



REGIONE DEL VENETO

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

## STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

### LIVELLO 2 e 3

### Relazione illustrativa SISMICA

### COMUNE di SUSEGANA (TV)



Regione Veneto	Soggetto realizzatore  	Data Aggiornamento Ottobre 2022
----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE E GENERALITA'</b>	<b>3</b>
1.1	Riferimenti normativi generali .....	4
1.2	Ambiti e metodologia di studio .....	6
<b>2</b>	<b>DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>7</b>
2.1	I sistemi di faglie attive .....	7
	<b>2.1.1 Cenni storici</b> .....	7
	<b>2.1.2 Studio delle faglie</b> .....	11
2.2	Contesto geologico strutturale regionale.....	12
2.3	Contesto geologico strutturale locale .....	15
	<b>2.3.1 La classificazione sismica del territorio comunale</b> .....	16
2.4	Definizione della pericolosità di base.....	16
2.5	Pericolosità sismica locale .....	20
2.6	Sismicità storica dell'area .....	21
2.7	Sismicità strumentale dell'area.....	24
<b>3</b>	<b>ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA</b>	<b>29</b>
3.1	Inquadramento geomorfologico .....	29
3.2	Inquadramento geologico .....	30
<b>4</b>	<b>DATI GEOTECNICI E GEOFISICI</b>	<b>32</b>
4.1	Nuove indagini effettuate - Metodologia di studio.....	33
	<b>4.1.1 Indagini sismiche attive e passive</b> .....	33
	<b>4.1.2 Indagini penetrometriche CPT</b> .....	37
	<b>4.1.3 Indagini Tomografiche Elettriche ERT</b> .....	37
4.2	Le misure MASW, ReMi e Rifrazione: interpretazioni ed incertezze.....	37
4.3	Le misure HVSR: interpretazioni ed incertezze .....	38
<b>6.</b>	<b>MICROZONAZIONE SISMICA DI 2°/3° LIVELLO</b>	<b>40</b>
6.1	Metodologia di studio livello 2.....	41
6.2	Elaborati cartografici.....	44
	<b>6.2.1 Carta delle Indagini</b> .....	45
	<b>6.2.2 Carta delle Frequenze naturali dei depositi</b> .....	45
	<b>6.2.3 Carta di Microzonazione Sismica</b> .....	48
<b>7</b>	<b>CONsiderazioni conclusive</b>	<b>70</b>
7.2	Urbanizzazione ed approfondimento dello studio sismico.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUZIONE E GENERALITA'

Alla luce delle recenti DGRV 899 del 28/06/2019 e DGRV 1381 del 2021 l'ufficio del settore Area IV Urbanistica del comune di Susegana (Treviso), nella persona del funzionario responsabile geom. Eddy Dall'Anese, mi ha affidato l'incarico di redigere lo studio di Microzonazione Sismica di 2° e 3° livello, a completamento dello studio effettuato nel 2018 (quindi precedentemente alle suddette DGRV).

La determinazione n. 513 del 08/07/2022 di affidamento dell'incarico riporta come riferimento il C.I.G. **Z1736A80B5**.

Va specificato che il comune di Susegana è classificato in zona 2, a seguito della OPCM3274/2003, entrata in vigore il 8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con pericolosità sismica di base medio-alta. Tale attribuzione è stata confermata dalla DGRV n. 244 del 9 marzo 2021 ("Aggiornamento delle zone sismiche del Veneto"). L'allegato 7 della OCDPC 780 del 20 maggio 2021 prevede per Susegana un valore di  $a_g$  pari a 0,239148.

A proposito del livello di studio la metodologia, disciplinata a livello nazionale, prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

1° LIVELLO: consente di delineare gli scenari della pericolosità sismica ed identifica, nella carta MOPS, le parti del territorio comunale suscettibili di effetti locali: amplificazione del moto sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, liquefazione, rottura del terreno.

2° LIVELLO: ha come obiettivo la redazione della MS e si applica in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del "centro abitato" così come previsti dalla normativa vigente.

3° LIVELLO: restituisce una Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Seguendo queste indicazioni:

- Il comune è già dotato di Microzonazione Sismica di livello 1, redatto dal sottoscritto; con parere favorevole della Direzione Regionale Difesa del Suolo (prot. 396817 del 16/09/2019). Già in tale autorizzazione veniva però richiesto di estendere la Microzonazione Sismica di livello superiore all'intero territorio comunale.
- Come accennato sopra il comune possiede anche uno studio di MS di 2 e 3° livello, che ha ottenuto il parere favorevole della Direzione Regionale Difesa del Suolo (prot. 212310 del 05/06/2018). Tale studio era stato però effettuato nei soli settori del territorio comunale interessati da centri

abitati, escludendo l'ambito golenale del f. Piave e buona parte dell'area collinare perché di interesse urbanistico marginale.

Sulla base dei suddetti pareri e delle chiarificazioni operate dalle recenti DGRV 899 del 28/06/2019 e DGRV 1381 del 2021, si è reso quindi necessario estendere lo studio di MS di livello superiore al 1° (ove necessario fino al 3°), a tutto il territorio comunale con particolare riguardo ai seguenti scenari di pericolosità sismica locale (PLS):

- Fenomeni di liquefazione e cedimento per cavità carsiche
- Attività e capacità della Faglia del Montello

### **1.1 Riferimenti normativi generali**

Il lavoro è stato svolto in accordo con D.G.R. 1572 del 03 settembre 2013 avendo come base di partenza gli elaborati della relazione geologica di compatibilità sismica del PAT e relative cartografie a cura del sottoscritto dott. geol. Dario Barazzuol.

Le altre indicazioni legislative sono le seguenti:

- L. 02.02.1974, n. 64, "*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*";
- D. M. 14.05.1982, "*Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto*";
- D.M. 11.03.1988, "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*";
- Circ. LL. PP. 24 settembre 1988, n° 30483 "*Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative*";
- Circ. Reg. Veneto 05.04.2000, n. 9, "*Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974, n. 64 e dal D.M. 11.03.1988*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 "*Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»*";
- D.M. 14.09.2005, "*Norme tecniche per le costruzioni*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 "*Criteri generali per*

*l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;*

- Legge n. 77 del 24 Giugno 2009, “*Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico*”.
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, “*Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*”.
- D.M. 14.01.2008, “*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*”.
- D.G.R. del Veneto n. 71 del 22 gennaio 2008, “*Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”. Direttive per l’applicazione.*
- D.G.R. del Veneto n. 3308 del 04 novembre 2008 “*Applicazione delle nuove norme tecniche sulle costruzioni in zona sismica. Indicazioni per la redazione e verifica della pianificazione urbanistica. (L.R. 11 del 23 aprile 2004 “Norme per il governo del territorio”).*
- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP..
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13 novembre 2010.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007 del 29/02/2012.
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 1496 del 20 settembre 2011, “*Fondo statale per interventi di prevenzione del rischio sismico di cui all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 in data 13 novembre 2010*”.
- D.G.R. del Veneto n. 1572 del 03 settembre 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).*”
- D.G.R. del Veneto n. 1664 del 21 ottobre 2016 “*Attuazione dell’articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24.06.09, n.77. O.C.D.P.C. 293 del 26 ottobre 2015 (G.U. n. 257 del 4 novembre 2015). O.C.D.P.C. 344 del 09 maggio 2016. (L. 77/09, art. 11)*”
- D.M.I.T. 17.01.2018, Aggiornamento delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” e Circolare 21/01/2019 n. 7, C.S.LL.PP..
- D.G.R. del Veneto n. 899 del 28 giugno 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.*”
- D.G.R. del Veneto n. 244 del 09 marzo 2021 “*Aggiornamento dell’elenco delle zone sismiche del Veneto. D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, articolo 83, comma 3; D. Lgs 31 marzo 1998, n. 112,*

articoli 93 e 94. D.G.R./CR n. 1 del 19/01/2021”

- D.G.R. del Veneto n. 1381 del 12 ottobre 2021 “Linee guida regionali per gli Studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Modifiche alla D.G.R. 1572/2013 e chiarimenti sulle modalità applicative.”

## 1.2 Ambiti e metodologia di studio

Come detto allo stato attuale (compreso la presente integrazione), l’ambito di studio è stato esteso a tutto il territorio comunale. In particolare sono stati esaminati col 2° e dove necessario col 3° livello di approfondimento, tutti gli ambiti segnalati nello “Scenario di Pericolosità Sismica Locale (da ora in avanti PSL), come individuati nel 1° livello di MS:

SIGLA	Scenario di pericolosità	Presenza nel territorio
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	NO
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	NO
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	SI
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NON significativa
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	SI
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	NON significativa
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	SI
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	SI
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	SI
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
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	NO
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri löessiche)	NO
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	NO
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	NO
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	NO

Tab. 1: scenari di scenari di pericolosità sismica locale individuati nel territorio di Susegana nella MS di 1° livello

Inoltre una particolare attenzione è stata riservata alla faglia del Montello segnalata nel catalogo delle Faglie Attive e Capaci ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults).

Per quanto riguarda le metodologie di studio “a tavolino” oltre agli studi di MS fin qui realizzati si è attinto a:

1. Consultazione del Quadro conoscitivo del PAT, in particolare lo Studio Geologico del territorio comunale effettuato dal sottoscritto dott. geol. Dario Barazzuol.

2. Consultazione di tutti i fascicoli di indagini geognostiche, geofisiche, geotecniche, edite e non, afferenti sia interventi pubblici, sia opere e progetti privati archiviati in Comune.
3. Acquisizione di documenti cartografici ufficiali quali la cartografia CTR in formato digitale.
4. Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l'area si è fatto riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), frutto di un progetto portato avanti da un Gruppo di Lavoro formato da ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) del CNR, della società SGA Storia Geofisica Ambiente (SGA) e del Servizio Sismico Nazionale (SSN). Il catalogo viene aggiornato periodicamente sulla scorta delle nuove conoscenze. Dalla prima formulazione del 1999 (CPTI99), ne è seguita una seconda nel 2004 (CPTI04) ed una terza nel 2008 (CPTI08) che aggiornava quella precedente per gli anni dal 1901 al 2006, anche questa disponibile online. L'ultimo aggiornamento del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), è disponibile all'indirizzo: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>
5. Per quanto riguarda le faglie capaci che interessano il territorio comunale si è invece fatto riferimento al catalogo ITHACA "ITaly HAZard from CApable faults", disponibile on-line all'indirizzo <http://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>

Per quanto riguarda le metodologie di studio "sul campo", si sono utilizzate, per quanto possibile, le metodologie suggerite dalla DGR n. 1572 del 03/089/2013, ovvero:

- Indagini sismiche attive con tecnica MASW/HS per la definizione delle Vs30 (velocità equivalente delle onde seconde nei primi 30 m dal p.c.) dei terreni indagati
- Ciascuna indagine attiva è stata accompagnata da una indagine sismica passiva (misure di micro tremori basate su tecnica di sismica passiva a stazione singola), per la definizione, ove possibile, delle frequenze fondamentali dei terreni presenti con tecnica H/V
- Indagini penetrometriche puntuali, in particolare nello scenario di PLS P2b
- Indagini Tomografiche Elettriche ERT, in particolare a cavallo della faglia del Montello

Sono inoltre state utilizzate tutte le indagini pregresse a disposizione quali pozzi per acqua e penetrometrie varie.

## **2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO**

### **2.1 I sistemi di faglie attive**

#### *2.1.1 Cenni storici*

Negli anni '60 e '70 furono raccolti un gran numero di dati sull'attività Plio-Quaternaria delle faglie dell'Italia del NE, poi sintetizzati nella "Mappa Neotettonica dell'Italia" (CNR-PFG 1987). In questa vennero mappati i maggiori sistemi di *thrust* sud-vergenti che bordavano le pianure Veneta e Friulana

ed influenzavano il dominio pre-Alpino, come strutture continue attive durante il Pliocene ed il Quaternario (faglie capaci).

L'attività dei sovrascorrimenti che delimitano le pianure Veneta e Friulana viene rimarcata anche nella "Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como" (Castaldini & Panizza, 1991), che riporta 112 faglie attive nell'area compresa tra il lago di Garda e la regione Friulana. Gli autori hanno mappato 4 principali strutture compressive dirette ENE-WSW: le linee Bassano-Valdobbiadene, Aviano, Sacile e Valsugana Sud, insieme con un gran numero di faglie minori.

Un sommario a scala regionale delle faglie attive che interessano la catena orientale delle Alpi Meridionali è stato proposto da Galadini *et al.* (2001b). Il lavoro, che rileggeva criticamente la letteratura disponibile, riportava nuovi dati di campagna del settore W dell'area indagata. La mappa elaborata includeva le faglie principali (come tracce superficiali) la cui lunghezza era consistente con terremoti di magnitudo  $M \geq 6,2$ . Le faglie mappate sono caratterizzate dall'evidenza di attività o dall'indicazione di probabile attività durante il tardo Pleistocene-Olocene (dopo l'ultima Massima Espansione Glaciale, LGM). Il risultato di questa operazione fu un inventario di 8 faglie (si tratta di strutture continue maggiori) che interessavano l'area tra Thiene ed il bordo orientale Friulano. Una successiva rivisitazione critica del lavoro ridusse ulteriormente il numero di faglie attive.

Altri lavori più recenti basati sui dati geologici disponibili avevano evidenziato come la recente attività tettonica fosse il risultato di sovrascorrimenti "ciechi" responsabili di movimenti verticali differenziali e continua deformazione dei depositi e della morfologia del tardo Quaternario, ubicati sopra la linea di estremità delle faglie sepolte (Benedetti *et al.* 2000; Merlini *et al.* 2002; Peruzza *et al.* 2002). Questo stile deformativo (vedi figura 2) impedisce di comprendere il comportamento delle faglie attraverso il solo uso esteso delle ricerche paleosismologiche. Il quadro si complica ulteriormente qualora le faglie attive della tettonica Neo-Alpina riattivino faglie di sovrascorrimenti più antichi, in particolare quelli Dinarici (diretti NW-SE).

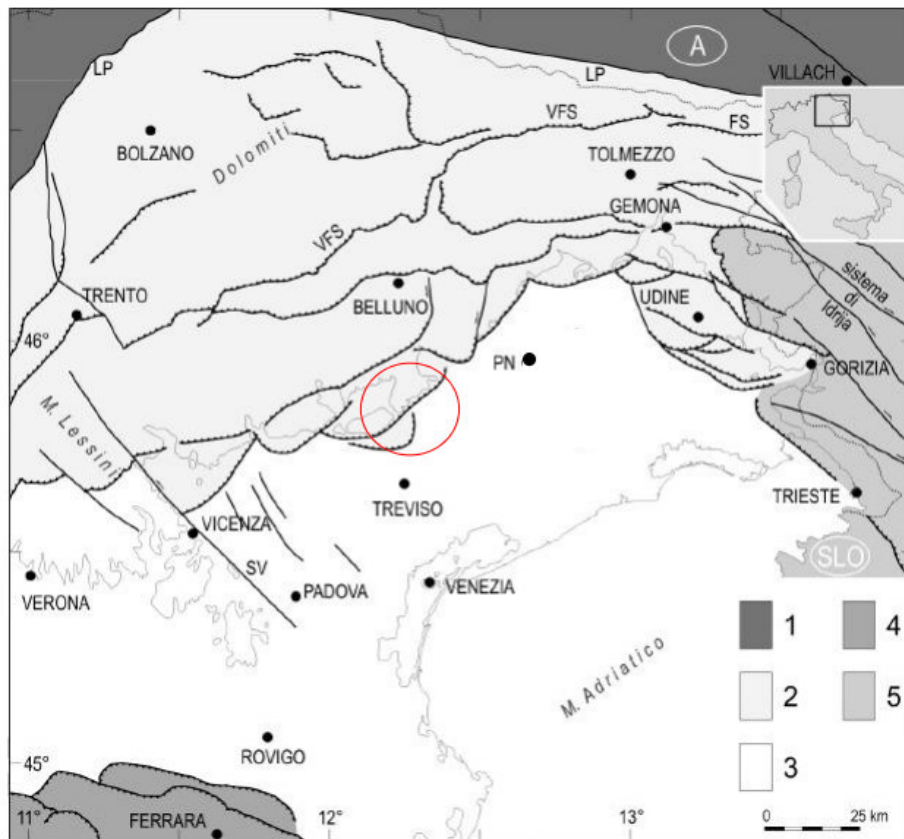


Fig. 1: L'area in esame nel quadro del sistema Alpi-Appennino. Legenda: 1- Austroalpino; 2- catena Sudalpina orientale; 3- avampaese sudalpino orientale, condiviso con la catena Appenninica settentrionale; 4- catena Appenninica settentrionale; 5- regione a prevalente strutturazione dinarica paleogenica. LP: Lineamento Periadriatico; V e FS: sistema della faglia Valsugana-Fella-Sava; SV: faglia Schio-Vicenza

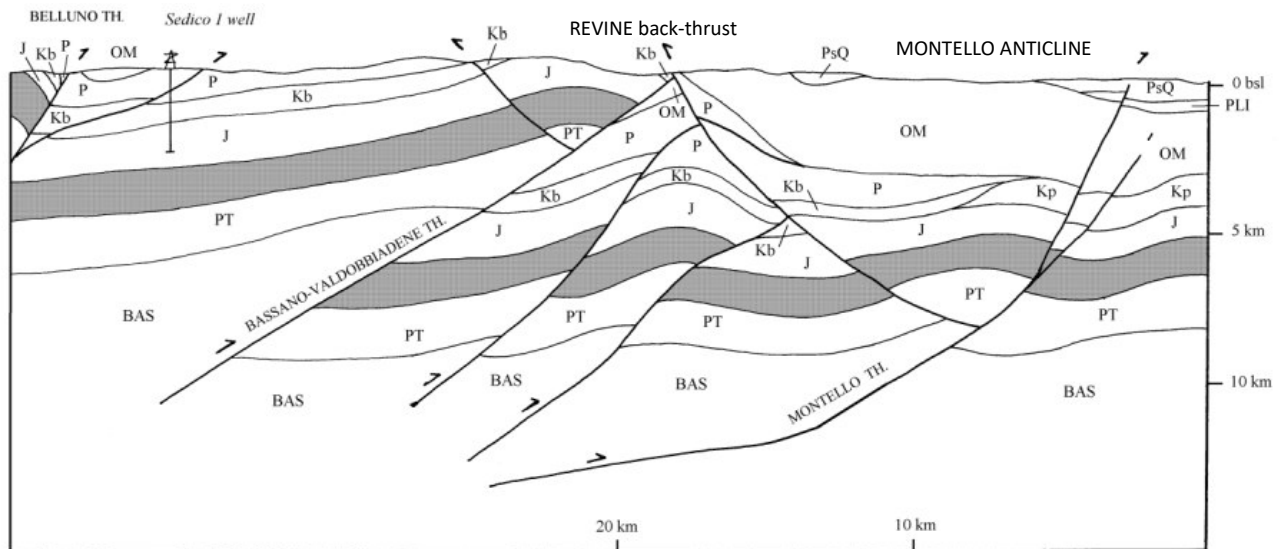
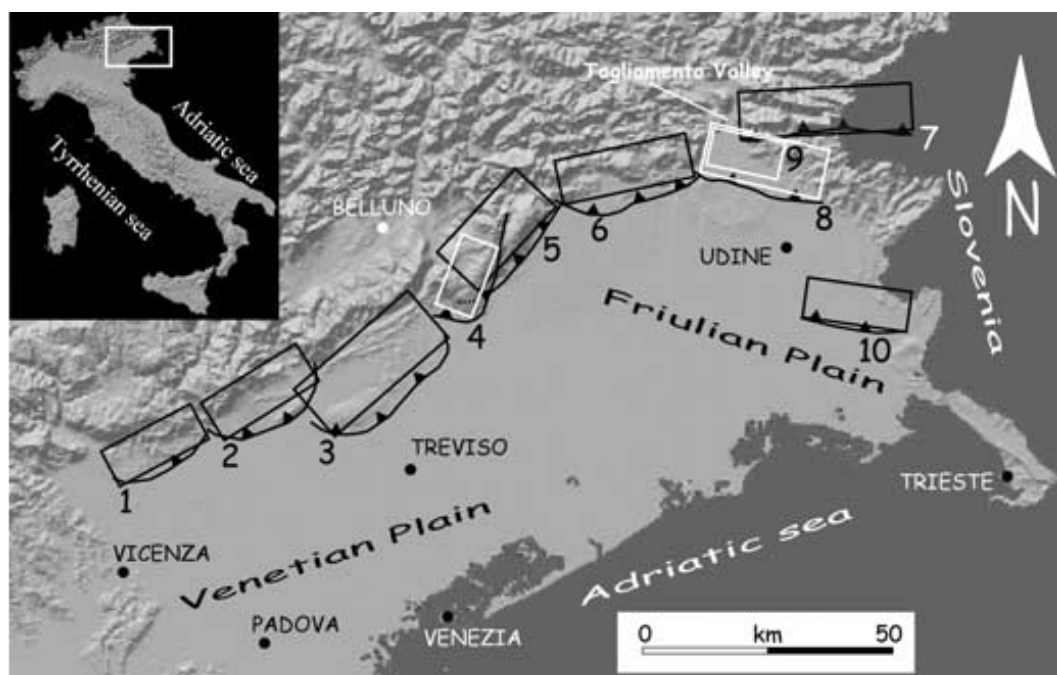


Fig. 2: Sezione geologica attraverso il margine meridionale delle Alpi Meridionali orientali nell'area del Montello (da Fantoni et al., 2001). Legenda: PsQ: Pliocene sup.-Quaternario; PLI: Oligo-Miocene; P: Paleocene; Kb: Cretaceo (bacino); Kp: Cretaceo (piattaforma); J: Giurassico; TS: Trias superiore; PT: Permo-Trias; BAS: Basamento magnetico.

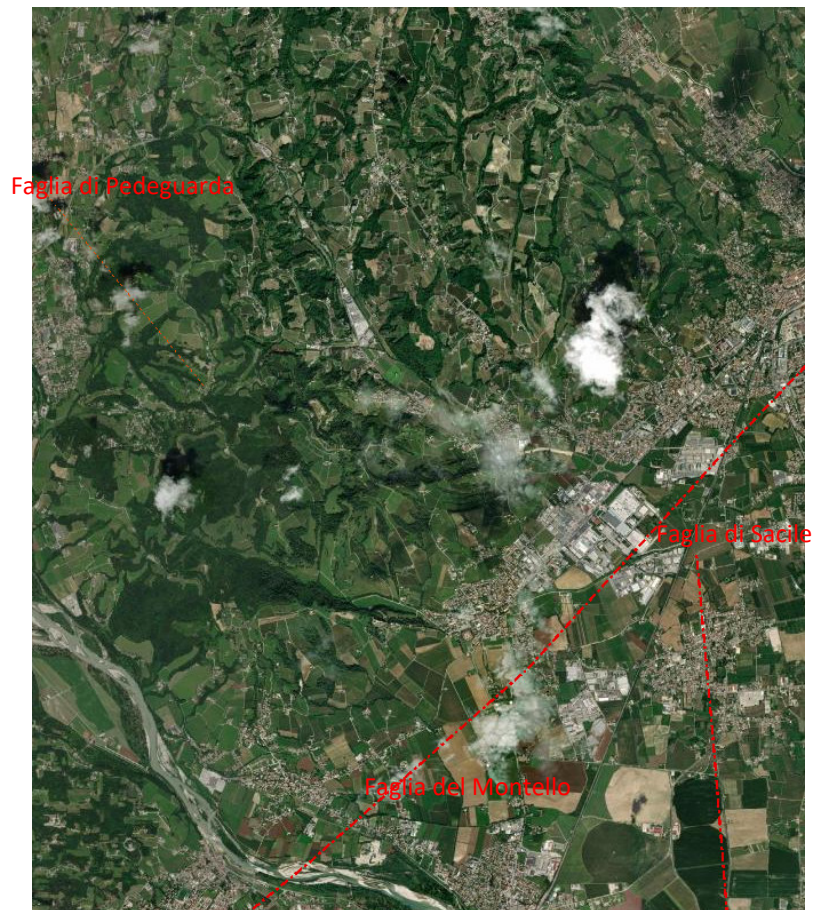
Più recentemente il lavoro presentato da AA.VV. *Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the Southern Alps (Thiene – Udine sector, NE Italy)*” Geophysical Journal International (2005), rappresenta un modello più evoluto rispetto a quelli precedenti basati

sull'andamento superficiale delle sole faglie attive, in quanto l'interpretazione sismotettonica è spinta fino alla scala della individuazione, o dell'ipotesi, di singoli segmenti strutturali potenzialmente in grado di generare terremoti significativi; la schematizzazione delle sorgenti è stata in seguito ripresa da DISS Working Group, 2007, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5,5 in Italy and surrounding areas, in I. N. d. G. e Vulcanologia, ed., <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Il lavoro si basa sull'elaborazione di un gran numero di dati ed ha permesso di segmentare il fronte della deformazione attuale in diverse strutture sismogenetiche individuali che possono essere potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo  $M \geq 6$  (ricordiamo che l'energia rilasciata dipende dalla dimensione della sorgente). Sono state così riconosciute 9 strutture tettoniche potenzialmente sismogenetiche (vedi fig. 3). Sotto questo aspetto l'area in esame si trova inserita nella sorgente denominata Montello-Conegliano, indicata col numero 3 nella succitata figura.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA "ITaly HAZard from CAPable faults" disponibile on-line all'indirizzo [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA - Catalogo delle faglie capaci](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA_-_Catalogo_delle_faglie_capaci) (fig. 4). Nel territorio di Susegana il catalogo segnala la presenza di 2 faglie capaci, la linea del Montello e la faglia di Nervesa che invece non risultano attive per il DISS.



**Fig. 3: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nel settore Thiene-Udine della catena delle Alpi Meridionali orientali: (1) Thiene-Bassano; (2) Bassano-Cornuda; (3) Montello-Conegliano; (4) Cansiglio; (5) Polcenigo-Maniago; (6) Arba-Ragogna; (7) Gemona-Kobarid; (8) Susan-Tricesimo; (9) Trasaghis; (10) Medea. Le sorgenti contornate da rettangoli neri sono state definite principalmente attraverso dati geologici (superficiali e profondi); quelle dai rettangoli bianchi da dati misti geologici-sismici (da Galadini et al., 2005)**



**Fig. 4 Ortofoto con indicate le faglie capaci che interessano il Comune di Susegana ed i comuni limitrofi desunte dall'archivio ITHACA. La faglia di Sacile non interessa il comune di Susegana**

### **2.1.2 Studio delle faglie**

La definizione della geometria tridimensionale delle faglie in profondità, soprattutto quando, come in questo caso, si tratta di sistemi di faglie “cieche” cioè sepolte sotto i depositi Quaternari, viene ricavata:

- dall'interpolazione e dal confronto di dati che vengono dallo studio geomorfologico superficiale (che danno informazioni sull'interazione tra la crescita del sovrascorrimento e le forme del territorio);
- dai profili sismici a riflessione trasversali ad esse. I dati geofisici (insieme ai dati dei sondaggi) aiutano a definire il profilo profondo della faglia, permettendo così di legare l'espressione superficiale di questa ad una superficie di faglia profonda;
- se la sorgente sismogenetica è stata responsabile di un terremoto in tempi recenti (es. Friuli 1976), dalla localizzazione epicentrale delle scosse principali e di assestamento e dallo studio dei parametri focali;
- dalla distribuzione dei danni dei terremoti storici.

Secondo questa filosofia, per la definizione della geometria dei maggiori sovrascorrimenti ciechi che interessano la nostra zona, sono stati utilizzati dati strutturali del sottosuolo, derivati da più di 1700 km

di profili sismici a riflessione, che hanno permesso di definire la geometria profonda dei segmenti di faglia, fino a profondità comprese tra 5 e 14 km. I vettori di spostamento delle faglie sono stati ricavati da dati strutturali di superficie e dalla precedente conoscenza dei campi di stress che interessano la nostra regione. I tassi di spostamento a lungo termine sono stati invece ricavati dalle dislocazioni dei depositi quaternari.

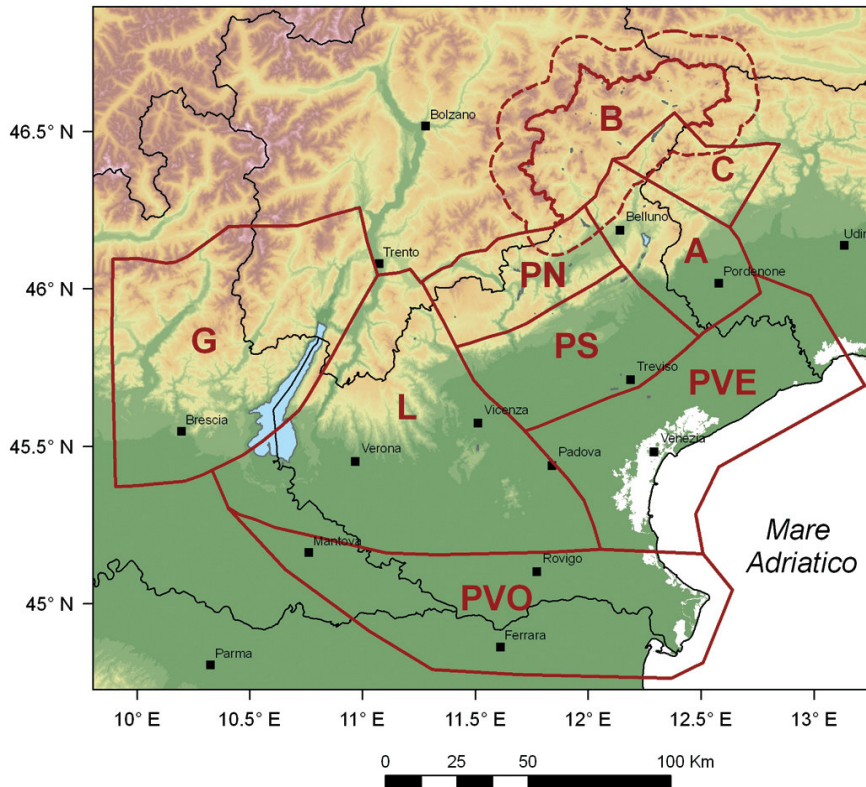
## **2.2 Contesto geologico strutturale regionale**

Il Veneto si conferma una regione dalla sismicità significativa, come documentato dalle informazioni storiche; questo aspetto forse non viene adeguatamente messo in rilievo dal dato strumentale disponibile dal 1977, e dalla normativa sismica vigente. Terremoti al di sopra della soglia di percezione hanno interessato un'ampia fascia circa corrispondente alle Prealpi Venete, laddove vi sono maggiori indizi geomorfologici di una deformazione in atto. Non trascurabile, seppure poco nota e di più difficile investigazione, è l'attività di strutture sepolte nella pianura veneta, sia nel settore orientale che in quello occidentale.

Oltre alle suddivisioni viste sopra, in tempi più recenti è stata avanzata una nuova proposta di suddivisione, questo allo scopo di fornire un'adeguata sintesi di conoscenze al personale del Dipartimento Centro Ricerche Sismologiche (CRS) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), in servizio di reperibilità in caso di terremoti locali significativi. Secondo questa nuova proposta, il territorio regionale del Veneto è stato suddiviso in "distretti sismici" (M. Segan L. Peruzza, 2011). Ogni distretto rappresenta un'area all'interno della quale si ritiene che i terremoti possano essere identificati da alcuni elementi sismogenetici comuni, pur consapevoli comunque che le schematizzazioni in tal senso sono sempre riduttive e devono essere opportunamente contestualizzate nell'interpretazione dello specifico evento sismico.

Sulla base di dati sismologici, elementi geologico-strutturali e informazioni relative alla cinematica e alla tettonica attiva, sono stati identificati 9 distretti sismici (fig. 5); il territorio di Susegana si trova nel distretto denominato della Pedemontana Sud - PS.

Questo distretto sismico comprende parte del fronte esterno Plio-Quaternario della Catena Sudalpina orientale, e si estende dall'altopiano di Asiago fino alla zona pedemontana del margine del Cansiglio. In questo settore è presente la Flessura Pedemontana che passa diversi km a nord del sito, elemento dal quale prende il nome questo distretto. Il distretto Pedemontana Sud si estende a SE 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 riconducibili alla strutturazione della Piattaforma Friulana (margine occidentale del massiccio del Cansiglio).



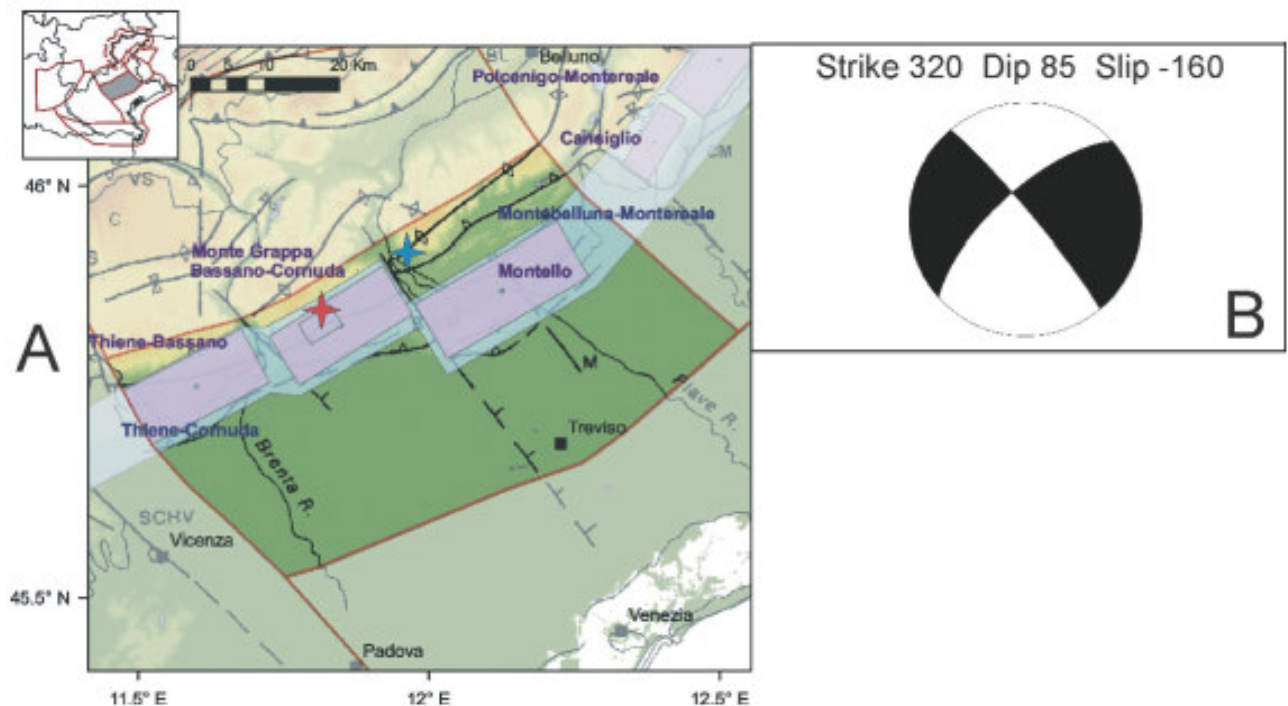
**Fig. 5 – Distretti sismici del Veneto (in rosso): sigle descritte nel testo (da Sugan e Peruzza, 2011).**

Il distretto è caratterizzato da pieghe e sovrascorrimenti ad andamento ENE-OSO, prevalentemente vergenti a S-SE (Poli et al. 2008). La strutturazione della attuale fascia pedemontana, estesa dal Bassanese fino al fiume Tagliamento trae le sue origini nell'evento compressivo del Messiniano-Pliocene, ampiamente propagatosi all'interno della catena entro sistemi già strutturati (Castellarin et al., 1998b). Tuttora l'area presenta un'attività tettonica rilevante, con una compressione attiva la cui velocità è stimata nell'ordine di qualche mm/a.

La stretta di Quero e il rilievo del Montello sono gli elementi geologici e morfologici del distretto Pedemontana Sud attorno ai quali si sono maggiormente concentrati studi per il riconoscimento di faglie attive (p. es. Benedetti et al., 2000; Ferrarese e Sauro, 2005; Anselmi et al., 2007, 2011; Burrato et al., 2009). 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 (p. es. Serpelloni e Cavaliere, 2010; OMBRA Project Group, 2011), anche se a tutt'oggi non si hanno ancora precise immagini dell'ipotetica sorgente "silente".

In questo distretto, DISS, versione 3.1.1 (Fig. 6A), 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 fiume Piave, a quello del torrente Cellina oltre il

limite orientale rappresentato in Fig. 6A). Entrambe le sorgenti composite rappresentano segmenti di sovrascorrimenti vergenti a S-SE, implicati nella sismogenesi degli eventi maggiori fino a profondità modeste (7-9 km) e frammentati da elementi trasversali.



**Fig. 6:** Sorgenti sismogenetiche per il distretto Pedemontana Sud (PS). A) DISS versione 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) su DEM e modello strutturale da Castellarin et al. (1998b); B) soluzione del meccanismo focale per l'evento del 6.12.2009 (stella rossa) da polarità del primo impulso. La stella azzurra indica l'epicentro dell'evento del 13 settembre 2011 il cui meccanismo è mal vincolato

Alla prima sorgente composta appartengono le sorgenti individuali di Thiene-Bassano (ITIS127), 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 (stella rossa in Fig. 6A).

Procedendo verso est, della sorgente composta 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 (Galadini et al., 2005). Sequenze di eventi di modesta magnitudo si sono verificate nell'area di Valdobbiadene anche recentemente (stella blu, in Fig. 6A), fuori dalle porzioni mappate attive. Gli

assi di massima compressione ricavabili dalle strutture geologiche del margine pedemontano risultano compatibili con una compressione orientata NO-SE (Burrato et al., 2008).

Dato il limitato numero di eventi strumentali dotati di meccanismi focali di buona qualità, non è stato finora possibile ottenere una zonizzazione degli assi di sforzo, da inversione delle sorgenti sismologiche, come realizzato invece per i vicini settori del Friuli e Garda (Bressan et al., 2003; Viganò et al., 2008; Bressan e Bragato, 2009).

### **2.3 Contesto geologico strutturale locale**

Dal punto di vista della neotettonica nella zona in esame 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 (Zanferrari et al., 1982). Modelli cinematici del movimento della microplacca Adria, basati su misure geodetiche, stimano una convergenza in quest'area di 2-3 mm/a (Serpelloni et al., 2005; Bechtold et al., 2009). Il Montello, rilievo che si trova al bordo occidentale del comune, è catalogato tra i segmenti sismogeneticamente attivi del fronte alpino (Valensise and Pantosti, 2001; Galadini et al., 2005; Poli et al., 2008), originato dall'*uplift* di una struttura di *thrust* S-vergente. Sulla base di datazioni di terrazzi fluviali, Benedetti et al. (2000) attribuiscono un tasso costante di scorrimento stimato tra 1,8-2 mm/a, mentre Burrato et al. nel 2009 stimano lo stesso in 1,5 mm/anno, attribuibili alla sola faglia del Montello negli ultimi 300.000 anni; Serpelloni et al. (2005) stimano tale tasso deformativo in 2-3 mm/a. Pur in presenza di ulteriori indicatori di movimento nell'area (ad es. Balestri et al., 1988; Mozzi, 2005) tali stime sono dibattute, e hanno motivato la realizzazione di campagne di misure specifiche (Serpelloni e Cavaliere, 2010).

In particolare, l'attività sismica registrata negli ultimi 30 anni (Castello et al., 2006; Bollettino Sismico INGV1) mostra eventi di bassa energia ( $M_L < 3$ ) lungo l'arco alpino in corrispondenza dell'anticlinale del Montello (situato a NW di Treviso). Sono noti però alcuni eventi di magnitudo medio-alta che hanno storicamente interessato la regione: l'episodio più significativo è il terremoto di Asolo del 1695 ( $I_{max} 10$  e  $M_{aW} 6.61$ ), affiancato da tre ulteriori eventi sismici di intensità  $I_{max} \geq VIII$  (magnitudo equivalente 6.0) avvenuti nel 778, 1286 e 1836 (CPTI Working group 2004). Scopo del progetto OMBRA (Observing Montello Broad Activity), è proprio quello di studiare alcune questioni ancora aperte e scientificamente controverse.

Ci si chiede come questi eventi storici forti possano integrarsi nel contesto della debole sismicità di fondo osservata recentemente. Inoltre è interessante capire come una velocità di placca relativamente alta possa accomodarsi nel pattern regionale e inoltre quali strutture tra l'anticlinale e il fronte alpino possano essere potenzialmente attive.

### 2.3.1 La classificazione sismica del territorio comunale

Sulla base delle considerazioni tettoniche sopra esposte la zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), per il territorio di Susegana è quella della zona sismotettonica ZS905 (Friuli – Veneto Orientale, vedi fig. 7) con  $M_{wmax}$  attesa di 6.60. Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in questa zona è di tipo faglia inversa, con “profondità efficace” (profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti) ipocentrale media stimata di 8-12 km.

Come si vedrà nel prossimo capitolo la distribuzione e la caratterizzazione delle zone sismogenetiche è stata tradotta in una Carta di Pericolosità Sismica, valida su tutto il territorio nazionale.

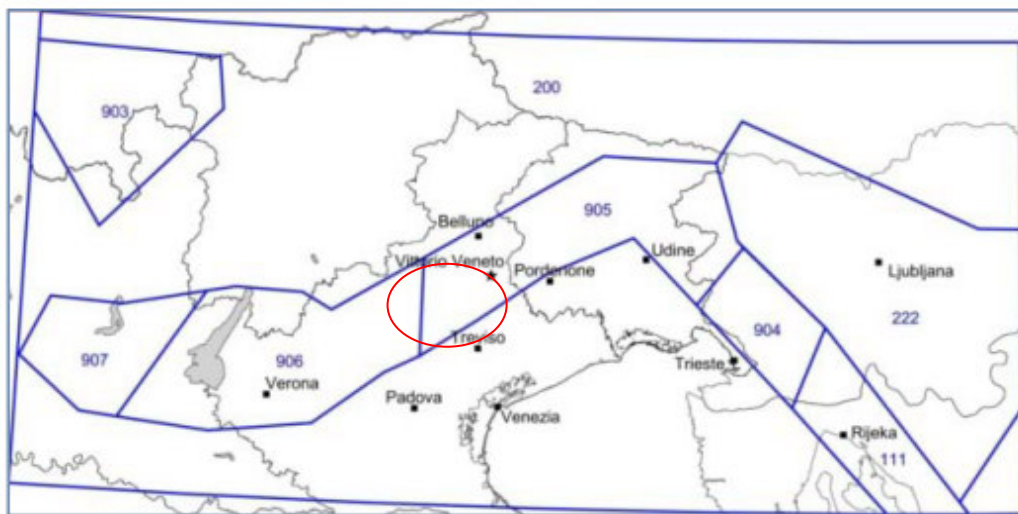


Fig. 7: Zonazione sismogenetica ZS9

### 2.4 Definizione della pericolosità di base

La pericolosità sismica di base, definita ai sensi del D.M. 14/01/2008, è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Essa calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, con riferimento a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale o debolmente inclinata) e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali). La scala di studio è solitamente regionale e costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore il 08/05/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. L'appartenenza a

ciascuna zona sismica comporta l'adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo, e successive modifiche ed integrazioni. In linea teorica, l'ingresso in zona sismica è agganciato al valore dell'accelerazione orizzontale di picco (*Peak Ground Acceleration*, PGA, indicata anche come accelerazione massima orizzontale) riferita ad un terreno a comportamento assimilabile alla roccia, ottenuta per un predeterminato livello di probabilità da studi di pericolosità sismica a carattere nazionale. I valori di PGA convenzionalmente associati alle zone sismiche sono riportati nella tabella successiva.

<i>Zona</i>	<i>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)</i>	<i>Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)</i>
1	> 0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Tabella 1 – valori di riferimento della attuale normativa sismica

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato fatto con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 recante "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108, in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche che supera il concetto di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza. Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per redigere il calcolo sismico delle costruzioni.

Quindi la OPCM 3519/2006 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio: la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del comune (nel caso di Susegana, Zona sismica 3). Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio comunale è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

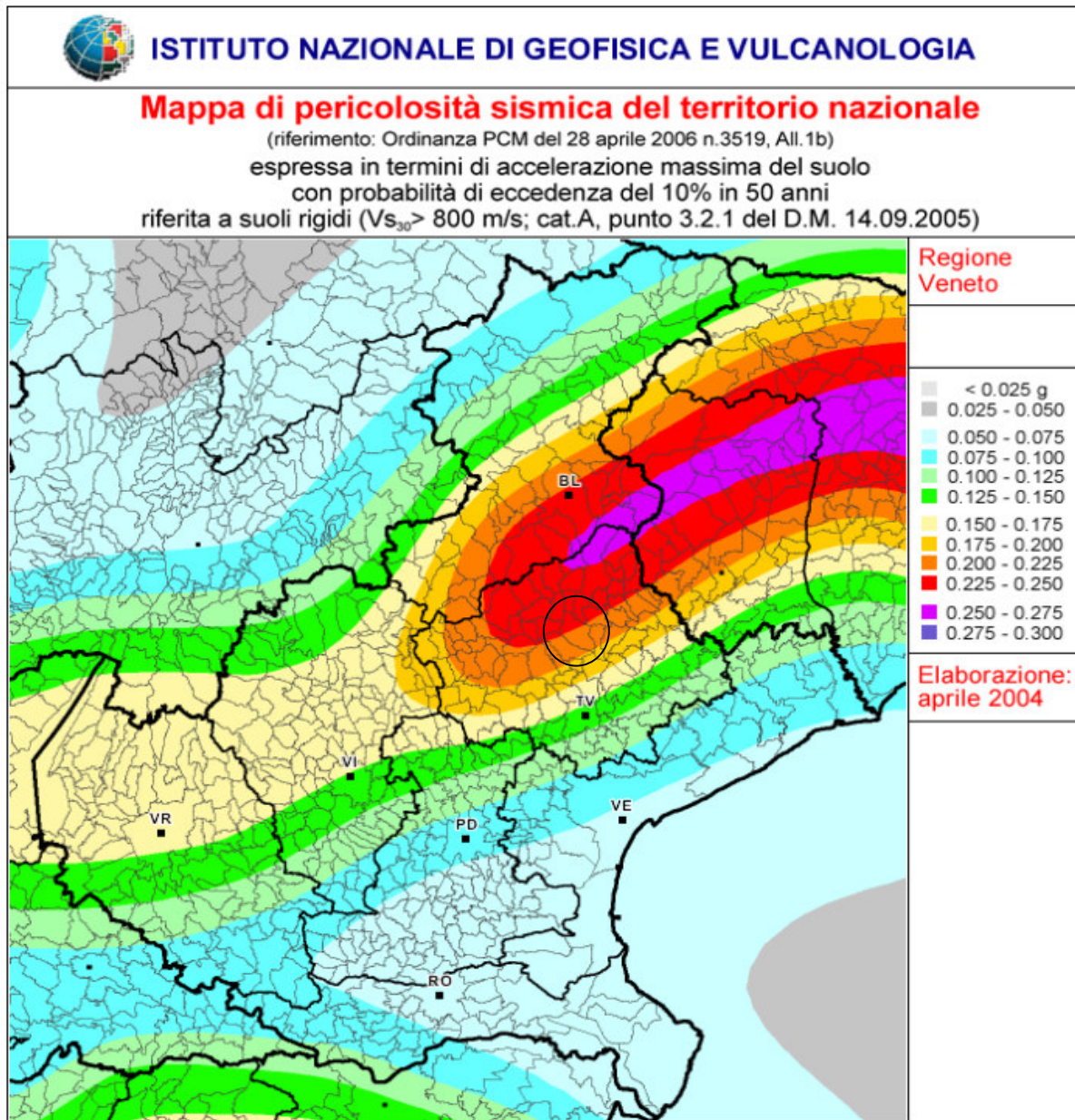
I nuovi criteri per l'individuazione della zona sismica si basano su un elaborato grafico che rappresenta il territorio italiano in 12 fasce di valori di PGA di riferimento; innovando le disposizioni dell'O.P.C.M. 3274/03, oltre ai valori standard delle accelerazioni riferite a suoli rigidi viene fornita anche una stima dell'incertezza, tramite predefiniti percentili della distribuzione associata. Per l'attribuzione del sito alla fascia di pericolosità sismica di competenza è stato creato un reticolo di riferimento i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo  $\leq 0,05^\circ$ : l'INGV ha fornito i parametri di griglia con passo  $0,05^\circ$  e  $0,02^\circ$  (in termini di distanza circa 10 km e circa 5 km). Per ogni punto vengono forniti i seguenti parametri:

id	identificativo del punto della griglia di calcolo
long	longitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
lat	latitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
ag	accelerazione massima del suolo (50mo percentile, valore standard)
16perc	accelerazione massima del suolo (16mo percentile)
50perc	accelerazione massima del suolo (50mo percentile)
84perc	accelerazione massima del suolo (84mo percentile)

In sostanza si è passati da una mappa di pericolosità sismica (2004) utilizzabile dalle Regioni come riferimento per aggiornare l'assegnazione di un Comune a una delle 4 zone sismiche a una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici. Successive elaborazioni (Progetto INGV-DPC S1, realizzato nell'ambito della Convenzione triennale 2004-2006 fra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, e INGV, avente come oggetto l'assistenza scientifica e manutenzione dell'elaborato di pericolosità rilasciato nel 2004) hanno portato ad ampliare la disponibilità di valori di pericolosità, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale. In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- $A_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,

servono per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate col D.M. 14/01/08. I punti della griglia sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: <http://esse1.mi.ingv.it>.



**Fig. 8: stralcio della “Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale” relativa alla Regione Veneto**

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni (Categoria A), ovvero con presenza di substrato sismico ( $V_{s30} > 800\text{m/s}$ ) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Le zone sismiche tradizionali dell’Ordinanza 3274/2003 sopravvivono solo per scopi amministrativi e per la zona 4.

Nella figura 8 è riportato uno stralcio della “Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale” relativa alla Regione Veneto redatta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dalla recente Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 sopra citata, che assume il ruolo di riferimento ufficiale per eventuali aggiornamenti della zonazione

sismica del territorio da parte dei soggetti che ne hanno la competenza territoriale ovvero le Regioni. Nella figura 9 seguente è riportato un estratto della carta di fig. 8 valido per il paese di Susegana: in essa sono riportati i valori di accelerazione orizzontale massima al suolo a g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che corrisponde al valore con tempo di ritorno di 475 anni, riferiti a suoli rigidi subpianeggianti di categoria A.

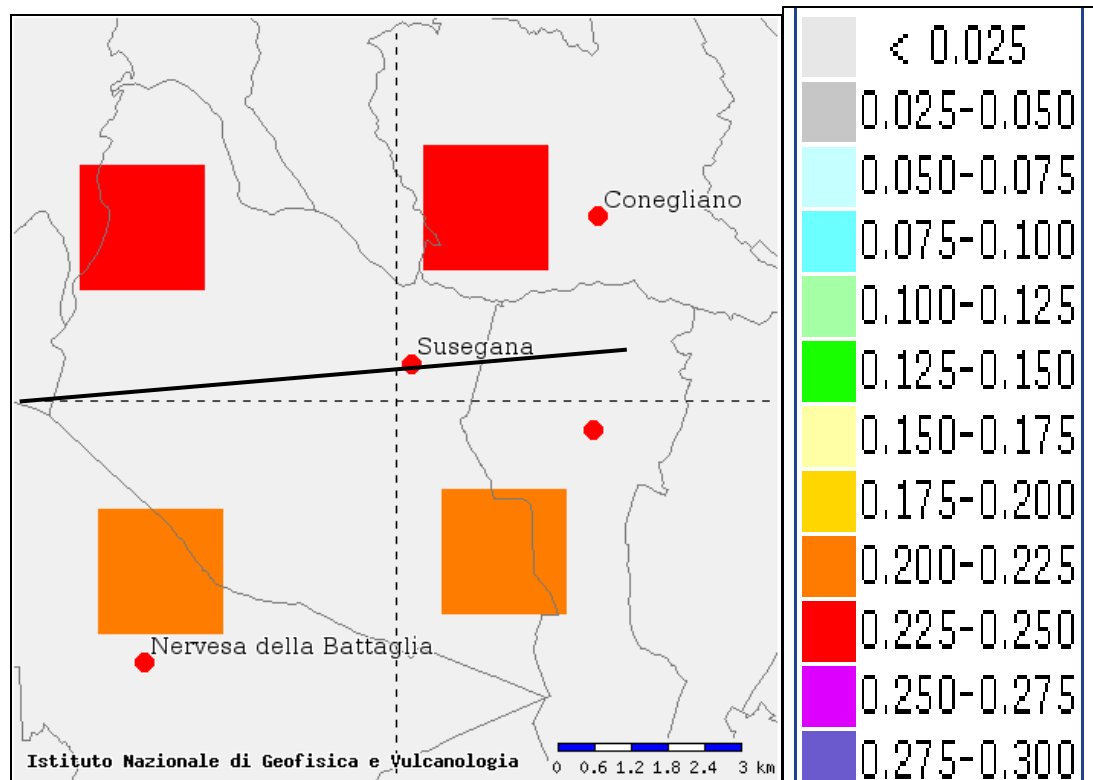


Fig. 9: Mappa di pericolosità sismica del territorio comunale

La mappa indica come il comune di Susegana sia compreso entro 2 fasce di accelerazione massima al suolo:

- 0,225÷0,250g = settore Nord del comune
- 0,200÷0,225g = settore Centro e Sud del comune

Pertanto, secondo l'O.P.C.M. n°3519 del 28/04/2006, il territorio oggetto dello studio di MS è inseribile interamente nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a g riferito a suoli rigidi subpianeggianti caratterizzati da  $V_s, 30 > 800$  m/s compreso tra 0,200g e 0,250g, ovvero in Zona 2 (vedi tab. 1).

## 2.5 Pericolosità sismica locale

I dati esposti nelle pagine precedenti hanno dato modo di valutare gli elementi che determinano la pericolosità sismica di base, ovvero la componente della pericolosità sismica dovuta alle sole caratteristiche sismologiche dell'area. Va comunque detto che la stima della pericolosità sismica di un sito non si esaurisce con lo studio del tipo, delle dimensioni, della profondità delle sorgenti sismiche, e dell'energia e frequenza dei terremoti, ma deve essere integrata con lo studio della pericolosità sismica

locale che è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche locali (litostratigrafiche e morfologiche, v. anche effetti locali). Teoria ed esperienze nazionali ed internazionali, mostrano con estrema chiarezza che in concomitanza di eventi sismici, l'intrinseca eterogeneità delle caratteristiche geometriche, fisiche, idrauliche e meccaniche dei terreni può indurre danni all'ambiente fisico ed all'ambiente costruito variabili anche in siti posti a breve o brevissima distanza. Tale fenomeno dipende innanzitutto dalle caratteristiche del moto sismico al tetto della formazione di base, nonché dalle caratteristiche geometriche profonde e superficiali dei terreni, dalle loro proprietà fisiche e meccaniche, dalle caratteristiche di permeabilità e dalle condizioni idrauliche al contorno. Questo presuppone un affinamento della pericolosità sismica di base attraverso studi appropriati sulla risposta sismica locale. La risposta sismica locale è la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale. Il prodotto più importante di questo genere di studi è la carta di microzonazione sismica, che è il precipuo oggetto del presente studio.

## **2.6 Sismicità storica dell'area**

Il distretto Pedemontana Sud (fig. 5), è una zona che è stata interessata storicamente da un evento distruttivo, e numerosi altri eventi che hanno superato la soglia del danno ( $I_0 = VI$  MCS), documentati in modo abbastanza affidabile sin dal XIII secolo (Fig. 10). Risale al 25 febbraio 1695 l'evento più energetico ( $I_0 = IX-X$  MCS,  $M_W = 6,61$ ), la cui magnitudo derivata da 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 pesantemente l'area compresa tra Bassano del Grappa e Valdobbiadene. Le ipotesi genetiche relative a questo terremoto sono molto dibattute; il piano quotato è ben rappresentato nella direzione della pianura, ma nessuna informazione è riferita alle zone montuose. E' questo un tipico effetto della diversa accessibilità alle fonti documentarie contemporanee all'evento; il territorio della pedemontana risultava infatti controllato dall'amministrazione territoriale della Repubblica di Venezia, i cui confini all'epoca del terremoto passavano poco a nord della zona di Asolo, mentre il resto del territorio era sotto la giurisdizione dell'Impero Austro-Ungarico. Studi su fonti austriache sono in corso in questi ultimi anni, e porteranno presumibilmente ad un quadro del danneggiamento più documentato verso nord.

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 danni. Si è adottata una estensione meridionale del distretto fino al

limite della bassa pianura proprio per includere questi eventi nella medesima sorgente sismogenica del 1695.

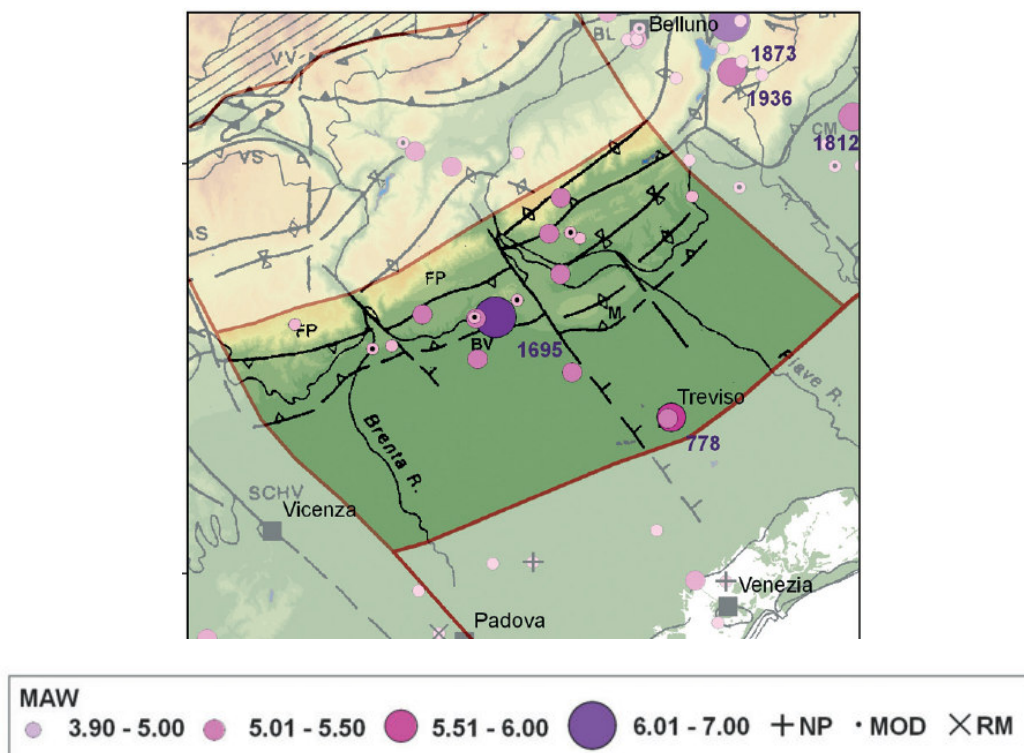


Fig. 10: Mappa della sismicità storica del Distretto Pedemontana Sud dai dati CPTI04 rivisti. A N dei sovrascorrimenti di Bassano-Cornuda (BV) e Montello-Conegliano (M) si possono notare le aree ripiegate (da Sugan e Peruzza, 2011); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati 'NP', modificati 'MOD' o rimossi 'RM'.

Quattro eventi minori (25 febbraio 1756, 1857, 1897, e 1919, indicati con sovrassegno 'MOD' in Fig. 10) 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 ( $I_0 = \text{VII-VIII}$  MCS,  $M_w = 5,48$ ), e una serie di eventi dannosi, prevalentemente documentati nella seconda metà del XIX secolo. Da oltre un secolo, quindi, nell'area non si verificano eventi di energia significativa.

Effects	Reported earthquakes							NMDP	Io	Mw
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area			
7	1859	01	20	07	55		Prealpi Trevigiane	36	6	4.80
5	1860	07	19				Prealpi Trevigiane	10	6-7	4.92

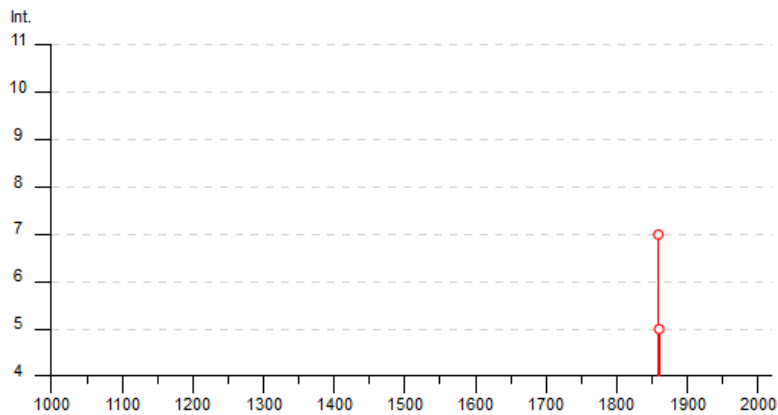


fig. 11a

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
NF	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
NF	2004	07	12	13	04	0	Slovenia nord-occidentale	353		5.12

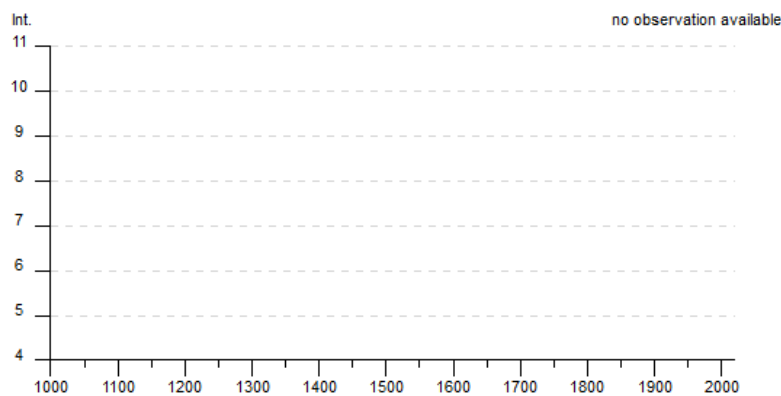


fig. 11b

**Figg. 11: riepilogo delle osservazioni dei terremoti storici registrati a Collalto (11a) e Susegana (11b). Legenda: Is: Intensità al sito; (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15)**

In figura 11 (grafico sulla sismicità storica di Collalto e Susegana - da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15), vengono riportati i dati sismici aggiornati al 2015 e contenuti nel Data Base Macrosismico Italiano (DBMI15, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04), redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Dai dati del catalogo risulta che la frazione di Collalto ha avuto forti risentimenti durante il terremoto delle Prealpi Trevigiane del 20/01/1859 (con forti danni al castello ed alla chiesa, e danni minori all'abitato), mentre il capoluogo Susegana non ha invece storicamente

registrato alcun risentimento. Non ci sono dati per Ponte della Priula. Non vengono segnalati eventi con epicentro entro il territorio comunale.

## **2.7 Sismicità strumentale dell'area**

La sismicità registrata strumentalmente nel NE d'Italia è formalmente iniziata nel 1977. Dal 2012 alla rete generale è stata affiancata la Rete Sismica di Collalto, un'infrastruttura finalizzata al monitoraggio della sismicità naturale e della microsismicità indotta presso la concessione di stoccaggio gas metano denominata "Collalto Stoccaggio" (fig. 12), che interessa i Comuni di Susegana, Nervesa della Battaglia, S. Pietro di Feletto e Conegliano. La rete è stata realizzata ed è gestita dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS per conto di Edison Stoccaggio S.p.A. titolare della concessione di stoccaggio. Essa quindi si inserisce nel più ampio contesto del monitoraggio sismico condotto dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) per tramite del suo Dipartimento Centro di Ricerche Sismologiche (CRS) a partire dal 1977, anno di installazione del primo nucleo della Rete Sismometrica dell'Italia Nord-Orientale, a seguito degli eventi del Friuli del 1976. Oggi quest'attività viene svolta con finalità di studio della sismicità regionale e allarme sismico tramite apposite convenzioni stipulate con la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, la Regione Veneto e la Provincia Autonoma di Trento, attraverso i Servizi di Protezione Civile, nonché collaborazioni di carattere scientifico e tecnologico con l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e con altre realtà di ricerca e accademiche, italiane ed internazionali. La rete è stata disegnata per inserirsi al meglio in questo contesto, in modo da poter beneficiare dei dati acquisiti dalle reti limitrofe e restituire informazioni robuste e valide con il massimo dettaglio possibile.

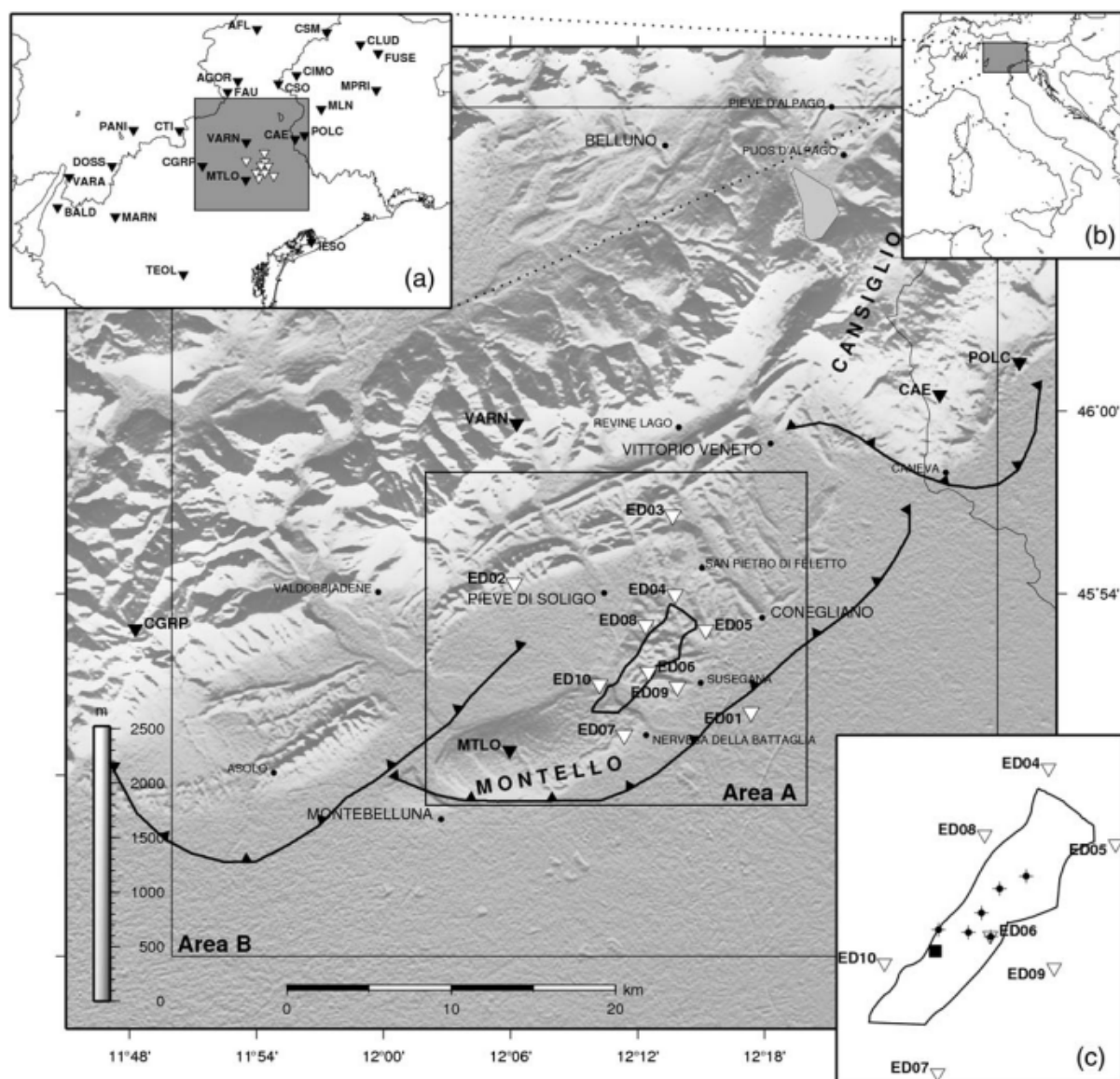


Fig. 12: localizzazione del monitoraggio della Rete Simica Collalto (RSC). Le stazioni sismometriche sono indicate dai triangoli. Le 10 stazioni RSC indicate dai triangoli bianchi sono localizzate nell'area A inclusa nel comune di Susegana. Nel rettangolo (c) è indicata la proiezione in superficie dell'area stoccaggio gas. Le faglie indicate corrispondono alle faglie attive in accordo con Poli et al. (2008).

A distanza di 40 anni si possono trarre le seguenti considerazioni: gli strumenti a partire dal 2012 hanno registrato centinaia di eventi (fig. 14), di magnitudo da bassa a moderata (518 nel solo periodo 1/2012 – 31/10/2014); l'evento maggiore ha avuto una  $M_D = 4.6$  (esterno all'area A rappresentata nel rettangolo di fig. 12), mentre solo pochi eventi superano la magnitudo 3, limite teorico della soglia di percezione. La lista degli eventi è facilmente consultabile nel sito web <http://rete-collalto.crs.inogs.it>. Nella maggior parte dei casi la profondità centrale è compresa tra 7 e 15 km, con alcune eccezioni. Dalla mappa e dalla sezione rappresentate in fig. 14 si osserva come la sismicità non sia omogeneamente distribuita nello spazio, ma tenda ad allinearsi lungo una superficie che immerge da SE verso NW. Il trend della distribuzione spaziale è in accordo con le principali caratteristiche strutturali ricostruite integrando la geologia superficiale con i profili sismici (vedi anche fig. 2).

In fig. 13 sotto sono riportati i terremoti con magnitudo  $> 3$  dal 1977 ad oggi, mentre nella successiva fig. 14 si vedono i terremoti registrati in particolare nell'area di stoccaggio di Collalto (periodo 01/01/2012-31/03/2017), ed una sezione sismica delle stessa.

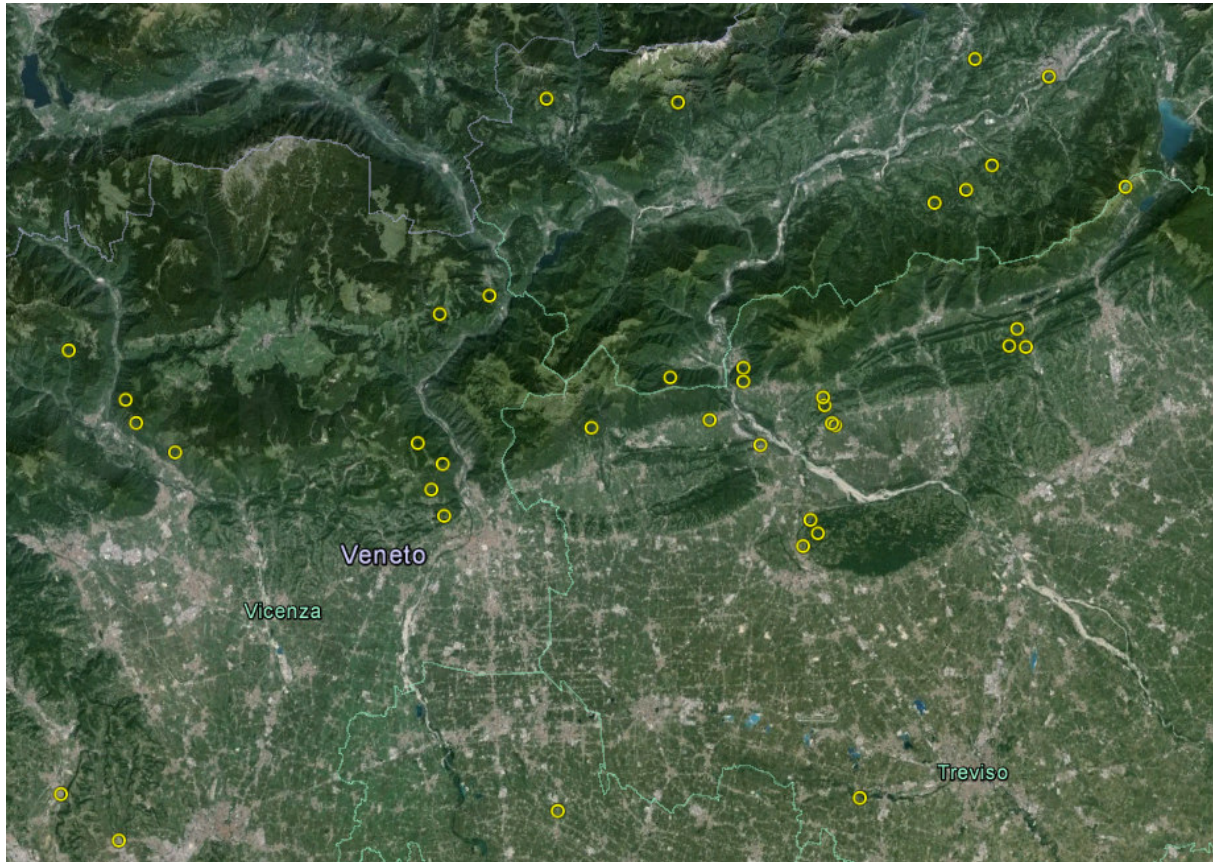


Fig. 13: riepilogo delle osservazioni dei terremoti strumentali con magnitudo  $> 3.0$ , dal 1977 ad oggi (tratto da <http://rts.crs.inogs.it/it/home.html>)

Quello che confermano le misure di sismicità della rete di Collalto è la relativa distanza (sempre  $> 3$  km) degli eventi registrati rispetto al serbatoio. Non dimentichiamo che il sistema è in grado di registrare anche i microeventi di magnitudo prossima a zero. In pratica manca una correlazione spaziale e temporale tra eventi registrati e la sorgente dell'attività. Inoltre lo stoccaggio avviene entro formazioni arenacee rigide ed impermeabili che hanno sigillato la riserva di gas per 6 milioni di anni. E ancora l'attività di pompaggio non avviene come in altre situazioni ad alte pressioni. Quindi considerando la tipologia e la dimensione del serbatoio Collalto, il valore di 3 km rappresenta una ragionevole distanza massima per escludere una connessione tra la l'attività di stoccaggio del gas e sismicità registrata che può quindi considerarsi naturale e non indotta.

Anche in caso di sisma sono da escludersi amplificazioni locali connesse alla presenza del serbatoio di stoccaggio, che non fa altro che utilizzare gli spazi di un serbatoio naturale preesistente.

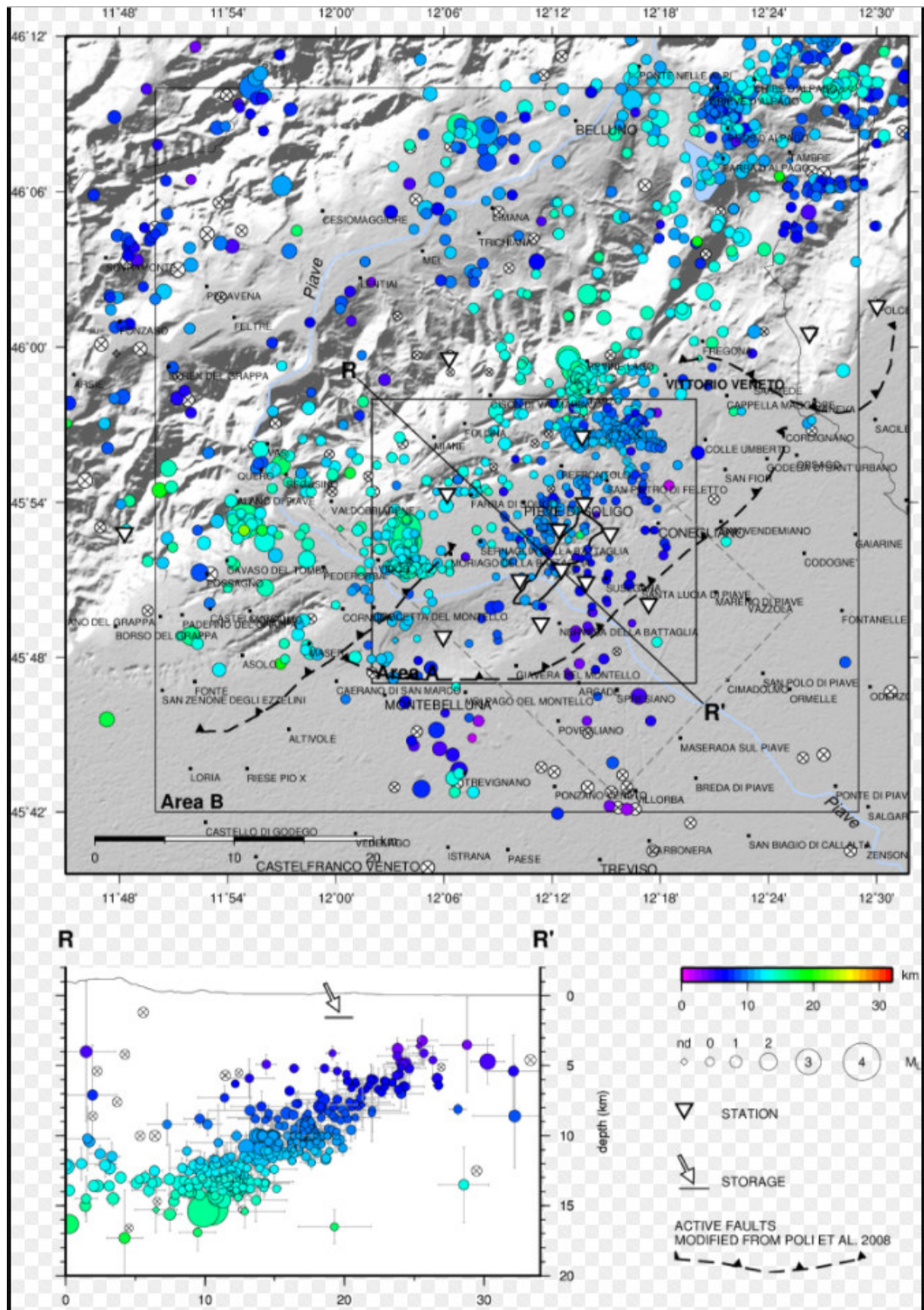


Fig. 14: mappa e sezione dei terremoti registrati da RSC dal gennaio 2012 (fonte <http://rete-collalto.crs.inogs.it>). Le linee tratteggiate sottili includono i terremoti plottati nella sezione RR'. Le barre verticali e orizzontali indicano l'errore di localizzazione, mentre i cerchi con una croce interna rappresentano eventi per i quali l'errore orizzontale o verticale è maggiore di 3 e 5 km rispettivamente

Il sito <http://rete-collalto.crs.inogs.it> aggiorna costantemente i dati delle misure strumentali della nostra area. Nella tabella sottostante ad esempio sono riportate le sequenze sismiche localizzate dalla Rete Sismica di Collalto a partire dal 1/1/2012, anno della sua messa in funzione.

Sequenza	Periodo	Numero Eventi	$M_L$ MAX	$M_L$ min	Profondità media (km)	Dist. Orizzontale Serbatoio (km)
Alpago	06-07/2012	22	4,6	0,5	10	38 verso NE
Montebelluna	11/2012	7	1,9	0,6	5	12 verso SW
V. Veneto	12/2012-01/2013	17	0,5	-0,7	8	7 verso NE
Pieve di Soligo	04-05/2014	36	1,3	-0,8	10	1 verso W
Tarzo	07/2014	49	-0,3	13-14	9 verso NNE	
Sedico	01/2015	8	3.2	0.7	13	27 verso NNW
Valdobbiadene -Vidor	05/2015	121	3.7	-0.2	13	9 verso W
Cavaso del Tomba	08/2015	10	3.7	0.3	14	20 verso W
V. Veneto	08/2016	10	1.0	-0.5	11	7 verso NE

Nella fig. 15 invece è riportata la mappa dell'ultima sequenza sismica registrata nel febbraio di quest'anno nella zona Tarzo/Refrontolo, di debole magnitudo ( $M_{max}$  2.5), e a profondità comprese mediamente tra 10-13 km. Dal confronto con la tabella sopra si può notare come ad esempio l'area a WSW di Vittorio Veneto abbia già avuto altre sequenze simili a quelle avvenute in febbraio.

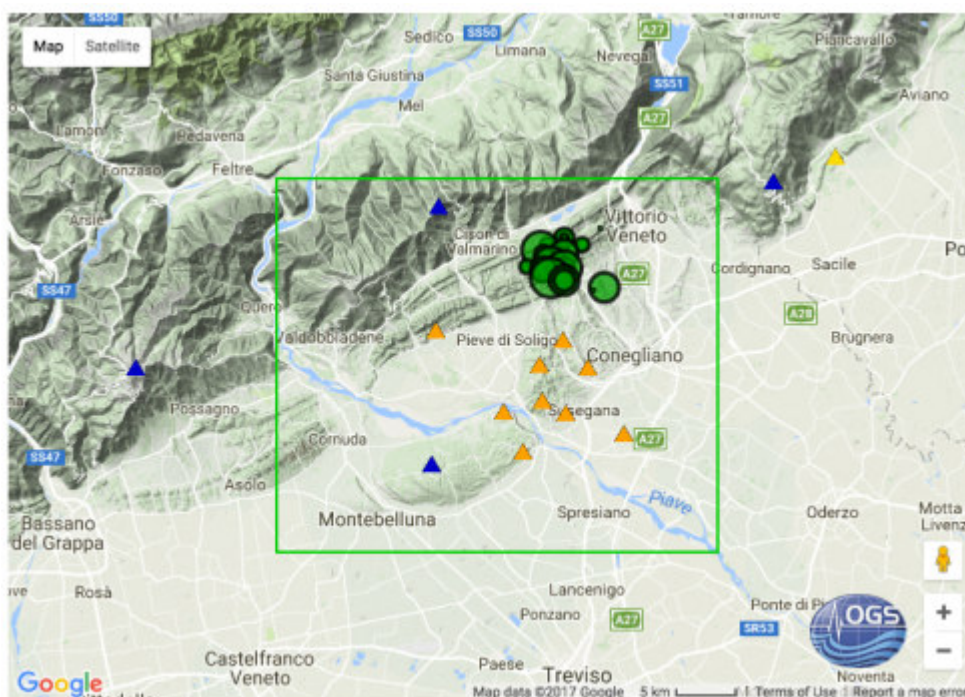


Fig. 15: Mappa degli eventi della sequenza sismica di Tarzo di febbraio 2017

Per completezza val la pena riportare altri importanti sequenze sismiche registrate in epoca recente, ma anteriormente alla rete RSC, avvenute nell'area Pedemontana Sud: 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, nonostante effetti di stazione abbiano portato ad una possibile sovrastima della magnitudo di 2-3 decimi di grado.

Altri eventi di  $M > 3.0$  sono avvenuti lungo il corso del Brenta nel 2002 (maggio, luglio e settembre) e nel 2006; il 6 dicembre 2009 sono stati registrati nella zona del Monte Grappa due eventi rispettivamente di  $M_D$  2,7 e 3,3. All'area del Montello sono invece riferiti gli eventi del 9 ottobre 2008 ( $M_D = 3,3$ ) e del 23 giugno 2010 ( $M_D = 3,2$ ). Si ritiene utile ricordare che nell'adiacente distretto Pedemontana Nord, al confine con la PS, nel comune di Mel, è localizzato l'epicentro del terremoto del 14 ottobre 1980 di  $M_D = 4,0$  (Slejko et al., 1989). Anche questo evento, ad oggi il terremoto più forte occorso in tempi recenti nel distretto Pedemontana in senso lato, presenta una prevalente componente trascorrente.

Da segnalare infine che la completezza dell'informazione microsismica ha beneficiato nel periodo 2004-2005 dell'integrazione di dati in catalogo, relativi ad una campagna di monitoraggio con stazioni mobili [rete realizzata nell'ambito di un progetto di ricerca finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca - Fondo per gli Investimenti della Ricerca di Base MIUR-FIRB: Anselmi et al. (2007, 2011) e Lovisa et al. (2008)]. Durante il monitoraggio temporaneo, fra dicembre 2004 e gennaio 2005, si è verificato uno sciame sismico nell'area di Valdobbiadene, nei pressi della sequenza del 2011, con eventi di magnitudo compresa tra 1,7 e 3,3. L'evento più forte è avvenuto il 4 dicembre 2004 ( $M_D = 3,3$ ); la cinematica degli eventi più energetici (Anselmi et al., 2011), così come la distribuzione in profondità dei terremoti della sequenza sismica, lascia ampi margini di interpretazione sulle strutture attivate; in genere le soluzioni indicano la coesistenza di meccanismi di tipo dip-slip e trascorrente, in accordo con l'assetto strutturale dell'area.

### **3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA**

#### **3.1 Inquadramento geomorfologico**

Il territorio del Comune di Susegana è collocato nella parte centro occidentale della Provincia di Treviso e si estende su una superficie di circa 44 km<sup>2</sup>.

Come si può dedurre dalla cartografia C.T.R., usata come base per le carte tematiche e dalla Tav. 3.A – Carta Geomorfologia, il territorio in esame può essere distinto in tre differenti unità morfologiche lungo un ideale asse orientato circa NW-SE:

- a SW la fascia del greto del f. Piave: tale fascia borda con larghezza variabile la zona pedecollinare a cavallo col comune limitrofo di Nervesa della Battaglia. Le quote, variabili, vanno da circa 88-89 m s.l.m. a Nord presso la zona di confluenza col F. Soligo, a 67-68 m s.l.m. nella parte mediana in località Priula, a 57-60 m s.l.m. a Est dei ponti stradale e ferroviario della Priula.
- a NW del Comune la fascia collinare dei "Colli Trevigiani": l'ambito di interesse, che copre più della metà del territorio comunale, è costituito dai rilievi appartenenti alla parte più occidentale

delle colline dell'Alto Trevigiano che si trovano ad Est del Montello. La morfologia originaria era quella di un'estesa cupola con la sommità conformata a tavolato che gradualmente si incurva lungo i fianchi. Successivamente l'erosione ad opera dei numerosi corsi d'acqua in combinazione con i fenomeni carsici (in particolare doline, valli secche ed altre forme carsiche), hanno profondamente modificato l'assetto iniziale, in una serie molto articolata di rilievi e valli talora molto profonde. Le quote limite sommitali superano di poco i 260 m s.l.m. (Colle di Guarda e Colle della Tombola).

- a S e SE l'alta pianura trevigiana: buona parte dei centri abitati (Ponte della Priula, Colfosco ed il capoluogo Susegana) sono ubicati nella centrale dell'apice della grande conoide formata in età glaciale e postglaciale dal deposito delle alluvioni grossolane apportate dal fiume Piave: il *megafan* del Piave. L'enorme dispersione di tali materiali a partire dal locale vertice della stretta tra Nervesa e Colfosco ha determinato una superficie che evidenzia limitata inclinazione verso S, SSW e SSE e con pendenze della superficie topografica modeste, arrivando al massimo al 2%. Al limite meridionale del territorio comunale le quote si attestano attorno ai 65 m s.l.m.. In realtà si riconoscono due diverse fasi di deposizione marcate da diversa struttura pedogenetica superficiale ma in profondità la compagine ritorna unitaria. Verso il limite orientale della fascia di pianura le alluvioni del Piave sono interdigitate con quelle della fascia pedecollinare afferenti al t. il Rujo ed in parte al t. Crevada. Il materasso ghiaioso è stato interessato nel passato da attività estrattive.

### **3.2 Inquadramento geologico**

La pianura veneta si è formata in tempi geologicamente recenti dall'accumulo di materiali di origine glaciale e fluvioglaciale da parte delle acque correnti. I vari fiumi veneti, in uscita dalle valli montane, hanno depositato i detriti trasportati creando grandi conoidi, dette *megafan*, interdigitate le une alle altre. In particolare la parte occidentale e meridionale del Comune è compresa entro il limite settentrionale del megafan che il Piave ha formato in età glaciale e, limitatamente, postglaciale. I materiali depositi sono generalmente grossolani e costituiti prevalentemente da ghiaie e ciottoli con variabile frazione sabbiosa; solo localmente ed in superficie compaiono limitati spessori di termini più fini. Questo perché l'area è collocata in corrispondenza di uno dei vertici della grande conoide che si allarga in direzione di Treviso a Sud e di Oderzo a Est dove ha prevalso il trasporto in massa non selettivo. In particolare la storia di formazione recente di questa parte di territorio è legata a quanto verificatosi nel corso dell'ultima glaciazione e nei tempi successivi, il tutto può essere così schematizzato:

- 1) nel corso dell'espansione e della fase di massima intensità dell'ultima glaciazione (anaglaciale würmiano, circa 75.000-15.000 anni fa) una spessa coltre di detriti grossolani venne distribuita a ventaglio sulla pianura, formando una grande conoide con vertice presso la soglia di Nervesa-Colfosco;
- 2) questa costruzione alluvionale venne abbandonata in tempi tardoglaciali. Su di essa successivamente hanno divagato locali correnti di piena del Piave prima, di altri corsi minori

provenienti dalla collina poi, incidendo e ri-depositando sulle vecchie alluvioni ed apportando una sottile pellicola di materiali a granulometria più fine. Tale pellicola di materiali coesivi diventa progressivamente più potente procedendo verso il piede della fascia collinare. L'attività alluvionale è andata via via riducendosi fino alle fasi attuali assai modeste in termini di deposizione.

Di origine assai più antica sono le colline che occupano tutto il settore NW del territorio. Dal punto di vista strettamente geologico appartengono all'anticlinale del Montello. Esse sono costituite da alternanze di rocce conglomeratiche relativamente dure e di rocce assai più tenere costituite da livelli e lenti marnoso-argillose. Accompagnano il conglomerato altre litologie, principalmente arenarie e siltiti. L'insieme è attribuibile al Pontico o Messiniano (Miocene superiore). L'origine di tali rocce è fluviale, deltizia e localmente lacustre.

In gran parte della zona collinare i conglomerati del substrato sono coperti da una abbondante coltre di un terreno rossastro, argilloso, costituito, in prima approssimazione da "limo e sabbia con argilla, debolmente ghiaioso o ghiaioso", quella che genericamente viene chiamata "terra rossa" e che, in realtà, ha composizione variabile e diversa origine. Essa deriva in parte dall'alterazione meteorica, chimica e biochimica in posto del conglomerato, mentre in parte sembra avere origine morenica e fluvioglaciale.

Dal punto di vista temporale la formazione delle colline inizia nel Pliocene con una intensa attività tettonica che si sposta progressivamente da E verso W.

Strutturalmente la fascia collinare suseganesa assieme al Montello è compresa in una serie di strutture coeve e collegate che interessano tutta l'area pedemontana del Veneto Orientale. In particolare si tratta di una brachianticlinale, con asse circa corrispondente a quello del rilievo e quindi WSW-ENE. Secondo alcuni autori la presenza di ondulazioni assiali fa ritenere più adatto il termine di "anticlinorio".

### **Litologia del Substrato**

Le rocce costituenti il substrato sono formate sostanzialmente da conglomerati poligenici eterometrici con cemento calcareo e con intercalazioni di argille marnose o sabbie limose. Nella Carta Geologica Tecnica sono stati descritti come substrato non rigido: granulare cementato fratturato/alterato.

I conglomerati affiorano estesamente lungo il settore ovest del comune, dove sono delimitati da una scarpata di erosione, alta da 10 a 20 m ed oltre (vedi zona Mina-Colfosco e S. Anna), che corre parallelamente al corso del fiume Piave. In alcuni punti sottopassa l'alveo ed in altri è coperta da un debole spessore di sedimenti alluvionali del greto del Piave. Altri affioramenti consistenti si hanno in tutta la parte centrale della zona collinare; altri notevoli affioramenti si trovano nella frazione di Collalto: sotto la chiesa, ad est del cimitero, lungo il Turnichè, ecc..

Per quanto riguarda le intercalazioni argilloso sabbiose si può menzionare la località Grava-Piccin.

### **Coperture sciolte**

Questi depositi sono stati distinti in tre gruppi:

- Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, con granulometria ben assortita, che costituiscono la porzione epoca glaciale e post-glaciale del megafan del Piave: si estendono lungo una fascia parallelamente al greto del fiume Piave e quindi dalla direttrice Borgo Battistella - Case Cantone - Borgo Bernardi - Zona Industriale Bardini ad occupare tutta la parte meridionale del Comune. Occupano gran parte delle aree pianeggianti nella parte meridionale del comune oltre che alcuni dei lembi terrazzati che bordano il colle del Montello verso il letto del f. Piave.
- Materiali eluvio-colluviali a tessitura prevalentemente limoso-argillosa ma con variabili frazioni sabbiose o ghiaiose residuali. Essi derivano in parte dall'alterazione meteorica, chimica e biochimica in posto del conglomerato, mentre in parte sono il frutto di fenomeni di dilavamento e trasporto verso la pianura ad opera delle acque di scorrimento superficiale e pertanto si interdigitano o, più spesso, si sovrappongono alle sequenze alluvionali ghiaiose. Sono stati inglobati in questa categoria materiali provenienti da una serie di processi di accumulo talora assai differenti tra loro:
  - detriti di falda
  - depositi colluviali
  - accumuli di frane (zona Collalto)
  - accumuli antropici per opere di sbancamento o rettifica agraria (vedi adiacenze via Morgante).I materiali talvolta sono molto simili, variamente frammisti ed alternati, difficilmente distinguibili come unità geologiche separate, pertanto sono stati cartografati insieme.

#### 4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la redazione della seguente relazione ci si è avvalsi dei dati provenienti da indagini e rilievi geologico-geotecnici effettuati nel corso di numerosi anni, sia personalmente che gentilmente messi a disposizione da colleghi e dall'Amministrazione Comunale.

Nei vari studi compreso il presente le indagini poco significative ai fini dello studio sismico (es. trincee o pozzetti esplorativi o sondaggi superficiali) non sono state tenute in conto, così come i sondaggi profondi la cui descrizione stratigrafica era alquanto controversa, soprattutto in merito alla profondità reale del substrato roccioso.

Per la redazione della nuova e più completa Carta delle Indagini (vedi in seguito), le prove esistenti sono state integrate con alcune altre indagini geofisiche e geologiche.

Giusto per riassumere le indagini effettuate nei vari stadi dello studio, le stesse vengono condensate nelle tabelle a seguire:

<b>PROVE PREGRESSE - Tipologia di prova</b>	<b>Quantità</b>
Prova penetrometrica Statica (CPT)	3
Sondaggi a carotaggio continuo (pozzo)	18
Prospezioni sismiche MASW	3
Prospezioni sismiche ReMi	5
Stazione di misura rumore HVSR	7

Per lo studio parziale di 2 e 3° livello (parere favorevole della Direzione Regionale Difesa del Suolo - prot. 212310 del 05/06/2018) sono state effettuate una serie di stazioni di misura con metodologia HVSR e stese sismiche attive/passive così come richiesto dalla DGR 1572/13, la cui numerosità è sotto riportata:

<b>PROVE 2017 - Tipologia di prova</b>	<b>Quantità</b>
Prospezioni sismiche MASW	15
Prospezioni sismiche ReMi	15
Prospezioni sismiche a rifrazione	15
Stazione di misura rumore HVSR	35

Per questo studio ad integrazione di quanto già fatto sono state aggiunte le seguenti indagini:

<b>PROVE 2022 - Tipologia di prova</b>	<b>Quantità</b>
Prospezioni sismiche MASW/HS	7
Stazione di misura rumore HVSR	7
Penetrometrie CPT	2
Tomografie Elettriche ERT	3

#### **4.1 Nuove indagini effettuate - Metodologia di studio**

##### *4.1.1 Indagini sismiche attive e passive*

Le Norme tecniche per le costruzioni - NTC 2018 prevedono che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sia valutato l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi che consentano di definire le modifiche che un segnale sismico, relativo ad un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A) subisce, a causa delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono (rif. NTC 2018, paragrafo.7.11.3). In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento alle quali le NTC associano valori di parametri numerici, che modificano gli spettri di risposta per tener conto dell'effetto "stratigrafico". Il riconoscimento della categoria si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Quindi tale parametro non prevede una generica stima delle  $V_s$  dei primi 30 metri di sottosuolo, ma impone la determinazione della media dei tempi di percorrenza degli iesimi strati fisici presenti nei primi 30 metri di sottosuolo, tramite la formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- $h_i$  spessore dell'*i*-esimo strato;  
 $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;  
 $N$  numero di strati;  
 $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In funzione del parametro  $V_{s30}$ , la normativa individua 5 classi di suolo (vedi tab. 2).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 2 – Categorie di sottosuolo (NTC18)

Le NTC18 (§ 3.2.2), “raccomandano fortemente” di eseguire direttamente le misure di  $V_s$ , ricorrendo solo ad altre tipologie di classificazione sismica del suolo “*con giustificata motivazione e limitatamente all’approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche*”.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

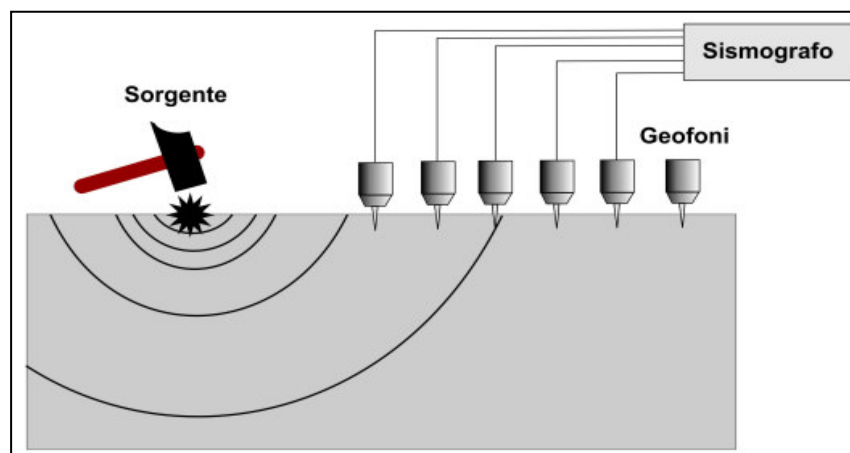
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3 – Categorie topografiche (Tab. 3.2.III delle NTC18)

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano a maggiore profondità e quindi interessano gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW attivo consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 m di profondità, con una maggiore precisione entro i primi 15 m



In alcuni casi è stato in realtà adottato il "metodo di acquisizione (e analisi) HoliSurface®" (acronimo di Holistic Analysis of Surface waves). La metodologia HoliSurface® (MASW su stazione singola + HVSr) è una sismica attiva che sfrutta, in corrispondenza di un unico geofono triassiale, le interazioni tra le fasi e le componenti d'onda generate dall'operatore secondo procedure predefinite e codificate. L'acquisizione attiva viene eseguita con un unico geofono triassiale, ovvero una terna calibrata con geofoni da 4.5 Hz, e sorgente a qualche decina di metri di distanza, per poi passare all'analisi congiunta secondo l'approccio FVS (congiuntamente alla curva RPM) delle velocità di gruppo delle componenti radiale e verticale dell'onda di Rayleigh e delle onde di Love; la tecnica è nota come group-velocity spectra and MAAM dispersion, ed è una sorta di MASW su stazione singola.

Rispetto alle metodologie tradizionali, la differenza sostanziale è che si utilizza un unico geofono a tre componenti (3C - spesso indicato anche come 3D - in quanto si tratta di un geofono con 3 sensori orientati in tre direzioni spaziali ortogonali) la cui orientazione è però fondamentale. Il medesimo dispositivo compie poi l'acquisizione passiva HVSR. La componente attiva serve per discriminare la parte superficiale della sequenza stratigrafica mentre la parte passiva HV consente di investigare i livelli più profondi.

La **tecnica ReMi (Refraction Microtremor)** è un metodo d'indagine geofisica che sfrutta invece le modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare delle onde di Rayleigh, generate però da sorgenti ambientali.

A differenza di quanto avviene nell'indagine eseguita con la tecnica MASW, dove la posizione delle sorgenti è nota ed è allineata allo stendimento, nel caso del ReMi i punti di origine dei microtremori sono spesso non identificabili. Quindi la registrazione viene protratta per tempi più lunghi. Essendo la potenza associata al segnale utile comparabile con quella del rumore di fondo è necessario rilevare un numero di tremori molto elevato, questo sarà ottenibile semplicemente andando a allungare i tempi di registrazione del segnale. A differenza dei pochi secondi necessari per acquisizioni MASW sono qui necessari da alcuni a molti minuti di acquisizione (in genere 10 - 20 minuti sono sufficienti).

I principi teorici e gli aspetti di acquisizione ed elaborazione dei dati sono sostanzialmente gli stessi della tecnica MASW con la differenza che con ReMi si ha una maggior definizione degli strati profondi.

**Il metodo HVSR** è una prospezione sismica che si basa sull'acquisizione e sull'analisi del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause naturali che antropiche. Con la tecnica a "Stazione Singola" viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") (Nakamura, Y. [1989]). Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale ( $f_0$ ) di questa vibrazione. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra  $f_0$ , lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bed-rock) e la velocità media ( $V_s$ ) delle onde sismiche nel sottosuolo, attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato.

Per la valutazione del periodo proprio di risonanza del sottosuolo è stata utilizzata la tecnica a stazione singola Horizontal to Vertical Spectral Ratio (Kanai, 1957; Igarashi 1970; Nakamura 1989) che permette di estrarre informazioni relative alla frequenza di vibrazione del suolo a partire dagli spettri di rumore sismico registrati in sito.

La strumentazione per l'acquisizione dei nostri dati è costituita da un sismografo (in questo caso si tratta di un sismografo PASI GEA24 a 24 canali), collegato a 12 geofoni verticali da 4.5 Hz, piuttosto che al geofono triassiale con frequenza propria di 4.5 Hz, tramite dei cavi multipolari ed un sistema di

energizzazione sismica del terreno tramite piastra e mazza da 5 kg. L'energizzazione è ripetuta per 3-8 volte in maniera da poter poi scegliere il set di misura migliore. Lo stesso geofono triassiale è stato usato per le misure di sismica passiva, con un tempo di registrazione di 10 minuti e frequenza di campionamento a 128 Hz.

#### 4.1.2 Indagini penetrometriche CPT

La suscettibilità dei terreni alla liquefazione nella zona di Crevada è stata elaborata sulla base dei risultati di due prove penetrometriche statiche (CPT) eseguite con penetrometro "PAGANI" 200 kN utilizzando per la loro elaborazione il software PGS\_CPT della Flaccovio.

#### 4.1.3 Indagini Tomografiche Elettriche ERT

Per approfondire la conoscenza della faglia del Montello in merito ad una sua definizione di FAC (faglia Attiva e Capace), sono state eseguite 3 Tomografie Elettriche ERT. Per una più dettagliata descrizione del metodo si rimanda al report allegato.

### 4.2 Le misure MASW, ReMi e Rifrazione: interpretazioni ed incertezze

I metodi di elaborazione dei dati di campagna MASW e ReMi consistono in tre fasi: (1) la prima fase prevede la generazione dello spettro f-k (spettro frequenza-numero d'onda) e l'individuazione delle frequenze minima e massima utili al calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, (2) la seconda fase consiste nell'interpretazione attraverso un algoritmo di inversione che consente di generare una curva di dispersione teorica, (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

È evidente che in questo tipo di approccio non c'è univocità del risultato in quanto alla formazione del parametro fondamentale contribuiscono due variabili: lo spessore dello strato e la velocità, e lo stesso valore parametrico può essere ricavato con combinazioni diverse delle due variabili. In genere l'ambiguità viene risolta con l'ausilio di vincoli che consentano di "bloccare" una delle due variabili (disponibilità di dati stratigrafici o di altre misure geofisiche, etc.). Nel presente studio il problema dell'equivalenza viene superato in quanto la determinazione della Vs (come richiesto dalla normativa sismica nazionale) è stata fatta su uno spessore medio di 30 m di profondità, di cui si ha una sufficiente conoscenza stratigrafica, senza la necessità di dover risolvere velocità alla scala del singolo strato, se non durante la fase di elaborazione. Il risultato è dato quindi dalla sommatoria dei contributi dei singoli strati secondo la formula vista poco sopra:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità Vs30 e quindi individuare la categoria sismica del suolo. Si ricordi quanto già è stato sottolineato in precedenza riguardo alla necessità di

avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo.

Gli aspetti più critici del metodo MASW utilizzato riguardano la scelta della curva di dispersione sperimentale e la determinazione del profilo di rigidezza (o di velocità delle onde di taglio Vs) finale che generi una curva di dispersione apparente numerica in accordo ottimale con la curva di dispersione sperimentale. La determinazione del profilo di rigidezza finale è il risultato di un compromesso tra informazioni a priori sul sito, metodo manuale e procedura automatica. Nei casi normalmente dispersivi, caratterizzati da profili di rigidezza regolari con la profondità dove la procedura automatica si avvicina ad una soluzione valida, è sempre preferibile provare a modificare manualmente il profilo di rigidezza per acquisire conoscenza, esperienza e sensibilità, da utilizzare nei casi inversamente dispersivi dove non sempre la procedura automatica fornisce una soluzione valida.

I principali limiti di tali procedure sono:

- disponibilità di spazi sufficienti per gli stendimenti sismici (particolarmente sensibile nel caso della tecnica ReMi);
- forniscono un profilo monodimensionale di Vs, non quantificando eventuali variazioni laterali;
- la profondità di penetrazione dipende dalla frequenza più bassa rilevabile nella curva di dispersione. Nella prova MASW, la sorgente generata da una mazza battente ha una scarsa componente in bassa frequenza, e ciò comporta una riduzione della profondità dell'indagine;
- interferenza del segnale con altri tipi di onde sismiche (P ed S) ed acustiche spurie (onda d'aria) prodotte anch'esse dall'energizzazione;
- nella prova ReMi, vi è la necessità di assumere una sorgente del microtremore stocastica stazionaria proveniente da tutte le direzioni (comportando talvolta una sovrastima delle velocità e/o sovrastima dei parametri elastici);
- vicinanza a fonti antropiche di rumore che possono disturbare ed inquinare il dato di ingresso;
- il problema della non-univocità della soluzione del problema inverso (comune a tutti i metodi indiretti) e la conseguente affidabilità dei risultati in assenza di altre conoscenze (geologico-geofisiche) è molto delicato in quanto le onde di Rayleigh sono soggette a scattering e a generazione di modi superiori (che a volte interagiscono in modo complesso), producendo delle curve di dispersione in cui il massimo dell'energia sismica non è sempre e necessariamente nelle onde superficiali e nel modo fondamentale (modi superiori e onde guidate possono dare segnali molto complessi)

Alla luce delle osservazioni fatte, le tecniche MASW e ReMi richiedono comunque l'acquisizione di una certa esperienza da parte di chi esegue ed interpreta la prova, per giungere alla determinazione corretta della categoria sismica del suolo.

### **4.3 Le misure HVSR: interpretazioni ed incertezze**

La risonanza è un fenomeno fisico che interviene quando si verifica una variazione di impedenza acustica tra due mezzi ( $I=\rho v$ , dove  $\rho$  è la densità del mezzo attraversato e  $v$  è la velocità di propagazione delle onde sismiche nello stesso). Nell'esempio semplificato di un sistema omogeneo e isotropo a due strati, quando all'interfaccia tra i due mezzi il rapporto delle impedenze supera il 25%, si genera un picco sulla curva del rapporto spettrale H/V in corrispondenza della frequenza di risonanza del sito ( $f_0$ ). Tale frequenza dipende dalla profondità dell'interfaccia che genera il contrasto di impedenza (H) e dalla velocità media di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) nello strato superficiale secondo la formula  $f_0 = V_s/4H$ . Ciascun picco nel grafico H/V corrisponde ad un livello stratigrafico che presenta un contrasto di impedenza rispetto al livello sottostante. Maggiore è il contrasto di impedenza, maggiore è l'ampiezza attesa del picco H/V sebbene la relazione tra le due variabili non sia lineare. È ovvio che il numero di picchi visibili in un grafico HVSR dipende dal contrasto, dalla distanza tra le due discontinuità e dalla funzione di lisciamiento impiegata. Un contrasto basso tra due discontinuità vicine le renderà difficilmente individuabili singolarmente ed allo stesso tempo un lisciamiento ampio, agendo da filtro passa basso, renderà coalescenti le discontinuità minori. Per le stesse ragioni l'aumento del lisciamiento porta anche ad una diminuzione dell'ampiezza assoluta di ciascun picco.

Da ciò ne consegue che, a parità di  $V_s$  dello strato più superficiale, maggiore è la frequenza del picco di risonanza del sito e minore è la profondità della discontinuità che lo genera all'interno del sottosuolo. Viceversa, l'assenza di picchi di risonanza significativi sulla curva del rapporto spettrale H/V, potrebbe indicare sostanziale omogeneità all'interno del sottosuolo. Tale situazione si verifica o in siti su roccia o in siti in cui la velocità di propagazione delle onde di taglio aumenta gradualmente con la profondità, senza significative variazioni di impedenza all'interno dello stesso. Proprio in relazione a quest'ultima situazione, si segnala come il materasso ghiaioso quaternario che caratterizza il sottosuolo del settore meridionale di Susegana, profondo parecchi metri, arrivi ad avere in profondità una densità ed una rigidità comparabili col sottostante substrato pre-quaternario (conglomeratico e marnoso), per cui il passaggio tra i due non viene mai evidenziato da picchi significativi.

Un grandezza numerica fondamentale che si ottiene dalla misura del rumore è la frequenza di risonanza di sito  $f_0$  che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. La frequenza di risonanza di sito  $f_0$  o anche periodo fondamentale  $T_0$  ( $T_0 = 1 / f_0$ ) rappresenta, per un determinato terreno di copertura avente un dato spessore e un rapporto geometrico con il sottostante bedrock, la frequenza di "oscillazione critica" alla quale una determinata oscillazione sismica con la stessa frequenza (ovviamente se è presente nel treno di onde generate dal sisma) genera una amplificazione locale del moto sismico. Per tale ragione si dovranno adottare precauzioni nell'edificare edifici che abbiano una propria frequenza di vibrazione "risonanza" lontana da quella del sito, in modo da evitare effetti di "doppia risonanza" molto

pericolosi per la stabilità degli edifici. Da un punto di vista empirico, è noto infatti che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima istanza, secondo la formula di Pratt:

**Frequenza naturale dell'edificio  $\approx$  10 Hz/numero dei piani**

E' quindi la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

**Frequenza naturale dell'edificio  $\approx$  Frequenza fondamentale di risonanza del sito**

ad essere particolarmente pericolosa, poiché dà luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

Le prove HVSR a stazione singola sono state eseguite con un apparecchio portatile compatto (Tromino Micromed) che alloggia in un unico contenitore rigido metallico tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri), un digitalizzatore a 24 bit ed il sistema di archiviazione su flash memory. Per tutti i punti di misura si sono acquisite registrazioni della durata di 20-26 minuti ciascuna, campionate ad una frequenza di 128 Hz. Il software usato per la elaborazione è invece Grilla, sempre della Micromed.

Ad ogni prova attiva di tipo MASW è stata associata una o due prove HVSR, in modo da avere un confronto ed una verifica doppi. Ulteriori prove HVSR sono state poi registrate in singolo, in modo da coprire in maniera esaustiva il territorio di indagine.

Per le prove HVSR, al fine di consentire una rapida valutazione della bontà del dato, è stato utilizzato il metodo di controllo della qualità denominato SESAME. Il software Holisurface® scarta automaticamente le registrazioni in cui i primi tre parametri SESAME siano negativi e segnala eventuali negatività negli altri sei parametri che però si riferiscono ad un chiaro e pulito segnale del picco massimo piuttosto che a un segnale sporco.

## **6. MICROZONAZIONE SISMICA DI 2°/3° LIVELLO**

Il capitolo intende, sulla base degli scenari di pericolosità sismica presenti nel territorio, accorpate quanto fatto finora in modo da avere un quadro completo della situazione aggiornata.

Scopo del Livello 2 e 3 di approfondimento, secondo la DGRV 1572/2013, è di supplire le incertezze del Livello 1 con nuovi approfondimenti volti ad attribuire quantificazioni numeriche, tramite abachi e leggi empiriche a determinate aree soggette a modificazione locale del moto sismico in superficie e/o fenomeni di deformazione permanente.

Tale obiettivo si raggiunge prendendo in considerazione alcuni fattori di amplificazione e di instabilità e quantificandoli, per quanto possibile, in forma numerica stimando i fattori di amplificazione e i fattori di sicurezza.

In particolare, per gli scenari P3 e P4 (vedi in seguito) la quantificazione numerica degli effetti sarà rappresentata dai fattori amplificativi FA (fattore di amplificazione a basso periodo in termini di accelerazione) e FV (fattore di amplificazione a periodo proprio in termini di pseudo velocità),

calcolati tramite procedura semplificata, piuttosto che con abachi di amplificazione da ciglio di scarpata.

### 6.1 Metodologia di studio livello 2

Va ribadito che il livello 2 non ha coinvolto l'intera superficie del territorio comunale ma solo le parti interessate da insediamenti urbanistici significativi. Sono state tralasciate le porzioni collinari a settentrione del territorio comunale, alcuni solchi vallivi e declivi, anche perché le condizioni di inclinazione della superficie topografica, spesso superiore al 27% (15°), non avrebbe consentito l'applicazione dei metodi semplificati.

Sono state tralasciate anche ampie porzioni di territorio pianeggianti in cui però l'interesse urbanistico è certamente marginale: si tratta di aree agricole poco o nulla infrastrutturate e con al più qualche casa sparsa o piccoli nuclei abitati; in molti casi sono in continuità con le aree già tralasciate nel Livello 1 perché ricadenti all'interno del SIC/ZPS IT3240023 "Grave del Piave", come previsto dalla DGR n. 1896 del 14 ottobre 2014, allegato B.

Sulla base di quanto detto, come specificato anche nell'All. A della DGR 1572 del 03/09/2013, la procedura di microzonazione sismica viene applicata ai vari scenari di pericolosità sismica locale:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	<b>EFFETTI</b>
<b>P1 a</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	<i>Instabilità per frana</i>
<b>P1 b</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
<b>P1 c</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	<b>EFFETTI</b>
<b>P2 a</b>	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	<i>Instabilità per cedimenti e/o liquefazioni</i>
<b>P2 b</b>	Zona con depositi granulari fini saturi	
<b>P2 c</b>	Zona caratterizzate da coltri di terreni di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	<b>EFFETTI</b>
<b>P3 a</b>	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc..)	<i>Amplificazioni topografiche</i>
<b>P3 b</b>	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	<b>EFFETTI</b>
<b>P4 a</b>	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	<i>Amplificazioni litologiche e geometriche</i>
<b>P4 b</b>	Zona di fondovalle stretta ( $C > 0.25$ ) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale .	
<b>P4 c</b>	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio - lacustre	
<b>P4 d</b>	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loess )	
<b>P4 e</b>	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	<b>EFFETTI</b>
<b>P5 a</b>	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	<i>Comportamenti differenziali</i>
<b>P5 b</b>	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	

Sempre prendendo dal citato allegato A DGRV 1572/2013, “*Il risultato fondamentale del 2° livello è la CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (scala di rappresentazione adeguata, es. 1:5.000), ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.*

*La quantificazione numerica degli effetti sarà così rappresentata:*

- per gli scenari P1c e P2 da differenti parametri quantitativi;
- per gli scenari P3 e P4 dai fattori di amplificazione  $F_a$  e  $F_v$ .

*I valori dei fattori di amplificazione, ottenuti con la procedura semplificata di secondo livello per gli scenari P3 e P4, consistono nei valori di  $F_a$ , fattore di amplificazione a basso periodo, e di  $F_v$ , fattore di amplificazione a periodo proprio. Il primo corrisponde al fattore di amplificazione determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione. Il secondo corrisponde al fattore di amplificazione a periodo proprio per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità.”.*

Seguendo quindi le indicazioni previste dall'allegato A della DGR 1572/13 (ma con anche il riferimento degli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” nazionali) sono state analizzate le condizioni specifiche del territorio comunale individuando gli elementi oggetto di approfondimento nell'ambito della MS di livello 2° e dove necessario 3°.

In particolare, viste le condizioni oggettivamente peculiari del territorio comunale e del 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 viene esplicitata, per ogni singola tipologia di instabilità/amplificazione, la presenza sul territorio comunale, inteso come urbanizzato/urbanizzabile, e le procedure applicate nel presente studio, per le porzioni di territorio zonate.

<b>SIGLA</b>	<b>Scenario di pericolosità</b>	<b>Presenza nel territorio</b>	<b>Procedura utilizzata</b>
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	SI	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	SI	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	SI	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	SI	analisi di livello 2 con i dati disponibili, con definizione delle zone di suscettibilità.
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.
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.
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	NO	L'esame della morfologia e dei dati disponibili ha portato ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate
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 tale condizione per le aree urbanizzate
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	L'esame della morfologia e dei dati disponibili ha portato ad escludere tale condizione per le aree

			urbanizzate
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	NON significativa	L'esame della morfologia e dei dati disponibili sulla profondità del substrato ha portato ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate

Tab. 8: tabella dei scenari di pericolosità sismica individuati e discussi nel territorio di Susegana

## 6.2 Elaborati cartografici

Le attuali Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica riportate nella Deliberazione della Giunta Regionale N. 1572 del 03 settembre 2013 prevedono i contenuti degli studi di MS di livello superiore al 1° in termini di grafie e di elaborati da presentare, per i quali si farà riferimento alle Linee Guida Nazionali, che sono:

- **Carta delle Indagini:** la localizzazione delle indagini già elaborata per i precedenti studi è stata integrata ed aggiornata con le indagini effettuate per il presente studio
- **Carta delle Frequenze:** anche questa è stata integrata ed aggiornata con le indagini effettuate per il presente studio. La carta ricavata dalla precedente carta delle indagini riprendendo le sole indagini HVSR ed indicando in carta, per ciascun punto indagato, la frequenza del picco fondamentale  $f_0$  (considerata nell'intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 20 Hz) con la relativa misura del rapporto H/V da specifico grafico.
- **Carta di Microzonazione Sismica (FA e FV):** la carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione o di instabilità nelle zone individuate nella fase di livello 1. La carta è costruita sulla base dei valori di amplificazione del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale, ottenuti per ciascuna zona attraverso l'uso degli abachi e sulla base dei valori numerici attribuiti con le metodologie semplificate prescritte. Le zone di questa categoria saranno caratterizzate numericamente dai valori di FA e FV. La carta è un aggiornamento di quelle fatte precedentemente, con l'aggiunta dei dati di nuova acquisizione. Le aree zonate vengono estese in un ragionato intorno delle indagini, sulla base delle affinità geologiche riscontrate
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS:** da redigere in caso di eventuali modifiche da apportare alla carta MOPS di livello 1. Nel nostro caso è stata aggiornata solo per l'aggiunta delle nuove indagini

### 6.2.1 Carta delle Indagini

La carta delle indagini indica l'ubicazione delle stesse e la tipologia secondo gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.2). Nella carta delle indagini relativa al livello 2°/3° sono state inserite tutte le indagini a disposizione, da quelle pregresse a quelle fatte ad integrazione dei livelli superiori al 1°.

Dall'esame della carta emerge chiaramente come la maggior parte delle indagini sia concentrata all'interno dei centri abitati o nelle aree più prossime a questi o nelle aree caratterizzate da instabilità per cedimenti e/o liquefazioni o attraversate da Faglie Attive e Capaci. Le aree prettamente agricole sono quasi del tutto scoperte ma, in considerazione che la MS di livello superiore al 1° ha come obiettivo primario gli ambiti urbani, tale differenza può essere accettata.

Nell'ambito di alcune indagini pregresse (es. trincee con escavatore), pur a fronte di un discreto numero di indagini raccolte, appare evidente come la gran parte di esse corrispondano ad indagini che difficilmente possono raggiungere profondità significative dal punto di vista geofisico e di conseguenza, pur avendo un discreto significato dal punto di vista geotecnico, sono poco utili agli scopi tipici degli studi di Microzonazione Sismica e quindi nella carta sono state omesse.

### 6.2.2 Carta delle Frequenze naturali dei depositi

Questa viene costruita solo sulla base delle misure HVSR.

A causa dell'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, definendo la dimensione dei simboli in base all'ampiezza del picco di risonanza ed indicando, per ciascun punto indagato la frequenza del picco fondamentale  $f_0$  (considerata nell'intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 20 Hz) con la relativa misura H/V da specifico grafico.

In funzione di questi risultati dell'ampiezza H/V è possibile fornire indicazioni qualitative (e relative) sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture che ne sono responsabili.

Le misure inserite in carta sono in totale 49, comprese le 7 fatte recentemente per questo studio. Anche se discretamente numerose, a causa della elevata variabilità morfologica, geologica e litostratigrafica, assieme talora alle difficoltà interpretative delle prove stesse, non è stata prodotta una possibile

zonazione ad esempio basata sulle isofrequenze naturali. Per questa sarebbero necessarie molte più misure, eseguite in contesti temporali probabilmente diversi (es. di notte), con l'incertezza comunque dei risultati, a fronte di costi molto più elevati.

Si ritiene quindi più utile/efficiente che ulteriori indagini HVSR siano effettuate direttamente sui singoli siti oggetto di indagine in sede di progettazione in maniera che, nel tempo, la densità dei punti si infittisca fino ad avere una copertura completa del territorio. La carta infatti non ha una valenza temporale, ma in divenire.

Il metodo di acquisizione dei dati e la successiva elaborazione sono già stati descritti nel § 4.3.

Va innanzitutto specificato che le misure HVSR non forniscono dati di amplificazione sismica. Però in

$F_0$ (Hz)	h(m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

funzione della frequenza in Hz e dell'ampiezza H/V del picco di risonanza è possibile fornire indicazioni qualitative (e relative) sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture che ne sono responsabili, sulla base dell'esempio riportato nella tabella a lato (da Albarello 2011).

Naturalmente non è detto che il picco con la massima amplificazione corrisponda alla  $f_0$  che, generalmente, viene considerata corrispondente al picco a frequenza più bassa.

A questo punto può essere inserita una considerazione in merito all'interazione terreno-strutture edilizie in occasione di terremoto.

Per le costruzioni la situazione più pericolosa in termini di fenomeni di amplificazione si verifica quando la frequenza dell'eccitazione armonica ( $w$ ) è pari ad una delle frequenze fondamentali del terreno ( $w_n$ ). Quando si verifica tale condizione ( $w=w_n$ ) si ha la risonanza dello strato, ed il fattore di amplificazione è teoricamente infinito. E' quindi di fondamentale importanza porre attenzione ai fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei fabbricati.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

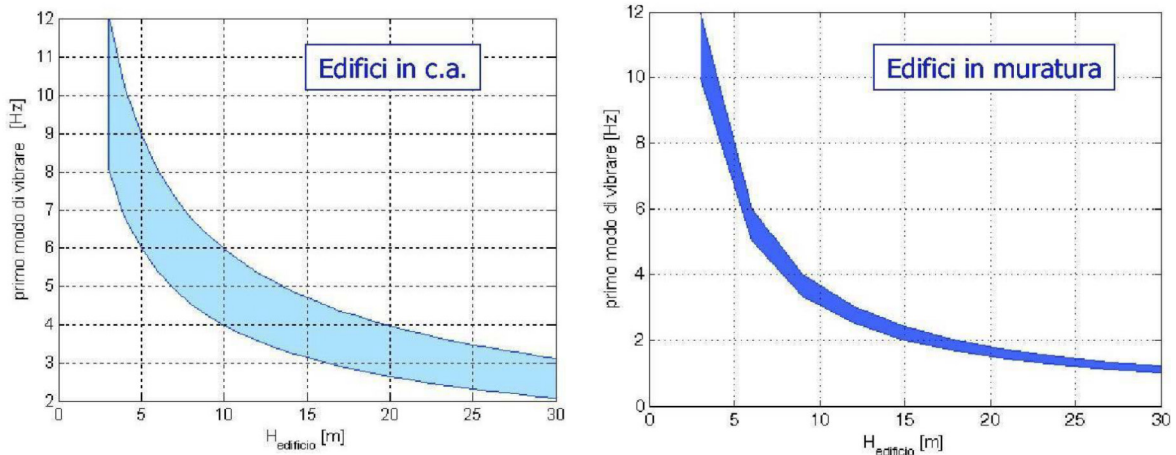
$$\text{Freq. naturale edificio} = 10 \text{ Hz} / \text{numero piani}$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$\text{Freq. naturale edificio} = \text{Freq. fondamentale di risonanza del sito}$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché dà luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

Di seguito due grafici che consentono una stima di massima degli intervalli di frequenza che danno i maggiori effetti sui fabbricati in relazione al numero di piani.



Dal punto di vista dell'utilizzo immediato, si può dire che bande di frequenza al di sotto di 1 Hz sono poco interessanti per gli edifici, mentre sono molto importanti dal punto di vista ingegneristico le frequenze comprese nella banda 2-8 Hz. Quelle al di sopra degli 8 Hz interessano maggiormente edifici bassi, ad 1 piano.

In parte i risultati delle prove HVSR sono già stati discussi nel § 4.5.

Val la pena però ripetere alcune considerazioni generali:

a) Sono stati misurati picchi di risonanza con elevata ampiezza nelle aree situate nella cintura settentrionale dell'abitato di Susegana. In questa fascia l'ampiezza dei picchi è risultata compresa tra 3,5 e 4,4, mentre le frequenze risultano comprese tra 3,8 e 5,8 Hz, rientrando quindi nell'ambito dei valori di interesse ingegneristico. I valori elevati di ampiezza sono probabilmente espressione di forti contrasti di impedenza sismica tra i terreni appartenenti alla copertura quaternaria ed il substrato terziario che subaffiora poco a monte (effetti di bordo). Dal punto di vista sismico l'esistenza di questi picchi di ampiezza elevata, indica la possibilità che si verifichino significativi fenomeni di amplificazione del moto sismico. Per quanto riguarda i picchi più elevati, maggiori di 6, registrati negli intorni del cento abitato di Susegana (prove P25, P26 e P27) a profondità elevate (frequenze attorno a 1 Hz), è probabile siano dovuti a disturbi locali, di natura antropica; le 3 prove mostrano in effetti una notevole direzionalità del segnale.

b) Lungo tutto il conoide ghiaioso del magafan del Piave, che comprende le frazioni di Colfosco, Ponte della Priula ed il settore centro meridionale di Susegana i picchi di risonanza sono più blandi con ampiezze comprese, mediamente, tra 2 e 3. Le frequenze oscillano tra 2 e 5 Hz circa.

Questi picchi sono stati interpretati come espressione del contatto tra la copertura alluvionale ed il sottostante substrato, probabilmente rappresentato da conglomerati. Non è detto però che gli orizzonti riflettenti non siano dovuti a livelli cementati delle ghiaie, peraltro documentati, ma nelle valutazioni poco cambia, infatti quello che conta è che ci possiamo aspettare fenomeni di amplificazione del moto sismico, anche se non eclatanti.

c) Laddove le misure di ampiezza sono risultate non interpretabili, oppure controverse rispetto a misure eseguite nel medesimo contesto, è stata riportata solo la prova senza valori di frequenza: è il caso ad esempio delle prove P19 e P39.






### 6.2.3 Carta di Microzonazione Sismica

La Carta di Microzonazione Sismica costituisce il documento fondamentale del livello 2 e 3 di approfondimento. Tale carta deve essere redatta ad una scala adeguata di rappresentazione (nel nostro caso 1:5.000). La carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione o di instabilità nelle zone individuate nello studio di microzonazione di primo livello.

La carta è costruita sulla base dei valori di amplificazione ottenuti per ciascuna zona attraverso l'uso di specifici abachi e sulla base dei valori numerici attribuiti con le metodologie semplificate descritte nei par.3.2.4.1, par.3.2.4.2, par.3.2.4.3, par.3.2.5 nell' Allegato A della DGR 1572/13 e dalla versione 4.21 delle grafie di rappresentazione di ICMS. Nella carta e nella relativa legenda esplicativa sono contemplate due tipologie di zone; queste sono:

a) **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 saranno caratterizzate numericamente dai valori di FA e FV dedotti dagli abachi e dalle tabelle. Nello studio di microzonazione di primo livello erano state identificate le seguenti 5 zone:




## Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  Zona 1: Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghiaioso e sabbiosa. Geomorfologicamente appartiene al *megafan* del Piave. Le velocità sismiche evidenziate dalle prove lineari sono sempre piuttosto elevate i cui valori di Vs risultano compresi tra 400 m/s e 600 m/s.
-  Zona 2: Materiali fluvioglaciali a tessitura prevalentemente sabbiosa. Terreni delle alluvioni fluvioglaciali a tessitura sabbioso ghiaiosa con percentuali variabili di limo. Lo scheletro può divenire localmente abbondante. In genere poggiamo direttamente sul substrato terziario
-  Zona 3: Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limoso argillosa. terreni a granulometria medio grossa ed addensati, alternati ed interdigerati a terreni a grana fina di media consistenza e di origine colluviale, ricoperti da una coltre prevalentemente argillosa residuale di dilavamento dei rilievi collinari.
-  Zona 4: Materiali della copertura eluviale e colluviale che rivestono il substrato della fascia collinare. Si tratta di materiali spesso eterogenei, anche se hanno in genere frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o blocchi lapidei.
-  Zona 5: Materiali del substrato roccioso terreni della fascia collinare, in quanto all'interno di questi gli spessori della copertura, ove presente, sono assai ridotti, ed il substrato affiora abbondantemente




- b) **Zone suscettibili di instabilità** nelle quali gli effetti sismici attesi sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio. Nello studio di microzonazione di primo livello erano state identificate le seguenti criticità:

Nella carta MOPS:

### Zone di attenzione per instabilità

-  Z<sub>AR</sub> – Zona 4 di Attenzione per instabilità di versante
-  Z<sub>AR</sub> – Zona 5 di Attenzione per instabilità di versante
-  Z<sub>LQ</sub> – Zona di Attenzione per liquefazione

### Forme di superficie e sepolte

-  Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)
-  Cresta
-  Area con cavità sepolte/doline/sinkhole

**Inoltre nella carta CGT erano stati riconosciuti i seguenti Elementi tettonico strutturali:**

### Elementi tettonico strutturali

- Faglia trascorrente/obliqua non attiva (incerta)
- ▲▲▲▲ Faglia potenzialmente attiva e capace inversa (incerta)
- === Faglia non attiva cinematisimo non definito

Gli scenari di pericolosità sismica collegati a questi elementi sono riportati nella tabella 8.

#### 6.2.3.1 Valutazione degli effetti litologici/stratigrafici

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente indica che per la microzonazione di livello 2, si possa far 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 FA ed FV così definiti

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

Gli abachi assumono l'ipotesi che il sottosuolo sia assimilabile ad una successione di strati approssimativamente piano paralleli, con modeste irregolarità morfologiche. Per la parte di territorio zonata si ritiene che questa condizione sia, in genere, rispettata per i seguenti motivi:

1. La giacitura del substrato geologico è da orizzontale a sub orizzontale e la coltre di copertura è generalmente all'incirca parallela all'andamento del substrato; in questa maniera si determinano delle successioni stratigrafiche all'incirca piano parallele.
2. All'interno dell'area zonata le pendenze sono quasi dappertutto inferiori a 15° e quindi, da D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018 paragrafo 3.2.2, è possibile applicare i metodi semplificati in luogo del calcolo della Risposta Sismica Locale. Le poche aree/fasce con pendenza superiore a 15° sono relegate ad ambiti collinari di limitata estensione oppure si riferiscono alle estese scarpate, in larga parte non zonate, che bordano i rilievi collinari, occupate principalmente dal bosco e secondariamente da coltivazioni.

Pertanto, per la valutazione dell'amplificazione stratigrafica verrà impiegato il metodo semplificato basato sugli abachi, assumendo comunque condizioni ampiamente cautelative in termini di gradiente di velocità e di litologia prevalente.

Gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di ag: 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per il Comune di Farra di Soligo sono stati utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,26g, considerato che l'accelerazione prevista per il comune è 0,239 g.

Per la valutazione di FA ed FV a partire dagli abachi 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 (o geologico). 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 nessuno dei sondaggi sismici eseguiti ha mostrato profilo costante mentre in molti casi si è visto il profilo intermedio ed in altri, in numero decisamente minoritario, con brusco aumento di velocità. Quindi è stato utilizzato il profilo con gradiente intermedio che risulta essere, comunque, piuttosto cautelativo.

Infine, per quanto riguarda la litologia gli abachi nazionali prevedono soltanto tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille; le litologie prevalenti nel territorio comunale sono quelle granulari grossolane e quindi si è fatto riferimento agli abachi relativi alle ghiaie, tranne che per le due microzone 2003 e 2004 per le quali sono prevalenti i terreni coesivi e quindi è stato usato l'abaco relativo alle argille. Di seguito le due coppie per ogni litologia di abachi utilizzati.

Nelle due carte delle FA e FV i valori "border line" sono stati inglobati nella categoria inferiore o superiore, mentre i valori decisamente "anomali" non sono stati considerati. Questo per dare più omogeneità alle carte, facendo prevalere le caratteristiche geologico deposizionali sulle misure incongruenti.

## Fattore di amplificazione

FA

## Tipo di terreno

Ghiaia

 $a_g$  (g)

0.26g

## Profilo di velocità

Lineare pendenza intermedia

	$V_{SH}$ (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
<b>H</b>											
5	-	1.80	1.74	1.60	1.38	1.21	1.10	1.05	1.01	1.01	
10	-	-	2.02	1.70	1.47	1.33	1.25	1.17	1.06	1.02	
15	-	-	-	1.93	1.69	1.51	1.37	1.25	1.12	1.04	
20	-	-	-	1.97	1.79	1.62	1.47	1.35	1.18	1.06	
25	-	-	-	1.87	1.79	1.64	1.51	1.39	1.21	1.08	
30	-	-	-	1.74	1.69	1.62	1.50	1.40	1.22	1.09	
35	-	-	-	1.59	1.60	1.54	1.48	1.39	1.22	1.09	
40	-	-	-	1.50	1.52	1.48	1.41	1.36	1.21	1.09	
50	-	-	-	1.42	1.39	1.32	1.31	1.27	1.17	1.07	
60	-	-	-	1.33	1.33	1.30	1.22	1.18	1.12	1.04	
70	-	-	-	-	1.27	1.26	1.22	1.15	1.06	1.00	
80	-	-	-	-	1.21	1.20	1.19	1.15	1.04	0.98	
90	-	-	-	-	1.14	1.15	1.15	1.12	1.04	0.96	
100	-	-	-	-	1.08	1.10	1.11	1.09	1.03	0.95	
110	-	-	-	-	1.02	1.06	1.06	1.05	1.01	0.95	
120	-	-	-	-	0.97	1.01	1.03	1.03	0.99	0.93	
130	-	-	-	-	0.91	0.97	0.99	0.99	0.97	0.92	
140	-	-	-	-	0.91	0.94	0.96	0.97	0.94	0.91	
150	-	-	-	-	0.87	0.91	0.93	0.94	0.93	0.89	

## Fattore di amplificazione

FV

## Tipo di terreno

Ghiaia

 $a_g$  (g)

0.26g

## Profilo di velocità

Lineare pendenza intermedia

	$V_{SH}$ (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
<b>H</b>											
5	-	1.05	1.04	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	
10	-	-	1.17	1.07	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00	
15	-	-	-	1.24	1.14	1.09	1.05	1.03	1.02	1.01	
20	-	-	-	1.53	1.28	1.18	1.11	1.08	1.03	1.01	
25	-	-	-	1.81	1.47	1.29	1.19	1.12	1.07	1.02	
30	-	-	-	2.06	1.65	1.42	1.28	1.19	1.09	1.03	
35	-	-	-	2.25	1.84	1.54	1.37	1.25	1.11	1.04	
40	-	-	-	2.29	1.96	1.66	1.46	1.32	1.14	1.07	
50	-	-	-	2.12	2.02	1.80	1.59	1.43	1.21	1.09	
60	-	-	-	2.10	1.86	1.79	1.65	1.49	1.26	1.11	
70	-	-	-	-	1.88	1.68	1.61	1.51	1.29	1.12	
80	-	-	-	-	1.88	1.69	1.53	1.46	1.29	1.13	
90	-	-	-	-	1.91	1.69	1.54	1.41	1.27	1.13	
100	-	-	-	-	1.88	1.69	1.53	1.43	1.24	1.09	
110	-	-	-	-	1.84	1.68	1.53	1.41	1.22	1.09	
120	-	-	-	-	1.77	1.68	1.53	1.40	1.23	1.10	
130	-	-	-	-	1.74	1.64	1.53	1.42	1.23	1.10	
140	-	-	-	-	1.73	1.60	1.51	1.42	1.22	1.10	
150	-	-	-	-	1.74	1.57	1.48	1.40	1.23	1.09	

**Fattore di amplificazione** **Tipo di terreno**  **$a_g$  (g)** **Profilo di velocità**  
*FA* Argilla 0.26g Lineare pendenza massima

	$V_{SH}$ (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
<b>H</b>	5	2.51	2.47	1.87	1.42	1.22	1.10	1.05	1.02	1.01	1.00
	10	-	2.73	2.58	2.18	1.82	1.56	1.35	1.22	1.06	1.01
	15	-	3.15	2.83	2.28	1.86	1.58	1.41	1.27	1.10	1.03
	20	-	3.32	3.06	2.55	2.04	1.70	1.48	1.32	1.14	1.04
	25	-	3.18	3.28	2.70	2.15	1.81	1.58	1.40	1.18	1.06
	30	-	3.17	3.33	2.81	2.27	1.90	1.65	1.47	1.22	1.07
	35	-	-	3.21	2.87	2.32	1.96	1.70	1.51	1.24	1.08
	40	-	-	3.22	2.83	2.34	1.97	1.71	1.52	1.26	1.08
	50	-	-	3.01	2.74	2.28	1.97	1.72	1.52	1.27	1.09
	60	-	-	2.92	2.67	2.19	1.87	1.69	1.51	1.25	1.08
	70	-	-	2.74	2.57	2.14	1.83	1.61	1.47	1.24	1.07
	80	-	-	2.64	2.46	2.08	1.80	1.58	1.42	1.21	1.06
	90	-	-	2.48	2.36	2.02	1.76	1.57	1.41	1.19	1.04
	100	-	-	2.28	2.28	1.96	1.72	1.54	1.39	1.18	1.03
	110	-	-	2.20	2.19	1.91	1.68	1.51	1.37	1.16	1.02
	120	-	-	2.19	2.10	1.85	1.65	1.48	1.35	1.15	1.01
130	-	-	2.09	2.01	1.80	1.61	1.45	1.33	1.13	1.00	
140	-	-	1.99	2.00	1.75	1.57	1.42	1.30	1.12	0.99	
150	-	-	1.90	1.93	1.69	1.54	1.39	1.28	1.11	0.98	

**Fattore di amplificazione** **Tipo di terreno**  **$a_g$  (g)** **Profilo di velocità**  
*FV* Argilla 0.26g Lineare pendenza massima

	$V_{SH}$ (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
<b>H</b>	5	1.09	1.05	1.03	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	-	1.21	1.08	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00
	15	-	1.91	1.27	1.14	1.07	1.05	1.03	1.02	1.01	1.00
	20	-	2.60	1.77	1.26	1.16	1.08	1.05	1.04	1.02	1.01
	25	-	2.97	2.33	1.59	1.26	1.17	1.11	1.08	1.03	1.01
	30	-	3.46	2.63	1.97	1.43	1.25	1.17	1.11	1.04	1.02
	35	-	-	2.94	2.18	1.65	1.33	1.23	1.16	1.08	1.02
	40	-	-	3.26	2.40	1.80	1.46	1.29	1.20	1.09	1.03
	50	-	-	3.83	2.82	2.11	1.68	1.45	1.30	1.13	1.04
	60	-	-	3.91	3.20	2.40	1.89	1.59	1.40	1.19	1.07
	70	-	-	3.72	3.29	2.57	2.06	1.72	1.50	1.23	1.08
	80	-	-	3.54	3.22	2.60	2.14	1.80	1.56	1.26	1.09
	90	-	-	3.68	3.07	2.55	2.16	1.84	1.61	1.29	1.10
	100	-	-	3.68	2.99	2.45	2.13	1.85	1.62	1.30	1.11
	110	-	-	3.68	3.08	2.39	2.07	1.82	1.62	1.31	1.11
	120	-	-	3.63	3.10	2.42	2.01	1.79	1.60	1.30	1.11
130	-	-	3.56	3.08	2.45	2.02	1.75	1.57	1.30	1.08	
140	-	-	3.45	3.09	2.45	2.04	1.73	1.55	1.29	1.08	
150	-	-	3.39	3.05	2.47	2.05	1.76	1.54	1.28	1.07	

La stima dei fattori di amplificazione litostratigrafici è stata ottenuta a partire dal profilo delle  $V_s$  ricavato dalle indagini MASW a disposizione provenienti dai vari livelli finora studiati. La stima dello spessore dei depositi quaternari è stato desunto dall'interpolazione dei dati geofisici sopra citati, nonché dall'osservazione delle prove pregresse utili allo scopo a disposizione.

Le diverse indagini geofisiche forniscono dettagli differenti rispetto ai risultati e pertanto, questi ultimi, devono essere adattati al relativo modello geologico. In particolare, attraverso il modello geologico del sito, si schematizza l'andamento del profilo di velocità delle  $V_s$  con la profondità, in

ogni unità geologico-geofisica individuata che deve avere almeno uno spessore  $h \geq 3$  m e una differenza di  $V_s$  con l'unità contigua di almeno 50 m/s, arrotondando, in genere, i singoli valori di  $V_s$  alla decina.

Nel caso in cui l'indagine geofisica evidenzi la presenza di un'unità sismica con  $V_s > 700$  m/s per uno spessore almeno di 10 m, tale unità rappresenta il substrato rigido; nel caso in cui l'indagine geofisica non evidenzi la presenza di un'unità sismica con  $V_s > 700$  m/s ci si basa sul modello geologico del sito. Se il modello permette di assegnare una profondità al substrato rigido vengono estrapolati i dati sperimentali fino a tale profondità, utilizzando un gradiente di  $V_s$  di tipo lineare; se, al contrario, il modello geologico non permette di assegnare una profondità al substrato rigido, in via cautelativa, si devono considerare solo i dati sperimentali, assegnando implicitamente il substrato rigido alla profondità di fine indagine che, usualmente è posta attorno ai 30 m di profondità.

Riassumendo, pur nella consapevolezza che l'utilizzo degli abachi degli ICMS presenta dei limiti, le scelte delle tabelle per il calcolo dei fattori di amplificazione sono state fatte con criteri cautelativi assumendo il profilo intermedio di velocità e la litologia prevalente ghiaie e subordinata argille.

In molti casi il substrato geologico non raggiunge la velocità  $V_s$  prossima od uguale a 800 m/s (substrato sismico). L'utilizzo degli abachi in questi casi non sarebbe corretto poiché com'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, come previsto dagli stessi ICMS utilizzando velocità e spessori apparenti e maggiorando il risultato del 10%. Ovviamente l'incremento del 10% non viene fatto se il substrato è a velocità di 800 m/s o più.

Nella tabella seguente sono riportati i dati di nuova acquisizione che permettono di valutare i relativi Fattori di amplificazione FA e FV ad integrazione di quelli esistenti che vengono confermati:

indagine MASW		Vsh m/s	Profondità substrato m	Vs substrato m/s	Vs30 m/s	Fa	Fv	Fa +10%	Fv +10%
Via Ex Bombardieri	L1 ÷ L3	500				1,2	1,5		
Via Boscariol	L4 ÷ L6	480				1,2	1,5		
Via Guido Rossa	L7 ÷ L9	480				1,1	1,4		
Via Maglio	L10 ÷ L12	500				1,1	1,5		
Via Degli Alpini	L13 ÷ L15	520				1,4	1,2		
Via Casoni	L16 ÷ L18	500				1,3	1,7		
Vicolo Ruio	L19 ÷ L21	550				1,2	1,5		
Strada Collalto	L22 ÷ L24	400				1,6	1,3		
Via Crevada	L25 ÷ L27	420				1,8	1,3		
Via Zanchetta Est	L28 ÷ L30	470				1,5	1,2		
Via Passo Barca	L31 ÷ L33	400				1,2	1,5		
Vai Montale	L34 ÷ L36	440				1,2	1,5		
Via San Salvatore	L37 ÷ L39	415				1,6	1,2		
Via Morgante I	L40 ÷ L42	360				1,7	1,6		
Via Ex internati	L43 ÷ L45	350				1,8	1,3		
Via Vigna	L46 ÷ L47	530				1,4	1,1		
Via Maglio	L48 ÷ L49	460				1,6	1,3		
Via Val Longa	L50 ÷ L51	600				1,6	1,1		
Via Foresto Sud 1	L52	550				1,1	1,4		
Via Foresto Sud 2	L53	600				1,1	1,4		
Collalto	L57	400	7	800	484	1.0	1.1		
Crevada	L58	343			343	2.3	1.4	2.5	1.6
Via Mandre	L59	622			622	1.2	1.1	1.3	1.2
Via Barca	L60	478			478	1.0	1.8		
Via Foresto	L61	335			335	2.2	1.5	2.4	1.5
Via Fornace Vecchia	L62	510			510	1.4	1.2	1.5	1.3
Via San Daniele	L63	453			453	1.4	1.2	1.5	1.3

Tab. 9: valori di Fa e Fv ricavati dagli abachi. In grigio le 7 prove nuove

### 6.2.3.2 Valutazione degli effetti morfologici

Il territorio collinare di Susegana è caratterizzato dalla presenza di numerose variazioni morfologiche dettate dalla presenza di orizzonti litologici a diverso grado di resistenza che, grazie alla loro tenacità, rappresentano delle condizioni litologiche e stratigrafiche tali da poter generare scarpate, in alcuni casi anche acclivi, e dorsali o creste più o meno arrotondate.

Una considerazione merita però il fatto che la maggior parte del territorio collinare risulta non o poco urbanizzato e pertanto non viene zonato nel presente Livello 2. Fanno eccezione i borghi di Collalto, Crevada e castello di San Salvatore, per i quali si è deciso di procedere comunque con il calcolo dell'amplificazione topografica, oltre che stratigrafica.

Per gli interventi che ricadono entro le fasce con inclinazione superiore a 15°, oltre al fattore di amplificazione stratigrafico dovrà essere applicato anche il fattore di amplificazione topografico  $S_t$  del D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018. Naturalmente la condizione di inclinazione superiore al valore-soglia deve estendersi per almeno un centinaio di metri rispetto al sito di applicazione del calcolo: in altre parole non si applica per i pendii di limitata estensione, dell'ordine delle decine di metri.

Per gli elementi morfologici compresi nell'area zonata al livello 2, partendo dalle forme segnalate nello studio di MS di livello 1, la valutazione è stata compiuta tramite l'analisi della CTR che, pur con i limiti di precisione propri di questo supporto, ha permesso di effettuare stime e valutazioni sugli eventuali effetti legati alle amplificazioni di tipo morfologico. Per le sezioni di verifica delle 3 località, è stata compiuta anche una ricognizione sul posto per verificare la corretta rispondenza di quanto cartografato con lo stato dei luoghi.

Come si vede, i valori dei fattori di amplificazione sono molto diversi in funzione della posizione del punto di misura. Si possono azzardare alcune semplici considerazioni:

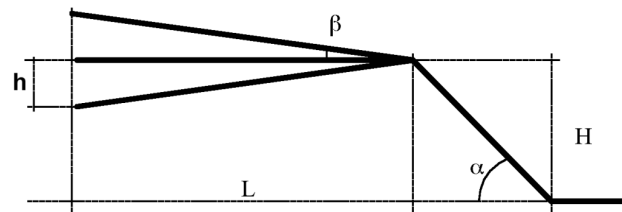
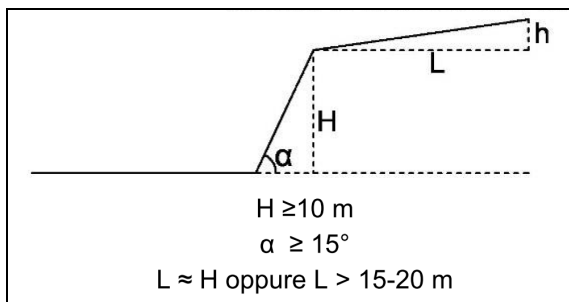
- Nei territori di pianura aperta (zona Ponte della Priula), i valori di FA si mantengono su valori relativamente bassi, compresi tra 1,1 e 1,2. Questo indica che il materasso alluvionale è piuttosto compatto ed omogeneo.
- Avvicinandosi alla fascia pedecollinare i valori di FA tendono a crescere ma con andamento irregolare, e ciò ben si accompagna con la variabilità stratigrafica.

I valori ricavati dalle indagini confermano quanto già detto nel § 4.5, ovvero che il substrato roccioso che caratterizza tutto il territorio e costituito da un'alternanza di conglomerati e lenti, talora di spessore plurimetrico, di marne ed argille (Formazione del Conglomerato del Montello), da numerosissime esperienze personali, presenta velocità sismiche alquanto disperse, ma che raramente superano i 500-600 m/s. Questo spiega la notevole differenza tra la carta di MSII e la Geologico Tecnica, in quanto le varie litologie hanno una componente piuttosto ridotta nel controllo della distribuzione del campo di velocità. Per evidenziare meglio questo fatto nella carta di MSII sono stati inseriti anche i valori di FA e FV ricavati dalle indagini lineari.

Va comunque detto che in generale non si hanno amplificazioni eclatanti, e questo giustifica il basso risentimento storico registrato nel territorio comunale meridionale (fig. 11b) in occasione di terremoti. Le notevoli amplificazioni nella zona di Crevada (misura 9) e della fascia pedecollinare (misura 15), confermano il sospetto di “effetti di bordo” che possono interessare la fascia pedecollinare di Susegana e le zone intravallive di Crevada.

*Zona di scarpata- scenario P3a*

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.



Fattore di amplificazione per effetto morfologico			
Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Fa 0.1-0.5	Area di influenza
10 m < H < 20 m	15° < α < 90°	1.1	Ai = H
20 m < H < 40 m	15° < α < 90°	1.2	Ai = 3/4 H
H > 40 m	15° < α < 20°	1.1	Ai = 2/3 H
	20° < α < 40°	1.2	
	40° < α < 60°	1.3	
	60° < α < 70°	1.2	
	α > 70°	1.1	

In pratica l’altezza deve essere maggiore di 10 metri e contemporaneamente l’angolo del pendio deve superare i 15°, inoltre il fronte superiore deve essere pari almeno all’altezza della scarpata o comunque non inferiore ai 15-20 metri. Per essere considerate scarpate inoltre bisogna che l’angolo di pendio sia almeno 5 volte l’inclinazione della superficie superiore (β inferiore o uguale ad un quinto di α) e h minore ad un terzo di H. I fattori di amplificazione legati alle caratteristiche geometriche

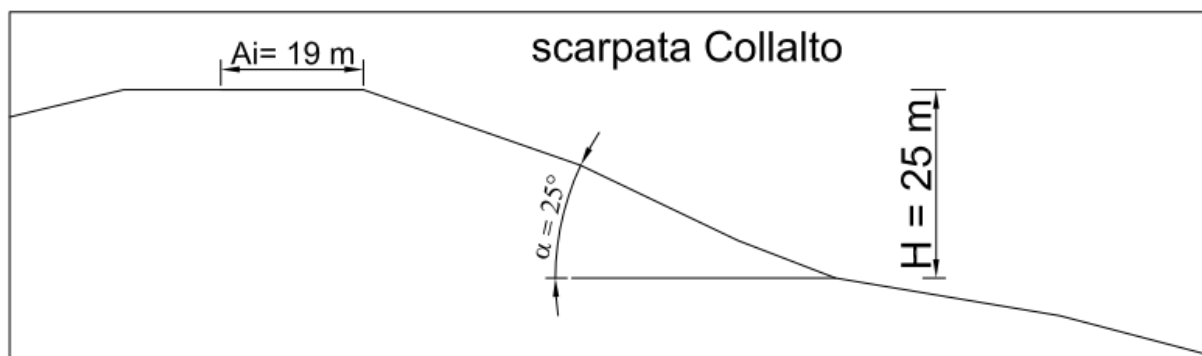
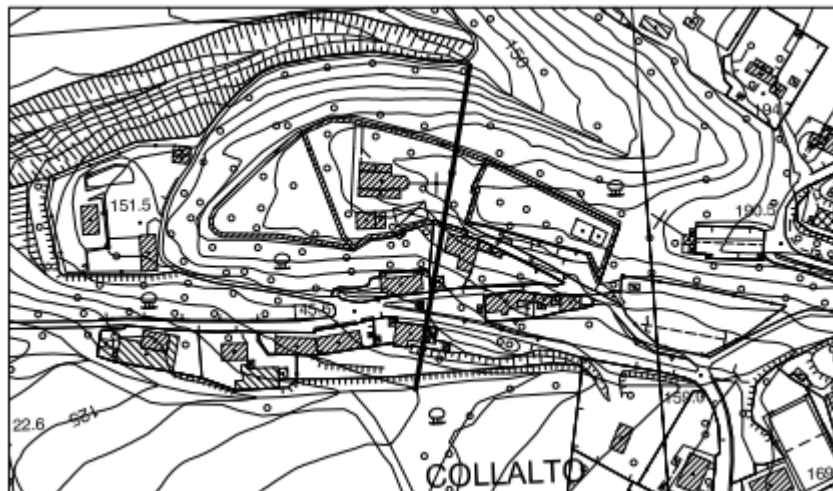
delle scarpate sono riassunte nella tabella a lato.

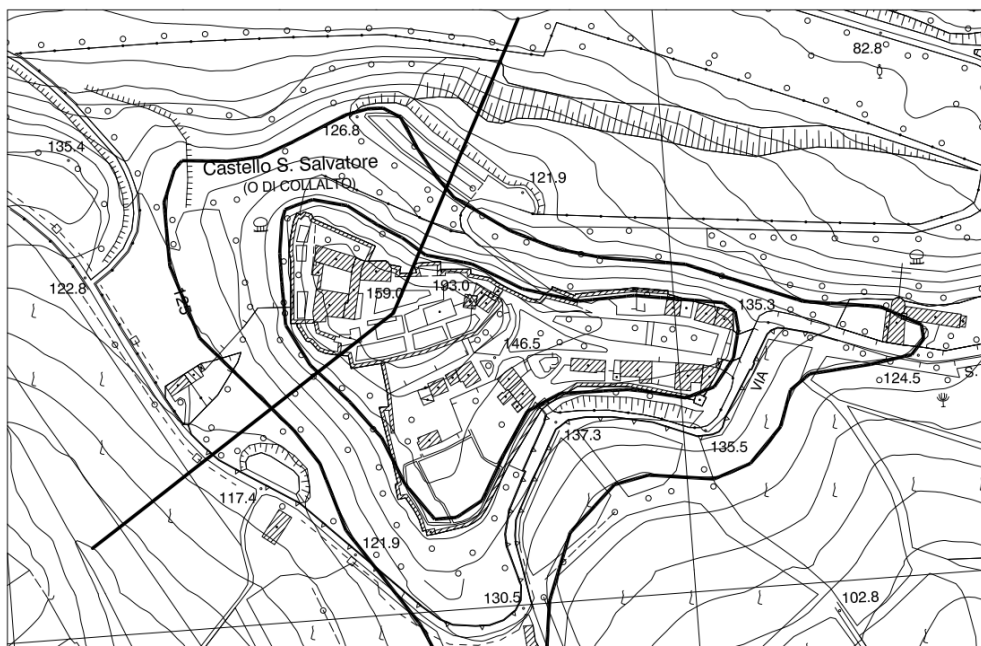
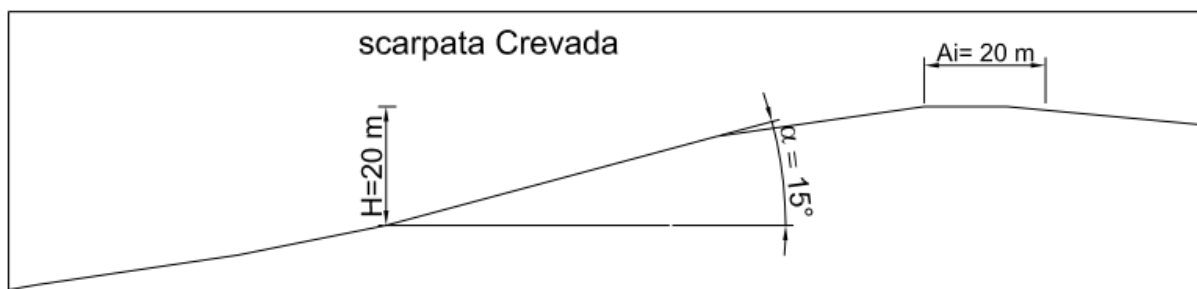
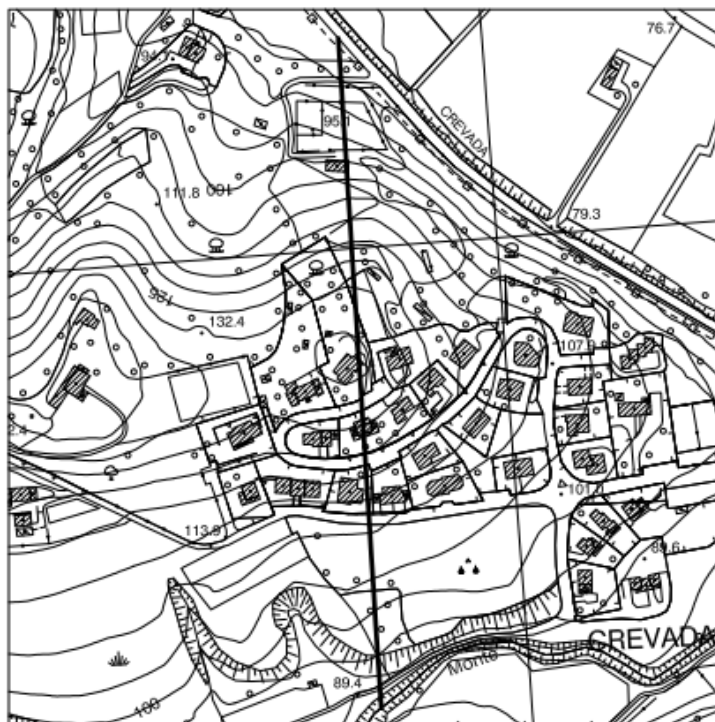
L’abaco delle scarpate fornisce per ciascuna classe altimetrica (H) e classe di inclinazione (α) il valore di Fa per l’intervallo di periodo 0,1-0,5 secondi e il valore della relativa area di influenza (Ai). Il valore di Fa determinato è assegnato al ciglio del fronte superiore, mentre all’interno della relativa area di influenza, il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario. Lungo la scarpata principale è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario alla base del fronte stesso.

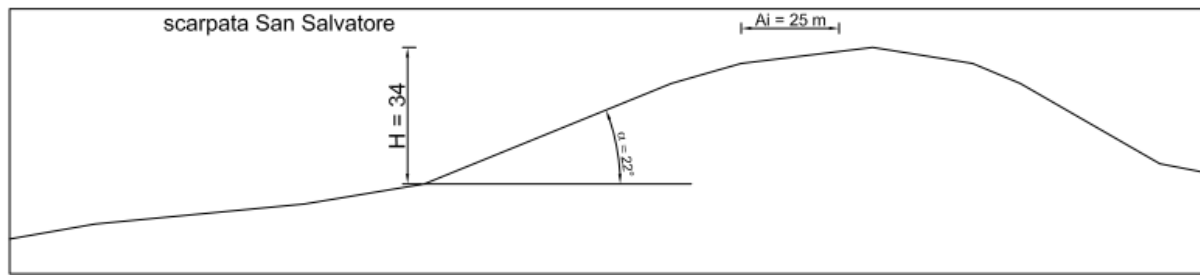
Nei casi di scarpate in roccia il valore del fattore di amplificazione è sufficientemente rappresentato dal valore di  $F_a$  per effetti morfologici. Per le scarpate in terra invece il fattore di amplificazione morfologica andrà moltiplicato per il fattore di amplificazione litologica.

Venendo allo specifico di Susegana, si osserva nella carta MOPS sono state recepite le scarpate derivate dalla CGT\_MS, a sua volta ricavate dalla carta geomorfologica del PAT. Le morfologie di scarpata sono essenzialmente dovute alla presenza di consistenti banconi di conglomerato, che però raramente superano i 5-6 m di altezza. Inoltre i banconi sono quasi sempre inseriti nel contesto collinare, e praticamente mai incombenti centri abitati, per cui nelle situazioni segnalate nella carta viene tralasciata l'analisi di 2° livello.

Vengono invece qui prese in considerazione la dorsale di Collato, quella di Crevada e quella del Castello di San Salvatore, i cui tre profili sono stati segnalati nella MOPS per gli approfondimenti topografici. Per le medesime è stato riconosciuto uno scenario P3b relativo alle creste. L'approfondimento del secondo livello per questo scenario verrà svolto nel paragrafo successivo, mentre in questo viene svolto quello relativo alle scarpate. Le scarpate considerate sono state solo quelle del versante interessato dall'edificato (quello meridionale per tutte le dorsali – vedi fig. 19).







**Fig. 19: analisi delle scarpate urbanizzate di Collalto, Crevada e San Salvatore per le considerazioni di 2° livello scenario P3a**

I profili topografici di fig. 19 relativi al sito, consentono di ricavare le principali caratteristiche geometriche e quindi applicare gli abachi di riferimento per il calcolo dei fattori di amplificazione. Nell'analisi si considera che il pendio sia costituito da terre, condizione questa più cautelativa visto che poi il fattore amplificativo morfologico andrà moltiplicato per quello litologico. Sotto viene esplicitato il calcolo dell'amplificazione locale.

Scarpata	Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Fa 0.1-0.5	Area di influenza
Collalto	20 m < H < 40 m	15° < α < 90°	1.2	Ai = ¾ H
Crevada	10 m < H < 20 m	15° < α < 90°	1.1	Ai = H
San Salvatore	20 m < H < 40 m	15° < α < 90°	1.2	Ai = ¾ H

Per la scarpata di Collalto e San Salvatore l'abaco fornisce un valore di Fa per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s di 1,2 ed un valore della relativa area di influenza (Ai) di 19 e 25 m rispettivamente pari a ¾ dell'altezza H della scarpata.

Per la scarpata di Crevada l'abaco fornisce un valore di Fa per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s di 1,1 ed un valore della relativa area di influenza (Ai) di 20 m pari all'altezza H della scarpata.

In pratica il valore di Fa determinato è assegnato al ciglio della scarpata, mentre all'interno della relativa area di influenza, il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario al piede dei versanti e al limite della fascia di influenza.

Operativamente: per la scarpata di Collalto e San Salvatore se il valore in cresta è 1,2, al piede del pendio sarà 1,0; divido il versante, dalla cresta al piede, in due fasce di pari larghezza attribuendo 1,2 a quella superiore e 1,1 a quella inferiore; stessa cosa per la fascia di influenza, per la scarpata di Crevada essendo il valore in cresta 1,1 esso si estenderà sull'intera cresta fino al piede e fino al limite dell'area di influenza.

#### 4.3.1.1.1 Zona di cresta e/o cocuzzolo- scenario P3b

Come anticipato nell'analisi della PSL del 1° livello, entro il comune di Susegana sono state riconosciute solo tre aree con caratteristiche geometriche riconducibili a questa fattispecie: quella del centro storico di Collalto, quella dell'abitato di Crevada e quella del Castello di San Salvatore. Esse infatti superano i parametri dimensionali per creste/dorsali suscettibili di amplificazione, per i quali è richiesta l'analisi di 2° livello.

Secondo la DGR 1572/2013 (fig. 2), sono da considerare creste quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo ( $h$ ) maggiore od uguale a un terzo del dislivello altimetrico massimo ( $H$ ) ed inclinazione dei versanti maggiore o uguale a  $15^\circ$ . Inoltre seguendo gli abachi si possono distinguere:

- CRESTE APPUNTITE: rilievi caratterizzati da una larghezza in cresta ( $l$ ) molto inferiore alla larghezza alla base ( $l < 1/3 L$ ). In questa classe ricade la dorsale di Collalto.
- CRESTE ARROTONDATE: rilievi caratterizzati da una larghezza in cresta paragonabile alla zona di cresta è pianeggiante o sub pianeggiante con inclinazioni inferiori a  $10^\circ$  ( $\beta_1$  e  $\beta_2 < 10^\circ$ ). In questa classe ricade la dorsale di Crevada.

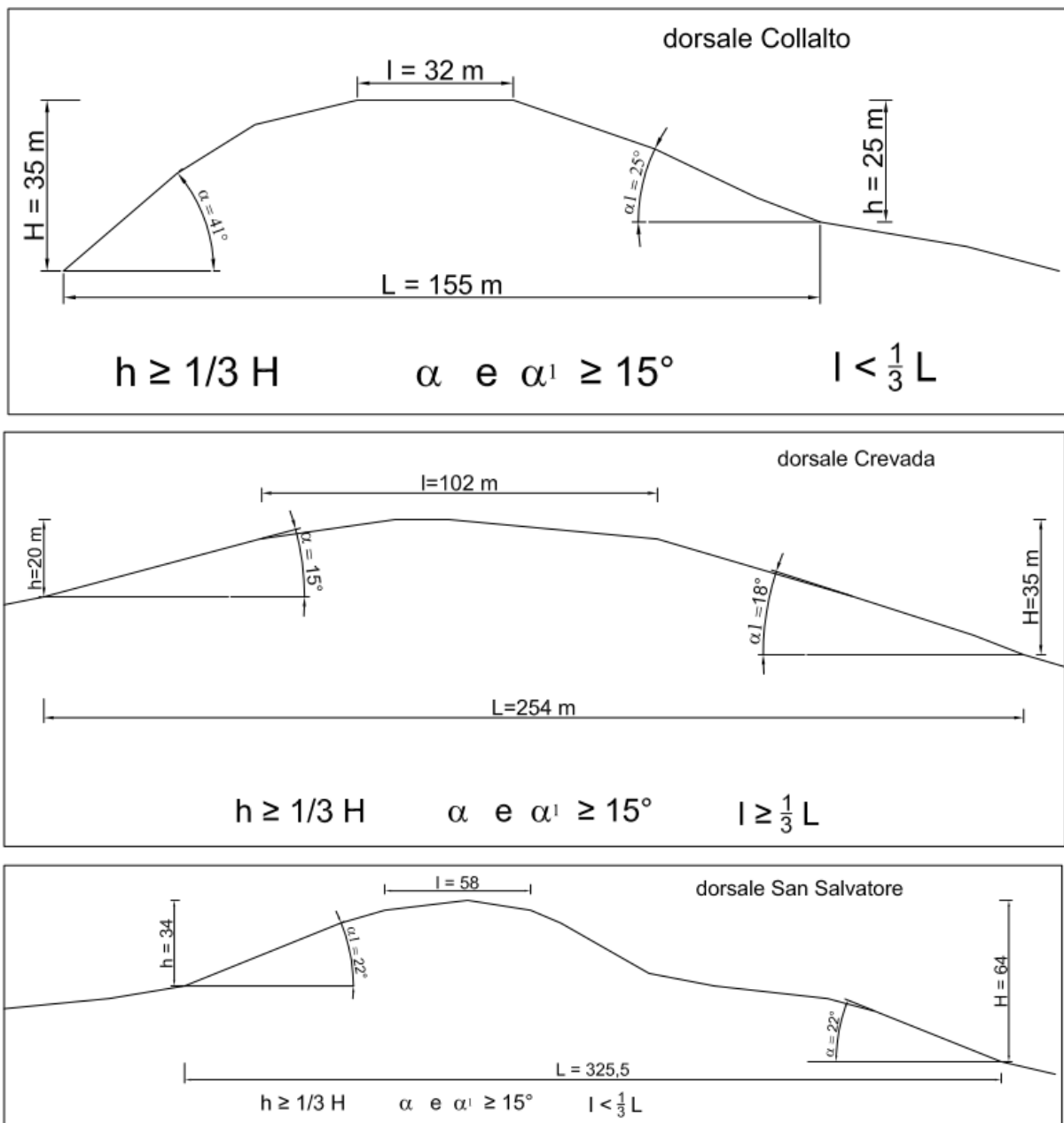


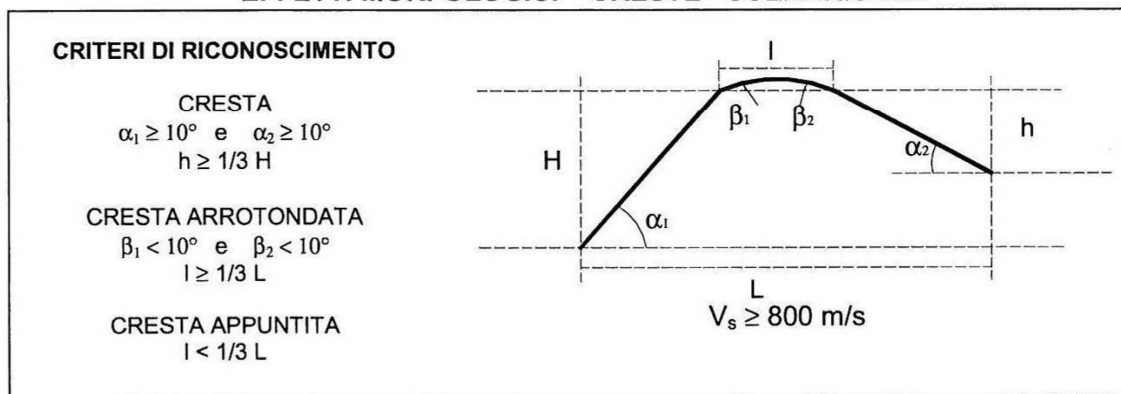
Fig. 20: sezioni presso la dorsale di Collalto, Crevada e San Salvatore per le considerazioni di 2° livello scenario P3b

L'Allegato A indica i valori limite di  $l$  (larghezza in cresta), in rapporto all'altezza  $H$  dei versanti, oltre i quali non siamo più in presenza di una morfologia tipo cresta ma di due singole scarpate; i valori limite sono riassunti nella sottostante tabella:

Altezza $H$	Valori di $l$
$H$ fino a 20 m	1,5 $H$
$H$ tra 20 e 40 m	1,2 $H$
$H$ oltre 40 m	1,0 $H$

Inoltre devono essere soddisfatti i seguenti requisiti:

#### EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b



Quindi, riassumendo, l'effetto di amplificazione morfologico dovuto a dorsali/creste non risulta applicabile per Collalto e San Salvatore perché manca il requisito di rigidità ( $V_s > 800 \text{ m/s}$ ); inoltre sia per San Salvatore che per Crevada il criterio non risulta applicabile perché la larghezza di cresta (oltre i 40 m), supera i valori limite (vedi tabella precedente). Le tre dorsali sono state quindi trattate come scarpata che per la quale si è quindi proceduto secondo le indicazioni del par.3.2.1.1 della DGR 1572 (vedi §6.4.1.1).

Va ulteriormente rimarcato che le indicazioni sulle amplificazioni morfologiche sono state analizzate sulla base di morfologie semplificate e utilizzo di abachi standard, per ottenere valori più precisi e definiti servono indagini morfologiche più mirate e valutazioni sismiche specifiche. Le amplificazioni stimate in questa sede si devono intendere quindi di prima approssimazione.

#### 4.3.1.1.2 Zona di fondovalle – scenario P4b

Le caratteristiche del territorio di Susegana sono tali da non avere condizioni di fondovalle, con riempimento di materiali sciolti sopra ad un substrato geologico. O, meglio, la valle del Piave e poi l'intera pianura hanno caratteristiche di "valle larga" per cui gli effetti di amplificazione si possono configurare come solo litostratigrafici.

Anche la valle dove si insinua parte dell'abitato di Colfosco e quella del borgo di Crevada rientrano in questa tipologia.

#### 4.3.1.1.3 *Instabilità di versante – scenario P1a-P1b e P1c*

La DGR 1572/2013 all. A prevede che la valutazione degli effetti di instabilità di versante di livello 2 dovrà essere effettuata nelle aree P1 (instabilità per frana) che interessano aree di trasformazione urbanistica e/o abitati esistenti. Per le aree P1a (frane attive) e P1b (frane quiescenti) che interessano abitati esistenti e/o infrastrutture a rete si procederà con il terzo livello di approfondimento.

Pertanto le varie zone indicate nella carta delle MOPS del livello 1 come “Zona di attenzione per instabilità di versante non definita” riprese dalla documentazione geologica del PAT e riportate in cartografia come frane attive e/o quiescenti non vengono prese in considerazione in questo livello di studio in quanto non interessano in maniera diretta ambiti urbanizzati.

Nei casi in cui la fascia con instabilità individuata dovesse essere interessata da previsioni urbanistiche che ne incrementino il “carico” (oppure interessi aree urbanizzate), in sede di modifiche, adeguamenti o ristrutturazione degli edifici esistenti si dovrà procedere con l’analisi di livello 3.

#### ***Frane in pendii nell’ambito delle terre***

Per queste non si è ritenuto procedere secondo i criteri specificati dalla suddetta DGR, poiché qualora di interesse agricolo sono state già sistemate, mentre le restanti si ubicano in territorio collinare non interessato da trasformazioni urbanistiche.

#### ***Frane in pendii nell’ambito delle rocce***

Per la valutazione della pericolosità delle frane in roccia l’Allegato A alla DGR 1572/2013 prevede l’utilizzo di un metodo semplificato applicato al profilo topografico della parete rocciosa: esso considera 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.

Per poter effettuare 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.

Va detto che la maggior parte delle zone di attenzione segnalate nella zona 5 (in prevalente area collinare), sono state consolidate o sistemate durante i numerosi interventi agrari eseguiti nel recente passato.

Quelle segnalate in zona 4 riguardano esclusivamente l’ambito della frazione di Collalto, dove incombe la presenza di un bancone conglomeratico sub verticale alto 5-6 m, che potrebbe disarticolarsi in caso di sisma, dando luogo a cadute di massi, quindi fenomeni riconducibili alle frane in roccia. Il sopralluogo e l’analisi hanno però concluso che i potenziali fenomeni di caduta massi interessano principalmente la viabilità, mentre risulta praticamente nulla l’esposizione di porzioni di centro abitato.

Alla luce di questa constatazione si è deciso di non effettuare questo tipo di valutazione della pericolosità delle frane in roccia.

La stabilità di tali pareti dovrà quindi essere valutata in sede successiva (livello 3) effettuando singole indagini geomeccaniche per ogni parete e/o porzione di parete che, a seguito di trasformazione urbanistica o edificazione, rischiasse di minacciare gli insediamenti di progetto.

#### *4.3.1.1.4 Cedimenti differenziali per presenza di cavità sotterranee – scenario P5b*

Lo scenario si riferisce a quelle zone dove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole. In quest'ottica nella MOPS è stata inserita la zona caratterizzata da numerose doline del Pedrè. Per semplicità, queste sono state accorpate, delimitando un'unica area con cavità sepolte che le comprende tutte.

La natura litologica della zona del Pedrè, con la presenza di conglomerati a cemento calcareo, ha dato origine ad estesi fenomeni carsici rappresentati in superficie principalmente da doline ed uvale e, nel sottoterraneo, da varie cavità in genere di limitate dimensioni nel senso delle sezioni ma in alcuni casi con sviluppi orizzontali anche di alcune centinaia di metri. La mappatura delle doline esistenti è piuttosto dettagliata. Molte di queste sono oramai state ricolmate. Il bordo delle doline sepolte, individuato dall'esame delle foto aeree, si ritiene verosimile e quindi l'eventuale edificazione al limite di tali lotti dovrà tener conto di questo. In ogni caso il sedime del fabbricato dovrà stare al di fuori dell'ambito di dolina indicato.

Riguardo il fenomeno va comunque fatta una considerazione di livello generale, valida anche per l'edificazione diffusa sparsa su tutto il territorio collinare di Susegana: la verifica della presenza di cavità carsiche in sottoterraneo è una valutazione geologica e geofisica di complessa se non aleatoria risoluzione, che richiede indagini geognostiche e geofisiche specifiche e spesso costose (sondaggi, stese sismiche, tomografia elettrica, ecc.), le quali, a nostro parere, devono essere finalizzate ad aree specifiche e puntuali da affrontare in sede locale soprattutto nel caso di nuove costruzioni ma anche ampliamento di strutture esistenti. Potrà essere così definita la compatibilità del singolo intervento con le condizioni litostratigrafiche locali, vincolando le singole possibilità edificatorie alle condizioni sito-specifiche.

Per questa tematica si demanda quindi 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.

#### *4.3.1.1.5 Liquefazione – scenario P2b*

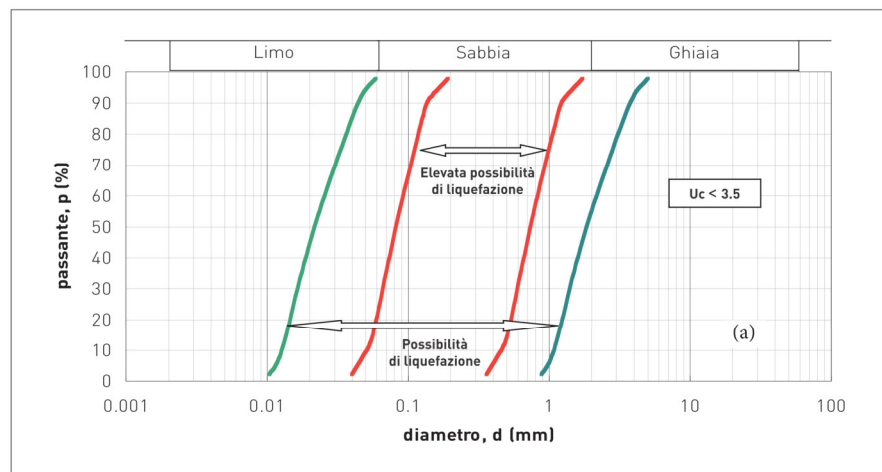
Il fenomeno della liquefazione dei terreni si può verificare in concomitanza con eventi sismici e condizioni litostratigrafiche specifiche e consiste nel quasi totale annullamento della resistenza a taglio del terreno con comportamento assimilabile ad un fluido.

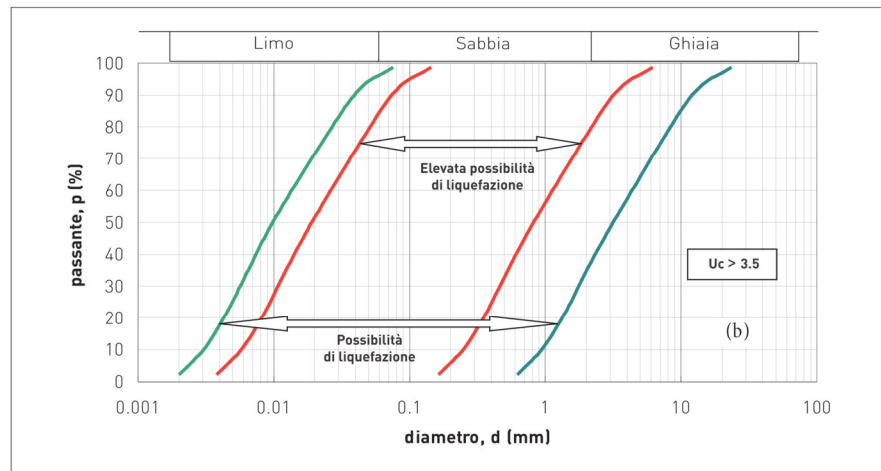
In caso di sisma vengono prodotti nel terreno una serie di cicli di sforzo tali da far eguagliare la pressione interstiziale alla pressione di confinamento e annullando in pratica la resistenza al taglio. Poiché la pressione di confinamento si incrementa con la profondità, l'effetto di liquefazione, 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 (da Allegato A DGRV 1572/13, a sua volta ripresa dal D.M. 14/01/2008 e dal D.M. 17/01/2018):

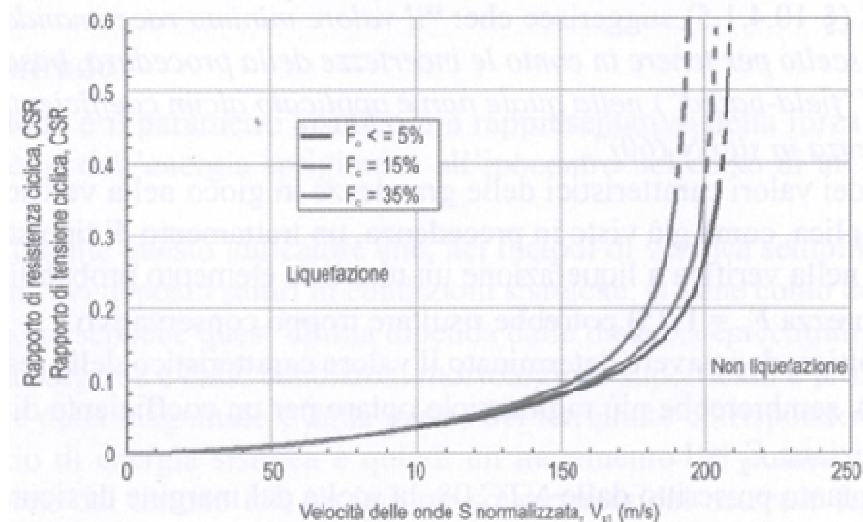
1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5 (stralciato dal D.M. 17/01/2018);
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  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  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .”





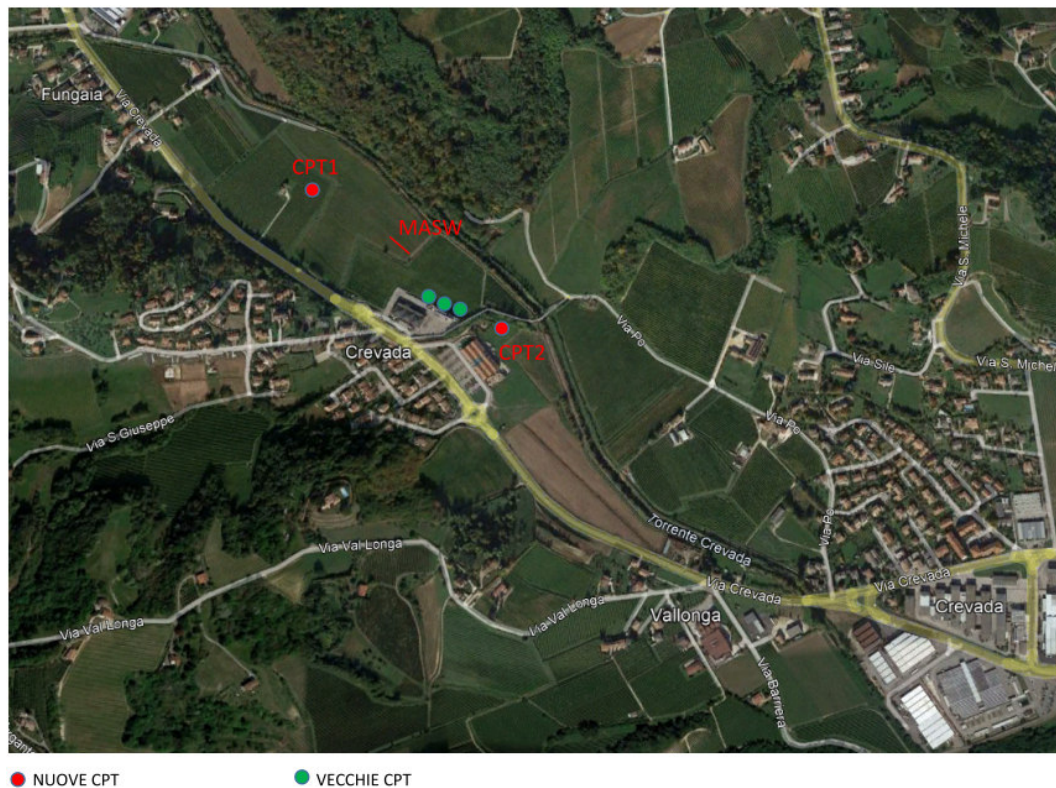
La gran parte del territorio comunale ha caratteristiche tali da poter escludere nel modo più assoluto la possibilità di liquefazione: questo vale per la gran parte della pianura costituita da materiali granulari grossolani e con falda a grande profondità, ma vale anche per il resto del territorio, sia collinare che pedecollinare dove la componente argillosa, coesiva, diventa importante, quasi ovunque superiore al 20% (ICMS par. 2.7.1.1.); inoltre anche in questi settori non vi è la condizione di saturazione del terreno.

A questo si aggiunge che la  $V_s$  risulta, già a partire dai primi metri di profondità, sempre superiore a 220 m/s valore considerato discriminante per il potenziale di liquefacibilità dei terreni sciolti, come mostrato dal grafico seguente.



Poiché alcune delle condizioni espresse non potevano essere escluse con certezza nelle zone situate in corrispondenza della piana alluvionale del torrente Crevada ubicata a est della strada provinciale (zona 2), anche sulla base di alcune penetrometrie comprese nelle indagini pregresse (P61-P62-P63 nella carta delle Indagini), nella carta delle MOPS del livello 1 la zona era stata evidenziata come zona di attenzione per liquefazione  $Z_{ALQ}$ .

A conferma o meno dell'esistenza del fenomeno in questa fase sono state eseguite due ulteriori penetrometrie statiche CPT alla fine della valutazione dell'IL (Indice di Liquefazione). Nel contesto è stata elaborata con questo scopo anche la penetrometria più gravosa, la P63, tra quelle pregresse (in verde in fig. 21).



**Fig. 21: ubicazione nuove indagini nella zona di Crevada**

Per l'elaborazione dei dati penetrometrici è stato utilizzato il software PGS\_CPT ver. 3.1 della Flaccovio con i seguenti dati di input:

- Magnitudo del terremoto: 6.6 (Secondo il § 2.8 degli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica”, per le verifiche a liquefazione è consigliabile assumere come valore di magnitudo attesa quella massima della zona sismogenetica di appartenenza, che per la Zona 905 in cui ricade il territorio di Susegana vale appunto  $M_{wmax} = 6,60$ ).
- Terreno C: per la determinazione della categoria del terreno si è ricorsi ad una indagine geofisica effettuata in corrispondenza al centro dell'area di Crevada (fig. 21), che ha dato un valore della VS pari a 343 m/s.

Il software valuta la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Sia il CSR che il CRR sono stati valutati con diversi metodi (Boulanger & Idriss (2004), Robertson & Wride (1997 e 1998), così come la percentuale di probabilità di liquefazione, ottenendo i seguenti risultati:

Numerazione Carta delle indagini	Prova	Valore IL
P64	CPT1	20.1÷20.5
P65	CPT2	9.6÷11.7
P63	CPT3 pregressa	5.6

Pertanto, con riferimento alla carta MOPS del livello 1, la Zona di Attenzione  $Z_{ALQ}$  viene confermata e nella carta di MSII viene perimetrata un'area come  $Z_{SLQ}$  ovvero con suscettibilità alla liquefazione per IL maggiore di 2 ma minore di 15. Infine in corrispondenza della CPT1 è stata indicata un'area circolare  $Z_{RLQ}$  con IL maggiore di 15, come previsto dalle Linee Guida LQ.

IL	CLASSI
$0 < IL \leq 2$	Nulla- Basso
$2 < IL \leq 5$	Moderato
$5 < IL \leq 15$	Alto
$IL > 15$	Molto Alto

Tabella 2 → Indice del potenziale di Liquefazione medio (IL) e relativa classificazione.

Un'eventuale verifica di questi aspetti, attraverso l'acquisizione di specifici parametri geotecnici in merito alla valutazione del grado di addensamento dei depositi, viene rimandata alle successive fasi progettuali dei singoli interventi edilizi, come previsto dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018.

#### 4.3.1.1.6 Presenza di faglie attive e capaci FAC

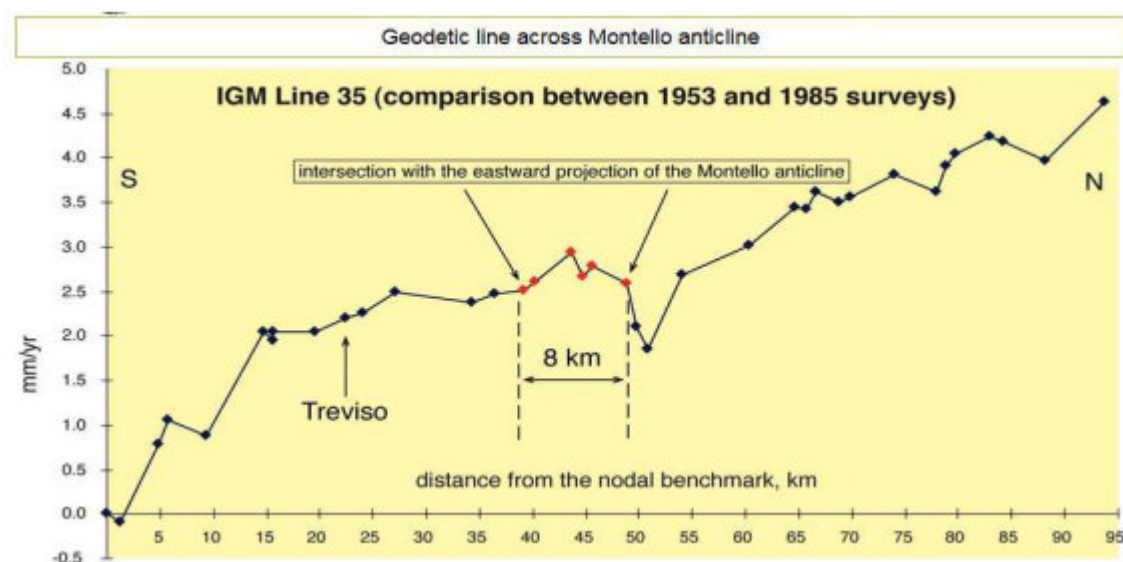
A seguito dell'eliminazione La faglia di Nervesa dal catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults - anche nel catalogo DISS non compare tra le faglie attive), val la pena spendere due parole per l'unica Faglia Potenzialmente Attiva e Capace (FPAC) riportata nella Carta Geologico Tecnica (aggiornamento maggio 2019), e non riprese nella carta MOPS. Si tratta della seguente faglia:

- Faglia del Montello FPAC inversa

Inserita nella carta come Faglia potenzialmente attiva e capace inversa (incerta).

La linea Montello-Conegliano, come detto in precedenza, appartiene ad una sorgente sismo genetica complessa denominata Montebelluna-Montereale (ITCS060).

La linea del Montello è riportata come Faglia Attiva e Capace nel catalogo ITHACA: nello stesso catalogo viene imputata di attività nel corso dell'Olocene (ultimi 10.000 anni) con una periodicità di circa 750 anni ma agli studi relativi è attribuita di mediocre affidabilità. Nel catalogo DISS invece non compare tra le faglie attive mentre la struttura dell'anticlinale del Montello viene considerata attiva ed in sollevamento sulla base di molteplici indizi tra cui i rilievi geodetici sulla linea ferroviaria Mestre-Calalzo (figura seguente). Per questo tipo di struttura sismogenetica non esiste però obbligo di microzonazione sismica.



A questo punto gli approfondimenti previsti dalle Linee Guida FAC, graduati secondo una sequenzialità temporale, dovrebbero riguardare la sola faglia del Montello e essere i seguenti:

ID	GRUPPO INDAGINI	INDAGINI
Ind_1	Analisi aerofotogrammetriche	Foto aeree, ortofoto, immagini LIDAR, immagini da satellite
Ind_2	Rilievi geologici e geomorfologici	Rilevamenti di campagna e relativa cartografia
Ind_3	Indagini geofisiche e geognostiche	ERT, sismica a riflessione e rifrazione, GPR, sondaggi e saggi
Ind_4	Paleosismologia	Trincee paleosismologiche e datazioni cronometriche dei terreni fagliati

Seguendo lo schema sopra le indagini espletate sono state:

- Esame delle foto aeree disponibili: sono state analizzate, per l'ambito comunale le foto aeree disponibili, in particolare le foto del volo IGMI del 1993 allo stereoscopio e le altre immagini a computer con apposito software. Non è stato possibile rilevare alcun segno significativo che possa essere collegato alla attività recente delle due faglie. Questo anche perché la zona esaminata ha subito importanti manomissioni della parte più superficiale. Anche il rilievo Lidar eseguito dalla Provincia di Treviso non mostra elementi significativi in corrispondenza dell'ambito di Susegana.
- Il rilievo geologico e geomorfologico di campagna non ha evidenziato alcuna dislocazione o discontinuità negli strati superficiali del suolo che possa essere ricollegata a disturbi tettonici recenti.
- Per questo studio sono state approntate 3 indagini ERT a cavallo dell'ubicazione segnalata da ITHACA (fig. 22):



Esso quindi ha avuto come oggetto gli approfondimenti tipici del livello 2°, e qualora necessario del livello 3°.

A questo proposito sono state programmate, ed eseguite, una serie di indagini geologiche e geofisiche, al fine di perfezionare il quadro di conoscenza degli ambiti di maggiore interesse dal punto di vista urbanistico, che è stato, e rimane, lo scopo principale degli studi di microzonazione.

Col livello 2 e 3° si è pervenuti alla realizzazione della Carta di Microzonazione Sismica (MS), risultato fondamentale del livello, oltre alla Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi, a corredo del medesimo livello.

La Carta della Microzonazione Sismica a questo punto risulta utilizzabile (unitamente alla carta MOPS del livello 1, aggiornata) in modo organico ai fini di progettazione:

- per interventi ordinari: la carta risulta un utile strumento di valutazione diretta;
- per interventi di un certo impegno o rilievo: è un utile strumento che può indirizzare verso specifici e ulteriori approfondimenti, con misure puntuali di Vs, frequenze di risonanza dei suoli, ecc.).

Anche la carta delle frequenze può avere un utilizzo diretto nella valutazione di eventuali fenomeni di doppia risonanza terreno-edificio.

Per le problematiche relative al fenomeno della liquefazione (zona Crevada) e alla presenza di FAC (faglia del Montello), si è proceduto con indagini proprie del 3° livello.

A margine dello studio nella sua interezza, va comunque sottolineato che gli studi di MS hanno lo scopo di razionalizzare la conoscenza del territorio per chi deve pianificare gli interventi e che quindi la rete di misura ha un carattere generale, così come i dati, che sono stati elaborati attraverso metodi semplificati e con l'uso di abachi. Del resto appare evidente che il numero di prove eseguito non può certo risolvere la notevole variabilità litostratigrafica e morfologica che contraddistingue il territorio studiato. Quindi la cartografia che ne è scaturita deve essere vista come uno strumento utile, ma non sostitutivo della pianificazione puntuale di progetto, come del resto recita la DGR 1381/2021, che prevede nello specifico che eventuali studi di microzonazione sismica puntuali debbano essere predisposti ad integrazione degli studi di Microzonazione Sismica (1°, 2° ed eventuale 3° livello di approfondimento) già esistenti ed estesi a tutte le parti di interesse urbanistico del territorio comunale (come definito dalla D.G.R. 899/2019), solo nel caso di redazione di varianti al PAT e PI che prevedano inserimento di nuove aree all'origine non programmate.

Per questo motivo alcune aree in questa fase non sono state indagate in quanto non interessate da zone urbanizzate o di espansione urbanistica oppure erano caratterizzate da insediamenti isolati.

I ipotesi progettuali puntuali successive a questo studio prevedranno indagini mirate, tese alla verifica degli aspetti geologici e morfologici (rilievi di superficie) geotecnici (indagini geognostiche e di laboratorio) e geofisici (stese sismiche e/o prove puntuali, attive e/o passive) e che valuteranno anche la suscettibilità ai cedimenti differenziali piuttosto che le condizioni di stabilità di versanti e scarpate, come previsto dalla normativa vigente (es. D.M. 17/01/2018).

Potrà essere così definita la compatibilità del singolo intervento con le condizioni litostratigrafiche locali, vincolando le singole possibilità edificatorie alle condizioni sito-specifiche.

Va ricordato che il D.M. 17/01/2018, al paragrafo 2.4.2 “*Classi d’uso*”, in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, suddivide le costruzioni in quattro classi d’uso definite in base alla frequentazione, alla funzione, alle attività e all’utilizzo:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Prescrizioni:* Per questa tipologia di fabbricati può essere sufficiente l’utilizzo dei dati e delle informazioni sismiche contenuti nel presente studio.

- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso III o in classe d’uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Prescrizioni:* Verifica dei dati e delle informazioni sismiche contenuti nel presente studio e applicazione di metodi semplificati e abachi per valutare i fattori di amplificazione locale. Per l’applicazione dei metodi semplificati si riporta quanto indicato dal D.M. 17/01/2018 al paragrafo 3.2.2 “ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, bisogna valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel paragrafo 7.11.3, in assenza di tali analisi, per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (tabelle 3.2.II e 3.2.III).” Come è noto, la definizione delle categorie di sottosuolo avviene attraverso la determinazione della velocità equivalente  $V_{s30}$ ; a questo proposito la normativa poco dopo recita: “*La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata*”. Pertanto, la determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_s$ , dovrà essere fatta utilizzando indagini sismiche, in foro (cross-hole, down-hole, cono sismico) o in superficie (MASW, Re.Mi., ESAC, sismica a rifrazione). Per le indagini in superficie sarà preferibile abbinare l’uso di tecniche attive e passive.

Contestualmente alla determinazione della  $V_s$  si dovranno eseguire anche misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (tecnica HVSR), al fine di stabilire la frequenza fondamentale di vibrazione dei terreni (o il periodo proprio), da confrontarsi con le frequenze proprie degli edifici. Le

acquisizioni e le elaborazioni di queste misure saranno fatte in accordo con le linee guida del Progetto SESAME.

- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Prescrizioni:* Analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) come indicato al paragrafo 7.11.3 del DM 17/01/2018 Risposta sismica e stabilità del sito: “per categorie speciali di sottosuolo (tabella 3.2.III), per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove”. Per l'analisi di RSL dovranno essere acquisiti i parametri necessari alla ricostruzione del modello geotecnico e sismostratigrafico del sottosuolo, con particolare attenzione alla ricostruzione della profondità e della morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile. L'analisi di RSL, condotta utilizzando codici di calcolo monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali, in funzione dell'assetto strutturale del sottosuolo, dovrà articolarsi secondo quanto indicato nel paragrafo 7.11.3 del DM 17/01/2018, al quale si rimanda. In questa sede, oltre a quanto previsto dalla normativa, si vuole sottolineare la necessità di eseguire le seguenti indagini per una corretta modellazione:

- Esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo per la definizione della successione sismostratigrafica e delle diverse “unità” geotecniche.
- Prove sismiche in foro (cross hole, down hole, cono sismico) finalizzate alla conoscenza della velocità delle onde di taglio fino ad una idonea profondità, in funzione dell'opera in progetto e, comunque, se possibile, fino a raggiungere il “bedrock sismico”.
- Prelievo di campioni di terreno e successive analisi di laboratorio per valutare la dipendenza della rigidità e dello smorzamento dal livello deformativo, e per la determinazione, in dipendenza del legame costitutivo adottato per i terreni, dei parametri di ingresso necessari alle analisi. Le prove di laboratorio possono consistere in prove cicliche di taglio torsionale o di taglio semplice, prove di colonna risonante, prove triassiali cicliche ecc.

La relazione illustrativa delle indagini dovrà contenere i grafici relativi alle misure effettuate ed alla loro interpretazione.

- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando

appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

*Prescrizioni:* Per queste costruzioni si prevede l'applicazione delle prescrizioni descritte per la classe III.

Pieve di Soligo, ottobre 2022

dott. geol. Dario Barazzuol

Ordine Geologi del Veneto n. 618



## 8 BIBLIOGRAFIA

AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the Southern Alps (Thiene – Udine sector, NE Italy)” *Geophysical Journal International* (2005).

AA.VV. “Modello sismotettonico dell’Italia Nord Orientale”, C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Rendiconto N. 1, Trieste, 1987.

AA.VV. CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 14CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114. 1983

Benedetti, L., Tapponnier, P., King, G. C. P., Meyer, B., Manighetti, I., 2000. Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, northern Italy. *J. Geophys. Res.*, 105, 739-766.

Castaldini, D. & Panizza, M., 1991. Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il Lago di Como (Italia settentrionale), *Il Quaternario*, 4, 333–410. 1991.

Castellarin A. Nicolich R., Fantoni R., Cantelli L., Sella M., Selli L., 2006 b. Structure of the lithosphere beneath the Eastern Alps (southern sector of the TRANSALP transect). *Tectonophysics* vol. 414, pp. 259 - 282.

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.

Cruden D.M. & Varnes D. J. (1996) - Landslide types and processes. In: TURNER A.K. & SCHUSTER R.L. (eds) - “Landslide: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board”, Special Report 247, National Academy Press, pp. 36-75, Washington D.C.

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

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

E. Priolo, M. Romanelli, M. P. Plasencia Linares, M. Garbin, L. Peruzza, M. A. Romano, P. Marotta, P. Bernardi, L. Moratto, D. Zuliani, and P. Fabris, 2015: Seismic Monitoring of an Underground Natural Gas Storage Facility: The Collalto Seismic Network.

Favero V. & Grandesso P. (1982) Nuovi affioramenti di Pliocene marino nei dintorni di Bassano del Grappa (Vicenza) *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 71-77 1982

Ferrarese, F., Sauro, U. & Tonello, C., 1998. The Montello Plateau. Karst evolution of an alpine neotectonic morphostructure, *Zeit. für Geomorph.*, N.F. Suppl.-Bd., 109, 41–62.

Galadini, F., Poli, M. E., 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.

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

Meletti, C., Galadini, F., Valensise, G., Stucchi, M., Basili, R., Barba, S., Vannucci, G., Boschi, E., 2007. The ZS9 seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. *Tectonophysics*.

Merlini, S., Doglioni, C., Fantoni, R. & Ponton, M., 2002. Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l’avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia-Italia), *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 293–300

Ogniben L. (1987) Modello geodinamico della regione trentina ed aree circostanti St. Trent. Sc. Nat., 63, 1-165 1987

Peruzza, L., Poli, M.E., Rebez, A., Renner, G., Rogledi, S., Slejko, D. & 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

Romano, M.A., Peruzza, L., Priolo, E., Garbin, M., Picotti, V., Guido, F.L and Ponza, A., 2015: Preliminary imaging of active faults in the Montello-Collalto area (Southeastern Alps, Italy) by a high-sensitivity seismometric network.

Sirovich, L., Pettenati, F. & Bobbio, M., 2000. Inversione di intensità macro-sismiche per le faglie di terremoti storici, in Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996–1999), pp. 237–245, eds Galadini, F., Meletti, C. & Rebez, A., CNR—Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, Italy.

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

Slejko D., Carraro F., Carulli G.B., Castaldini D., Cavallin A., Doglioni C., Iliceto V., Nicolich R., Rebez A., Semenza E., Zanferrari A. & Zanolli C. (1987) Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp. 1987

M. Segan e L. Peruzza, Distretti Sismici del Veneto in Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata Vol. 52 n. 4 supplement., dicembre 2011

Transalp Working Group, 2002. First deep reflexion images of the Eastern Alps reveal giant crustal wedges and transcrustal ramps. Geophysical Research Letters Vol.29, N. 10, pp. 92-1 / 92-4.

Valensise, G., Pantosti, D. (Eds.), 2001a. Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy. Annali di Geofisica, 44(4), Suppl., 797–964, with CD-ROM.

Zanferrari, A. et al., 1982. Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale, Mem. Sc. Geol., 35, 355–376.

Zanferrari A., Pianetti F., Mattana U., Dall'Arche L. & Toniello V. (1980) Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei fogli 38 - Conegliano, 37 - Bassano del Grappa (p.p.) e 39 - Pordenone (p.p.) CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 397-435 1980

#### **Per quanto riguarda i riferimenti bibliografici dei cataloghi sismici citati nel testo:**

**NT4.1** - Camassi R. e Stucchi M., 1998. NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno

**CPTI04 (maggio 2004)** - Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>

**CPTI11** - A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>

**DOM4.1** - Monachesi G. e Stucchi M.: "DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno"

**DBMI04** - Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

**DBMI11** - M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

**DISS** (Database of Individual Seismogenic Sources), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5,5 in Italy and surrounding areas, in I. N. d. G. e Vulcanologia, ed., <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.

**Per quanto riguarda i siti consultati:**

<http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Ambiente/Geologia+e+georisorse/Geologia/Geologia+per+Urbanistica.htm>, e le “Linee guida per la realizzazione dello studio di compatibilità sismica per i Piani di Assetto del Territorio comunali e intercomunali (PAT e PATI) – D.G.R. n. 3308/2008”.

Zonazione sismica della pericolosità dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) al sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> (Gruppo di Lavoro MPS (2004).

Classificazione sismica dei comuni italiani dal sito del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale al sito <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>

**Catalogo dei Forti Terremoti Italiani (CFTI)** 461 B.C. al 1997 al sito <http://storing.ingv.it/cfti4med/> (Guidoboni E., G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi and G. Valensise 2007 - CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV-SGA.)

**Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste (OGS)** Monitoraggio sismico del nord-est al sito <http://rts.crs.inogs.it/it/home.html> (Saraò A., Bragato P.L. and P. Bernardi, 2009. Real Time Seismology - The OGS Seismological Research Centre Website);

**Rete Sismica di Collalto** realizzata da OGS per conto di Edison Stoccaggio S.p.A. Dati in tempo reale consultabile al sito <http://rete-collalto.crs.inogs.it>

**Geostru Software:** <http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>. Geostru PS è un software per il calcolo dei parametri sismici secondo le NTC 2008 e la Circolare Ministeriale n. 617 del 2 Febbraio 2009. La parte innovativa e interessante di Geostru PS è l'integrazione con Google Maps, uno dei sistemi interattivi per la navigazione nelle mappe. Il sistema di coordinate di Google è WGS84 (World Geodetic System 1984). Il sistema di coordinate del reticolo sismico di riferimento è ED50 (European Datum 1950). Geostru PS effettua la conversione automatica dal sistema WGS84 a quello in coordinate ellissoidiche ED50.

**Edilus:** <http://www.acca.it/EdiLus-MS/>. EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.