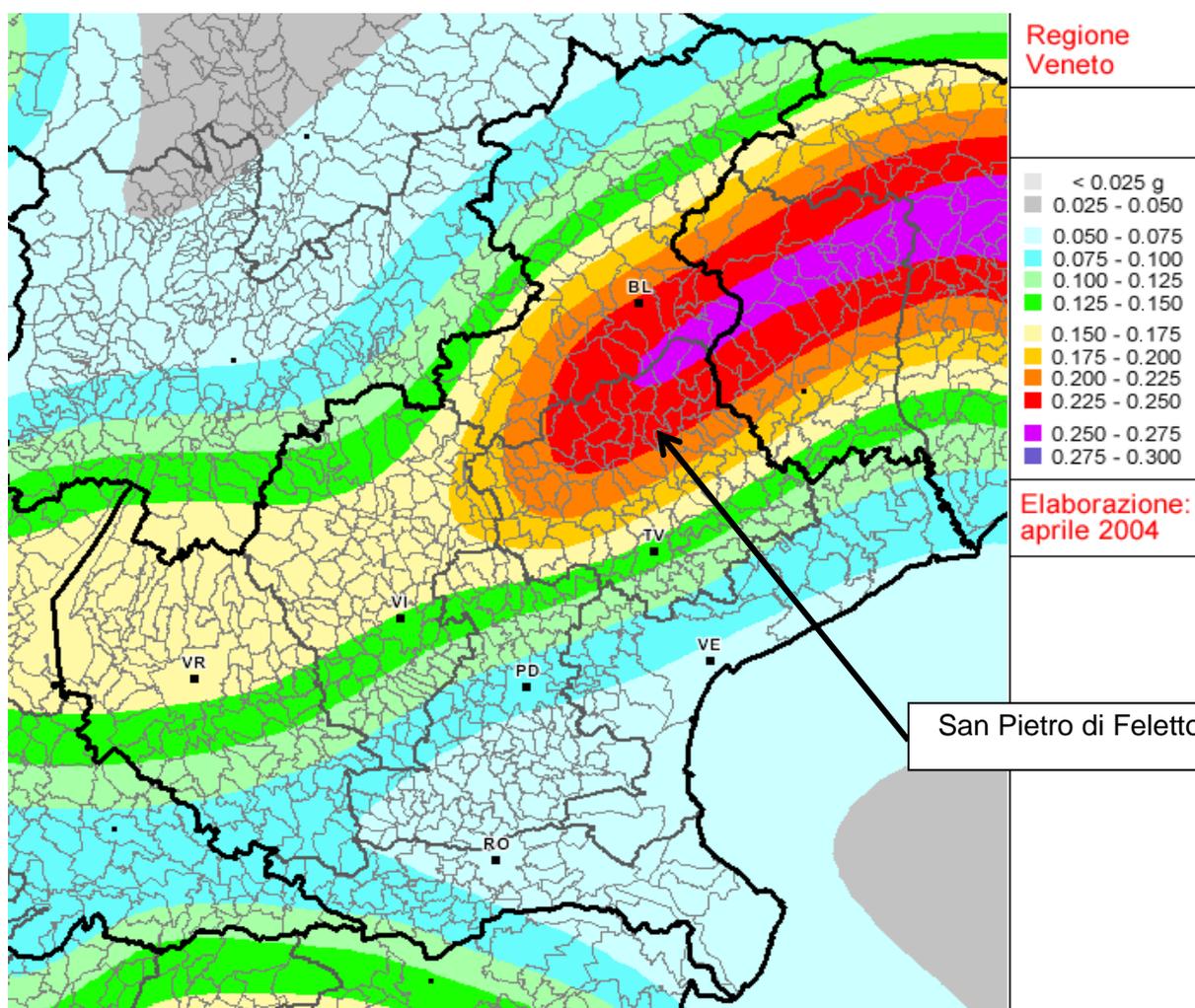


Figura 6: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale relativa alla Regione Veneto, entrata in vigore con l'Ord. PCM 3519/2006, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800\text{ m/s}$ ; cat A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

Con Delibera Regionale n. 67 del 2003 la Regione Veneto ha stabilito le nuove zone sismiche del territorio regionale. Il Comune di San Pietro di Feletto, risulta classificato in zona sismica 2, la classe più restrittiva presente in tutto il territorio regionale.

Per quel che riguarda valutazioni di progetto, si ricorda che la DGR n. 71 del 2008 non ha modificato la zonazione sismica del Veneto, ma ha assunto le accelerazioni di riferimento per il calcolo sismico così come introdotte dalla OPCM 3519 del 2006 (Figura 6). Il Comune di San Pietro di Feletto ricade nella fascia di accelerazione orizzontale massima attesa (con probabilità d'eccedenza del 10% in 50 anni) compresa tra 0,225 g e 0,250 g.

## 2.2. Sismicità storica dell'area

Per la sismicità storica dell'area si faccia riferimento alla relazione illustrativa dello studio di MS di

1° livello di cui, in questa sede, si riporta un sintetico estratto.

Di seguito si descrivono i caratteri più significativi e le notizie relative ai principali terremoti verificatisi, in epoca storica, nel Distretto Pedemontana Sud (Figura 7 e Tabella 1). Inoltre, nel territorio felettano sono stati sicuramente avvertiti con notevole intensità (e con danni e lesioni agli edifici) i terremoti con epicentri nei territori limitrofi, verificatisi negli anni 1117, 1873, 1936 e 1976.

Particolarmente significativo fu il terremoto del 1873 per il quale sono riportate notizie relative alla morte di numerosi abitanti: *"Crollò la Chiesa parrocchiale causando la morte di 38 persone. I danni furono circoscritti all'antica chiesa, in quanto il campanile e le case vicine non subirono danni"*.

Le sigle utilizzate nelle tabelle hanno il seguente significato:

**Io** = Intensità epicentrale (gradi scala MCS)

**Me** = magnitudo equivalente basata sulle osservazioni macrosismiche

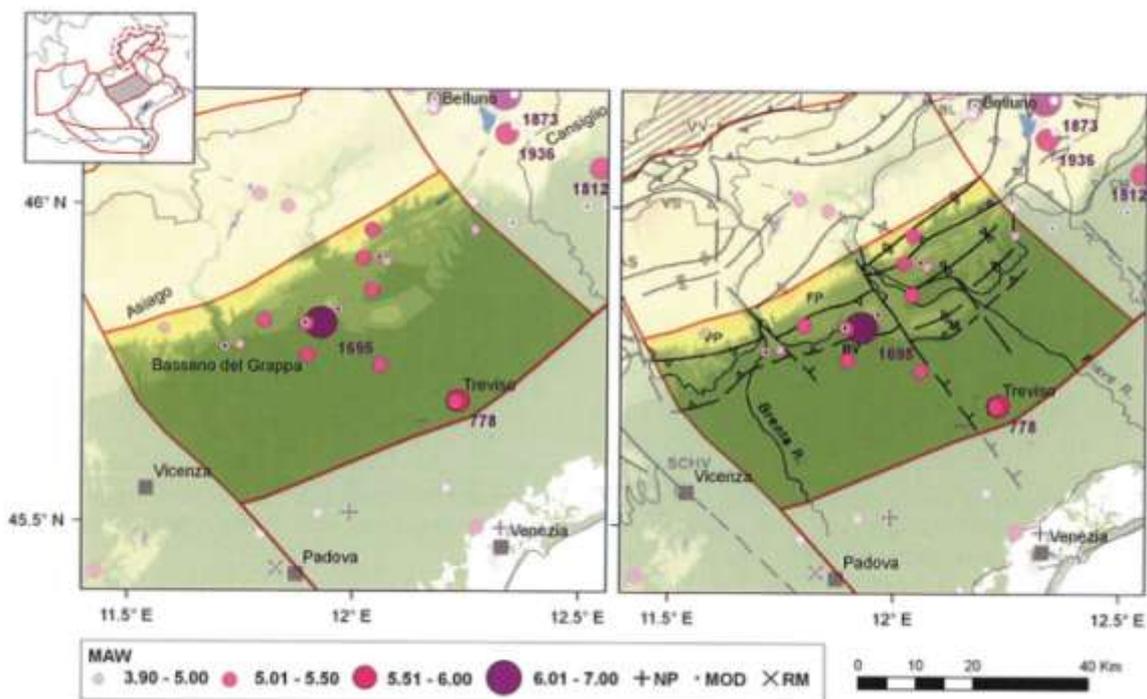


Figura 7: Mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Sud (PS); fonte dati CPTIO4 criticamente rivisto (Molin et al., 2008). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin et al. (1998b) (dx). In legenda: Maw indica la magnitudo equivalente a Mw riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati "NP", modificati "MOD" o rimossi "RM". (Estratto da Segan e Peruzza, 2011)

Tabella 1: principali sismi del distretto Pedemontana Sud

Anno Sisma	Area	Lat.	Long.	Io	Me	Principali effetti
778	Treviso	45,667	12,25	8,5	5,8	<i>Un violento terremoto colpì Treviso e forse altre città vicine non specificate, causando il crollo di molti edifici e chiese. Si ricorda che in un solo villaggio (non specificato) perirono 48 persone</i>
1268	Trevigiano	45,733	12,083	7,5	5,4	<i>Il terremoto colpì la Marca trevigiana, in particolare l'area compresa tra Treviso e Asolo. Danneggiò gravemente la città di Treviso, sede vescovile, e la rocca fortificata di Asolo. Il terremoto causò alcune frane che interruppero il corso del Piave</i>
1695	Asolano	45,8	11,950	10	6,5	<i>L'evento causò gravi danni in larga parte del Veneto; l'area più danneggiata è localizzata nell'alto trevigiano a Sud del Monte Grappa. Le località più colpite furono la città di Asolo e i villaggi circostanti; oltre 30 centri abitati subirono distruzioni gravissime e in altri 24 paesi e villaggi si ebbero crolli parziali e dissesti. Ad Asolo crollarono 1477 case e 1284 furono gravemente danneggiate. danni contenuti sono ricordati a Rovigo, Ferrara e Verona. La scossa fu sentita in una vastissima area, comprendente la regione padana, dai territori bolognesi e ferraresi fino a Varese, le Prealpi lombarde, la regione del Garda e le Prealpi venete. Le vittime furono alcune centinaia</i>
1836	Pedemontana Grappa	45,8	11,817	8	5,6	<i>La scossa avvenne il 12 giugno 1836 alle ore 2:30 GMT e colpì la zona delle Prealpi Venete posta nel versante meridionale del M. Grappa. Gli effetti più gravi furono riscontrati nei paesi di Borso del Grappa, Fonte, Liedolo e Sant'Eulalia dove la scossa causò il crollo totale di alcune case e ne danneggiò altre. Grandi danni vi furono anche a Crespano, Paderno del Grappa, Pagnano, Possagno, San Zenone degli Ezzelini e Semonzo. A Bassano la scossa causò la caduta di fumaioni e l'apertura di fenditure nei muri degli edifici; più di 60 case furono danneggiate. La scossa fu avvertita a Sud fino a Parma e a Ferrara, a Nord in quasi tutto il Tirolo</i>
1859	Conegliano-Valdobbiadene	45,833	12,1	7	5,2	<i>La scossa avvenne il 20 gennaio 1859 alle 7:55 GMT e colpì il Trevigiano. In particolare la zona sulla riva sinistra del Piave, compresa tra Conegliano e Valdobbiadene. Raggiunse i suoi massimi effetti a Collalto, dove causò danni a quasi tutte le abitazioni del centro. A Col San Martino, Combai, Falzè, Guia, Miane, Moriago della Battaglia, Pieve di Soligo, Sernaglia della Battaglia, Valdobbiadene e Vidor vi fu distacco di intonaci, screpolatura di muri e caduta di fumaioni; a Treviso caddero fumaioni. La scossa fu avvertita da Bressanone a Parma</i>
1873	Bellunese (sisma fuori distretto)	46,167	12,383	9,5	6,3	<i>L'area più colpita è localizzabile a Nord del Lago di Santa Croce, circa 12 Km a Est di Belluno. Il terremoto causò estese distruzioni nella conca dell'Alpago; crolli diffusi si verificarono inoltre nel trevigiano e nelle località a Sud dell'altopiano del Cansiglio; danni gravi subirono i fabbricati nel territorio del triangolo Belluno-Pordenone-Conegliano Veneto. Il centro più importante tra quelli danneggiati fu Belluno.....L'area di risentimento fu molto estesa: la scossa fu sentita in tutto il Nord Italia fino a Genova e, verso Sud, fino alle Marche meridionali e all'Umbria; fu avvertita anche in molte località della Slovenia, dell'Austria, della Svizzera e della Baviera</i>

Anno Sisma	Area	Lat.	Long.	Io	Me	Principali effetti
1936	Alpago-Cansiglio (sisma fuori distretto)	46,033	12,417	9	6,2	<i>Il terremoto colpì la zona di confine fra le attuali province di Belluno, Treviso e Pordenone, ed ebbe i suoi massimi effetti Sud dell'altopiano del Cansiglio nei paesi di Fiaschetti, Stevenà e Villa di Villa dove vi furono numerosi crolli totali e diffusi crolli parziali, che resero gran parte degli edifici inabitabili. Gravissimi danni avvennero anche a Nord del Cansiglio, nella conca dell'Alpago: dal 50 al 70 % delle case divennero inabitabili a Puos d'Alpago, Cornei e Villa. A Sacile, Vittorio Veneto ed in altre località del Livenza e del Meschio vi furono crolli e lesioni in gran parte delle abitazioni; gravi danni si verificarono anche a Belluno, Conegliano, San Vito al Tagliamento e in altri 40 paesi circa. A Bolzano e Venezia caddero vecchi intonaci e vecchi fumaioli. L'area di risentimento fu molto vasta: la scossa fu avvertita fortemente a Trento, Padova, Trieste e, in generale, in tutto il Nord Italia, in Slovenia, Austria e Svizzera; verso Sud fu sentita fino nelle Marche meridionali e Umbria</i>

### 3. CARTA DELLE INDAGINI

#### 3.1. Integrazioni alla MS di I° livello

La raccolta delle indagini esistenti, ad integrazione di quelle già rese disponibili nell'ambito dello studio di MS di I° livello, ha previsto la ricerca innanzitutto sull'archivio del Comune di San Pietro di Feletto per estrarre le nuove indagini rese disponibili nel frattempo e per concentrare la ricerca su aree ritenute più significative per la comparsa di eventuali effetti cosismici di instabilità o di amplificazione.

Alle 158 indagini puntuali pregresse, di cui 12 geofisiche realizzate ex novo per la MS di I° livello, se ne sono aggiunte 79 di importanza e significato diversificati. Nella tabella seguente sono riportate tutte le indagini classificate e la loro tipologia.

Tabella 2: indagini di tipo puntuale

n.	Codice	Tipo
1	026073P1	T
2	026073P2	T
3	026073P3	T
4	026073P4	T
5	026073P5	T
6	026073P6	T
7	026073P7	T
8	026073P8	T
9	026073P9	T
10	026073P10	T
11	026073P11	T
12	026073P12	T
13	026073P13	T
14	026073P14	T
15	026073P15	T
16	026073P16	T
17	026073P17	T
18	026073P18	T
19	026073P19	T
20	026073P20	T
21	026073P21	T
22	026073P22	T
23	026073P23	T
24	026073P24	DL
25	026073P25	DL
26	026073P26	DL
27	026073P27	DL
28	026073P28	DL
29	026073P29	DL
30	026073P30	DL

n.	Codice	Tipo
31	026073P31	DL
32	026073P32	DL
33	026073P33	CPT
34	026073P34	CPT
35	026073P35	CPT
36	026073P36	CPT
37	026073P37	DP
38	026073P38	DP
39	026073P39	DP
40	026073P40	DL
41	026073P41	DL
42	026073P42	DL
43	026073P43	DL
44	026073P44	DL
45	026073P45	DL
46	026073P46	DL
47	026073P47	DL
48	026073P48	DL
49	026073P49	DL
50	026073P50	DL
51	026073P51	DL
52	026073P52	DL
53	026073P53	DL
54	026073P54	DL
55	026073P55	DL
56	026073P56	DL
57	026073P57	DL
58	026073P58	DL
59	026073P59	DL
60	026073P60	CPT
61	026073P61	DL
62	026073P62	DL

n.	Codice	Tipo
63	026073P63	DL
64	026073P64	DL
65	026073P65	DL
66	026073P66	DL
67	026073P67	CPT
68	026073P68	CPT
69	026073P69	CPT
70	026073P70	DL
71	026073P71	DL
72	026073P72	DL
73	026073P73	DL
74	026073P74	DL
75	026073P75	DL
76	026073P76	DL
77	026073P77	DL
78	026073P78	DL
79	026073P79	DL
80	026073P80	DL
81	026073P81	DL
82	026073P82	CPT
83	026073P83	CPT
84	026073P84	DL
85	026073P85	DL
86	026073P86	DP
87	026073P87	DP
88	026073P88	DP
89	026073P89	DP
90	026073P90	DP
91	026073P91	DL
92	026073P92	DL
93	026073P93	DL
94	026073P94	DL
95	026073P95	DL
96	026073P96	DL
97	026073P97	DL
98	026073P98	DP
99	026073P99	DP
100	026073P100	DP
101	026073P101	DP
102	026073P102	DL
103	026073P103	DL
104	026073P104	CPT
105	026073P105	CPT
106	026073P106	CPT
107	026073P107	DL
108	026073P108	DL
109	026073P109	DL
110	026073P110	DL
111	026073P111	DL
112	026073P112	DL
113	026073P113	DL

n.	Codice	Tipo
114	026073P114	DL
115	026073P115	DL
116	026073P116	DL
117	026073P117	DL
118	026073P118	DL
119	026073P119	DL
120	026073P120	DL
121	026073P121	DL
122	026073P122	DL
123	026073P123	DL
124	026073P124	DL
125	026073P125	DL
126	026073P126	DL
127	026073P127	DL
128	026073P128	DL
129	026073P129	DL
130	026073P130	DL
131	026073P131	DL
132	026073P132	DL
133	026073P133	DL
134	026073P134	DL
135	026073P135	DL
136	026073P136	DL
137	026073P137	SD
138	026073P138	SD
139	026073P139	SD
140	026073P140	SD
141	026073P141	SD
142	026073P142	SD
143	026073P143	SD
144	026073P144	SD
145	026073P145	DL
146	026073P146	HVSR
147	026073P147	HVSR
148	026073P148	HVSR
149	026073P149	HVSR
150	026073P150	HVSR
151	026073P151	HVSR
152	026073P152	HVSR
153	026073P153	HVSR
154	026073P154	HVSR
155	026073P155	HVSR
156	026073P156	HVSR
157	026073P157	HVSR
158	026073P158	SDS
159	026073P159	CPT
160	026073P160	CPT
161	026073P161	CPT
162	026073P162	CPT
163	026073P163	CPT
164	026073P164	CPT

n.	Codice	Tipo
165	026073P165	CPT
166	026073P172	T
167	026073P171	T
168	026073P170	T
169	026073P166	T
170	026073P167	T
171	026073P168	T
172	026073P169	T
173	026073P173	DN
174	026073P174	DN
175	026073P175	DN
176	026073P176	DN
177	026073P177	DN
178	026073P178	CPT
179	026073P179	CPT
180	026073P180	CPT
181	026073P181	T
182	026073P182	T
183	026073P183	T
184	026073P184	T
185	026073P185	T
186	026073P186	S
187	026073P187	S
188	026073P188	SS
189	026073P189	SS
190	026073P190	PA
191	026073P191	PA
192	026073P192	PA
193	026073P193	PA
194	026073P194	PA
195	026073P195	PA
196	026073P196	PA
197	026073P197	PA
198	026073P198	PA
199	026073P199	PA
200	026073P200	PA
201	026073P201	PA
202	026073P202	SDS
203	026073P203	DL
204	026073P204	SD
205	026073P205	DS
206	026073P206	DS
207	026073P207	DS
208	026073P208	DS
209	026073P209	DS
210	026073P210	DS
211	026073P211	DL
212	026073P212	DL
213	026073P213	DL
214	026073P214	T
215	026073P215	DL

n.	Codice	Tipo
216	026073P216	DL
217	026073P217	DL
218	026073P218	DL
219	026073P219	DP
220	026073P220	DP
221	026073P221	DP
222	026073P222	DP
223	026073P223	DL
224	026073P224	DL
225	026073P225	CPT
226	026073P226	CPT
227	026073P227	DP
228	026073P228	DP
229	026073P229	DP
230	026073P230	DP
231	026073P231	DP
232	026073P232	DP
233	026073P233	T
234	026073P234	T
235	026073P235	CPT
236	026073P236	CPT

## Significato dei codici delle tipologie di indagine

T	Trincea
DL	Prova Penetrometrica Dinamica Leggera
DN	Prova Penetrometrica Dinamica Media
DP	Prova Penetrometrica Dinamica Pesante
DS	Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante
CPT	Prova Penetrometrica Statica
PA	Pozzo per acqua
SD	Sondaggio a distruzione di nucleo
SDS	Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
S	Sondaggio a carotaggio continuo
SS	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
HVSR	Stazione microtremore a stazione singola

Per quanto riguarda le indagini lineari alle 19 già raccolte nell'ambito della MS di I° livello, di cui 11 effettuate in tale ambito, sono state raccolte altre 5 indagini rese disponibili nel frattempo.

Tabella 3: indagini di tipo lineare

N.	Codice	TIPO
1	026073L1	MASW
2	026073L2	MASW
3	026073L3	MASW
4	026073L4	MASW
5	026073L5	MASW
6	026073L6	MASW
7	026073L7	MASW
8	026073L8	MASW
9	026073L9	MASW
10	026073L10	MASW
11	026073L11	MASW
12	026073L12	SEV
13	026073L14	SEV
14	026073L15	SEV
15	026073L13	SEV
16	026073L16	SEV
17	026073L17	SR
18	026073L18	SR
19	026073L19	SR
20	026073L20	MASW
21	026073L21	SR
22	026073L22	SR
23	026073L23	SR
24	026073L24	MASW

## Significato dei codici delle tipologie di indagine

MASW	Indagine Multichannel Analysis of Surface Waves
SEV	Sondaggio elettrico verticale
SR	Profilo sismico a rifrazione

Nell'ambito delle indagini puntuali a fronte di un notevole numero di indagini raccolte, che da merito al Comune ed ai tecnici ivi operanti, si segnala comunque che in realtà quelle rilevanti per gli aspetti geofisici sono in numero ridotto. Nella seguente tabella sono riportati i numeri delle prove suddivise per tipologia e con l'indicazione delle relative percentuali di appartenenza (Tabella 4). I valori sono stati poi riportati anche su diagramma a torta per rendere più chiara la suddivisione nelle diverse tipologie.

Appare evidente come più del 50% corrispondano ad indagini che difficilmente possono raggiungere profondità significative dal punto di vista geofisico e di conseguenza, pur avendo un rilevante significato dal punto di vista geotecnico, sono poco utili agli scopi tipici degli studi di Microzonazione Sismica.

Tabella 4: numero e percentuale indagini disponibili

<b>N.</b>	<b>Percentuale</b>	<b>Codice</b>	<b>Tipologia</b>
99	42%	DL	Prova penetrometrica dinamica leggera
38	16%	T	Trincea
27	11%	CPT	Prova penetrometrica statica
22	9%	DP	Prova penetrometrica dinamica pesante
12	5%	HVSR	Stazione microtremore a stazione singola
12	5%	PA	Pozzo per Acqua
9	4%	SD	Sondaggio a distruzione di nucleo
6	3%	DS	Prova penetrometrica dinamica superpesante
5	2%	DN	Prova penetrometrica dinamica media
2	1%	S	Sondaggio a carotaggio continuo
2	1%	SDS	Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
2	1%	SS	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
<b>236</b>	<b>100%</b>		<b>TOTALI</b>

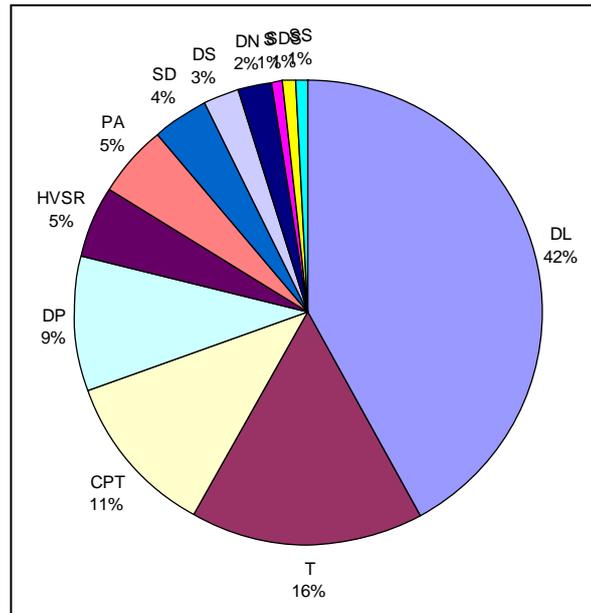


Figura 8: diagramma a torta delle diverse tipologie di indagini rese disponibili

### 3.2. *Descrizione della carta*

La carta delle indagini allegata indica l'ubicazione delle stesse e la tipologia secondo gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. La rappresentazione è riportata per comodità anche nella seguente figura.



Figura 9: rappresentazione grafica e tipologia delle indagini

Dall'esame della figura emerge chiaramente come la maggior parte delle indagini sia concentrata all'interno dei centri abitati o nelle aree più prossime a questi poiché la quasi totalità è finalizzata a scopi edificatori e sono quindi ricavate da documentazione progettuale per interventi edilizi archiviata presso il Comune. Le aree agricole sono quasi del tutto scoperte ma, in considerazione che la MS di II° livello da allegare al Piano degli Interventi deve essere realizzata negli ambiti urbani, tale differenza può essere ammessa.

Si segnala poi la presenza di alcuni pozzi per acqua la cui acquisizione è stata effettuata sul sito internet dell'ISPRA alla sezione "Indagini nel sottosuolo", tali stratigrafie possono essere utilizzate solo in termini generali e come indicazione approssimativa in relazione alla scala di indagine e alla non precisa ubicazione in cartografia.

## **4. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI**

A causa della elevata variabilità morfologica, geologica e litostratigrafica, nonostante una buona serie di misure di frequenza propria dei terreni, risulta difficile produrre una carta delle frequenze naturali.

Sarebbero necessarie infatti una notevole quantità di misure HVSR che, probabilmente, non avrebbero in ogni caso portato a dei risultati sufficienti a coprire tutto il territorio indagato con un notevole spreco di risorse.

Si ritiene quindi più utile/efficiente che le indagini HVSR siano effettuate direttamente sui singoli siti oggetto di indagine in sede di progettazione.

La carta è comunque predisposta con le sole HVSR disponibili, che sono 15 in totale, definendo la dimensione dei simboli in base all'ampiezza del picco di risonanza e indicando, a fianco del simbolo stesso, la frequenza di risonanza.

## 5. CARTA DELLA MS DI II° LIVELLO

### 5.1. Premessa

Lo studio di Microzonazione Sismica di II° livello del Comune di San Pietro di Feletto è stato redatto sulla base della DGR 1572/2013; tale delibera prevede però una diversa costruzione dello studio di I° livello rispetto a quello redatto nel 2012.

La pratica conseguenza è stato l'adeguamento del presente studio, sia nella relazione che nella forma grafica, a questa situazione creatasi nell'intervallo tra l'emanazione della Delibera e la sua messa a regime poiché, nel caso specifico ma verificatosi anche in altri Comuni, lo studio di I° livello è stato invece predisposto secondo gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica previsti dalla Commissione tecnica per la Microzonazione sismica nelle varie versioni di aggiornamento che nel tempo si sono succedute.

Oltre alle indicazioni previste dall'allegato A) della DGR 1572/13 sono state analizzate le condizioni specifiche del territorio comunale individuando gli elementi oggetto di approfondimento nell'ambito della MS di II° livello.

In particolare, viste le condizioni oggettivamente peculiari del territorio comunale e del primo Piano degli Interventi, è stata prevista una posticipazione alla fase progettuale di alcune analisi puntuali proprio per renderle più efficienti in base alla ubicazione dell'intervento, alla sua complessità e alla tipologia. Nella tabella seguente (ripresa dalla fig. 2 dell'allegato A della Delibera) viene esplicitata, per ogni singola tipologia di instabilità/amplificazione, la presenza sul territorio comunale e le procedure applicate nel presente studio.

Tabella 5: procedure di microzonazione sismica

<i>SIGLA</i>	<i>Scenario di pericolosità</i>	<i>Presenza nel territorio</i>	<i>Procedura utilizzata</i>
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	SI	Individuati da PAT, aggiornati da dati e sopralluoghi. Per area urbanizzata III° livello in sede progettuale
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	SI	Individuati da PAT, aggiornati da dati e sopralluoghi. Per area urbanizzata III° livello in sede progettuale
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	SI	Analisi dello spostamento apparente in caso di pendii in terra e della distanza di rotolamento massi in caso di pareti rocciose.
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	SI	E' in corso di esecuzione l'analisi di II° livello con i dati disponibili. Per le aree di espansione demandato il III° livello alla fase progettuale
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.

<i>SIGLA</i>	<i>Scenario di pericolosità</i>	<i>Presenza nel territorio</i>	<i>Procedura utilizzata</i>
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)	SI	Analizzate le amplificazioni e stimate sulla base degli abachi.
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	SI	Analizzate le amplificazioni e stimate sulla base degli abachi.
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	SI	Stimato l'effetto litostratigrafico
P4b	Zona di fondovalle stretta (C>0.25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale	NO	L'esame della morfologia e dei dati disponibili sulla profondità del substrato ha portato ad escludere la condizione
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	SI	Definizione degli effetti litostratigrafici
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	SI	L'area dell'altopiano è caratterizzata dalla presenza di fenomeni carsici. Le indagini specifiche sull'esistenza di cavità e sugli approfondimenti di III° livello sono demandati alla fase progettuale.

## **5.2. Valutazione degli effetti morfologici**

Il territorio comunale di San Pietro di Feletto è caratterizzato dalla presenza di numerose variazioni morfologiche che contornano l'altopiano generate, nella maggior parte dei casi, dalla presenza di orizzonti conglomeratici a diverso grado di cementazione che, grazie alla loro tenacità, rappresentano delle condizioni litologiche e stratigrafiche tali da poter generare scarpate in alcuni casi particolarmente acclivi.

La valutazione di tali elementi è stata effettuata tramite l'analisi della CTR che, pur con i limiti di precisione propri di questo supporto, ha permesso di effettuare stime e valutazioni sugli effetti legati alle amplificazioni di tipo morfologico.

I limiti di questa valutazione, come già accennato, sono insiti nella precisione della cartografia; per approfondimenti ed affinamenti dei fattori di amplificazione specifici per ogni sito, si dovranno eventualmente effettuare rilievi topografici in grado di meglio definire la geometria ed i limiti delle scarpate e dei relativi cigli.

### 5.2.1. Zona di scarpata

Le zone di scarpata che possono essere suscettibili di amplificazioni morfologiche devono possedere dei parametri che superano specifici limiti dimensionali esplicitati in modo semplificato dalla seguente figura tratta dall'Allegato A) della DGR 1572/2013.

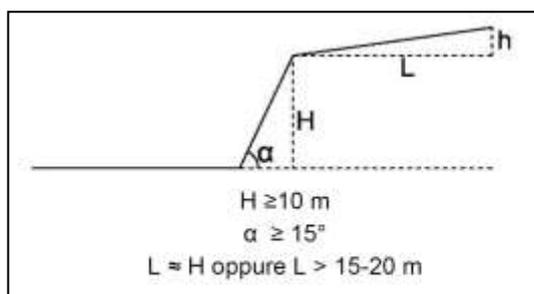


Figura 10: criteri di riconoscimento delle scarpate suscettibili di amplificazioni morfologiche

In pratica l'altezza deve essere maggiore di 10 metri e contemporaneamente l'angolo del pendio deve superare i  $15^\circ$ , inoltre il fronte superiore deve essere pari almeno all'altezza della scarpata o comunque non inferiore ai 15-20 metri.

I fattori di amplificazione legati alle caratteristiche geometriche delle scarpate sono riassunte nella seguente tabella (Figura 11).

Fattore di amplificazione per effetto morfologico			
Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Fa 0,1-0,5	Area di influenza
$10 \text{ m} < H < 20 \text{ m}$	$15^\circ < \alpha < 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H < 40 \text{ m}$	$15^\circ < \alpha < 90^\circ$	1.2	$A_i = 3/4 H$
$H > 40 \text{ m}$	$15^\circ < \alpha < 20^\circ$	1.1	$A_i = 2/3 H$
	$20^\circ < \alpha < 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha < 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha < 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Figura 11: criteri di assegnazione dei Fattori di amplificazione

Gli elementi esplicitati in tabella sono noti con l'eccezione dell'area di influenza  $A_i$  che rappresenta la fascia di amplificazione situata a monte del ciglio della scarpata e la cui ampiezza è indicata nell'ultima colonna della tabella.

Il Fattore di amplificazione diminuisce spostandosi dal ciglio per raggiungere l'unità alla base della scarpata e, verso monte, sino al limite dell'area di influenza  $A_i$ .

È importante sottolineare che l'amplificazione complessiva di sito (amplificazione morfologica + amplificazione litostratigrafica) si ottiene con il prodotto dei due Fa specifici e non con la somma.

Nella figura seguente (Figura 12) è riportato un esempio cartografico dei fattori di amplificazione, si può osservare l'andamento asimmetrico dell'amplificazione rispetto al ciglio di scarpata e lo sviluppo rispetto alle aree urbanizzate (esempio a Rua di Feletto).

Nel caso in esempio il Fa morfologico dovrà essere integrato (come prodotto) con il Fa relativo all'amplificazione litostratigrafica.

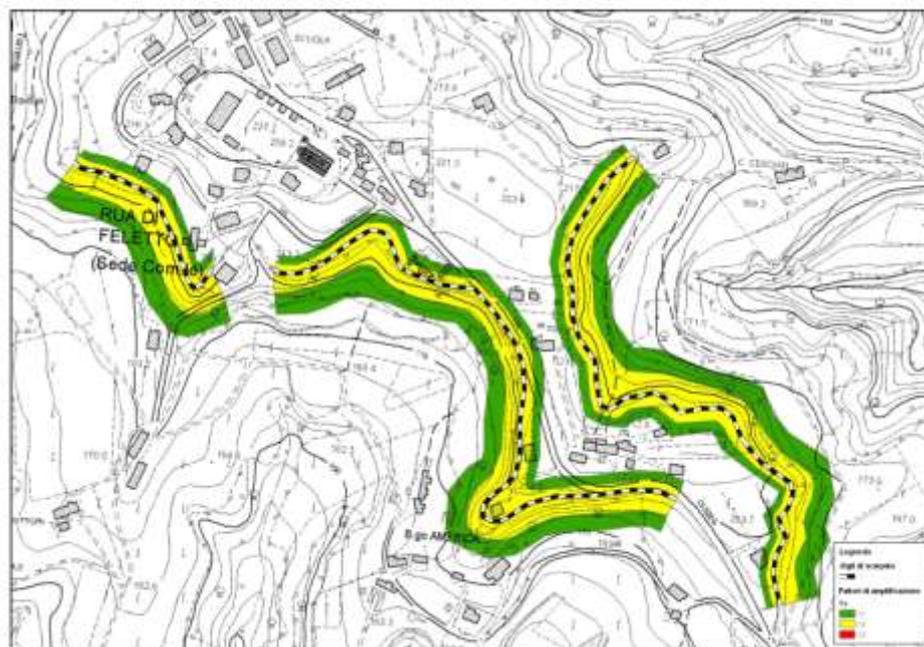


Figura 12: esempio di andamento del Fa in caso di scarpate

La prima attività è quindi consistita nella individuazione delle morfologie, che rispondessero ai requisiti minimi descritti, tramite un'analisi della CTR e successivamente anche con sopralluoghi mirati ad alcune aree più significative.

### 5.2.2. Zona di cresta e/o cocuzzolo

L'esame della cartografia CTR ha portato ad individuare, all'interno delle aree urbanizzate o delle località sparse più significative, soltanto due aree le cui caratteristiche geometriche portano a classificarle come creste, si tratta delle località Castella e osteria alla Guizza.

Lungo queste dorsali sono infatti superati i limiti geometrici indicati nella figura seguente (Figura 13) dove sono riportati i parametri necessari a classificare la cresta o dorsale. Inoltre le due dorsali in esame presentano un rapporto  $l/L < 1/3$  (larghezza cresta/larghezza base  $< 1/3$ ) e quindi possono essere definite come "Creste appuntite".

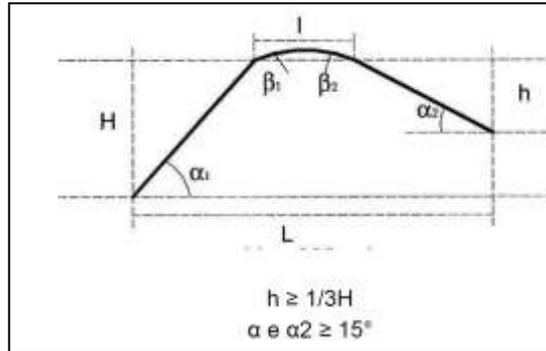


Figura 13: parametri dimensionali per creste/dorsali suscettibili di amplificazione

L'utilizzo degli abachi per la definizione del Fa in base al rapporto H/L porta a definire un valore di amplificazione pari rispettivamente a 1,25 per la località Castella e 1,15 per la località Osteria la Guizza.

L'attribuzione del Fa risente comunque di alcuni parametri soggettivi, come ad esempio la larghezza di base del colle o le altezze, poiché non sempre si riscontrano precisi limiti morfologici sui quali delimitare le geometrie. Per tale motivo su queste aree è stata comunque effettuata la verifica del Fa anche per il caso dei cigli di scarpata che ha portato a definire un Fa maggiore e pari a 1,3 contraddistinto dal colore rosso nella seguente Figura 14.



Figura 14: zone classificabili come creste/dorsali nelle località Castella e Osteria la Guizza

### 5.3. Valutazione degli effetti litologici

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente, indica che per la microzonazione di 2° livello, si deve fare ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Veneto, come indicato nella

DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 – Allegato A, si sono utilizzati quelli inseriti nel Volume “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica “ della Protezione Civile Nazionale.

Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica  $F_a$  ed  $F_v$  così definiti

- **$F_a$**  : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione)
- **$F_v$**  : fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Per la valutazione di  $F_a$  ed  $F_v$  è necessario conoscere la litologia prevalente del sottosuolo nel sito considerato, l'andamento della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) con la profondità e la profondità del bedrock sismico. Gli abachi sono costruiti per tre diversi profili di velocità nel sottosuolo:

Profilo 1: velocità costante ( $V_{SH}$ ) lungo tutto lo spessore del deposito

Profilo 2: velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo

Profilo 3: profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti

L'utente sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche dell'area deve scegliere quale profilo è più idoneo a rappresentare la situazione in esame. Per i territori considerati nel corso del presente studio è stato utilizzato il profilo con gradiente massimo.

Infine, gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di  $a_g$ : 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per il Comune di San Pietro di Feletto sono stati sempre utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,26g.

La stima dei  $F_a$  litostratigrafici è stata ottenuta tramite i valori di  $V_s$  ricavati dalle prove MASW eseguite nel corso degli studi e che hanno portato a definire la velocità media delle onde di tipo S della copertura, del substrato sismico e la profondità dalla superficie di quest'ultimo.

Per quanto riguarda la litologia gli abachi nazionali prevedono soltanto tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille; nelle necessarie semplificazioni per poter utilizzare gli abachi stessi sono sempre stati utilizzati approcci conservativi che, nel caso di dati in ingresso non ben classificabili nell'ambito della griglia prevista dal DPC, hanno preferito il dato che determinava un  $F_a$  più elevato.

Tale scelta è stata applicata, oltre che nella classificazione litologica, anche in quella relativa alla  $V_s$  e alla profondità del substrato senza utilizzare i metodi classici di interpolazione che, a nostro parere, trovano scarsa importanza nel caso specifico, vista la elevata variabilità litostratigrafica non ben rappresentata dalle classificazioni proposte.

Nella tabella seguente (Tabella 6) sono riportate le aree indagate e i dati che permettono di valutare i relativi Fattori di amplificazione.

Tabella 6: ubicazione indagini MASW e stima Fa e Fv

Località	Indagine MASW	Profondità substrato [m]	$V_{SH}$ [m/s]	$V_s$ substrato [m/s]	Fa	Fv
San Pietro di Feletto	L1	12	265	900	2,83	1,27
Borgo Anese	L2	14,1	277	950	2,83	1,27
Rua di Feletto	L3	15	294	850	3,06	1,77
Casotto 1	L4	12	276	700	>2,49	>1,22
Casotto 2	L5	7,9	329	650	2,21	1,07
Bagnolo	L6	14,5	260	650	2,83	1,27
Santa Maria 1	L7	13,5	253	900	2,83	1,27
Santa Maria 2	L8	11	250	780	2,83	1,27
Dal Moro	L9	15,1	250	700	>2,49	>1,22
San Michele	L10	26,7	320	800	2,81	1,97
Crevada	L11	24	192	600	3,18	2,97

In alcuni casi il substrato sismico non raggiunge la velocità  $V_s$  prossima od uguale a 800 m/s . L'utilizzo degli abachi in questi casi non sarebbe corretto poiché come è ben specificato negli *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*: “..... Si ricorda che tutte le elaborazioni effettuate prevedono la presenza di un bedrock sismico avente  $V_s = 800$  m/s al di sotto della profondità  $H$ . ....”

La stima è stata comunque effettuata con il semplice scopo di evidenziare un andamento del Fa specifico del sito auspicando che, in un prossimo futuro, anche la Regione del Veneto si doti degli abachi di riferimento locale.

Nella carta delle Microzonazioni allegata sono riportati i soli valori di Fa dove sono rappresentati riunendoli in 3 classi principali: 2.5, 2.8 e 3.2 secondo la seguente modalità.

Tabella 7: semplificazione valori Fa in cartografia

Località	Indagine MASW	Fa	Classe Fa
San Pietro di Feletto	L1	2,83	2,8
Borgo Anese	L2	2,83	2,8
Rua di Feletto	L3	3,06	3,2

<i>Località</i>	<i>Indagine MASW</i>	<i>Fa</i>	<i>Classe Fa</i>
Casotto 1	L4	>2,49	2,5
Casotto 2	L5	2,21	2,5
Bagnolo	L6	2,83	2,8
Santa Maria 1	L7	2,83	2,8
Santa Maria 2	L8	2,83	2,8
Dal Moro	L9	>2,49	2,5
San Michele	L10	2,81	2,8
Crevada	L11	3,18	3,2

Questa semplificazione ha il pregio di permettere una immediata valutazione delle diverse aree con un semplice codice cromatico di tre colori mentre i valori più precisi non vengono comunque persi e sono riportati nella tabella precedente.

#### **5.4. Zona di fondovalle**

Le zone di fondovalle possono dare origine ad amplificazioni anche significative del moto sismico per tale motivo devono essere analizzate nei casi in cui la conformazione della valli stesse rientri in specifici parametri fissati dagli Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica.

In particolare occorre innanzitutto classificare la morfologia della valle in stretta o larga sulla base di un *Coefficiente di forma "C"* che si può calcolare sulla base della seguente formula:

$$C = h/l$$

Dove:

h = Spessore della coltre alluvionale

l = Semiampiezza della valle

Se  $C < 0,25$  allora la valle si può considerare larga e gli effetti di amplificazione si possono configurare come litostratigrafici, mentre se  $C > 0,25$  allora la valle si deve considerare stretta e si devono considerare gli approfondimenti tipici del III° livello.

Nella seguente tabella sono riportati i parametri che caratterizzano le due valli principali situate a fianco dell'altopiano e che permettono la loro classificazione. Le sezioni utilizzate per la classificazione sono quelle poste in corrispondenza dei centri abitati e dei punti in cui i fianchi vallivi sono più vicini per considerare le condizioni i maggiore rilevanza.

Tabella 8

Località	Larghezza	Prof. substrato	Coeff. C	Tipo	Vs copertura	Vs substr.	Funzione Cv	Verifica III° livello
Crevada monte	600	36	0,030	Valle larga	250	800	0,438	No
Crevada valle	400	36	0,045	Valle larga	250	800	0,438	No
Dal Moro sud	800	30	0,019	Valle larga	350	700	0,650	No
Bagnolo sud	550	32	0,029	Valle larga	250	600	0,549	No
Bagnolo nord	500	32	0,032	Valle larga	400	750	0,695	No
Casotto	450	30	0,033	Valle larga	250	700	0,484	No

Secondo l'allegato A) deve inoltre essere verificato il rapporto tra il Coefficiente di Forma C ed il coefficiente Cv che rappresenta il rapporto tra la velocità Vs del substrato e quella dei terreni di copertura.

La formula che deve essere verificata è la seguente.

$$C > \frac{0,65}{\sqrt{Cv - 1}}$$

Dove:

$$C = h/l$$

$$Cv = V_{s_{sub}}/V_{s_{cop}}$$

Nel caso in cui la formula sia verificata bisogna in ogni caso portare l'analisi al terzo livello di approfondimento.

Dall'esame della tabella si evidenzia innanzitutto che tutte le sezioni analizzate si possono riferire alla tipologia di Valle larga e che la formula precedente non è mai soddisfatta.

Dalle valutazioni morfologiche e litostratigrafiche effettuate si può quindi affermare che, sulla base delle indagini attualmente disponibili, i fenomeni di amplificazione causati dagli effetti morfologici di fondovalle sono poco probabili.

## 5.5. Instabilità di versante

### 5.5.1. Frane attive e/o quiescenti

Sono state riportate in cartografia le frane attive e/o quiescenti definite e classificate nell'ambito del PAT con alcuni aggiornamenti per fenomeni gravitativi che sono stati riscontrati durante i sopralluoghi e di cui si è avuto notizia da parte dell'ufficio tecnico comunale.

Queste aree non possono essere soggette a previsioni urbanistiche che ne incrementino il "carico".

Nei casi in cui la fascia individuata interessi aree urbanizzate in sede di modifiche, adeguamenti o ristrutturazione degli edifici esistenti si dovrà procedere con l'analisi di III° livello.

## 5.5.2. Aree potenzialmente in frana

### 5.5.2.1. Frane in pendii nell'ambito delle terre

La valutazione e la classificazione delle aree potenzialmente in frana, nell'ambito della MS di II° livello, avviene tramite la stima di un parametro definito come "Massimi spostamenti attesi" in caso di sisma, che può fornire una classificazione sulla pericolosità delle varie aree interessate.

Tale valutazione possiede un mero valore relativo permettendo il confronto tra aree diverse ma può essere considerato solo come indagine territoriale e non come valutazione di sito come peraltro specificato anche nell'allegato A) alla DGR 1572/2013 che si riporta: "Si precisa che i risultati ottenuti con tali metodi hanno solo valore comparativo e non possono essere esportati a scala del manufatto".

Per il caso in esame, tra i vari indicati nell'allegato citato, si è utilizzato il metodo illustrato da Romeo R.W. (*Seismically induced landslide displacement: a predictive model. Engineering geology, 58, 337-351 – [2000]*) che è sembrato il più adatto all'ambito territoriale di San Pietro di Felleto, sia come estensione sia per tipologia di dati disponibili.

Tra le varie espressioni previste dallo studio di Romeo per determinare lo spostamento in caso di sisma è stata scelta quella che prende in considerazione la distanza dall'epicentro del sisma (indicata peraltro anche nella pubblicazione *Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica*) e che in forma matematica risulta così esplicitata:

$$\log_{10}D(cm) = -1,281 + 0,648M - 0,934\log_{10}\sqrt{RE^2 + 3,5^2} - 3,699K + 0,225S \pm 0,418$$

Dove:

M = Magnitudo attesa

RE = Distanza in chilometri dall'epicentro

K = Coefficiente che dipende dall'accelerazione di picco, dall'angolo della superficie di frana e dal fattore di sicurezza

S = Coefficiente che varia tra 0 e 1 in base alle Vs dei terreni (1=terreno soffice, 0 = terreno duro)

Il coefficiente K si ricava dalla seguente espressione (indicata anche nella pubblicazione *Indirizzi e criteri per la MS II - Linee guida, a pagina 99*)

$$K = kc \frac{g}{a_{max}}$$

Dove:

kc = Coefficiente sismico critico (kc = a<sub>c</sub>/g)

g = Accelerazione di gravità

a<sub>max</sub> = Accelerazione di picco in caso di sisma

Infine l'accelerazione critica  $a_c$  si ricava dalla seguente formula:

$$a_c = (FS - 1)g \operatorname{sen} \alpha$$

Dove:

FS = Fattore di sicurezza

g = Accelerazione di gravità

$\alpha$  = Angolo di inclinazione della superficie di scorrimento

Definita così la procedura di calcolo, nei paragrafi seguenti vengono descritte le modalità con cui sono stati determinati i valori inseriti nelle formule illustrate precedentemente.

#### Coefficiente - S

Il coefficiente varia in base alla Vs, per la valutazione è stata utilizzata la carta litologica del PAT assegnando alle diverse litologie un valore che considerasse le condizioni e le caratteristiche dei terreni interessati.

Il coefficiente varia da 0 a 1 in base alle Vs del terreno (1=terreno soffice; 0=terreno rigido).

Nel caso di San Pietro sono stati utilizzati i seguenti coefficienti basati sulla litologia.

Tabella 9

Litologia	Cod. PAT	Coefficiente S	Note
Materiali alluvionali a granulometria ghiaioso-sabbiosa prevalente	L-ALL-01	0.4	Si trovano lungo la valle del T. Cervano
Materiali alluvionali a granulometria limo-argillosa prevalente	L-ALL-05	0.8	Fondovalle Crevada e Cervano
Copertura detritica colluviale a granulometria limoso-argillosa prevalente	L-DET-03	0.8	Versanti meno acclivi delle scarpate laterali altipiano
Come sopra ma con spessore > 3m	L-DET-04	0.8	Altipiano felettano
Accumuli di frana di colata o scorrimento a prev. matrice argillosa	L-FRA-01	0.9	Alcune frane attive lungo i versanti
Come sopra ma con corpo di frana stabilizzato	L-FRA-03	0.9	Alcuni accumuli anche di grandi dimensioni alla base dei versanti
Accumuli di frana di crollo stabilizzati	L-FRA-09	0.3 – 0.9	Grosse e piccole frane lungo i versanti. A quelle di crollo è stato assegnato il valore 0.3 a quelli in materiale fine 0.9
Rocce alterate in superficie e con substrato compatto	L-SUB-04	0.2	Conglomerato cementato

Litologia	Cod. PAT	Coefficiente S	Note
Rocce tenere prevalenti con interstrati resistenti subordinati	L-SUB-06	0.6	Le marne ed argille
Zone soggette a fenomeni di creep		0.8	
Frane non di crollo		0.9	

#### Distanza dall'epicentro del terremoto - RE

Per l'assegnazione di tale parametro è stata utilizzata la faglia sismogenetica più vicina al territorio comunale di San Pietro di Feletto ed identificata come ITIS101 del MONTELLO che passa al limite meridionale del comune. Il territorio è stato poi suddiviso in base alle fasce chilometriche di distanza dalla faglia. I valori variano da un minimo di 2 ad un massimo di 9.

#### Magnitudo attesa - M

È stata utilizzata la magnitudo attesa per la faglia sismogenetica del Montello e pari a 6,69.

#### Calcolo dell'angolo della superficie di scorrimento - $\alpha$

La formula utilizzata per il calcolo degli spostamenti potenziali è stata verificata dall'autore per le superfici piane di scorrimento della frana, con una modesta approssimazione si è ritenuto possibile equiparare questa inclinazione con l'inclinazione del pendio, dato più facilmente generabile in uno studio a livello territoriale.

Ipotizzando quindi una superficie di scorrimento piana e corrispondente all'inclinazione del pendio, quest'ultima è stata calcolata tramite sistemi GIS suddividendo in classi di angoli diversi l'inclinazione del pendio con assegnazione di un codice di riferimento:

Tabella 10: Tabella classi pendio

Classi pendenza	Intervallo angoli pendio
1	0°-5°
2	5°-10°
3	10°-15°
4	15°-20°
5	20°-25°
6	25°-30°
7	30°-35
8	>35°

#### 4 – Valutazione del coefficiente di sicurezza statico FS

In considerazione dell'ampiezza del territorio indagato, ed in mancanza di dati specifici che permettessero di valutare il Fs per ogni singola situazione si è stimato il suo valore in riferimento all'angolo del pendio.

Poiché il Fattore di sicurezza diminuisce con l'aumentare della pendenza è stato utilizzato un grafico di confronto tra Fs e spostamento atteso e tramite processi interattivi è stato individuato un valore di Fs per ogni classe di pendenza, in modo tale che la distanza di spostamento apparente variasse in modo lineare al solo variare di Fs e dell'angolo del pendio (mantenendo costanti cioè tutti gli altri parametri). Le classi relative all'angolo del Pendio e del Fattore di sicurezza sono in pratica coincidenti. Il valore di Fs segue la seguente regola in funzione della classe del pendio.

Tabella 11: variazione Fs con le pendenza

Classe pendenza	Fs
1	3,0
2	1,8
3	1,5
4	1,3
5	1,2
6	1,12
7	1,05
8	1,00

Plottando i risultati dell'applicazione del metodo di Romeo, al solo variare del Fs e dell'angolo del pendio, si è ottenuto il seguente grafico in cui sono confrontati i valori risultati dal calcolo dello spostamento apparente D al variare dell'angolo del pendio.

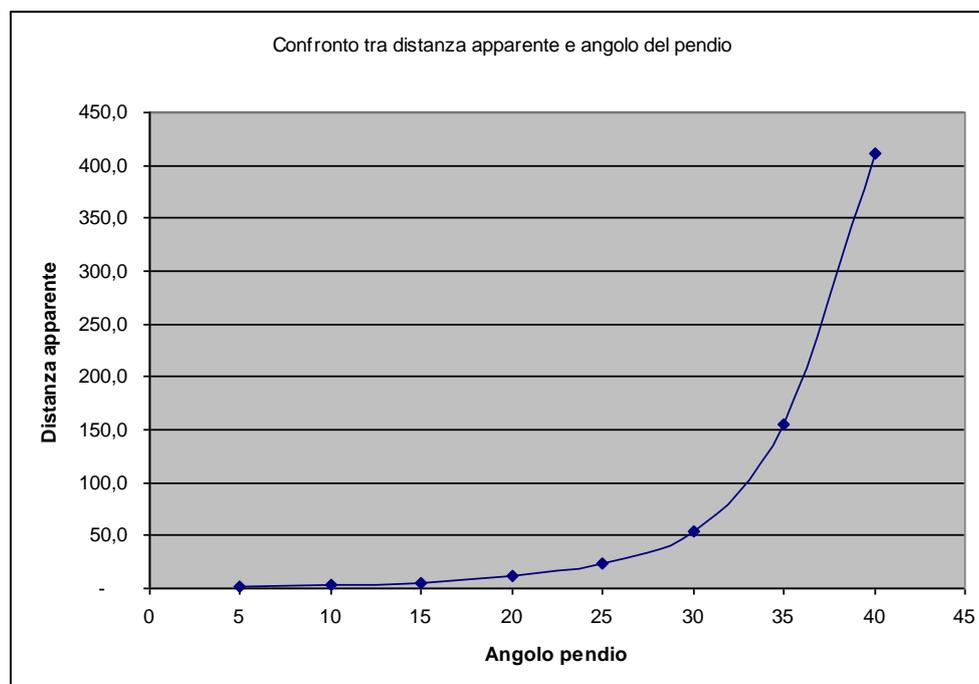


Figura 15: andamento del rapporto tra angolo del pendio (ascisse) e spostamento apparente (ordinate)

I valori così determinati del Fs sono stati poi applicati a tutti i casi reali individuati nell'area indagata per le diverse classi di superficie di scorrimento indicate in precedenza.

Assegnazione valore accelerazione di picco -  $a_{max}$

La valutazione dell' $a_{max}$  è stata portata a 2,45 m/sec<sup>2</sup>

Algoritmo di calcolo dello spostamento apparente - D

Come accennato precedentemente per il calcolo dello spostamento apparente è stata utilizzata la formula semplificata di Romeo e tramite applicazioni GIS si è arrivati alla redazione della carta dello spostamento apparente D suddividendo in 10 classi i valori stimati secondo la seguente suddivisione.

Tabella 12: classi spostamento apparente

Classi spostamento apparente	Valore spostamento apparente [cm]
1	0-1
2	1-2
3	2-4
4	4-6
5	6-8
6	8-10
7	10-20
8	20-50
9	50-100
10	>100

Nella tabella seguente sono riportate le percentuali di frequenza delle diverse classi in cui è stato suddiviso il set completo di valore di D (spostamento apparente).

Tabella 13: frequenza delle classi di spostamento

Classi spostamento D [cm]	Classe	Percentuali frequenza
0 – 1	1	17%
2 – 4	3	17%
10 – 20	7	15%
20 – 50	8	14%
6 – 8	5	10%
50 – 100	9	9%
>100	10	6%
8 – 10	6	5%
1 – 2	2	4%

Classi spostamento D [cm]	Classe	Percentuali frequenza
4 – 6	4	3%
TOTALE		100%

Dall'esame della tabella si desume che le classi più rappresentate sono la n.1 e la n.3 (a minor spostamento e quindi a minore rischio frana) seguite dalle 7 e 8 che, al contrario, possono indicare un significativo rischio di movimenti gravitativi in caso di sisma.

Dall'esame della carta si evidenzia come le fasce più interessate siano rappresentate da versanti che dall'altopiano felettano si affacciano alle valli del Crevada e del Cervano.

Pur rappresentando un valido aiuto alla comprensione del comportamento sismico del territorio comunale si ritiene però che l'analisi qui effettuata possa essere ritenuta maggiormente significativa o per ambiti più ristretti all'interno dei quali sia possibile assegnare i valori dei parametri di ingresso in modo puntuale e specifico, oppure su areali più ampi dove le analisi di tipo statistico-probabilistico appaiono maggiormente valide.

È stato poi predisposto un file shp (Classi\_valori\_D) in cui sono state ricavate delle classi numeriche semplificate. Il campo "d\_numero" di tale file contiene i seguenti valori che corrispondono agli intervalli di spostamento indicati (il valore del campo indica il limite superiore dell'intervallo).

Tabella 14: valorizzazione campo "d\_numero" file shp

Campo "d_numero"	Valore spostamento [cm]
1	0 – 1
2	1 – 2
4	2 – 4
6	4 - 5
8	6 – 8
10	8 – 10
20	10 – 20
50	20 – 50
100	50 – 100
500	100 – 500

La classificazione è stata semplificata in cartografia (relativa soltanto alle aree urbanizzate "consolidate") utilizzando soltanto le 4 classi con gli intervalli più elevati dei valori determinati dal modello: 20, 50, 100, 500.

### 5.5.2.2. Frane in roccia

Per la valutazione della pericolosità delle frane in roccia in caso di sisma è stato utilizzato il metodo, indicato nell'Allegato A) alla DGR 1572/2013, che prevede l'utilizzo di due distinte modalità di calcolo in base all'altezza relativa della base della parete rocciosa ed al ciglio della stessa: metodo del cono d'ombra e metodo dell'angolo equivalente.

I due diversi metodi sono utilizzati in base al rapporto tra le due altezze  $Z_1$  e  $Z_2$  il cui significato è intuibile dalla osservazione della Figura 16.

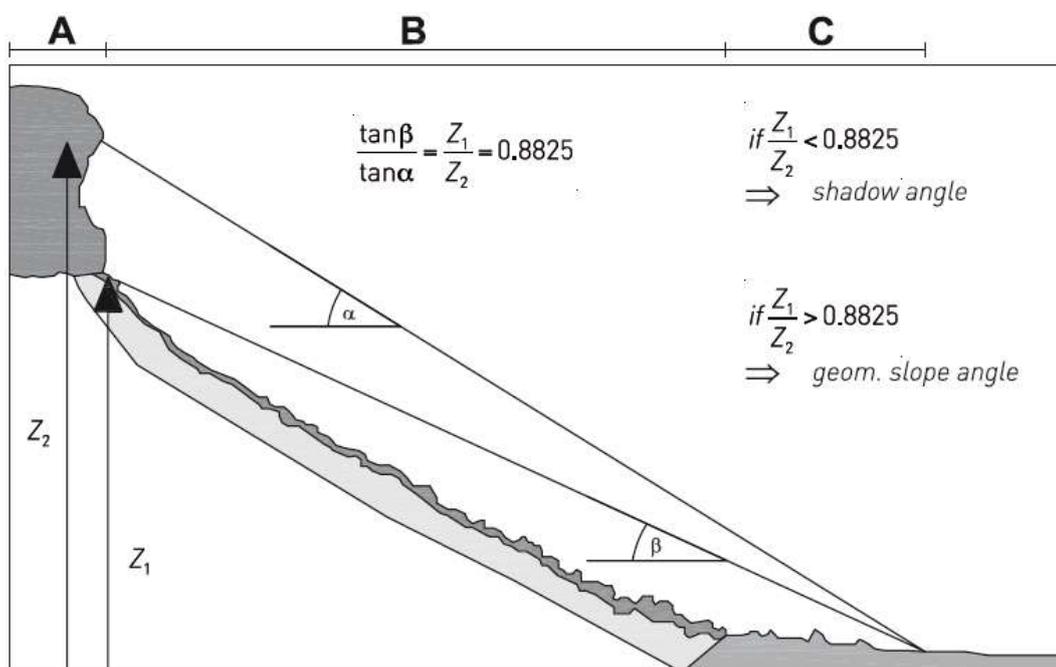


Figura 16: schema della modalità di scelta del metodo di calcolo per scarpate in roccia

- se  $Z_1/Z_2 < 0,8825$  si utilizza l'angolo d'ombra;
- se  $Z_1/Z_2 > 0,8825$  si utilizza l'angolo di attrito equivalente

Per poter completare le valutazioni, è stato quindi effettuato un sopralluogo mirato su tutte le pareti rocciose che potrebbero coinvolgere le aree urbanizzate, volto a definire la morfologia locale e l'altezza delle pareti stesse, non altrimenti determinabili con la sola valutazione derivata dall'osservazione della Carta Tecnica Regionale.

Il sopralluogo e l'analisi sono state estese non soltanto alle aree urbanizzate ma, per maggiore completezza di analisi, anche ad alcune case sparse ritenute maggiormente significative dal punto di vista del rischio.

Complessivamente sono state analizzate 12 pareti rocciose di diversa altezza e posizione, tutte sono impostate sulla formazione del Conglomerato Pontico che cinge l'altopiano con vari affioramenti anche su orizzonti diversificati (Conglomerato inferiore e superiore).

Molte delle pareti evidenziano instabilità legata alla presenza di terreni marnosi al piede i quali, a causa della minor resistenza agli agenti esogeni, vengono erosi provocando il collasso dell'orizzonte conglomeratico soprastante.

Un altro elemento significativo rispetto ad una valutazione specifica della stabilità delle pareti, è dovuta alla natura stessa del conglomerato, che difficilmente evidenzia giunti o soluzioni di continuità dovute a giaciture o strutture geologiche, ma molto più spesso tali discontinuità sono dovute al diverso grado di cementazione la cui variazione è del tutto casuale e caratteristica di ogni singolo affioramento. La stabilità deve quindi essere valutata in sede successiva effettuando singole indagini geomeccaniche per ogni parete e/o porzione di parete.

Nella tabella seguente sono riportate le singole scarpate analizzate ed i principali parametri caratteristici per la valutazione delle distanze di rotolamento dei massi. Si sottolinea in questa sede che tutti i parametri relativi alle quote ed alle distanze sono state ricavate dalla CTR, con le evidenti approssimazioni relative a tale documentazione (si ricorda che la tolleranza delle quote in area boscata è pari a metà dell'altezza degli alberi presenti). Le valutazioni e le stime riportate devono quindi essere considerate come tali e non possono essere considerate come valutazioni geomeccaniche dell'ammasso e analisi sulle traiettorie di caduta dei massi, che necessitano di indagini, sia geologiche che topografiche, più approfondite e precise.

Tabella 15: pareti rocciose e loro principali caratteristiche

N.	Località	Tipo coinvolgimento	Altezza scarpata	Z1 (min)	Z2 (max)	Z1/Z2	Metodo di stima	Quota basale	Distanza	Angolo	Classe FRR
1	San Pietro di Feletto (*)	Aree urbanizzate	-	20	35	0,57	cono d'ombra	235	140	8	- (*)
2	Sud Corbanese	Aree urbanizzate	20-25	15	35	0,43	cono d'ombra	115	90	9	2
3	Sud Corbanese	Aree urbanizzate	35-40	15	55	0,27	cono d'ombra	110	128	7	3
4	Borgo Antiga (*)	Aree urbanizzate	-	10	25	0,40	cono d'ombra	205	70	8	- (*)
5	Via Crucolon	Case sparse	15-20	10	25	0,40	cono d'ombra	160	60	9	2
6	Castella (*)	Aree urbanizzate	-	25	50	0,50	cono d'ombra	100	200	7	- (*)
7	Castella	Aree urbanizzate	-	65	75	0,87	cono d'ombra	100	230	16	4
8	Borgo America	Case sparse	15	30	45	0,67	cono d'ombra	160	135	13	3
9	Borgo Frare	Case sparse	10	5	15	0,33	cono d'ombra	220	40	7	1
10	Via Galinera	Case sparse	20	25	45	0,56	cono d'ombra	165	120	12	1 e 3
11	Crevada	Aree urbanizzate	10	30	40	0,75	cono d'ombra	70	120	14	3
12	Bagnolo	Aree urbanizzate	10	30	40	0,75	cono d'ombra	85	80	21	2

(\*) su queste scarpate il sopralluogo non ha evidenziato pareti rocciose affioranti, ma soltanto variazioni morfologiche del pendio. La scarpata è stata ugualmente censita e valorizzata, ma poiché mancando l'elemento fondamentale rappresentato da una parete libera non sono state riportate in cartografia le relative classi FRR.

Nella Tabella 15 sono riportate la località, la tipologia di urbanizzazione interessata, l'altezza della scarpata (dove geometricamente definibile), i due valori di Z1 e Z2, il valore del rapporto tra Z1 e Z2, Il metodo conseguente di stima, la quota del piano campagna alla base del cono di detrito o della variazione significativa di pendenza, l'angolo in gradi definito nell'ambito del metodo del cono d'ombra ed infine la classe di attribuzione FRR.

Per tutte le pareti analizzate il rapporto  $Z1/Z2$  è sempre inferiore a 0,8825, di conseguenza si è sempre applicato il metodo del cono d'ombra, poiché l'angolo definito tra il punto di massimo avanzamento e l'apice del cono detritico (che corrisponde alla base della parete rocciosa) è risultato sempre inferiore al valore di  $28^\circ$ , considerato in letteratura come probabilisticamente significativo, si è preferito utilizzare come distanza di rotolamento la maggiore tra le due e quindi quella determinabile sul terreno.

Le classi di attribuzione delle classi FRR sono state attribuite secondo la seguente suddivisione geometrica.

Tabella 16: classi FRR delle frane potenziali in terreno

<i>Distanza rotolamento</i>	<i>Codice</i>
Da 0 a 50 metri	FRR1
Da 50 a 100 metri	FRR2
Da 100 a 150 metri	FRR3
Oltre 150 metri	FRR4

In cartografia è stata riportata la distanza di rotolamento dei massi identificando una fascia di occupazione secondo il valore della distanza riportata nella Tabella 15.

## **5.6. Liquefazione**

Il fenomeno della liquefazione dei terreni si può verificare in concomitanza con eventi sismici e condizioni litostratigrafiche specifiche e consiste nel quasi totale annullamento della resistenza a taglio del terreno con comportamento assimilabile ad un fluido.

In caso di sisma vengono prodotti nel terreno una serie di cicli tali da far eguagliare la pressione interstiziale alla pressione di confinamento e annullando in pratica la resistenza al taglio. Poiché la pressione di confinamento si incrementa con la profondità, l'effetto di liquefazione, per la tipologia di terremoti caratteristici dell'area in esame, si ritiene non possa manifestarsi ad una profondità maggiore di quindici metri da piano campagna.

La verifica al fenomeno della liquefazione dei terreni saturi in caso di sisma può essere esclusa quando si verificano almeno una delle seguenti circostanze (estratto da Allegato A) Dgrv 1572/13).

- Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$  ;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa ;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura (Figura 17) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e  $U_c > 3,5$ .

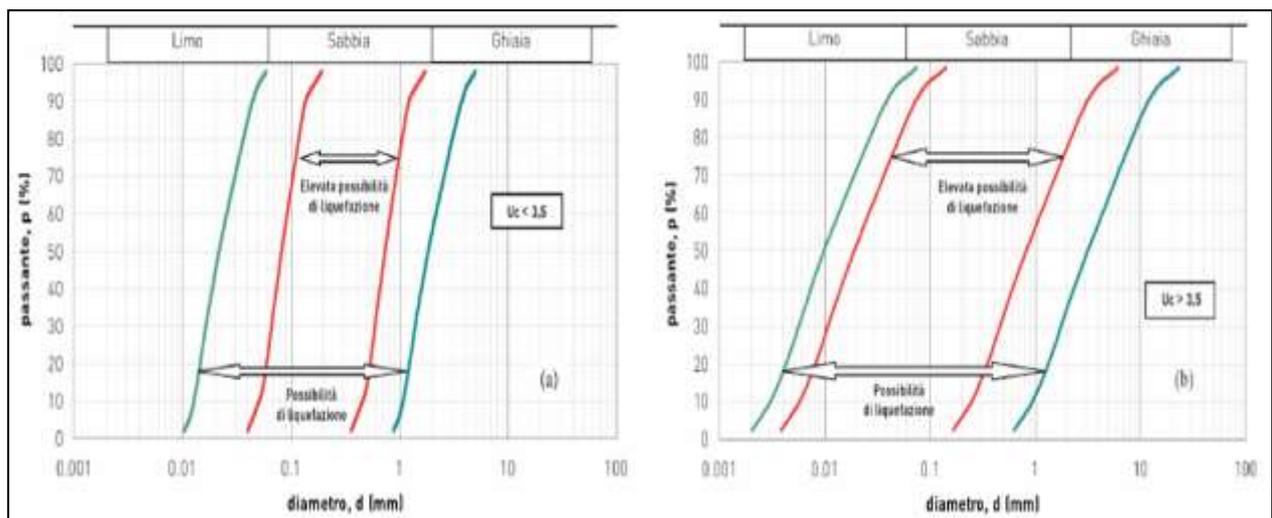


Figura 17: Fusi granulometrici dei terreni suscettibili a liquefazione.

Poiché alcune delle condizioni espresse non potevano essere escluse con certezza nelle zone situate in corrispondenza dei fondovalle dei Torrenti Crevada e Cervano, si è preferito utilizzare alcuni dei dati disponibili, e particolarmente quelli di nuova acquisizione, per effettuare delle verifiche alla liquefazione utilizzando un SW specifico di modellizzazione e calcolo (AZTEC Lan 10.0), che permettesse di inserire sia i dati geognostici sia quelli sismici raccolti e di valutare il coefficiente di sicurezza e il potenziale di liquefazione.

Va specificato che i dati geotecnici analizzati derivano principalmente dall'esecuzione di prove penetrometriche statiche e dinamiche, mentre sono pressoché assenti i sondaggi geognostici di adeguata profondità. Come è noto, le prove penetrometriche, pur fornendo utili parametri per l'esecuzione di verifiche con metodi semplificati, hanno il "difetto" di arrestarsi in corrispondenza di livelli ghiaiosi, con l'evidente impossibilità di investigare a profondità maggiori. Tale situazione si verifica abbastanza frequentemente nelle aree in esame.

Nelle zone di fondovalle, le condizioni litostratigrafiche locali, la posizione della superficie freatica e la possibile presenza di specifici termini granulometrici, rende la colonna di sedimenti potenzialmente liquefacibile anche se, in mancanza di dati geotecnici più precisi, risulta difficoltosa la valutazione soprattutto in riferimento al grado di addensamento dei depositi. Si segnala inoltre che, per un tempo di ritorno di 475 anni (corrispondente alla accelerazione

massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi con  $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) sono attesi sismi con  $A_g$  pari a 0,241 g.

### **5.7. Zone con cavità sotterranee**

L'altopiano felettano è costituito da una serie di orizzonti (almeno due di maggiore importanza) formati da conglomerato a cemento calcareo, che ha dato origine ad estesi fenomeni carsici rappresentati in superficie principalmente da doline ed uvale e, nel sottterraneo, da alcune cavità che trovano sbocco sui versanti laterali in corrispondenza delle pareti impostate nei conglomerati stessi.

La verifica della presenza di cavità carsiche in sottterraneo è una valutazione geologica e geofisica di complessa risoluzione, che richiede indagini geognostiche e geoelettriche specifiche e costose (sondaggi e tomografia elettrica), le quali, a nostro parere, devono essere finalizzate ad aree specifiche e puntuali da affrontare in sede locale soprattutto nel caso di ambiti già urbanizzati.

Per questa tematica si demanda quindi il III° livello della MS ad una fase progettuale successiva, che preveda obbligatoriamente delle indagini mirate, innanzitutto, alla verifica dell'esistenza di cavità carsiche poste al di sotto dell'area di intervento. Potrà essere così definita la compatibilità del singolo intervento con le condizioni litostratigrafiche locali, vincolando le singole possibilità edificatorie alle condizioni sito-specifiche.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Burrato, Poli, Vannoli 2008 Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence.

Castellaro S., Mulargia F., Bianconi L. (2005): Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata veloce ed economica. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n. 3, pp. 76-102.

Cavaliere A. et alii.(2011): Progetto OMBRA: Observing Montello BRoad Activity una rete temporanea per lo studio dei processi di deformazione attraverso la faglia del Montello (Alpi Orientali)

CPTI Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani INGV, Roma

DISS 3.1.0, Database of Individual Seismogenetic Sources, INGV, Roma: <http://diss.rm.ingv.it/diss>

Galadini F., Meletti C. and Vittori E.; 2001: Major active faults in Italy: available surficial data. *Geol. en Mijn.* (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273-296.

Galadini F., Poli M. E. and Zanferrari A.; 2005: Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.

E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Valensise. CFTI Catalogo dei Forti terremoti in Italia 461 B.C. – 1997

Ibs Von Seht M., Wohlenberg J. (1999): Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. *Bull. Seism. Soc. Am.* 89, pp. 250-259.

Iliceto V., Peruzza L., Rovelli A., Slejko D. (2002): La difesa dai terremoti mediante zonazione sismica: sinergie fra Protezione Civile e Piani Regolatori. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n. 3, pp. 15-36.

Iliceto V., Boaga J. (2005): Deterministic earthquake scenarios and site effects estimation for S. Michele al Tagliamento (VE)-Italy. Proc. of the 5th Forum Nazionale di Scienze della Terra, Geoitalia 2005, 20-23 sept. 2005, Spoleto.

Iliceto V., Boaga J. (2005): Influenza delle geostrutture nella valutazione degli effetti sismici di sito: il caso della Val d'Adige. *Atti del Workshop di Geofisica: "La Geofisica a servizio dell'ambiente e dei beni culturali, con attenzione alle problematiche in ambito montano"*, Rovereto (TN), 9-12-2005.

ITACA Banca Dati Accelerometrica Italiana, INGV, Milano: <http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet>

Kohler A., Ohrnberger M., Scherbaum F., Stange S., Kind F. (2004): Ambient vibration measurements in the southern Rhine Graben close to Basel. *Annals of Geoph.* 47, n. 6, pp. 1771-1781.

Konno K., Omachi T. (1998): Ground motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremors. *Bull. Seism. Soc. Am.* 88, pp. 228-241.

Lachet C, Bard P.-Y. (1994): Numerical and Theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's Technique. *J. Phys. Earth* 42, pp. 377-397.

C. Meletti, G. Valensise: Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Marzo 2004

D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise: Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani. GNDT. ING, SSN – 1996

Nakamura Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. *Quaterly Rept. RTRI, Japan* 33, pp. 25-33.

Nogoshi M., Igarashi T. (1970): On the propagation characteristics of the microtremors. *J. Seism. Soc. Japan* 24, pp. 24-40.

NT4.1 Catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, INGV, Milano

Peruzza L., Poli M.E., Rebez A., Renner G., Rogledi S., Slejko D. and Zanferrari A.; 2002: The 1976-1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects. *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 391-400.

Poli M.E., P. Burrato, F. Galadini e A. Zanferrari, 2008 Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy , INGV Roma

Randall W. Jibson (1993): Predicting Earthquake-Induced Landslide Displacements Using Newmark's Sliding Block Analysis. Transportation Research Board 1411 – National Research Council, p.p.9-17 .

Romeo R.W. (2000): Seismically induced landslide displacements: a predictive model. Engineering geology 58 (200), p.p. 337-351.

Romeo R.W., P Tiberi (2013): Scenari di pericolosità e rischio da frana con particolare riguardo all'innesco da terremoti. Regione Marche, Dip. Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"- Dip. DiSTeVA.

SESAME Project AA.VV. [http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/SES\\_Reports.htm](http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/SES_Reports.htm)

D. Slejko, G.B. Carulli, F. Carraro, D. Castaldini, A. Cavallin, C. Doglioni, V. Iliceto, R. Nicolich, A. Rebez, E. Semenza, A. Zanferrari e C. Zanolla : Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale. C. N. R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. Trieste 1987

Sugan M. e Peruzza L.; 2011: Distretti sismici del Veneto. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 52 (supplemento)

Zanferrari A., Bollettinari G., Carobene L., Carton A., Carulli G.B., Castaldini D., Cavallin A., Panizza M., Pellegrini G.B., Pianett F. and Sauro U.; 1982: Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale. Mem. di Sc. Geol., 35, 355376.