



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### Regione Veneto

### Comune di Montebelluna



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Veneto	Dott. Geol. Francesco Marinoni  COLLABORATORI  Dott. Geol. Maurizio Olivetto	Luglio 2020

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
1.1. Premessa.....	3
1.2. Inquadramento geografico .....	5
1.3. Inquadramento topografico .....	8
<b>2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEGLI EVENTI.....</b>	<b>9</b>
2.1. Pericolosità sismica .....	15
2.2. Sismicità storica dell'area.....	18
2.3. Faglie che interessano l'area di studio.....	25
<b>3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....</b>	<b>29</b>
3.1. Assetto litologico e geomorfologico .....	29
3.2. Idrografia ed idrogeologia .....	30
3.3. Descrizione della carta geologico-tecnica .....	31
3.3.1. Substrato geologico e copertura quaternaria.....	32
3.3.2. Elementi geomorfologici e idrogeologici .....	34
3.3.3. Elementi di instabilità gravitativa .....	35
3.3.4. Elementi tettonico strutturali.....	35
<b>4. LA CARTA DELLE INDAGINI.....</b>	<b>36</b>
4.1. Indagini pregresse e le nuove indagini .....	36
4.2. Nuove indagini geofisiche .....	38
4.3. Analisi delle onde di superficie con tecnica "MASW" - Generalità.....	39
4.4. Operazioni di campagna ed Elaborazione dati.....	40
4.5. Analisi del rumore sismico ambientale (tecnica HVSR) .....	41
4.6. Risultati ottenuti con le indagini geosismiche .....	43
<b>5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....</b>	<b>47</b>

<b>6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....</b>	<b>49</b>
<b>7. DESCRIZIONE DELLA CARTA DELLE MOPS .....</b>	<b>51</b>
7.1. Premessa.....	51
7.2. Definizione profili tipo zone stabili e amplificabili.....	51
7.3. Descrizione delle instabilità e delle forme .....	52
7.3.1. Zone di attenzione per instabilità di versante.....	52
7.3.2. Liquefazione .....	52
7.3.3. Zona di attenzione per cedimenti differenziali .....	53
7.3.4. Zona di attenzione per sovrapposizione di Instabilità Differenti .....	53
7.3.5. Forme di superficie e sepolte .....	53
<b>8. CONSIDERAZIONI FINALI .....</b>	<b>54</b>
8.1. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali .....	54
8.2. Zone instabili .....	56
<b>9. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>58</b>
<b>10. PROFILI GEOLOGICI, COLONNE STRATIGRAFICHE DELLE MOPS E CARTA DI CONFRONTO TRA SCHEMI STRUTTURALI.....</b>	<b>61</b>

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1. Premessa

Su incarico del Comune di Montecchio Precalcino (VI), è stato eseguito lo studio di Microzonazione sismica di Livello 1 del territorio comunale. Lo studio è stato condotto in conformità con le direttive e le specifiche emanate dagli organi competenti per questa tipologia di indagini:

- *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* – Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile - Anno 2008.
- *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica”* Ver. 4.1 Novembre 2018 - Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.
- *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)”* Vers. 1.0 - 2015 - Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica.
- DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 *“Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l’analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica”*.
- DGRV n. 899 del 28 giugno 2019 *“Linee guida regionali per gli Studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Chiarimenti e precisazioni sulle modalità applicative. Studi di Microzonazione Sismica Direttive per l’applicazione dei livelli di approfondimento”*.
- D.M. 17 gennaio 2018 aggiornamento delle *“Norme tecniche per le costruzioni”*

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi principali:

- Raccolta dati relativi a studi, perizie e rilievi geologici-geomorfologici-idrogeologici, indagini geognostiche e geofisiche nel territorio comunale.
- Analisi in chiave sismologica della cartografia geologica comunale relativa al P.A.T.I.
- Ricostruzione della sismicità storica del territorio e riconoscimento di eventuali strutture potenzialmente sismogenetiche, o in grado di generare amplificazioni sismiche.
- Definizione dei parametri sismologici del territorio comunale (Magnitudo attesa, PGA ecc.) attraverso la consultazione dei cataloghi e dati forniti dagli enti istituzionali.
- Esecuzione ed elaborazione di nuove indagini geofisiche
- Sintesi di tutti i dati raccolti



- Elaborazione della cartografia prevista e della relazione illustrativa.

Lo studio, oltre alla raccolta delle indagini pregresse, ha previsto la realizzazione di nuove indagini geofisiche allo scopo di caratterizzare meglio i terreni nei confronti dei parametri più importanti dal punto di vista sismico. Complessivamente, sono state effettuate 44 indagini con tecnica a stazione singola HVSR e 20 profili con tecnica MASW.

Come è noto, il livello 1 di Microzonazione Sismica (MS) è propedeutico e necessario per la redazione dei successivi studi di livello 2 e 3. Trattandosi di uno studio “preliminare”, incentrato soprattutto sulla raccolta e analisi dei dati esistenti, contiene dei limiti intrinseci, tra i quali, per il caso specifico, si segnalano:

- Disomogenea distribuzione areale delle indagini geognostiche pregresse.
- Carenza di dati inerenti le caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo.
- Informazioni litostratigrafiche relative a sondaggi e prove molto diverse, in relazione alla qualità del dato, profondità della prova ecc.
- Limitate indicazioni relativamente alla natura e profondità del substrato.

Di conseguenza, va sempre considerato il valore qualitativo di questo studio, che porta alla definizione di aree omogenee come risposta alle sollecitazioni sismiche, utile, quindi per indirizzare la pianificazione territoriale e orientare i successivi livelli di MS.

## 1.2. Inquadramento geografico

Il Comune di Montecchio Precalcino, (provincia di Vicenza) è situato in corrispondenza dell'alta pianura vicentina lungo il lato idrografico destro del torrente Astico (Figura 1). La caratteristica saliente del territorio, dal punto di vista morfologico, è la presenza di una modesta collina che occupa una parte significativa del Comune.

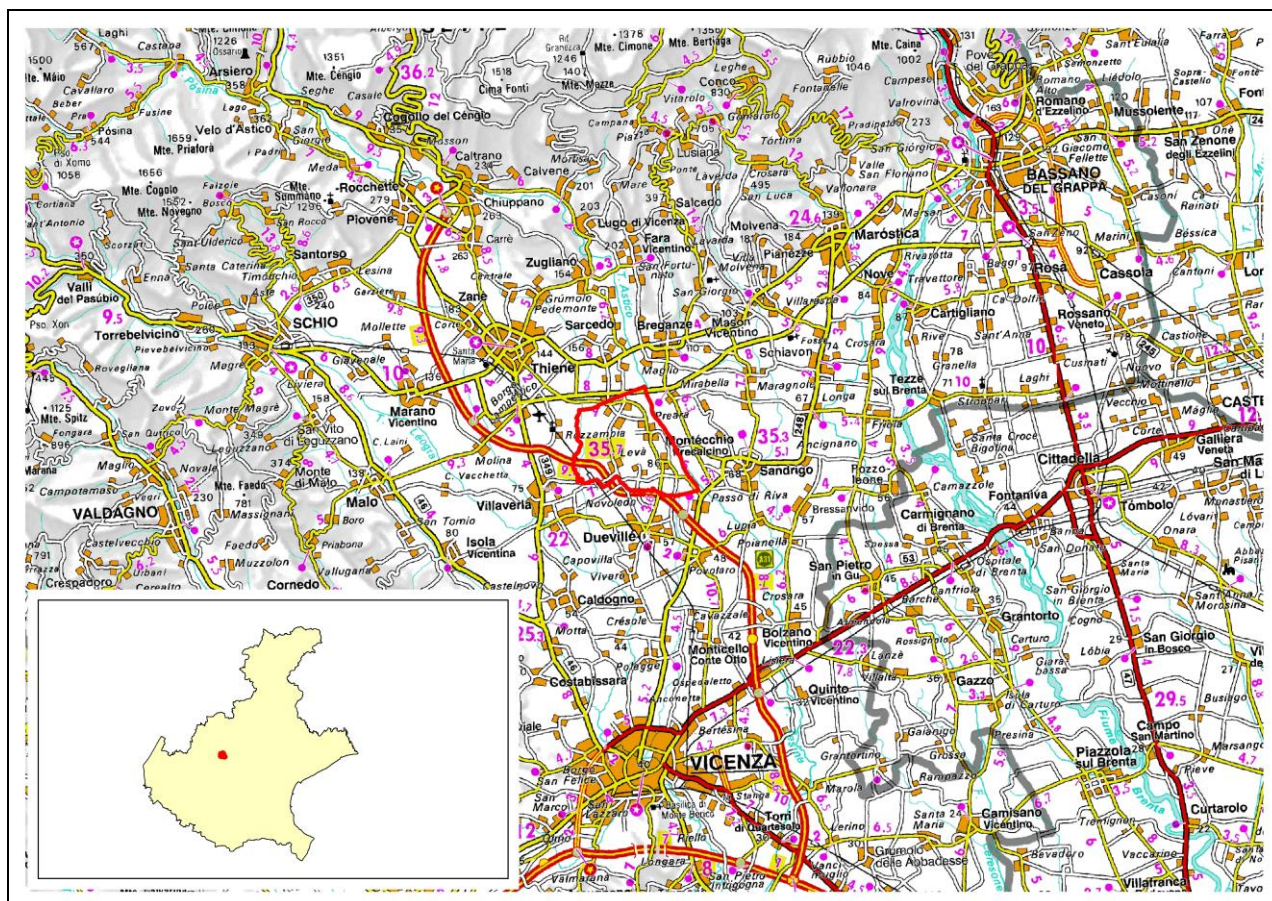


Figura 1: Ubicazione del Comune di Montecchio Precalcino

Le principali aree urbanizzate e produttive si concentrano nella fascia di pianura che circonda il rilievo collinare e, oltre al capoluogo stretto tra la collina e il torrente Astico, sono costituite da alcune frazioni, tra cui Levà e Preara, da numerosi nuclei sparsi e da aree industriali concentrate, queste ultime, in due siti a nord e a sud del rilievo collinare di M. Bastia.

La seguente Figura 2, realizzata con il DEM reso disponibile grazie alla documentazione scaricabile dal sito della Regione Veneto<sup>1</sup>, permette l'immediata comprensione dei principali aspetti morfologici che caratterizzano il territorio comunale.

Appare evidente il colle di Montecchio che si erge dalla piana alluvionale del T. Astico, si nota inoltre la modesta elevazione del Monte Rosso posto nel settore meridionale del Comune.

<sup>1</sup> (<https://idt2.regione.veneto.it/>)

Sono significative le numerose attività di cava che interessano il territorio con abbassamenti rispetto al piano campagna che in alcuni casi posso superare i 20 metri complessivi (si segnala che a far data dalla disponibilità del DTM alcune delle cave sono state nel frattempo colmate).

Lungo il confine orientale del Comune si osserva l'alveo del T. Astego che corre leggermente incassato rispetto alla piana alluvionale con un dislivello che non supera i dieci metri massimi. Si legge infine il digradare verso sud della piana alluvionale con modeste variazioni locali legate in prevalenza ad antichi alvei o divagazioni del paleo-Astego. Tra le altre modifiche antropiche è evidente il percorso in rilevato dell'autostrada della Valdastico (A31) che attraversa la parte meridionale del Comune, mentre non è ancora presente il tracciato (in trincea) della nuova superstrada pedemontana che attraversa il territorio comunale per un breve tratto a nord-ovest.

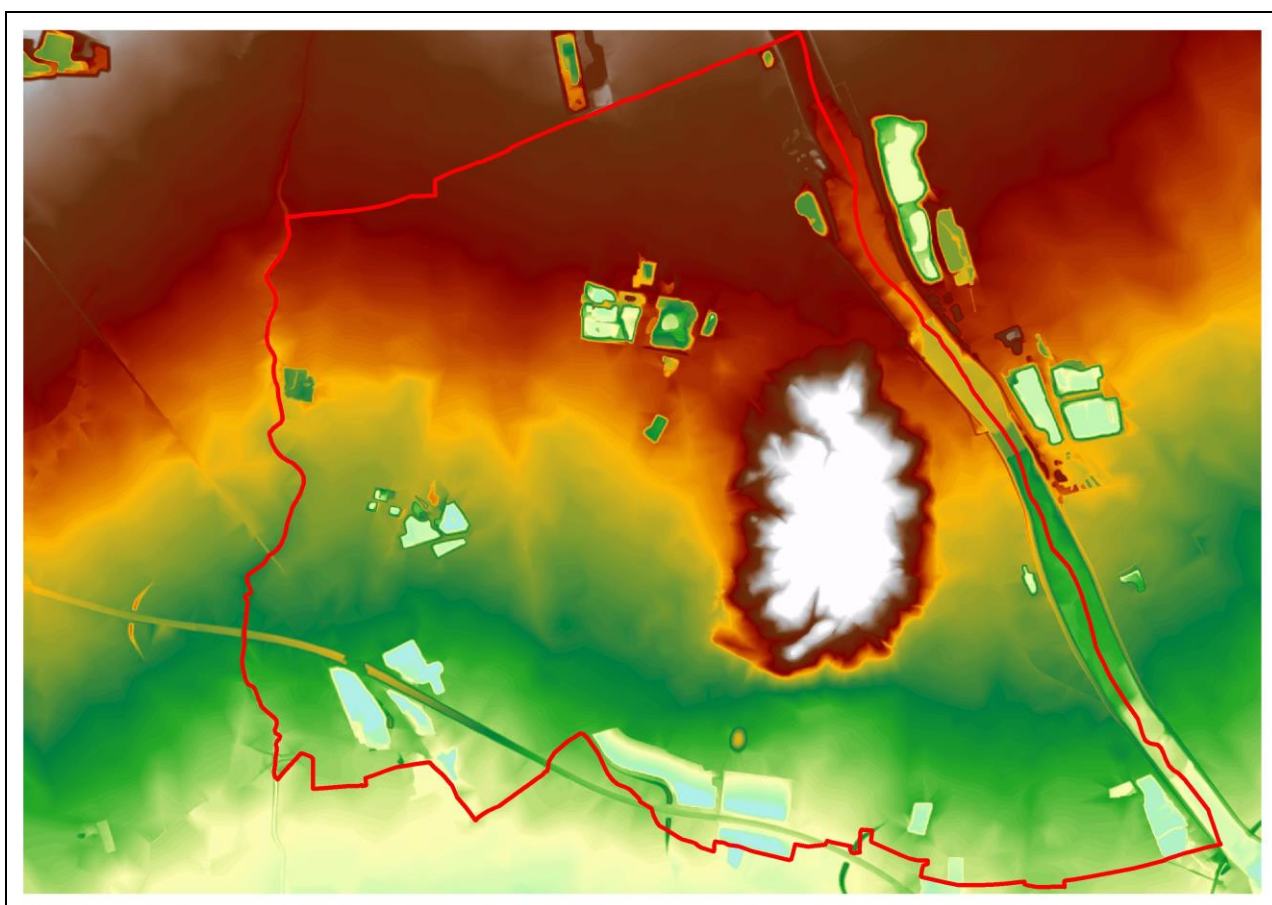


Figura 2: rilievo DEM del territorio comunale

Il Comune confina con i territori contermini di (partendo da nord in senso orario) Figura 3:

- Sarcedo
- Breganze
- Sandrigo
- Dueville



- Villaverla

Comuni tutti appartenenti alla provincia di Vicenza.



Figura 3: Comuni contermini

Il territorio comunale risulta interessato dalle seguenti sezioni in scala 1:10.000 della CTRN della Regione del Veneto:

- 103110 Montebelluna Precalcino;

Mentre gli elementi in scala 1:5.000 sono i seguenti:

- 103114 – Madonnetta;
- 103111 – Mirabella;
- 103113 – Levà;
- 103112 – Montebelluna Precalcino;

La cartografia IGMI in scala 1:25.000 interessata è rappresentata dalle seguenti sezioni:

- 37 III SO – Thiene;
- 50 IV NO – Dueville;
- 50 IV NE - Sandrigo

### 1.3. Inquadramento topografico

Il Comune di Montecchio Precalcino si colloca nell'alta pianura vicentina costituita dalle alluvioni del torrente Astico. Le quote più elevate si raggiungono in corrispondenza della sommità del rilievo collinare di M. Bastia con 160 m s.l.m., mentre l'area più depressa è situata nella parte meridionale dove in corrispondenza dell'alveo dell'Astico, la quota è di 63 m s.l.m.. In alcune località si raggiungono quote più basse, ma sono rappresentate dal fondo delle cave non colmate o ancora in attività

Suddividendo il territorio in aree geografiche diversificate, i circa 14 kmq totali del Comune risultano così distribuiti:

Tabella 1: distribuzione fasce altimetriche

<i>Area geografica</i>	<i>Superficie app.va (kmq)</i>	<i>Percentuale sup.</i>
Piana alluvionale dell'Astico	12	83,3%
Area collinare della Bastia	1,5	10,4%
Aree interessate da attività estrattiva	0,9	6,3%
<b>Totali</b>	<b>14,4</b>	<b>100,00%</b>

Dalla lettura della tabella si può osservare come l'area morfologicamente pianeggiante rappresenti una elevata percentuale del territorio comunale e come le aree interessate da attività estrattive (attive, abbandonate ed estinte) superino il 6% del totale complessivo.

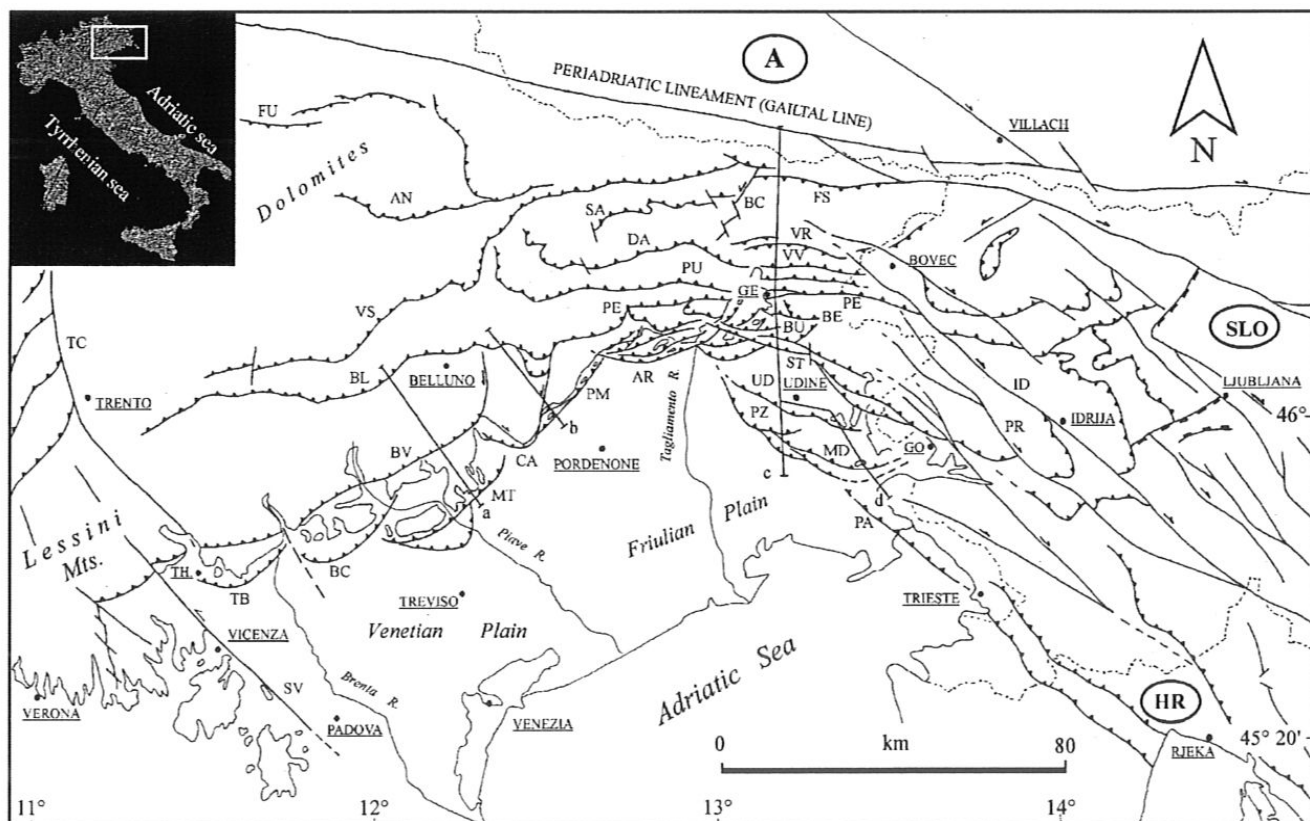
## 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEGLI EVENTI

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

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

Le Alpi Meridionali Orientali, situate sull'estremità nord-orientale della microplacca Adriatica, sono una catena a pieghe e sovrascorrimenti sud-vergenti (Figura 4). La loro architettura è il risultato di due principali fasi compressive del Terziario: la fase meso-alpina (Paleogene) e la fase neo-alpina (Neogene-Quaternario). Quest'ultima è responsabile di buona parte del sollevamento delle montagne venete, con formazione di sovrascorrimenti S-SE vergenti. Le deformazioni compressive del Messiniano-Pliocene hanno generato pieghe e sovrascorrimenti disposti NE-SO (Flessura Pedemontana, anticlinale di rampa frontale del sovrascorrimento Bassano-Valdobbiadene) e riattivato il sistema trascorrente Schio-Vicenza.

Nella pubblicazione di Sukan e Peruzza, il territorio veneto è diviso in 9 distretti sismici (Figura 5): il Comune di Montebelluna Precalcino ricade in parte nel "Distretto Pedemontana Sud" ed in parte nel "Distretto Lessini". Nella descrizione seguente si è optato per inserire il Comune nel **"Distretto Pedemontana Sud: PS"**, poiché le caratteristiche geologiche strutturali sono ritenute in sintonia con quelle del distretto posto più ad Est, del quale si riassumono i lineamenti principali. *Questa regione si estende dall'Altopiano di Asiago fino alla zona pedemontana del margine del Cansiglio, verso SE si estende alla zona di pianura approssimativamente ad includere la fascia delle risorgive; lungo la catena il sistema strutturale è troncato bruscamente ad Ovest dagli allineamenti disposti NO-SE del sistema Schio-Vicenza verso Est da elementi paleogeografici (margine occidentale del massiccio del Cansiglio). L'area presenta tuttora un'attività tettonica rilevante con una compressione attiva la cui velocità è stimata dell'ordine di qualche mm/anno. La stretta di Quero e il rilievo del Montello sono gli elementi geologici e morfologici di questo distretto attorno ai quali si sono maggiormente concentrati studi per il riconoscimento di faglie attive. Nonostante ciò, il potenziale sismico dell'area resta ancora piuttosto controverso e si moltiplicano gli studi per comprendere la relativa assenza di sismicità su faglie ritenute capaci di generare forti terremoti. Per questo si attendono i risultati di monitoraggi specifici, attualmente in corso per caratterizzare la deformazione geodetica e la microsismicità (OMBRA Projet Group 2011).*



**Figure 1.** Structural model of NE Italy and W Slovenia. The letters a, b, c and d define the traces of the geological sections reported in Figs 11, 14, 4 and 6, respectively. Legend (towns): TH, Thiene; GE, Gemonia; GO, Gorizia. Legend (structures): TC, Trento-Cles fault; SV, Schio-Vicenza fault; TB, Thiene-Bassano fault; BC, Bassano-Cornuda fault; BV, Bassano-Valdobbiadene fault; BL, Belluno fault; VS, Valsugana fault; FU, Funes fault; AN, Antelao fault; MT, Montello fault; CA, Cansiglio fault; PM, Polcenigo-Maniago fault; AR, Arba-Ragogna fault; PE, Periadriatic thrust; PU, Pinedo-Uccea fault; DA, Dof-Auda fault; SA, Sauris fault; BC, But-Chiarsò fault; FS, Fella-Sava fault; VR, Val Resia fault; VV, Val Venzonassa fault; BE, Bernadia fault; BU, Buia fault; ST, Susans-Tricesimo fault; UD, Udine-Buttrio fault; PZ, Pozzuolo fault; MD, Medea fault; PA, Palmanova fault; ID, Idrija fault; PR, Predjama fault.

Figura 4: Modello strutturale dell'Italia nord-orientale che riporta i principali sovrascorrimenti della catena sudalpina orientale (da Galadini et al. [2005]).

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

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

*Quattro eventi minori (25 febbraio 1756, 1857, 1897, e 1919) sono stati recentemente revisionati Molin et al., 2008) con modifiche lievi ai parametri di intensità e localizzazione. Negli ultimi due*

secoli, l'evento maggiore è stato quello del 12 giugno 1836 localizzato nell'area di Bassano, che ha raggiunto la soglia del danno significativo ( $I_0 = \text{VII-VIII MCS}$ ,  $M_w = 5,48$ ) e una serie di eventi dannosi prevalentemente documentati nella seconda metà del XIX secolo. Da oltre un secolo, quindi, non si verificano eventi di energia significativa.

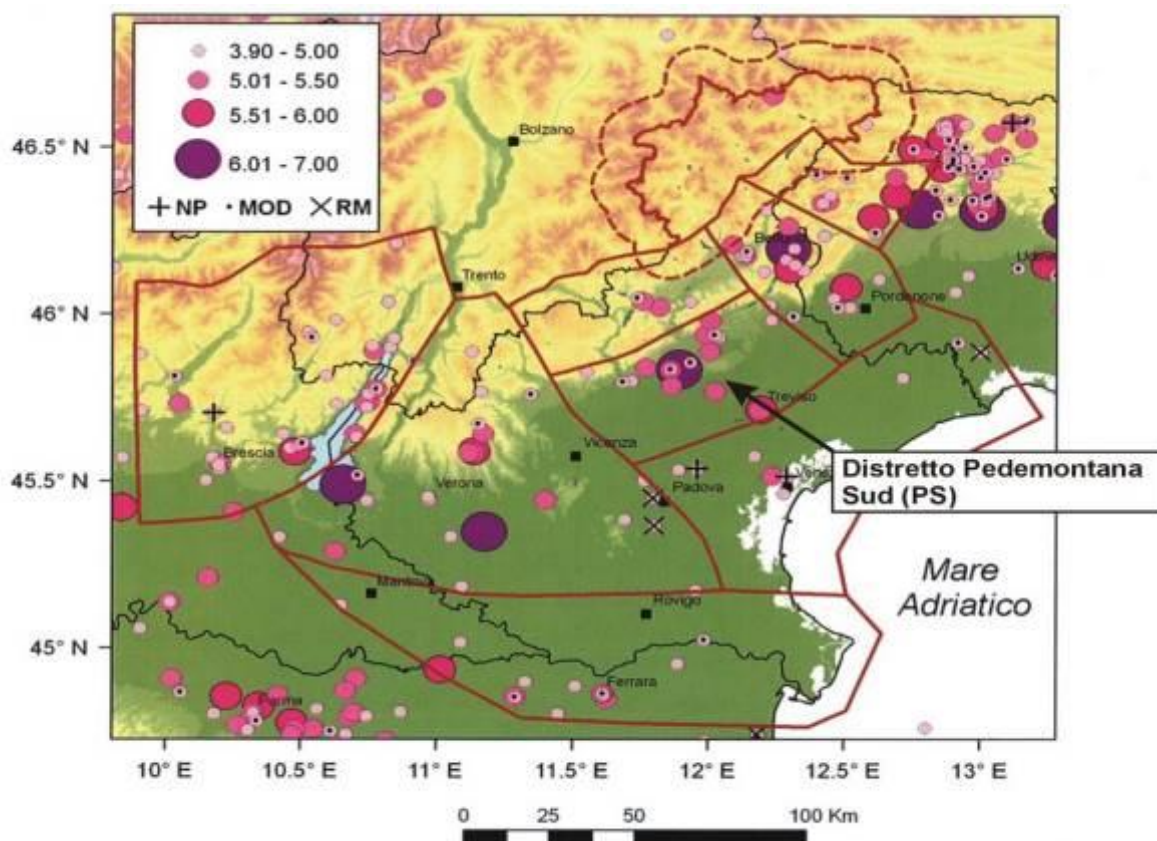


Figura 5: Mappa della sismicità storica del Veneto e aree limitrofe; fonte dati CPTI04 criticamente rivisto (Molin et al, 2008). In legenda i simboli colorati indicano la magnitudo equivalente a  $M_w$  riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati "NP", modificati "MOD" o rimossi "RM". (Estratto da Sugan e Peruzza, 2011)

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

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





associato il terremoto di Asolo del 25 febbraio 1695, nonché la sorgente individuale di Monte Grappa (ITIS113). Quest'ultima viene interpretata come il back-thrust della più grande sorgente di Bassano-Cornuda e ad essa è associato il terremoto di Bassano del 1836,  $M_D = 5,48$ . Strike-slip appare invece il meccanismo dell'evento di  $M_D = 3,3$ , avvenuto il 6 dicembre 2009 nella medesima area.

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

Nella Figura 7 sono invece rappresentate le sorgenti sismogenetiche secondo quanto indicato in DISS 3.2.0 (2015).

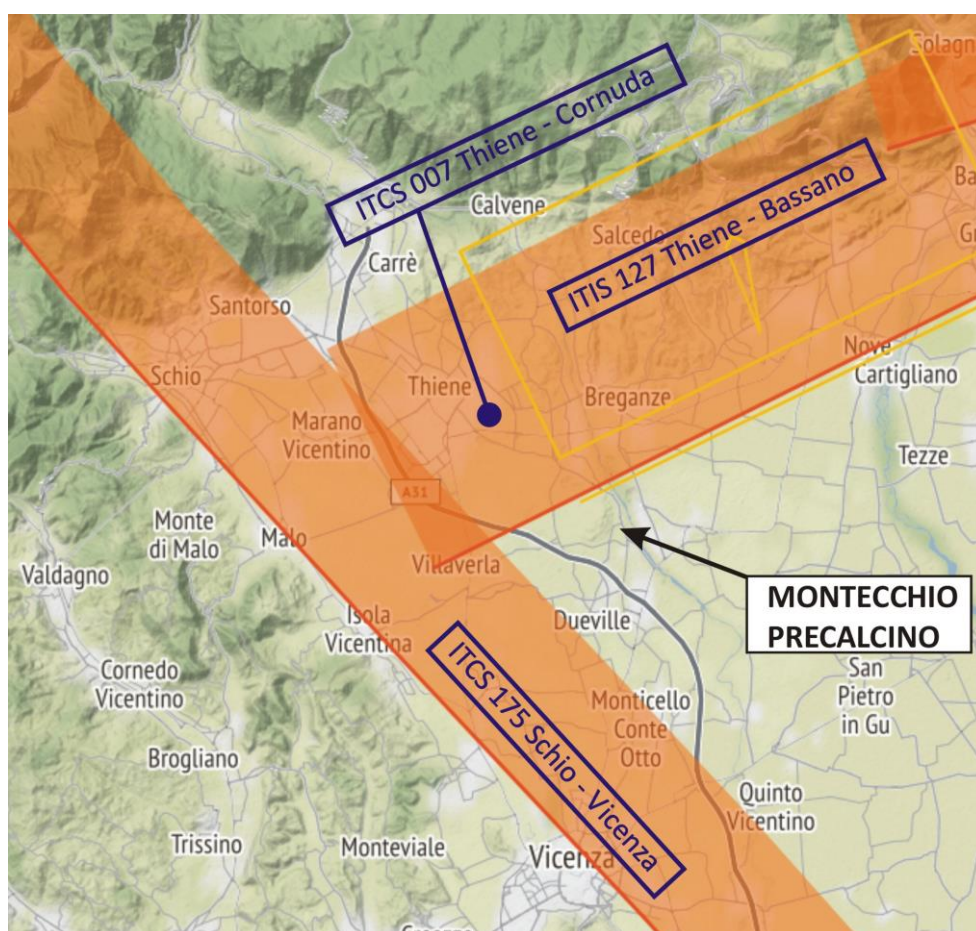



Figura 7: Sorgenti sismogenetiche per il distretto Pedemontana Sud. DISS versione 3.2.0 (DISS Working Group, 2015) ITIS : Sorgenti sismogenetiche individuali ITCS : Sorgenti sismogenetiche composite

Di seguito è riportata la scheda ricavata dal catalogo DISS 3.2.0, relativa alla sorgente sismogenetica individuale ITIS 127 “Thiene-Bassano”, che interessa il territorio del Comune di Montecchio Precalcino.



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Database of Individual Seismogenic Sources

DISS version 3

User: Guest | [Login](#)

[HOME](#) [MAP](#) [SEARCH](#) [HELP](#)

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES

[COMMENTARY](#) [PICTURES](#) [REFERENCES](#) [USER COMMENTS](#)

**GENERAL INFORMATION**

DISS-ID: ITIS127

Name: Thiene-Bassano



Compiler(s): Burrato P.(1), Galadini F.(2)

Contributor(s): Burrato P.(1), Poli M.E.(3), Zanferrari A.(3), Galadini F.(2)

Affiliation(s):  
1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy  
2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Milano - Pavia; Via Bassini 15, 20133 Milano, Italy  
3) Universit... degli Studi di Udine; Dipartimento di Georisorse e Territorio; Via Cottonificio 114, Udine, Italy

Created: 23-Nov-2005

Updated: 23-Nov-2005

Display map ...  

Related sources: [ITCS007](#)

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Location [Lat/Lon]	45.75 / 11.62	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Length [km]	18.0	EJ	Inferred from geological data constrained by seismological considerations.
Width [km]	9.5	EJ	Inferred from geological data constrained by seismological considerations.
Min depth [km]	1.0	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Max depth [km]	5.8	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Strike [deg]	244	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Dip [deg]	30	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Rake [deg]	80	LD	Based on geological and geodetic data.
Slip Per Event [m]	1.5	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1... 1.0	LD	Based on geological observations.
Recurrence [y] min... max	1500... 15000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.6	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

**INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES**

Latest Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.
Penultimate Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.

**ACTIVE FAULTS**

**ACTIVE FOLDS**



## 2.1. Pericolosità sismica

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

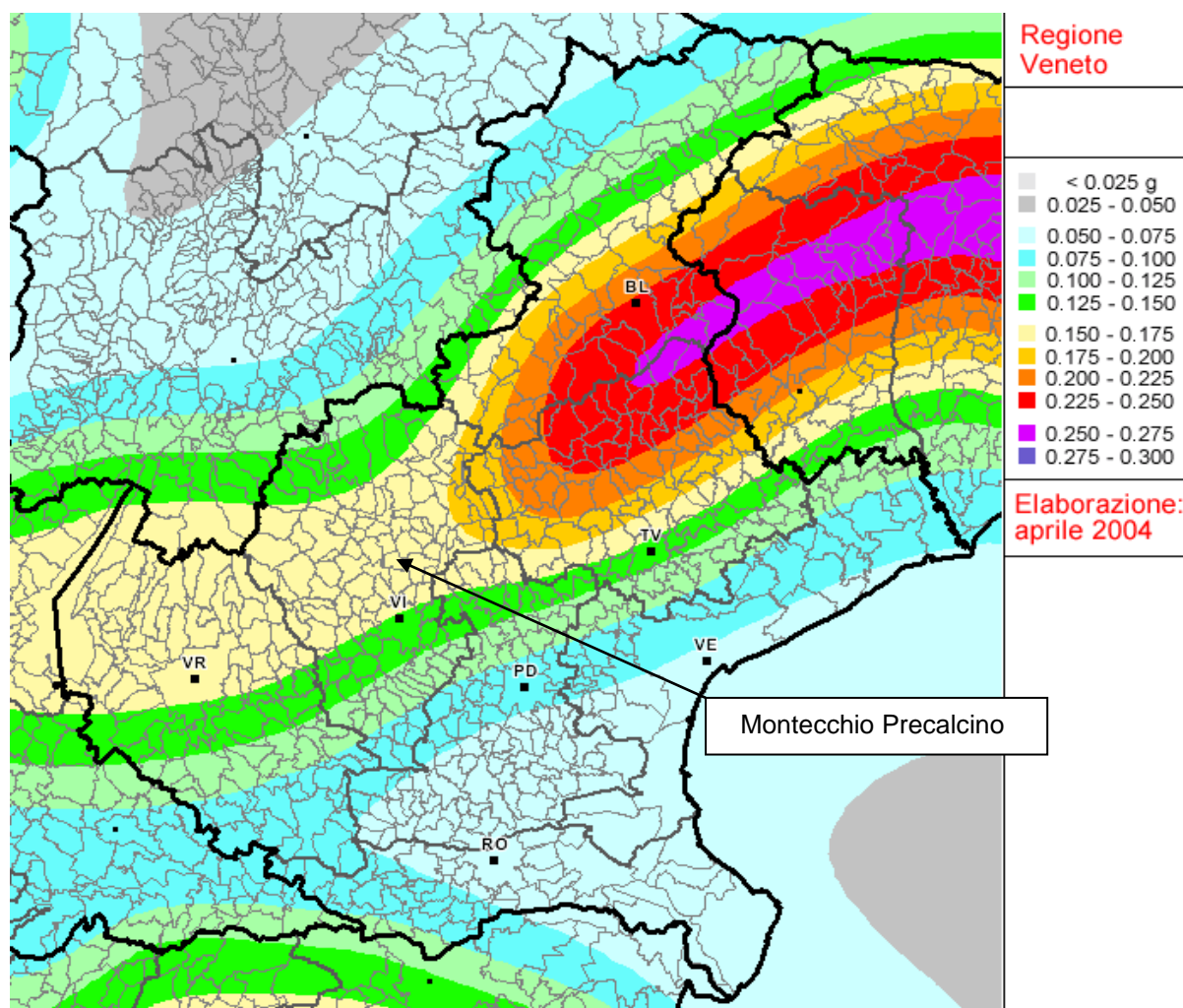


Figura 8: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale relativa alla Regione Veneto, entrata in vigore con l'Ordinanza PCM 3519/2006, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

L' OPCM 20 marzo 2003 n. 3274 stabilisce che il Comune di Montecchio Precalcino, risulta classificato in zona sismica 3. Tale classificazione è stata recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3 dicembre 2003.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a <sub>g</sub> /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a <sub>g</sub> /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Tabella 2: Definizione delle zone sismiche secondo quanto stabilito dall'OPCM 3274 del 20 marzo 2000

Per quel che riguarda valutazioni di progetto, si ricorda che la DGR n. 71 del 2008 non ha modificato la zonazione sismica del Veneto, ma ha assunto le accelerazioni di riferimento per il calcolo sismico così come introdotte dalla OPCM 3519 del 2006. Come risulta dalla Figura 8 e dalla Figura 9, il Comune di Montecchio Precalcino ricade nella fascia con accelerazione (a<sub>g</sub>) orizzontale massima attesa, con probabilità d'eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi subpianeggianti caratterizzati da Vs30 > 800 m/s (ovvero di categoria A di cui al punto 3.2.1 del D.M.14.09.2005), compresa tra 0,150 g e 0,175 g.

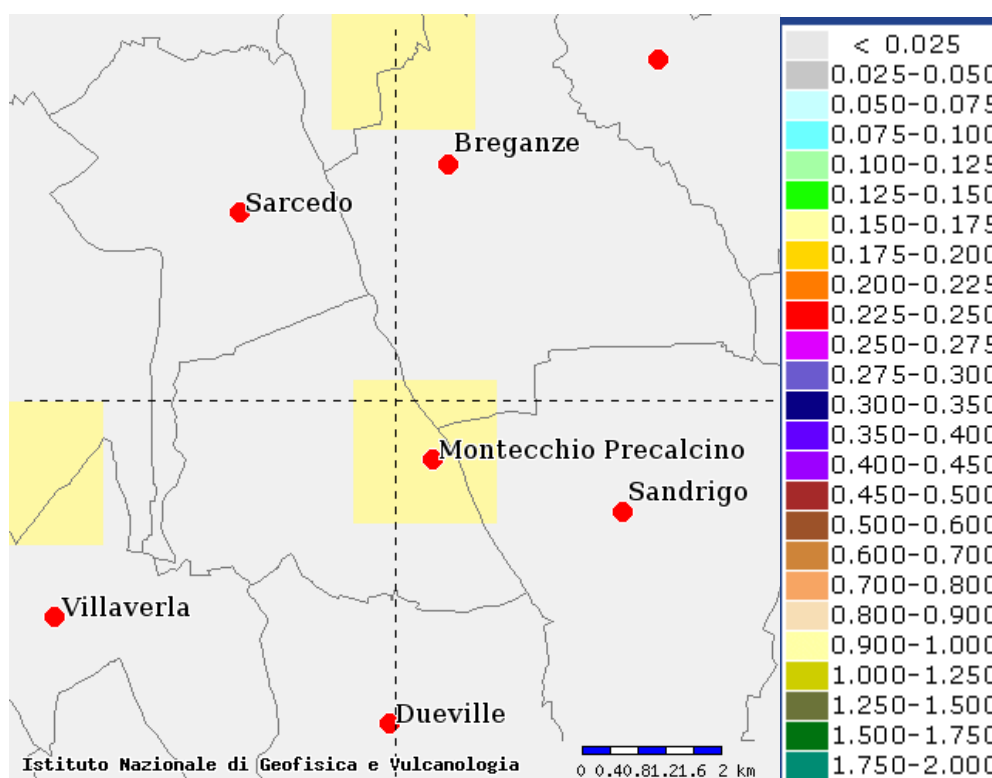


Figura 9: Mappa di pericolosità sismica relativa al territorio di studio, entrata in vigore con l'Ordinanza PCM 3519/2006, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

Per valutare l'accelerazione attesa nel comune in esame, può essere utilizzato il software "Spettri di risposta" vers. 1.0.3, scaricabile dal sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Procedendo con la ricerca "per comune", si viene a determinare, per il **Comune di Montecchio Precalcino**, un valore di  $a_g$  per un tempo di ritorno pari a 475 anni (corrispondente alla accelerazione massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi con  $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) pari **0,164 g**. Lo stesso modello di calcolo fornisce oltre ai valori di  $a_g$  anche quelli di  $F_o$  e  $T_c$  per vari tempi di ritorno e a monte della scelta della strategia di progettazione; i dati sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 2: indicazione dei parametri per i diversi tempi di ritorno relativi all'ex Comune di Montecchio Precalcino

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0,044	2,465	0,238
50	0,059	2,493	0,251
72	0,071	2,461	0,260
101	0,084	2,417	0,270
140	0,098	2,386	0,277
201	0,116	2,374	0,284
475	0,164	2,401	0,289
975	0,214	2,416	0,291
2475	0,294	2,379	0,301

Il software "Spettri di risposta" prevede anche l'opzione ricerca per coordinate, cosicché inserendo le coordinate del sito da esaminare si può conoscere il valore preciso dell'accelerazione di base  $a_g$ . Tale opzione è ovviamente preferibile poiché fornisce valori più precisi, visto che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono variare.

Si fa notare che secondo l'O.P.C.M. n. 4007 del 29.02.2012 il Comune di **Montecchio Precalcino** è classificato con  **$a_g = 0,164705$** .

I valori dell'accelerazione da utilizzare nelle modellazioni, dovranno essere opportunamente modificati in funzione delle scelte progettuali e dell'ubicazione precisa del sito in esame.

Riguardo la magnitudo attesa, dalla scheda precedente relativa alla sorgente sismogenetica ITIS127 Thiene - Bassano, si desume che la Magnitudo massima che può verificarsi è pari a 6,6. Tale dato trova conferma anche da quanto riportato negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, dove all'interno del paragrafo 2.8 "*Procedura di stima della Magnitudo attesa per le analisi nelle zone suscettibili di instabilità*" è riportata la seguente tabella.

**Tabella 2.8-1 – Valori di  $M_{wmax}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)**

Nome ZS	Numero ZS	$M_{wmax}$
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
→ Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Questa tabella fa riferimento alla zonazione sismogenetica (Zonazione ZS9 a cura di C. Meletti e G. Valensise - 2004) che suddivide il territorio nazionale in 36 zone sismiche; il Veneto risulta compreso all'interno delle Zone Sismiche 905 (Veneto orientale) e 906 (Garda-Veronese), alle quali corrisponde una  $M_{wmax}$  pari a 6,6. Il Comune di Montecchio Precalcino ricade all'interno della zona 906.

## 2.2. Sismicità storica dell'area

Per valutare la sismicità storica del territorio in esame sono stati consultati i seguenti cataloghi:

- *Catalogo parametrico dei terremoti italiani dal 1000 al 2014* **CPTI15**
- *Database macrosismico italiano dal 1000 al 2014* **DBMI15**
- *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1997* **CFTI – Med 4.0** a cura di E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Valensise

Nelle figure seguenti, è riportata la storia sismica del Comune di Montecchio Precalcino e quella del Comune di Vicenza, situato circa 10 Km più a Sud, dove la sequenza storica è molto più estesa. In Figura 12 è riportata la mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Sud (PS).

Le sigle utilizzate nelle tabelle hanno il seguente significato:

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

**I** = Intensità al sito (MCS)

**Mw** = magnitudo momento

**NMDP** = Numero di dati macrosismici (Macroseismic Data Point)

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v2.0					
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	<b>Montecchio Precalcino</b>				
PlaceID	IT_24808				
Coordinates (lat, lon)	45.665, 11.564				
Municipality (ISTAT 2011)	Montecchio Precalcino				
Province	Vicenza				
Region	Veneto				
No. of reported earthquakes	2				
Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Illasi	403	8-9	5,87
4	1989 09 13 21 54 01.50	Prealpi Vicentine	779	6-7	4,85

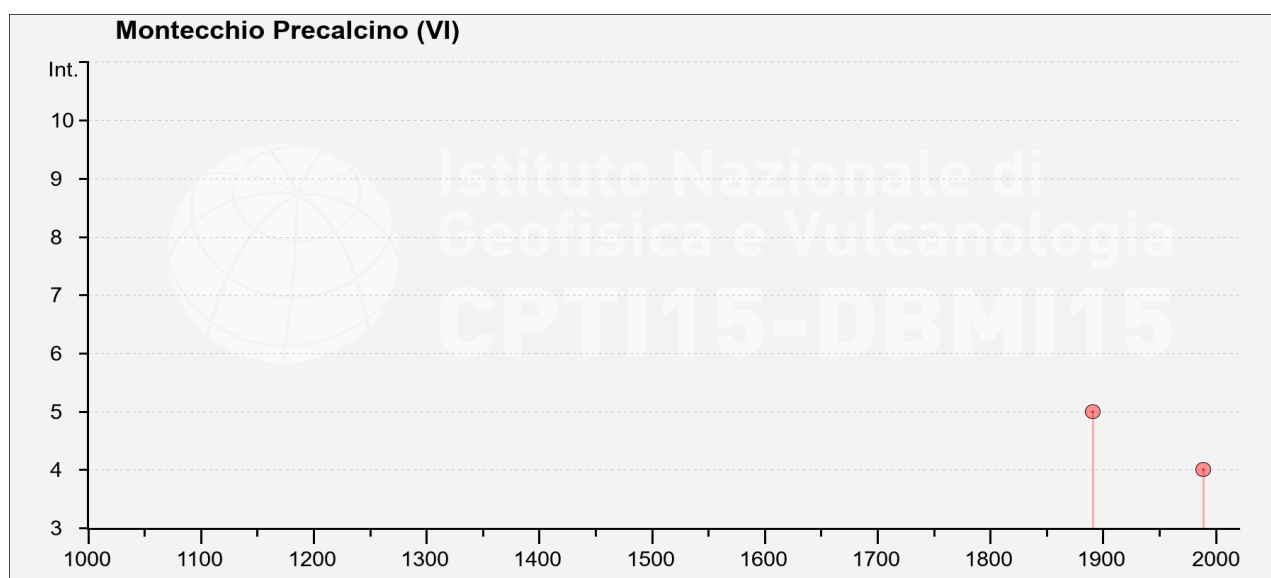


Figura 10: Storia sismica di Montecchio Precalcino (da INGV, Database macrosismico italiano DBMI15)

Come si vede, la storia sismica di Montecchio è molto limitata, presumibilmente a causa della carenza di notizie storiche che è stato possibile reperire questa località. La tabella ed il grafico relativi al comune di Vicenza evidenziano invece come il territorio vicentino sia stato interessato dall'effetto di numerosi ed intensi terremoti. In particolare si segnalano gli eventi del 1117 (Veronese), 1242 (Vicenza), 1376 (Vicenza), 1511 (Friuli-Slovenia), 1695 (Asolano), 1796 (Emilia Orientale) e 1873 (Alpago-Cansiglio).



File downloaded from CPTI15-DBMI15 v2.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

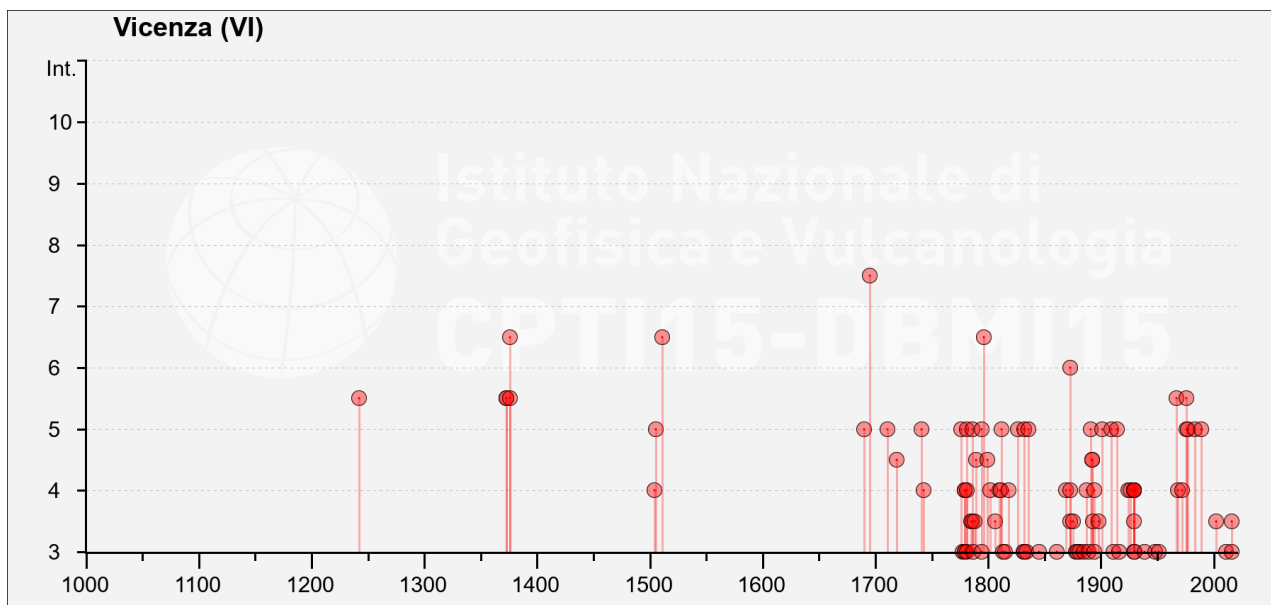


Figura 11: Storia sismica di Vicenza (da INGV, Database macrosismico italiano DBMI15)

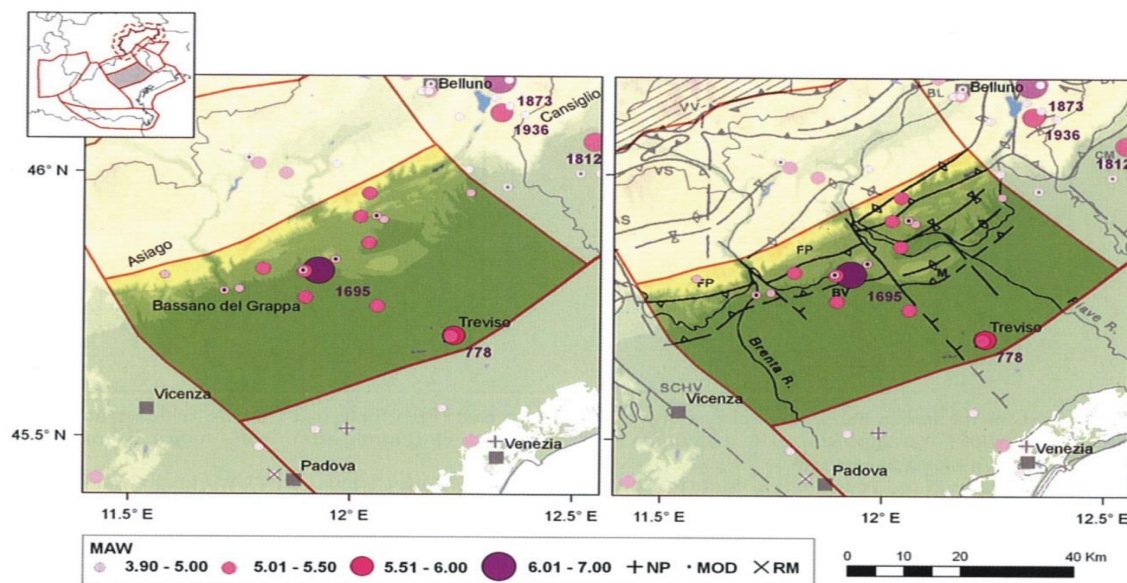


Figura 12: Mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Sud (PS); fonte dati CPTI04 criticamente rivisto (Molin et al., 2008). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin et al. (1998b) (dx). In legenda: MAW indica la magnitudo equivalente a  $M_w$  riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati "NP", modificati "MOD" o rimossi "RM". (Estratto da Suga e Peruzza, 2011)

Di seguito si descrivono i caratteri più significativi e le notizie relative ai principali terremoti verificatisi, in epoca storica, nel Distretto Pedemontana Sud (Figura 12) ed al terremoto di Verona che, quasi sicuramente, ha avuto risentimenti anche a Montecchio Precalcino. Le note sono ricavate dal *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1997 CFTI – Med 4.0*.

### **Terremoto del 3 gennaio 1117**

Date	Time	Lat	Lon	Rel	Io	I <sub>max</sub>	Sites	Nref	Me	R <sub>me</sub>	Location	Country
03 01 1117	15:15	45.367	11.167	b	9	9.1	55	0600	6.8	I	Veronese	Italy

Lo studio di questa sequenza costituisce un caso storiografico di rilevante portata, trattandosi dell'evento sismico più forte dell'Italia settentrionale. La base informativa deriva da un consistente corpus di fonti scritte, formato da:

- a) 128 fonti memorialistiche (annali monastici, cronache, "notulae", calendari liturgici), di cui 69 primarie e 59 secondarie;
- b) 17 documenti (pergamene in atti giudiziari, libri di conti, cartolari monastici);
- c) 18 epigrafi, di cui 4 con riferimento diretto al terremoto, e 14 ad esso riconducibili attraverso la data di ricostruzioni o riconsacrazione;
- d) è stata presa in esame anche la letteratura prodotta dagli storici dell'arte, selezionando casi che sono stati ritenuti ben supportati da considerazioni storiche o analisi archeologiche.

Lo studio, che ha avuto diverse fasi di approfondimento a partire dai primi lavori del 1983, ha permesso di individuare due terremoti, avvenuti alla distanza di circa 9-11 ore, di cui il secondo più violento del primo. Il primo terremoto avvenne nella notte fra il 2 e il 3 gennaio 1117 prima del sorgere del sole (circa le ore 7:30 GMT in quel periodo dell'anno); il secondo, più forte, nel primo pomeriggio (circa alle ore 15:15 GMT) dello stesso 3 gennaio. Entrambi i terremoti sono ricordati con notevole precisione dalle fonti, ovviamente entro i riferimenti cronologici del tempo. Si può ragionevolmente ritenere che il primo terremoto abbia riguardato prevalentemente le regioni dell'odierna Germania meridionale e dell'Austria nord-occidentale, poiché queste sono le aree alle quali si riferiscono le fonti compilate a Disibodenberg, Freising, Salzburg, Augsburg, Costanza, St-Blasien, Zwiefalten e Melk per quanto riguarda il terremoto sentito nella notte; mentre nessuna delle fonti di area italiana (con la sola eccezione di Pisa) menziona riferimenti orari in questo contesto (per il dettaglio degli effetti in area transalpina si veda Guidoboni et al. 2005 (1)). Il secondo terremoto, ossia quello avvenuto nel pomeriggio del 3 gennaio 1117, colpì il Veronese, in particolare la bassa pianura lungo il corso dell'Adige, causò danni in un'estesa area della Pianura Padana, comprendente il Veneto, parte della Lombardia e l'Emilia settentrionale. Gli effetti di questo terremoto si estesero anche a nord delle Alpi, con danni leggeri a Bamberg (Germania).

#### **Effetti in area italiana.**

Le fonti memorialistiche coeve (annali e cronache) fanno riferimento ad alcune città colpite in area italiana: Verona, Brescia, Parma, Venezia. Verona risulta concordemente la città più danneggiata. A queste indicazioni delle fonti memorialistiche, si aggiungono i riferimenti a piccole comunità del Veneto e della Lombardia, contenuti in documenti giuridici, in cui il terremoto del 1117 è menzionato da testi come data di riferimento; inoltre hanno fornito indicazioni su singoli edifici le epigrafi.

Sono attestati crolli parziali nelle chiese cattedrali di Cremona, Padova, Vicenza, Piacenza e Parma, e nell'abbazia di Nonantola. Per l'Appennino non si hanno dati, in quanto mancavano centri culturali importanti in grado di produrre informazioni.

#### **Effetti nelle singole località.**

Verona fu la città maggiormente colpita e per la quale restano attestazioni sicure di danni gravi e diffusi. Risultarono danneggiati i seguenti edifici: l'Arena (antico anfiteatro), e, secondo la letteratura degli storici dell'arte, oggi in parte revisionata: la chiesa di S.Zeno, S.Fermo Maggiore, S.Fermo Minore in Braida, S.Maria in Organo, S.Lorenzo, S.Trinità, SS.Apostoli, S.Elena, S.Giovanni in Fonte, S.Giovanni in Valle, S.Stefano, S.Eufemia, S.Giorgio in Braida, S.Procolo,

S. Pietro in Castello, la cattedrale.

A Ronco all'Adige (Verona), un documento attesta gravi danni alla chiesa di S. Maria, consistenti in crolli di ampie parti della costruzione, tanto che non fu più ricostruita.

Omissis.....

Le fonti si soffermano con particolare attenzione sugli spettacolari fenomeni riguardanti i fiumi. Pur tenendo conto del quadro cognitivo nel quale sono espresse le descrizioni riferite dalle fonti, queste sembrano comunque rimandare a effetti reali di notevole portata. È descritto il grandioso sollevamento delle acque del fiume Po (Pianura Padana, Italia settentrionale), secondo un'impressionante descrizione degli "Annales S. Disibodi", redatti intorno al 1125-1147 da un monaco del monastero benedettino di Disibodenberg (1).

È ricordata l'ostruzione del fiume Adige, per parecchi giorni, causata da una frana, omissis .....

Sono inoltre menzionate spaccature nel terreno e sradicamento di alberi nell'area veronese, intorbidamento delle sorgenti (in località imprecisate), come attestato da Pietro Diacono, nato nel 1107, nella continuazione della cronaca del monastero di Montecassino (4); comparsa di sorgenti sulfuree da spaccature del terreno (forse in area veneta), secondo gli "Annales Venetici breves" (5); esondazione di laghi (forse del lago di Garda e del lago d'Iseo), secondo Guido Pisano, autore coevo (6).

## **Terremoto del 25 Febbraio 1695**

Date	Time	Lat	Lon	Rel	Io	lmax	Sites	Nref	Me	Rme	Location	Country
25 02 1695	05:30	45.8	11.95	b	10	10	82	0192	6.5	I	Asolano	Italy

L'evento causò gravi danni in larga parte del Veneto; l'area più danneggiata è localizzata nell'alto trevigiano, a sud del Monte Grappa. Le località più colpite furono la città di Asolo e i villaggi circostanti: oltre 30 centri abitati subirono distruzioni gravissime e in altri 24 paesi e villaggi si ebbero crolli parziali e dissesti. Ad Asolo crollarono 1.477 case e 1.284 furono gravemente danneggiate. Danni contenuti (crollo di comignoli, leggere lesioni agli edifici e alle opere murarie) sono ricordati a Rovigo, Ferrara e Verona. Le fonti coeve descrivono i danni agli edifici spesso con il termine "diroccamento": sottoposto a una prima analisi semantica, basata sul confronto tra i vari documenti, questo termine è stato ritenuto equivalente all'espressione: "crolli con ribaltamento di qualche muro portante". Molte fonti non consentono tuttavia di definire con ulteriore precisione la qualità di tali crolli. Riguardo ai danni causati nei palazzi pubblici, va precisato che le stesse fonti ricordano il pessimo stato di conservazione in cui versavano gli edifici prima del terremoto. La scossa fu sentita in una vastissima area, comprendente la regione padana, dai territori bolognesi e ferraresi fino a Varese, le Prealpi lombarde, la regione del Garda e le Prealpi venete.

Le vittime furono alcune centinaia. Il terremoto aggravò una crisi economica in corso nella zona, causata dal pessimo andamento dei raccolti agricoli, compromessi dalle condizioni meteorologiche sfavorevoli. Le distruzioni accentuarono le tensioni sociali e la diffusione del pauperismo tra la popolazione rurale. Si verificò uno spopolamento nei centri asolani. La situazione di grave disagio economico, che minacciava la sopravvivenza stessa delle persone, e di tensione sociale si protrasse per vari mesi dopo il terremoto. I problemi finanziari del governo centrale della Repubblica di Venezia limitarono e ritardarono gli interventi. Si verificarono numerosi fenomeni di speculazione sui prezzi dei cereali.

Le testimonianze dirette attestano il prolungarsi del periodo sismico almeno fino alla metà di marzo, con repliche continue che scossero l'area epicentrale.

## **Terremoto del 12 Giugno 1836**

Date	Time	Lat	Lon	Rel	Io	I <sub>max</sub>	Sites	Nref	Me	R <sub>me</sub>	Location	Country
12 06 1836	02:30	45.8	11.817	b	8	8	27	0046	5.6	!	Prealpi venete	Italy

La scossa avvenne il 12 giugno 1836 alle ore 2:30 GMT e colpì la zona delle Prealpi venete posta nel versante meridionale del Monte Grappa. Gli effetti più gravi furono riscontrati nei paesi di Borso del Grappa, Fonte, Liedolo e Sant'Eulalia, dove la scossa causò il crollo totale di alcune case e ne danneggiò altre. Gravi danni vi furono anche a Crespano, Paderno del Grappa, Pagnano, Possagno, San Zenone degli Ezzelini e Semonzo. A Bassano la scossa causò la caduta di fumaioli e l'apertura di fenditure nei muri degli edifici; più di 60 case furono danneggiate.

La scossa fu avvertita a sud fino a Parma e a Ferrara, a nord in quasi tutto il Tirolo. Il 20 luglio 1836, alle ore 11:00 GMT, furono avvertite due forti repliche che causarono ulteriori danni a Borso del Grappa e a Possagno.

A seguito della scossa del 12 giugno 1836 non vi furono vittime. Molti abitanti di Bassano del Grappa fuggirono dalle loro case e si raccolsero all'aperto (1). Di 10.308 abitanti complessivi dei paesi più colpiti, 516 (il 5%) rimasero senza tetto, 3206 rimasero in abitazioni che creavano pericolo (il 31%) e 6586 non subirono alcun danno. Cadde il 5% dei fabbricati esistenti (2). Durante la replica più leggera del 20 luglio 1836 delle ore 11 GMT, alcune persone perirono nella zona compresa fra Borso e Possagno; gli abitanti di Crespano trasportarono i loro averi sulla piazza e nei prati, ove si accamparono.

### 2.3. Faglie che interessano l'area di studio

Il database di ITHACA segnala per il territorio del Comune di Montecchio Precalcino la presenza di due Faglie Attive e Capaci, le cui schede sono riportate di seguito

- N. 70304: Faglia "Thiene - Bassano"
- N. 77525: Faglia "Thiene"

Fault description			
GENERAL IDENTIFICATION			
Fault Code	70304		
Fault Name	Thiene-Bassano		
Region Name	Veneto		
Tectonic Environment	PLATE BOUNDARY		
System Name	Aviano line		
Synopsis			
Rank	Primary		
GEOMETRY AND KINEMATICS			
Segmentation	Single Segment		
Average Strike (°)	240		
Dip (°)	Undefined		
Dip Direction	NW		
Fault Length (km)	24.8		
Mapping Scale	1:500000		
Fault Depth (m)			
Kinematics	Reverse		
ACTIVITY			
Surface Evidence	submarine (cutting the sea floor)		
Last Activity	Historical (<3,000)		
Evidence for Capability	Displacement of latest Pleistocene-Holocene deposits and/or land forms		
SLIP PARAMETERS			
Recurrence Interval (yr)			
Slip Rate (mm/yr)			
Max Credible Rupture Length (km)			
Max Credible Slip (m)			
Time Since Last Event (yr)			
Max Known Magnitude (Mw)			
Max Known Intensity (MCS)			
Known Seismic Events	1117		
FINAL REMARKS			
Capability Consensus			
Study Quality	HIGH		
Notes			
Fault Trace Reference			
Last Update			
REFERENCES			
Authors	Title	Reference	Year
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.	1991
Galadini F., Poli, M.E., Zanferrari, A.	Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)	Geophys. J. Int., 161, 739-762. doi: 10.1111/j.1365-246X.2005.02571.x	2005
Poli, M.E., P. Burrato, F. Galadini and A. Zanferrari	Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in NE Italy	Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, 49 (3-4), 1-13	2008
FAVERO V. & GRANDESSO P. (1982)	Nuovi affioramenti di Pliocene marino nei dintorni di Bassano del Grappa (Vicenza)	Mem. Soc. Geol. It., 24, 71-77	1982



Fault description			
GENERAL IDENTIFICATION			
Fault Code	77525		
Fault Name	Thiene		
Region Name	Friuli Venezia Giulia		
Tectonic Environment	ND		
System Name	Friuli thrust system		
Synopsis			
Rank	Secondary		
GEOMETRY AND KINEMATICS			
Segmentation	Single Segment		
Average Strike (°)	330		
Dip (°)	Undefined		
Dip Direction	SW		
Fault Length (km)	13.9		
Mapping Scale	1:500000		
Fault Depth (m)			
Kinematics	Normal		
ACTIVITY			
Surface Evidence	ND		
Last Activity	No Data		
Applied Technique	Field studies		
SLIP PARAMETERS			
Recurrence Interval (yr)			
Slip Rate (mm/yr)			
Max Credible Rupture Length (km)			
Max Credible Slip (m)			
Time Since Last Event (yr)			
Max Known Magnitude (Mw)	6.4		
Max Known Intensity (MCS)			
Known Seismic Events			
FINAL REMARKS			
Capability Consensus			
Study Quality	LOW		
Notes			
Fault Trace Reference			
Last Update			
REFERENCES			
Authors	Title	Reference	Year
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.	1991





In relazione alle incertezze derivanti dalla consultazione del catalogo ITHACA, sono stati fatti degli approfondimenti di carattere bibliografico riguardanti l'assetto geologico-strutturale dell'area. In particolare è stata esaminata la documentazione prodotta nell'ambito della richiesta di un permesso di ricerca per lo sfruttamento delle acque sotterranee a scopo geotermico. In tale occasione sono stati fatti dalla ditta richiedente degli studi geologici per valutare la posizione e l'andamento in profondità del sovrascorrimento "Thiene – Bassano": tali studi hanno preso in esame i risultati di indagini sismiche a riflessione eseguite dall'ENI ed hanno condotto alla ricostruzione di un modello 3D del sottosuolo (Scrocca D., Recanati R., 2015. CNR.). Inoltre, sono state esaminate le pubblicazioni (riportate in bibliografia) che hanno tentato di ricostruire l'assetto del sottosuolo nella fascia pedemontana e nell'alta pianura Veneta.

L'esame comparato di queste pubblicazioni, ha condotto alla redazione della cartografia riportata nella Tavola in calce alla relazione (Paragrafo 10) dove sono state indicate le posizioni del sovrascorrimento "Thiene – Bassano" fornite dai vari autori. Nella Tavola è stata anche inserita una faglia con direzione scledense, segnalata in alcune pubblicazioni.

Risulta evidente che l'andamento e l'ubicazione del thrust in esame sono molto diversi: tra la posizione indicata più a Nord e quella più a Sud vi è una distanza dell'ordine di 10 Km. Sulla base delle informazioni raccolte e della scala degli studi consultati, si ritiene che la posizione maggiormente attendibile sia quella fornita dallo studio del CNR, che colloca la proiezione in superficie del thrust alcuni chilometri a Sud del colle di Montecchio (M. Bastia), nel territorio del Comune di Dueville.

Le considerazioni esposte confermano l'incertezza nella ricostruzione del modello geologico del sottosuolo e come risulti problematico il passaggio da studi di carattere regionale a studi di Microzonazione Sismica, dove l'assetto geologico-strutturale del Comune dovrebbe essere ricostruito con il maggiore dettaglio possibile.

Come ricordato, in alcuni studi, compreso quello del CNR, è stata segnalata una faglia con direzione scledense che interessa il settore nordoccidentale del Comune di Montecchio Precalcino. Anche per questa struttura le incertezze inerenti la posizione, l'attività e la capacità sono molto forti: in particolare, non si è a conoscenza di studi inerenti la geologia del quaternario, che abbiano tentato di definirne il periodo di attività e la potenziale capacità. La faglia è stata quindi inserita nella carta geologico-tecnica, classificandola come "Faglia non attiva trascorrente/obliqua incerta".

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

#### **3.1. Assetto litologico e geomorfologico**

Il territorio del Comune di Montecchio Precalcino si colloca nell'ambito dell'alta pianura veneta, delimitata verso Nord dalle colline prospicienti le Prealpi Vicentine e, a Sud, dalla media pianura alluvionale veneta. Di seguito si descrivono i caratteri geologici principali dei settori ben differenziabili all'interno del Comune.

##### **Settore di pianura**

Il settore di pianura si inserisce nel contesto dell'alta pianura veneta, formata da una serie di conoidi alluvionali ghiaioso-sabbiose originate dai fiumi veneti quando il loro regime era nettamente diverso da quello attuale, caratterizzato da portate molto elevate (per lo scioglimento dei ghiacciai) e da un trasporto solido imponente (per lo smantellamento degli apparati morenici che intasavano le valli prealpine). Spesso si intercalano ai materiali granulari lenti e strati limoso argillosi anche di notevole spessore, i quali derivano dagli apporti provenienti dai rilievi collinari costituiti da rocce vulcaniche, spesso alterate e argillificate.

Lo spessore complessivo dei depositi alluvionali nella fascia di pianura, varia da poche decine di metri a 100 – 150 metri circa.

##### **Settore collinare**

La zona collinare è rappresentata dal M. Bastia e dal modesto rilievo presente poco più a Sud, denominato M. Rosso. Il M. Bastia è costituito da rocce vulcaniche a composizione tufacea e basaltica, spesso alterate; fa eccezione una piccola area situata nella zona settentrionale del colle, dove affiorano rocce calcaree. Per quanto riguarda il M. Rosso, le informazioni sulla sua composizione sono discordanti: in letteratura sono segnalati sia materiali di riporto, sia terreni argillosi derivanti dall'alterazione di rocce vulcaniche. Le rocce ed i terreni presenti nella zona collinare sono illustrati nel paragrafo 3.3. "Descrizione della Carta Geologico – tecnica".

##### **Fascia Pedecollinare**

Circonda il colle di Montecchio Precalcino, facendo transizione alla pianura alluvionale. I terreni sono costituiti in prevalenza da depositi limoso – argillosi, con spessore variabile da pochi metri a una decina di metri.

### 3.2. Idrografia ed idrogeologia

Per quanto riguarda gli aspetti strettamente idraulici, si segnala il torrente Astico, che rappresenta anche il confine orientale del territorio comunale, ed i laghi di cava, presenti soprattutto nella parte meridionale, dove le attività estrattive hanno intercettato la falda freatica.

Si assiste poi ad una nutrita presenza di canali artificiali a servizio misto di irrigazione e di bonifica che interessano l'intero Comune.

Nella zona collinare la circolazione idrica sotterranea è limitata dalla bassa permeabilità dei terreni e delle rocce presenti.

Nella zona pianeggiante, il materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso dell'Alta Pianura contiene il cosiddetto acquifero freatico indifferenziato, cioè un'unica falda a superficie libera, che alimenta e regola dal punto di vista idraulico tutto il sistema multi-falde in pressione presente più a Sud, essendo ad esso idraulicamente, anche se in modo indiretto, collegato. Dall'esame delle stratigrafie di pozzi censiti nel corso di questo studio risulta che, almeno nel territorio di Montecchio Precalcino, all'interno del materasso alluvionale ghiaioso sono presenti intercalazioni di strati argillosi con spessori anche maggiori di 10 metri. Tale situazione risulta confermata anche dalla sezione riportata nella Figura 14, che illustra lo schema idrogeologico dell'alta pianura veneta.

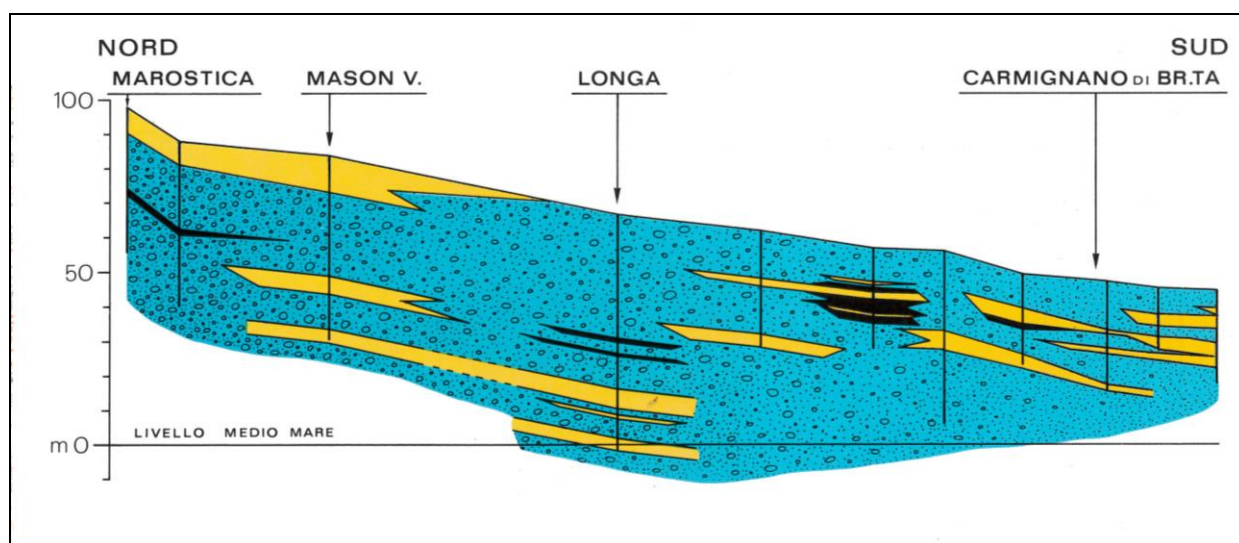


Figura 14: sezione geologica interpretativa (Estratto da Difesa degli acquiferi dell'alta pianura veneta - C.N.R. - Regione Veneto 1988)

I fattori di alimentazione del sistema idrogeologico complessivo sono essenzialmente tre: la dispersione in alveo dei corsi d'acqua nei tratti disperdenti, l'infiltrazione degli afflussi meteorici diretti e l'infiltrazione delle acque irrigue nelle zone di alta pianura ad elevata permeabilità dei suoli. Questi fattori influiscono sul regime idrogeologico della falda e, quindi, sulle oscillazioni stagionali di livello.

Per analizzare il regime della falda freatica sono stati utilizzati i dati inseriti nella documentazione geologica allegata al PATI e la cartografia redatta dal Centro Idrico di Novoledo; questi documenti hanno evidenziato andamenti dei livelli della falda leggermente difformi. In considerazione delle modalità di acquisizione e del monitoraggio operato dal Centro Idrico, si è preferito basarsi su quest'ultimo dato, soprattutto in riferimento alla profondità media della falda freatica. Pertanto, le valutazioni sulla potenziale liquefazione dei terreni in caso di sisma, hanno considerato la profondità media della falda inferiore ai 15 metri, fornita dal Centro Idrico di Novoledo.

### **3.3. Descrizione della carta geologico-tecnica**

La carta geologico tecnica, in scala 1:10.000 è stata predisposta, in base alle informazioni reperite, su tutto il territorio comunale.

Sono stati inoltre effettuati dei sopralluoghi mirati sul territorio per dirimere alcune incertezze sugli affioramenti e sulla definizione dei terreni della coltre quaternaria.

Seguendo le indicazioni riportate negli standard di rappresentazione, sono graficizzati i dati finalizzati alla definizione del quadro della risposta sismica della zona indagata.

Sono state raccolte informazioni dalle seguenti fonti originali:

- Cartografia geologica allegata agli strumenti pianificatori del Comune di Montecchio Precalcino;
- Cartografia geologica allegata al Piano Territoriale Provinciale di Coordinamento;
- Pubblicazioni ed articoli specialistici disponibili;
- Progetto IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – ISPRA;
- Italian Catalog Of Seismic Ground Failures - CEDIT (Aggiornato al 27/01/2017)
- La carta della Pericolosità Geologica del Piano stralcio dell'assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Brenta redatta dall'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico;
- Dati ed indagini resi disponibili dall'amministrazione e realizzate ex-novo;
- Dati morfologici ricavabili dalla elaborazione 3D della Carta Tecnica Regionale Numerica della Regione Veneto;
- ITHACA - Catalogo delle Faglie Capaci

La carta geologico tecnica evidenzia che nel territorio si possono distinguere due aree geologicamente e geomorfologicamente diversificate: la prima, in corrispondenza della pianura fluvioglaciale edificata in gran parte dalle alluvioni dell'Astico dove si concentrano gli aggregati urbani e produttivi più significativi; la seconda, rappresentata dal rilievo del Monte Bastia costituito dalle rocce del substrato più o meno alterate.

L'analisi della carta geologico-tecnica porta a definire i seguenti aspetti principali.

### **3.3.1. Substrato geologico e copertura quaternaria**

Le principali caratteristiche litostratigrafiche sono riassunte nei seguenti paragrafi dove le descrizioni delle formazioni rocciose e dei depositi quaternari seguono l'ordine cronologico iniziando da quelle più antiche.

La sequenza stratigrafica del substrato inizia con la potente serie delle vulcaniti di età oligocenica, formata da rocce vulcaniche (tufi e basalti prevalenti dell'Oligocene) che costituisce l'ossatura del Monte Bastia, cui segue la Formazione dei Calcari di Lonedo che affiora nel settore nord occidentale del medesimo colle.

#### **Formazioni del substrato**

##### VULCANITI SUBACQUEE, SUBAEREE E TUFITI (età oligocenica)

La formazione nel suo complesso è stata suddivisa in una serie di membri legati alle condizioni effusive e di deposizione dei depositi vulcanici. Nella zona del colle di Bastia compaiono in affioramento lave massicce e colate subacquee. Le colate basaltiche possono presentare al loro interno livelli calcarei interposti.

##### a) i basalti di colate laviche subaeree

Hanno un aspetto granulare poco compatto. Le parti sommitali delle singole colate appaiono spesso bollose e vacuolari e, in alcuni punti, scoriacee. Sono particolarmente alterabili e si presentano spesso ossidate con abbondanti orizzonti superficiali di depositi eluvio-colluviali. Il colore varia dal bruno-rosso al grigio scuro.

##### b) basalti di colate laviche subacquee

Si tratta di basalti compatti, di colore nero e grigio scuro che assumono i toni del bruno-rosso se alterati. Spesso sono fratturati in blocchi delle dimensioni variabili da pochi cm al metro a seguito della contrazione della lava per raffreddamento. A volte sono visibili strutture particolari come le lave a cuscini (pillows lava); in tal caso si presentano come blocchi rotondeggianti, con dimensioni che variano da pochi centimetri fino a qualche metro. I pillow sono caratterizzati da una superficie liscia e vetrosa e da fratture concentriche e radiali; la loro frantumazione origina ialoclastiti.

##### CALCARI DI LONEDO (età miocenica inferiore)

Questa formazione affiora in modo molto limitato sul versante settentrionale del colle; sono costituiti in prevalenza da arenarie, in parte marnose, con frequenti intercalazioni calcarenitiche.

La stratificazione a volte è nodulare. Gli strati hanno uno spessore medio di alcuni cm.

Le caratteristiche geomeccaniche sono buone, diventano mediocri dove l'ammasso roccioso risulta molto fratturato.

## **Depositi quaternari**

### Materiali della copertura eluvio-colluviale poco consolidati e costituiti da frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose

Sono i terreni di alterazione del sottostante substrato vulcanico costituiti da una matrice argilloso-limosa che ingloba frammenti e blocchi prevalentemente basaltici. La consistenza in genere medio-bassa conferisce a questo tipo di coperture caratteristiche geotecniche nel complesso scadenti, talora pessime. Compaiono principalmente alla base del colle della Bastia, ed in alcune zone del colle stesso dove a causa della morfologia le alterazioni appaiono di maggiore importanza.

### Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati

Costituiscono i depositi alluvionali dell'Astico che nel corso dei millenni ha spagliato distribuendosi sia ad est che ad ovest del colle della Bastia.

Il materasso alluvionale è costituito in prevalenza da ghiaie e sabbie con intercalazioni e strati di depositi limosi, anche argillosi, aventi distribuzione estremamente variabile sia orizzontalmente che verticalmente e tale da rendere difficile una loro individuazione se non con indagini dirette nel sottosuolo.

### Coperture e bonifiche di attività estrattive cessate

Vengono indicate in cartografia le situazioni ove vi sia la presenza di terreni di riporto e/o discariche. Le indicazioni sono relative sia a precisi riferimenti e segnalazioni ricavabili dalla documentazione resa disponibile, sia in aree con indicazione storica dell'esistenza di attività estrattiva, ma a cui non corrisponde un risalto morfologico significativo.

Nella tabella seguente sono riportate le formazioni rocciose del substrato e i terreni quaternari descritti in precedenza riclassificati secondo i codici riportati negli Standard di rappresentazione. Come base dati è stata utilizzata principalmente la cartografia della documentazione geologica del PATI del Comune di Montecchio Precalcino ed alcune pubblicazioni geologiche relative all'area esaminata. In alcuni casi, tali informazioni sono state rielaborate sulla base di specifici sopralluoghi e dei risultati emersi dalle indagini geofisiche.

Tabella 3: classificazione formazioni litologiche affioranti e depositi quaternari.

Litologia PAT	Descrizione da PAT	Località	Codice MS	Codice genetico	Descrizione
L-DET-03	materiali della copertura detritica colluviale poco consolidati e costituiti da frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o di blocchi lapidei	Terreni eluvio colluviali posti alla base del colle di Bastia e di copertura su formazioni vulcaniche.	ML	ec	Limi argillosi di bassa plasticità, sabbie fini limose o argillose
L-ALL-01	materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati	Alluvioni fluvioglaciali del T. Astico interdigitati con saltuari orizzonti e livelli di limi e sabbie. Sono presenti in tutta la piana alluvionale del Comune	GW	ca	Miscele di ghiaia, sabbia
L-ALL-04	materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente	Alluvioni fluviali del T. Astico interdigitati con saltuari orizzonti e livelli di limi e sabbie. Sono presenti in corrispondenza dell'alveo attuale	GW	ca	Miscele di ghiaia, sabbia
L-SUB-04	rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	Vulcanoclastiti, Breccie vulcaniche di esplosione, basalti di colata laviche subacquee e subaree. Costituiscono i terreni più abbondanti del colle della Bastia	SFLP	-	Substrato lapideo alterato
L-SUB-05	rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere	Calcari di Lonedo, affiora in un limitato lembo nel settore NO del colle della Bastia	ALS	-	Alternanze di litotipi stratificato

### 3.3.2. Elementi geomorfologici e idrogeologici

Dal punto di vista morfologico, con rilevanza in condizioni sismiche, sono stati inseriti gli orli di terrazzi morfologici principalmente antropici, posti in corrispondenza delle aree di attività estrattiva non colmata; si tratta di scarpate che, in taluni casi, possono superare i venti metri di altezza.

Sono stati poi inseriti alcuni elementi morfologici, essenzialmente scarpate e creste, nelle fasce più acclivi del colle della Bastia.

Tra gli elementi geologici sono riportate le ubicazioni di alcune indagini ritenute più affidabili, si segnala in particolare un sondaggio eseguito per la ricerca di idrocarburi che ha premesso di definire la sequenza litologica sepolta.

Sei delle indagini raccolte hanno raggiunto il substrato permettendo una adeguata correlazione con le misure geofisiche eseguite ex-novo. Le indagini e le misure citate hanno permesso di rilevare una asimmetria nella profondità del substrato tra versante occidentale e orientale del colle, in quest'ultimo caso il substrato appare a profondità decisamente minori.

La profondità della falda appare in netta riduzione passando dalla fascia alta della pianura sino alla parte meridionale del territorio.

### **3.3.3. Elementi di instabilità gravitativa**

Le segnalazioni delle instabilità di versante sono state raccolte dalla documentazione geologica allegata al PATI. Compaiono soltanto due situazioni di instabilità per fenomeni di scorrimento che sono ovviamente da collegarsi ai terreni con scarse caratteristiche geotecniche della copertura di alterazione del substrato basaltico. L'esame del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino e il censimento IFFI non ha invece evidenziato segnalazioni di instabilità.

### **3.3.4. Elementi tettonico strutturali**

Le faglie riportate in cartografia sono ricavate dalla cartografia geologica disponibile e dalle pubblicazioni inserite in bibliografia. Nel paragrafo 2.3 sono state illustrate le caratteristiche di queste faglie e le incertezze inerenti la loro posizione ed attività.

La carta riporta anche le tracce delle sezioni interpretative locali che sono state distribuite attorno al colle della Bastia: la prima (Sezione A-A') si posiziona in direzione approssimativa N-S, mentre la seconda (sezione B-B') in direzione O-E. Entrambe evidenziano l'approfondirsi del substrato roccioso allontanandosi dal colle e una particolare asimmetria in senso parallelo, caratterizzata dalla minor profondità del substrato verso Est.



## 4. LA CARTA DELLE INDAGINI

### 4.1. Indagini pregresse e le nuove indagini

Le indagini pregresse sono state recuperate presso gli uffici tecnici del Comune di Montecchio Precalcino, del Genio Civile di Vicenza e dal sito dell'ISPRA. Delle indagini rese disponibili sono state utilizzate soprattutto quelle relative a sondaggi, prove geofisiche e prove penetrometriche.

L'analisi delle indagini ha portato all'estrazione delle prove in sito elencate nella tabella seguente, dove sono riportati anche i codici identificativi e la tipologia di indagini secondo le specifiche previste dalle IMCS. *(Nelle tabelle sono riportate anche le indagini geofisiche realizzate ex-novo descritte di seguito).*

Si segnala che l'indagine puntuale 024062P4, costituita da un pozzo terebrato a scopo irriguo, è situata immediatamente fuori dal territorio comunale ma, per l'importanza delle informazioni che ha fornito (profondità del substrato) è stata virtualmente spostata di qualche decina di metri per portarla (graficamente) all'interno del territorio comunale.

#### Indagini di tipo puntuale

n.	Codice indagine	Tipo indagine
1	024062P1	DS
2	024062P2	HVSR
3	024062P3	DN
4	024062P4	PA
5	024062P5	HVSR
6	024062P6	HVSR
7	024062P7	DN
8	024062P8	HVSR
9	024062P9	DN
10	024062P10	HVSR
11	024062P11	DN
12	024062P12	DS
13	024062P13	PA
14	024062P14	PA
15	024062P15	PA
16	024062P16	PA
17	024062P17	PA
18	024062P18	PA
19	024062P19	PA
20	024062P20	PA

n.	Codice indagine	Tipo indagine
21	024062P21	PA
22	024062P22	PA
23	024062P23	PA
24	024062P24	PA
25	024062P25	PI
26	024062P26	T
27	024062P27	SS
28	024062P28	S
29	024062P29	S
30	024062P30	S
31	024062P31	DS
32	024062P33	HVSR
33	024062P32	DS
34	024062P34	DS
35	024062P35	DS
36	024062P36 (*)	HVSR
37	024062P37 (*)	HVSR
38	024062P38 (*)	HVSR
39	024062P39 (*)	HVSR
40	024062P40 (*)	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
41	024062P41 (*)	HVSR
42	024062P42 (*)	HVSR
43	024062P43 (*)	HVSR
44	024062P44 (*)	HVSR
45	024062P45 (*)	HVSR
46	024062P46 (*)	HVSR
47	024062P47 (*)	HVSR
48	024062P48 (*)	HVSR
49	024062P49 (*)	HVSR
50	024062P50 (*)	HVSR
51	024062P51 (*)	HVSR
52	024062P52 (*)	HVSR
53	024062P53 (*)	HVSR
54	024062P54 (*)	HVSR
55	024062P55 (*)	HVSR
56	024062P56 (*)	HVSR
57	024062P57 (*)	HVSR
58	024062P58 (*)	HVSR
59	024062P59 (*)	HVSR
60	024062P60 (*)	HVSR
61	024062P61 (*)	HVSR
62	024062P62 (*)	HVSR
63	024062P63 (*)	HVSR
64	024062P64 (*)	HVSR
65	024062P65 (*)	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
66	024062P66 (*)	HVSR
67	024062P67 (*)	HVSR
68	024062P68 (*)	HVSR
69	024062P69 (*)	HVSR
70	024062P70 (*)	HVSR
71	024062P71 (*)	HVSR
72	024062P72 (*)	HVSR
73	024062P73 (*)	HVSR
74	024062P74 (*)	HVSR
75	024062P75 (*)	HVSR
76	024062P76	PA
77	024062P77	PA
78	024062P78	PA
79	024062P79 (*)	ESAC
80	024062P80	DS
81	024062P81 (*)	SMS
82	024062P82 (*)	SMS
83	024062P83 (*)	SMS
84	024062P84 (*)	SMS
85	024062P85 (*)	SMS
86	024062P86 (*)	HVSR
87	024062P87 (*)	HVSR
88	024062P88 (*)	HVSR
89	024062P89 (*)	HVSR

#### Indagini di tipo lineare

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
1	024062L1 (*)	MASW
2	024062L2 (*)	MASW
3	024062L3 (*)	MASW
4	024062L4 (*)	MASW
5	024062L5 (*)	MASW
6	024062L6 (*)	MASW
7	024062L7 (*)	MASW
8	024062L8 (*)	MASW
9	024062L9 (*)	MASW
10	024062L10 (*)	MASW

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
11	024062L11 (*)	MASW
12	024062L12 (*)	MASW
13	024062L13 (*)	MASW
14	024062L14 (*)	MASW
15	024062L15 (*)	MASW
16	024062L16 (*)	MASW
17	024062L17 (*)	MASW
18	024062L18 (*)	MASW
19	024062L19 (*)	MASW
20	024062L20 (*)	MASW

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
21	024062L21	SR
22	024062L22	SR

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
23	024062L23	MASW

(\*) Indagini eseguite ex novo per il presente studio

Il codice delle indagini corrisponde alle seguenti tipologie:

- HVSR Prova microtremore a stazione singola
- ESAC Array sismico
- DN Prova penetrometrica dinamica media
- DS Prova penetrometrica dinamica super pesante
- T Trincea
- PA Pozzo per acqua
- PI Pozzo per idrocarburi
- S Sondaggio a carotaggio continuo
- SS Sondaggio a carotaggio continuo che raggiunge il substrato
- MASW Prova Multichannel Analysis of Surface Waves
- SR Profilo sismico a rifrazione
- SMS Indagine virtuale indicativa di zona MOPS

Le indagini selezionate sono riportate nella carta delle indagini ove, oltre al simbolo identificativo della tipologia di indagini, è stato anche riportato il codice identificativo per una loro più facile collocazione nell'ambito di ogni area. Nella tavola delle indagini, per rendere la lettura più chiara, è stato riportato il codice con l'esclusione dei primi sei caratteri (uguali per tutte le indagini e corrispondenti a 024062) relativi al codice ISTAT della Provincia di Vicenza e del Comune di Montebelluna. Le indagini geofisiche realizzate per il presente studio sono riportate in uno specifico allegato.

## 4.2. Nuove indagini geofisiche

Al fine di acquisire, alcuni parametri inerenti le caratteristiche sismiche del sottosuolo, sono state eseguite delle indagini geofisiche in corrispondenza ad una serie di siti distribuiti sul territorio comunale; in particolare sono state utilizzate le seguenti metodologie:

- analisi delle onde di superficie con tecnica denominata "MASW" per determinare la velocità delle onde di taglio (onde "S");
- studio del rumore sismico ambientale con tecnica HVSR.

La prospezione geofisica, eseguita sul terreno nel periodo compreso tra febbraio e giugno 2020, si è articolata in:

- N° 20 stendimenti sismici utilizzando la tecnica MASW
- N° 44 stazioni di misura del rumore sismico ambientale con tecnica a stazione singola (HVSr)

L'ubicazione delle indagini sismiche è riportata nella Carta delle indagini.

#### **4.3. Analisi delle onde di superficie con tecnica “MASW” - Generalità**

Le onde in grado di propagarsi nei pressi di una superficie libera sono conosciute come onde superficiali. Tra queste, le *onde di Rayleigh*, si producono alla superficie libera di un mezzo dalla combinazione delle onde longitudinali e trasversali. Possono essere trasmesse sulla superficie di un semispazio uniforme o in un mezzo in cui la velocità cambia con la profondità. Le onde superficiali si caratterizzano per una proprietà denominata “*dispersione*”, cioè ogni componente in frequenza (e quindi lunghezza d'onda) possiede diversa velocità (chiamata *velocità di fase*). Lo studio della dispersione delle onde superficiali costituisce uno dei metodi utilizzati per la determinazione della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ). La velocità di propagazione delle onde Rayleigh varia tra  $0,9 V_s$  e  $0,95 V_s$ .

Con le registrazioni effettuate secondo la tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) metodo investigativo sviluppato da vari ricercatori, è possibile distinguere ed evidenziare, all'interno del sismogramma di registrazione, le onde di Rayleigh, le quali normalmente sono caratterizzate da un'elevata ampiezza del segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente di energia si distribuisce in onde di superficie). L'analisi spettrale del segnale produce un grafico *velocità di fase - frequenza* all'interno del quale in cui si può distinguere il modo fondamentale ed i modi superiori di propagazione delle onde di superficie, sui quali effettuare l'operazione di “picking” per ricavare la curva di dispersione.

Oltre alle onde di Rayleigh, in alcuni casi, è utile analizzare anche un altro tipo di onde di superficie, denominate “onde di Love”, per le quali sono valide regole simili a quelle indicate per le onde di Rayleigh. Le onde di Love si caratterizzano perché sono “sensibili” alle  $V_s$ , allo spessore e alla densità del mezzo, mentre non hanno relazione con le  $V_p$  (onde longitudinali). La loro generazione e registrazione richiedono però particolari accorgimenti, come indicato di seguito.

Le onde di Love, in determinate condizioni abbastanza diffuse in natura, generano spettri più chiari e quindi di più semplice interpretazione rispetto gli spettri ottenuti con le onde di Rayleigh, dove i modi superiori possono mascherare il modo fondamentale.

Nel corso di questa indagine, per l'elaborazione dei dati acquisiti è stato utilizzato il software WinMASW che consente l'analisi sia delle onde di Rayleigh, sia delle onde di Love. Questo software consente sia la modellazione diretta degli spettri, sia l'inversione delle curve di dispersione; è possibile inoltre effettuare un'analisi congiunta degli spettri relativi alle onde di Rayleigh e alle onde di Love.

I risultati delle elaborazioni forniscono il profilo verticale delle Vs che è riferito al centro dello stendimento, ed è relativo al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento realizzato in superficie.

Per analizzare le onde di Rayleigh, la tecnica operativa consiste nello stendere sul terreno un profilo lineare (array) di geofoni verticali a bassa frequenza (preferibilmente 4,5 Hz), egualmente spaziat; quindi si effettuano una o più energizzazioni mediante massa battente ad impulso verticale, a diverse distanze dal primo geofono (source offset). Per ogni punto di energizzazione viene registrato il corrispondente sismogramma, che viene poi importato nel software di elaborazione.

La generazione e la registrazione delle onde di Love richiede invece l'utilizzo di geofoni orizzontali e l'energizzazione deve essere fatta in modo da generare onde trasversali, per cui l'impulso viene fatto battendo orizzontalmente su un asse di legno, reso solidale con il terreno per mezzo di un carico statico.

La prospezione eseguita mediante analisi delle onde di superficie offre alcuni vantaggi rispetto alle tecniche classiche di sismica a rifrazione, tra i quali si segnala la relativa facilità di lettura del segnale anche in aree antropizzate, caratterizzate da elevato rumore di fondo e la possibilità di evidenziare la presenza di inversioni di velocità nel sottosuolo. Per la tecnica attiva, le limitazioni sono date dalla profondità di indagine e dall'elevata sensibilità a variazioni laterali di litologia.

La conoscenza della Vs è utile quando sia necessario valutare la variabilità geotecnica dei materiali presenti nel sottosuolo, in quanto consente di rilevarne le proprietà fisiche, poiché i valori di Vs sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi e, a differenza delle onde P (onde longitudinali) non sono influenzati dalle condizioni di saturazione dei sedimenti. Va precisato che la correlazione tra parametri geofisici e caratteristiche litologiche-geomeccaniche ha carattere qualitativo, soprattutto se non sussiste la possibilità di tarare l'interpretazione geofisica mediante il confronto con informazioni provenienti da indagini geognostiche di tipo diretto.

#### ***4.4. Operazioni di campagna ed Elaborazione dati***

Per l'acquisizione degli impulsi sismici è stato usato un sismografo digitale a 24 tracce, modello "Geode", della Ditta EG & G GEOMETRICS, geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz e geofoni orizzontali con frequenza propria di 4,5 Hz. Il tempo di registrazione è stato fissato, per ogni registrazione, pari a 2 secondi, con intervallo di campionamento di 0,5 ms. Come sorgente di energia sismica è stata utilizzata una massa battente. La registrazione dei dati è avvenuta su personal computer portatile, collegato al sismografo.

L'elaborazione dei dati sismici è stata eseguita utilizzando il programma winMASW 2018 Academy. In sintesi, l'elaborazione si articola nei seguenti passaggi principali:

- Implementazione del file di registrazione (dataset) e delle caratteristiche geometriche del profilo;
- determinazione dello spettro di velocità;
- modellazione diretta dello spettro e generazione del modello di velocità delle Vs;

- eventuale costruzione della curva di dispersione (picking) ed inversione della curva di dispersione.

Il risultato finale di tali elaborazioni consiste in un diagramma nel quale è riportato l'andamento della velocità delle onde di taglio in funzione della profondità. Nelle figure allegate sono illustrate, per ogni profilo sismico, le immagini relative ai passaggi sopraelencati.

Nella tabella seguente sono descritte le caratteristiche geometriche dei dispositivi utilizzati.

Tabella 4: caratteristiche profili sismici MASW

<b>Codice Profilo MASW</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Passo inter- geofonico (m)</b>	<b>Source offset (m)</b>
<b>024062L1</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L2</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L3</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L4</b>	69	3	3 ÷ 6
<b>024062L5</b>	46	2	4
<b>024062L6</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L7</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L8</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L9</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L10</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L11</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L12</b>	55	5	5 ÷ 10
<b>024062L13</b>	57,5	2,5	5 ÷ 7,5
<b>024062L14</b>	46	2	4 ÷ 6
<b>024062L15</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L16</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L17</b>	55	2,5	2,5 ÷ 5
<b>024062L18</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L19</b>	69	3	6 ÷ 9
<b>024062L20</b>	69	3	6 ÷ 9

#### **4.5. Analisi del rumore sismico ambientale (tecnica HVSR)**

La campagna di acquisizione di rumore sismico si prefigge due scopi. La ricostruzione della profondità dei principali contrasti di impedenza acustica del sottosuolo e l'individuazione di particolari frequenze di risonanza dei suoli.

E' noto dalla letteratura, alla quale fa riferimento il presente paragrafo, che il rumore sismico è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali. Il rumore sismico, onnipresente e continuo, viene prodotto principalmente dal vento, da perturbazioni atmosferiche, da onde oceaniche e marine. Anche le industrie e il traffico veicolare producono localmente rumore sismico ma, in genere, solo a frequenze relativamente alte, superiori ad alcuni Hz, che vengono attenuate piuttosto rapidamente.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, Kanai,1957; Igarashi 1970; Nakamura 1989) permette di estrarre informazioni relative al sottosuolo a partire dagli spettri di rumore sismico registrati in sito. La tecnica prevede di calcolare il rapporto, in funzione della frequenza, tra gli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale del moto dovuto ai microtremori (rumore sismico).

La natura generatrice del rumore sismico registrato, e dei relativi picchi dei rapporti spettrali, è tuttora molto discussa in ambito scientifico: i microtremori non sono costituiti esclusivamente da onde di volume (P e S), ma principalmente da onde di superficie, in particolare di Rayleigh (Lachet and Bard,1994). Se assumiamo che in un semispazio i 2 strati differiscano, in modo rilevante, in termini di velocità sismica e densità (contrasto di impedenza acustica), e che la risonanza sia legata alla lunghezza d'onda ( $\lambda$ ) incidente pari a 4 volte lo spessore  $h$  del primo strato (ipotesi  $\lambda/4$ ), si può ricavare una stima della profondità del rifratore sismico dal riconoscimento della frequenza di risonanza propria del sottosuolo. In altri termini, nota la frequenza di risonanza ( $f$ ) propria del sito, ricavata dal rapporto spettrale H/V e la stima delle  $V_s$ , è possibile determinare lo spessore ( $h$ ) di una coltre sedimentaria soprastante un bedrock sismico, applicando la relazione  $f = V_s / 4 h$ .

Le misure eseguite nel corso di questa indagine, sono state effettuate con un sismografo modello SR04S3 "Geobox" prodotto dalla Ditta SARA S.r.l.. Si tratta di un tromografo digitale avente un intervallo di acquisizione sulle frequenze da 0,1 a 100 Hz, dotato di sistema di acquisizione digitale ad alta risoluzione (24 bit). Lo strumento viene posizionato sul terreno orientandolo verso il Nord magnetico ed assicurandone la livellazione micrometrica tramite bolla di precisione, agendo sui tre punti di appoggio. Lo strumento è gestito da p.c. portatile per mezzo del software "Seismowin", fornito dalla ditta costruttrice. Le stazioni di misura hanno avuto durate di acquisizione variabili tra 15 e 30 minuti; la frequenza di campionamento è stata mantenuta pari a 200 Hz.

I dati acquisiti sono stati trattati con il software di elaborazione di microtremori "Geopsy" (Sesame Projet), in accordo con le direttive europee del progetto SESAME per il trattamento e l'elaborazione delle tecniche di analisi di rumore sismico a stazione singola. I segnali acquisiti sono stati suddivisi in finestre temporali di 20 s. Dal computo spettrale sono stati esclusi gli eventi transienti più evidenti, legati al rumore antropico.

Va ricordato che dai rapporti spettrali ricavati con questa metodologia non è possibile stabilire i fattori di amplificazione sismica, per la valutazione dei quali necessitano analisi più complesse.



Le stazioni di misura HVSR sono state ubicate secondo lo schema riportato nella Tabella 6.

#### **4.6. Risultati ottenuti con le indagini geosismiche**

Con le indagini eseguite, si è fornita una ricostruzione preliminare dell'assetto sismostratigrafico del sottosuolo relativamente alle prime decine di metri di profondità. Di seguito si riassumono i risultati ottenuti, i quali fanno riferimento agli spettri ed ai diagrammi ricavati con le metodologie adottate e riportati in Allegato alla presente relazione.

L'elaborazione dei dati sismici acquisiti con tecnica MASW, consente di formulare le seguenti correlazioni tra velocità sismiche delle onde di taglio e tipologia di terreni presenti.

Tabella 5: intervalli di velocità delle onde di taglio misurate per i vari litotipi

<b>Tipologia</b>	<b>Velocità onde S ( m/s )</b>
Depositi alluvionali da poco a mediamente addensati/consistenti	100 - 300
Depositi alluvionali da mediamente a molto addensati	300 - 700
Depositi eluvio-colluviali poco addensati/consistenti	100 - 270
Rocce vulcaniche alterate e fratturate	500
Rocce vulcaniche poco alterate	500 - 800
Rocce vulcaniche compatte o calcaree	800 - 1500

Si vuole qui ricordare che i risultati dell'indagine geofisica derivano da prove indirette e, pertanto, non va loro attribuito il medesimo valore di quello derivante da prove dirette. Le correlazioni proposte tra le velocità sismiche e le diverse tipologie, hanno quindi un valore indicativo, derivando da considerazioni di carattere geologico e dal confronto con i dati ricavati dai sondaggi geognostici diretti e dalle stratigrafie dei pozzi (queste ultime sono però, talvolta, approssimative).

I risultati delle elaborazioni geofisiche sono riassunti graficamente nelle figure inserite in allegato, dove sono riportati gli spettri ottenuti con l'analisi delle onde di Rayleigh e di Love e le relative curve di dispersione, i diagrammi con l'andamento della Vs in funzione della profondità e la corrispondente tabella con i dati numerici.

A commento delle indagini effettuate con la tecnica MASW, si possono fare le seguenti considerazioni.

- 1) Nella zona collinare, caratterizzata dalla presenza diffusa di rocce vulcaniche, il profilo MASW L5 eseguiti ha consentito di valutare la presenza uno strato di terreni eluvio colluviali, aventi spessore dell'ordine di 5 – 6 m e velocità compresa tra 100 e 220 m/s. Il substrato sottostante è caratterizzato da un primo livello con velocità prossima a 550 m/s, indicativa di una roccia alterata, con spessore di 10 - 12 m circa. A profondità maggiori la Vs aumenta raggiungendo valori di 800 m/s, in relazione ad un miglioramento delle proprietà geomeccaniche dell'ammasso roccioso.
- 2) Lungo la fascia pedecollinare che raccorda i versanti del M. Bastia con la pianura, sono stati realizzati i profili MASW L13 ed L14. La sismostratigrafia evidenzia una prima serie di terreni a bassa velocità ( $100 < V_s < 270$  m/s) con spessore di 15 m circa, i quali sono correlabili a depositi eluvio-colluviali, probabilmente con una forte componente argillosa. Seguono sismostrati con  $500 < V_s < 800$  rappresentativi del substrato vulcanico passante da molto a poco alterato.
- 3) I profili MASW ubicati nella zona di pianura mostrano, quasi ovunque, la presenza di un primo strato, avente spessore di alcuni metri e velocità delle onde di taglio inferiore a 350 m/s. I sismostrati sottostanti, sono invece caratterizzati da Vs comprese tra 450 e 700 m/s ed indicano, quindi, un progressivo addensamento dei terreni. Si è inoltre osservato che nei profili ubicati in aree più vicine al colle di Bastia, le velocità dei terreni alluvionali sono relativamente inferiori, rispetto quelle misurate nei profili più distanti.
- 4) In corrispondenza ad alcuni punti di misura è stata effettuata anche un'elaborazione "congiunta" dei dati sismici, analizzando sia gli spettri delle onde di superficie, sia i diagrammi delle curve HVSR, al fine di migliorare l'interpretazione ed incrementare la profondità di indagine. Si è così pervenuti a valutare spessori complessivi della copertura alluvionale compresi tra 30 m e 150 m circa. Queste elaborazioni devono essere utilizzate con molta cautela, poiché in fase interpretativa sono necessariamente fatte dell'ipotesi, soprattutto nella scelta dei valori di Vs dei depositi alluvionali "profondi" e del bedrock. Inoltre, nel sottosuolo sono presenti intercalazioni di terreni limoso-argillosi, che generano delle inversioni di velocità, difficilmente interpretabili con le indagini geofisiche di superficie.

Le acquisizioni del rumore sismico ambientale, (tecnica HVSR), non sono state disturbate da particolari eventi tali da comprometterne l'affidabilità e solo alcuni eventi transienti legati al rumore antropico sono stati esclusi dal computo spettrale. Alcune stazioni di misura ritenute poco attendibili, sono state ripetute in periodi diversi. Nelle figure inserite in allegato sono riportati i grafici ottenuti dall'analisi spettrale, relativi alle varie stazioni di misura, così suddivisi:

- Analisi direzionale del rumore sismico
- Andamento delle singole componenti spettrali del moto (N - S, E - O e Verticale)
- Rapporto H/V del rumore sismico (con linea rossa continua la media, con linea a tratteggio la deviazione standard).

Nella Tabella 6 sono indicati, per ogni stazione di misura, i valori della frequenza corrispondente al picco (o ai picchi) di risonanza principale e la corrispondente ampiezza.

Tabella 6: risultati delle misure HVSR

<b>Indagine</b>	<b>Data</b>	<b>Località</b>	<b>Frequenza (Hz)</b>	<b>Ampiezza</b>
024062P36	09.05.2020	Via Summano	3,4	2,9
024062P37	09.05.2020	Via Vegre	3	2,4
024062P38	09.05.2020	Via Contralonga	2	2,8
024062P39	30.05.2020	Via Levà	1,4; 13	2,4; 2,6
024062P40	20.05.2020	Via Roma	1,1; 4,7	3,6; 2,1
024062P41	20.05.2020	Via Europa Unita	3,2; 9	5,7; 2,2
024062P42	20.05.2020	Via Europa Unita	2	3,7
024062P43	20.05.2020	Via Prà Castello	1,9	4
024062P44	20.05.2020	Via Sentiero	1,1	3,5
024062P45	20.05.2020	Via Asinara	1,6 -1,9	2,7
024062P46	20.05.2020	Via Franzani	1,1; 19	2,2; 2,5
024062P47	20.05.2020	Levà - Villaggio San Michele	2,5; 18	3; 3,5
024062P48	20.05.2020	Via Ca' Fusa	1 - 1,5	3
024062P49	20.05.2020	Via Vignole	1,2	3,3
024062P50	20.05.2020	Via Praoti	1,4; 16	2,9; 7,9
024062P51	20.05.2020	Preara	2; 13	3,1; 7
024062P52	20.05.2020	Via Roma	4; 15	6; 3,2
024062P53	25.05.2020	Via San Pietro	5,4	5,6
024062P54	25.05.2020	Via Bastia	5,2	4,4
024062P55	25.05.2020	Via Maganza	3,9	3,1
024062P56	25.05.2020	Via Astichello	2,3	3,2
024062P57	25.05.2020	Villaggio Papa Luciani	3,1; 9,5	3,5; 3,9
024062P58	25.05.2020	Preara	2,1; 15	3,2; 2,7
024062P59	25.05.2020	Via Preara - Via Belvedere	6; 19	5,8; 4,2
024062P60	25.05.2020	Via Maganza	8,8	3,2
024062P61	25.05.2020	Via Murazzo	8,5	4,2
024062P62	25.05.2020	Via Don Martino Chiese	4,2; 5,4	4,8; 5,3
024062P63	25.05.2020	Via Astichello	0,9	3,8

Indagine	Data	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
024062P64	25.05.2020	Via Venezia	1,1; 8,8	3,8; 2,5
024062P65	30.05.2020	Palugara	3,9; 15	3; 2,7
024062P66	30.05.2020	Lovara	2,7; 7	3,5; 6,4
024062P67	30.05.2020	Via Molle	3,1; 14	3; 2,6
024062P68	30.05.2020	Via Maganza	7,5	4,3
024062P69	30.05.2020	Via Don Martino Chiese	4,4	4,5
024062P70	30.05.2020	Via Palladio	2,1; 3,5	3,4; 2,4
024062P71	30.05.2020	Via Bentivoglio	1,3	4,2
024062P72	30.05.2020	parccheggio Villa Nieve	6; 8	3,5; 3,8
024062P73	30.05.2020	Via Europa Unita	3; 5,5	2,7; 2,3
024062P74	30.05.2020	Via Bassana	1,5 - 2	2,5
024062P75	30.05.2020	Via Europa Unita	1,1; 4,7	2,7; 2,3
024062P86	10.07.2020	Villa Nieve Bonin Longare	3,5	1,9
024062P87	10.07.2020	Villa Nieve Bonin Longare	19	3,9
024062P88	10.07.2020	Villa Nieve Bonin Longare	7,5	3,8
024062P89	10.07.2020	Villa Nieve Bonin Longare	5	3,3

Sulla base dei dati riportati nella Tabella 6 ed inseriti anche nella carta delle MOPS si possono fare le seguenti osservazioni:

- Le stazioni di misura ubicate lungo fascia pedecollinare che circonda il colle di Bastia mostrano spesso significativi picchi di risonanza a frequenze variabili, ma quasi sempre ricadenti nell'intervallo di interesse dal punto di vista ingegneristico. Le frequenze si collocano prevalentemente su valori compresi tra 3 e 10 Hz e le ampiezze, in alcuni casi, sono superiori a 5. Si segnala che questa fascia comprende buona parte del centro abitato comunale
- Nella zona di pianura, i picchi di risonanza si collocano, in genere, su frequenze comprese tra 1 e 3 Hz. La diminuzione dei valori di frequenza è da correlare con il progressivo approfondimento del bedrock sismico. Le ampiezze oscillano, di solito, tra 2,5 e 4. Nei diagrammi delle curve H/V relativi ad alcune stazioni di misura, si osserva anche un picco a frequenze più alte, espressione di contrasti di impedenza all'interno del materasso alluvionale.
- Le stazioni di misura ubicate nella zona collinare hanno andamenti delle curve H/V molto diversi, in funzione dello spessore che ha lo strato di alterazione del substrato vulcanico. Ad esempio, in corrispondenza delle stazioni P6 e P54 si sono osservati picchi a frequenze prossime a circa 5 Hz con ampiezza  $A = 4 \div 5$ , espressione della presenza di uno strato superficiale a bassa velocità, con spessore dell'ordine di una decina di metri.

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello del sottosuolo è stato ricostruito attraverso l'esame dei dati bibliografici disponibili, delle indagini geognostiche pregresse ed in base ai risultati delle nuove indagini geofisiche. In sintesi, il territorio comunale può essere suddiviso nelle seguenti aree aventi caratteristiche relativamente omogenee.

### **Zona collinare**

E' costituita in prevalenza da rocce vulcaniche a composizione basaltica (lave, brecce, tufi ecc.) e, in minima parte, da rocce calcaree. Le rocce vulcaniche sono ricoperte da uno strato di alterazione prevalentemente argilloso, avente spessore variabile e caratterizzato da  $V_s < 300$  m/s. Il substrato vulcanico presenta uno strato superficiale alterato e fratturato con velocità delle onde di taglio dell'ordine di 500 m/s. Dove la roccia presenta migliori caratteristiche, la  $V_s$  risulta compresa tra 600 e 800 m/s.

### **Fascia pedecollinare**

La fascia di raccordo tra il colle di Montecchio Precalcino e la pianura alluvionale è costituita da terreni prevalentemente limoso – argillosi derivanti dalla disgregazione delle rocce vulcaniche; lo spessore è variabile da pochi metri a 10 - 15 metri circa.

I profili sismici eseguiti in questa zona evidenziano la presenza di una prima serie di terreni a bassa velocità ( $100 < V_s < 270$  m/s) con spessore di 15 m circa, i quali sono correlabili a depositi eluvio-colluviali. Seguono sismostrati con  $500 < V_s < 800$  rappresentativi del substrato vulcanico passante da molto a poco alterato. Per quanto riguarda le misure HVSR è da segnalare come spesso si manifestino intensi picchi di risonanza a frequenze che rientrano in ambito ingegneristico.

Questa zona è di particolare interesse sia perché coinvolge parte del centro abitato comunale, sia perché le caratteristiche sismiche dei terreni ed il loro spessore rendono più probabile l'insorgere di significative amplificazioni sismiche in caso di terremoto.

### **Zona di pianura**

Il settore di pianura del Comune di Montecchio Precalcino si inserisce nel contesto dell'alta pianura veneta, formata da una serie di conoidi alluvionali ghiaioso-sabbiose originate dai fiumi veneti. Le stratigrafie censite mostrano come ai materiali granulari si intercalano lenti e strati limoso argillosi anche di notevole spessore, i quali derivano dagli apporti provenienti dai rilievi collinari costituiti da rocce vulcaniche, spesso alterate e argillificate.

Lo spessore complessivo dei depositi alluvionali nella fascia di pianura, varia da poche decine di metri a 100 – 150 metri circa. Va precisato che quest'ultimo dato deriva esclusivamente da

elaborazioni geofisiche (elaborazione congiunta degli spettri ottenuti con le onde di superficie e dei diagrammi HVSR) e quindi deve essere considerato con cautela.

Dal punto di vista sismostratigrafico le misure hanno evidenziato la presenza di un primo strato, avente spessore di alcuni metri e velocità delle onde di taglio inferiore a 350 m/s. I sismostrati sottostanti, sono invece caratterizzati da Vs comprese tra 450 e 700 m/s ed indicano, quindi, un progressivo addensamento dei terreni. Si è inoltre osservato che nei profili ubicati in aree più vicine al colle di Bastia, le velocità dei terreni alluvionali sono risultate inferiori, rispetto quelle misurate nei profili più distanti. Analizzando in modo congiunto i dati sismici si sono valutate velocità del bedrock sismico variabili tra 1000 e 1300 m/s.

I diagrammi delle curve H/V mostrano in genere picchi di risonanza a frequenze comprese tra 1 e 3 Hz.



## 6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le indagini pregresse raccolte e le nuove indagini geofisiche, hanno consentito la ricostruzione del modello geologico e sismostratigrafico del sottosuolo del Comune di Montecchio Precalcino.

Le incertezze eventualmente da approfondire con i successivi livelli di microzonazione sismica o nelle fasi di progettazione degli interventi riguardano i seguenti aspetti:

- Come illustrato nel paragrafo 2.3, l'assetto geologico – strutturale di questo territorio è stato studiato da vari autori a scala regionale, ma non nel dettaglio richiesto dalla Microzonazione Sismica. In particolare è stato evidenziato come il sovrascorrimento “Thiene - Bassano”, in virtù del quale si eleva la collina di Montecchio Precalcino (Monte Bastia) sia ubicato in posizioni molto diverse dai ricercatori che hanno affrontato l'argomento. Nell'ambito di questo studio, si è optato per posizionarne la traccia in superficie in accordo con lo studio eseguito dal CNR nel 2015 (Scrocca e Recanati) e quindi alcuni Km a Sud del M. Bastia, in Comune di Dueville. Nel catalogo ITHACA la traccia del sovrascorrimento, classificato come Faglia Attiva e Capace (FAC) è indicata molto più a Nord, in prossimità del limite settentrionale del Comune di Montecchio Precalcino.
- In alcune pubblicazioni e nel catalogo ITHACA è riportata anche la traccia di una faglia con direzione scledense che interesserebbe il settore nordoccidentale del Comune. Per questa struttura si hanno forti incertezze sia per quanto riguarda l'ubicazione, sia riguardo l'eventuale attività “recente”. La faglia ricade in un'area dove lo spessore della copertura alluvionale è dell'ordine del centinaio di metri e non si è a conoscenza di studi che abbiano preso in esame la geologia del quaternario in questa zona. Di conseguenza, la faglia è stata riportata nella carta geologico-tecnica classificandola come “Faglia non attiva trascorrente/obliqua incerta”.
- Carenza di informazioni relative alla natura e profondità del bedrock sismico. Infatti, all'interno del territorio esaminato, sono stati censiti solo sei indagini, che hanno raggiunto la formazione lapidea di base.
- Carenza di informazioni relative alla composizione dei depositi appartenenti alla copertura quaternaria. Anche in questo caso, le informazioni desumibili da indagini geognostiche dirette sono molto scarse e spesso riferite alla fascia più superficiale del sottosuolo. Tale carenza assume importanza soprattutto nell'eventualità di dover valutare aspetti quantitativi dell'amplificazione sismica, tipici dei livelli 2 e 3 della Microzonazione Sismica, o nel caso di dover effettuare delle analisi di risposta sismica locale. I dati raccolti indicano che nel sottosuolo possono essere presenti livelli di terreni coesivi con spessori significativi, i quali generano inversioni nell'andamento della velocità, che devono essere considerate in una eventuale modellazione geofisica.
- Le indagini sismiche di superficie eseguite con tecnica MASW hanno una profondità di investigazione, che, normalmente è dell'ordine di 20 - 30 metri. In alcuni casi è stato possibile estendere la profondità di indagine abbinando la tecnica MASW con la tecnica HVSr, ma i

risultati ottenuti sono, necessariamente, affetti da un discreto grado di imprecisione e, quindi, utilizzabili solo per una ricostruzione preliminare dell'assetto sismostratigrafico dell'area.

- Le rocce vulcaniche alterate possono avere valori di velocità sismica del tutto simile a quelle di depositi alluvionali, per cui, talvolta, la correlazione tra litologia e velocità è incerta.
- Carenza di informazioni relative ai materiali utilizzati per il riempimento delle cave dismesse. I dati raccolti non permettono di definire la tipologia di tali materiali ed il loro comportamento in caso di sisma.
- Nella carta delle MOPS è stato indicato come i settori centrale e meridionale del Comune possano, potenzialmente, essere interessati da fenomeni di liquefazione dei terreni. Anche per la valutazione di questa problematica i dati disponibili sono scarsi, soprattutto in riferimento alla composizione granulometrica del sottosuolo. Pertanto, specifiche analisi dovranno essere condotte o nei successivi livelli della MS o in fase di progettazione delle opere.

## 7. DESCRIZIONE DELLA CARTA DELLE MOPS

### 7.1. *Premessa*

L'analisi della stratigrafia e dell'assetto geologico hanno permesso di stabilire che, nell'ambito del territorio comunale, non esistono aree classificate come "*Zone stabili*", nelle quali non si ipotizzano effetti amplificativi di alcuna natura poiché, anche in caso di substrato affiorante, quest'ultimo non possiede velocità superiori agli 800 m/s nella parte superficiale alterata.

Sulla base delle indagini pregresse recuperate presso il Comune e delle nuove indagini geofisiche, si è potuto suddividere il territorio indagato in 5 zone stabili ma "*suscettibili di amplificazione locali*" nelle quali sono state stimate le principali caratteristiche sismiche dei terreni.

Le prime tre (zone 2001-2003) corrispondono ad aree dove non affiora il substrato, ma compaiono terreni quaternari alluvionali o residuali; le seconde due (zone 2004-2005) sono invece caratterizzate dalla presenza di formazioni litoidi affioranti o sub affioranti comprensive di eventuali orizzonti superficiali di terreni residuali e/o colluviali con spessore generalmente inferiore ai tre metri.

Vengono inoltre identificate in cartografia delle zone suscettibili di instabilità in corrispondenza di alcune instabilità di versante. Tali zone interessano le fasce collinari del territorio comunale, in aree che nella maggioranza dei casi non coinvolgono centri urbani, ma case sparse o aggregati molto modesti. Infine, nel settore centro-meridionale del comune è stata cartografata un'area dove potrebbero potenzialmente verificarsi fenomeni di liquefazione.

L'analisi morfologica infine ha permesso di individuare alcune forme di superficie e sepolte, tra quelle indicate nelle ICMS, e meglio descritte nei paragrafi seguenti.

Nella carta delle MOPS sono inoltre riportati i punti di indagine HVSR con i relativi valori della frequenza di picco: dall'osservazione di questi ultimi si nota una generale diminuzione dei valori di  $f_0$  allontanandosi dal colle della Bastia, ad indicare l'approfondimento del substrato sismico.

### 7.2. *Definizione profili tipo zone stabili e amplificabili*

Sono state individuate le seguenti tipologie di zone stabili ma amplificabili in caso di sisma (le sezioni tipo sono riportate anche graficamente in allegato).

#### MOPS 2001

Depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi con orizzonti limoso-argillosi. Spessore maggiore di 40 m,  $V_s = 300 - 700$  m/s.

#### MOPS 2002

Depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi con orizzonti limoso-argillosi. Spessore compreso tra 0 e 40 m,  $V_s = 300 - 600$  m/s. Substrato costituito da basalti e/o calcari arenacei,  $V_s = 800 - 1000$  m/s.

#### MOPS 2003

Depositi della copertura eluvio colluviale con frazione limoso-argillosa prevalente presenti alla base del rilievo collinare e in alcune fasce della collina stessa. Spessore compreso tra 3 e 15 metri,  $V_s 100 - 270$  m/s. Substrato costituito da basalti e/o calcari arenacei,  $V_s = 700 - 1000$  m/s

#### MOPS 2004

Substrato costituito da basalti e tufi basaltici prevalenti compresa la copertura eluvio/colluviale di spessore sino a tre metri,  $V_s 550 - 1000$  m/s.

#### MOPS 2005

Substrato costituito da successioni calcaree e arenacee compresa la copertura eluvio/colluviale di spessore sino a 3 metri.

### **7.3. Descrizione delle instabilità e delle forme**

#### **7.3.1. Zone di attenzione per instabilità di versante**

La carta riprende le aree instabili già evidenziate nella CGT: si tratta di fenomeni legati principalmente alle tessiture limoso argillose dei versanti collinari che determinano instabilità gravitativa ricollegabili anche alla presenza di acqua nel terreno. Prevalgono quindi fenomeni di scorrimento. Come già accennato le instabilità interessano in prevalenza gli impluvi dei rilievi collinari dove l'urbanizzazione risulta molto modesta se non assente.

#### **7.3.2. Liquefazione**

Sulla base delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche del territorio in esame, si ritiene che nella pianura alluvionale del settore meridionale del comune, possano sussistere le condizioni perché si verifichi il fenomeno della liquefazione in caso di sisma. La scarsa profondità della falda freatica, la presenza di orizzonti e livelli sabbioso-limosi, e infine la possibilità che si verifichino sismi con magnitudo maggiore di 5, rendono i terreni alluvionali potenzialmente liquefacibili e di conseguenza si ritengono necessari specifici approfondimenti in caso di progettazione di opere ed edifici in questa parte del territorio.

Nelle altre zone costituite da depositi alluvionali la possibilità che si verifichi la liquefazione è remota perché la falda è profonda, o perché la natura prevalentemente ghiaiosa dei terreni impedisce l'insorgere di questo fenomeno.

### **7.3.3. Zona di attenzione per cedimenti differenziali**

Sono stati inseriti in questa categoria i terreni nei quali è stato apportato del materiale per colmare le aree estrattive abbandonate o dismesse. Non conoscendo la reale composizione del materiale di riporto e del suo grado di costipamento si è ritenuto opportuno segnalare la possibilità di cedimenti differenziali in caso di sisma. Alcune di queste aree sono interessate da discariche.

### **7.3.4. Zona di attenzione per sovrapposizione di Instabilità Differenti**

Sono graficizzati in carta i casi in cui si assiste alla contemporanea presenza di terreni potenzialmente liquefacibili e di aree estrattive colmate.

### **7.3.5. Forme di superficie e sepolte**

Gli elementi di maggiore significato sismico sono in questo caso rappresentati dagli orli di terrazzo morfologico posti in corrispondenza delle scarpate più alte delle aree di cava e alcune creste nelle parti dei rilievi collinari dove la sommità risulta essere più sottile.

Nel caso in cui vengano effettuati interventi od opere in prossimità di tali rilievi è opportuno affrontare, nell'ambito della documentazione geologica allegata al progetto, il tema dell'amplificazione morfologica nei modi indicati nella DGRV 1572/2013 e del D.M. 17 gennaio 2018 aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

Nella carta delle MOPS per tale motivo sono state riportate alcune sezioni ove si ritiene opportuno effettuare degli approfondimenti delle amplificazioni topografiche nel caso in cui venga realizzata la microzonazione sismica di secondo livello.

## 8. CONSIDERAZIONI FINALI

La Microzonazione di Livello 1, deve essere utilizzata come primo approccio qualitativo allo studio della pericolosità sismica del territorio, poiché consente di delineare gli scenari di pericolosità, identificando le parti del territorio suscettibili di effetti amplificativi locali o di instabilità. Un eventuale studio di Microzonazione di livello 2, potrà analizzare gli aspetti quantitativi legati alla pericolosità sismica, fornendo dettagliate prescrizioni normative. Alla luce di queste considerazioni si possono formulare le seguenti indicazioni.

### 8.1. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Nelle zone del territorio che sono state classificate come “Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”, tutti gli interventi che prevedano nuove costruzioni, modifiche strutturali, ampliamenti, ristrutturazioni e opere infrastrutturali dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al **D.M. 17 gennaio 2018 aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”** e alle eventuali ss.mm.ii. relative agli argomenti specifici.

Per le costruzioni in classe I e II, se le condizioni geologiche sono ritenute sufficientemente omogenee, si prevede l'applicazione di metodi semplificati per valutare l'amplificazione sismica locale. Per l'applicazione dei metodi semplificati si riporta quanto indicato dal D.M. 17.01.2018, al paragrafo 3.2.2 **Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche** *“Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.*

*I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.”*

Come è noto, la definizione delle categorie di sottosuolo avviene attraverso la determinazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s_{eq}}$ . Come suggerito anche dalla normativa citata, si ritiene sempre preferibile determinare la velocità delle onde di taglio  $V_s$  utilizzando indagini sismiche, in foro (cross-hole, down-hole,) o in superficie (MASW, ESAC, sismica a rifrazione). Per le indagini in superficie sarà preferibile abbinare l'uso di tecniche attive e passive.

Abbinare alle determinazioni di  $V_s$  si dovranno eseguire anche misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (tecnica HVSR), al fine di stabilire la frequenza fondamentale di vibrazione dei terreni (o il periodo proprio), da confrontarsi con le frequenze proprie degli edifici. Le acquisizioni e le elaborazioni di queste misure seguiranno le linee guida del Progetto SESAME.

**Per gli edifici e opere che ricadono nelle classi d'uso III e IV (paragrafo 2.4.2 del DM 17.01.2018) ed elencate anche nella DGRV n. 3645 del 28 novembre 2003, Allegati A e B e nel Decreto del capo della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 (edifici e opere di interesse strategico ai fini di protezione civile e rilevanti per l'uso), si ritiene che si debbano applicare specifiche analisi di risposta sismica locale, ovvero di Livello 3 della Microzonazione Sismica.**

Il paragrafo 7.11.3.1 del DM 17.01.2018 **Risposta sismica locale** cita: *“Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali.*

*Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.*

*Nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione (accelerogrammi) su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (sottosuolo tipo A del § 3.2.2). Per la scelta degli accelerogrammi di ingresso si deve fare riferimento a quanto già specificato al § 3.2.3.6.”*

Per l'analisi di RSL dovranno essere acquisiti i parametri necessari alla ricostruzione del modello geotecnico e sismostratigrafico del sottosuolo, con particolare attenzione alla ricostruzione della profondità e della morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile. L'analisi di RSL, condotta utilizzando codici di calcolo monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali, in funzione dell'assetto strutturale del sottosuolo, dovrà articolarsi secondo quanto indicato nel paragrafo 7.11.3 del DM 17.01.2018, al quale si rimanda. In questa sede, si vuole sottolineare la necessità di eseguire le seguenti indagini per una corretta modellazione:

- esecuzione di sondaggi geognostici per definizione la successione sismostratigrafica e le diverse “unità” geotecniche.
- prove sismiche in foro (cross hole, down hole, cono sismico) finalizzate alla conoscenza della velocità delle onde di taglio fino ad una idonea profondità, in funzione dell'opera in progetto e, comunque, se possibile, fino a raggiungere il “bedrock sismico”.



- Prelievo di campioni di terreno e successive analisi di laboratorio per valutare la dipendenza della rigidità e dello smorzamento dal livello deformativo, e per la determinazione, in dipendenza del legame costitutivo adottato per i terreni, dei parametri di ingresso necessari alle analisi. Le prove di laboratorio possono consistere in prove cicliche di taglio torsionale o di taglio semplice, prove di colonna risonante, prove triassiali cicliche ecc.

Riguardo alla Risposta Sismica Locale da utilizzare in specifiche situazioni, le modalità di applicazione descritte in precedenza, dovranno essere valutate ed eventualmente modificate in relazione al progetto previsto ed alle conoscenze geologico-geofisiche disponibili.

La scelta della tipologia e metodologia di indagine e le modalità di analisi per la definizione dell'azione sismica di progetto, dovranno quindi essere commisurate alla situazione geologica locale e all'importanza dell'opera; in ogni caso, dovranno essere adeguatamente motivate. La relazione sismica illustrerà le indagini eseguite, i risultati conseguiti e dovrà includere i grafici relativi alle misure effettuate ed alla loro interpretazione.

Tornando alla zonazione effettuata nell'ambito di questo studio, rappresentata nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", oltre a quanto illustrato in precedenza, si ritiene di segnalare i seguenti punti:

- All'interno delle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, **particolare attenzione dovrà essere posta nelle aree caratterizzate da elevati valori dell'ampiezza del picco di risonanza** (misure HVSR) e, in ogni caso, lungo la fascia pedecollinare, cartografate nella carta delle MOPS con le **zone 2002 e 2003**. L'assetto sismostratigrafico di questi territori induce a ritenere probabili significative amplificazioni sismiche in caso di terremoto. Le aree localizzate dove, presumibilmente, la morfologia del tetto del bedrock non è regolare e presenta discrete pendenze, andranno analizzate in modo accurato, eventualmente ricorrendo modellazioni bidimensionali per valutare la Risposta Sismica Locale. All'interno delle 2002 e 2003 zone è compresa, tra l'altro, buona parte del centro abitato comunale.

## **8.2. Zone instabili**

- Nelle zone dove è stata stabilita la fascia di attenzione per liquefazione, dovranno essere effettuate le verifiche necessarie per valutare il rischio di liquefazione, in fase di redazione degli studi geologici per la progettazione delle opere. In relazione alle modalità deposizionali dei terreni alluvionali, si ritiene comunque necessario operare sempre la verifica alla liquefazione, poiché possono sussistere condizioni locali non evidenziabili alla scala di questo studio. Si ricorda che, secondo le N.T.C., nella relazione geologica di accompagnamento al progetto gli aspetti legati alla liquefazione devono essere sempre considerati.
- Qualora gli interventi interessino le zone segnalate come sede di possibili effetti di cedimento differenziale, dovranno essere valutate attentamente le caratteristiche geotecniche dei

materiali di riporto e valutate anche le condizioni chimico fisiche dei terreni ed il loro comportamento in caso di sisma.

- Sono state cartografate delle zone di attenzione per instabilità di versante, in queste aree dovrà essere applicato quanto definito nel paragrafo 3.2.4 delle linee guida della DGRV 1572/2013 dove, nel caso in cui delle frane attive e/o quiescenti interessino abitati esistenti e/o infrastrutture a rete si procederà con il terzo livello di approfondimento.
- Come indicato illustrato nei paragrafi precedenti, con i dati disponibili non è possibile ricostruire un quadro sismo-tettonico sufficientemente attendibile per valutare l'eventuale presenza di faglie Attive o Capaci (FAC o FPAC) all'interno del territorio comunale. Per tale motivo, si auspica la programmazione di studi geologico-strutturali, comprensivi anche della geologia del quaternario, con particolare attenzione alla tematica delle faglie Attive e Capaci, i quali dovrebbero essere svolti sia a scala regionale interessando l'intero tracciato dell'ipotetica faglia, sia a scala di dettaglio con specifiche indagini geofisiche e geognostiche.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Albini, Migliavacca, Moroni (2003): Studio di alcuni terremoti di intensità epicentrale moderata in Italia settentrionale. INGV, Milano
- Burrato, Poli, Vannoli 2008 Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence.
- Castaldini D., Panizza M. (1991). Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il lago di Como (Italia settentrionale). *Il Quaternario* 4(2), 333-410.
- Castellarin A. (a cura di); 1981. Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200.000). Pubblicazione n. 441, P.F.G. (S.P. 5) C.N.R.
- Centro Idrico di Novoledo, Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale. Freatimetria dell'Alta Pianura Vicentina. Rilievi di marzo 2004 e dicembre 2010
- C.N.R. - REGIONE DEL VENETO - ULSS n. 5 - ULSS n. 19: Difesa degli acquiferi dell'alta pianura veneta - Stato di inquinamento e vulnerabilità delle acque sotterranee del bacino del Brenta – Venezia 1988
- CFTI Catalogo dei Forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1997 – E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Valensise.
- DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.
- Dal Moro Giancarlo (2012): Onde di superficie in geofisica applicata. Dario Flaccovio Editore.
- Galadini F., Meletti C. and Vittori E.; 2001: Major active faults in Italy: available surficial data. *Geol. en Mijn.* (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273-296.
- Galadini F., Poli M. E. and Zanferrari A.; 2005: Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.
- Galli P. e Meloni F. (1993): Nuovo catalogo nazionale dei processi di liquefazione avvenuti in occasione dei terremoti storici in Italia. *Il Quaternario* 6 (2), 271-292.
- Ibs Von Seht M., Wohlenberg J. (1999): Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. *Bull. Seism. Soc. Am.* 89, pp. 250-259.
- Iliceto V., Peruzza L., Rovelli A., Slejko D. (2002): La difesa dai terremoti mediante zonazione sismica: sinergie fra Protezione Civile e Piani Regolatori. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n. 3, pp. 15-36.
- Iliceto V., Boaga J. (2005): Deterministic earthquake scenarios and site effects estimation for S. Michele al Tagliamento (VE)-Italy. *Proc. of the 5th Forum Nazionale di Scienze della Terra, Geoitalia 2005*, 20-23 sept. 2005, Spoleto.
- Iliceto V., Boaga J. (2005): Influenza delle geostrutture nella valutazione degli effetti sismici di sito: il caso della Val d'Adige. *Atti del Workshop di Geofisica: "La Geofisica a servizio dell'ambiente e dei beni culturali, con attenzione alle problematiche in ambito montano"*, Rovereto (TN), 9-12-2005.
- ITACA Banca Dati Accelerometrica Italiana, INGV, Milano: <http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet>
- ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) – ISPRA: portale del Servizio Geologico d'Italia <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>
- Kohler A., Ohrnberger M., Scherbaum F., Stange S., Kind F. (2004): Ambient vibration measurements in the southern Rhine Graben close to Basel. *Annals of Geoph.* 47, n. 6, pp. 1771-1781.
- Konno K., Omachi T. (1998): Ground motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremors. *Bull. Seism. Soc. Am.* 88, pp. 228-241.

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

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

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

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

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

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

Park C. B., Miller R. D., Xia J. (1999): Multichannel analysis of surface waves (MASW). *Geophysics*, 64, 800-808

Panizza M., Slejko D., Bartolomei G., Carton A., Castaldini D., Demartin M., Nicolich R., Sauro U., Semenza E. & Sorbini L. (1981): Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda ed il Monte Grappa; *Rend. Soc. Geol. It.*, 3, 587-603.

P.A.T.I. "Terre di Pedemontana Vicentina", 2007. Analisi geologiche a cura di Dr. A. Massagrande e B. Zavagnin

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

Piccoli G., 1967. Illustrazione della Carta Geologica del Marosticano occidentale fra Thiene e la valle del Torrente Laverda nel vicentino. CNR, Centro Naz. per lo studio Geologico e Petrografico delle Alpi, I Sez., Geol., Padova

Pilli A., 2005. Conceptual flow model of the plain prealps system in the area between Vicenza and Trento (northeastern Italy). Tesi di dottorato in Scienze Ambientali, 18° ciclo, Università Ca Foscari, Venezia.

Pilli A., Sapigni M., Zuppi G.M., 2012. Karstic and alluvial aquifers: a conceptual model for the plain prealps system (northeastern Italy). *Journal of Hydrology*, 464-465, 94-106

Pola M., Fabbri P., Piccinini L., Zampieri D., 2013. A new hydrothermal conceptual and numerical of the Euganean Geothermal System – NE Italy. *Rendiconti Online Società Geologica Italiana*, 24, 251-253.

Pola M., Ricciato A., Fantoni R., Fabbri P. & Zampieri D., 2014. Architecture of the western margin of the North Adriatic foreland: the Schio-Vicenza fault system. *Italian Journal of Geoscience*, 133 (2), 223-234, doi: 10.3301/UG.2014.04

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

Regione del Veneto, Servizio Geologico d'Italia (1988): Carta geologica del Veneto – scala 1 : 250.000

Rovida A., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds) CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of the Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, [doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15](http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15)

Scrocca D., Recanati R., Laboratorio di Modellazione Geologica del Sottosuolo, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, CNR, 2015. Ricostruzione del modello geologico-strutturale 3D e revisione del contesto sismo-tettonico nell'area del permesso di ricerca di risorse geotermiche "Montecchio Precalcino". Rapporto redatto per conto di Lifenergy S.r.l..

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

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

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

Zampieri D., 2015: Considerazioni scientifiche sulla Relazione geologico-tecnica e Progetto Definitivo per la realizzazione di due pozzi esplorativi geotermici denominati "Montecchio Precalcino 1" e "Montecchio Precalcino 2" redatta da Earth Engineering and Consulting.

Zanferrari A., Bollettinari G., Carobene L., Carton A., Carulli G.B., Castaldini D., Cavallin A., Panizza M., Pellegrini G.B., Pianetti F. and Sauro U.; 1982: Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale. Mem. di Sc. Geol., 35, 355-376.

## **10. PROFILI GEOLOGICI, COLONNE STRATIGRAFICHE DELLE MOPS E CARTA DI CONFRONTO TRA SCHEMI STRUTTURALI**

Sezione A - A' - Montecchio Precalcino

NNO

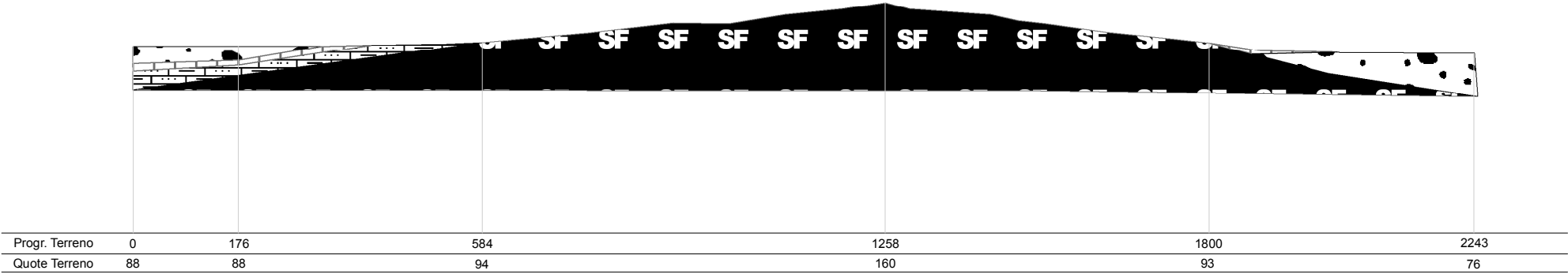
SSE

Indagine P76

Indagine P25

Monte Bastia

Villino Cerato



Legenda



SFLP - Substrato geologico lapideo fratturato o alterato (Basalti e tufi basaltici)



ALS - Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato (Calcari di Lonedo)



ML - Limi argillosi e sabbiosi dei depositi eluvio-colluviali pedecollinari



GW - Ghiaie sabbiose dei depositi alluvionali



Sezione B - B' - Montecchio Precalcino

OSO

ENE

Indagine P75

Indagine P74

Monte Bastia

Montecchio Precalcino



Legenda



SFLP - Substrato geologico lapideo fratturato o alterato (Basalti e tufi basaltici)

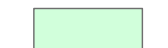


ML - Limi argillosi e sabbiosi dei depositi eluvio-colluviali pedecollinari



GW - Ghiaie sabbiose dei depositi alluvionali

# Colonne stratigrafiche schematiche delle microzone omogenee



Zona 2001



Depositi alluvionali delle aree di divagazione fluviale costituiti da ghiaie sabbiose con saltuari orizzonti limosi. Sp. maggiore di 40m, Vs 300-700 m/s



Zona 2002

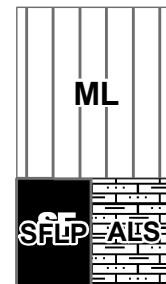


Depositi alluvionali delle aree di divagazione fluviale costituiti da ghiaie sabbiose con saltuari orizzonti limosi. Sp. minore di 40m, Vs 300 - 600 m/s

Substrato costituito da basalti o calcari arenacei Vs 800 - 1000 m/s



Zona 2003



Depositi della copertura eluvio-colluviale con frazione limoso- argoillosa prevalente presenti alla base del rilievo collinare. Spessore 3 - 15 m. Vs 100 - 270 m/s

Substrato costituito da basalti o calcari arenacei Vs 700 - 1000 m/s



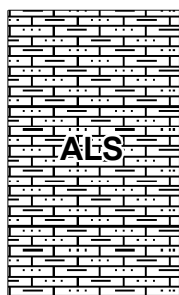
Zona 2004



Substrato costituito da basalti e tufi basaltici. Compreso eluvio colluvio superficiale con sp. < 3 m Vs 550 - 1000 m/s



Zona 2005



Substrato costituito da successioni calcaree e arenacee (Calcari di Lonardo) Compreso eluvio colluvio superficiale con sp. < 3 m

# Confronto tra schemi strutturali dei diversi autori

## Legenda

### Riferimento bibliografico

- ▲ Carta geologica del Veneto
- ▲ Burrato 2008
- ▲ Castaldini Panizza 1991
- ▲ Castellarin 1998
- ▲ Galadini 2005
- ▲ Ithaca
- Pilli 2005
- ▲ Pilli 2012
- ▲ Pola 2013
- ▲ Pola 2014
- └─┘ Pola 2014 Faglia Normale
- ▲ Poli 2008
- ▲ Scardia 2014
- ▲ Slejko et al. sovrascorr. probabile
- └─┘ Slejko et al. faglia normale probab.
- ─ Studio CNR Faglia F1
- Studio CNR Sovrascorrimento

Comune di Montecchio Precalcino

1:50.000

