PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

REGIONE DEL VENETO

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Veneto

Comune di Limana

Regione	Soggetto relizzatore	Data
Veneto	IGS SRL dott. geol. David Pomarè Montin dott.ssa geol. Cristina Gerdol	Maggio 2022

Indice

1. Introduzione 2
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento 5
   2.1. Distretti sismici 5
   2.2. Zone e sorgenti sismigenetiche 7
   2.3. Faglie capaci 9
   2.4. Zonizzazione sismica regionale e pericolosità sismica di base 12
   2.5. Sismicità storica 15
   2.6. Elementi Geologici In Prospettiva Sismica 24
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area 26
   3.1. Assetto geologico e geostrutturale 26
   3.2. Assetto geomorfologico 29
   3.3. Idrologia e Idrogeologia 31
   3.4. Assetto geostatico 35
4. Dati geotecnici e geofisici 38
   4.1. Indagini pregresse 39
   4.2. Nuove indagini eseguite 40
   4.3. Proprietà geotecniche 40
5. Modello del sottosuolo 42
   5.1. Sezioni geologico-tecniche 43
6. Interpretazioni ed incertezze 44
   6.1. Interpretazioni 44
   6.2. Incertezze 44
7. Metodologie di elaborazione e risultati 44
   7.1. Parametri sismici indagati 45
   7.2. Metodologie di indagine 47
   7.3. Note relative alle modalità esecutive 50
   7.4. Note relative all'elaborazione dei dati 50
   7.5. Modello sismostratigrafico 51
8. Elaborati cartografici 52
   8.1. Carta delle indagini 52
   8.2. Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS) 53
   8.3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Livello 1 o Carta delle MOPS) 55
9. Bibliografia 63

ALLEGATI

1 – SCHEDE RELATIVE ALLE INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE
2 – SEZIONI GEOLOGICHE

1. Introduzione

Con parere di competenza ai sensi della D.G.R. 1572/2013 e dell'art. 89 del D.P.R. 380/2001 espresso in data 06/08/2018 prot. 337891 relativamente al Piano degli Interventi del Comune di Limana (BL), l'UO Geologia Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto ha prescritto l'integrazione dello studio di Microzonazione Sismica di primo livello eseguito nel 2012 da parte del dott. geol. Enzo De Biasio, estendendolo a tutte le aree interessate da urbanizzazione consolidata e dalle nuove previsioni insediative che rimangono escluse dalle cartografie del 1° livello.

Pertanto, il Comune di Limana, risultato beneficiario di un finanziamento regionale per indagini di Microzonazione Sismica ed Analisi CLE a seguito dello scorrimento della graduatoria di cui alla DGR n.1573 del 11/11/2021, ha affidato alla società IGS SRL l'incarico professionale avente codice CIG ZE334BDE04 e disciplinato dalla Determina del Responsabile del Servizio Tecnico n. 14 del 12/01/2022, per l'integrazione dello studio di Microzonazione Sismica di 1° livello (di seguito MS1) e lo studio delle condizioni limite di emergenza del territorio comunale.

L'incarico è stato svolto in conformità alle disposizioni e leggi vigenti in materia, in particolare ai sensi dell'O.P.C.M. n.3907 del 13/11/2010, dell'O.P.C.M. n.4007 del 29/02/2012 e dell'O.P.C.M. n. 52 del 20/02/2013.

Il presente studio è stato condotto in conformità alle indicazioni fornite dalle commissioni regionali e statali, ovvero:

- "Linee guida Regionali per la Microzonazione Sismica", ovvero l'allegato A alla DGR 1572/13;
- O.C.D.P.C. n.171 del 19/06/2014;
- D.G.R. 1896 del 14/10/2014
- "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" approvati dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome del 13/11/2008;
- "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica – Versione 4.2 – Roma, dicembre 2020";

Si citano inoltre alcuni riferimenti, anche se superati dalle citate delibere: DGR 71/2008, DGR 2877/2008, D.lgs. 163/2006 e abrogazione DGR n. 3308/08.

Per quanto attiene l'analisi delle Condizioni Limite di Emergenza:

- "Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano" – versione 1.1 (Roma 2016), approvato con Decreto del Capo Dipartimento Protezione del 27/04/2012 e s.m.i.;
- "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica - Versione 3.0.1 – Roma settembre 2015".

Lo studio di Microzonazione Sismica di I° livello (in seguito MS1) costituisce la prima fase di analisi preliminare ai successivi studi di microzonazione (livello 2 e 3); è sviluppato principalmente attraverso una raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica disponibili, integrata da una serie di nuove indagini svolte al fine di suddividere il territorio comunale in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico (MOPS).

Questo documento di sintesi (Carta delle MOPS) è il primo tassello utile alla valutazione della pericolosità locale nelle scelte nella pianificazione attuativa; è volto alla riduzione del rischio sismico, individuando le criticità e riconoscendo le aree per le quali sono necessari studi di approfondimento.

Per l'espletamento dello studio, accanto alla documentazione bibliografica (cartacea e online), sono state reperite le seguenti documentazioni:

- Studio di Microzonazione Sismica di primo livello (dott. geol. Enzo De Biasio, 2012);
- Siti inquinati da solventi clorurati in località Sampoi e Baorche - Nuove indagini geognostiche - Relazione conclusiva (Dott. Eugenio Colleselli, 2014)
- Siti inquinati da solventi clorurati in località Sampoi e Baorche - Relazione sull'utilizzo degli isotopi ambientali per l'approfondimento del quadro di circolazione idrica sotterranea e di inquinamento (Prof. Marco Petitta, 2015);
- P.A.T.I. Comuni di Limana e Trichiana (dott. geol. Enzo De Biasio, 2017);
- Piano di Caratterizzazione e analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica (Geo Coleselli, 2017);
- Relazioni di compatibilità Idraulica, geologica e sismica relative alla variante n.1 al P.I. del Comune di Limana (dott. Geol. David Pomarè Montin, 2017);
- Relazione tecnica Miglioramenti al sistema di controllo delle acque sotterranee della ex discarica di tipo 2B in postgestione - Ditta EPTA S.p.A. - Sede di Limana (dott. Geol. Eros Tomio, 2019);
- Investigazione di un'area soggetta a problematiche di deflusso idrico, nei pressi del Civico 91di Via Peden - Loc. Valmorel (Limana-BL) (IGS srl, 2020);
- Relazioni di compatibilità Idraulica, geologica e sismica relative alla variante n.2 al P.I. del Comune di Limana (IGS srl, 2021).

A completamento degli studi geologici e delle indagini pregresse a disposizione, si è reso necessario effettuare una campagna di indagini geofisiche integrativa, estesa alla nuova area di studio di MS1. Tale campagna, effettuata il giorno 16 febbraio 2022 comprende:

- N.8 analisi multicanale delle onde di superficie MASW (Multichanel Analysis of Surface Waves) con stendimenti da 22.0 m e 33.0 m e distanza inter-geofonica rispettivamente di 2.0 e 3.0 m, con doppio scoppio esterno allo stendimento, per la valutazione del profilo verticale delle velocità delle onde di taglio (calcolo $V_{S,eq}$);

- N.8 indagini sismiche passive HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per la valutazione delle caratteristiche dinamiche del sito dal punto di vista sismico (calcolo frequenza di risonanza del sito).

Dall'analisi comparata dei dati derivanti dalle fonti sopracitate, dai rilevamenti in sito e dalle risultanze delle nuove indagini sismiche effettuate, si è giunti alla caratterizzazione geologico-tecnica e sismica del territorio comunale.

Il territorio comunale di Limana, in Provincia di Belluno, ha un'estensione complessiva di circa di 39.12 km^2 e una popolazione residente di 5.309 abitanti (dati Istat 2021), distribuiti con densità di 135.71 abitanti/km^2. Confina a Nord e ad Est con il Comune di Belluno, a Sud con il Comune di Revine Lago, e ad Ovest con il Comune di Borgo Valbelluna. Per una piccola porzione, il Comune di Limana confina anche con i territori di Vittorio Veneto (a SE) e Sedico (NW).

L'area di studio è stata definita in modo tale da comprendere tutte le aree interessate da urbanizzazione consolidata e dalle nuove previsioni insediative, come da prescrizioni della UO Geologia Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto. I commi 4 e 5 dell'OPCM 52 del 20 febbraio 2013 che definiscono i criteri di individuazione delle aree oggetto di approfondimenti di MS:

4. Sono escluse dall'esecuzione della microzonazione sismica le zone che incidono su Aree Naturali Protette, Siti di Importanza Comunitaria (SIC), Zone di Protezione Speciale (ZPS) e Aree adibite a verde pubblico di grandi dimensioni, come indicate nello strumento urbanistico generale che:
a) non presentano insediamenti abitativi esistenti alla data di pubblicazione della presente ordinanza;
b) non presentano nuove edificazioni di manufatti permanenti o interventi su quelli già esistenti;
c) rientrano in aree già classificate R4 dal piano per l'assetto idrogeologico (PAI).

5. La presenza nelle aree di manufatti di classe d'uso «I» ai sensi del punto 2.4.2 del D.M. 14.01.2008, di modeste dimensioni e strettamente connessi alla fruibilità delle aree stesse, non determina la necessità di effettuare le indagini di microzonazione sismica.

L'area in particolare è stata definita sulla base delle perimetrazioni definite nel P.A.T.I. vigente e alla luce delle prescrizioni riportate nella nota dell'UO Geologia Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto, comprendendo:

- le aree di urbanizzazione consolidata residenziale e produttive;
- le linee preferenziali di espansione;
- gli ambiti di edificazione diffusa, comprese le nuove previsioni.

La superficie della zona d'indagine è di circa 26.2 km^2, pari al 67 % del territorio comunale. Rimane esclusa la porzione montana sudorientale del Comune, a monte della frazione di Valmorel (Figura 1.1).

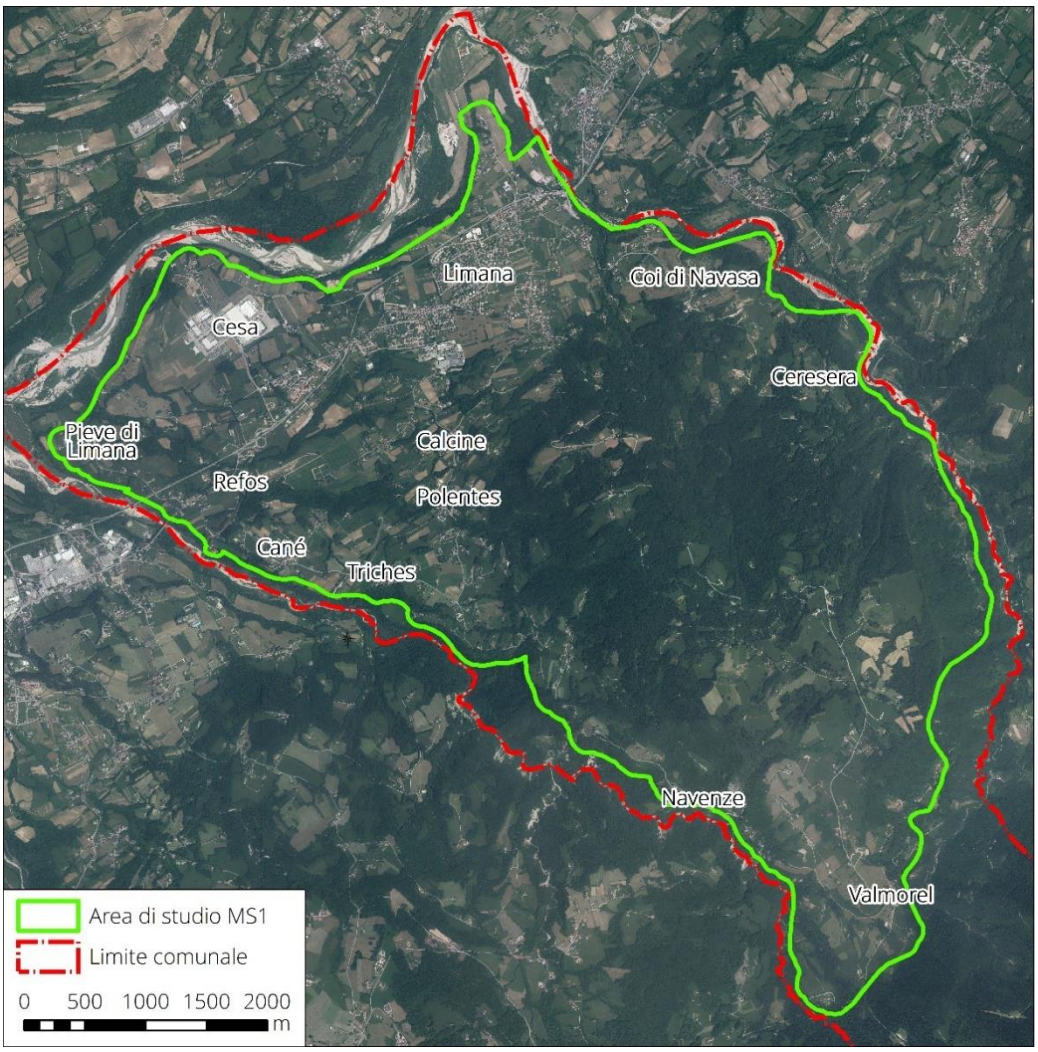


Figura 1.1: ubicazione dell'area di studio per l'integrazione alla MS di Livello 1.

Per la redazione della cartografia è stato utilizzato il limite comunale derivante dallo *shapefile* ufficiale della Regione Veneto "c0104011_Comuni" scaricabile dall'Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto - Catalogo dei Dati (http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/).

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

Per la definizione della pericolosità sismica di base, oltre a far riferimento a quanto indicato in merito dalla normativa (classificazione sismica) e a quanto riportato da INGV su pericolosità sismica/sorgenti sismogenetiche e da ISPRA (ITHACA - Catalogo delle faglie capaci), è stato preso in considerazione lo studio di SUGAN & PERUZZA (2011) "Distretti sismici del Veneto". Il lavoro rappresenta un ampio e dettagliato quadro di sintesi che, con l'ausilio dei dati derivanti dal monitoraggio sismico strumentale attuato da OGS nel Veneto, delinea lo stato delle conoscenze sismologiche e sismotettoniche sull'intero territorio regionale, suddividendolo in 9 distretti ovvero areali caratterizzati da elementi sismologico sismogenici comuni (Figura 2.1).

2.1. Distretti sismici

Il territorio comunale di Limana ricade a cavallo tra il Distretto Alpago-Cansiglio (A), il Distretto Pedemontana Nord (PN) e il Distretto Pedemontana Sud (PS).

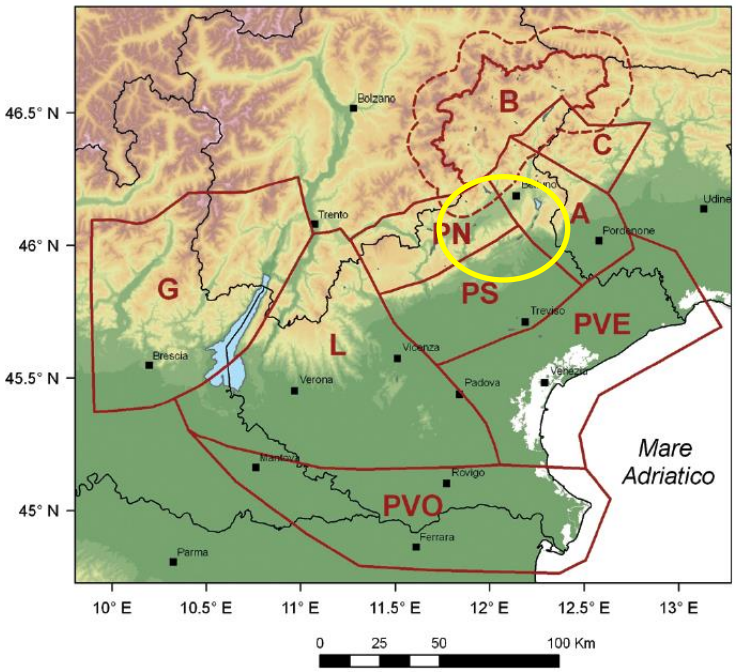


Figura 2.1: Distretti sismici del Veneto (da SUGAN & PERUZZA, 2011).

Il Distretto Alpago-Cansiglio (A) è situato all'intersezione dei sistemi valsuganesi del Veneto centrale, con i sovrascorrimenti tilaventini E-O del Friuli settentrionale. Il distretto si estende a comprendere la parte montana del corso del Piave ad andamento meridiano fino a Belluno, il suo paleoalveo attraverso la Val Lapisina, la conca dell'Alpago e il massiccio del Cansiglio; la zona di pianura si estende approssimativamente tra il corso del Livenza e quello del Cellina, fino alla fascia delle risorgive.

Il Distretto Pedemontana Nord (PN) ha come limite settentrionale il sovrascorrimento della Valsugana che nel suo *hangingwall* coinvolge ampiamente il basamento metamorfico, e come limite meridionale la Flessura Pedemontana. La suddivisione del distretto Pedemontana in due porzioni distinte riprende l'idea che nella porzione settentrionale le strutture abbiano raggiunto una configurazione tettonica pressoché definitiva (Zanferrari et al., 1982): analogamente, in direzione longitudinale alla catena, i caratteri della sismicità variano con gradualità; definire con precisione dei limiti è, in questi casi, una semplificazione.

Il Distretto Pedemontana Sud (PS) 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, elemento dal quale prendono il nome sia questo distretto, sia il contiguo elemento (Pedemontana Nord) a NO; essi vengono analizzati separatamente, privilegiando, come già detto, le intepretazioni che ritengono le strutture verso nord abbiano raggiunto una configurazione tettonica quasi definitiva (Zanferrari et al., 1982), e individuano invece nella porzione meridionale le potenziali sorgenti di terremoti distruttivi (Galadini et al., 2005; Burrato et al., 2008, 2009; Poli et al., 2008). 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); i limiti scelti non includono questi elementi.

2.2. Zone e sorgenti sismigenetiche

Secondo gli studi di sismotettonica (Meletti & Valensise, 2004) utilizzati nella predisposizione delle Carte di pericolosità sismica di base e della classificazione sismica nazionale, l'area del Comune di Limana ricade all'interno della Zona sismogenetica n° 905 - Friuli e Veneto Orientale (Figura 2.2 - Figura 2.3:). L'area coincide con il settore della catena alpina che ha subito il massimo raccorciamento nella collisione tra placca europea e microplacca adriatica a Sud. È strutturata in una serie di pieghe sudvergenti dislocate da piani di sovrascorrimento ravvicinati anch'essi a vergenza meridionale facenti parte del *Friuli Thrust System*. Gli epicentri dei terremoti sono generalmente ricollegabili a queste superfici di sovrascorrimento. Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che avvengono nella ZS 905 è di tipo faglia inversa, con una profondità efficace compresa tra 8 e i 12 km. La MW massima stimata per la ZS 905 è di 6.60.

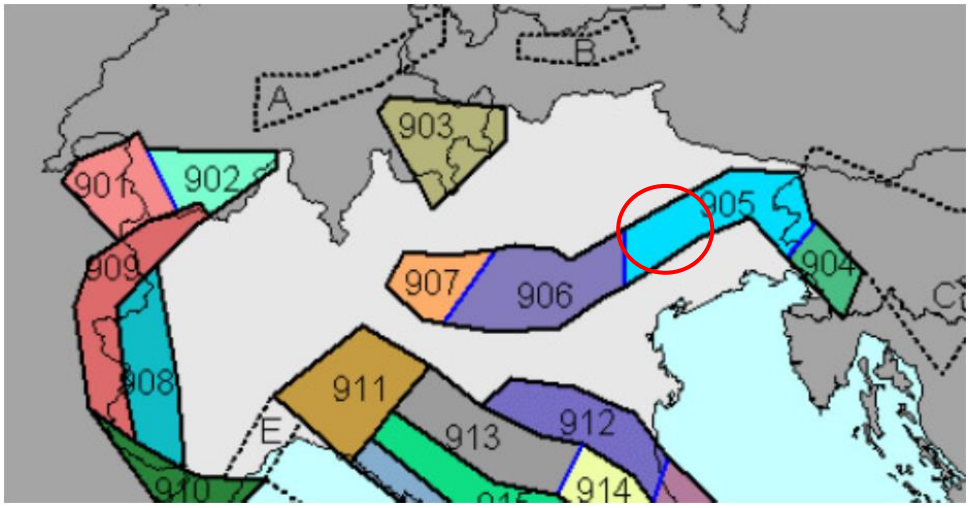


Figura 2.2: Estratto (fuori scala) della zonazione sismogenetica ZS9 Nord Italia (da MELETTI & VALENSISE, 2004).

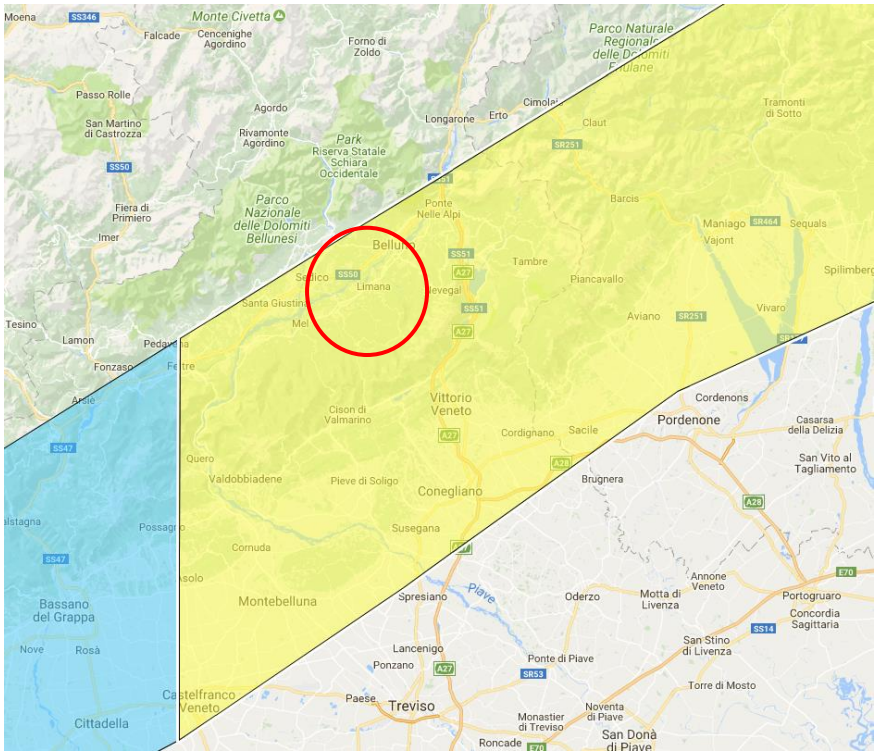


Figura 2.3: Dettaglio dell'estensione della ZS 905 (rappresentata in giallo), con ubicazione dell'area del Comune di Limana al suo interno.

Per quanto concerne l'individuazione delle sorgenti sismogeniche, dalla consultazione del DISS (Database of Individual Seismogenic Sources - http://diss.rm.ingv.it/dissGM/) il settore risulta interessato dalla presenza della sorgente sismogenetica *ITCS105 - Bassano-Vittorio Veneto* (Figura 2.4).

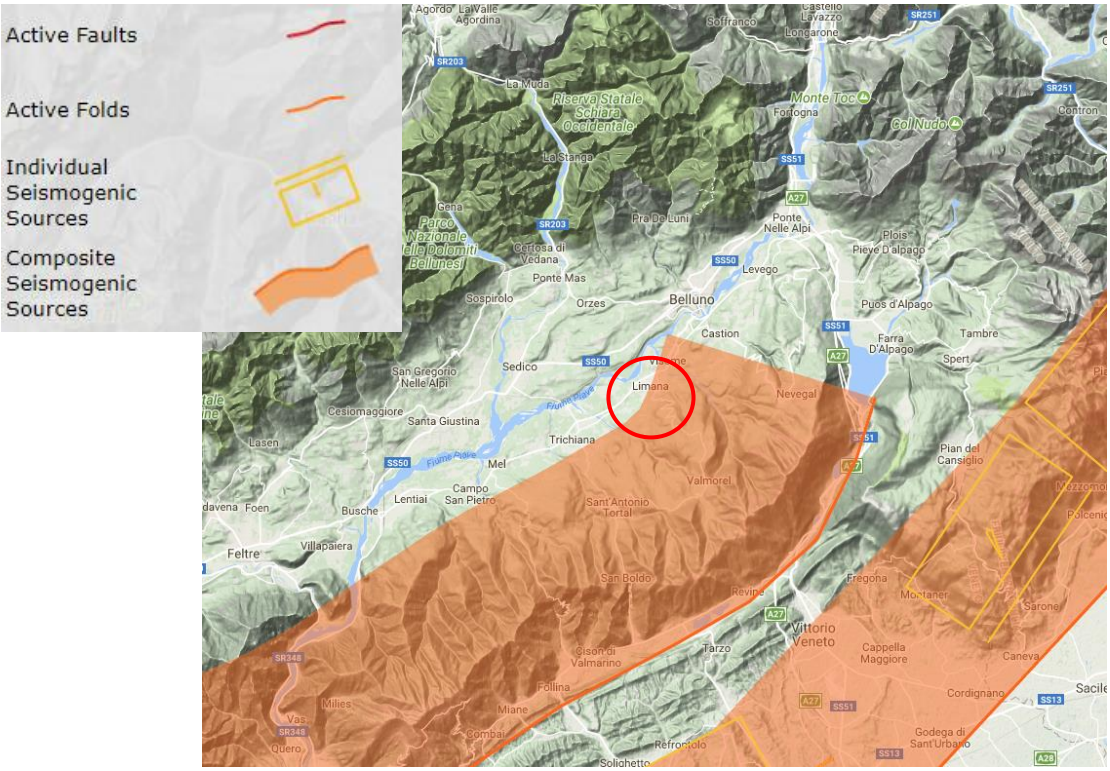


Figura 2.4: Sorgenti sismogenetiche del DISS, tra cui ITCS105 - Bassano-Vittorio Veneto, (immgine tratta dal WebGIS del DISS https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html).

Questa sorgente sismogenetica composita si estende a cavallo della regione pedemontana Veneto-Friulana, a metà strada tra le città di Belluno (a nord-ovest) e Pordenone (a sud-est). Questa sorgente appartiene al sistema generale di thrust della Catena Sudalpina orientale che borda la pianura Veneto-Friulana. Questo fronte è un sistema di faglie SE-vergenti che sembrerebbe accomodare la convergenza N-S tra Africa (microplacca Adriatica) ed Europa. Questa sorgente composita include il Thrust di Bassano, che è il thrust che confina a sud con il fronte montuoso a nord dell'Anticlinale del Montello.
I cataloghi di terremoti storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) evidenziano una sismicità intermedia in tutta l'area (4.5 < Mw < 5.0). Nel settore orientale della sorgente risultano concentrati eventi dannosi e distruttivi: il terremoto del 25 ottobre 1812 che colpì la pianura Friulana fino a Pordenone (Mw 5.7, Sequals); il terremoto del 18 ottobre 1936 che colpì la pedemontana nel Bosco del Cansiglio (Mw 6.1); mentre il 29 giugno 1873 si verificò un evento nell'area del Bellunese (Mw 6.3).

La direzione di questa sorgente è stata tracciata seguendo le mappe strutturali della regione Veneto-Friulana che mostrano un thrust che corre parallelamente al fronte montuoso (Thrust di Bassano) (N200°-245°). L'immersione è stata ottenuta dalle sezioni geologiche pubblicate da vari autori (30°-50°). Le profondità minima e massima sono basate su considerazioni tettoniche e geometriche riguardanti la geometria del thrust (1.0 e 10.0 km rispettivamente). Lo slip rate è stato dedotto dai dati geologici regionali (0.29 – 0.72 mm/a). La magnitudo massima è basata sul terremoto più forte verificatosi nell'area (Mw 6.5).

2.3. Faglie capaci

In accordo con quanto stabilito negli ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2008), è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene), ed è

considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione).

Il catalogo ITHACA (ITaly HAzard from CApable faults)[1] riporta la presenza nel territorio comunale di due faglie capaci (Figura 2.5):

- *Trichiana – 79300*, che attraversa l'abitato di Trichiana in direzione circa ESE-WNW e giunge nel territorio comunale di Limana all'altezza dell'abitato di Canè
- *Pranolz – 74300*, con direzione circa ESE-WNW, che interessa la porzione montuosa a SE del territorio comunale.

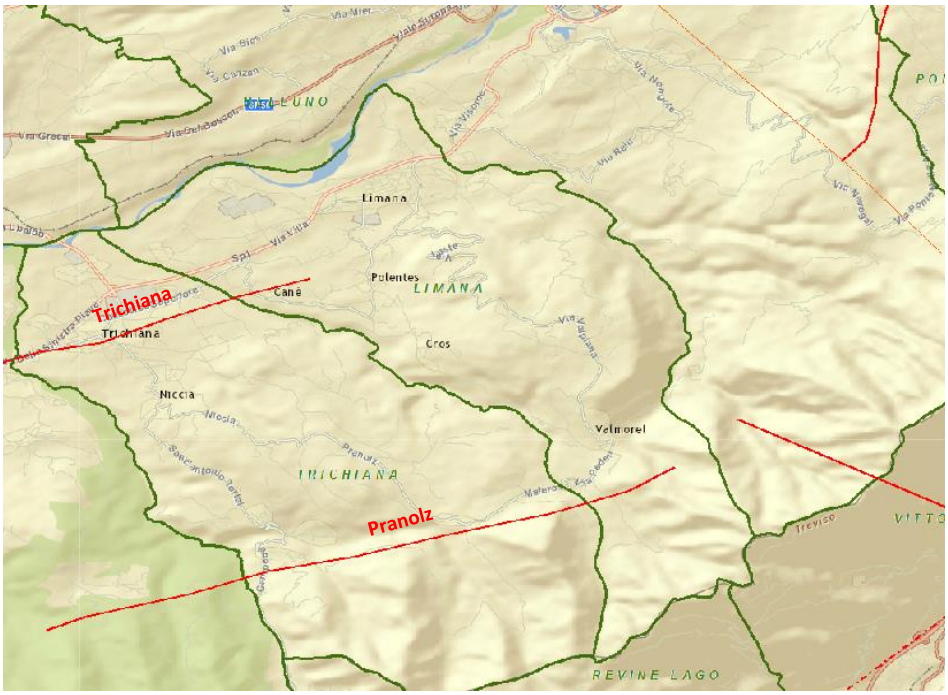


Figura 2.5: Ubicazione delle faglie capaci presenti nel territorio del Comune di Limana (Trichiana – 79300 e Pranolz – 74300) (da sito ISPRA – ITHACA: http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html).

Di seguito se ne riportano le relative schede con le informazioni disponibili:

GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	79300
Fault Name	Trichiana
Region Name	Veneto
Tectonic Environment	ND
System Name	Trichiana
Synopsis	
Rank	ND
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	245

[1] http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/

Dip (°)	Undefined
Dip Direction	N
Fault Length (km)	4.9
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	Late Pleistocene
Evidence for Capability	Displacement of Quaternary deposits and/or land forms
FINAL REMARKS	
Capability Consensus	Medium reliability
Study Quality	ND
Notes	
Fault Trace Reference	
Last Update	
GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	74300
Fault Name	Pranolz
Region Name	Veneto
Tectonic Environment	ND
System Name	Pranolz
Synopsis	
Rank	ND
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	245
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	N
Fault Length (km)	9.7
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	Middle Pleistocene (125,000÷700,000)
FINAL REMARKS	
Capability Consensus	Low reliability
Study Quality	LOW
Notes	
Fault Trace Reference	

Last Update

Tabella 2.1: Schede relative alle faglie Trichiana n.79300 e Pranolz n.74300. Si noti che le informazioni disponibili a riguardo risultano piuttosto ridotte e la qualità degli studi in proposito è bassa (da sito ISPRA – ITHACA: http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/ithaca-catalogodelle-faglie-capaci).

Per la faglia Trichiana sono indicate l'ultima attività nel tardo Pleistocene (11.700÷125.000 anni fa) ed evidenze di capacità riscontrabili come dislocazione nei depositi quaternari e/o nelle forme di superficie. Va segnalato tuttavia che non vengono segnalate evidenze in superficie, la qualità degli studi a riguardo non è determinata e il "capability consensus" risulta di media affidabilità.

Per la faglia Pranolz è indicata l'ultima attività nel medio Pleistocene (125.000÷700.000 anni fa) e non sono rilevate evidenze in superficie. La qualità degli studi a riguarduo risulta di bassa qualità e il "capability consensus" risulta di bassa affidabilità.

Analizzando la figura sottostante (Figura 2.6), inoltre, si può notare che le faglie del catalogo ITHACA sopracitate sono state tracciate ricalcando l'ubicazione riportata nello studio di CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991), citato tra le fonti del catalogo. Va detto che la Carta delle faglie attive fra i fiumi Po e il Lago di Como è stata redatta dai due autori in scala 1:500000. Nella carta le faglie in questione sono identificate con i seguenti numeri e nomi: 40 – Faglia di Pranolz e 41 - Trichiana. Di seguito se ne riportano le relative schede che riassumono le informazioni disponibii (Tabella 2.2).

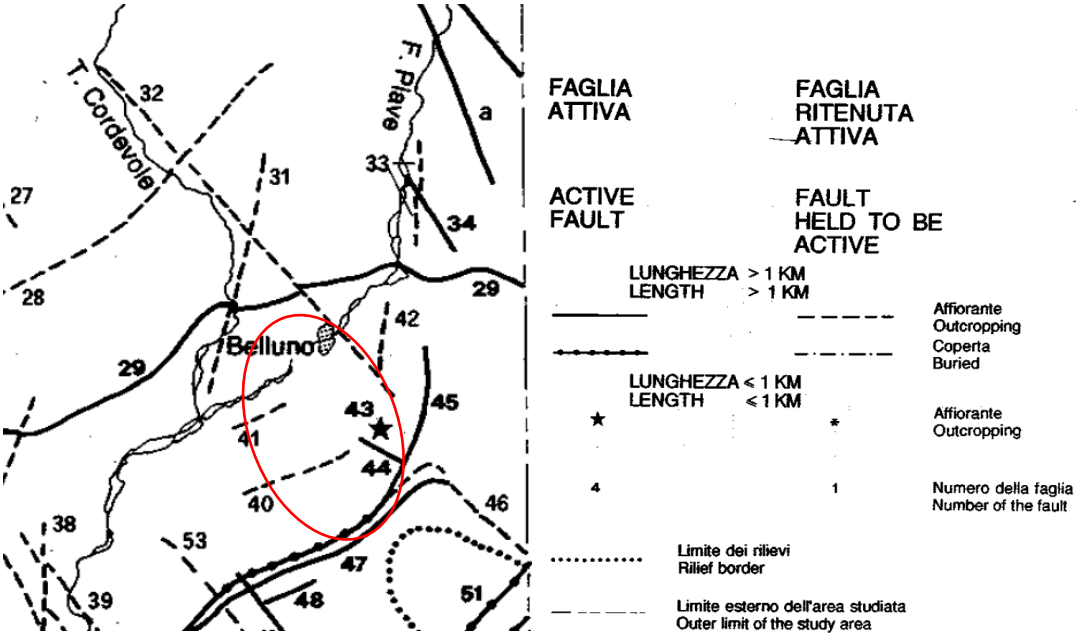


***Figura 2.6:** Estratto della Carta delle faglie attive fra i fiumi Po e il Lago di Como (Italia settentrionale) – da CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991).*

n° Faglia *Fault n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note *Notes*
	F° I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
40	23	P.so S. Boldo, M. Cor	F. di Pranolz	66] 85] 38] 78]	Diretta con abbassamento lato N	WSE-ENE	–	–	–	10	"Bedding fault" il cui piano di movimento è evidenziato da una serie di faccette triangolari. 66], p 367, 373	Plio-Pleistocene 66]	rA	–	
41	23	Trichiana	–	66] 85] 38] 78]]	Diretta con abbassamento lato N	WSW-ENE	–	–	–	5	Faglia ubicata sul fianco meridionale della sinclinale di Belluno che interessa i terreni terziari del Flysch; ne delimita la zona più depressa e separa elementi areali a diverso comportamento neotettonico. 66], p 367, 373, 378	Plio-Quaternario	rA	–	

Tabella 2.2: Scheda delle faglie 40 – Faglia di Pranolz e 41 - Trichiana - da CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991).

Oltre alle informazioni disponibili derivanti dagli studi e cataloghi esistenti, è stata condotta un'analisi di dettaglio delle forme di superficie sul modello a ombre ricavato dal DTM del territorio comunale. L'analisi delle forme di superficie non ha rilevato elementi che facessero ipotizzare una rottura in superficie legata a fagliazione.

Alla luce di quanto sopra esposto e delle informazioni disponibili la faglia Pranolz non può essere considerata come attiva e capace, dal momento che l'ultima attività indicata è nel medio Pleistocene (> 40.000 anni). Ai fini della MS1 è stata quindi considerata come non attiva.

Per la faglia Trichiana si ritiene non ci siano elementi sufficienti per ritenerla attiva e capace; ai fini della MS1 è stata quindi classificata come potenzialmente attiva e capace.

2.4. Zonizzazione sismica regionale e pericolosità sismica di base

Con DGR n.244 del 9 marzo 2021[2] è stato approvato l'aggiornato dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. La precedente zonazione sismica del Veneto risale alla D.C.R. n. 67/2003[3] con la quale, in ottemperanza della O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274[4], si è provveduto a formare l'elenco delle zone sismiche discretizzando il territorio a scala comunale. Secondo la nuova zonazione vigente il Limana (BL) rientra in zona sismica 1 (Figura 2.7). Tale zona è caratterizzata da valori di accelerazione a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi fra 0.25 e 0.35 g.

[2] Deliberazione della Giunta Regionale 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.*

[3] Deliberazione del Consiglio Regionale n. 67 del 3 dicembre 2003 – *approvazione del nuovo elenco dei comuni del Veneto classificati in zona sismica.*

[4] Ordinanza n. 3274 del 20.03.2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri (*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*).

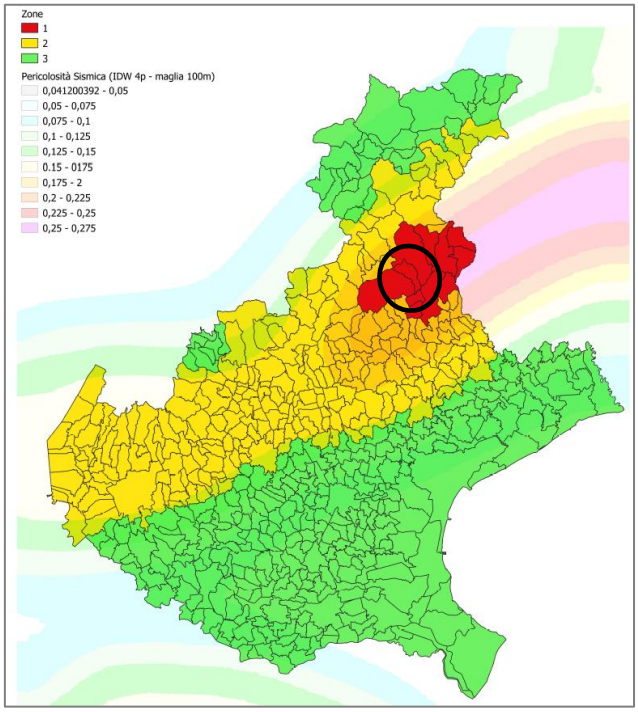


Figura 2.7: Allegato A alla DGR n.244 del 09/03/2021 – Classificazione sismica del Veneto - Mappa di pericolosità sismica.

Lo studio di pericolosità di riferimento nazionale, adottato con OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006, fornisce alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio e introduce degli intervalli di accelerazione [a_g], con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle zone sismiche.

Per quanto concerne la pericolosità sismica di base, cioè lo *"scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo"* (definizione da sito INGV), si riporta la mappa dei valori di pericolosità sismica per la Regione Veneto (Figura 2.8) e per il comune di Limana (Figura 2.9).

Il territorio comunale di Limana risulta compreso tra punti con accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle NTC 18)) di a_g compresa fra 0.225 g e 0.275 g.

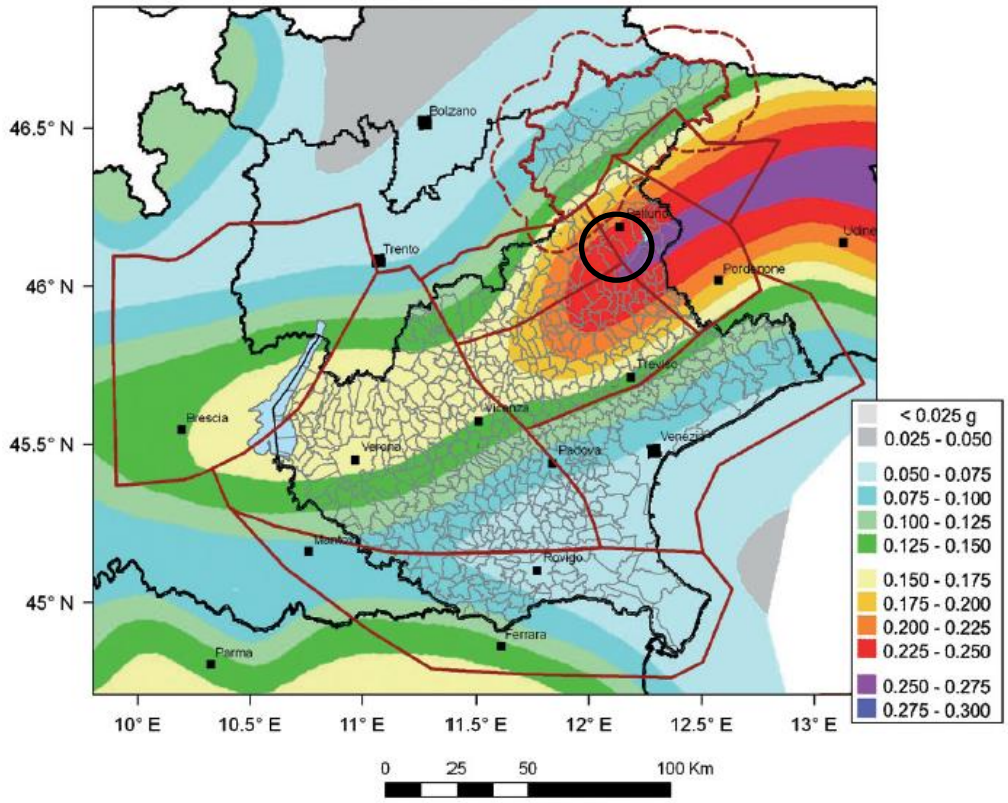


Figura 2.8: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (MPS Working Group, 2004 entrata in vigore con l'Ord. PCM 3519/2006) e distretti sismici del Veneto; la scala cromatica rappresenta valori di accelerazione orizzontale di picco (g), attesa di non essere superata al 90% di probabilità in 50 anni (da SUGAN & PERUZZA, 2011).

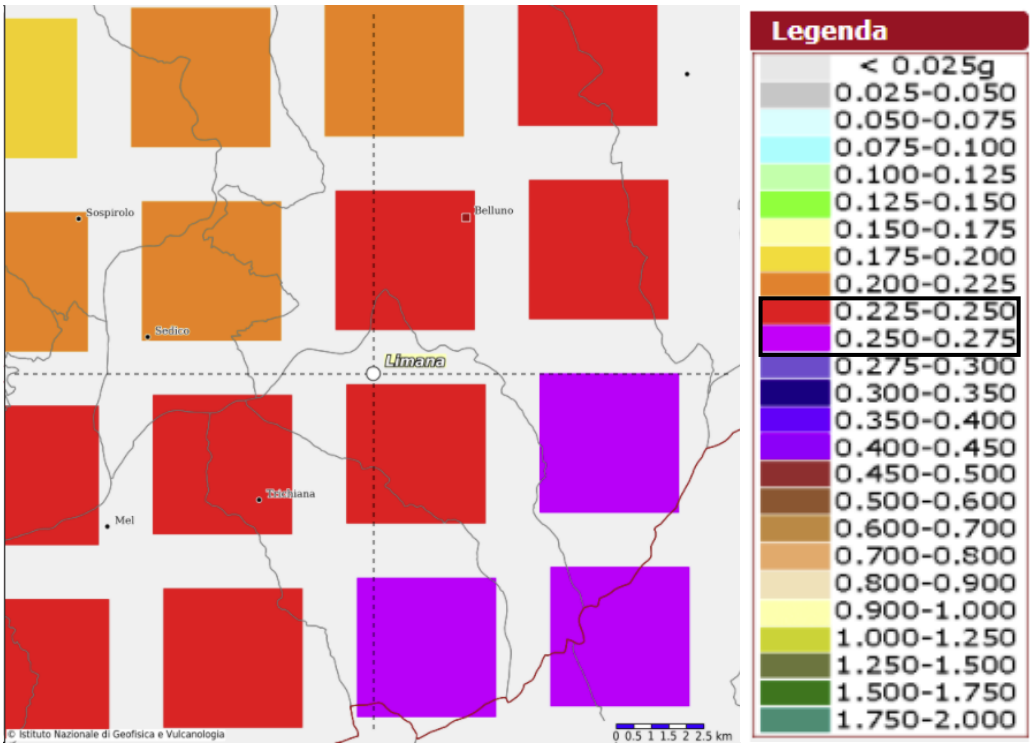


Figura 2.9: Mappa di pericolosità sismica per il Comune di Limana (da mappe interattive di pericolosità sismica: http://esse1-gis.mi.ingv.it).

Con l'entrata in vigore delle N.T.C. 2008 (poi aggiornate con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018) al posto del valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche, per ogni costruzione ci si deve riferire ad un'accelerazione di riferimento "propria", individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Viene definito dunque un valore di pericolosità di base per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

2.5. Sismicità storica

Per quanto riguarda la sismicità storica, oltre ai dati derivanti dal Database Macrosismico Italiano aggiornati al 2015 (DBMI15) per il Comune di Limana, per un'analisi su un contesto territoriale più ampio sono state prese in esame alcune indicazioni relative ai Distretti Alpago-Cansiglio (A), Pedemontana Nord (PN) e Pedemontana Sud (PS) (Sugan & Peruzza, 2011) e al territorio regionale ("Annotazioni ed indicazioni dalla storia sismologica del Veneto" - Consiglio Regionale del Veneto - a cura di Giuseppe Sartori - Ufficio Territorio, 2012).

Facendo riferimento al sito dell'INGV dal Database Macrosismico Italiano aggiornato al 2015 (DBMI15), utilizzato per la compilazione di CPTI15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani), dalla scheda del comune di Limana risulta una storia sismica limitata agli ultimi 90 anni: dal 1928 sono segnalati 6 eventi significativi (Tab.2). Dalla scheda emerge che gli effetti sismici maggiori (Int. = HD = 7.5 MCS) si registrano in corrispondenza dell'evento del 1936 con MW = 6.06 ed epicentro nell'Alpago Cansiglio.

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
2	1928 03 27 08 32	Carnia	359	9	6.02
HD	**1936 10 18 03 10**	**Alpago Cansiglio**	**269**	**9**	**6.06**
NF	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
3-4	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
4-5	1994 04 20 21 25 2	Dolomiti Friulane	159	5-6	4.12
3-4	1996 02 27 11 13 4	Dolomiti Friulane	150	5	4.27

Tabella 2.3: Storia sismica di Limana (da INGV - DBMI15: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/).

Prendendo in considerazione la scheda del DBMI15 di Belluno, che dispone di dati di risentimento relativi a un arco temporale maggiore (dal 1348 - 80 eventi), si nota la presenza di numerosi eventi che hanno superato la soglia del danno (I_0=VI MCS) e che i maggiori effetti sismici (VI, VI-VII, VII e VIII MCS) sono stati registrati in occasione dei seguenti eventi:

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1403 01 12 05 30	Belluno	1	6	4.63

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32
6-7	1549 09 10 02	Belluno	1	6-7	4.86
6-7	1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8	5.62
8	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
7	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
6	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45

Tabella 2.4: Estratto della storia sismica di Belluno con i terremoti più forti (da INGV - DBMI15: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/).

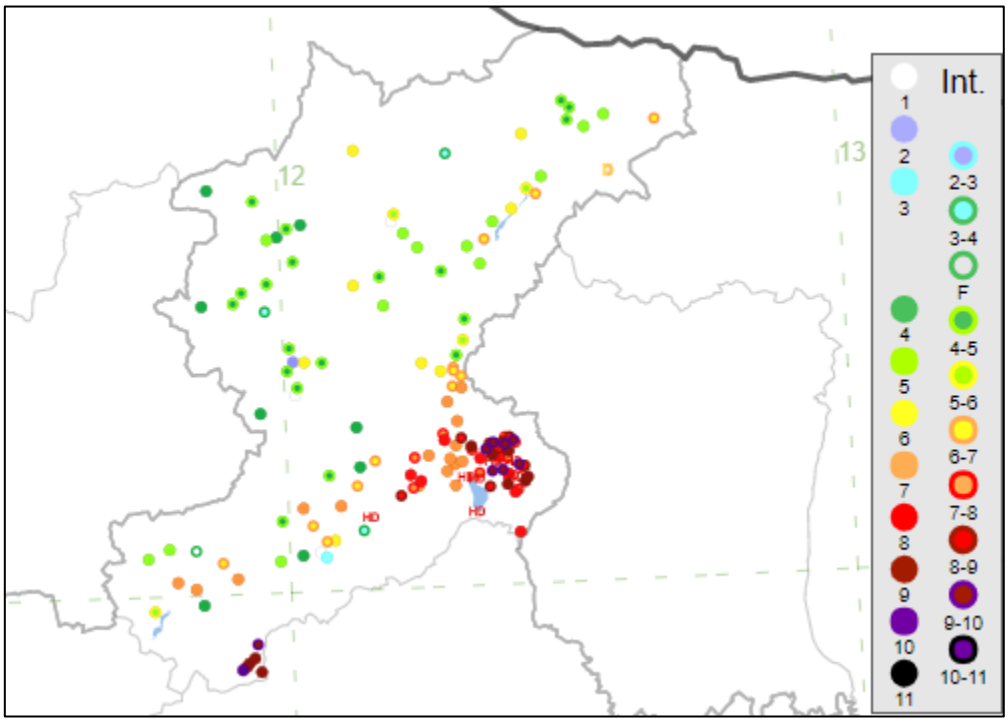


Figura 2.10: Localizzazione degli epicentri dei terremoti con intensità massima ≥ 5 catalogati nel DBMI15 per la Provincia di Belluno e relativa intensità MCS (da INGV - DBMI15: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/).

Dall'analisi dei terremoti registrati dal 1977 ad oggi e resi disponibili[5] dal Centro di Ricerca Sismologica dell'OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale) di Trieste risultano 22 eventi con epicentro nel territorio comunale di Limana (Tabella 2.5 - Figura 2.11).

Il maggior numero di terremoti degli ultimi anni è legato alle migliori prestazioni della rete sismometrica che nel corso degli anni si è sempre più ampliata consentendoci di localizzare eventi sismici, anche di magnitudo

[5] Real Time Seismology of NE Italy (http://rts.crs.inogs.it/it/search/advancedsearch.html).

molto bassa, in zone più ampie rispetto al passato. Si nota come, per il Comune di Limana, gli eventi sismici elecati non superino mai la soglia di magnitudo 2.

Event id	Date	Lat	Lon	Mag	Depth	Location
122823	2019-06-11 00:11:20	46.0852	12.1753	0.4	5.38	2 km E di Limana (Belluno)
122825	2019-06-11 15:46:07	46.1030	12.1553	0.5	4.95	2 km NNE di Limana (Belluno)
122863	2019-06-13 23:43:45	46.0955	12.1763	0.2	3.89	3 km ENE di Limana (Belluno)
123437	2019-06-23 22:41:40	46.0813	12.1728	0.4	7.03	2 km ESE di Limana (Belluno)
123315	2019-06-30 18:26:43	46.0922	12.1805	0.5	8.39	3 km E di Limana (Belluno)
123812	2019-07-22 00:11:29	46.0878	12.1837	1.1	10.57	3 km E di Limana (Belluno)
123816	2019-07-22 11:58:43	46.0903	12.1987	1.9	6.93	4 km E di Limana (Belluno)
123821	2019-07-22 13:00:41	46.0942	12.1940	0.9	6.7	4 km E di Limana (Belluno)
123826	2019-07-22 17:35:29	46.0877	12.1765	0.7	4.49	2 km E di Limana (Belluno)
123892	2019-07-23 00:30:37	46.0853	12.1737	0.2	4.94	2 km ESE di Limana (Belluno)
123893	2019-07-23 03:41:45	46.0967	12.1697	0.1	0.65	2 km ENE di Limana (Belluno)
123896	2019-07-23 17:12:03	46.0883	12.1742	0.5	3.26	2 km E di Limana (Belluno)
123898	2019-07-23 21:18:40	46.0733	12.1645	0.5	8.28	2 km SE di Limana (Belluno)
123865	2019-07-23 23:04:52	46.0878	12.1842	1.6	3.49	3 km E di Limana (Belluno)
123869	2019-07-23 23:10:43	46.0950	12.1603	0.8	7.79	1 km ENE di Limana (Belluno)
123871	2019-07-24 00:14:56	46.0817	12.1723	0.7	7.91	2 km ESE di Limana (Belluno)
124048	2019-07-26 03:52:07	46.0762	12.1663	0.3	7.31	2 km SE di Limana (Belluno)
124089	2019-07-31 23:26:32	46.0772	12.1708	0.3	7.09	2 km SE di Limana (Belluno)
124724	2019-08-19 18:14:29	46.1037	12.1718	0.4	3.65	3 km NE di Limana (Belluno)
124890	2019-09-11 06:48:51	46.0760	12.1797	0.5	6.82	3 km ESE di Limana (Belluno)
133970	2020-10-06 22:53:31	46.1222	12.1353	0.3	5.98	4 km N di Limana (Belluno)

Tabella 2.5: Eventi registrati dall'OGS dal 1977 per il Comune di Limana (Real Time Seismology of NE Italy - Seismological Research Centre of OGS).

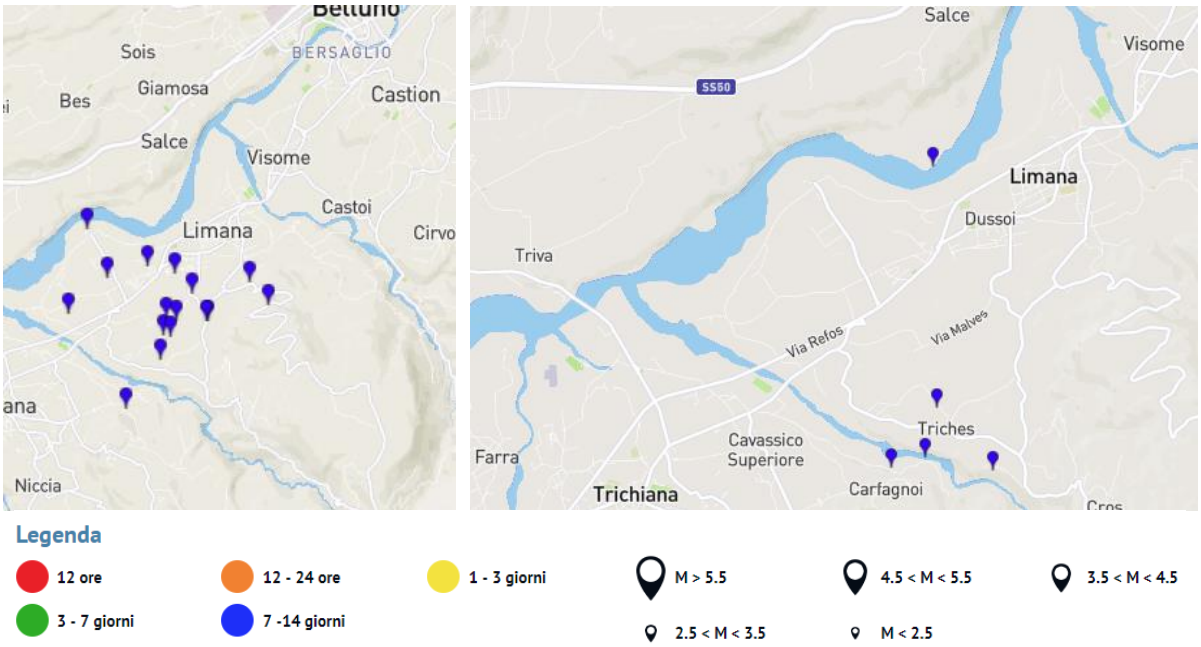


Figura 2.11: Localizzazione degli eventi registrati dall'OGS dal 1977 per il Comune di Limana (Real Time Seismology of NE Italy - Seismological Research Centre of OGS).

La sismicità registrata strumentalmente dal 1977 al 2010, a cui fa seguito la pubblicazione di Sugan e Peruzza (2011), evidenzia alcuni eventi di magnitudo superiore a 3 in zone limitrofe (distretti sismici di Alpago-Cansiglio); si evidenzia in particolare nella zona di confine con il Friuli-Venezia Giulia una fascia orientata E-O con diminuzione degli eventi verso il Veneto: si tratta di una fascia storicamente caratterizzata da sciami sismici, mai particolarmente intensi.

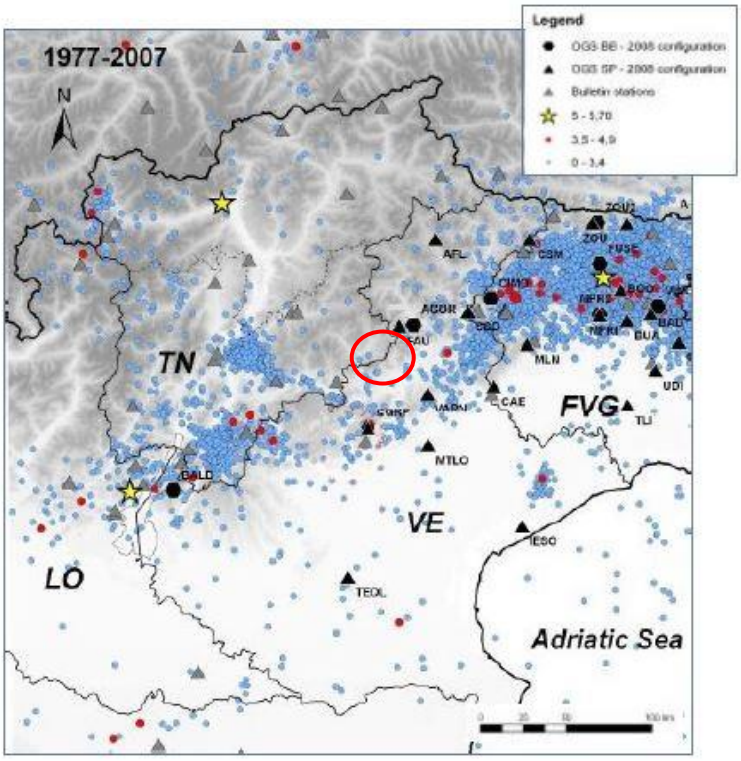


Figura 2.12: Sismicità strumentale e ubicazione delle stazioni sismometriche (periodo 1977-2007). Il cerchio rosso indica l'area d'interesse. - (http://www.crs.inogs.it/).

Il distretto Alpago-Cansiglio risulta interessato storicamente da alcuni eventi che hanno raggiunto o superato la soglia della distruzione (I_0=IX MCS), e diversi eventi con forti danni documentati sin dal XV secolo (Figura 2.13). I due eventi più significativi si sono verificati nel 1873 e nel 1936. L'evento più forte è avvenuto il 29 giugno 1873 (I_0=IX-X MCS, M_W=6.33), e ha distrutto molti villaggi dell'Alpago, causando forti danni anche a Belluno. L'altro importante evento che ha riguardato quest'area è il terremoto del Cansiglio del 18 ottobre 1936 (I_0=IX MCS, M_W=5.9).

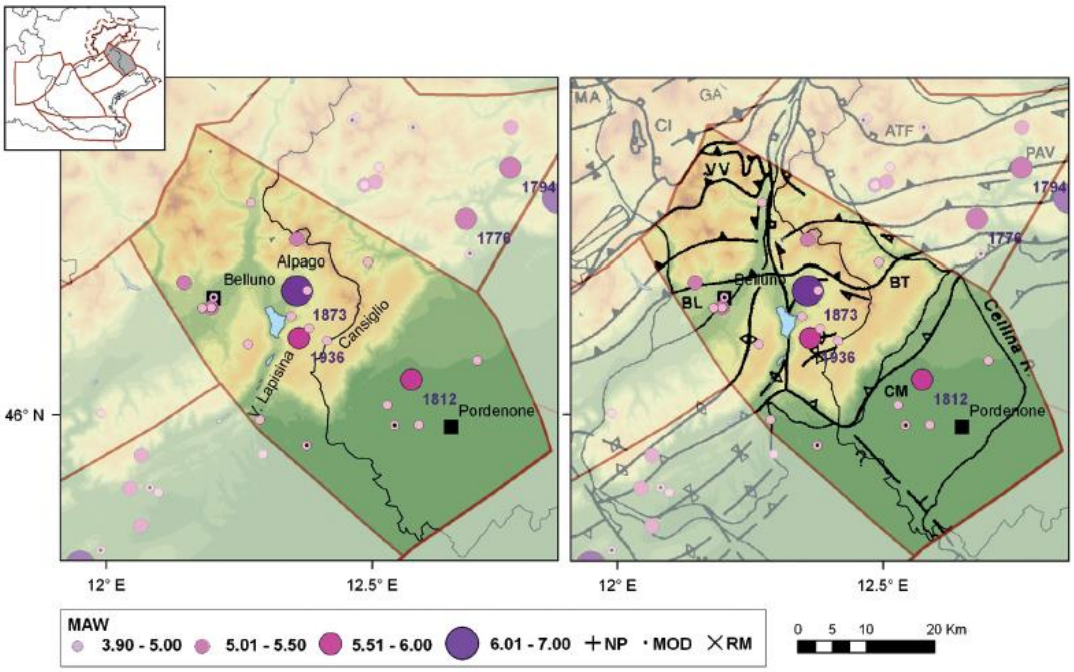


Figura 2.13: Mappa della sismicità storica del distretto Alpago-Cansiglio (A); fonte dati CPTI04 criticamente rivisto Molin et al. (2008) (da SUGAN & PERUZZA, 2011).

La sismicità registrata strumentalmente per questo distretto dal 1977 al 2010 si presenta con diversi eventi di magnitudo superiore a 3 (Figura 2.14), che si dispongono lungo una fascia orientata NE-SO compatibile con la geometria dei principali sovrascorrimenti. La massima magnitudo registrata nell'area è relativa ad un evento avvenuto il 28 dicembre 2006 di M_D=3.6, localizzato in prossimità della città di Belluno.

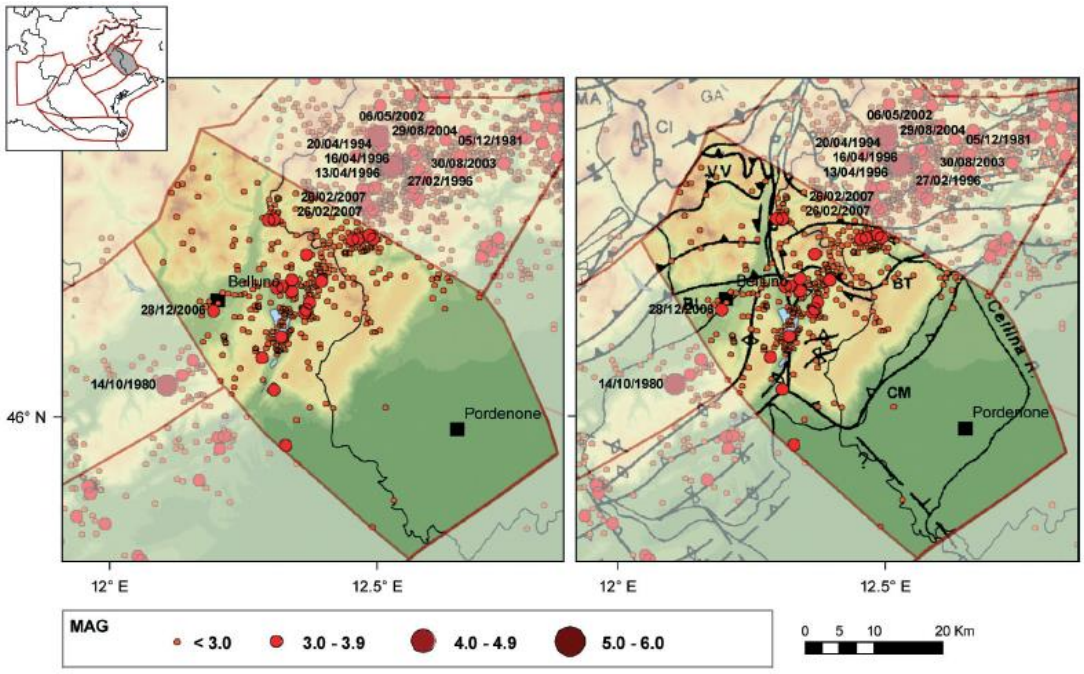


Figura 2.14: Mappa della sismicità strumentale del distretto Alpago-Cansiglio (A); fonte dati OGS (da SUGAN & PERUZZA, 2011).

Per quanto riguarda l'area della Pedemontana Nord, essa è una zona documentata storicamente solo dalla fine del '800, con pochi eventi che hanno superato la soglia del danno (I_0=VI MCS). Per molti secoli, l'assenza

di centri urbanizzati rilevanti può aver causato una focalizzazione dell'informazione storica degli effetti verso Belluno, Treviso e Verona.

Gli eventi più importanti sono riferiti alla terminazione occidentale della Val Belluna (Fonzaso, Seren del Grappa) con un evento in epoca pre-strumentale (Fonzaso, 28 novembre 1894, I_0=VI-VII MCS, M_W=5.03) e un altro avvenuto durante il travagliato periodo bellico (in catalogo riferito alla località di Valdobbiadene, il 24 luglio 1943, I_0=VII MCS, M_W=5.18 (Figura 2.15).

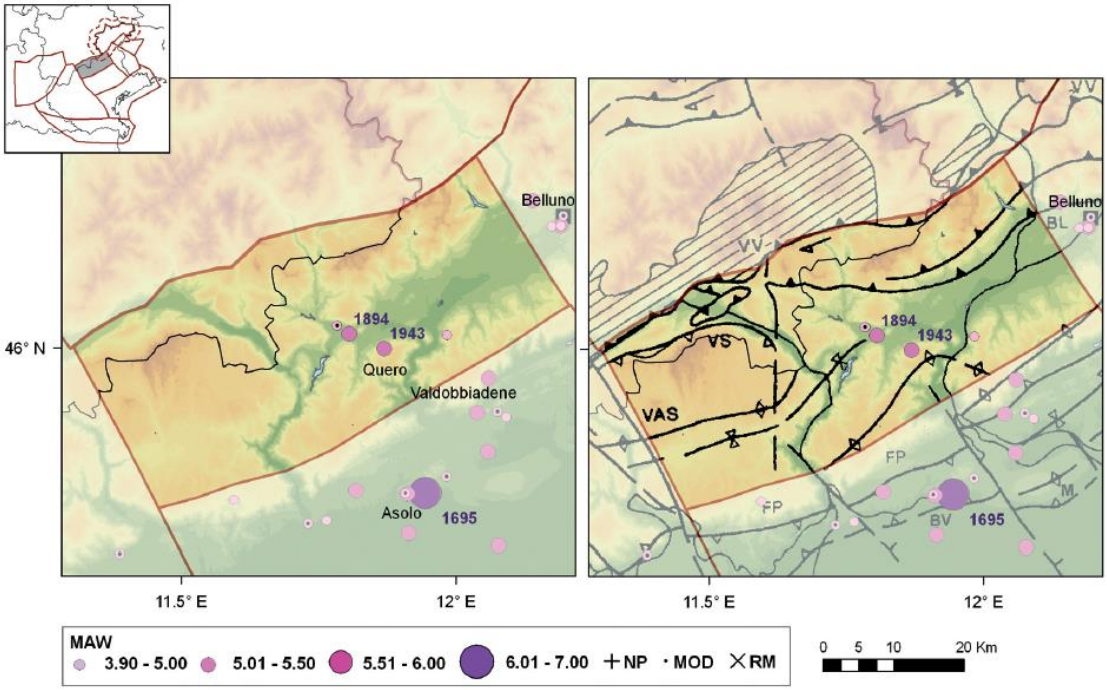


Figura 2.15: Mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Nord (PN); fonte dati CPTI04 criticamente rivisto Molin et al. (2008) (da SUGAN & PERUZZA, 2011).

La sismicità registrata strumentalmente dal 1977 si presenta da bassa a moderata, con qualche evento caratterizzato da magnitudo maggiore di 3; essi si concentrano lungo le aste vallive (Brenta, stretta di Quero del Piave, margine orientale (Figura 2.16). La magnitudo massima registrata nell'area è associata al terremoto del 14 ottobre 1980 (M_D=4.0), inserito tardivamente nel bollettino della sismicità registrata da OGS grazie ad una rielaborazione dati mirata alla determinazione del meccanismo focale (Slejko *et al.*, 1989). L'evento, localizzato nell'estremo orientale del distretto, nel comune di Mel, al confine con gli adiacenti distretti Pedemontana Sud e Alpago-Cansiglio, risulta il terremoto più forte occorso in tempi recenti nell'area compresa fra Belluno e Vicenza. Nella medesima area, sono localizzate altre due scosse, rispettivamente di M_D=3.5 (18 aprile 1988) e M_D=3.2 (22 luglio 1979); l'evento recente più forte risale al 10 dicembre 2001 (M_D=3.3, zona di Arsiè). Le scarse soluzioni disponibili come meccanismi focali indicano una cinematica compressiva o trascorrente, compatibile con l'assetto strutturale dell'area.

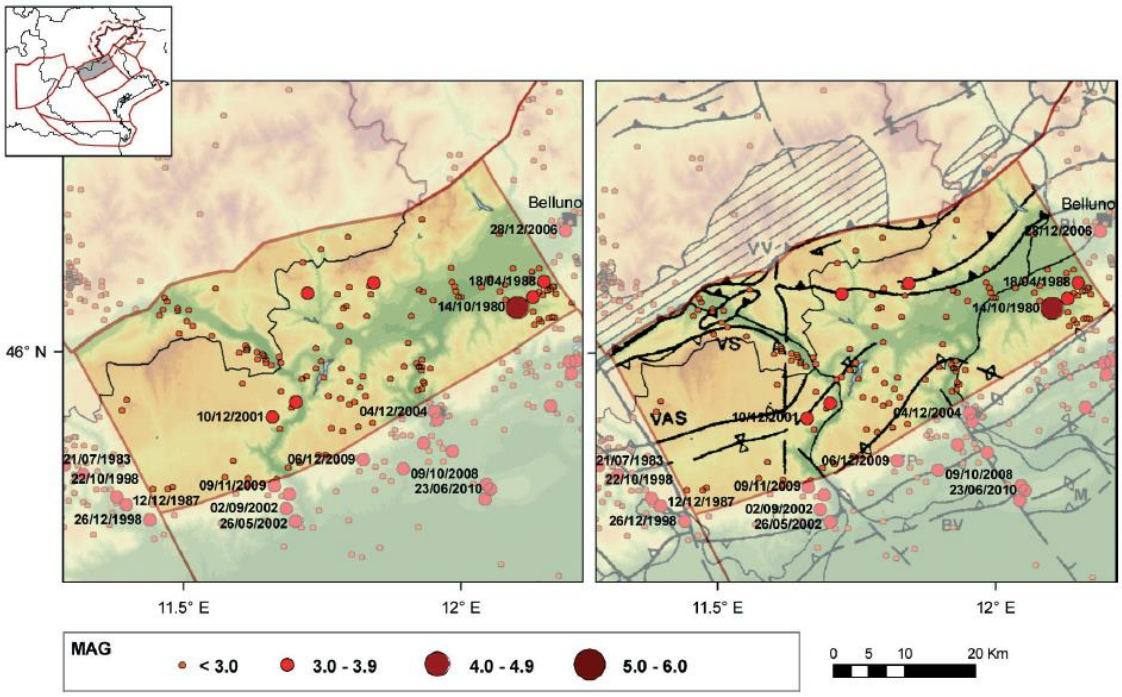


Figura 2.16: Mappa della sismicità strumentale del distretto Pedemontana Nord (PN); fonte dati OGS (da SUGAN & PERUZZA, 2011).

Il territorio comunale rientra marginalmente nel distretto Pedemontana Sud, che è una zona interessata storicamente da un evento distruttivo, e numerosi eventi che hanno superato la soglia del danno (I_0=VI MCS), documentati in modo abbastanza affidabile sin dal XIII secolo (Figura 2.17). 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. È 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.
Negli ultimi due secoli, l'evento maggiore è stato quello del 12 giugno 1836, localizzato nell'area di Bassano, che ha raggiunto la soglia del danno significativo (I_0=VII-VIII MCS, M_W=5.48), e una serie di eventi dannosi, prevalentemente documentati nella seconda metà del XIX secolo. Da oltre un secolo, quindi, nell'area non si verificano eventi di energia significativa.

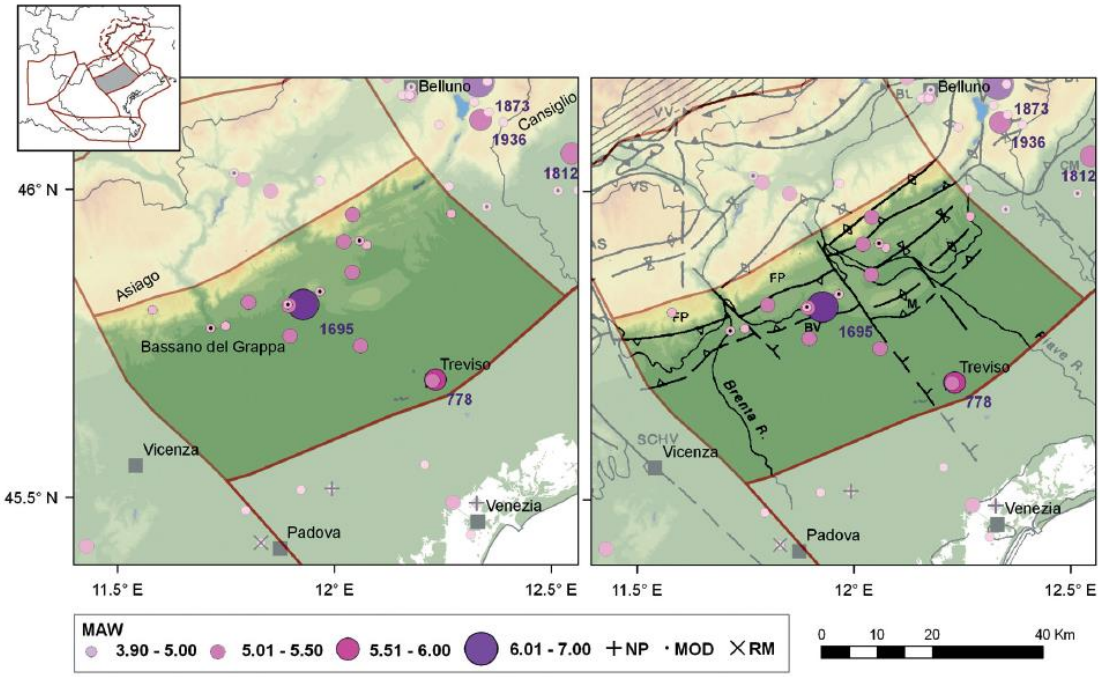


Figura 2.17: Mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Sud (PS); fonte dati CPTI04 criticamente rivisto Molin et al. (2008) (da SUGAN & PERUZZA, 2011).

La sismicità registrata strumentalmente dal 1977 si presenta da bassa a moderata, con diversi eventi di magnitudo maggiore di 3, limite teorico della soglia di percezione, localizzati lungo la fascia esterna della catena alpina, nella zona della Flessura Pedemontana (FP) e del Montello (M). La magnitudo massima registrata nell'area fino al 2010 è M_D=3.3, relativa agli eventi marcati con la data in Figura 2.18. 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. 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 otttobre 2008 (M_D=3.3) e del 23 giugno 2010 (M_D=3.2).

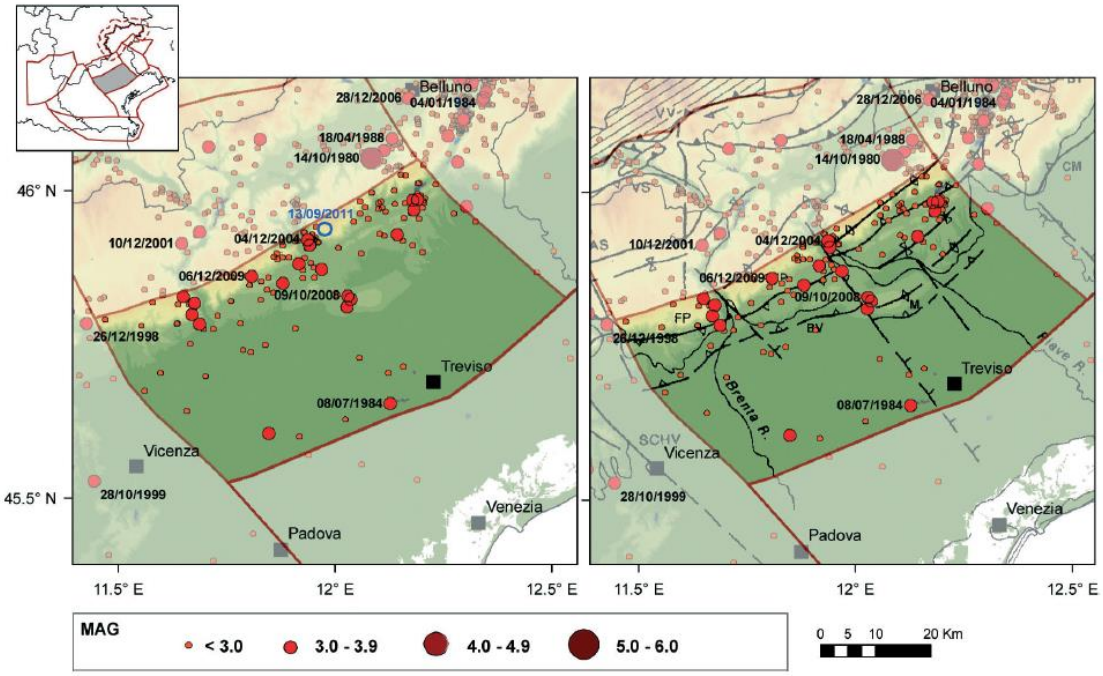


Figura 2.18: Mappa della sismicità strumentale del distretto Pedemontana Sud (PS); fonte dati OGS (da SUGAN & PERUZZA, 2011).

Di seguito si riportano le descrizioni disponibili per i principali terremoti per i quali sono stati registrati i maggiori effetti sismici per la zona in esame:

Terremoto in Slovenia del 1511

Il 26 marzo il terremoto, con epicentro a Idrija in Slovenia causò gravi danni, tra cui il crollo del castello di Udine e ingenti danni nei centri abitati di Gemona (dove crollò la Torre) e Cividale (dove fu gravemente danneggiato il Duomo). Si contarono fino a 10mila morti, provocò persino un piccolo tsunami nel mare Adriatico che interessò Trieste e Venezia.

Terremoto di Sequals del 1812

Il 25 ottobre ci fu un forte terremoto con epicentro nella zona di Sequals. Fu avvertito a Spilimbergo, Udine, Treviso e Venezia. A Pordenone fu abbattuta la torre dell'orologio, pericolante.

Terremoto del Bellunese del 1873

L'evento si verificò il 19 giugno alle ore 4.55. L'intensità epicentrale è stata valutata in 9.5 M.C.S. e la magnitudo in 6.3. l'epicentro fu individuato nel bacino dell'Alpago e le zone maggiormente colpite furono, oltre a quest'ultimo, la Valle Lapisina e la fascia collinare che va da Vittorio Veneto a Montereale. Le vittime furono 30 nell'Alpago, 40 nella provincia di Belluno, 36 a S Pietro di Feletto per il crollo del tetto di una chiesa e 16 lungo la fascia Rugolo-Cappella-Sarmede.

Terremoto del Bosco del Cansiglio del 1936

Il terremoto si verificò il 18 ottobre alle ore 4:10. L'intensità epicentrale è stata valutata in 9° M.C.S., la magnitudo è stata stimata in 5.8 (Ms magnitudo dell'onda di superficie); l'epicentro venne calcolato in corrispondenza all'Altopiano del Cansiglio, il sisma però venne avvertito in tutto il Veneto. L'ipocentro è stato individuato a circa 17 Km dalla superficie. Le zone maggiormente colpite furono i borghi al piede del Cansiglio

da Ceneda (Vittorio Veneto) a Stevenà; non vennero registrate vittime; ingenti furono i danni nella fascia ai piedi del Cansiglio.
Dalla cronologia degli eventi sismici noti per il Veneto e dalla cronologia degli eventi sismici più gravi per il Veneto riportate in "Annotazioni ed indicazioni dalla storia sismologica del Veneto - Consiglio Regionale del Veneto - a cura di Giuseppe Sartori - Ufficio Territorio, 2012", relativi a un arco temporale di oltre 1000 anni, emergono per l'area del Bellunese i due eventi del 1873 e del 1936 citati in precedenza, anche se non risultano segnalazioni specifiche di effetti provocati dagli stessi riguardanti il territorio di Limana.

Data	Area epicentrale	Intensità MCS* MAGNITUDO	Descrizione
29 giugno 1873	Bellunese	IX-X Mw=6.3	L'area più colpita dalla scossa fu il bellunese, ma gravi danni subirono gli edifici dei paesi compresi tra Belluno, Pordenone e Conegliano Veneto (TV). Il centro più danneggiato fu Belluno e si osservarono lesioni anche a Gorizia, Pordenone, Trieste, Udine, Verona e Vicenza. 80 le vittime
18 ottobre 1936	Alpago-Cansiglio (BL-PN)	X Mw=6.1	Colpita la zona di confine fra le attuali province di Belluno, Treviso e Pordenone con i massimi effetti a sud dell'altopiano del Cansiglio nei paesi di Fiaschetti, Stevenà e Villa di Villa. Gravissimi danni anche a nord del Cansiglio, nella conca d'Alpago in particolare nelle località di Puos d'Alpago, Cornei e Villa.

Tabella 2.6. Cronologia degli eventi sismici più gravi per il Bellunese. Fonte: Scheda tecnica della protezione civile aggiornata con le più recenti elaborazioni contenute nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11. [= scala proposta da Mercalli, Cancani e Sieberg (MCS)]. Estratta da "Annotazioni ed indicazioni dalla storia sismologica del Veneto - Consiglio Regionale del Veneto - a cura di Giuseppe Sartori - Ufficio Territorio, 2012".*

2.6. Elementi Geologici In Prospettiva Sismica

Gli elementi geologici che possono produrre amplificazione sismica sono descritti dalle NTC (Norme Tecniche per le Costruzioni) del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018 e prendono in considerazione l'amplificazione legata agli effetti litologico-stratigrafici e a quelli topografici; gli effetti di valle e di bordo vallivo, allo stato attuale delle conoscenze, sono difficilmente quantificabili.

L'amplificazione stratigrafica è attesa su suoli (con il termine suolo qui si intende qualsiasi tipo di materiale roccioso o sciolto su cui è modellata la superficie topografica) di categoria diversa da A, caratterizzati da Vs < 800 m/s e spessori > di 3 metri. Qualsiasi tipologia di suolo (roccia o deposito quaternario) che possiede Vs > 800 m/s rientra, invece, nella categoria A ed è considerata bedrock sismico, quindi non in grado di generare amplificazione stratigrafica.

L'amplificazione topografica ovvero la focalizzazione (o concentrazione) delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è un fenomeno ampiamente documentato. L'amplificazione topografica è massima in corrispondenza di linee di cresta e cigli di scarpata e poi decresce con modelli complessi allontanandosi da essi. L'amplificazione del segnale sismico per motivi topografici è un tipico effetto tridimensionale; è in genere più bassa rispetto a quella litologico-stratigrafica ed è influenzata sensibilmente dalla direzione di provenienza del segnale.

La storia sismica italiana ha insegnato che il potere distruttivo di un terremoto non è legato solo al grado di magnitudo, ma per lo più agli "effetti di sito", ovvero dei fattori che localmente amplificano, anche fino a dieci volte, le onde sismiche e per i quali anche a seguito di una scossa non estremamente intensa (esempio magnitudo 5.0 o addirittura inferiore) possono svilupparsi importanti devastazioni. Questo accade quando, a causa delle particolari condizioni geotecnico-geomorfologiche del sito, si verifica una modifica di ampiezza, frequenza e durata delle onde sismiche: variano cioè le caratteristiche vibratorie del sisma. L'effetto può essere valutato attraverso il rapporto tra il moto sismico nel sito e quello che si osserverebbe per lo stesso terremoto in una roccia rigida pianeggiante. Se questo rapporto è maggiore di 1 si parla di amplificazione.

I principali effetti di sito sono:

- *Fenomeno della "doppia risonanza"*
  Forse è il meno noto degli effetti di sito ma certamente tra i più pericolosi. Si basa sui principi delle onde elastiche e sul fatto che qualsiasi entità od oggetto del nostro pianeta ha una sua propria frequenza di vibrazione. Quando il periodo fondamentale dell'onda sismica, il periodo di vibrazione del terreno e quello della costruzione sono all'incirca uguali ecco che i loro effetti si sommano e nasce una fortissima amplificazione del moto sismico.
- *Addensamento di onde e terreni*
  Le variazioni più significative del moto sismico si verificano quando le onde passano dal *bedrock* (la base rocciosa) ai depositi superficiali, soprattutto laddove questi ultimi sono terreni soffici o incoerenti. In particolare, diminuendo la velocità, le onde sono come "intrappolate", rendendo in sostanza più lungo il tempo di scuotimento del terreno. Inoltre, aumenta l'ampiezza delle onde che "si addensano", diventando più pericolose e provocando uno sconvolgimento simile a quello del mare che passa improvvisamente da calmo ad agitato.
- *Geomorfologia e frane*
  Altro aspetto fondamentale negli effetti di sito è la topografia del territorio, in relazione alla posizione dei nuclei abitati, che spesso occupano pendii più o meno acclivi o aree prossime a orli morfologici. In questo caso possono verificarsi due effetti, anche contemporanei: da una parte la topografia del colle focalizza ed intrappola le onde in arrivo che possono "rimbalzare" per riflessione (anche multipla) sui fianchi della collina ed aumentare lo scuotimento verso la cima del colle, dall'altra una pendenza sensibile può contribuire alla rottura dell'equilibrio del versante, provocando lo sviluppo di frane quiescenti od il crollo di porzioni di roccia su pareti sub-verticali. Particolarmente importante diventa a questo punto la valutazione della stabilità dei versanti attraverso studi geomorfologici (carta della franosità) atti ad individuare tutti i parametri che concorrono al rischio potenziale quali acclività, litologie con caratteristiche scadenti, frane quiescenti e/o paleofrane, fenomeni di erosione, ruscellamento diffuso. Amplificazioni del sisma per effetto topografico sono state osservati nei terremoti di Friuli (1976), Irpinia (1980) ed Umbria-Marche (1997), ma anche nella sequenza sismica, tutt'ora in corso, che ha coinvolto il Centro Italia, dove diverse località disposte su colli hanno subìto danni devastanti.

Tra gli effetti di sito vanno citati anche:

- la presenza di faglie, cavità e in generale anomalie presenti nel substrato che in qualche modo modificano la frequenza ed il percorso delle onde sismiche;
- liquefazione dei terreni.

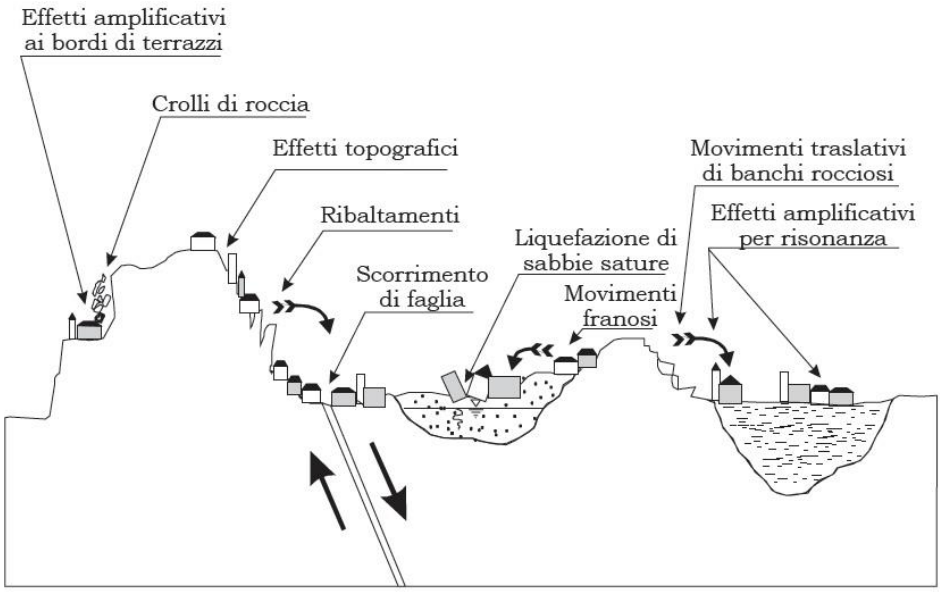


Figura 2.19: Schema degli effetti di sito.

Per il contesto specifico tali aspetti sono sicuramente secondari, non si ritiene quindi di includerli tra gli effetti di sito attesi.

Per quanto attiene la problematica relativa alle faglie attive e capaci, come esposto in precedenza al §2.3Faglie capaci, si ritiene non vi siano elementi sufficienti per classificare faglie come attive e capaci.

In quanto alla liquefazione dei terreni, si ritiene che la natura dei depositi permetta di escluderne la suscettibilità; i terreni presenti nelle aree di fondovalle, ove la profondità media della falda freatica è localmente <15 m dal p.c., presentano infatti tessitura prevalentemente grossolana. Le lenti a carattere sabbioso sono state riscontrate solo localmente, in alcuni sondaggi, e in misura nettamente subordinata rispetto ai terreni a tessitura grossolana e ai terreni fini limoso-argillosi.

Riassumendo, gli effetti sismici locali attendibili sono principalmente riferibili ad amplificazione stratigrafica e topografica, e secondariamente all'innesco di frane e ad effetti di doppia risonanza suolo-struttura. I possibili effetti di amplificazione stratigrafica sono accentuati presso alcune zone, caratterizzate da depositi meno addensati, mentre sono attenuati altrove, dove il grado di addensamento dei depositi è elevato. Spesso si rinviene la concomitanza di effetti di amplificazione stratigrafica e topografica, anche presso zone abitate.

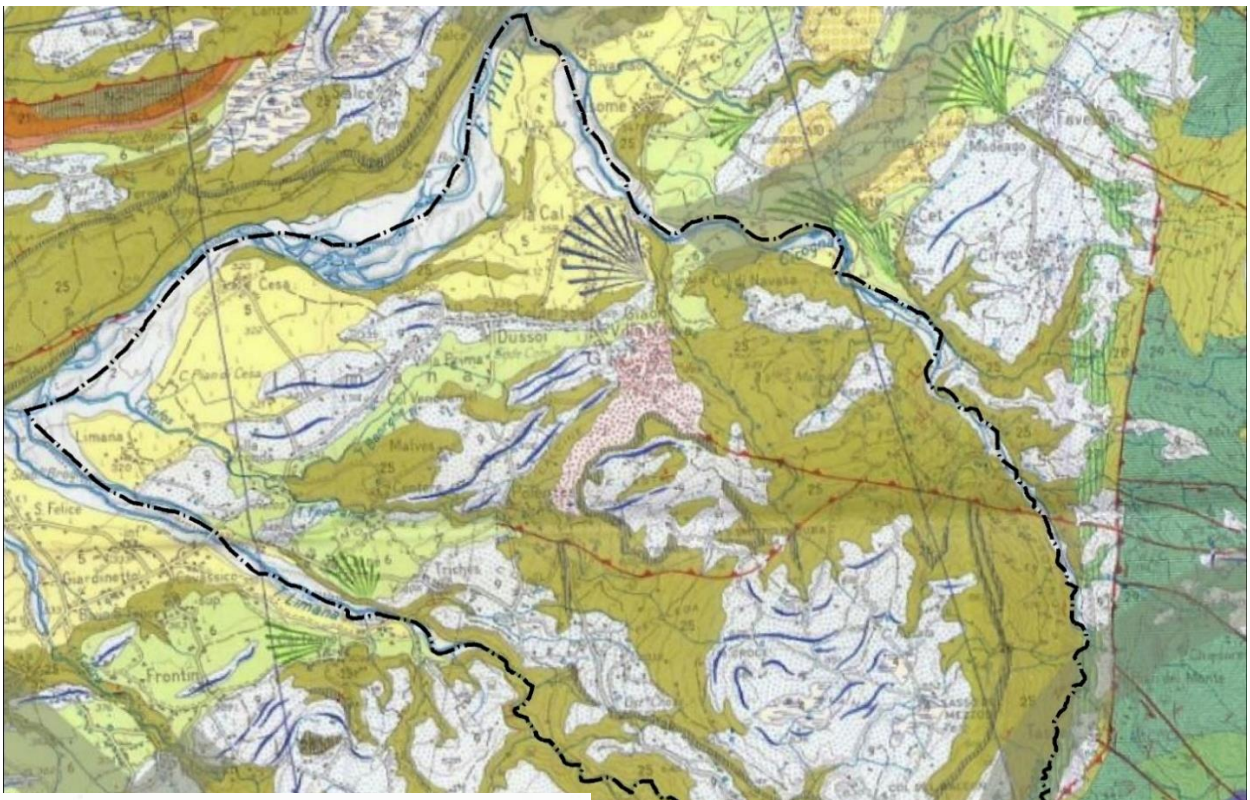
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

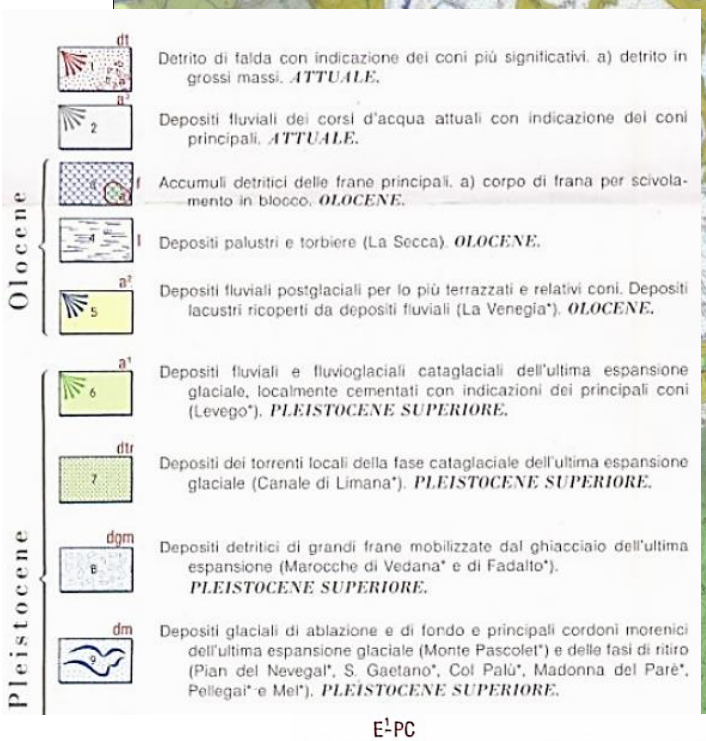
3.1. Assetto geologico e geostrutturale

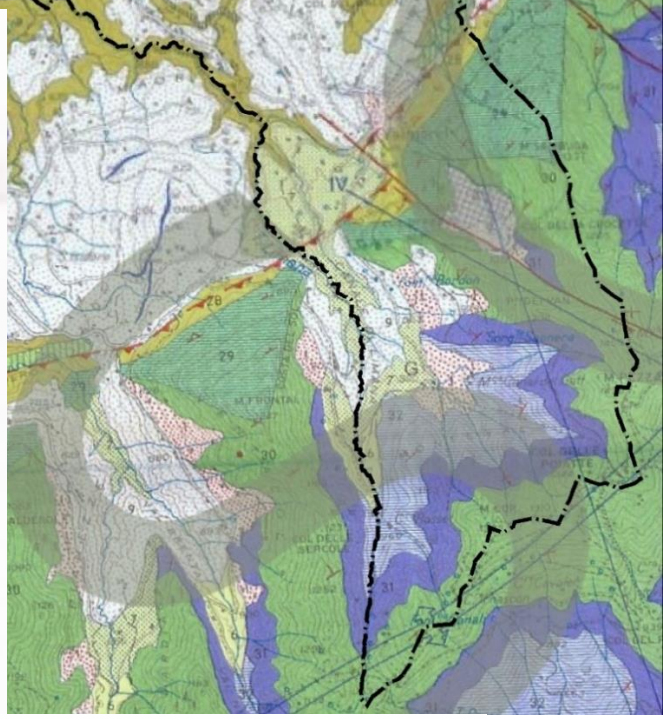
Dal punto di vista geologico il territorio fa parte delle Alpi Meridionali e le rocce del substrato roccioso affioranti hanno un'età compresa tra il Giurassico superiore e il Paleogene. In particolare, lungo la fascia centrale del territorio comunale, al di sotto dei depositi olocenici troviamo rocce terene di natura arenaceo-marnosa (*Flysch di Belluno* - Eocene p.p.) che affiorano estesamente lungo le aste torrentizie principali (Torrente Limana e Torrente Cicogna).

Il settore sud-orientale del territorio è invece caratterizzato dalla presenza di rocce di natura prevalentemente carbonatica che comprendono la *Marna della Vena d'Oro* e *Scaglia Cinerea* (Eocene inf. p.p.

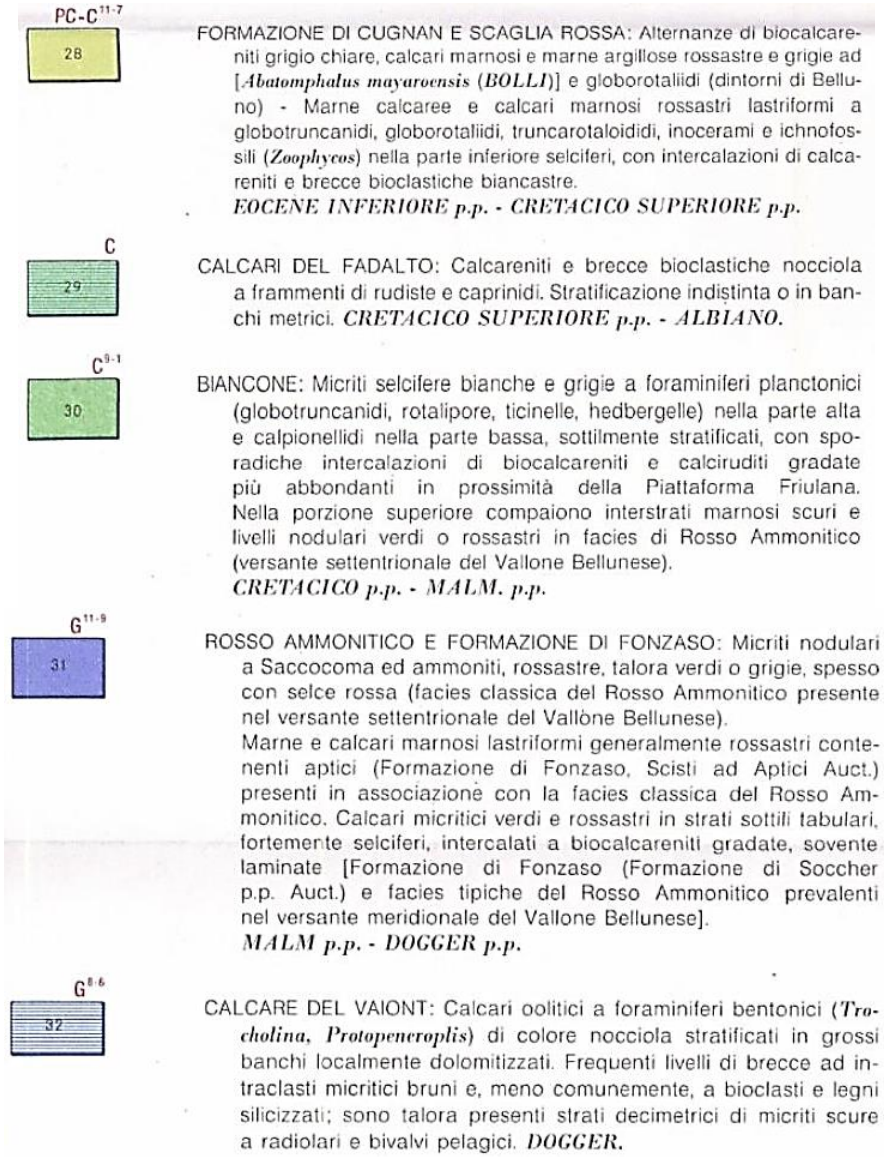
– Paleocene p.p.), la *Formazione di Cugnan* e *Scaglia Rossa* (Eocene inf. p.p. – Cretaceo sup. p.p.), *Calcari del Fadalto* (Cretaceo sup. p.p. – Albiano), *Biancone* (Cretaceo p.p. – Malm p.p.), *Rosso Ammonitico* e *Formazione di Fonzaso* (Malm p.p. – Dogger p.p,), *Calcare del Vaiont* (Dogger).







MARNA DELLA VENA D'ORO E SCAGLIA CINEREA: Marne argillose fogliettate rosse e grigio-verdastre a globorotaliidi [*Planorotalites pseudomenardii* (BOLLI)] e truncarotaloididi [*Morozovella aequa* (CUSHMAN & RENZ)]. Marne e marne argillose cinerine a globorotaliidi [*Planorotalites pusilla pusilla* (BOLLI)] passanti inferiormente a calcari marnosi grigi fittamente stratificati con rare intercalazioni di calcari bioclastici. *EOCENE INFERIORE p.p. - PALEOCENE p.p.*



PC-C[11-7]
28

FORMAZIONE DI CUGNAN E SCAGLIA ROSSA: Alternanze di biocalcareniti grigio chiare, calcari marnosi e marne argillose rossastre e grigie ad [*Abatomphalus mayaroensis* (*BOLLI*)] e globorotaliidi (dintorni di Belluno) - Marne calcaree e calcari marnosi rossastri lastriformi a globotruncanidi, globorotaliidi, truncarotaloididi, inocerami e ichnofossili (*Zoophycos*) nella parte inferiore selciferi, con intercalazioni di calcareniti e brecce bioclastiche biancastre.
EOCENE INFERIORE p.p. - CRETACICO SUPERIORE p.p.

C
29

CALCARI DEL FADALTO: Calcareniti e brecce bioclastiche nocciola a frammenti di rudiste e caprinidi. Stratificazione indistinta o in banchi metrici. *CRETACICO SUPERIORE p.p. - ALBIANO.*

C[9-1]
30

BIANCONE: Micriti selcifere bianche e grigie a foraminiferi planctonici (globotruncanidi, rotalipore, ticinelle, hedbergelle) nella parte alta e calpionellidi nella parte bassa, sottilmente stratificati, con sporadiche intercalazioni di biocalcareniti e calciruditi gradate più abbondanti in prossimità della Piattaforma Friulana. Nella porzione superiore compaiono interstrati marnosi scuri e livelli nodulari verdi o rossastri in facies di Rosso Ammonitico (versante settentrionale del Vallone Bellunese).
CRETACICO p.p. - MALM. p.p.

G[11-9]
31

ROSSO AMMONITICO E FORMAZIONE DI FONZASO: Micriti nodulari a Saccocoma ed ammoniti, rossastre, talora verdi o grigie, spesso con selce rossa (facies classica del Rosso Ammonitico presente nel versante settentrionale del Vallòne Bellunese).
Marne e calcari marnosi lastriformi generalmente rossastri contenenti aptici (Formazione di Fonzaso, Scisti ad Aptici Auct.) presenti in associazione con la facies classica del Rosso Ammonitico. Calcari micritici verdi e rossastri in strati sottili tabulari, fortemente selciferi, intercalati a biocalcareniti gradate, sovente laminate [Formazione di Fonzaso (Formazione di Soccher p.p. Auct.) e facies tipiche del Rosso Ammonitico prevalenti nel versante meridionale del Vallone Bellunese].
MALM p.p. - DOGGER p.p.

G[8-6]
32

CALCARE DEL VAIONT: Calcari oolitici a foraminiferi bentonici (*Trocholina*, *Protopeneroplis*) di colore nocciola stratificati in grossi banchi localmente dolomitizzati. Frequenti livelli di brecce ad intraclasti micritici bruni e, meno comunemente, a bioclasti e legni silicizzati; sono talora presenti strati decimetrici di micriti scure a radiolari e bivalvi pelagici. *DOGGER.*

Figura 3.1. Estratto fuori scala della Carta Geologica d'Italia 1:50 000 - Foglio Belluno con relativi estratti di legenda.

Le coperture detritiche quaternarie presenti sono rappresentate in prevalenza da **depositi fluvioglaciali** e **alluvionali** nel fondovalle, e da **depositi glaciali** nelle fasce di raccordo collinari. Questi ultimi sono rappresentati da cordoni morenici allineati grossomodo lungo il versante, parallelamente alla direzione del fondovalle del Piave e a diverse quote, testimoniando i successivi stadi di ritiro del ghiacciaio. Gli accumuli fluviali e fluvioglaciali sono rappresentati da conoidi, superfici terrazzate e depositi di alveo. I coni alluvionali situati sui versanti sono i più antichi poiché sono stati deposti nel corso della deglaciazione würmiana ed il loro apice coincide generalmente con il margine inferiore dei depositi glaciali. I depositi morenici sono in genere composti da miscele mal classate di limi, limi sabbiosi con ghiaie e clasti sub-spigolosi, mentre i depositi alluvionali o fluvio-glaciali sono in genere meglio classati e rappresentati da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa. Non è esclusa la presenza di livelli coesivi in entrambe le litologie.

Dal punto di vista tettonico le lineazioni e le strutture presenti nel territorio risentono dell'azione compressiva neogenica alpina, che è intervenuta sulle strutture preesistenti mesozoiche, dando origine ad una serie di sovrscorrimenti, faglie trascorrenti e transpressive. Il risultato è una serie di forme tettoniche a direzione

valsuganese (WSW-ENE). Tra queste si annovera la scarpata strutturale ricollegabile alla Linea di Belluno. Questa morfostruttura presenta un collegamento alla valle sinclinale di Belluno e alla dorsale anticlinale del S. Boldo - Col Visentin. È immediato rilevare quindi un collegamento con l'assetto tettonico regionale. L'area in esame appartiene infatti al fronte Prealpino delle Alpi Meridionali che corrisponde al fronte Plio-Quaternario della catena Sudalpina Orientale, un insieme embriciato di ricoprimenti a basso angolo diretti circa tra WSW - ENE e WNW – ESE.

3.2. Assetto geomorfologico

Il comune di Limana (BL) ha un'estensione complessiva di circa di 39.12 km^2; confina a Nord e ad Est con il Comune di Belluno, a Sud con il Comune di Revine Lago, e ad Ovest con il Comune di Borgo Valbelluna. Per una piccola porzione, il Comune di Limana confina anche con i territori di Vittorio Veneto (a SE) e Sedico (NO). L'altitudine massima misura 1463 m s.l.m. mentre la minima 295 m circa s.l.m. (quote derivate dal Modello digitale del terreno con cella di lato 5 m - Figura 3.2).

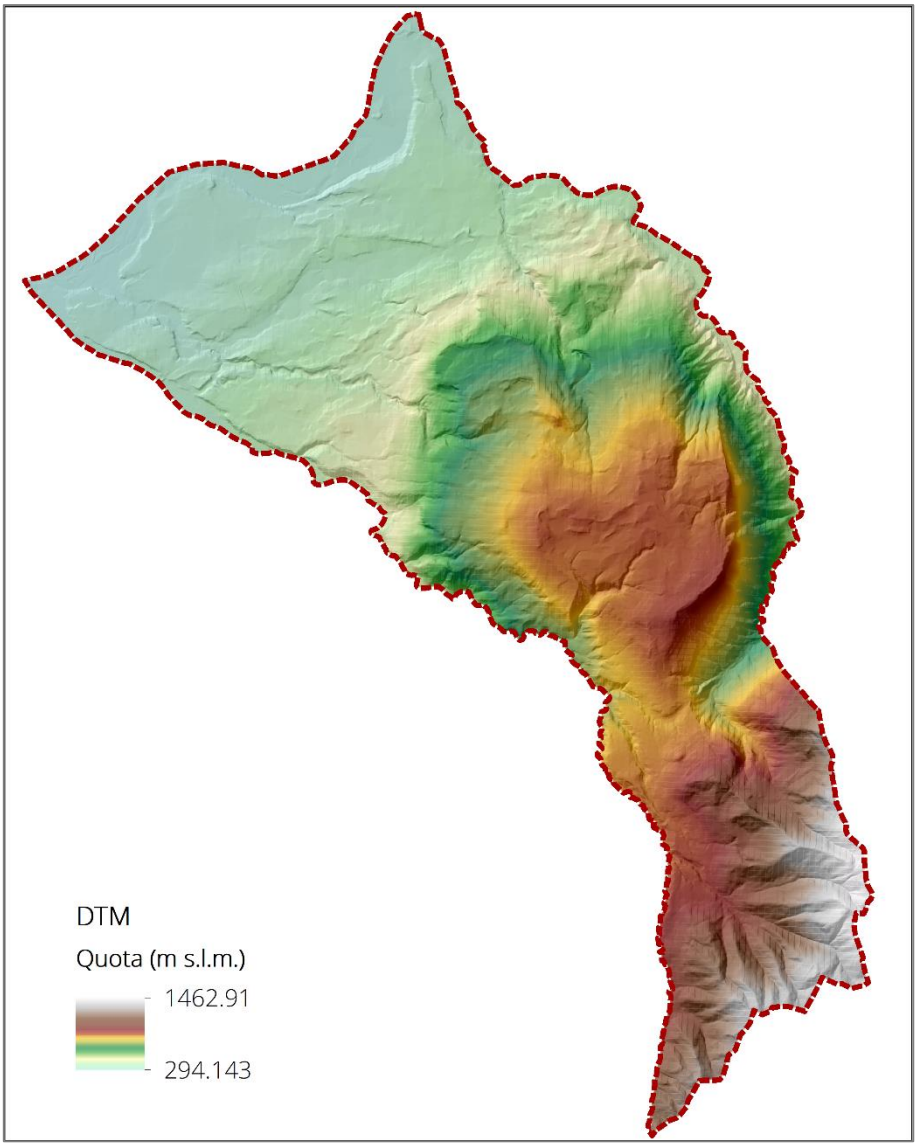


Figura 3.2. Modello digitale del terreno (cella 5 m di lato) per il territorio comunale sovrapposto al modello a ombre. Tratto dalla bancadati regionale http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/.

Il territorio sorge lungo la sinistra idrografica del Fiume Piave, ponendosi al centro della Valbelluna: ampia valle longitudinale di origine glaciale ad orientamento NE-SW, con fondo pianeggiante e dai fianchi dolci, impostata su una sinclinale asimmetrica. Il confine amministrativo è delimitato verso Nord dal corso del F. Piave, verso Ovest è segnato dal corso del T. Limana e verso Est dal corso del T. Cicogna, entrambi tributari di sinistra del Piave. I torrenti incidono la superficie formando orli di scarpata di erosione di altezze variabili a seconda della competenza dei materiali attraversati, talora approfondendo il loro alveo fino a raggiungere il substrato roccioso, soprattutto nei tratti medio-alti dell'asta fluviale.

Il territorio è suddivisibile in 3 ambiti:

1. Ambito di fondovalle: con i boschi ripariali e aree alluvionali. In questa fascia sono comprese le attività industriali con gli insediamenti e l'agricoltura di base.
2. Ambito di medio versante: con boschi (faggete, carpino nero, aceri e i tigli), prati e insediamenti più ridotti, spesso temporanei. È questa la fascia centrale, più caratteristica ed estesa dell'intero territorio in sinistra Piave.
3. Ambito della dorsale delle prealpi Bellunesi: zone di cresta, quasi sempre prive di bosco, in cui l'uomo ha certamente avuto un peso importante nel determinare l'attuale assetto paesaggistico ma vi è stato il concorso di elementi naturali (effetto vetta e cresta, legato al vento).

Queste vaste porzioni di territorio, che in realtà proseguono e persistono anche oltre i confini amministrativi comunali, seguono l'andamento della Val Belluna (asse NE-SW) risultando di fatto paralleli al corso del Piave.

Il territorio sale dal greto del Piave gradatamente verso il crinale delle prealpi Bellunesi dove si attesta il confine provinciale. I principali rilievi, che si trovano nel settore sud-orientale, culminano con il Monte Pezza (1468 m s.l.m.) al confine con il Comune di Vittorio Veneto.

Lungo l'antico reticolo stradale sono presenti numerosi e piccoli centri storici legati allo sfruttamento agricolo del territorio; lo sviluppo moderno dal secondo dopoguerra si è concentrato nella parte bassa del territorio, quella più pianeggiante e contigua ai due centri principali in prossimità della provinciale della sinistra Piave. Il Capoluogo e le principali frazioni, infatti, sorgono nella zona di fondovalle che presenta una morfologia per lo più pianeggiante, con quote comprese tra i 360 e i 300 m s.l.m..

La morfologia localmente può essere articolata, come risultato dell'intenso modellamento glaciale avvenuto nel Pleistocene, ed in particolare durante l'ultima glaciazione. Le valli del Piave, del Cordevole, del Mis e la Conca dell'Alpago, furono infatti occupate da grandi ghiacciai, che ne modificarono la morfologia del fondovalle. Sui versanti e sul fondovalle, si rinvengono tracce di forme e depositi dell'ultima espansione wurmiana. Con la fase di ritiro dei ghiacciai, si verificarono intensi fenomeni di rimaneggiamento dei depositi glaciali, ad opera delle acque di fusione. Dai versanti, soggetti all'azione delle acque dilavanti e ai processi gravitativi di assestamento, si riversarono sul fondovalle sotto forma di frane, colate di trasporto in massa ecc., notevoli quantità di detriti variamente ripresi e trasportati verso la pianura dai corsi d'acqua. Successivamente, con il miglioramento climatico, con lo sviluppo della vegetazione e con la stabilizzazione dei versanti iniziarono i processi di incisione dei depositi alluvionali. Il territorio è caratterizzato dall'abbondante presenza di depositi glaciali, rappresentati da cordoni morenici allineati grossomodo lungo il versante, parallelamente alla direzione del fondovalle del Piave e a diverse quote, testimoniando i successivi stadi di ritiro del ghiacciaio. Talora i cordoni morenici longitudinali fungono da ostacolo per la rete idrografica minore che viene intercettata e diretta parallelamente al versante. Nell'area in studio è stata evidenziata la

presenza di terrazzi di kame che sono sedimenti glaciali e fluvioglciali deposti da corsi d'acqua e acque di fusione a contatto con il ghiacciaio. Con il ritiro di quest'ultimo detti depositi formarono dei terrazzi sospesi lungo il versante talora allineati alle morene laterali. Essi presentano una selezione granulometrica dei materiali e talora cementazione.

Gli accumuli fluviali e fluvioglaciali sono rappresentati da conoidi, superfici terrazzate e depositi di alveo. I coni alluvionali situati sui versanti sono i più antichi poiché sono stati deposti nel corso della deglaciazione würmiana ed il loro apice coincide generalmente con il margine inferiore dei depositi glaciali. Si possono allo sbocco della valle del Torrente Limana. La loro forma è allungata, il profilo ripido ed il ventaglio limitato. Essi sono stati deposti nel corso di eventi di piena. Di età più recente sono i conoidi sovrapposti alla superficie del terrazzo principale del Piave, quando l'omonimo ghiacciaio si era già ritirato ma non si era ancora avviato il processo di terrazzamento della piana alluvionale di fondovalle. Detti coni si rilevano sul Torrente Cicogna a Navasa. Le superfici terrazzate presenti nel fondovalle del Piave sono costituite da depositi ghiaiosi talora cementati. La loro altezza rispetto all'alveo attuale si riduce proseguendo da Est verso Ovest.

3.3. Idrologia e Idrogeologia

Il territorio in esame fa parte di una zona abbastanza complessa dal punto di vista idraulico, percorsa da una estesa rete di torrenti e rogge che si trasformano in veicoli di smaltimento delle acque meteoriche durante gli eventi piovosi. La principale risorsa idrica superficiale risulta essere il Fiume Piave al cui bacini imbrifero appartiene l'intero territorio comunale. Il fiume stesso risulta essere il confine naturale verso nord del territorio di studio. I confini est ed ovest del territorio comunale sono fisicamente tracciati dai corsi dei torrenti Cicogna e Limana. Tra i corsi d'acqua principali si cita anche il Torrente Refos affluente del Piave in sinistra idrografica.

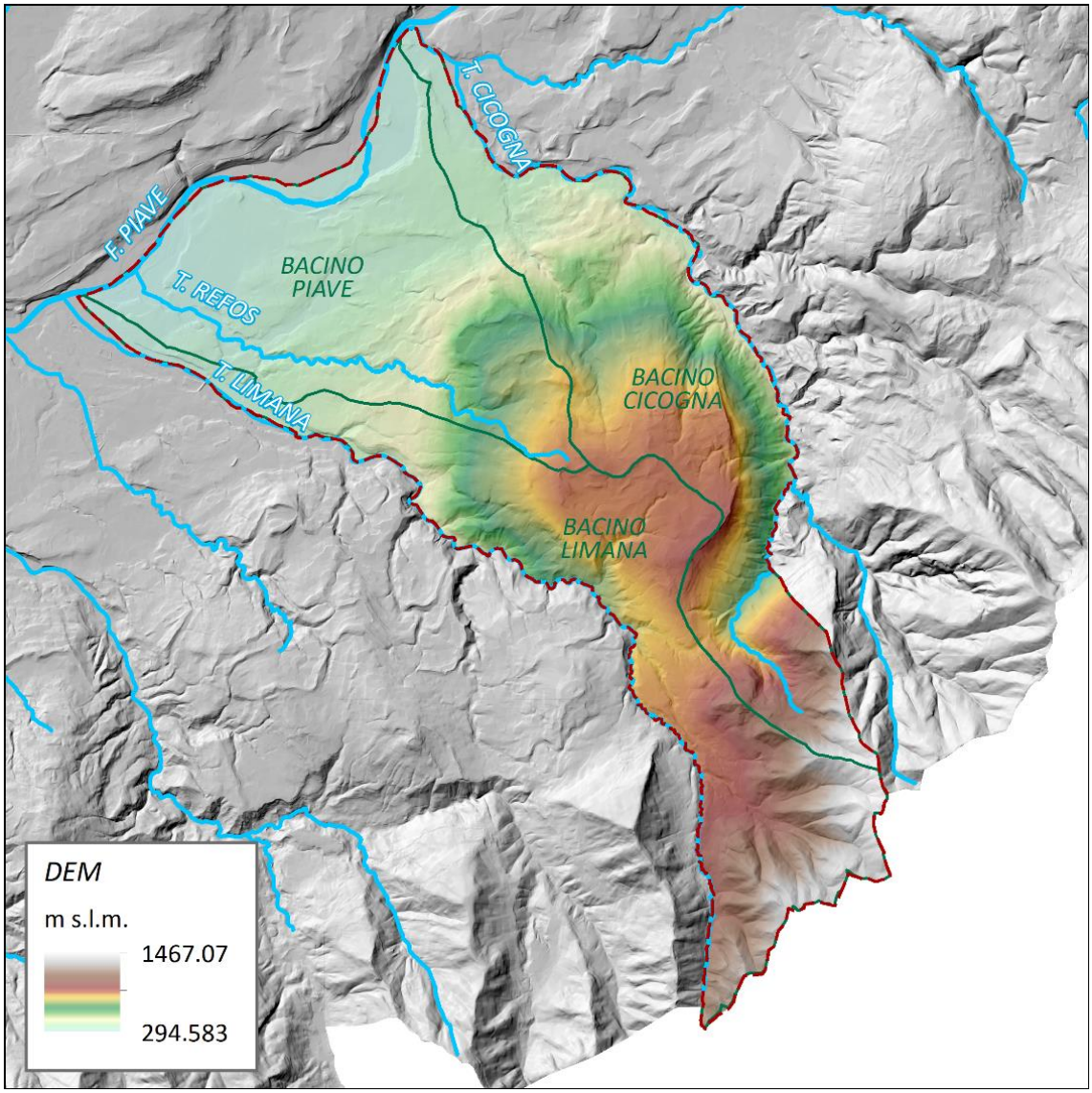


Figura 3.3: Indicazione dei principali corsi d'acqua e relativi bacini idrografici.

Fiume Piave

Il territorio comunale interessa il medio corso del Piave caratterizzato da ampie sezioni e da pendenze che consentono di far defluire senza sostanziali pericoli portate di gran lunga superiori a quelle delle massime piene storicamente registrate. La natura ghiaiosa degli alvei e delle pendenze conferiscono a questa parte del fiume caratteri di elevata mobilità. Un tempo la corrente occupava tutta la sezione disponibile spostando continuamente i suoi filoni all'interno dell'alveo attivo mantenedolo sostanzialmente libero dalla vegetazione. Dopo la costruzione dei grandi serbatoi in montagna, il regime del Piave è di fatto caratterizzato dalla presenza di grandi piene e di grandi magre mentre gli stati di morbida vengono decapitati dagli invasi esistenti. In molte zone la naturale struttura a rami intrecciati è stata sostituita da una configurazione ad alveo unicursale senza sostanziali modificazioni planimetriche. Questo fenomeno ha favorito la crescita di vegetazione in alveo non asportabile dalle correnti di magra. Lo sviluppo di veri e propri boschi nel letto del fiume porta di fatto ad un aumento del rischio idraulico legato al possibile accumulo in corrispondenza di ponti in fase di piena, accumulo che può mettere in pericolo la stabilità delle strutture di fondazione.

Nel tratto di attraversamento del territorio comunale il Piave assume andamento meandriforme con direzione di deflusso NE-SW. Il corso d'acqua risulta presidiato da opere di protezione spondale in vari punti del suo corso con particolare intensificazione delle stesse in corrispondenza dei più vicini nuclei abitati o di manufatti di attraversamento.

Torrente Limana

Il torrente Limana nasce nel Canal di Limana la località di Peden. Scende verso la Valbelluna e sfocia nel Piave nei pressi del ponte di San Felice. I principali affluenti sono Tarancana e Rui (entrambi di sinistra).
L'asse principale del corso d'acqua si sviluppa in direzione SE-NW con sezioni di ampiezza ridotta nella parte puramente montana del territorio che vanno poi ad allargarsi considerevolmente a partire da Loc. Saccon fino alla confluenza in Piave a S. Felice. Il torrente è attraversato nella parte terminale da una strada ad alta percorrenza e poco più a monte dalla ferrovia. i principali nuclei abitati posti vicino alle sponde appaiono in ogni caso sopraelevati rispetto alla linea di talweg. Il torrente è presidiato da opere di contenimento ad argini sia di calcestruzzo che a scogliera presenti a protezione dei principali manufatti di attraversamento ed in corrispondenza dei centri urbani più vicini all'alveo.

Torrente Cicogna

Nasce tra i comuni di Belluno e Limana sul Monte Pezza da numerosi ruscelli e rii. Scende verso la Valbelluna nella cosiddetta Valtibolla, toccando le borgate di Tassei, Piandelmonte, Ceresera, Cet, Castoi, Navasa, Visome e sfocia nel Piave tra Praloran (Comune di Limana) e Rivamaor (Comune di Belluno). Tra i numerosi immissari: Comenda-Lavedin (di sinistra), Malvan (di destra), Turriga (di destra). La valle attraversata dal torrente Cicogna è delimitata a sud dal massiccio del Col Visentin e il Monte Sambuga; nel tratto iniziale è molto profonda, la gola corre ai lati della Valpiana (a est) e del piano del Nevegal (a ovest). Si apre nella zona collinare di Castion e Limana fino a fondersi con la Valbelluna nella confluenza del torrente Cicogna con il Piave. La geologia del bacino è costituita da rocce calcaree a cui si sovrappongono arenarie e marne sovrastate da depositi morenici eterogenei. Entro tali depositi, incoerenti per loro natura e resi facilmente disgregabili dalle acque di filtrazione, si aprono incisioni profonde e numerose frane. Il torrente è presidiato da varie opere di sistemazione idraulica. I primi interventi risalgono agli anni Trenta del secolo scorso con la realizzazione di una imponente briglia vicino a malga Pianezze realizzata al fine di consolidare stabilizzare le pendici del sovrastante impluvio. Altri interventi si sono susseguiti negli anni con utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica che hanno portato ad una progressiva rinaturalizzazione mascherando gli interventi più impattanti.

Torrente Refos

Il torrente Refos nasce all'incirca in corrispondenza di località Polentes, scorre in direzione SE-NW e confluisce nel Piave a Pieve di Limana. Per gran parte del suo corso l'alveo è immerso all'interno di vegetazione boschiva che a tratti rende di fatto indistinguibile la sezione di scorrimento delle acque rispetto all'ambiente circostante.
Sono presenti numerose opere di contenimento e stabilizzazione delle sponde con particolare intensificazione in corrispondenza dell'attraversamento di centri abitati o di confluenze di altri corsi d'acqua minori.

Osservando i bacini idrografici individuati nel territorio comunale si evidenzia come i corsi d'acqua principali appena descritti siano alimentati dalle acque derivanti da numerosi affluenti secondari laterali. I principali

corsi d'acqua secondari risultano: Rio Baorche, Rio Lavadin-Comenda, Rio Val Pecol, Rio Pissador, Rio Val Vallone, Rio Val di Cor, Rio Valle del Gal, Rio Val Fiera, Torrente Tarancana, Rio Valle Fassola.

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio comunale può essere suddiviso in tre macro-zone, caratterizzate da caratteristiche idrogeologiche differenti:

1. *fascia montuosa (fra Valmorel e la dorsale del Monte Cor-Monte Pezza – Monte Sambuga)*: i rilievi sono formati da rocce calcaree e calcareo-marnose a permeabilita secondaria per fess urazione. Localmente dette rocce possono costituire un multiacquifero per la presenza di livelli impermeabili a prevalente composizione marnosa.
2. *fascia collinare*: nell'insieme il substrato roccioso della fascia collinare puo essere considerato un potente complesso impermeabile. La presenza di livelli debolmente acquiferi può generare stillicidi con portate molto deboli e di alcun interesse per un eventuale approvvigionamento idrico.
3. *fascia di fondovalle e di piana alluvionale*: i depositi fluviali e fluvioglaciali sono caratterizzati da granulometria prevalentemente grossolana e presentano un buon grado di permeabilità.

Secondo la classificazione fatta nello studio geologico del P.A.T.I. di Limana e Trichiana, relativamente alla permeabilita dei terreni quaternari e del substrata roccioso si possono distinguere tre classi principali:

Depositi mediamente permeabili per porosita (1cm/s< K< $1*10^{-4}$ cm/s):

- materiali a tessitura eterogenea dei depositi di conoide di deiezione torrentizia;
- materiali sciolti di alveo fluviale recente stabilizzati dalla vegetazione e litorali;
- materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente;
- materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa;
- materiali di accumulo fluvioglaciale o morenico grossolani in matrice fine sabbiosa;
- materiali sciolti di accumulo in matrice fine scarsa o assente.

Depositi poco permeabili per porosita ($1*10^{-4}$ cm/s< K< $1*10^{-6}$ cm/s):

- materiali di deposito lacustre a tessitura fine e torbiere;
- materiali sciolti di accumulo a prevalente matrice argillosa.

Rocce permeabili per fatturazione:

- rocce compatte massicce o a stratificazione indistinta;
- rocce compatte per cementazione;
- rocce compatte stratificate.

Rocce praticamente impermeabili

- rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere;
- rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinate.

3.4. Assetto geostatico

L'area oggetto di MS1 risulta interessata da alcuni fenomeni di instabilità di versante segnalati dalla cartografia PAI[6] e del Progetto IFFI[7]. I fenomeni cartografati comprendono:

- aree perimetrate dal PAI con classe di pericolosità geologica assegnata;
- dissesti franosi non delimitati e delimitati inseriti nella banca dati IFFI;
- zone di attenzione di cui all'art. 5 delle NT del PAI, a cui non è stata ancora assegnato un valore di pericolosità.

Di seguito si riportano degli stralci della cartografia PAI, comprendenti i dissesti ricadenti nel territorio comunale, e le relative informazioni contenute all'interno del PAI e della banca dati IFFI.

Il territorio comunale di Limana è compreso nelle seguenti cartografie del P.A.I.:

- Carta della pericolosità geologica Comune di Limana Tav. 1 di 2 e Tav. 2 di 2;
- Carta della pericolosità idraulica Tav.37 (Aggiornamento in esito a: Decreto Segretariale n. 4 del 10/02/2015);
- Carta della pericolosità da valanga Comune di Limana e Trichiana.

Nella fascia collinare che comprende le località Polentes, Giaon, Laste, Codoi, San Mamanate e a ridosso del Monte San Pietro in Tuba (Figura 3.4-A), risultano essere presenti n.7 dissesti franosi delimitati, di cui n.2 sono classificati come *aree a pericolosità geologica elevata P3* (evidenziati in arancione). Di seguito le principali informazioni reperite dal catalogo IFFI.

ID Frana	Tipo di movimento	Attività	Litologia	Area	Data osservazione	Luogo
0250422000	Aree con crolli/ribaltamenti diffusi	stabilizzato	flysch	908.954,0 m²	1990	Giaon-Villa Nuova
0250340800	Scivolamento rotazionale/traslativo	-	-	2.513,0 m²	-	Via Laste
0250340700	Scivolamento rotazionale/traslativo	-	-	16.414,5 m²	-	Loc. Col Fornel
0250421900	Scivolamento rotazionale/traslativo	stabilizzato	flysch	1.566.774,0 m²	1990	
0250424300	Scivolamento rotazionale/traslativo	stabilizzato		36.876,0 m²		Via Laste, loc. Masarei
0250424400	Colamento lento			17.598,0 m²	1990	Via Laste
0250424200	Crollo/Ribaltamento	stabilizzato	flysch	186.618, 0 m²	1990	Case Cortan

Lungo il versante Est della dorsale arcuata del Col Balcon – Sass de Mezzodì che delimita verso Ovest il corso del Torrente Cicogna, e lungo la porzione finale della Val Nantei (a Nord e ai piedi della dorsale), sono cartografati n.6 dissesti franosi delimitati, di cui n.2 sono classificati come *aree a pericolosità geologica elevata*

[6] Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Piave, adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3 del 09.11.2012 pubblicata nella G.U. n. 280 del 30.11.2012, con le rispettive norme di salvaguardia.
[7] Progetto IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

P3 e P4 (evidenziati rispettivamente in arancione e in rosso) (Figura 3.4-B). Di seguito le principali informazioni reperite dal catalogo IFFI per i dissesti citati, in ordine procedendo da Nord a Sud.

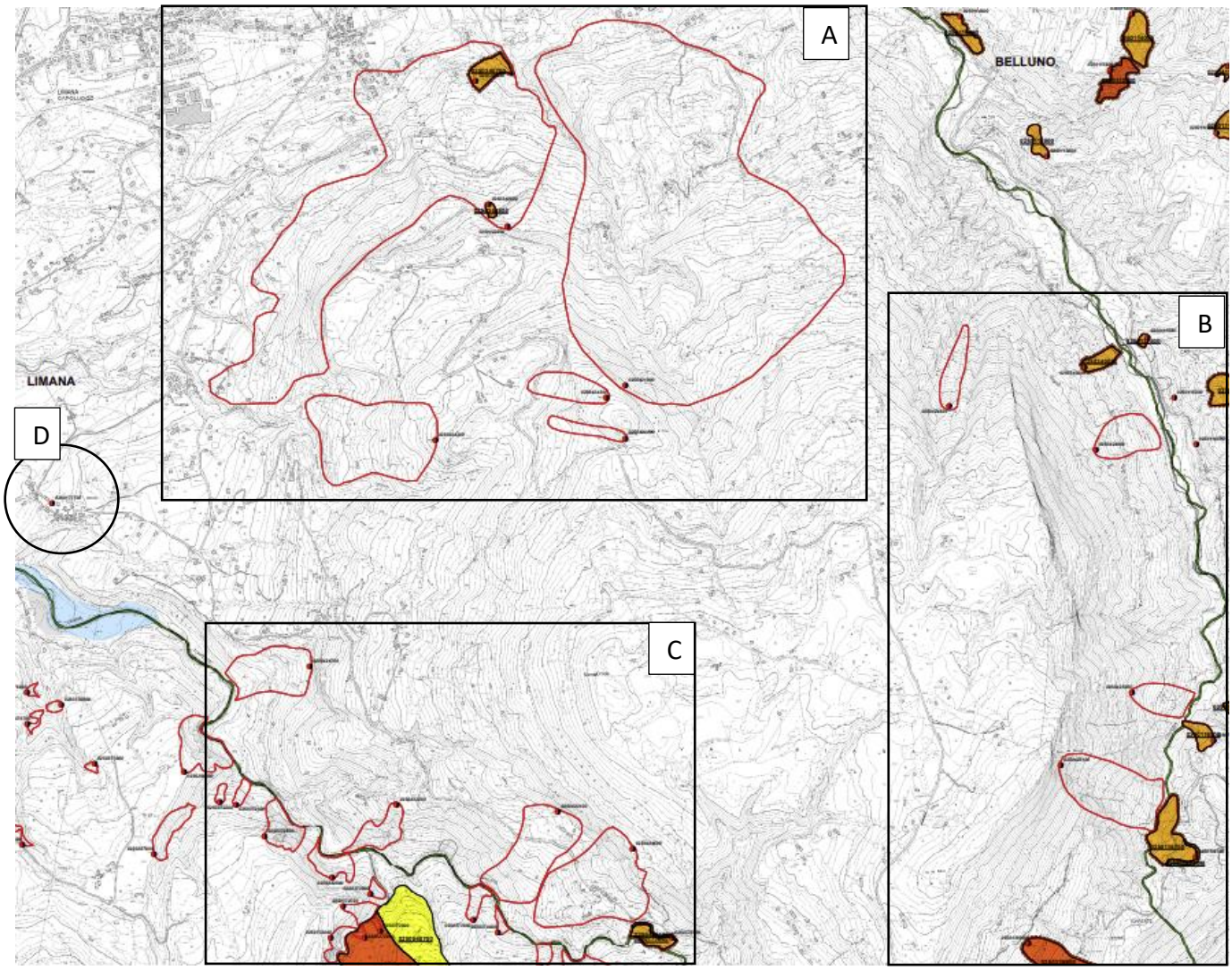
ID Frana	Tipo di movimento	Attività	Litologia	Area	Data osservazione	luogo
0250424800	Scivolamento rotazionale/traslativo	quiescente	-	27.770,0 m²	1990	Col della Pitta (Val Nantei)
0250340000	Scivolamento rotazionale/traslativo	stabilizzato	flysch e depositi glaciali misti a detrito di falda	10.275,49 m²	1990	Col della Pitta (T. Cicogna)
0250424900	Scivolamento rotazionale/traslativo	stabilizzato	flysch e depositi glaciali misti a detrito di falda	44.394,0 m²	1990	Sozingie (T. Cicogna)
0250425000	Scivolamento rotazionale/traslativo	stabilizzato	Flysch	31.847,98 m²	1990	Tassei (T. Cicogna)
0250425100	Scivolamento rotazionale/traslativo	stabilizzato	Flysch	106.571,71 m²	1990	Sasso del Mezzodì (T. Cicogna)
0250339900	complesso	-	terreni prevalentemente argillosi	39.902,79 m²	2000	Tibolla (T. Cicogna)

Spondandosi versi Ovest, lungo la sponda destra del Torrente Limana, fra le località Muiere e Navenze, trovimao **n.5 dissesti franosi delimitati**, di cui **n.1** risulta classificato ***area a pericolosità geologica elevata P3*** (evidenziato in arancione) (Figura 3.4-C). Di seguito le principali informazioni reperite dal catalogo IFFI.

ID Frana	Tipo di movimento	Attività	Litologia	Area	Data osservazione	luogo
0250424700	Scivolamento rotazionale/traslativo	quiescente	flysch	69.911,21 m²	1990	Loc. Muiere (T. Limana)
0250422200	Aree con frane superficiali diffuse	quiescente	-	27.270,5 m²	1990	Case Castelli (T. Limana)
0250422100	Scivolamento rotazionale/traslativo	quiescente	detriti, flysch	106.275,48 m²	1990	Santermen (T. Limana)
0250424600	Scivolamento rotazionale/traslativo	stabilizzato	flysch	153.215,59 m²	1990	Santermen (T. Limana)
0250177800	Scivolamento rotazionale/traslativo	-	flysch	10.809,63 m²	-	Navenze (T. Limana)

In corrispondenza del nucleo abitato di Triches, nella porzione NW del territorio e a Nord rispetto al Pian dell'Isola, risulta cartografato un **dissesto franoso IFFI non delimitato** (Figura 3.4-D), avente le seguenti caratteristiche.

ID Frana	Tipo di movimento	Attività	Litologia	Area	Data osservazione	luogo
0250177700	Scivolamento rotazionale/traslativo	-	Depositi glaciali, flysch – terreni eterogenei	-	1935	Triches



Perimetrazione e classi di pericolosità geologica

- P1 - Pericolosità geologica moderata
- P2 - Pericolosità geologica media
- P3 - Pericolosità geologica elevata
- P4 - Pericolosità geologica molto elevata

0930062200A Codice identificativo della perimetrazione geologica P.A.I. ad esclusione delle colate rapide

0930062200A-CR Codice identificativo della perimetrazione geologica P.A.I. relativo alle sole colate rapide

Indicazione delle zone di pericolosità e di attenzione idraulica*

* cfr. cartografia idraulica

Banca dati I.F.F.I. - Inventario dei fenomeni franosi in Italia

- Localizzazione dissesto franoso non delimitato
- Dissesto franoso delimitato

0930062200 Codice identificativo dei dissesti franosi I.F.F.I.

Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale - P.T.C.P.

- Localizzazione dissesto franoso non delimitato
- Dissesto franoso delimitato
- Indicazione o schematizzazione di un elemento geomorfologico connesso a fenomeni di instabilità

Figura 3.4: Estratto fuori scala della Carta della pericolosità geologica del PAI 2021 – Comune di Limana, Tavola 1 di 2.

Infine, in località Pianezze, a valle e ad est del Col di Pecol, lungo il torrente Cicogna, è segnalata una zona di attenzione di cui all'art. 5 delle NT del PAI (Figura 3.5).

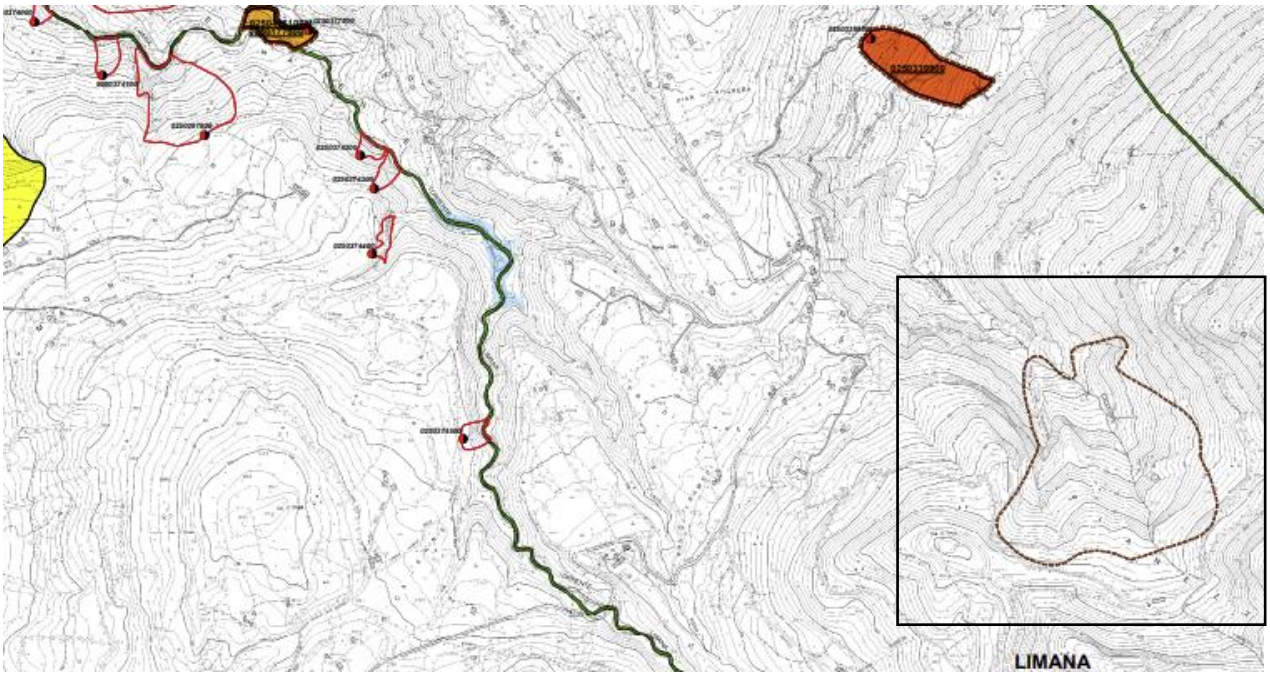


Figura 3.5: Estratto fuori scala della Carta della pericolosità geologica del PAI 2021 – Comune di Limana, Tavola 2 di 2.

Si nota come la maggiorparte dei dissesti sopra illustrati si siano verificati in contesti geologici caratterizzati dalla presenza di rocce tenere stratificate arenaceo marnose del Flysch di Belluno e spesso in presenza di un'idrografia che erode i terreni alla base del versante.

I fenomeni franosi si concentrano dunque nella parte centrale del territorio comunale, ossia in quaella fascia collinare dominata da morfologie glaciali che attualmente si dimostra particolarmente suscettibile ai fenomeni gravitativi ed erosivi, a causa della presenza di rocce tenere facilmente erodibili e al contempo di depositi sciolti poco permeabili in cui si possono generare sovrappressioni con diminuizione delle proprietà geotecniche.

4. Dati geotecnici e geofisici

Al fine di delineare il modello geotecnico e sismico del sottosuolo sono state analizzate, in primo luogo, le indagini pregresse disponibili e derivanti dalla seguente documentazione:

- Studio di Microzonazione Sismica di primo livello (dott. geol. Enzo De Biasio, 2012);
- Siti inquinati da solventi clorurati in località Sampoi e Baorche - Nuove indagini geognostiche - Relazione conclusiva (Dott. Eugenio Colleselli, 2014)
- Siti inquinati da solventi clorurati in località Sampoi e Baorche - Relazione sull'utilizzo degli isotopi ambientali per l'approfondimento del quadro di circolazione idrica sotterranea e di inquinamento (Prof. Marco Petitta, 2015);
- P.A.T.I. Comuni di Limana e Trichiana (dott. geol. Enzo De Biasio, 2017);
- Piano di Caratterizzazione e analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica (Geo Coleselli, 2017);

- Relazioni di compatibilità Idraulica, geologica e sismica relative alla variante n.1 al P.I. del Comune di Limana (dott. Geol. David Pomarè Montin, 2017);
- Relazione tecnica Miglioramenti al sistema di controllo delle acque sotterranee della ex discarica di tipo 2B in postgestione - Ditta EPTA S.p.A. - Sede di Limana (dott. Geol. Eros Tomio, 2019);
- Investigazione di un'area soggetta a problematiche di deflusso idrico, nei pressi del Civico 91di Via Peden - Loc. Valmorel (Limana-BL) (IGS srl, 2020);
- Relazioni di compatibilità Idraulica, geologica e sismica relative alla variante n.2 al P.I. del Comune di Limana (IGS srl, 2021).

Le indagini pregresse contenute negli studi sopracitati consistono in:

- N.4 Trincee geognostiche;
- N.31 Prospezioni sismiche passive HVSR;
- N.20 Prospezioni sismiche attive MASW;
- N.2 Tomografie elettriche;
- N.37 Sondaggi a carotaggio continuo, con relative prove SPT, di cui 26 che hanno intercettato il substrato roccioso.

Le indagini sono state georeferenziate in *shapefile* e archiviate nel *database* delle indagini così come previsto da standard.

Al fine di integrare il quadro conoscitivo e definire il modello geologico del sottosuolo, si è resa indispensabile l'effettuazione di una campagna di indagini geofisiche *ex-novo*. La pianificazione delle indagini da eseguire è stata volta ad indagare le aree non coperte dalle indagini pregresse reperite. Le indagini sono state dunque eseguite essenzialmente in corrispondenza dei nuclei abitati che non erano stati presi in considerazione nello studio di MS1 e che non risultavano interessati dalle indagini pregresse. Si tratta in particolare di indagini sismiche di tipo attivo (MASW) e passivo (HVSR). Si rimanda al Capitolo 7 per l'illustrazione dei metodi e delle modalità operative, nonché delle procedure di elaborazione dei dati acquisiti. Le indagini hanno permesso di delineare il modello geologico e geotecnico del sottosuolo, oltre a definire le diverse risposte dei terreni indagati in caso di evento sismico; si rimanda al capitolo seguente per la descrizione del modello del sottosuolo.

4.1. Indagini pregresse

Per quanto riguarda le indagini pregresse sono state raccolte ed archiviate le seguenti indagini puntuali e lineari:

- N.4 Trincee geognostiche (da studio di MS1 dott. geol. Enzo De Biasio, 2012);
- N.31 Prospezioni sismiche passive HVSR (di cui N.7 da studio di MS1 dott. geol. Enzo De Biasio, 2012, N.19 da P.I. n.1 dott. Geol. David Pomarè Montin 2017 e N.5 da P.I. n.2 IGS srl 2021)
- N.20 Prospezioni sismiche attive MASW (di cui N.15 da P.I. n.1 dott. Geol. David Pomarè Montin 2017 e N.5 da P.I. n.2 IGS srl 2021);
- N.2 Tomografie elettriche (da investigazione di un'area soggetta a problematiche di deflusso idrico, nei pressi del Civico 91di Via Peden - Loc. Valmorel (IGS srl, 2020);
- N.37 Sondaggi a carotaggio continuo, con relative prove SPT (N.30) e LeFranc (N.11), di cui 26 che hanno intercettato il substrato roccioso (dagli studi di Dott. Eugenio Colleselli, 2014 e 2017, Prof. Marco Petitta, 2015 e dott. Geol. Eros Tomio, 2019).

Per un totale di 135 indagini (72 siti di indagine puntuali e 22 siti di indagine lineari).

Per il dettaglio si rimanda al *database* delle indagini e ai relativi *shapefile* "Ind_pu" e "Ind_ln".

4.2. Nuove indagini eseguite

La nuova campagna di indagini effettuata il giorno 16 febbraio 2022 comprende:

- N.8 analisi multicanale delle onde di superficie MASW (Multichanel Analysis of Surface Waves) con stendimenti da 22.0 m e 33.0 m e distanza inter-geofonica rispettivamente di 2.0 e 3.0 m, con doppio scoppio esterno allo stendimento, per la valutazione del profilo verticale delle velocità delle onde di taglio (calcolo $V_{S,eq}$);
- N.8 indagini sismiche passive HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per la valutazione delle caratteristiche dinamiche del sito dal punto di vista sismico (calcolo frequenza di risonanza del sito).

Le nuove indagini sono state archiviate assieme a quelle pregresse, ottenendo così un totale complessivo di:

- 121 indagini puntuali (80 siti di indagine puntuali);
- 30 indagini lineari (30 siti di indagine lineari).

4.3. Proprietà geotecniche

Substrato rioccioso

Per la parametrizzazione delle rocce del substrato (Flysch di Belluno) si fa riferimento al criterio di rottura di Hoek-Brown, rapportandolo a quello di Mohr-Coulomb mediante il software RocLab della Rocscience. La caratterizzazione geomeccanica è stata condotta su alcuni affioramenti presenti nell'area di studio. I dati di seguito riportati sono riferiti alla porzione più superficiale dell'ammasso roccioso, alterata e fratturata.

Substrato roccioso

ROCCIA POCO FRATTURATA *Flysch di Belluno*	
Hoek Brown Classification	
sigci	50 MPa
GSI	60
mi	7
D	0
Hoek Brown Criterion	
mb	1.678
s	0.0117
a	0.503
Mohr-Coulomb Fit	
c	2.686 MPa
phi	30.36 °
Rock Mass Parameters	
sigt	-0.350 MPa
sigc	5.350 MPa
sigcm	9.374 MPa
Em	12574.33 MPa

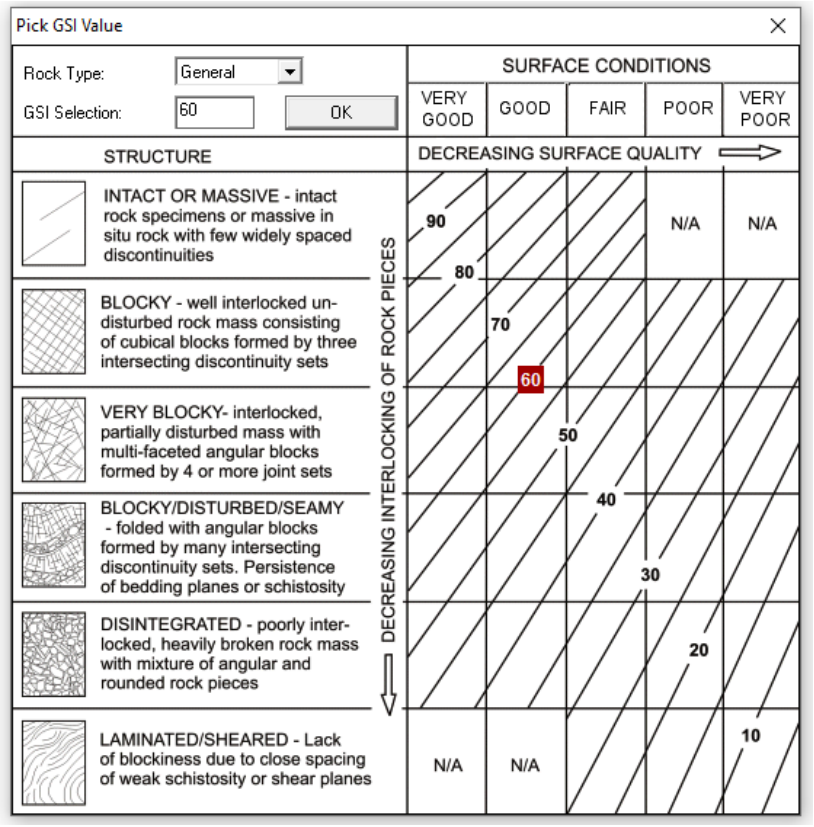


Figura 4.1: Indice GSI ricavato per la roccia appartenente al Flysch di Belluno.

Depositi quaternari

Come sopra descritto, si è rilevata grande variabilità interna ai depositi quaternari, che si riflette sui parametri geotecnici attribuibili alle singole unità cartografate, a loro volta spesso eterogenee in termini di granulometria, costipamento, valori geotecnici.

Si propone di seguito una caratterizzazione geotecnica indicativa, da ritenersi rappresentativa di un valore medio rispetto le varie aree considerate nello studio.

- *Depositi alluvionali moderatamente addensati*

Descrizione	Ghiaie, ciottoli e qualche blocco, arrotondati, con sabbie limose e lenti o livelli limoso-sabbiosi" moderatamente addensati
Peso di volume medio	1900 kg/mc
V_S medio	300 m/s
Angolo di attrito medio	30°
Coesione efficace	c'=0 KPa

- *Depositi fluvio glaciali addensati*

Descrizione	Ghiaie ciottoli e blocchi, più o meno arrotondati, con sabbie limose ed argillose addensati
Peso di volume medio	1900 kg/mc
V_S medio	350 m/s
Angolo di attrito medio	28°
Coesione efficace	c'=10 KPa

- *Detrito di falda addensato*

Descrizione	Ghiaie ciottoli e blocchi, in matrice fine limoso-sabbiosa addensati
Peso di volume medio	1900 kg/mc
V_S medio	300 m/s
Angolo di attrito medio	30°
Coesione efficace	c'=0 KPa

- *Depositi morenici coesivi consistenti*

Descrizione	Limi sabbiosi più o meno argillosi con ghiaie, ciottoli e qualche blocco consistenti
Peso di volume medio	2000 kg/mc
V_S medio	400 m/s
Angolo di attrito medio	28°
Coesione efficace	c'=15 KPa

- *Depositi palustri poco consistenti*

Descrizione	Torbe ed altre terre fortemente organiche poco consistenti
Peso di volume medio	1800 kg/mc
V_S medio	200 m/s
Angolo di attrito medio	18°
Coesione efficace	c'=15 KPa

5. Modello del sottosuolo

Data la variabilità geolitologica e geomorfologica, risulta difficile sintetizzare la stratigrafia dell'area di studio in un unico modello di sottosuolo. In generale lungo la fascia settentrionale e centrale del territorio comunale, comprese nell'area in esame, al di sotto dei depositi quaternari sono presenti rocce terene di natura arenaceo-marnosa (*Flysch di Belluno* - Eocene p.p.) che affiorano estesamente lungo le aste torrentizie principali (Torrente Limana e Torrente Cicogna) e in corrispondenza dei principali rilievi collinari.

Le coperture quaternarie presenti sono rappresentate in prevalenza da **depositi fluvioglaciali** e **alluvionali** nel fondovalle, e da **depositi glaciali** nelle fasce di raccordo collinari. Questi ultimi sono rappresentati da cordoni morenici allineati grossomodo lungo il versante, parallelamente alla direzione del fondovalle del Piave e a diverse quote, testimoniando i successivi stadi di ritiro del ghiacciaio. Gli accumuli fluviali e fluvioglaciali sono rappresentati da conoidi, superfici terrazzate e depositi di alveo.

Gli spessori delle coperture quaternarie sono molto variabili e celano il più delle volte l'andamento del substrato roccioso, che ha verosimilmente subito un modellamento glaciale. L'andamento del substrato nella porzione centro-settentrionale dell'area in esame è ben descritto in Figura 5.1. Il substrato presenta un andamento ondulato in cui si riconoscono, nella porzione centrale della valle, due zone pianeggianti, una a quota 280/285 m s.l.m. e una a quota 330-340 m s.l.m., raccordate da una superficie a debole pendenza. Sui lati si riconoscono invece due scarpate in roccia, che limitano la valle, indicando la chiara natura glaciale di questa. Si riconosce inoltre la presenza di un dosso nell'andamento del substrato roccioso, nella zona tra la loc. Villa e la Zona Industriale Cesa, con innalzamento dello stesso fino a quote di 315 m s.l.m. (circa 7 m di

profondità). Questo dosso, sbarra parzialmente il fondovalle, delimitando una stretta in roccia verso il fianco sinistro. Si può ritenere che anche questa forma sia legata all'azione erosiva del ghiacciaio.

I dati derivanti dalle indagini pregresse e di nuova esecuzione mostrano un approfondimento del substrato roccioso, nella zona di pianura verso NE (nella zona di Praloran) e verso Ovest (nella zona di Cesa e Pieve di Limana), il quale si trova a profondità sicuramente superiori a 30 m.

Lungo la fascia collinare, a quote maggiori, si riscontrano principalmente depositi di origine morenica di spessore variabile, da pochi metri, fino a circa 15 m. Essi sono ben riconoscibili nelle morene dell'Altipiano delle Laste, nella zona di Giaon, Calcine, Ricomes e Polentes, ma anche nella zona di pianura nel dosso morenico di Dussoi-Villa, riconoscibile su di un tratto lungo circa 3 km.

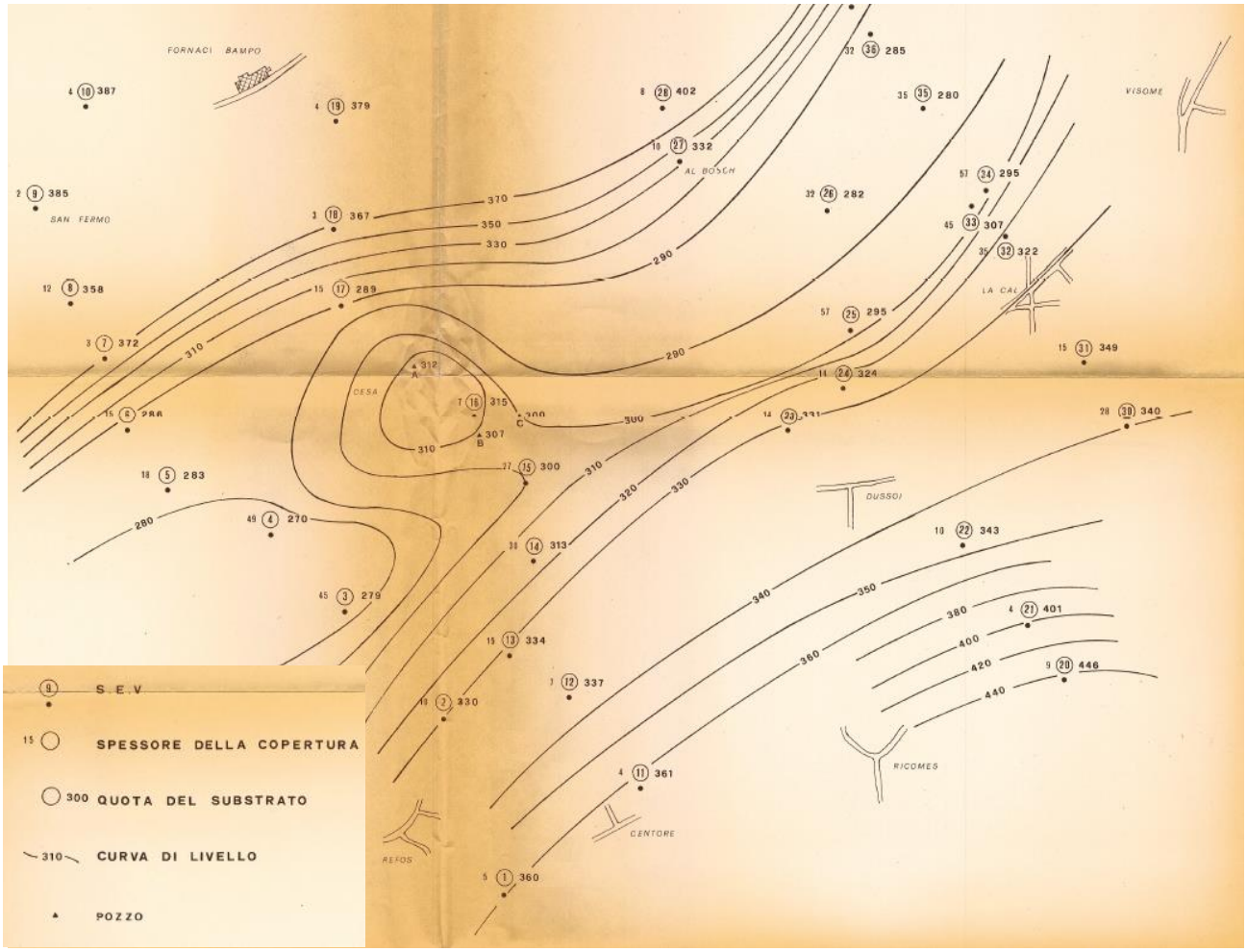


Figura 5.1: Estratto fuori scala della Carta del Tetto del substrato roccioso nella porzione centro-settentrionale dell'area di studio (da CORAL A.; 1980).

5.1. Sezioni geologico–tecniche

L'assetto del sottosuolo nella fascia pianeggiante viene schematicamente illustrato in 2 sezioni geologiche:

- Sezione A-A' che attraversa il capoluogo in direzione circa N-S;
- Sezione B-B' che B' attraversa la zona di Baorche in direzione circa E-W.

Dal loro esame è possibile valutare indicativamente la distribuzione delle unità litotecniche per buona parte dell'area d'indagine, ed in particolare per le zone degli abitati principali.

Le sezioni sono riportare in allegato alla presente relazione (Allegato 2).

6. Interpretazioni ed incertezze

Per quanto riguarda la fascia di territorio pianeggiante, specialmente per la sua porzione centrale, sono state reperite numerose indagini che consentono di ricostruire con buona approssimazione il modello geologico e l'andamento del substrato, come illustrato al Capitolo 5 e in Allegato2. Relativamente alla fascia collinare e montana del territorio non esistono invece molti dati e studi specifici; le informazioni sono state ricavate per lo più da studi a scala regionale o macroregionale, mentre per l'analisi a scala di dettaglio è stato necessario ricorrere all'esecuzione di svariate indagini, per risolvere le incertezze del modello sintetico iniziale.

6.1. Interpretazioni

Il rilievo in sito eseguito presso gli affioramenti rocciosi e i principali dissesti segnalati dalla cartografia PAI e IFFI non ha ravvisato evidenze di cinematismi in atto, né presso gli affioramenti, né presso le coltri detritiche. Non sono stati pertanto inseriti fenomeni di instabilità attivi in cartografia.

L'analisi di dettaglio delle forme di superficie sul modello a ombre ricavato dal DTM del territorio comunale, ha confermato quanto rilevato in sito, non mettendo in evidenza gradini morfologici riferibili a rotture in superficie legate a fagliazione. Le faglie presenti all'interno dell'area di studio non sono state pertanto considerate come attive e capaci, non essendovi elementi sufficienti a definirle come tali.

Per quanto riguarda le aree non coperte dalle indagini preesistenti, una prima stima degli spessori dei terreni di copertura e del loro stato di addensamento è stata possibile grazie alle indagini eseguite, anche se rimangono incertezze a causa dei limiti dei metodi e della variabilità geolitologica e morfologica.

6.2. Incertezze

Le principali incertezze riguardano lo spessore dei depositi, in alcune porzioni della fascia collinare, non indagabili, e nelle loc. di Pieve di Limana e Praloran, in quanto non è stato possibile reperire né eseguire indagini dirette che raggiungessero il substrato roccioso.

Resta incerto il reale andamento del substrato roccioso in alcune porzioni della fascia collinare e la presenza di strutture tettoniche sepolte.

7. Metodologie di elaborazione e risultati

Date le incertezze sopra brevemente messe in luce e al fine di integrare il quadro conoscitivo e definire il modello geologico del sottosuolo, si è reso necessario programmare ed eseguire una campagna di indagini attraverso i metodi comunemente applicati agli studi di microzonazione sismica (MASW + HVSR), ma con tecniche di elaborazione più all'avanguardia. Queste consistono di fatto nell'analisi congiunta della dispersione della velocità di differenti tipologie di onde di superficie (Rayleigh e Love) che consente di rafforzare la validità del modello sismo-stratigrafico, in quanto questo viene ottenuto partendo non da una sola informazione (dispersione onde R) ma da diverse informazioni (dispersione onde R e onde L) riguardanti il medesimo sito di indagine. Anche il rapporto spettrale ricavato medinate tecnica HVSR, a partire dai

microtremori ambientali registrati in sito, è stato preso come dato input, in alcuni casi, per l'elaborazione congiunta tra MASW (onde R+L) e HVSR. Il modello stratigrafico così ottenuto risulta pertanto validato da tre differenti tipologie di acquisizioni sismiche.

Lo scopo delle prospezioni sismiche condotte è la parametrizzazione sismica del sottosuolo, ed in particolare:

- la valutazione dello stato di addensamento dei depositi (attraverso il profilo di V_s) al di sopra del substrato rigido di riferimento, da cui dipende l'entità dell'amplificazione delle onde sismiche in caso di terremoto;
- la valutazione della frequenza fondamentale del terreno f_0 (ed eventuali frequenze secondarie), utile a valutare la possibilità o meno che si verifichino fenomeni di doppia risonanza (terreno-struttura) conoscendo il periodo di oscillazione di un edifico.

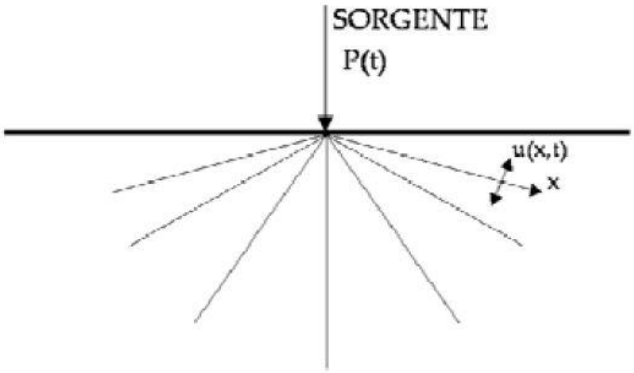
Tale analisi viene condotta sulla base di una serie di parametri introdotti da normativa, come V_{seq}, f_0, determinabili con metodi indiretti quali ad esempio MASW e HVSR, rispettivamente classificati come metodi attivi e passivi in funzione della natura del segnale registrato.

Prima di riportare sinteticamente i principi fondamentali dei metodi MASW e HVSR, applicati nell'ambito del presente studio a livello comunale, vengono brevemente descritti i parametri sismici indagati.

7.1. Parametri sismici indagati

Le indagini eseguite, come i vari metodi sismici in generale, non sono altro che registrazioni di segnali mediante accelerometri o velocimetri; i segnali registrati possono avere varia origine: terremoti; perturbazioni prodotte in modo artificiale per prove geofisiche; perturbazioni prodotte da macchine, traffico stradale e ferroviario, ecc.. Generalmente le frequenze proprie di queste sorgenti sono differenti, come la sensibilità degli strumenti atti alla loro registrazione; la distinzione quindi di un determinato segnale permette di valutare come si comporta il terreno attraversato.

Le vibrazioni meccaniche sono una forma di energia che si propaga con una certa velocità, V, dipendente dal mezzo attraversato, in tutte le direzioni, imprimendo ai punti del mezzo attraversato movimenti di tipo oscillatorio intorno a una posizione di equilibrio.



Nel terreno lo stato vibratorio è legato al fatto che le particelle sono legate fra loro da vincoli elastici e non sono quindi totalmente libere di muoversi. Si generano così delle onde progressive di sforzo e di deformazione (longitudinali e/o trasversali rispetto alla direzione di propagazione) che si propagano con una velocità che dipende dal tipo di terreno e che, per analogia con le onde generate dai terremoti, vengono denominate "onde sismiche".

In generale le vibrazioni si attenuano con la distanza dalla sorgente e, a meno che il sistema oscillante non riceva continuativamente energia dall'esterno (come nel caso delle macchine vibranti), sono per lo più smorzate nel tempo.

Le vibrazioni possono essere:

- *Periodiche:*

quando fissato un punto la vibrazione si ripete uguale a se stessa ad intervalli regolari (ad es. le vibrazioni generate da macchine industriali):

  - esiste un intervallo di tempo T (periodo) tale che u(t+T) = u(t), essendo u(t) lo spostamento al tempo t;
  - possono essere nella loro forma più semplice di tipo armonico o nella forma più generale con una componente aleatoria;
  - bastano pochi parametri per descriverle.

- *Non periodiche (o irregolari):*
  - possono essere di tipo impulsivo (generate ad es. da esplosioni, caduta di gravi) o transitorio (generate da terremoti o dal traffico);
  - possono essere ricondotte ad una sommatoria di infiniti moti periodici ciascuno rappresentabile con pochi parametri (Teorema di Fourier), dalla cui analisi (analisi spettrale) si può dedurre il moto risultante.

L'energia prodotta dalla sorgente si propaga nel mezzo producendo vari tipi di onde, raggruppabili in onde di corpo e onde di superficie.

Onde di superficie

Con il metodo MASW le onde modellate sono le onde di superficie, delle quali viene registrata e modellata la dispersione di velocità. Tali onde sono generate artificialmente mediante delle battute verticali o orizzontali o anche mediante sorgenti esplosive. Le onde di superficie vengono chiamate così perché la loro ampiezza decrementa in modo esponenziale con la profondità e la loro propagazione interessa quindi un limitato spessore superficiale (la cui profondità dipende dalla lunghezza d'onda considerata). Rispetto alle onde di corpo (P ed S), la loro ampiezza è notevolmente maggiore e per questo motivo tipicamente dominano qualsiasi dataset sismico (spesso per tale motivo sono indicate con l'espressione "*ground roll*"). Le onde di superficie si distinguono in onde di Rayleigh e onde di Love.

Le onde di Rayleigh (R) si propagano secondo fronti d'onda cilindrici e producono vibrazioni che sono la risultante di una vibrazione polarizzata su un piano verticale, in direzione perpendicolare alla direzione di propagazione, e di una vibrazione orizzontale polarizzata lungo la direzione di propagazione. Il moto risultante sul piano verticale è ellittico retrogrado. La deformazione indotta è sia di taglio che di compressione. Assumono un ruolo fondamentale nelle "misure sismiche di superficie".

Le onde di Love (L) producono vibrazioni orizzontali polarizzate nella direzione perpendicolare alla direzione di propagazione e deformazioni di taglio. Sono onde legate alla stratificazione dei terreni e derivano dalla riflessione multipla tra superficie inferiore e superiore di uno strato di terreno in cui rimangono intrappolate le onde S. Come le onde S non si trasmettono nei fluidi. La velocità delle onde di Love dipende marcatamente dalla frequenza dell'eccitazione.

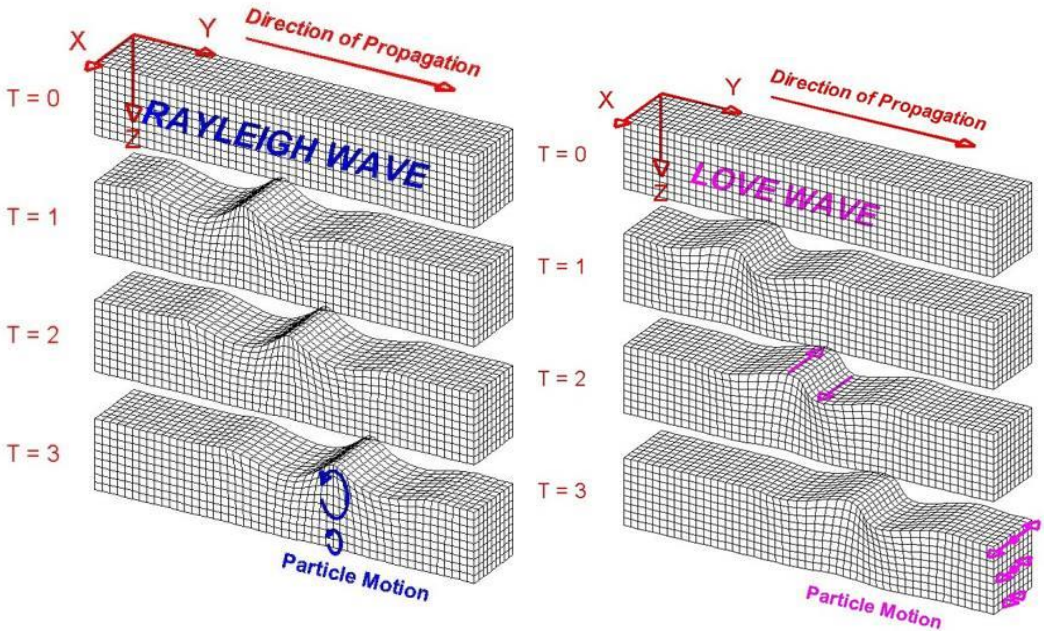


Figura 7.1: Movimento di una particella del caso di un'onda di Rayleigh e di un'onda di Love.

Microtremori ambientali

Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) si basa sulla misura dei microtremori (oscillazioni del suolo indotte da sorgenti naturali ed antropiche) e sul calcolo del rapporto tra le componenti orizzontali e verticali del segnale acquisito, al fine di individuare la frequenza di risonanza delle onde S di un sito.

I microtremori si chiamano così perché sono oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Il loro studio risale già agli anni '50 (Gutemberg, 1958) e le sorgenti che ne causano la loro perturbazione possono essere molteplici: onde del mare, venti, perturbazioni metereologiche locali e regionali, microsismi tettonici e vulcanici e alle frequenze più alte anche fattori antropici. Di seguito riporto una classificazione (Gutemberg, 1958) dei microtremori in base alle bande di frequenza.

Sorgente	Banda di frequenza secondo Gutenberg (1958) (Hz)
Onde sulla costa	0,05-0,1
Perturbazioni metereologiche su grande scala	0,1-0,25
Cicloni oceanici	0,3-1
Condizioni metereologiche locali	1,4-5
Tremori vulcanici	2-10
Rumore urbano	1-100

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali Rayleigh e Love, che hanno velocità prossima a quella delle onde S.

7.2. Metodologie di indagine

I principi fondamentali del metodo MASW

Il metodo MASW si basa sull'analisi della dispersione del segnale sismico nel sottosuolo. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono

funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di superficie, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato, dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di superficie rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che queste si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.
È possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica, la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Superficie possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.
Le onde di superficie decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.
Con il metodo MASW viene modellata la dispersione della velocità delle onde di superficie, il quale impulso può essere generato mediante delle battute su di una piastra metallica appoggiata al suolo. Le onde di superficie si distinguono in onde di Rayleigh e onde di Love.
Le onde di Rayleigh (R) si propagano secondo fronti d'onda cilindrici e producono vibrazioni che sono la risultante di una vibrazione polarizzata su un piano verticale, in direzione perpendicolare alla direzione di propagazione, e di una vibrazione orizzontale polarizzata lungo la direzione di propagazione. Il moto risultante sul piano verticale è ellittico e retrogrado. La deformazione indotta è sia di taglio che di compressione.
Le onde di Love (L) producono solo vibrazioni orizzontali polarizzate nella direzione perpendicolare alla direzione di propagazione e deformazioni di taglio. Sono onde legate alla stratificazione dei terreni e derivano dalla riflessione multipla tra superficie inferiore e superiore di uno strato di terreno in cui rimangono intrappolate le onde S. Come le onde S non si trasmettono nei fluidi. La velocità delle onde di Love dipende marcatamente dalla frequenza dell'eccitazione.
Le onde di Love possono essere acquisite solamente utilizzando geofoni orizzontali disposti perpendicolarmente rispetto allo stendimento sismico, mentre le onde di Rayleigh possono essere acquisite sia utilizzando geofoni verticali (registrando perciò la componente verticale del moto ellittico del dell'onda di Rayleigh) che orizzontali, disposti parallelamente allo stendimento (registrando così la componente radiale del moto ellittico dell'onda di Rayleigh). Per provocare onde di Love è necessaria una sorgente di taglio (es. battuta a lato di una traversina), mentre per quanto riguarda le onde di Rayleigh è possibile utilizzare una forza verticale (es. battuta su piastra) oppure una sorgente esplosiva.

I principi fondamentali del metodo HVSR

La tecnica denominata "HVSR", acronimo di "Horizontal to Vertical Spectral Ratio", fu introdotta inizialmente da Nogoshi e Igarashi nel 1971 ed applicata per la prima volta da Nakamura nel 1989, il quale la propose come strumento speditivo per stimare l'incidenza delle condizioni locali sull'amplificazione dello scuotimento dovuto ad un sisma. Il metodo si basa sulla misura dei microtremori (oscillazioni del suolo indotte da sorgenti naturali ed antropiche) e sul calcolo del rapporto tra le componenti orizzontali e verticali del segnale acquisito, al fine di individuare la frequenza di risonanza delle onde S di un sito. Quest'ultima, infatti, coincide con la frequenza alla quale si verifica un alto valore del rapporto HV, cioè un picco nella curva del rapporto spettrale (Lachet & Bard, 1994). La tecnica è comunemente utilizzata anche per determinare lo spessore dei sedimenti sciolti al di sopra di un substrato rigido (Bard & Bouchon, 1985). Infatti, l'individuazione di una frequenza di risonanza deriva dalla presenza di un contrasto di impedenza (l'impedenza di taglio è il prodotto tra densità e Vs) tra due strati con proprietà fisiche differenti (ad esempio tra uno strato di sedimenti sciolti e il bedrock), che causa un parziale intrappolamento delle onde sismiche nello strato soprastante.

La tecnica HVSR permette permette dunque in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito f_0. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo $V_{S,eq}$ attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di *windowing*, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta *Long Period*, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "*long*", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a *tapering* e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute a tale scopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di *windowing*.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.
L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo $V_{S,eq}$.

7.3. Note relative alle modalità esecutive

Prospezioni MASW

Per la misura è stato utilizzato un sismografo a 24 canali, dinamica 24 bit (Pasi srl, mod.16S12-U). Sono stati eseguiti stendimenti lineari di lunghezza 22.0 m e 33.0 m, con 12 geofoni verticali da 4.5 Hz equi-spaziati fra loro rispettivamente di 2.0 m e 3.0 m. Sono stati acquisiti i segnali relativi a 3 battute realizzate ad una distanza di 5.0 m rispettivamente dal primo e dall'ultimo geofono (inversione della sorgente rispetto lo stendimento) al fine di confrontare più acquisizioni ed ottenere un dettaglio maggiore. La durata impostata per ogni acquisizione è di 1024 ms, il periodo di campionamento 250 µs. In fase di elaborazione, le tracce sono state ricampionate con un intervallo temporale di 1 ms, per una migliore prestazione del software utilizzato e senza togliere qualità al dato.

Sono stati utilizzati geofoni orizzontali con frequenza naturale pari a 4.5 Hz, con asse allineato allo stendimento, per l'acquisizione della componente radiale delle onde di Rayleigh, e con asse perpendicolare allo stendimento, per l'acquisizione delle onde di Love (che hanno solamente una componente di taglio). Per quanto riguarda la sorgente sismica, per l'acquisizione delle onde di Rayleigh la perturbazione è stata prodotta mediante battuta verticale su piastra metallica, mentre per l'acquisizione delle onde di Love, mediante una battuta trasversale su di una traversina di legno.

Prospezioni HVSR

Lo strumento utilizzato è il geofono 3D mod.Gemini-2 (2 Hz). Le indagini si sono protratte per 20 minuti con frequenza di campionamento di 200 Hz. Nell'acquisire i dati si è prestata attenzione ad evitare, ove possibile, fonti di rumore in alta frequenza, provvedendo ad annotare eventuali anomalie (traffico, ecc). La stazione di misura è stata posizionata, quando possibile, circa in corrispondenza del centro dello stendimento, in modo da poter meglio correlare fra loro i dati derivanti dalle acquisizioni MASW con quelli del microtremore ambientale.

7.4. Note relative all'elaborazione dei dati

Prospezioni MASW

L'elaborazione dei dati acquisiti mediante metodo attivo (energizzazione su piastra e traversina) è stata effettuata con il software *winMASW® Academy*, il quale ha permesso di ricavare il modello sismo-stratigrafico delle velocità delle onde di taglio S, mediante l'analisi congiunta della dispersione delle velocità delle onde di Rayleigh e delle onde di Love (onde di superficie e onde di corpo sono fra loro correlate da relazioni note in bibliografia). Sono stati generalmente utilizzati un range di frequenze da 3 a 40 Hz, ed un range di velocità da 80 a 1200 m/s, apportunamente ridotti o ampliati caso per caso al fine visualizzare al meglio il contenuto energentico di ciascun spettro di velocità analizzato.

Per la definizione del modello sismo-stratigrafico è stata fatta una modellazione congiunta fra onde di Rayleigh e Love. È molto utile, infatti, confrontare gli spettri di velocità che si ricavano analizzando componenti diverse: in questo caso la componente radiale dell'onda di Rayleigh e la componente trasversale dell'onda di Love. Ciò permette di confrontare la distribuzione di energia tra i vari modi di vibrazione (cioè come l'energia si distribuisce tra i vari modi alle varie frequenze) per ciascuna delle due componenti analizzate. Non è infatti sempre visibile solo il modo fondamentale di vibrazione, ma bensì anche i modi superiori: talvolta solamente questi ultimi dominano lo spettro di velocità, altre volte il contenuto energetico di più modi si somma e le singole curve modali sono poco riconoscibili. Per ovviare a questo problema, si è reso utile analizzare due differenti tipologie di onde e quindi due diversi spettri di velocità, consentendo pertanto una maggiore univocità nell'identificazione delle curve di dispersione (del modo fondamentale e dei modi superiori) e/o dello spettro sintetico, nonché nella definizione del profilo di V_S.

Prospezioni HVSR

L'elaborazione delle serie temporali delle registrazioni dei microtremori è stata effettuata con il software *winMASW® Academy* per il processing di dati di rumore ambientale. Le tracce acquisite, della durata di 20 minuti sono state campionate con una frequenza di 200 Hz. La lunghezza delle finestre selezionate è pari a 20 secondi. Nel processing è stata applicato uno *smoothing* pari al 15% e *tapering* 5%. È stato generalemnete analizzato un intervallo di frequenza compreso tra 0.5 Hz e 20.00 Hz, riducendolo occasionalmente per l'identificazione dei picchi di interesse.

7.5. Modello sismostratigrafico

Grazie alle indagini eseguite è stato possibile definire il modello sismostratigrafico dell'area di studio. L'area di studio è stata suddivisa in 9 diverse microzone omogenee in prospettiva sismica, come di seguito riportato.

Tipo_z	Descrizione stratigrafica	Amplificazione	Genesi
1041	Substrato costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno) affiorante o con spessori della copertura minori di 3 m e pendenze inferiori a 15°.	-	
2001	Depositi alluvionali recenti e attuali del F. Piave e dei suoi affluenti, prevalentemente grossolani e moderatamente addensati posti su depositi fluvioglaciali ove presenti e/o su sustrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato.	Stratigrafica	Alluvionale
2002	Depositi fluvio glaciali prevalentemente grossolani, addensati, con spessori massimi di 25 m, posti su depositi morenici ove presenti e/o su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato.	Stratigrafica	Fluvio glaciale
2003	Depositi fluvio glaciali prevalentemente grossolani, addensati, con spessori superiori a 25 m, posti su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato.	Stratigrafica	Fluvio glaciale
2004	Detriti di falda addensati legati a fenomeni di crollo/ribaltamento stabilizzati nell'ammosso roccioso flyschoide con spessori variabili, posti su depositi morenici consistenti ove presenti e/o su	Stratigrafica e topografica	Detrito di falda

	substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato.		
2005	Depositi glaciali, prevalentemente fini e consistenti, con spessori 3÷15 m circa, posti su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato.	Stratigrafica e topografica	Glaciale
2006	Depositi glaciali, prevalentemente fini e consistenti, con spessori 10÷45 m circa, posti su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato.	Stratigrafica e topografica	Glaciale
2007	Depositi palustri a tessitura fine/torbiere, poco consistenti, posti su depositi morenici, poggianti su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato.	Stratigrafica	Palustre
2008	Substrato costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno) affiorante o con spessori della copertura minori di 3 m e pendenze maggiori di 15°.	Topografica	

8. Elaborati cartografici

8.1. Carta delle indagini

Nella Carta delle indagini per il Livello 1 sono state riportate le indagini preesistenti e quelle realizzate *ex-novo*. Le indagini raccolte sono state ubicate in ambiente GIS su base cartografica CTRN 1:10.000, popolando gli *shapefile* "Ind_pu" e "Ind_ln", e parallelamente archiviate nel database "CdI_tabelle" mediante l'utilizzo del software SoftMS v4.1.1, che facilita la generazione degli identificativi delle indagini e garantisce l'omogeneità e la coerenza nell'inserimento dati nelle tabelle previste, secondo quanto indicato negli SRAI v4.2. Le coordinate di latitudine e longitudine dei siti d'indagine puntuali e lineari sono state ricavate dalla CTRN 1:10.000, mentre le relative quote s.l.m. sono state ricavate dal DTM passo 5 m scaricabile dal sito della Regione Veneto al link: http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/.

Per ogni indagine è stato allegato il relativo documento originario in formato pdf ed archiviato nella cartella "Indagini→Documenti" all'interno della struttura di archiviazione prevista dagli SRAI v4.2.

Per quanto riguarda le indagini pregresse sono state raccolte ed archiviate le seguenti indagini puntuali:

- N.4 Trincee geognostiche (T);
- N.26 Sondaggi a carotaggio continuo che hanno intercettato il substrato (SS);
- N.11 Sondaggi a carotaggio continuo che non hanno intercettato il substrato;
- N.30 Prove penetromentriche in foto (SPT);
- N.11 Prove di permeabilità LeFranc (LF);
- N.31 misure attraverso la tecnica dei microtremori a stazione singola (HVSR);

per un totale di 113 indagini (72 siti di indagine puntuali).
Per il dettaglio si rimanda al *database* delle indagini e al relativo *shapefile* "Ind_pu".

Per quanto riguarda le indagini lineari sono state raccolte ed archiviate le seguenti indagini:

- N.20 MASW *Multi-Channel Analysis of Surface Waves*);

- N.2 Tomografie elettriche (ERT).

per un totale di 22 indagini (22 siti di indagine lineare).
Per il dettaglio si rimanda al *database* delle indagini e al relativo *shapefile* "Ind_ln".

Alla luce delle indagini reperite, poiché alcuni nuclei abitati all'interno dell'area di studio risultavano non indagati, si è resa indispensabile l'effettuazione di una campagna di indagini geofisiche *ex-novo*, al fine di integrare il quadro conoscitivo e definire il modello geologico del sottosuolo. In particolare, sono state eseguite:

- 8 misure attraverso la tecnica dei microtremori a stazione singola (HVSR);
- 8 MASW (*Multi-Channel Analysis of Surface Waves*);

Le nuove indagini sono state archiviate ottenendo così un totale complessivo di:

- 121 indagini puntuali (80 siti di indagine puntuali);
- 30 indagini lineari (30 siti di indagine lineari).

Per il dettaglio si rimanda al *database* delle indagini e ai relativi *shapefile* "Ind_pu" e "Ind_ln" e alle schede di indagine allegate (Allegato 1).

8.2. Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS)

Nella Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica sono state riportate le informazioni riguardanti geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche.

UNITÀ GEOLOGICO-LITOTECNICHE

A partire dai dati geologici di base sono state identificate le diverse unità geologico-litotecniche e cartografate in ambiente GIS all'interno dello *shapefile* "Geotec".

All'interno delle unità geologico-litotecniche appartenenti al substrato geologico sono state inseritele marne argillose grigie sottilmente stratificate con intercalazioni calcarenitiche grigie o nocciola appartenenti alla Formazione del "Flysch di Belluno" (Eocene)

Seguendo la classificazione proposta dagli SRAI v4.2 ad esse è stata assegnata la seguente tipologia (campo "Tipo_gt" nello *shapefile*):

- "ALS – Alternanza di litotipi, stratificato".

All'interno delle unità geologico-litotecniche appartenenti ai terreni di copertura sono state inserite le unità sottoelencate ed identificate, seguendo la classificazione proposta dagli SRAI v4.2, nel modo seguente:

- *Terreni di riporto e rilevati stradali*
  Tipo_gt: "RI – Terreni contenenti resti di attività antropica"
- *Depositi alluvionali moderatamente addensati*
  Tipo_gt: "GM – Ghiaie, ciottoli e qualche blocco, arrotondati, con sabbie limose e lenti o livelli limoso-sabbiosi"
  Gen: "in – Bacino (piana) intramontano"
  Stato: "13 – Moderatamente addensato"
- *Depositi fluvio glaciali addensati*
  Tipo_gt: "GM – Ghiaie ciottoli e blocchi, più o meno arrotondati, con sabbie limose ed argillose"
  Gen: "fg – Deposito fluvio glaciale"

Stato: "11 – Addensato"

- *Detrito di falda addensato*
  Tipo_gt: "GM – Ghiaie ciottoli e blocchi, in matrice fine limoso-sabbiosa"
  Gen: "fd – Falda detritica"
  Stato: "11 – Addensato"
- *Depositi morenici coesivi consistenti*
  Tipo_gt: "ML – Limi sabbiosi più o meno argillosi con ghiaie, ciottoli e qualche blocco"
  Gen: "mr – Morena"
  Stato: "23 – Consistente"
- *Depositi palustri poco consistenti*
  Tipo_gt: "PT – Torbe ed altre terre fortemente organiche"
  Gen: "pa – Palustre"
  Stato: "25 – Poco consistente"

Si rimanda al Capitolo 3 "**Assetto geologico e geomorfologico dell'area**" e al Capitolo 5 "**Modello del sottosuolo**" per un quadro di insieme e per i rapporti stratigrafici tra i vari depositi e tra depositi e substrato.

ELEMENTI LINEARI

Nello *shapefile* "Elineari" sono stati riportati i seguenti elementi:

- N.2 tracce delle sezioni geologiche rappresentative del modello del sottosuolo (Tipo_el = 8001) ortogonali tra loro e passanti nella porzione di territorio pianeggiante. La traccia di sezione A-A' attraversa il capoluogo in direzione circa N-S; la traccia di sezione B-B' attraversa la zona di Baorche in direzione circa E-W.
- N.8 orli di scarpata morfologica, con altezze comprese tra 10 e 20 m, (Tipo_el = 5041);
- N.10 orli di scarpata morfologica, con altezze >20 m (Tipo_el = 5042);
- N.15 orli di terrazzo fluviale, con altezze comprese tra 10 e 20 m, (Tipo_el = 5051);
- N.8 orli di terrazzo fluviale, con altezze >20 m (Tipo_el = 5052);
- N.1 cresta (Tipo_el = 5060), lungo la dorsale che dal Col del Balcon si estende verso NE e poi NNW, fino alla zona a monte della Loc. Col Formigher;
- N.1 faglia diretta potenzialmente attiva e capace (incerta) (Tipo_el = 5112);
- N.3 faglie dirette non attive (incerte) (Tipo_el = 7012);
- N.1 faglia inversa non attiva (certa) (Tipo_el = 7021);
- N.1 faglia trascorrente/obliqua non attiva (incerta) (Tipo_el = 7032).

ELEMENTI PUNTUALI

Nello *shapefile* "Epuntuali" è stato inserito un picco isolato (Tipo_ep = 6010 – picco isolato) corrispondente al rilievo del Monte San Pietro in Tuba.

FORME

Nello *shapefile* "Forme" è stata inserita un'area di falda detritica (Tipo_f = 4020 – falda detritica), corrispondente alla paleofrana riconoscibile tra le loc. Madonna del Parè e S. Zenone, legata al distacco di blocchi dalle calcareniti eoceniche.

ELEMENTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Nello *shapefile* "Geoidr" sono stati riportati i seguenti elementi:

- N.26 Sondaggi che hanno raggiunto il substrato con indicazione della profondità di raggiungimento (Tipo_gi = 21 – pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico);
- N.11 Sondaggi che non hanno raggiunto il substrato (Tipo_gi = 22 – pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico).

INSTABILITÀ DI VERSANTE

Nella Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica sono state rappresentante le aree soggette ad instabilità di versante. Sono state perimetrate con medesima geometria le aree individuate dal Catalogo IFFI (Inventario dei fenomeni franosi in Italia) e nelle cartografie del PAI (Piano di stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Piave), seguendo le informzioni disponibili nelle relative banche dati per attribuire a ciascun fenomeno la tipologia e lo stato di attività. In particolare, nello shapefile "Instab" sono stati riportati i seguenti elementi:

- N.2 aree soggette a instabilità di versante inattiva per crollo o ribaltamento (Tipo_i = 303120xy). Si tratta di fenomeni di paleofrane riconoscibili tra le loc. Madonna del Parè e S. Zenone, legate al distacco di blocchi dalle calcareniti eoceniche (i poligoni originari sono stati successivamente suddivisi ai fini della rappresentazione nella carta delle MOPS delle diverse microzone sottostanti);
- N.3 aree soggette a instabilità di versante quiescente per scorrimento (Tipo_i = 302220xy), localizzate in loc. Col Fornel, a valle della strada comunale Triches, lungo il versante in destra idrografica del T. Limana, in prossimità della Loc. Navenze (i poligoni originari sono stati successivamente suddivisi ai fini della rappresentazione nella carta delle MOPS delle diverse microzone sottostanti);
- N.5 aree soggette a instabilità di versante inattiva per scorrimento (Tipo_i = 303220xy), localizzate lungo il versante in destra idrografica del T. Limana in Loc. Navenze, lungo il versante nordoccidentale del M. San Pietro in Tuba, lungo il versante in sinistra idrografica del T. Cicogna, e su un'estesa area a valle del M. San Pietro i Tuba, che copre le Loc. Colesei, Codoi, San Mamante e giunge fino alla Loc. Coi di Navasa (i poligoni originari sono stati successivamente suddivisi ai fini della rappresentazione nella carta delle MOPS delle diverse microzone sottostanti);
- N.1 area soggetta a instabilità di versante inattiva per colata (Tipo_i = 303320xy), localizzata lungo il versante occidentale del M. San Pietro in Tuba (il poligono originario è stato successivamente suddiviso ai fini della rappresentazione nella carta delle MOPS delle diverse microzone sottostanti).

8.3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Livello 1 o Carta delle MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica è stata realizzata sulla base di tutte le informazioni riportate nella CGT_MS, precedentemente acquisite in fase di studio preliminare mediante bibliografia, rilevamento, acquisizione dei dati sul campo, ed analisi dei dati pregressi disponibili. Nella Carta delle MOPS sono state individuate e cartografate sulla base delle evidenze geo-litologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e geofisiche, tre tipologie di zone che si differenziano per il diverso comportamento ipotizzato in condizioni di scuotimento sismico. Come indicato negli ICMS (2008) esse si suddividono in:

- Zone stabili (*shapefile* "Stab"), nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento. Sono le zone dove è affiorante il substrato geologico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (*shapefile* "Stab"), nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Sono le zone dove sono

presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio (V_S<800 m/s).

- Zone di attenzione per le instabilità (*shapefile* "Instab"), nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

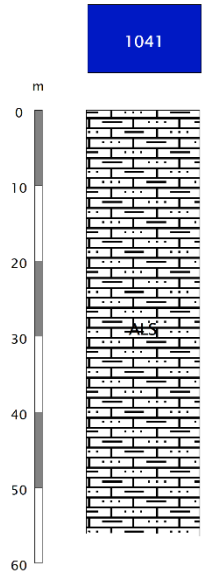
Nella Carta delle MOPS sono stati inoltre riportati alcuni elementi precedentemente identificati e rappresentati nella CGT_MS (forme di superficie) e le ubicazioni delle misure di rumore ambientale con il relativo valore di f_0 (stazioni microtremore a stazione singola).

NB: lo shapefile "Isosub" non è stato popolato in quanto non si è in possesso di elementi sufficienti per tracciare le isobate del substrato sepolto.

ZONE STABILI

Queste zone, caratterizzate da pendenze della superficie topografica <15°, sono state individuate attraverso un'analisi spaziale in ambiente GIS della carta delle pendenze costruita a partire dal DTM.

Tipo_z = 1041 – alternanza di litotipi stratificato



Substrato roccioso affiorante o con spessori della copertura minori di 3 m in aree con pendenze inferiori a 15°, costituito da marne argillose grigie sottilmente stratificate con intercalazioni calcarenitiche grigie o nocciola appartenenti alla Formazione del "Flysch di Belluno"

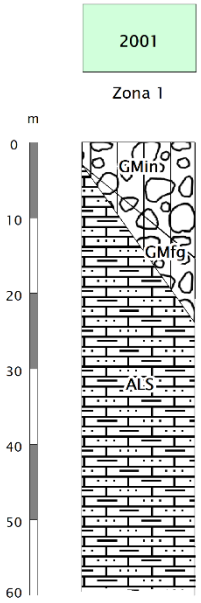
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Sono state individuate n.7 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

- N.7 microzone caratterizzate da coperture su substrato geologico/sismico;
- N.1 per il substrato geologico/sismico affiorante o subaffiorante e pendenze maggiori di 15° (Tipo_z = 2007).

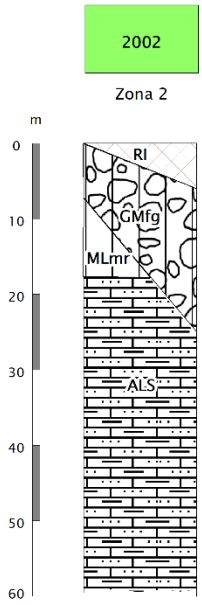
Di seguito si riportano le colonnine litotecniche rappresentative di ogni microzona con la relativa descrizione:

Tipo_z = **2001**



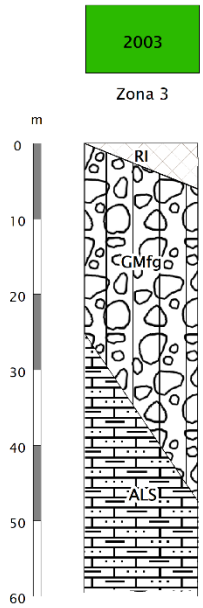
Depositi alluvionali recenti e attuali del F. Piave e dei suoi affluenti, costituiti da ghiaie, ciottoli e qualche blocco, arrotondati, con sabbie limose e lenti o livelli limoso-sabbiosi, moderatamente addensati, posti su depositi fluvioglaciali ove presenti e/o su sustrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno).

Tipo_z = **2002**



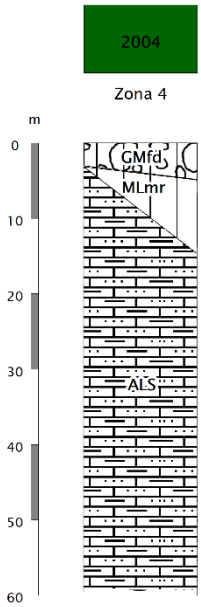
Depositi fluvio glaciali costituiti da Ghiaie ciottoli e blocchi, più o meno arrotondati, con sabbie limose ed argillose, addensati, con spessori massimi di 25 m, posti su depositi morenici ove presenti e/o su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno).

Tipo_z = **2003**



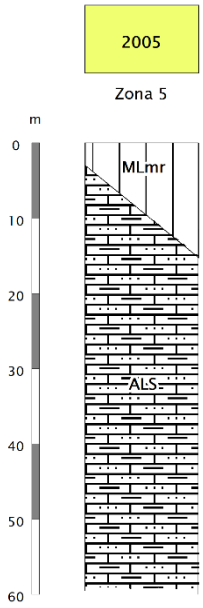
Depositi fluvio glaciali costituiti da Ghiaie ciottoli e blocchi, più o meno arrotondati, con sabbie limose ed argillose, addensati, con spessori superiori a 25 m, posti su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno).

Tipo_z = **2004**



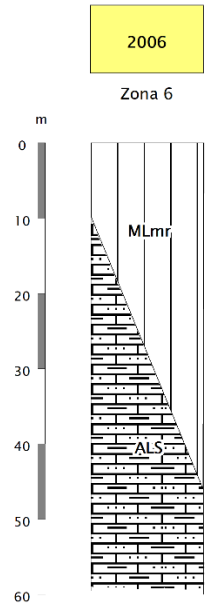
Detriti di falda costituiti da ghiaie ciottoli e blocchi, in matrice fine limoso-sabbiosa, addensati legati a fenomeni di crollo/ribaltamento stabilizzati, con spessori variabili, posti su depositi morenici consistenti ove presenti e/o su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno).

Tipo_z = 2005



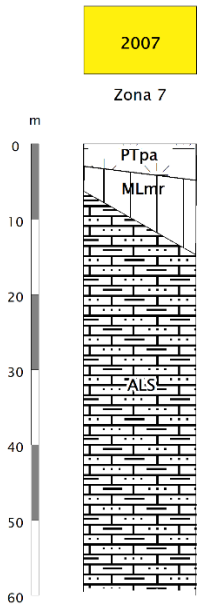
Depositi glaciali costituiti da limi sabbiosi più o meno argillosi con ghiaie, ciottoli e qualche blocco, con spessori 3÷15 m circa, posti su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno).

Tipo_z = 2006



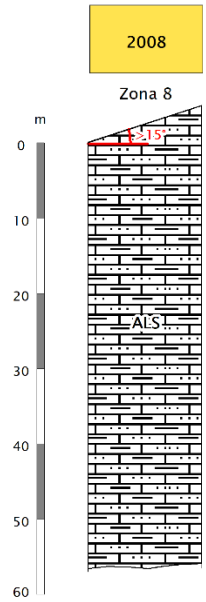
Depositi glaciali costituiti da limi sabbiosi più o meno argillosi con ghiaie, ciottoli e qualche blocco, consistenti, con spessori 10÷45 m circa, posti su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno).

Tipo_z = 2007



Torbe ed altre terre fortemente organiche di origine palustre, poco consistenti, con spessori di 3÷5 m, posti su depositi morenici dallo spessore variabile, poggianti su substrato roccioso costituito da alternanze di litotipi stratificato (Flysch di Belluno).

Tipo_z = 2008



Substrato affiorante o con spessori della copertura minori di 3 m e pendenze maggiori di 15°, costituito da marne argillose grigie sottilmente stratificate con intercalazioni calcarenitiche grigie o nocciola appartenenti alla Formazione del "Flysch di Belluno"

ZONE DI ATTENZIONE PER LE INSTABILITÀ

Per quanto riguarda le zone di attenzione per le instabilità esse corrispondono alle zone caratterizzate da instabilità di versante già individuate nella carta geologico-tecnica. Seguendo quanto indicato negli SRAI versione 4.2, alle zone di attenzione per instabilità di versante è stato assegnato un codice "Tipo_i" formato da 8 cifre, delle quali le prime 4 descrivono la tipologia della zona suscettibile di instabilità e le ultime 4 la tipologia di zona stabile suscettibile ad amplificazione. Le zone di attenzione per le instabilità comprendono:

- Zone soggette a instabilità di versante inattiva per crollo o ribaltamento. Si tratta di fenomeni di paleofrane riconoscibili tra le loc. Madonna del Parè e S. Zenone, legate al distacco di blocchi dalle calcareniti eoceniche

Tipo_i = **30311041**

Si tratta di aree dove il substrato roccioso è affiorante/subaffiorante con pendenze <15°, si è proceduto pertanto a creare una simbologia apposita rappresentativa della situazione, anche se non prevista da Standard ed è stato assegnato codice Tipo_i seguito da 1041 (identificante il substrato)

Tipo_i = **30312002** Zona 2

Tipo_i = **30312004** Zona 4

Tipo_i = **30312005** Zona 5

Tipo_i = **30312008** Zona 8

- Zone soggette a instabilità di versante quiescente per scorrimento, localizzate in loc. Col Fornel, a valle della strada comunale Triches, lungo il versante in destra idrografica del T. Limana, in prossimità della Loc. Navenze.

Tipo_i = **30221041**

Si tratta di aree dove il substrato roccioso è affiorante/subaffiorante con pendenze <15°, si è proceduto pertanto a creare una simbologia apposita rappresentativa della situazione, anche se non prevista da Standard ed è stato assegnato codice Tipo_i seguito da 1041 (identificante il substrato)

Tipo_i = **30222005** Zona 5

Tipo_i = **30222008** Zona 8

- Zone soggette a instabilità di versante inattiva per scorrimento, localizzate lungo il versante in destra idrografica del T. Limana in Loc. Navenze, lungo il versante nordoccidentale del M. San Pietro in Tuba, lungo il versante in sinistra idrografica del T. Cicogna, e su un'estesa area a valle del M. San Pietro i Tuba, che copre le Loc. Colesei, Codoi, San Mamante e giunge fino alla Loc. Coi di Navasa.

Tipo_i = **30321041**

Si tratta di aree dove il substrato roccioso è affiorante/subaffiorante con pendenze <15°, si è proceduto pertanto a creare una simbologia apposita rappresentativa della situazione, anche se non prevista da Standard ed è stato assegnato codice Tipo_i seguito da 1041 (identificante il substrato)

Tipo_i = **30322005** Zona 5

Tipo_i = **30322008** Zona 8

- Zone soggette a instabilità di versante inattiva per colata, localizzate lungo il versante occidentale del M. San Pietro in Tuba.

Tipo_i = **30332005** Zona 5

Tipo_i = **30332008** Zona 8

Santo Stefano di Cadore, maggio 2022

Per IGS SRL

dott. geol. David Pomarè Montin

dott.ssa geol. Cristina Gerdol

9. Bibliografia

AGAMENNONE G.; 1941: Studio macrosismico del terremoto del Bellunese del 27 dicembre 1933 e discussione sulla profondità ipocentrale. Boll. Soc. Sismol. Ital., 38, 150-193.

AGLIARDI F., ZANCHI A. and CROSTA G.B.; 2009: Tectonic vs. gravitational morphostructures in the central Eastern Alps (Italy): Constraints on the recent evolution of the mountain range. Tectonophys., 474, 250-270.

ALBARELLO D. & CASTELLARO S. (2011): Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento a Ingegneria Sismica, anno XXVIII, n. 2, Patroni editore, Granarolo dell'Emilia, Bologna.

AMBROSETTI P. ET AL (1983): Neotectonic map of Italy - scala 1:500000 - CNR Progetto Finalizzato Geodinamica, Litografia artistica cartografica Firenze.

ANTONELLI R., BARBIERI G., DAL PIAZ G.V., DAL PRA A., DE ZANCHE V., GRANDESSO P., MIETTO P., SEDEA R. E ZANFERRARI A. (1990): Carta Geologica del Veneto scala 1:250.000, Regione del Veneto, SELCA, Firenze.

BARD P.Y. & BOUCHON M. (1985) - The two-dimensional resonance of sediment-filled valleys, Bull., Seismol. Soc. Am., 75(2), pp. 519-541.

BASILI, R., VALENSISE G., VANNOLI P., BURRATO P., FRACASSI U., MARIANO S., TIBERTI M.M., BOSCHI E. (2008) - The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014.

BONDESAN A., CANIATO G., VALLERANI F., ZANETTI M. a cura di, 2000,: Il Piave. Cierre Edizioni

BOSELLINI A.; 2004: The Western passive margin of Adria and its carbonate platforms. In: Crescenti V., D'Offizi S., Merlino S. and Sacchi L. (eds), Geology of Italy, Spec. Vol. Ital. Geol. Soc., Proc. 32nd International Geological Congress, Firenze, pp. 79-92.

BURRATO P., POLI M.E., VANNOLI P., ZANFERRARI A., BASILI R. AND GALADINI F. (2008): Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: An updated view based on geological and seismological evidence. Tectonophys., 453, 157-176.

CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991) - Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale). Il Quaternario, 4(2), 333-410.

CASTELLO B., SELVAGGI, G., CHIARABBA, C., AMATO, A., 2006. CSI Catalogo della sismicità italiana 1981–2002. versione 1.1. INGV-CNT, Roma. http://www.ingv.it/CSI/.

CORAL A. (1980) – Studio geofisico e considerazioni geomorfologiche in un tratto della media valle del Piave nei dintorni di Limana (Belluno) – Tesi di Laurea Facoltà di Scienze – Istituto di Fisica Terrestre, Geodesia e Geografia Fisica – Università degli Studi di Padova.

COSTA V., DOGLIONI C., GRANDESSO P., MASETTI D., PELLEGRINI G.B. and TRACANELLA E.; 1996: Note illustrative del Foglio 063 BELLUNO. Servizio Geologico d'Italia, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, Italy, 74 pp.

GALADINI F. (2000) - Faglie attive nelle Alpi nordorientali - Relazione Annuale PF

GUTENBERG B. (1958) – Microseismic - Advances in Geophysics, 5, pp. 53-92.

LACHET C. & BARD P.Y. (1994) - Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's technique, J. Phyis. Earth, 42(5), pp. 377-397.

LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCIOLO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., ANTONUCCI A. (2022) - Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4

MELETTI C. & VALENSISE G. (2004): Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo, Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274), Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

PELLEGRINI G.B. and GIRARDI G.P.; 2000: Belluno Foglio 063. Serv. Geol. d'Italia, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, Italy.

PELLEGRINI G.B. & SURIAN N. (1994) - Late Pleistocene geomorphological evolution in the Vallone Bellunese, Southern Alps (Italy). 67-72

PELLEGRINI G.B. & ZANFERRARI A. (1980) - Inquadramento strutturale ed evoluzione neotettonica dell'area compresa nei fogli 23 Belluno, 22 Feltre (p.p.) - CNR (1980) - Contributi conclusivi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 513 P.F.

POLI M.E., BURRATO P., GALADINI F. AND ZANFERRARI A. (2008): Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy. Boll. Geof. Teor. Appl., 49, 301-313.

ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI, B., GASPERINI P., ANTONUCCI A., 2022. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4

SARTORI G. a cura di (2012): Annotazioni ed indicazioni dalla storia sismologica del Veneto; Ufficio Territorio - Consiglio Regionale del Veneto.

SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, UNIVERSITÀ DI PADOVA, ISTITUTO DI GEOLOGIA (1988): Carta geologica del Veneto, scala 1:250,000. Venezia, Segretaria Regionale per il Territorio.

SLEJKO D., CARULLI G.B., CARRARO F., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987): Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale. C.N.R.- G.N.D.T., Rend. n. 1, pp. 82.

SUGAN M & PERUZZA L. (2011): Distretti sismici del Veneto, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata Vol. 52, n. 4 supplemento, December 2011

ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETT F. and SAURO U. (1982): Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale. Mem. di Sc. Geol., 35, 355-376.

Siti internet e banche dati

DISS (Database of Individual Seismogenic Sources):
https://diss.ingv.it/

Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15):
http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/

Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto
https://idt2.regione.veneto.it/

ITHACA - ITaly HAzards from CApable faulting – Catalogo delle Faglie Capaci:
https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/default
http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html

Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale:
http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html

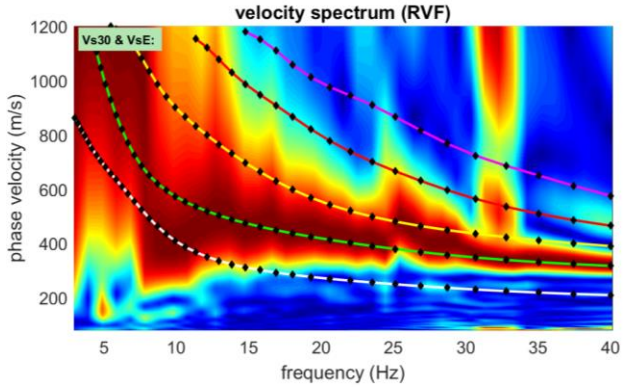
Mappe interattive di pericolosità sismica:
http://esse1-gis.mi.ingv.it

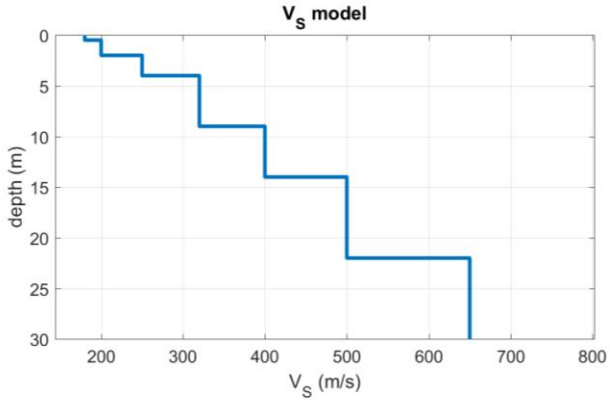
ALLEGATO 1

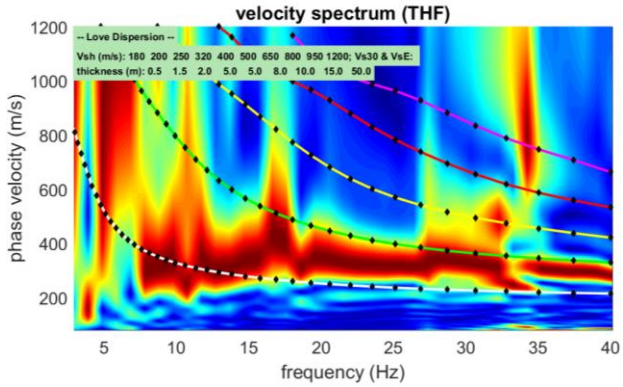
SCHEDE RELATIVE ALLE INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE

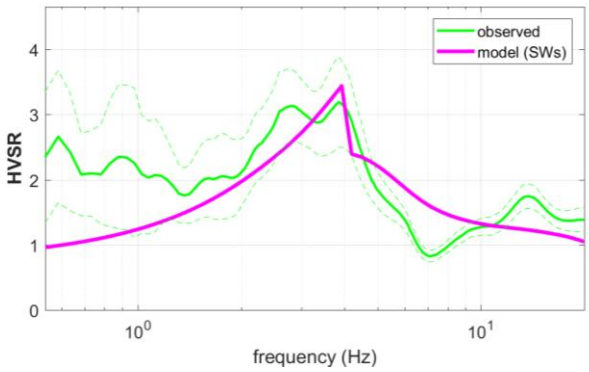
MASW 01	
TIPO INDAGINE	MASW
LOCALITÀ	Praloran
DATA ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI
modellazione congiunta MASW (onde Rayleigh + Love) + HVSR







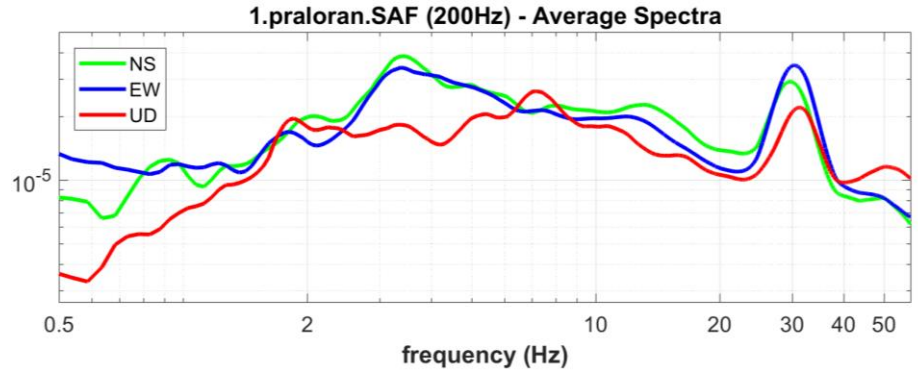


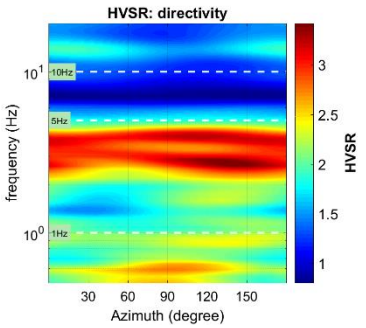
$V_{S,eq}$ [m/s]	402
Categoria sottosuolo NTC18	B

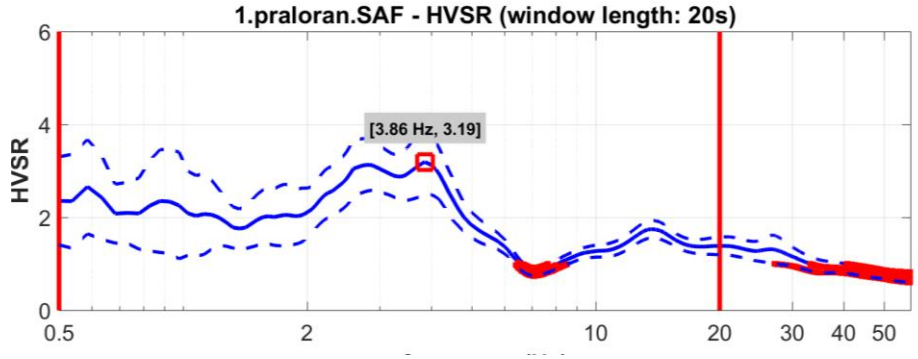
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

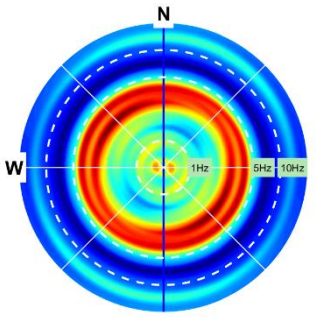
HV 01	
TIPO INDAGINE	HVSR
LOCALITÀ	Praloran
DATA ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI







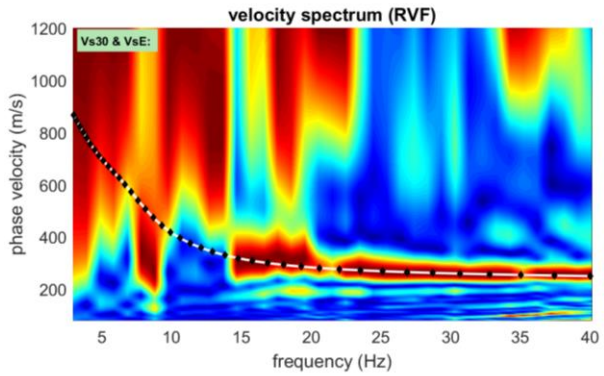


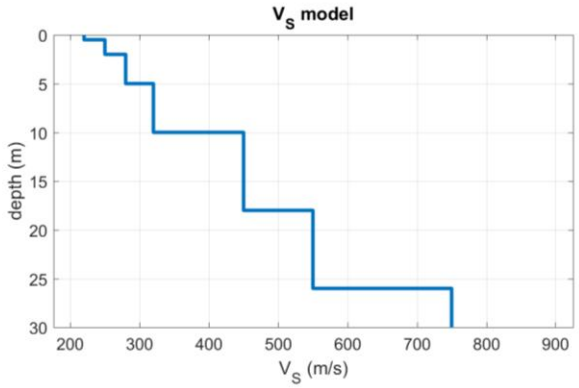
Frequenza fondamentale del sito F_0 [Hz]	3.86

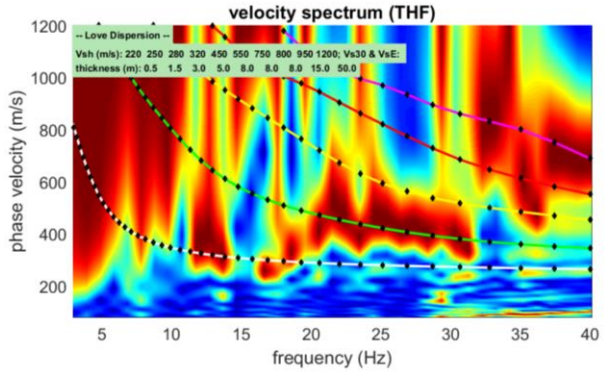
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

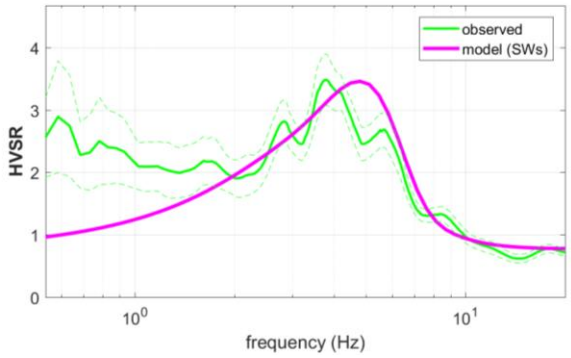
MASW 02	
TIPO INDAGINE	MASW
LOCALITÀ	Pieve di Limana
DATA ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI
modellazione congiunta MASW (onde Rayleigh + Love) + HVSR









$V_{S,eq}$ [m/s]	415
Categoria sottosuolo NTC18	B

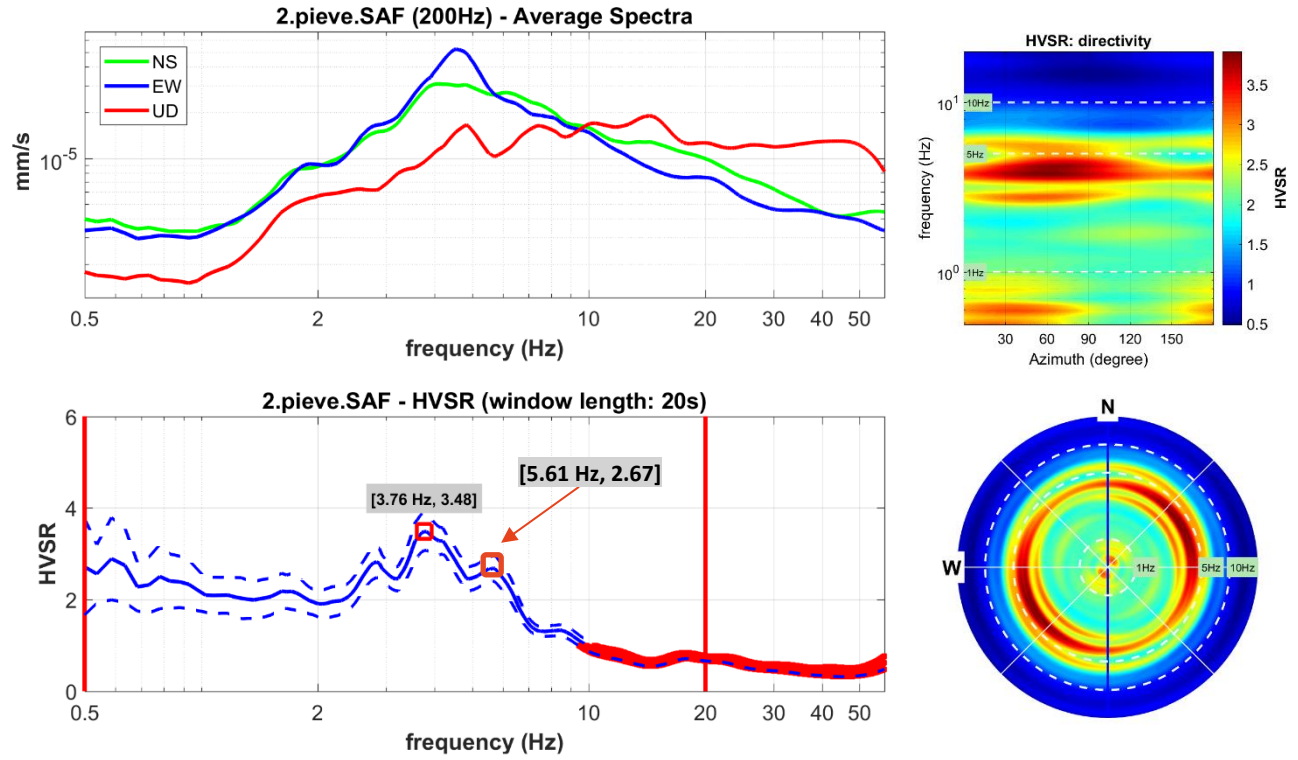
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

HV 02	
TIPO INDAGINE	HVSR
LOCALITÀ	Pieve di Limana
DATA ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI



Frequenza fondamentale del sito F_0 [Hz]	**3.76 – 5.6**

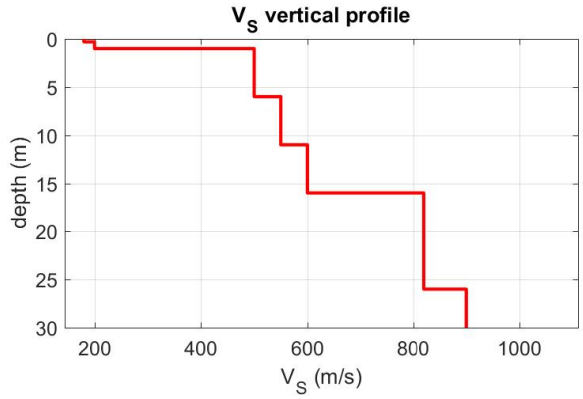
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

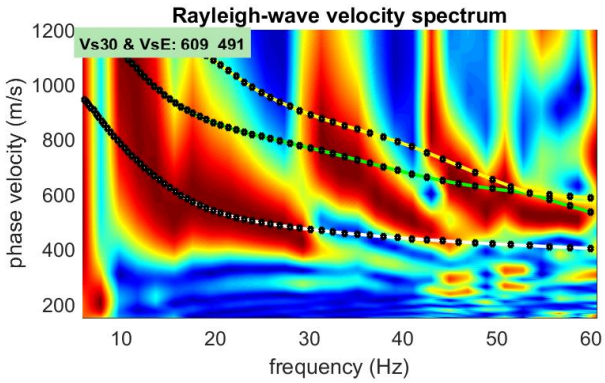
IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

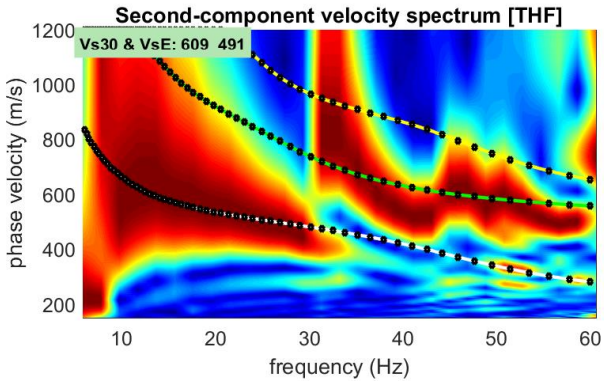
info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

MASW 03	
TIPO INDAGINE	MASW
LOCALITÀ	Malves
DATA ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI
modellazione congiunta (onde Rayleigh + Love)







$V_{S,eq}$ [m/s]	491
Categoria sottosuolo NTC18	B

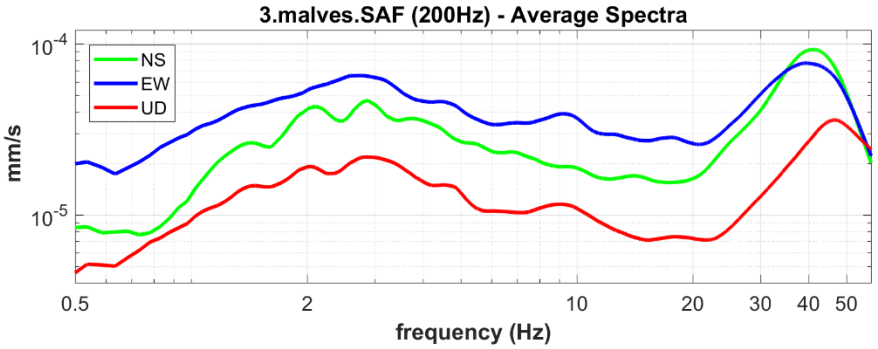
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

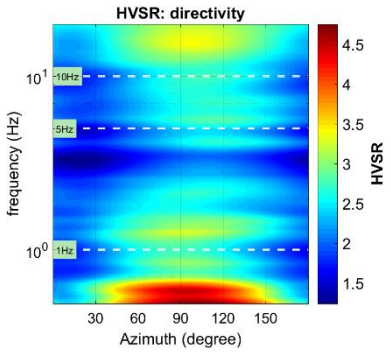
IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

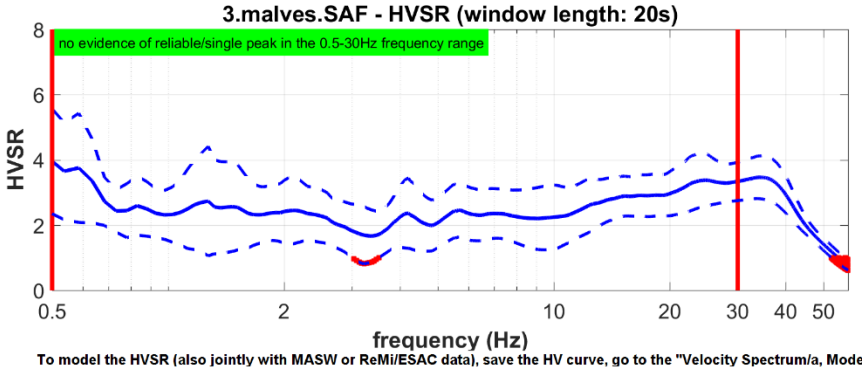
info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

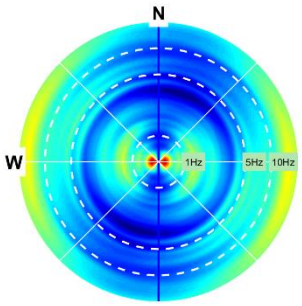
HV 03	
TIPO INDAGINE	HVSR
LOCALITÀ	Malves
DATA ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI









Frequenza fondamentale del sito F_0 [Hz]	-

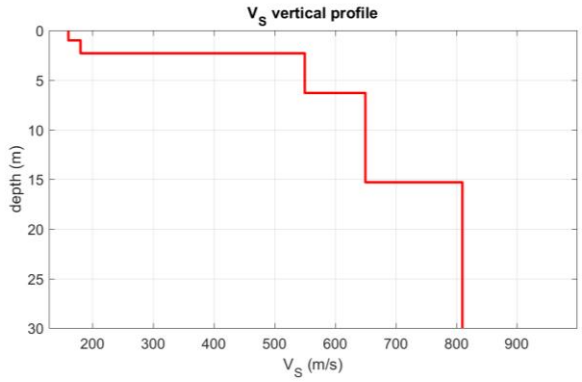
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

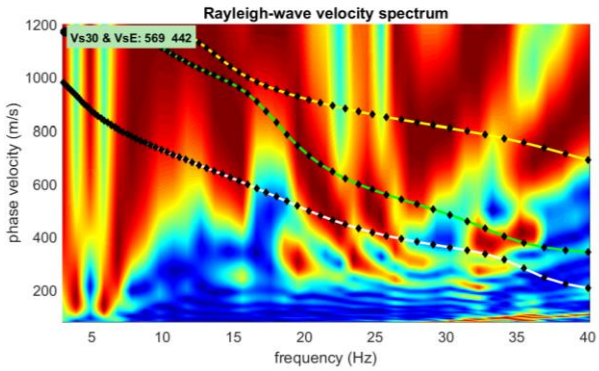
IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

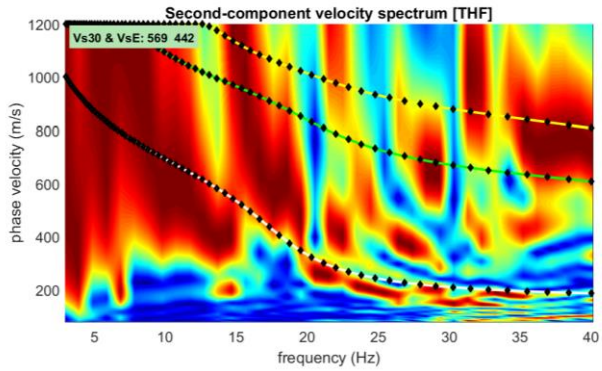
info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

MASW 04	
TIPO INDAGINE	MASW
LOCALITÀ	Laste
DATA ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI
modellazione congiunta MASW (onde Rayleigh + Love) + HVSR







$V_{S,eq}$ [m/s]	442
Categoria sottosuolo NTC18	B

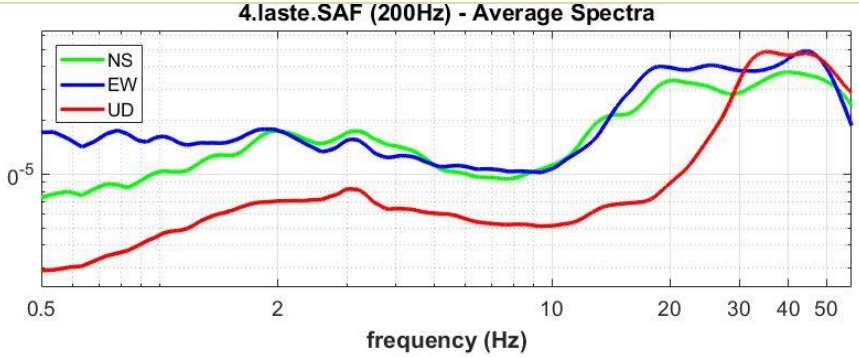
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

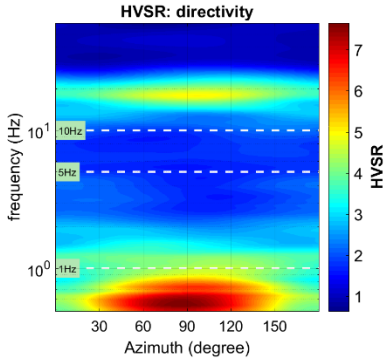
IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

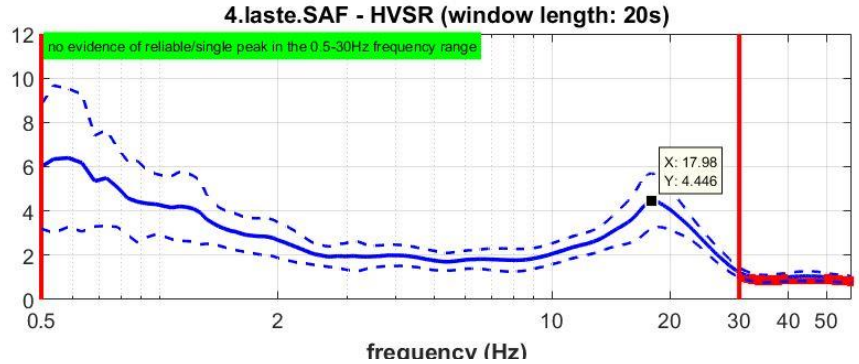
info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

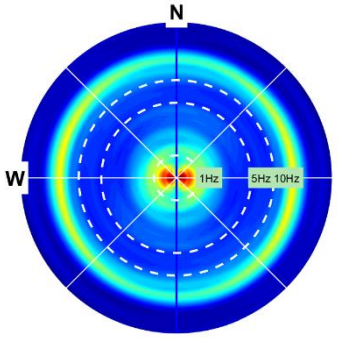
HV 04	
TIPO INDAGINE	HVSR
LOCALITÀ	Laste
DATA DI ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI







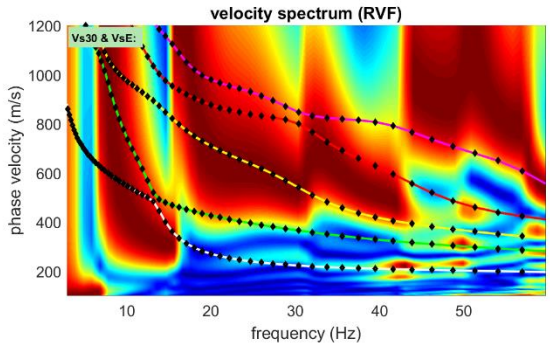


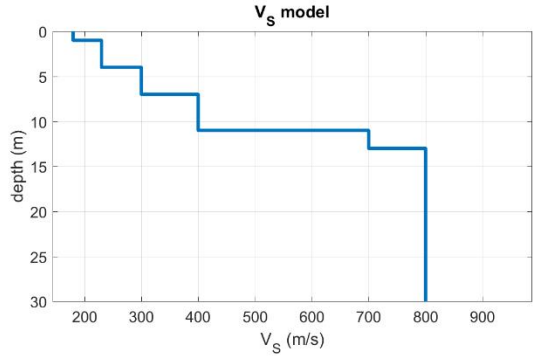
Frequenza fondamentale del sito F_0 [Hz]	17.98

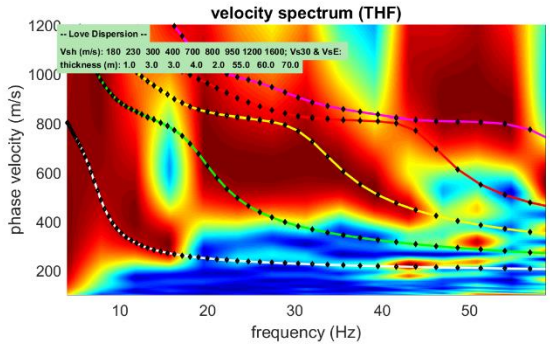
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

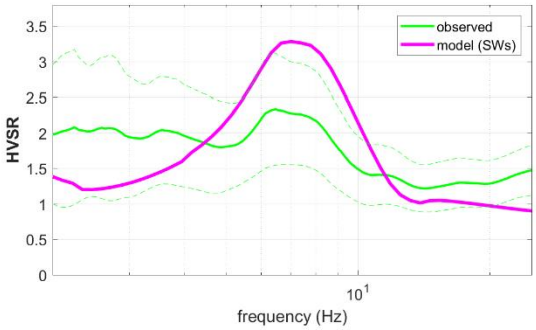
MASW 05	
TIPO INDAGINE	MASW
LOCALITÀ	Ceresera
DATA DI ESECUZIONE	17/02/2022

RISULTATI
modellazione congiunta MASW (onde Rayleigh + Love) + HVSR









$V_{S,eq}$ [m/s]	314
Categoria sottosuolo NTC18	E

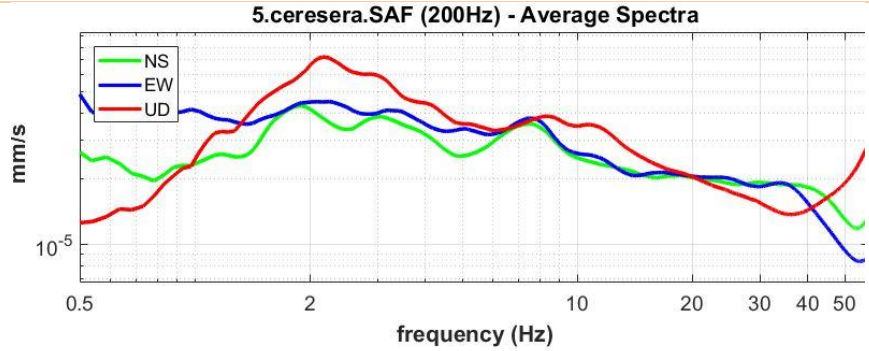
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

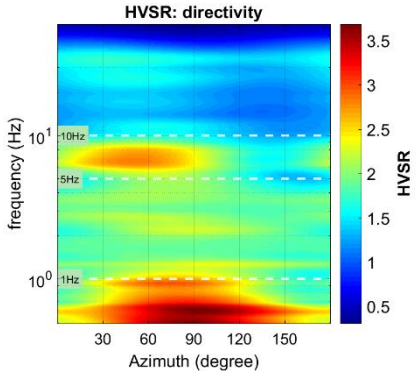
IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

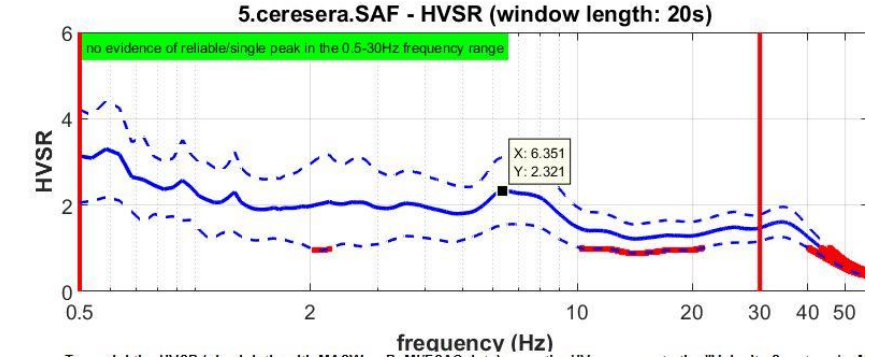
info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

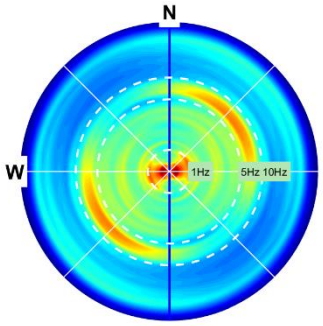
HV 05	
TIPO INDAGINE	HVSR
LOCALITÀ	Ceresera
DATA DI ESECUZIONE	17/02/2022

RISULTATI









Frequenza fondamentale del sito F_0 [Hz]	6.35

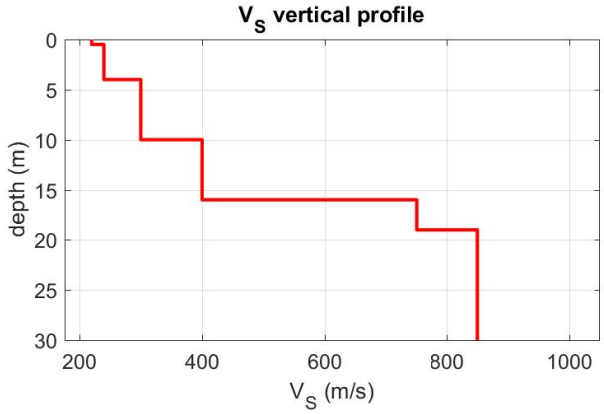
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

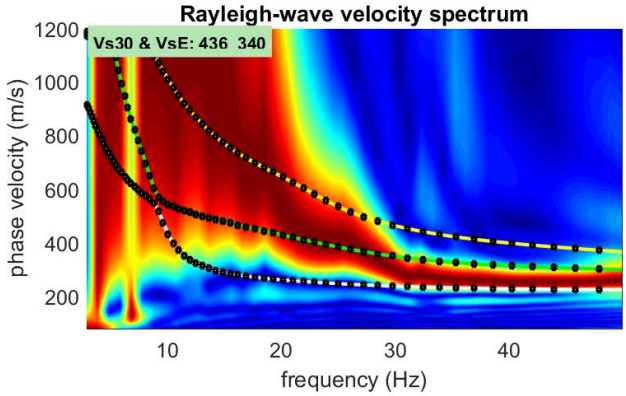
IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

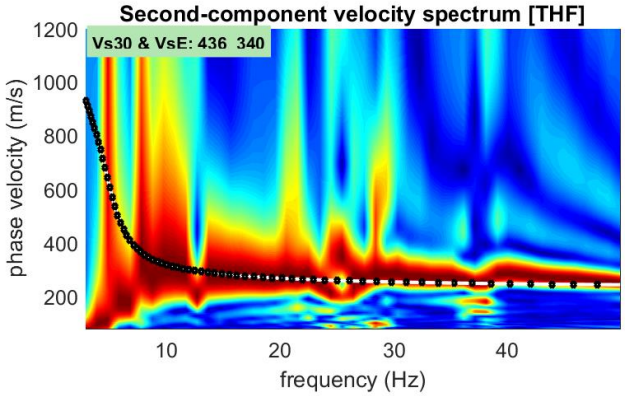
info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

MASW 06	
TIPO INDAGINE	MASW
LOCALITÀ	Cros
DATA DI ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI
modellazione congiunta (onde Rayleigh + Love)







$V_{S,eq}$ [m/s]	340
Categoria sottosuolo NTC18	E

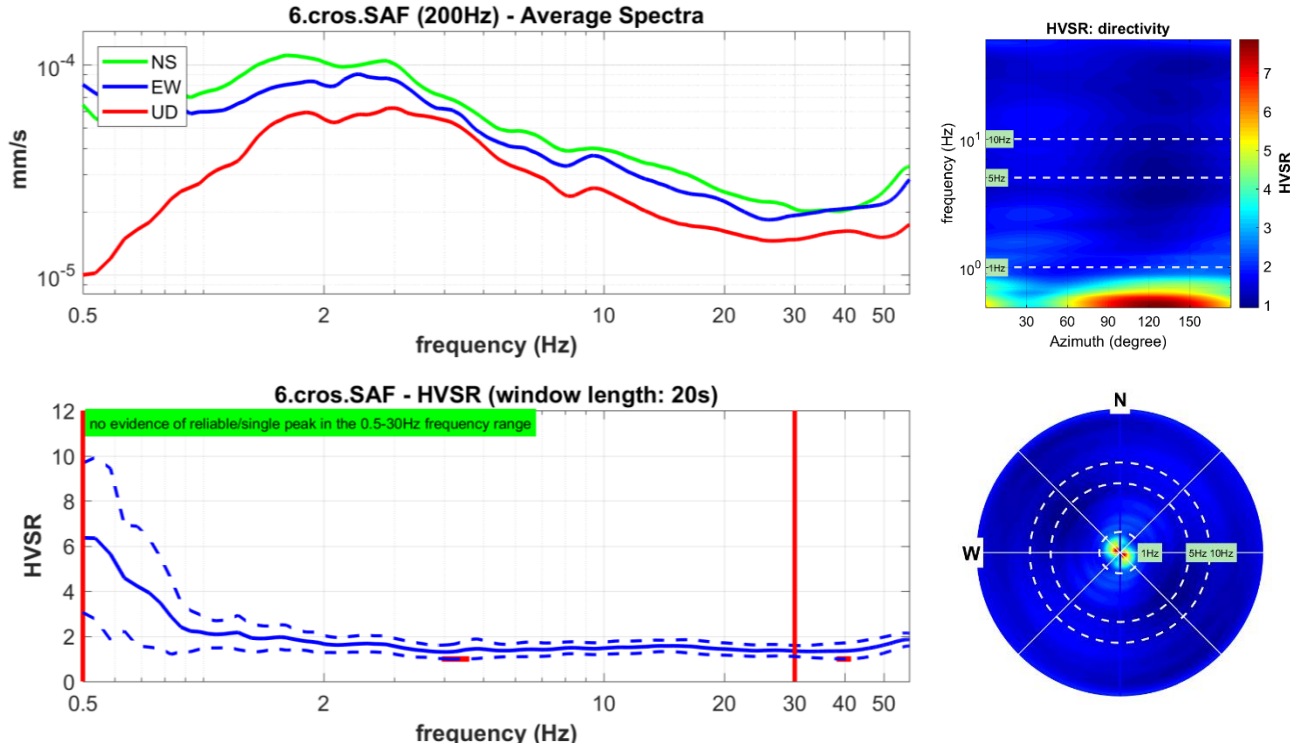
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

HV 06	
TIPO INDAGINE	HVSR
LOCALITÀ	Cros
DATA DI ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI

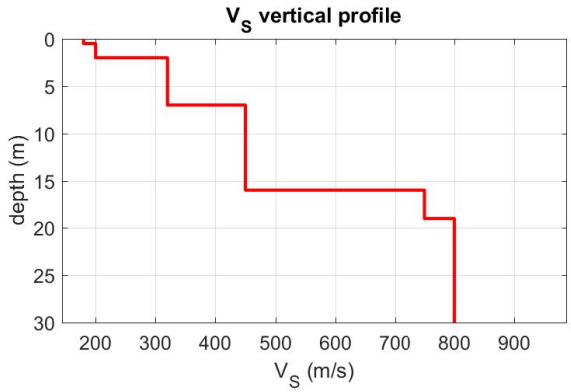


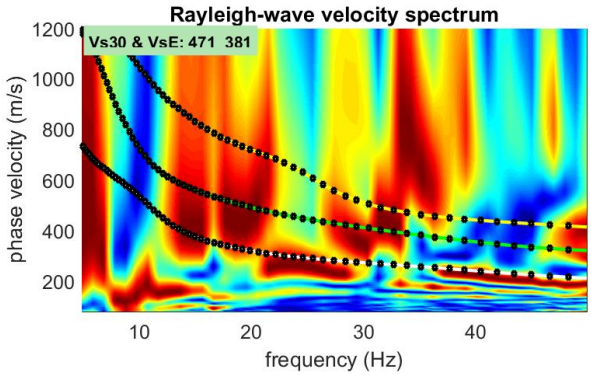
Frequenza fondamentale del sito F_0 [Hz]	-

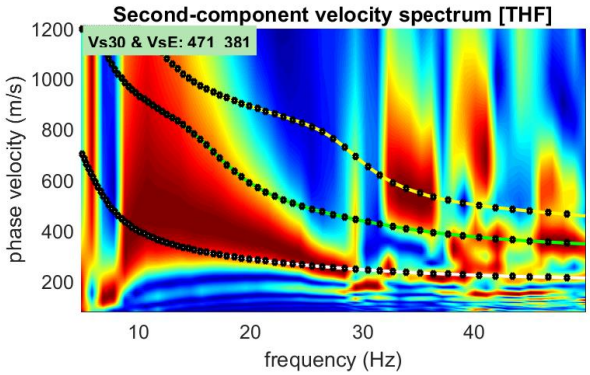
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

MASW 07	
TIPO INDAGINE	MASW
LOCALITÀ	Case Nice
DATA DI ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI
modellazione congiunta (onde Rayleigh + Love)







$V_{S,eq}$ [m/s]	381
Categoria sottosuolo NTC18	B

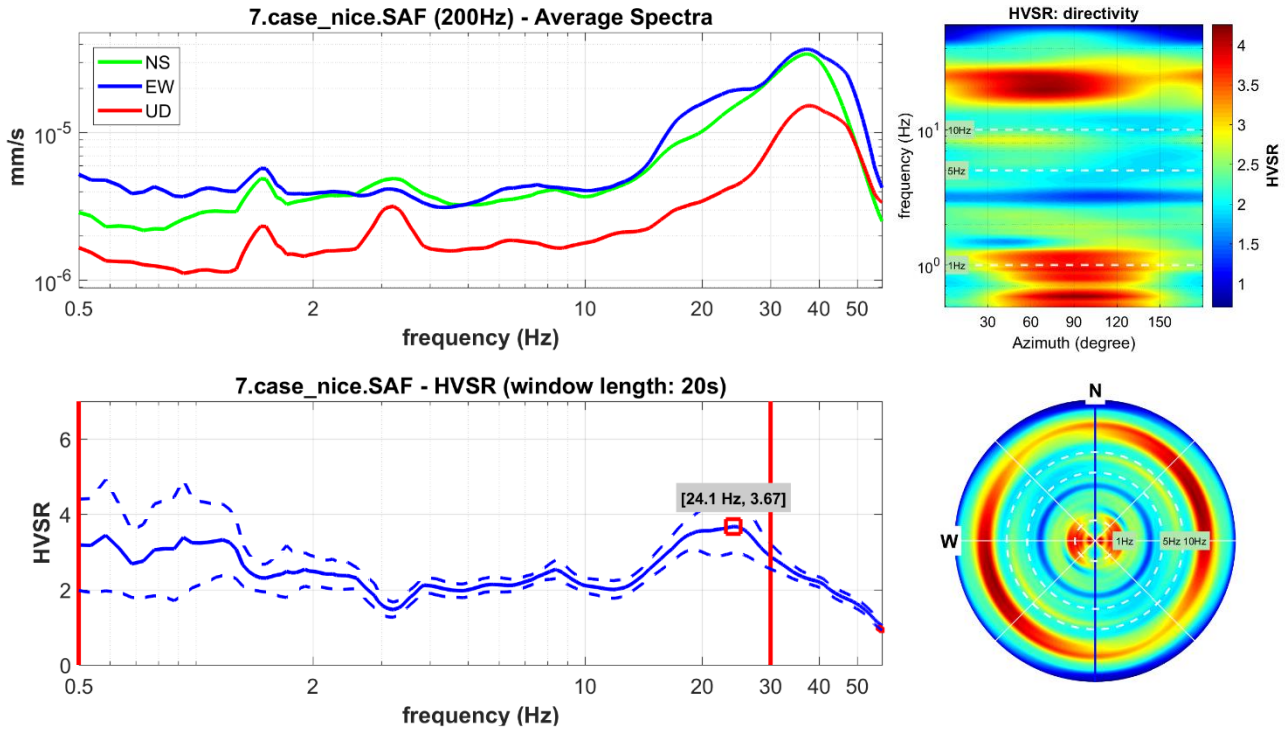
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

HV 07	
TIPO INDAGINE	HVSR
LOCALITÀ	Case Nice
DATA DI ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI



Frequenza fondamentale del sito F_0 [Hz]	24.1

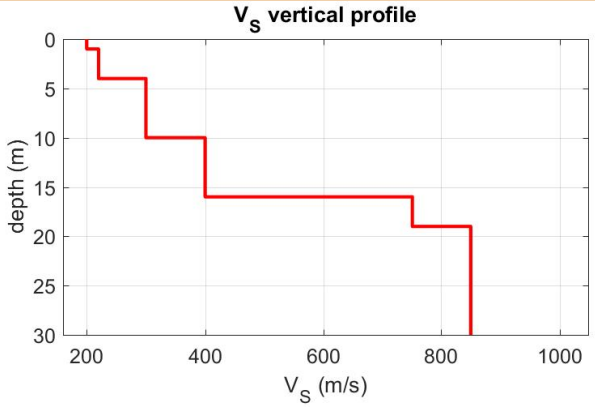
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

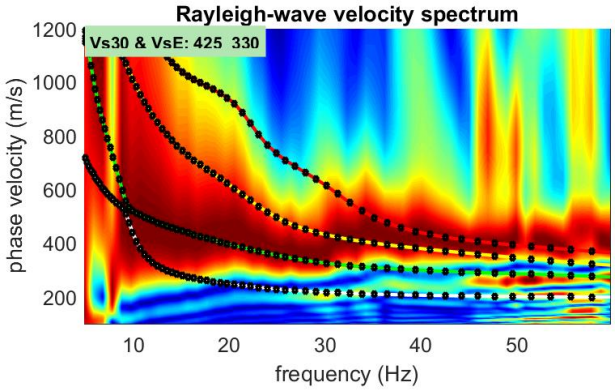
IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

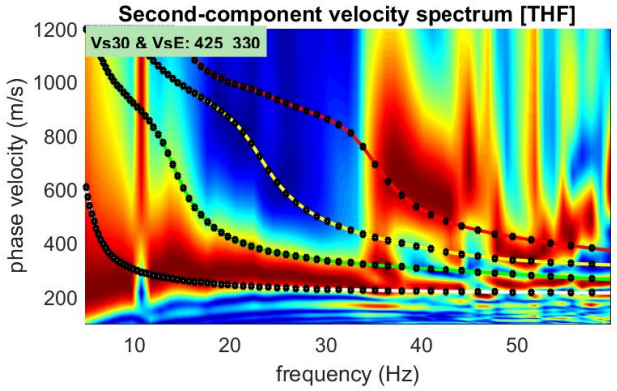
info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

MASW 08	
TIPO INDAGINE	MASW
LOCALITÀ	Navenze
DATA DI ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI
modellazione congiunta (onde Rayleigh + Love)







$V_{S,eq}$ [m/s]	330
Categoria sottosuolo NTC18	E

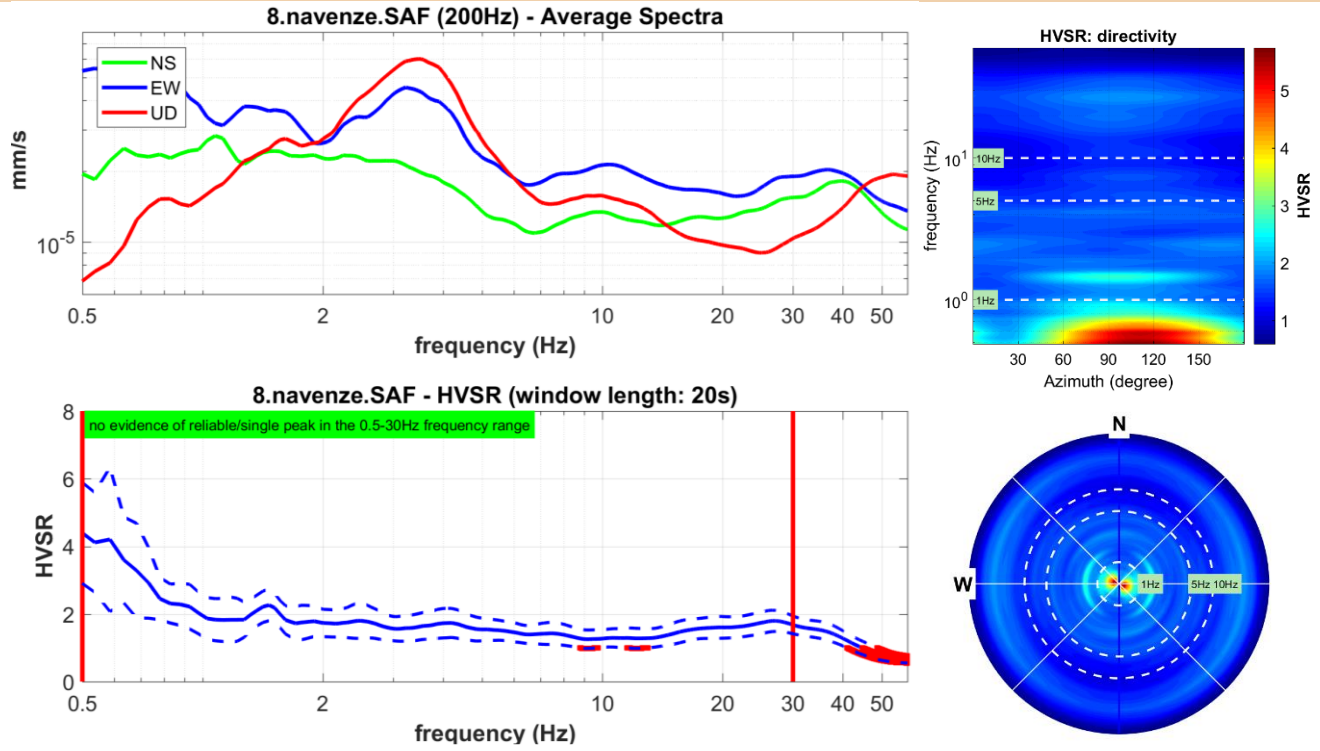
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

IGS SRL a socio unico
Geotechnics & Geophysics
Azienda certificata ISO 9001:2015
RINA n. 38438/19/S

info@igs-geo.com
+39 3409644172
www.igs-geo.com

HV 08	
TIPO INDAGINE	HVSR
LOCALITÀ	Navenze
DATA DI ESECUZIONE	16/02/2022

RISULTATI

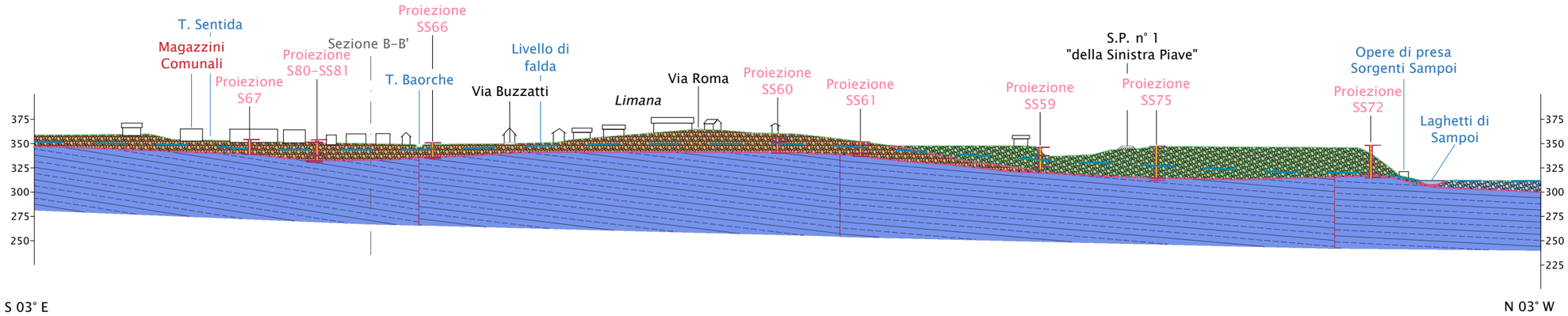


Frequenza fondamentale del sito F_0 [Hz]	-

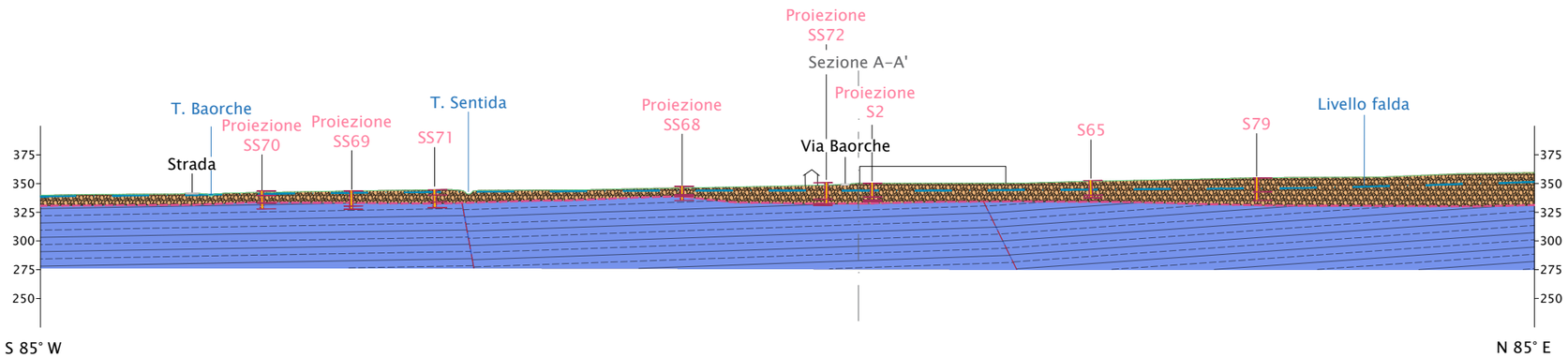
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

SEZIONI GEOLOGICHE
Allegato 2
scala 1:5000

SEZIONE A-A'



SEZIONE B-B'



LEGENDA

- Terreni di riporto e rilevati stradali
- Ghiaie, ciottoli e qualche blocco, arrotondati, con sabbie limose e lenti o livelli limoso-sabbiosi di origine alluvionale
- Ghiaie, ciottoli e blocchi,più o meno arrotondati, con sabbie limose ed argillose di origine fluvioflagiale
- Limi sabbiosi più o meno argillosi con ghiaie, ciottoli e qualche blocco di origine morenica
- Marne argillose sottilmente stratificare con intercalazioni calcarenitiche - Formazione del "Flysch di Belluno"