



**PAT 2012**  **COMUNE DI NERVESA DELLA BATTAGLIA**

**Piano di assetto del territorio**

Legge Regionale 11/2004 e s.m.i.

**RELAZIONE SISMICA**

Adeguata al Parere del Genio Civile (Prot. n. 138720/63.05 del 23.03.2012)

**APPROVATO**



**Adozione**  
**D.C.C. n. 15 del 02.05.2012**

**Approvazione**

**Il Sindaco**  
Dott. Fiorenzo Berton

**Il Segretario**  
Dott. Paolo Orso

**Il Resp. Area Edilizia Privata ed Urbanistica**  
Geom. Fabrizio Ballarin

**Analisi Geologica**  
Geologo Gino Lucchetta  
Geologo Dario Barazzuol

**Progettisti**  
Urbanista Raffaele Gerometta  
Architetto Carola Arena  
Urbanista Daniele Rallo

# INDICE

1 - INTRODUZIONE .....	2
1.1 – Lo stato dell’arte: mappe di pericolosità sismica di riferimento.....	3
2 – LA SITUAZIONE TETTONICA E STRUTTURALE .....	6
2.1 – Introduzione .....	6
2.2 – Assetto tettonico.....	7
2.3 – I sistemi di faglie attive.....	9
2.3.1 – <i>Cenni storici</i> .....	9
2.3.2 – <i>La metodologia di indagine</i> .....	11
2.3.3 – <i>Le sorgenti sismogenetiche</i> .....	12
2.3.4 – <i>Caratteri particolari</i> .....	14
2.3.5 – <i>Progetto OMBRA: deformazione su faglie sismogeniche nella zona del Montello</i> .....	16
2.3.6 – <i>La rete sismica di Collalto</i> .....	17
2.4 – Sismicità storica dell’area .....	19
2.5 – Sismicità storica del comune di Nervesa della Battaglia .....	22
2.6 – La classificazione sismica del territorio comunale .....	23
2.6 – Gli elementi geologici in prospettiva sismica.....	25
2.6.1 – <i>Amplificazione stratigrafica</i> .....	25
2.6.2 – <i>Amplificazione topografica</i> .....	26
3 – LE CARTE DI VULNERABILITA’ GEOLOGICA IN PROSPETTIVA SISMICA .....	26
3.1 – Q.C. 5-5 Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica.....	27
3.1.1 – <i>Introduzione</i> .....	27
3.1.2 – <i>Gli aspetti cartografati</i> .....	28
3.2 – Q.C. 5-6 Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica .....	29
3.2.1 – <i>Gli aspetti cartografati</i> .....	30
4 – BIBLIOGRAFIA .....	33

## 1 - INTRODUZIONE

Teoria ed esperienze nazionali ed internazionali, mostrano con estrema chiarezza che in concomitanza di eventi sismici, l'intrinseca eterogeneità delle caratteristiche geometriche, fisiche, idrauliche e meccaniche dei terreni può indurre danni all'ambiente fisico ed all'ambiente costruito variabili anche in siti posti a breve o brevissima distanza. La valutazione della pericolosità sismica a scala locale non può pertanto prescindere da studi di tipo geologico, geofisico e geotecnico finalizzati alla valutazione dei fenomeni di amplificazione del moto sismico, alla valutazione della suscettibilità alla liquefazione, al potenziale innesco di frane. Dal punto di vista strettamente fenomenologico, per risposta sismica locale si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (substrato sismico), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie libera. Tale fenomeno dipende innanzitutto dalle caratteristiche del moto sismico al tetto della formazione di base, nonché dalle caratteristiche geometriche profonde e superficiali dei terreni, dalle loro proprietà fisiche e meccaniche, dalle caratteristiche di permeabilità e dalle condizioni idrauliche al contorno.

E' per questo motivo che l'Eurocodice 8, la stessa OPCM 3274/2003, e le seguenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/9/2005 e il D.M. 14/01/2008) richiedono che per la valutazione dell'azione sismica siano adeguatamente considerate le condizioni geologiche e geomorfologiche attraverso dettagliati studi di microzonazione sismica che consistono nella suddivisione dettagliata del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale, tenendo conto, sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi), sia delle caratteristiche geologiche e morfologiche locali. La microzonazione sismica, individuando le aree a diversa pericolosità sismica, consente, in particolare, di indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio.

In questa prospettiva l'Allegato A collegato al D.G.R. Veneto n. 3308 del 04.11.08 "Modalità operative ed indicazioni tecniche per la redazione e la verifica sismica della pianificazione urbanistica" stabilisce che il Quadro Conoscitivo dei Piani di Assetto del Territorio P.A.T. (L.R. 11/2004) deve migliorare la conoscenza delle componenti che determinano la pericolosità sismica locale, nonché fornire criteri di scelta finalizzati alla prevenzione dell'eventuale rischio. Quindi per le zone sismiche 1 e 2, ogni nuovo strumento urbanistico comunale, deve contenere, ai fini dell'adozione, uno specifico studio di compatibilità sismica che fornendo una valutazione della pericolosità sismica di base e locale dia una indicazione della vulnerabilità del territorio. Lo studio si riferisce alla vulnerabilità geologica, geomorfologia ed idrogeologica, escludendo la parte relativa alle infrastrutture. Lo studio che segue fa riferimento alla suddetta D.G.R.V..

## 1.1 – Lo stato dell’arte: mappe di pericolosità sismica di riferimento

Il quadro legislativo relativo alla tematica sismica in Italia, presenta negli ultimi anni molte innovazioni e modifiche, talvolta di difficile e anche contraddittoria interpretazione.

La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore il 8/5/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell’Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l’introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. L’appartenenza a ciascuna zona sismica comporta l’adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo, e successive modifiche ed integrazioni. In linea teorica, l’ingresso in zona sismica è agganciato al valore dell’accelerazione orizzontale di picco (Peak Ground Acceleration, PGA, indicata anche come accelerazione massima orizzontale) riferita ad un terreno a comportamento assimilabile alla roccia, ottenuta per un predeterminato livello di probabilità da studi di pericolosità sismica a carattere nazionale. I valori di PGA convenzionalmente associati alle zone sismiche sono riportati nella tabella successiva.

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

**Tabella 1 – valori di riferimento della attuale normativa sismica**

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

Va osservato come detti valori di accelerazione di riferimento siano stati ribaditi nel documento approvato con il voto n. 35 del 27 luglio 2007, da parte del Consiglio Superiore dei LL.PP. a seguito degli esiti della ricerca operata dall’apposito Gruppo di Lavoro istituito con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 12/RIS/SEGR. del 28 febbraio 2006.

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

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

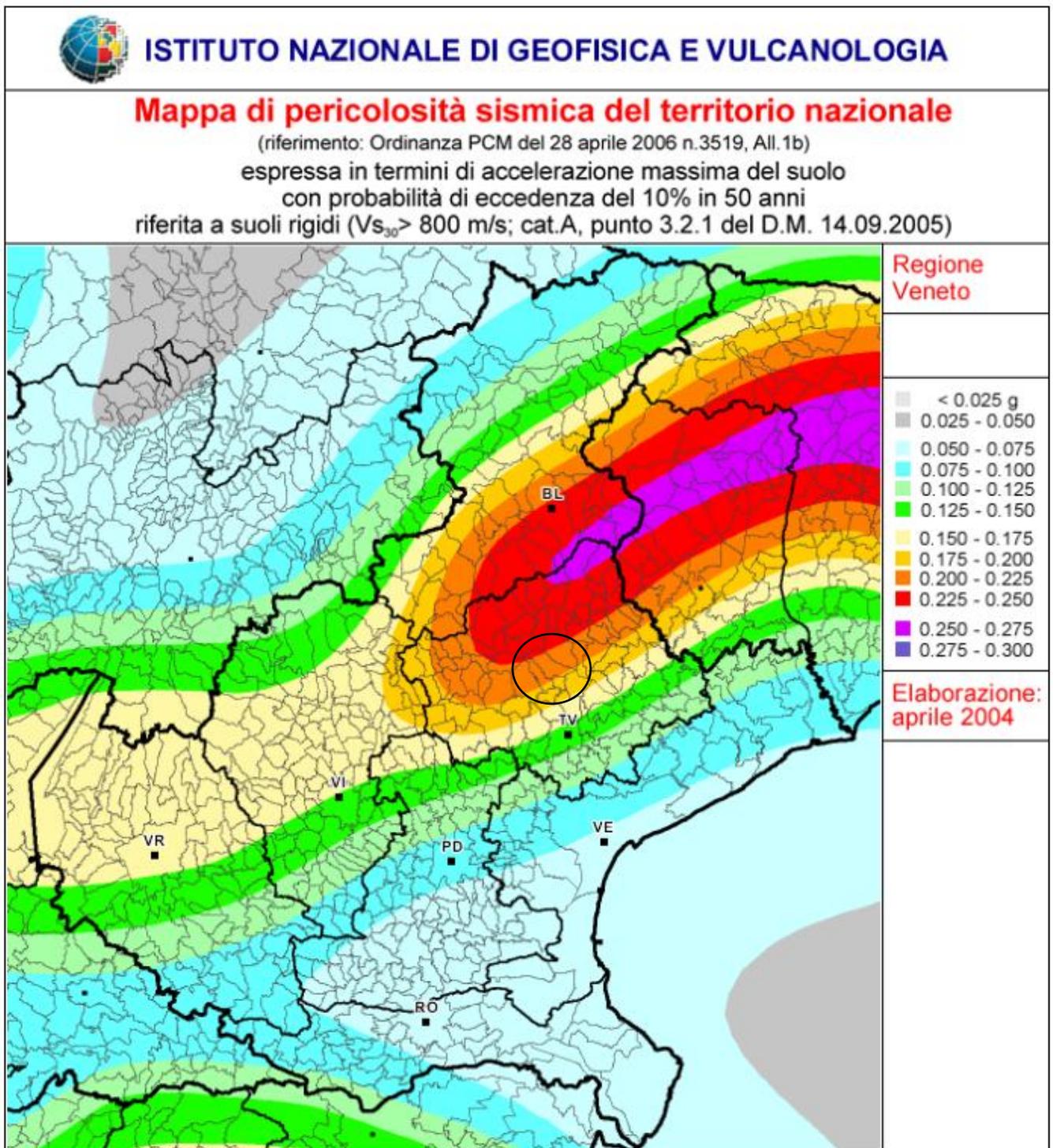
Quindi la OPCM 3519 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio. In sostanza si è passati da una mappa di pericolosità sismica (2004) usabile dalle Regioni come riferimento per aggiornare l'assegnazione di un Comune a una delle 4 zone sismiche a una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici. Successive elaborazioni (Progetto INGV-DPC S1, realizzato nell'ambito della Convenzione triennale 2004-2006 fra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, e INGV, avente come oggetto l'assistenza scientifica e manutenzione dell'elaborato di pericolosità rilasciato nel 2004) hanno portato ad ampliare la disponibilità di valori di pericolosità, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale. In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- $A_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale, servono per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate col D.M. 14/01/08. I punti della griglia sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: <http://esse1.mi.ingv.it>.

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

Nella figura seguente è riportato uno stralcio della "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dalla

recente Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 sopra citata, che assume il ruolo di riferimento ufficiale per eventuali aggiornamenti della zonazione sismica del territorio da parte dei soggetti che ne hanno la competenza territoriale ovvero le Regioni.



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

Per calare la normativa in ambito locale, va ricordato che la classificazione nazionale e la mapa di pericolosità di cui all'Ordinanza 3519 e alla D.G.R. Veneto n. 71 del 22/01/08 esprimono la

sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche, senza considerare le caratteristiche locali del territorio che possono modificare il moto sismico atteso, soprattutto in termini di amplificazione.

Per una più rigorosa analisi della risposta sismica locale vanno quindi considerate sia le caratteristiche della superficie topografica che quelle stratigrafiche le quali possono modificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità.

## 2 – LA SITUAZIONE TETTONICA E STRUTTURALE

### 2.1 – Introduzione

I cataloghi sismici storici indicano che il settore orientale della catena delle Alpi Meridionali (Italia del NE, e Regione Veneto e Friuli) è stato colpito da numerosi terremoti, alcuni dei quali molto forti, nell'ultimo millennio.

Nel periodo 1977-2006 la rete gestita in convenzione dall'OGS (Osservatorio Geofisico Sperimentale) di Trieste ha registrato in Veneto quasi 1200 eventi sismici con magnitudo compresa tra 2,0 e 3,0. La maggior parte di essi è localizzata lungo la fascia prealpina che unisce l'Alpago al Monte Baldo.

In fig. 1 sotto è riportata la distribuzione di tutti i terremoti registrati da OGS distinti per classi di magnitudo di durata  $M_D^*$ . Gli eventi con  $M_D > 4$  i cui epicentri ricadono nel territorio regionale o in prossimità di esso sono identificati con una stella rossa. Si tratta dei seguenti:

- 24/05/1987 Garda  $M_D = 4,2$
- 13/04/1996 Claut  $M_D = 4,2$
- 13/09/1989 Pasubio  $M_D = 4,8$
- 24/11/2004 Salò  $M_D = 5,2$

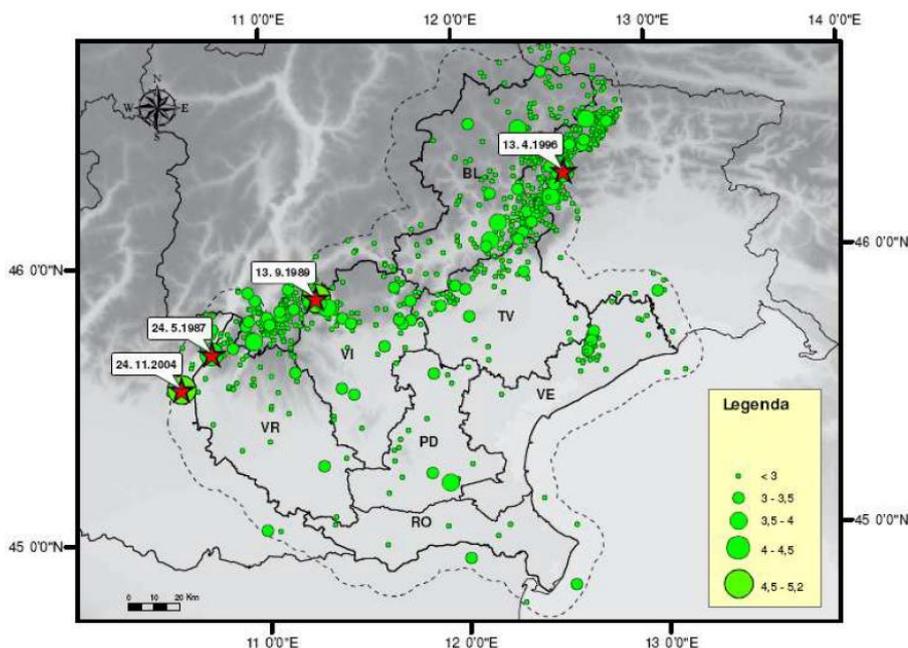


Fig. 1 Distribuzione di tutti i terremoti recenti registrati dalla rete sismometrica gestita da OGS in Veneto nel periodo 1977 – 2006 (Priolo, 2008).

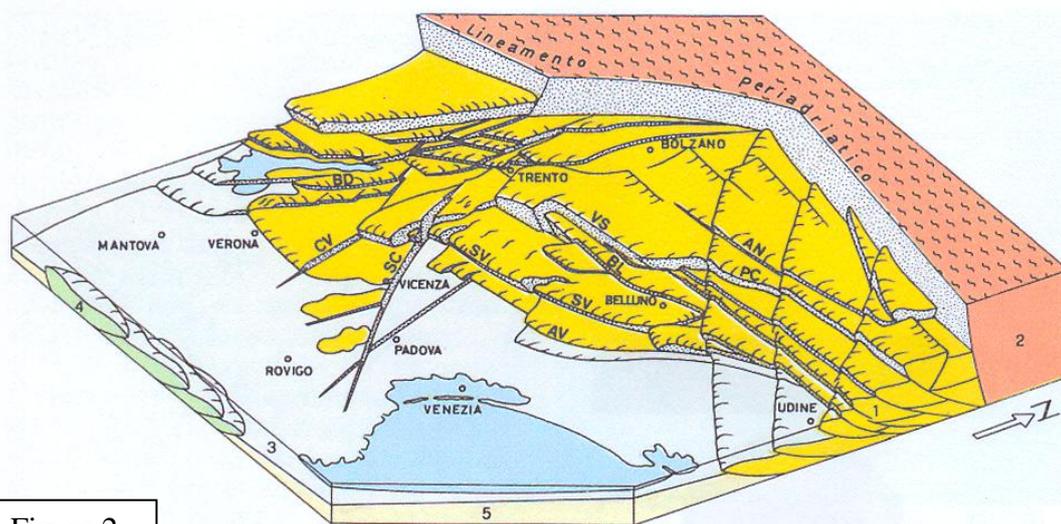
Considerando la frequenza dell'accadimento terremoto e che quest'area ha un'alta densità di popolazione e la più alta densità di insediamenti industriali tra le regioni italiane considerate maggiormente sismiche, può senz'altro essere invocato un alto livello di rischio sismico. Per questo motivo la definizione della neotettonica regionale e le caratteristiche sismotettoniche sono state oggetto di numerosi studi, particolarmente dopo il devastante terremoto del Friuli del Maggio 1976 (M 6,5) che causò danni stimati fra il IX e X grado di intensità macrosismica (scala MCS). Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che la recente/odierna attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità del scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica. Molti dati sulle sorgenti sismogenetiche delle Alpi Meridionali derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici (es. Sirovich *et al.* 2000; Valensise & Pantosti 2001). Durante gli ultimi anni tuttavia, la conoscenza delle caratteristiche strutturali superficiali del settore orientale delle Alpi Meridionali, ha subito un forte impulso, grazie soprattutto ai dati provenienti dalle ricerche sismiche. Inoltre lavori recenti hanno dimostrato che dettagliate investigazioni geomorfologiche possono definire le aree affette da deformazioni continue, che tipicamente rappresentano l'espressione superficiale delle faglie cieche (es. Ferrarese *et al.* 1998; Benedetti *et al.* 2000).

Di seguito vengono riportate le ipotesi più attuali sulle sorgenti sismogenetiche, responsabili dei terremoti più forti, basate oltre che su dati geomorfologici, sui recenti risultati dei profili sismici a riflessione attraverso le Alpi Meridionali (per una lunghezza totale di 1700 km), che hanno permesso di definire la geometria (in 3-D) delle maggiori sorgenti sismogenetiche. Ad esse sono associati i terremoti di magnitudo  $M \geq 6$  (ricordiamo che tale magnitudo corrisponde al valore di soglia per i danni strutturali agli edifici che è attorno all'VIII grado di intensità MCS). Vengono altresì discusse le ipotesi di associazione di queste sorgenti con i terremoti storici (basate sul confronto tra le località maggiormente danneggiate e la geometria delle sorgenti). Questa procedura permette di ipotizzare anche sorgenti alle quali è associata una deformazione attiva ma prive di terremoti in tempi storici. L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

## **2.2 – Assetto tettonico**

Per descrivere la situazione tettonica dell'area si è fatto riferimento a 4 principali pubblicazioni:

- AA.VV. “Modello sismotettonico dell’Italia Nord Orientale”, C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Rendiconto N. 1, Trieste, 1987: è un lavoro di sintesi ed inquadramento dei caratteri strutturali e sismologici per l’intera Italia Nord-Orientale;
- “Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como” (Castaldini & Panizza, 1991);
- AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the Southern Alps (Thiene – Udine sector, NE Italy)” Geophysical Journal International (2005): rappresenta un modello più evoluto rispetto a quelli precedenti basati sull’andamento superficiale delle sole faglie attive, in quanto l’interpretazione sismotettonica è spinta fino alla scala della individuazione, o dell’ipotesi, di singoli segmenti strutturali potenzialmente in grado di generare terremoti significativi; la schematizzazione delle sorgenti è stata in seguito ripresa da DISS Working Group, 2007, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than  $M 5,5$  in Italy and surrounding areas, in I. N. d. G. e Vulcanologia, ed., <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.
- ITHACA “ITaly HAZard from CApable faults”. disponibile on-line all’indirizzo <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA - Catalogo delle faglie capaci>
- Geometric and Kinematic modeling of the thrust fronts in the Montello-Cansiglio area from geologic and geodetic data (Eastern Southalpine Chain, NE Italy). Pierfrancesco Burrato et al. Rendiconti online Soc. Geol. It., Vol. 5 (2009), 48-50, 2 ff.



**Figura 2**

Visione tridimensionale delle principali deformazioni Alpine: AN = Linea dell’Antelao; AV = Linea di Aviano; BD = Faglia del M. Baldo; BL = Linea di Belluno; CV = Faglia di Castelvero; FP = Fronte della Catena Appenninica; PC = Linea di Pieve di Cadore; SV = Sovrascorrimento Schio-Valdobbiadene (“Flessura pedemontana”).

Dal punto di vista tettonico regionale l’area in esame appartiene al fronte Prealpino delle Alpi Meridionali, esteso tra Gemona e Schio, che corrisponde al fronte Plio-Quaternario della catena Sudalpina Orientale, un insieme embriciato di ricoprimenti a basso angolo diretti circa tra WSW - ENE e WNW – ESE. La raccolta di nuovi dati geomorfologici e strutturali (sia superficiali che profondi),

assieme a quelli di letteratura, ha permesso di definire con discreta precisione i maggiori *thrust* attivi che interessano le Alpi Meridionali orientali (Italia del NE – vedi fig. 2).

Come si vede dalla figura 3 seguente, nel settore delle Prealpi Venete il fronte più a S della catena Sudalpina Orientale è delimitato dal Montello *thrust* (MT), diretto WSW-ESE, immergente verso NNW e lungo una trentina di chilometri, e da due minori ricoprimenti aventi direzione ed immersione coerenti col primo: i *thrusts* Bassano-Cornuda e Thiene-Bassano.

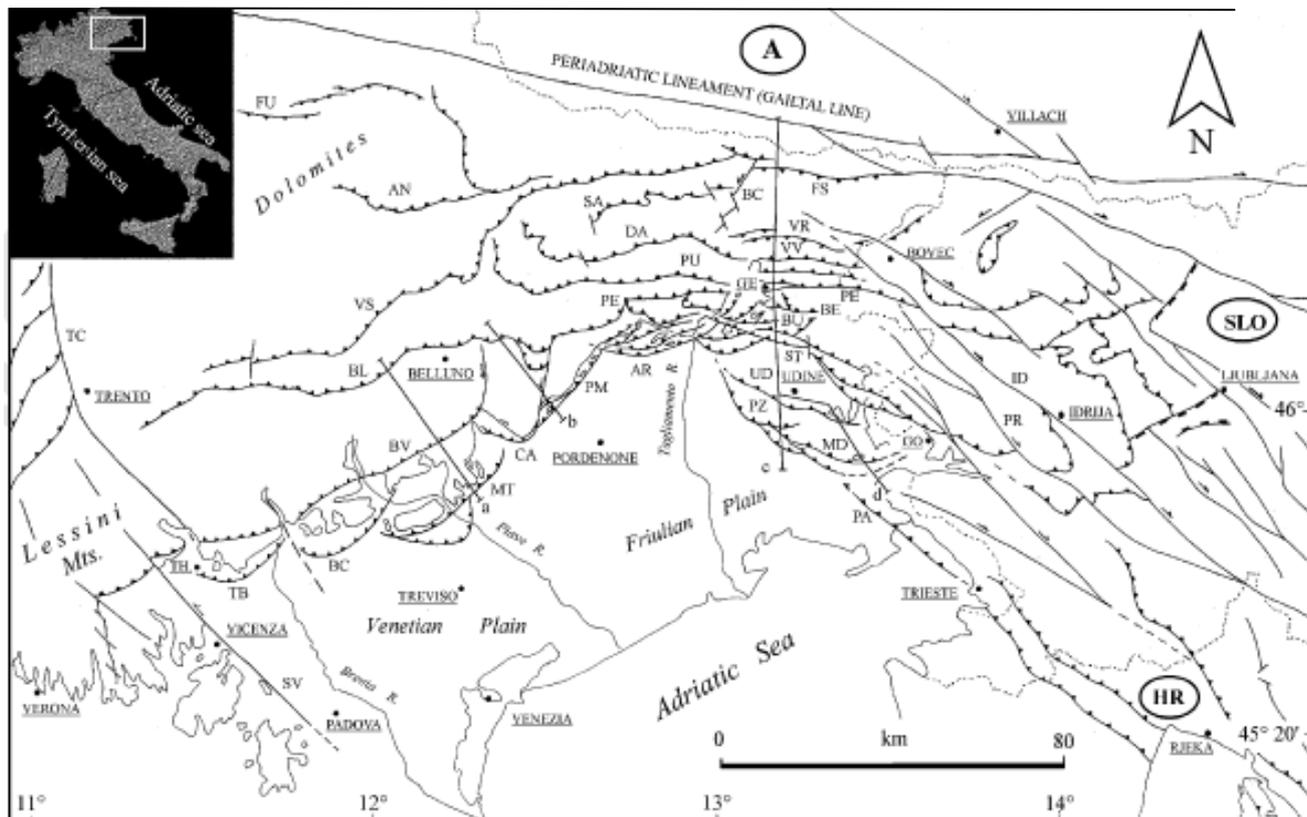


Fig. 3: Modello strutturale del NE Italia e W Slovenia. Le lettere a, b, c e d definiscono le tracce delle sezioni geologiche (vedi fig. 3). Legenda (città): TH: Thiene; GE: Gemona; GO: Gorizia. Legenda delle strutture che interessano la zona in esame e quelle adiacenti: TB: faglia Thiene-Bassano; BC: faglia Bassano-Cornuda; BV: faglia Bassano-Valdobbiadene; MT: faglia del Montello; CA: faglia del Cansiglio.

## 2.3 – I sistemi di faglie attive

### 2.3.1 – Cenni storici

Negli anni '60 e '70 furono raccolti un gran numero di dati sull'attività Plio-Quaternaria delle faglie dell'Italia del NE, poi sintetizzati nella "Mappa Neotettonica dell'Italia" (CNR-PFG 1987). In questa vennero mappati i maggiori sistemi di *thrust* sud-vergenti che bordavano le pianure Veneta e Friulana ed influenzavano il dominio pre-Alpino, come strutture continue attive durante il Pliocene ed il Quaternario (faglie capaci).

La recente attività dei sovrascorrimenti che delimitano le pianure Veneta e Friulana viene rimarcata anche nella "Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como" (Castaldini & Panizza, 1991), che riporta 112 faglie attive nell'area compresa tra il lago di Garda e la regione Friulana.

Gli autori hanno mappato 4 principali strutture compressive dirette ENE-WSW: le linee Bassano-Valdobbiadene, Aviano, Sacile e Valsugana Sud, insieme con un gran numero di faglie minori.

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

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA "Italy HAZard from CApable faults" disponibile on-line all'indirizzo [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA - Catalogo\\_delle\\_faglie\\_capaci](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA - Catalogo_delle_faglie_capaci) (fig. 4).

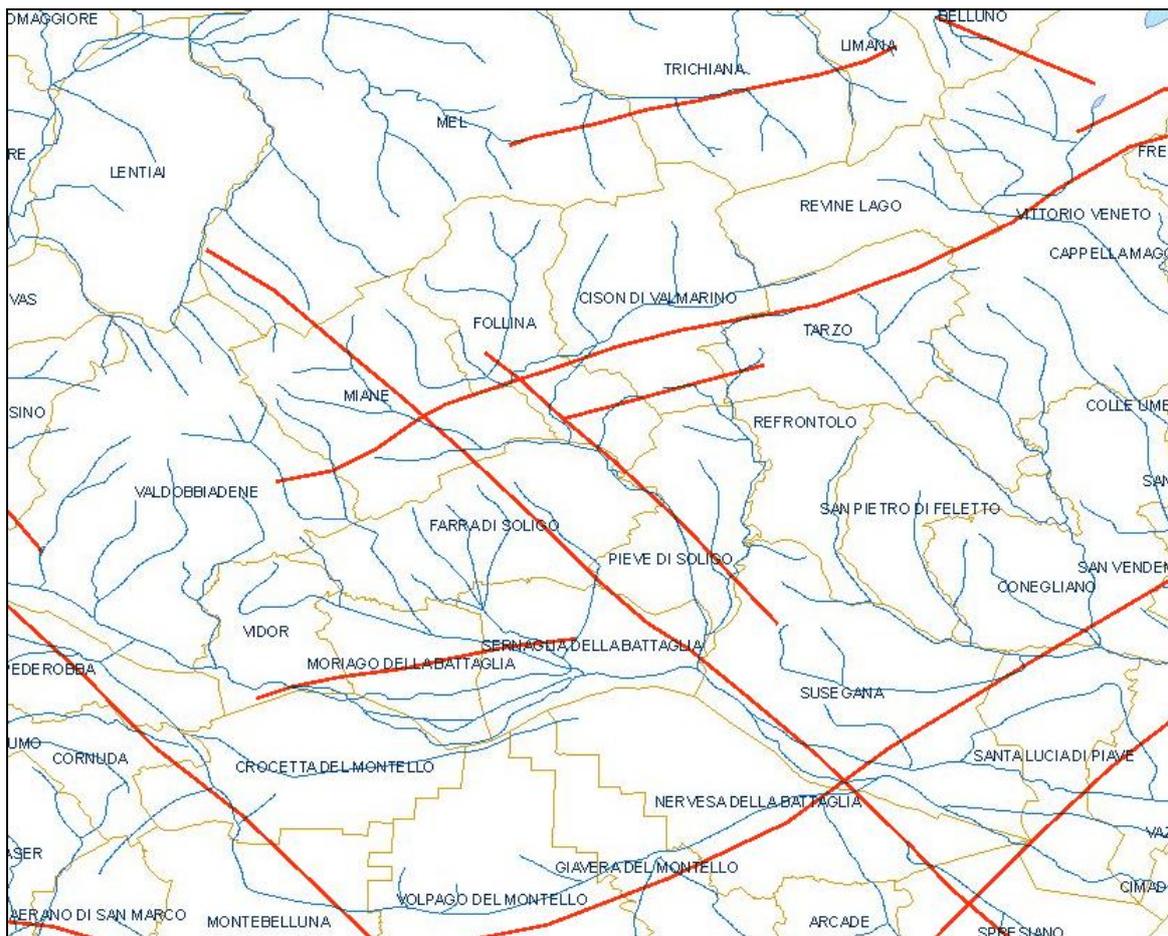


Fig. 4 Cartografia con indicate le faglie capaci che interessano il territorio del PAT desunte dall'archivio ITHACA.

Dai dati geologici disponibili si può vedere come la recente attività tettonica sia il risultato di sovrascorrimenti “ciechi” responsabili di movimenti verticali differenziali e continua deformazione dei depositi e della morfologia del tardo Quaternario, ubicati sopra la linea di estremità delle faglie sepolte (Benedetti *et al.* 2000; Merlini *et al.* 2002; Peruzza *et al.* 2002). Questo stile deformativo (vedi figura 5) impedisce la possibilità di comprendere il comportamento delle faglie attraverso il solo uso esteso delle ricerche paleosismologiche. Il quadro si complica ulteriormente qualora le faglie attive della tettonica Neo-Alpina riattivino faglie di sovrascorrimenti più antichi, in particolare quelli Dinarici (diretti NW-SE).

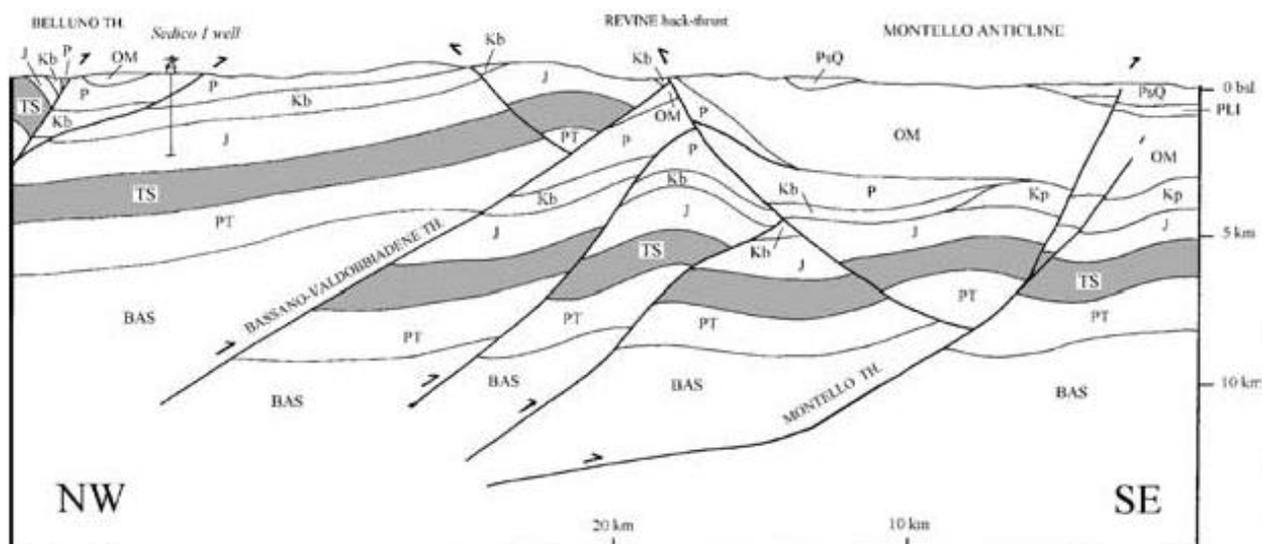


Fig. 5: Sezione geologica attraverso il margine meridionale delle Alpi Meridionali orientali nell'area del Montello (da Fantoni *et al.*, 2001). Legenda: PsQ: Pliocene sup.-Quaternario; PLI: Oligo-Miocene; P: Paleocene; Kb: Cretaceo (bacino); Kp: Cretaceo (piattaforma); J: Giurassico; TS: Trias superiore; PT: Permo-Trias; BAS: Basamento magnetico.

### 2.3.2 – La metodologia di indagine

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

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

Secondo questa filosofia, per la definizione della geometria dei maggiori sovrascorrimenti ciechi che interessano la nostra zona, sono stati utilizzati dati strutturali del sottosuolo, derivati da più di 1700 km di profili sismici a riflessione, che hanno permesso di definire la geometria profonda dei segmenti di faglia, fino a profondità comprese tra 5 e 14 km. I vettori di spostamento delle faglie sono stati ricavati da dati strutturali di superficie e dalla precedente conoscenza dei campi di stress che interessano la nostra regione. I tassi di spostamento a lungo termine sono stati invece ricavati dalle dislocazioni dei depositi quaternari.

### 2.3.3 – Le sorgenti sismogenetiche

Per quanto riguarda la fascia Prealpina, l'elaborazione di un gran numero di dati ha permesso di segmentare il fronte della deformazione attuale in diverse strutture sismogenetiche individuali che possono essere potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo  $M \geq 6$  (ricordiamo che l'energia rilasciata dipende dalla dimensione della sorgente). Sono state così riconosciute 9 strutture tettoniche potenzialmente sismogenetiche (vedi fig. 6).

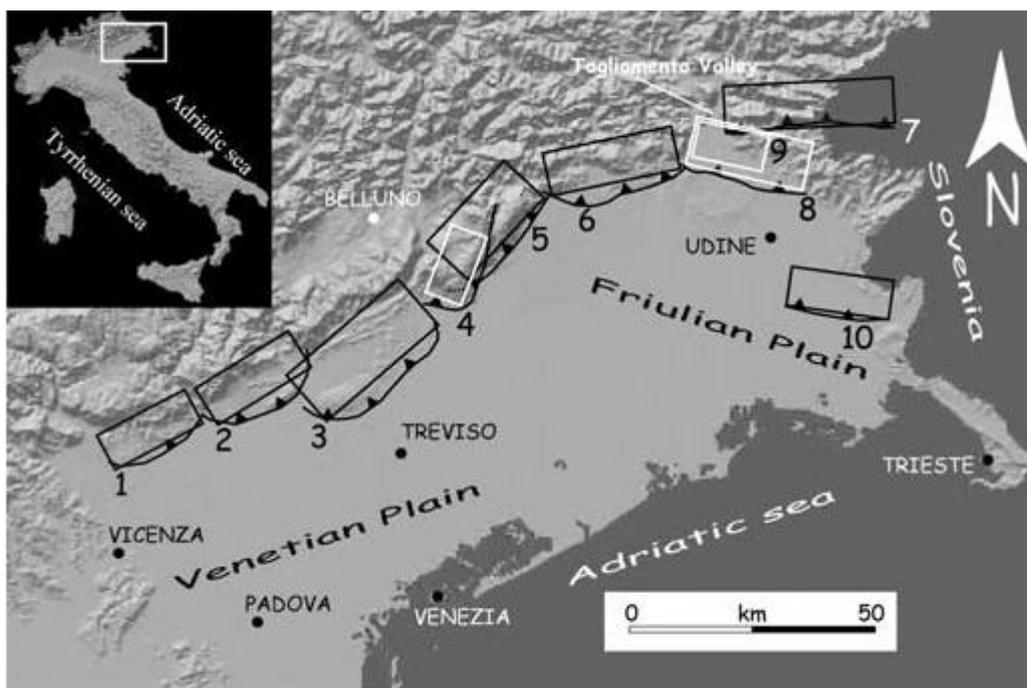


Fig. 6: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nel settore Thiene-Udine della catena delle Alpi Meridionali orientali: (1) Thien-Bassano; (2) Bassano-Cornuda; (3) Montello-Conegliano; (4) Cansiglio; (5) Polcenigo-Maniago; (6) Arba-Ragogna; (7) Gemona-Kobarid; (8) Susan-Tricesimo; (9) Trasaghis; (10) Medea.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

Restando in ambito locale, seguendo la suddetta suddivisione, la struttura tettonica che più influenza la zona in esame è quella denominata Montello-Conegliano *thrust*. Il plateau del Montello è un evidente caso di innalzamento tettonico della superficie morfologica (vedi fig. 7).

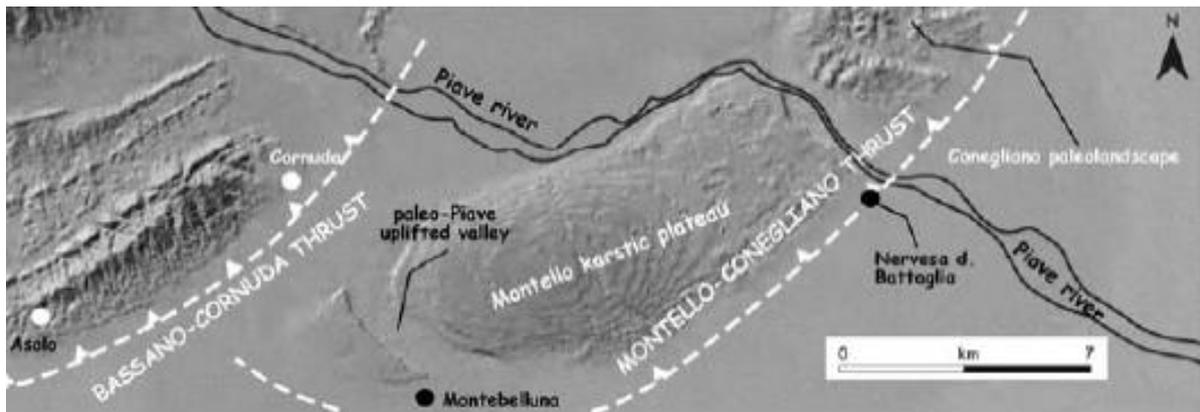


Fig. 7: schema geomorfologico dell'area Asolo-Conegliano. A NW dei sovrascorrimenti di Bassano-Cornuda e Montello-Conegliano si possono notare le aree ripiegate. L'innalzamento del Montello ha condizionato il drenaggio del f. Piave (da Galadini *et al.*, 2005)

La formazione dei suoi terrazzi è infatti collegata all'innalzamento che proviene dall'attività dei sottostanti sovrascorrimenti ciechi. Ogni terrazzo rimarca l'approfondimento del f. Piave in conseguenza dell'incremento del rilievo. La morfologia carsica superficiale indica chiaramente il diacronismo del rilievo, essendo molto più maturo sui vecchi terrazzi che sui giovani (Ferrarese *et al.* 1998). Anche la convessità dei terrazzi lungo il profilo NW-SE rimarca la distorsione tettonica. Questa è maggiormente evidente in quelli più vecchi che in quelli più recenti, indicando una continuità nel tempo dell'azione tettonica. I profili sismici a riflessione mostrano la deformazione dei depositi quaternari.

Anche il prolungamento verso NE della geometria della faglia del Montello, definita da numerosi profili sismici della British Gas e della CPL Concordia (vedi fig. 6), mostra la terminazione della faglia a NE di Conegliano sotto il *thrust* del Cansiglio.

Non sono state osservate evidenze geomorfologiche di superficie che indichino separazione tra il settore del Montello e quello di Conegliano, e quindi si tratta di un singolo sovrascorrimento che rappresenta l'espressione superficiale di una singola sorgente sismogenetica (Montello-Conegliano).

A NE e a SW la struttura Montello-Conegliano confina con altre due distinte strutture sismogenetiche: quella del Cansiglio e quella di Bassano-Cornuda rispettivamente. Oltre al lineamento principale che delimita a SE la struttura maggiore, all'interno dell'area di interesse coesistono altre strutture minori alcune delle quali rivestono grande importanza per capire l'assetto strutturale a livello locale (vedi anche figure 3 e 5):

- lungo il margine dei rilievi montani delle Prealpi la grande flessura Bassano-Valdobbiadene-Vittorio Veneto, elemento neotettonico principale di tutta l'area allargata;

- la faglia di Longhere o della Valcalda: grossomodo si snoda al piede e parallelamente alla fessura Bassano-Valdobbiadene, sul fondo della Vallata; si tratta di un fascio di faglie inverse con direzione WSW-ENE, rigetti complessivi dell'ordine di 4 km e lunghezza di circa 25 km;
- Parallela alla faglia della Valcalda è la faglia di Farrò che interessa il substrato poco a Nord del centro della località omonima.
- Più a Sud la sinclinale del Soligo, con asse parallelo ai rilievi collinari e cerniera all'altezza del centro di Refrontolo. Il fianco della sinclinale è complicato, all'altezza della sede dell'ASCO Piave a Pieve di Soligo, dalla faglia del Quartier del Piave che è costituita in realtà da uno stretto fascio di faglie inverse, attive, con direzione WSW-ENE, obliterate dai sedimenti di copertura.
- anticlinale del Montello: costituisce il rilievo che chiude a S la pianura del Quartier del Piave, ed è formato da strati conglomeratici piegati ad anticlinale con fianchi molto aperti che tende a chiudersi lateralmente (brachianticlinale);
- faglia del Montello: la piega del Montello è il riflesso superficiale di questa deformazione tuttora attiva prodotta dal suo movimento inverso ad alto angolo immergente a NNW che rappresenta la faglia più esterna della catena Sudalpina orientale;
- la linea di Montebelluna: è un lineamento diretto verso NW-SE e circa verticale che si trova ad W del rilievo del Montello; si tratta di un insieme di faglie sia trascorrenti che con importante movimento verticale;
- poco oltre il limite settentrionale del Montello, verso NE, la faglia del Quartier del Piave; è costituita in realtà da uno stretto fascio di faglie dirette, attive, con direzione WSW-ENE, obliterate dai sedimenti di copertura;
- Faglia di Nervesa: circa parallela alla precedente si insinua dentro la stretta di Nervesa e prosegue poi a monte sulla traiettoria del torrente Raboso (dove dà ragione della spaccatura della dorsale collinare), per proseguire poi sulla direttrice Campea-Miane-Carmine fino oltre il crinale delle Prealpi; si tratta di una faglia trascorrente sinistrorsa a trend Dinarico (NW-SE);
- faglia di Pedeguarda: si insinua nel medio corso del fiume Soligo con direzione circa NW-SE, incidendo il versante prealpino verso il m. Crep.

#### **2.3.4 - Caratteri particolari**

Il plateau del Montello è un evidente caso di sollevamento tettonico, sospeso circa 150 m sopra la pianura Veneta. Il substrato è costituito da conglomerati e sabbie ascrivibili al Tardo Pliocene-Inizio Pleistocene, che sono stati interessati da un'intesa erosione carsica, come si evince dall'abbondanza di doline.

Lungo il margine di SW (dove si trova la località di Biadene), si nota la presenza di una valle abbandonata, appartenente al corso del paleo-Piave, che attualmente scorre a nord del rilievo collinare. Secondo Benedetti et al. (2000), l'abbandono della valle di Biadene si realizzò tra 14.000 e 8.000 anni fa, alla fine dell'ultimo massimo glaciale (LGM), quando il riscaldamento climatico provocò la rapida fusione dei ghiacci e un imponente trasporto solido da parte del Piave (aggradazione), in grado di formare uno sbarramento al deflusso delle acque. Per analogia, anche i terrazzi più antichi secondo questi autori sarebbero dovuti ad aggradazione per riscaldamento climatico corrispondente a periodi tardoglaciali o interstadiali, correlabili a oscillazioni eustatiche.

Per quanto riguarda il sollevamento del Montello-Conegliano *thrust*, Benedetti *et al.* (2000), suggeriscono un tasso di innalzamento lungo la faglia pari ad 1 mm/anno, sulla base dell'indagine geomorfologia dei terrazzi fluviali deformati, con effetto la crescita verticale e laterale dell'anticlinale per almeno 300.000 anni, che avrebbe progressivamente spostato verso ovest il corso del Piave, prima della sua brusca deviazione verso ENE. Il dato va preso con cautela in quanto questo valore dipende oltre che dal movimento vero e proprio lungo la struttura (*slip rate*), anche dall'iniziale quota di deposizione dei sedimenti del Quaternario antico rispetto al piede della faglia. Eventuali episodi di ingressione marina possono aver portato in conto materiali esterni durante le fasi di stasi della spinta verticale del *thrust*, falsandone lo spessore attribuibile al suo solo movimento. Secondo uno studio recente dello *Geophysical Journal International* (2005), basato sui profili sismici e sullo spessore dei depositi quaternari, la dislocazione minima imputabile alla sola struttura (*slip rate*), è ipotizzabile essere attorno ai 0,32 - 0,4 mm/anno. Tale valore è in linea con i riscontri geodetici delle misure effettuate all'interno della galleria-canale ENEL Castelletto-Nervesa.

Il sollevamento in corso del Montello è supportato anche dal riconoscimento di scarpate parallele alle strutture tettoniche (ENE-OSO) nei megaconoidi di Montebelluna (tardo-pleistocenico, formato dal paleo-Piave) e di Nervesa (tardopleistocenico-olocenico, formato dal Piave attuale) che circondano verso Sud il colle con apici situati rispettivamente a Ovest e ad Est (MOZZI, 2005).

La struttura tettonica che caratterizza il comune di Nervesa della Battaglia, è senza dubbio la faglia del Montello, che delimita a S la struttura sismogenetica descritta.

Le caratteristiche cinematiche sommarie della struttura sono riportate in tab. 1 sotto:

Lunghezza (km)	Area della frattura (km <sup>2</sup> )	Profondità massima (km)	Movimento verticale minimo (mm/anno)	Magnitudo
<b>30-35</b>	<b>480</b>	<b>6,2</b>	<b>0,32-0,4</b>	<b>6,72</b>

Tab. 1: principali caratteristiche cinematiche della sorgente sismogenetica Montello-Conegliano (da Galadini *et al.*, 2005)

La sorgente sismogenetica del Montello –Conegliano *thrust* non viene messa in relazione con alcun terremoto storico. Questo porta a definire un gap sismico minimo dall'ultima attivazione della sorgente dell'ordine degli 800 anni. Da un punto di vista pratico l'identificazione del *thrust* come “silente” permette di inserirlo tra le aree caratterizzate da un alto livello di rischio sismico.

L'insieme delle azioni orogenetiche, responsabili del sollevamento prima della zona montana e poi di quella collinare, ha prodotto un complesso di fratture e di faglie, che si possono ricondurre ai seguenti due sistemi:

- **Sistema “valsuganese” a direzione ENE – WSW:** rappresentato nella nostra zona dalla “faglia del Quartier del Piave”.
- **Sistema “scledense” a direzione NW – SE** con strutture riferibili solo a tettonica di tipo disgiuntivo. In zona appartengono a questo sistema le faglie che si insinuano nei fondovali principali (val la pena di ricordare le faglie di Montebelluna e di Nervesa). Varie faglie aventi medesima direzione interessano i conglomerati che formano la parte settentrionale del Comune; esse sono evidenziate da allineamenti di doline e da scarpate. Per quanto riguarda fratture e fessurazioni l'andamento è in genere subverticale ed interessa sia i banchi di conglomerato, sia le intercalazioni arenaceo-marnose. I vari sistemi di frattura in parte possono essere evidenziati in corrispondenza degli affioramenti e delle cavità sia superficiali che sotterranee, in parte risultano dall'andamento delle doline e delle altre forme carsiche superficiali.

### **2.3.5 – Progetto OMBRA: deformazione su faglie sismogeniche nella zona del Montello**

A partire dal 1977 (anno in cui OGS ha installato il primo nucleo di stazioni destinate a costituire una rete regionale), vaste porzioni del territorio regionale veneto hanno usufruito di un monitoraggio sismico talvolta però disomogeneo in copertura e discontinuo nel tempo. Dal 2003 la Rete del Veneto beneficia dell'installazione di nuove stazioni, in aree precedentemente poco coperte dal monitoraggio; dal 2008 infine OGS elabora nuovamente in modo congiunto e omogeneo anche i dati di alcune stazioni sismometriche appartenenti ad altre reti (in primis le stazioni della Provincia Autonoma di Trento, alcune stazioni dell'INGV, e stazioni internazionali).

In particolare l'area del Montello, dal 2008, usufruisce di una nuova rete di monitoraggio delle faglie attive, nell'ambito di un progetto denominato OMBRA, che ha il compito di investigare la controversa questione geofisica che scaturisce circa la tettonica attiva ed il potenziale sismogenetico dell'area del Montello. Fino ad ora sono state installate 12 stazioni sismometriche, un paio delle quali attrezzate con stazione GPS. Dal punto di vista sismologico i dati saranno utili per valutare il rischio sismico di un'area dove recentemente è stata osservata soltanto una diffusa micro-sismicità mentre in passato le faglie attive hanno generato rilevanti eventi. Dal punto di vista geologico è interessante capire come una velocità della placca relativamente alta può accomodarsi col *pattern*

regionale. Il progetto vuole altresì discriminare se il *thrust* al di sotto dell'anticlinale del Montello o il fronte alpino sono strutture potenzialmente attive. L'integrazione dei dati provenienti dalle rete RING-INGV con quelli provenienti da altre reti GPS permanenti garantirà, entro i prossimi anni, un miglioramento sostanziale delle nostre conoscenze sulle caratteristiche di accumulo della deformazione alla scala della catena Alpina Orientale. La configurazione delle stazioni GPS semipermanenti del progetto OMBRA si pone in definitiva l'obiettivo di riuscire a campionare il segnale tettonico legato all'accumulo di deformazione su faglie sismogeniche nella zona del Montello.

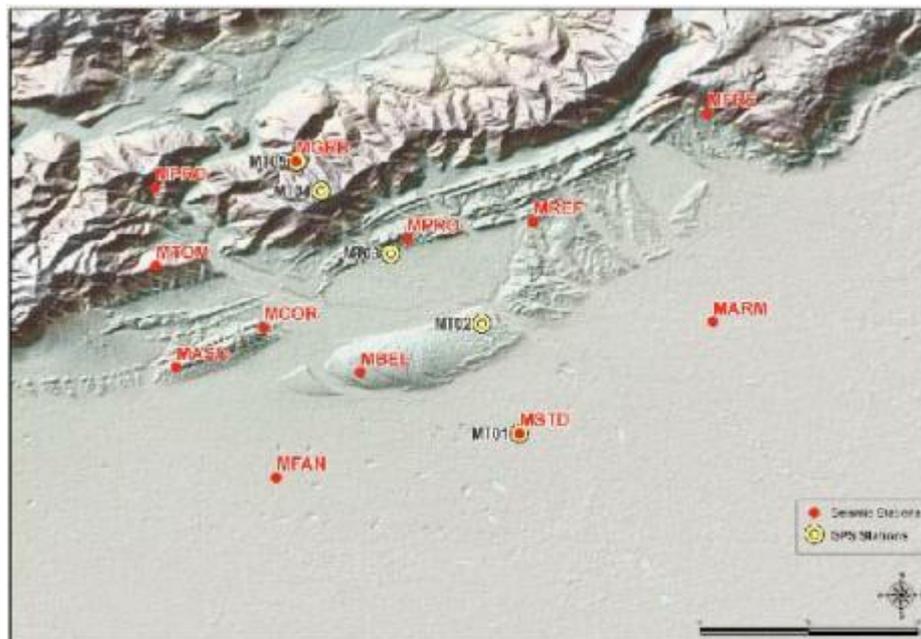


fig. 8: mappa della rete geodetica e sismologica del progetto OMBRA operante nell'area del Montello. In giallo le stazioni geodetiche semi-permanenti; in rosso quelle temporanee.

### 2.3.6 – La rete sismica di Collalto

La “Rete sismica di Collalto” è un sistema di strumenti per rilevare con estrema sensibilità i terremoti che si verificano nell'area della concessione di stoccaggio di gas naturale “Collalto Stoccaggio”. Lo stoccaggio avviene a circa 1500 m di profondità, entro un serbatoio naturale costituito da strati di roccia porosa e permeabile, sigillati tra rocce rigide ed impermeabili, da dove nel passato si è estratto gas naturale fino all'esaurimento del giacimento avvenuto nel 1994. Le stazioni di misura si trovano nella fascia pedemontana, a ovest di Conegliano, principalmente nei comuni di Susegana, Nervesa della Battaglia e San Pietro di Feletto. La rete è stata realizzata nel 2011 da OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale ) di Trieste.

Mediante l'installazione della rete sismometrica si intende effettuare un monitoraggio della sismicità locale a due diversi livelli:

- misura della microsismicità indotta nel serbatoio dalle operazioni di immissione ed erogazione del gas metano, ovvero dalle variazioni di pressione associate ai cicli delle operazioni di stoccaggio/estrazione;
- misura della sismicità naturale legata alle strutture sismogenetiche presenti nell'area; è quindi possibile stimare il livello di pericolosità su base sperimentale e, tramite opportune modellazioni dello scuotimento atteso, valutare i potenziali effetti sul serbatoio (sovrapressioni indotte, fratture, fuoruscite di gas, ecc.) e sulle installazioni ad esso connesse. La rete è composta da 10 stazioni che coprono un'area di 20x20 km(vedi fig. 9).

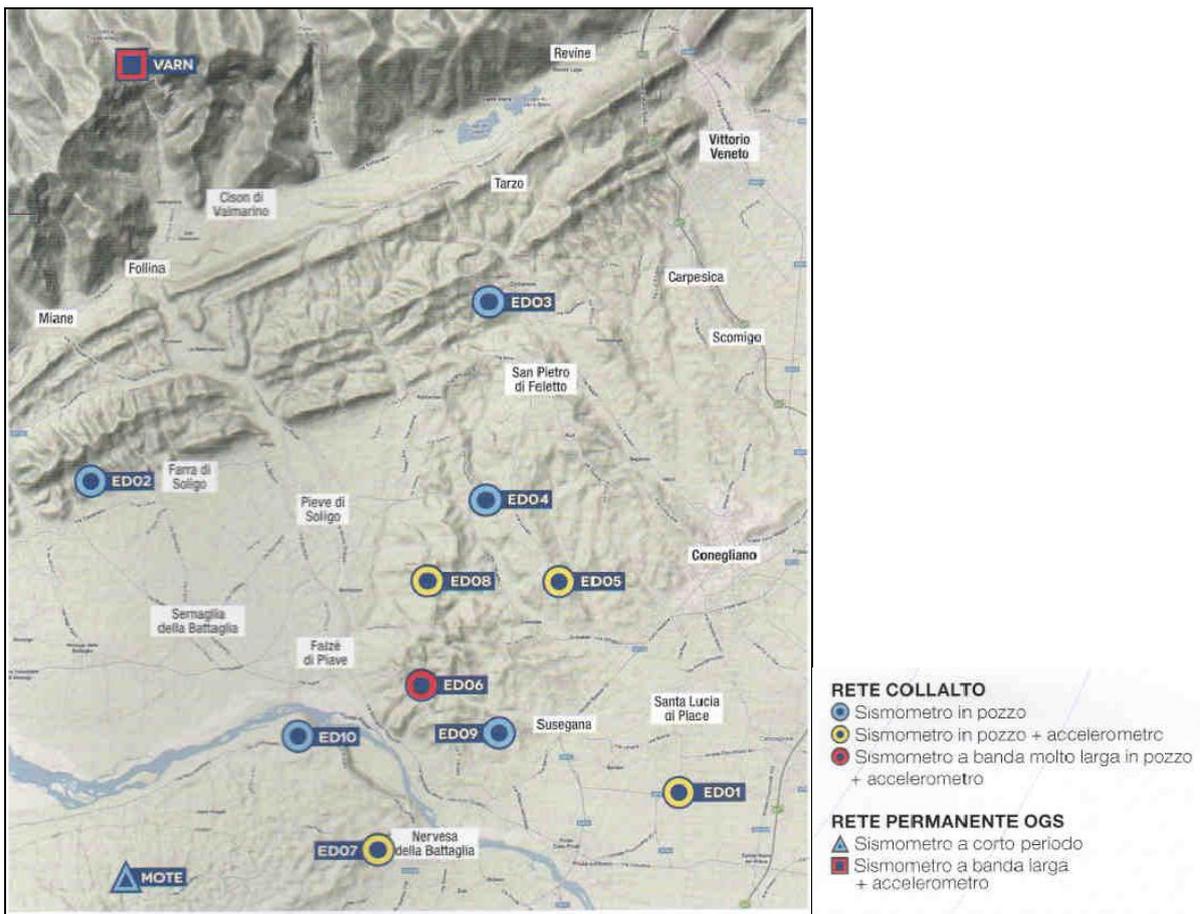


fig. 9 : mappa della rete sismica di Collalto e della rete di monitoraggio sismico dell'Italia Nord-Orientale gestita da OGS

Per quanto riguarda la sismicità a carattere regionale, questa viene già registrata e studiata con le reti permanenti del Friuli Venezia Giulia e del Veneto (cfr. § 2.3.5). Tuttavia, la possibilità di integrazione tra questa ed la rete di monitoraggio del serbatoio, con alcuni strumenti collocati in area intermedia con una spaziatura di circa 10 km, ha permesso di abbassare la soglia di rilevamento al di sotto di magnitudo M2.0 e di delineare le caratteristiche della sismicità minore in tutta l'area.

In figura 10 sono riportate le prime registrazioni della rete sismica di Collalto: come si vede nell'intorno dell'area di nostro interesse nel primo semestre di quest'anno sono stati registrati 2

eventi sismici di magnitudo  $< 1.0$ , quindi assolutamente non percepibili dall'uomo. Questo da un'idea della notevole raffinatezza degli strumenti posizionati.

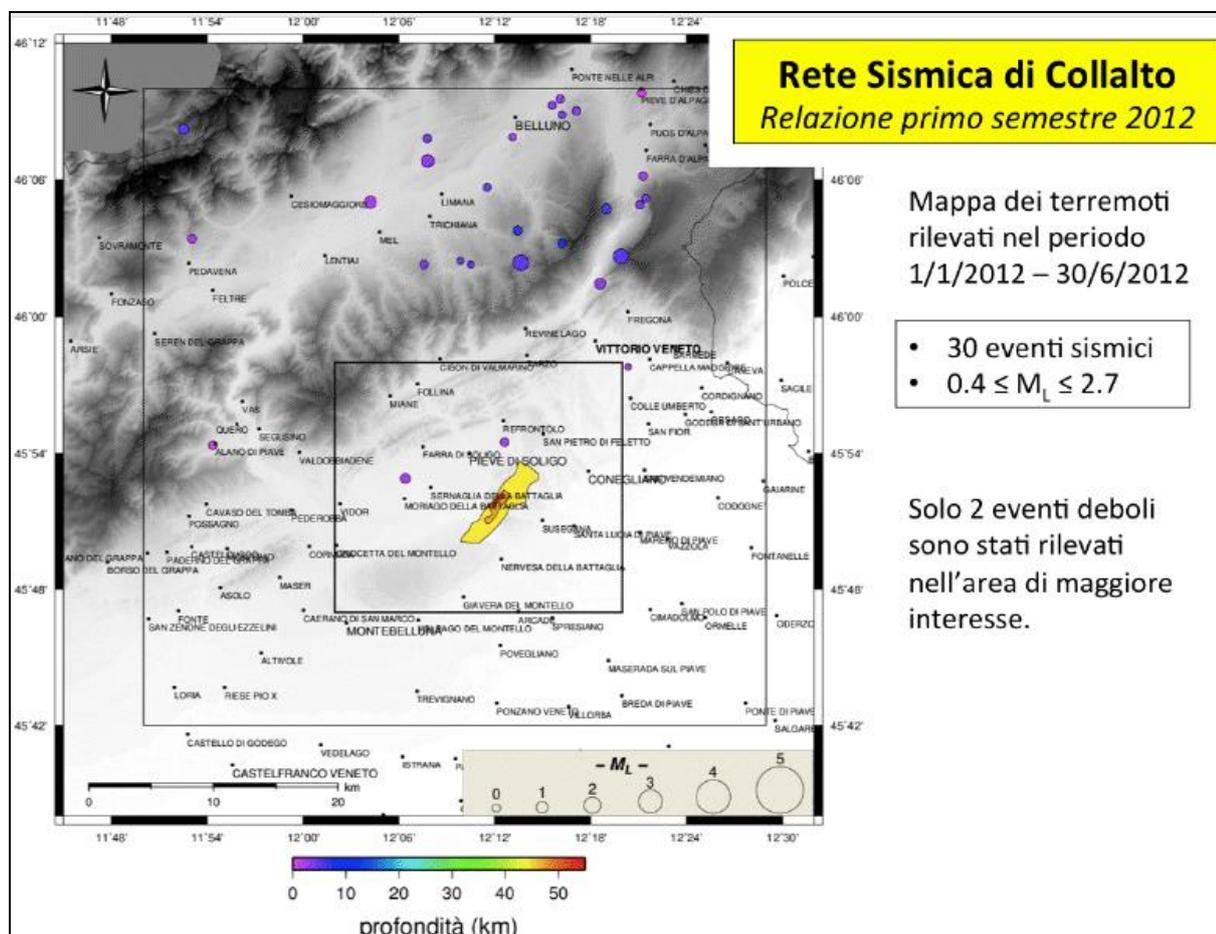


fig. 10 : prime registrazioni della rete della rete sismica di Collalto

## 2.4 – Sismicità storica dell'area

Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l'area si è fatto riferimento al *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani* (CPTI), disponibile a giugno 2011 per l'Italia nordorientale, versione 2004 [CPTI04: CPTI Working Group, (2004)], rilasciato come aggiornamento di una precedente versione del catalogo a seguito dell'iniziativa per la redazione di una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale [Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003: MPS Working Group (2004)]. Il catalogo è disponibile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>, ed è frutto di un progetto portato avanti da un Gruppo di Lavoro formato da ricercatori dell'*Istituto Nazionale di Geofisica* (ING), del *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti* (GNDT) del CNR, della società *SGA Storia Geofisica Ambiente* (SGA) e del *Servizio Sismico Nazionale* (SSN). Il catalogo viene aggiornato periodicamente sulla scorta delle nuove conoscenze.

Secondo il Catalogo, il fronte Alpino della catena delle Alpi Meridionali, cui appartiene la zona in esame, in epoca storica è stata affetta da numerosi terremoti di magnitudo  $M > 6.0$ , di cui quello distruttivo del Friuli del 1976 rappresenta l'episodio recente più importante. Secondo lo studio CPTI, sono 8 i terremoti con magnitudo superiore a 6.0 che hanno danneggiato l'area localizzata grossomodo in una fascia diretta NE-SW e compresa tra il dominio Alpino e la pianura Veneto-Friulana. Di questi, 3 hanno interessato da vicino l'area in studio: nella tabella sottostante vengono riportati con la parametrizzazione CPTI04 per quelli antecedenti il 1901 e con quella CPTI08 per quello successivo:

anno	data	ora	località epicentrale	intensità epicentrale	Magnitudo
	gg.mm.	ora min.		$I_0 = MCS \times 10^*$	$M_{aw}^{**}$
1695	25.02	05.30	Asolo	95 CPTI04	6,6 CPTI04
1873	29.06	03.55	Belluno-Alpago	95 CPTI04	6,3 CPTI04
1936	18.10	03.10	Bosco Cansiglio	90 CPTI04	6,1 CPTI08

\*= $I_0$  significa intensità epicentrale, MCS scala Mercalli-Cancani-Sieberg

\*\* = magnitudo momento: proporzionale all'energia rilasciata nel momento di rottura

Numerosi altri terremoti a minore sismicità, di magnitudo tra 5 e 6, hanno interessato l'area: quello del 778 a Treviso, del 1268 nel Trevigiano, del 1859 a Collalto del 1895 e 1900 a Valdobbiadene ( $M$  5.8, 5.1, 5.1 e 5.3 rispettivamente).

Come detto sopra nella fascia Prealpina delle Alpi Meridionali sono state riconosciute 9 strutture tettoniche potenzialmente sismogenetiche (vedi figg. 4 e 6). Un confronto tra la geometria delle sorgenti sismogenetiche e la distribuzione delle località che hanno subito il maggior danneggiamento (ovvero la massima intensità macrosismica) durante i terremoti storici con magnitudo  $M \geq 6$  ha permesso di avanzare ipotesi sull'associazione di questi terremoti con le specifiche sorgenti sismogenetiche. Secondo questo schema è plausibile ipotizzare che i terremoti messi in tabella sono da attribuirsi al *thrust* Bassano-Cornuda per quello dell'anno 1695, al *thrust* Polcenigo-Maniago per quello del 1873, mentre per quello del 1936 non si hanno dati sufficienti per poterlo assegnare ad una sorgente precisa, anche se l'attribuzione al *thrust* del Cansiglio sembra la più plausibile.

Secondo i cataloghi disponibili (es. Working Group CPTI 2008), non si sono quindi registrati terremoti significativi che possono essere sicuramente associati al Montello-Conegliano *thrust*, la struttura sismogenetica entro cui ricade l'area in esame. I terremoti di intensità minore (ad esempio quello di Collalto del 1859), derivando da limitate rotture profonde non possono essere correlati con certezza con le sorgenti maggiori senza specifici dati strumentali. Tenendo conto che i cataloghi in genere danno esaustive informazioni solo sui terremoti di forte magnitudo, la sorgente Montello-

Conegliano viene considerata silente perché negli ultimi 800 anni non ha registrato eventi sismici di magnitudo superiore alla soglia considerata.

Alcuni autori ritengono silente in epoca storica la sorgente sismogenetica del Montello-Conegliano *thrust*, e ciò può rappresentare, assieme ad altre aree vicine (la Thiene-Bassano, la Arba-Ragogna e la Medea) una zona di potenziale *gap* sismico nel NE dell'Italia. Essi ritengono che proprio nelle zone di *gap* sismico sia maggiore la probabilità di occorrenza di un evento sismico significativo nel breve-medio termine; di conseguenza la pericolosità sismica nelle aree dove queste sorgenti sismogenetiche sono collocate è potenzialmente più elevata rispetto alle aree poste in corrispondenza di sorgenti che hanno originato terremoti in epoca storica.

Tenendo conto che la completezza dell'informazione contenuta nei cataloghi dei terremoti storici cresce al crescere della soglia di magnitudo considerata, ma diminuisce in generale andando a ritroso nel tempo, le sorgenti sismogenetiche caratterizzate da intervalli di ricorrenza lunghi, di diversi secoli o, possibilmente, 1000 anni possono non essere rappresentate in catalogo. Tassi di innalzamento inferiori ad 1 mm/anno sembrano confermare le conclusioni circa l'intervallo di ricorrenza di ogni sorgente. Infatti gli spostamenti superficiali per evento relativi ai terremoti dei sovrascorrimenti con magnitudo tra 6,0 e 6,7 (quelli previsti dai sovrascorrimenti investigati) sono generalmente di parecchie decine di centimetri. Ad esempio nel Montello-Conegliano *thrust* (al quale secondo Benedetti viene associata una magnitudo potenziale di 6,7 ed un tasso di spostamento di 1 mm/anno, mentre per altri autori è circa la metà), l'offset stimato per evento permette di ipotizzare un intervallo di ricorrenza di circa 700 anni. Questo lasso temporale ovviamente aumenta se il tasso di 1 mm/anno incorpora una parte di spostamenti non sismici o spostamenti collegati a terremoti di bassa magnitudo. Per la verità una componente asismica del moto può essere ragionevolmente molto probabile per le faglie investigate. Ad esempio nell'area del Cansiglio *thrust* rilievi geodetici hanno accertato evidenti movimenti delle faglie in tempi recenti che non possono essere correlati a terremoti di alta magnitudo.

La sismicità dell'area registrata strumentalmente dal 1977 si presenta da bassa a moderata, con diversi eventi di magnitudo maggiore di 3, limite teorico della soglia di percezione, localizzati lungo la fascia esterna della catena alpina, nella zona della Flessura Pedemontana e del Montello. La magnitudo massima registrata nell'area fino al 2010 è MD=3,3, relativa agli eventi marcati con la data in Fig. 11. Il 13 settembre 2011, è avvenuto un evento di ML=3,7 (localizzazione in blu in Fig. 11), avvenuto in zona Valdobbiadene ma percepito particolarmente nella località di Moriago della Battaglia; esso risulterebbe l'evento più energetico in epoca strumentale, nonostante effetti di stazione abbiano portato ad una possibile sovrastima della magnitudo di 2-3 decimi di grado. La complessità della sorgente, con diversi eventi succedutisi nell'arco di pochi minuti, è probabilmente

responsabile dell'incertezza nel meccanismo focale, non ben vincolato sia utilizzando la tecnica dell'inversione del momento sismico, sia da polarità del primo impulso; elaborazioni di maggior dettaglio sono tuttora in corso.

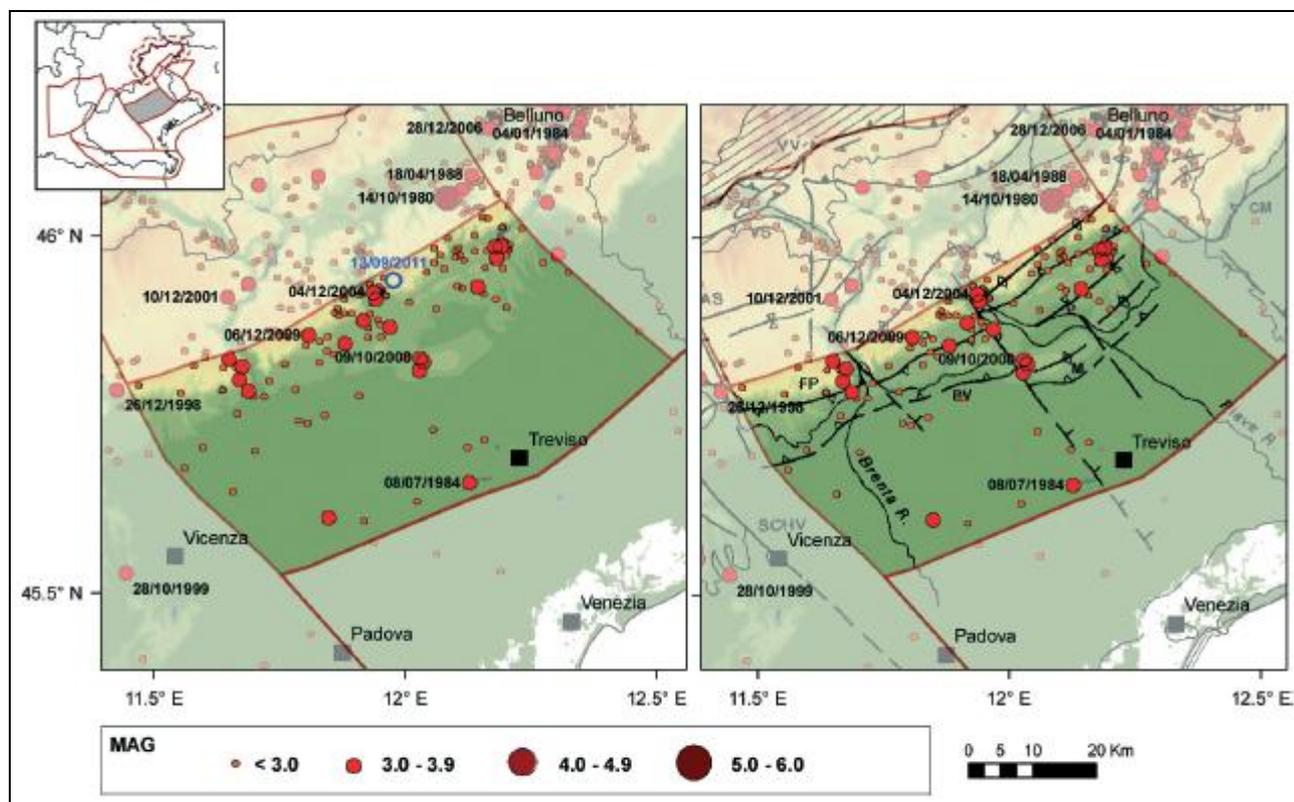


Fig. 11: Mappa della sismicità strumentale del distretto Pedemontana Sud (PS); fonte dati OGS. Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin et al. (1998b) (dx). In blu nella mappa di sinistra è riportata la localizzazione dell'ultimo evento significativo, avvenuto nella zona di Valdobbiadene il 13 settembre 2011 (ML=3,7).

## 2.5 – Sismicità storica del comune di Nervesa della Battaglia

Per l'analisi storica dei terremoti di una certa entità con epicentro documentato entro il territorio del Comune di Nervesa della Battaglia è stato consultato il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani DBMI04 (Stucchi et al., 2007), che rappresenta l'archivio di dati di intensità utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. Anch'esso è il database pubblico più aggiornato, disponibile per l'Italia nord-orientale alla metà del 2011. L'archivio consente di accedere a tabelle, mappe e grafici di intensità macrosismiche osservate, così come definite da specifici studi di riferimento per 1041 terremoti. La consultazione avviene online per terremoto o località, o mediante download dal sito <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Secondo il database Nervesa della Battaglia, non registra eventi, in epoca storica, con epicentro nel territorio comunale, ma è stata interessata da scuotimenti sismici di una certa entità (intensità registrata al sito  $I_s \geq 5$ ) in occasione del terremoto con epicentro Bassa Padana (1909). È riportata nell'allegato a fondo

relazione la cartografia relativa all'evento con indicata intensità epicentrale  $I_0$ , magnitudo momento  $M_w$  ricostruita ed intensità macrosismica osservata  $I_s$ .

Per il terremoto del 1873 dell'Alpago, pur avendo prodotto danni in vari centri dell'alto Trevigiano, ricordiamo le 42 vittime di San Pietro di Feletto, i cataloghi consultati non riportano notizie di risentimenti nei comuni della Vallata.

I dati riassuntivi delle osservazioni con intensità risentita anche  $< 5$  sono riportati nelle tabelle sottostanti:

Numero di eventi: 3									
Effetti		In occasione del terremoto del:							
$I_s$	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	$N_p$	$I_x$	$M_w$
5	1909	01	13	00	45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53
3	1952	01	18	01	36	POLCENIGO	108	5	4.68
3	1989	09	13	21	53	PASUBIO	779	6-7	4.96

Tab. 2: Terremoti storici a Nervesa della Battaglia

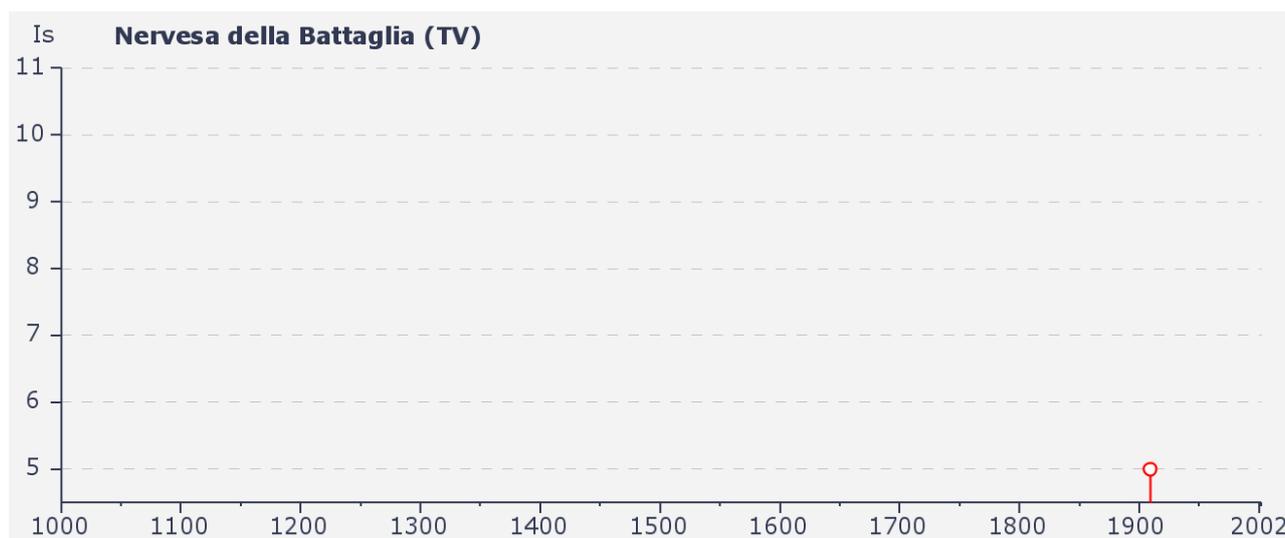


Tabella 3: riepilogo delle osservazioni dei terremoti storici registrati nel comune di Nervesa della Battaglia. Legenda:  $I_s$ : Intensità al sito; Me Gi Or Mi Se: Mese, Giorno, Ora, Minuto, Secondo; AE: denominazione area dei maggiori effetti;  $I_0$ : Intensità epicentrale;  $M_w$ : Magnitudo momento (da Stucchi *et al.* 2007)

## 2.6 – La classificazione sismica del territorio comunale

Per quanto riguarda la pericolosità sismica del territorio dal punto di vista macrosismico, come detto in introduzione, l'Ordinanza P.C.M. n. 3274 ha inserito il comune di Nervesa della Battaglia in zona 2, confermandone la sismicità già riconosciuta da provvedimenti precedenti in particolare il D.M. 14 maggio 1982. Questa zona prevede una accelerazione massima di picco su suolo di riferimento rigido di 0,25g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che corrisponde al valore con tempo di ritorno di 475 anni (vedi figura 12).

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519, è stato introdotto il reticolo di riferimento e per avere i dati relativi al comune bisogna mediare i valori imposti ai quattro nodi della maglia relativa. Il reticolo permette di ricavare i parametri per risalire allo spettro elastico di risposta da introdurre nella progettazione.

Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di Nervesa della Battaglia è compreso nella fascia di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A) di  $0,175 \div 0,225g$ . Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici devono essere compresi entro questa fascia. Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di Nervesa della Battaglia è compreso entro 3 fasce di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A):

- $0,175 \div 0,200g$  = settore Sud del comune
- $0,200 \div 0,225g$  = settori centrale, Nord ed Est del comune
- $0,225 \div 0,250g$  = settore Ovest del comune

Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici devono essere compresi entro questa fascia.

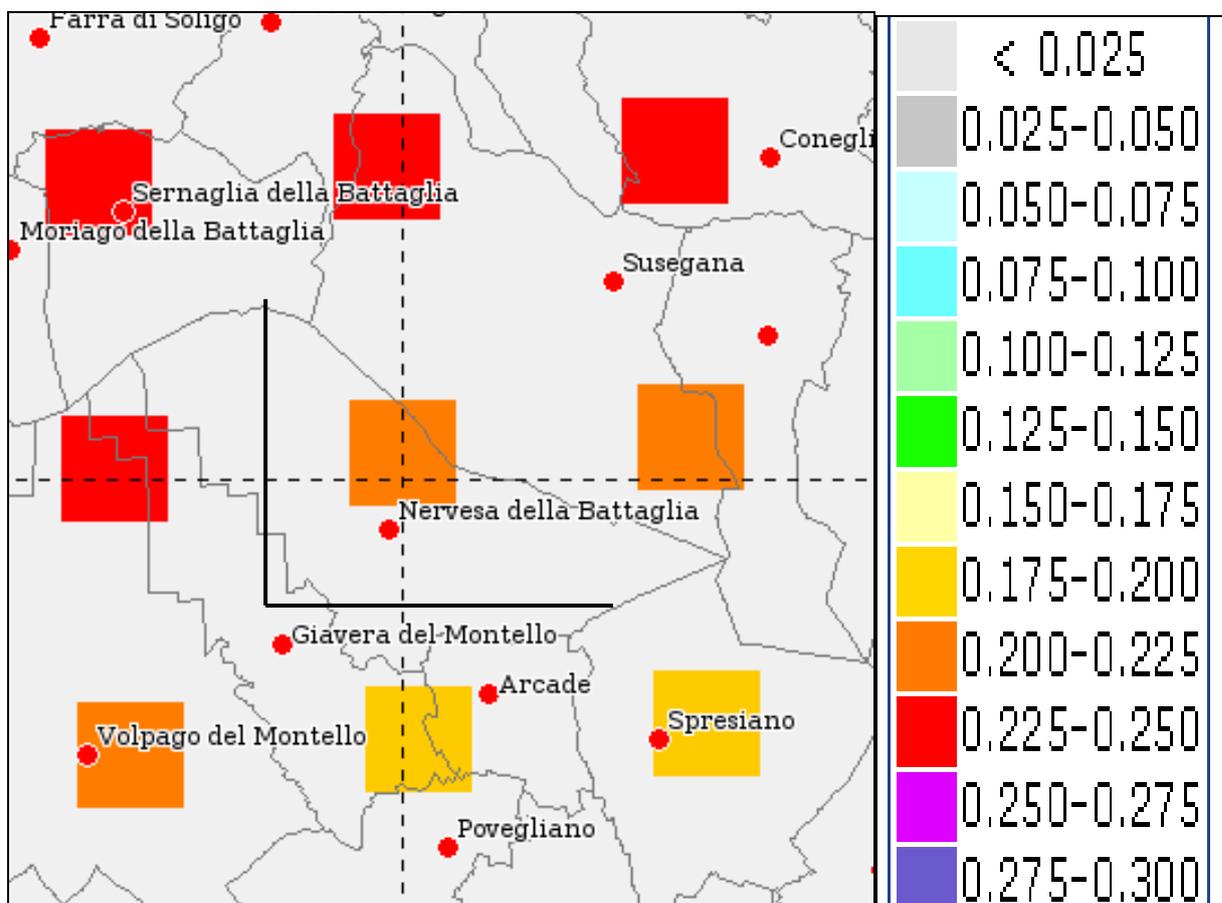


Fig. 12: Mappa di pericolosità sismica del territorio comunale di Nervesa della Battaglia

## 2.6 – Gli elementi geologici in prospettiva sismica

Gli elementi geologici che possono produrre amplificazione sismica sono descritti dalle NTC (Norme Tecniche per le Costruzioni) del D.M. 14 gennaio 2008 e prendono in considerazione l'amplificazione legata agli effetti litologico-stratigrafici e a quelli topografici; vengono purtroppo trascurati gli effetti di valle e di bordo vallivo perché, allo stato attuale delle conoscenze, sono difficilmente quantificabili. Secondo le NTC si valuta:

- a) AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA (per gli effetti litologico-stratigrafici) dovuta al contrasto di impedenza tra mezzi geologici diversi;
- b) AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA (per gli effetti topografici di superficie) legata alla focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza di creste e scarpate.

### 2.6.1 – Amplificazione stratigrafica

L'amplificazione stratigrafica è attesa su suoli (con il termine suolo qui si intende qualsiasi tipo di materiale roccioso o sciolto su cui è modellata la superficie topografica) di categoria diversa da A, caratterizzati da  $V_s < 800$  m/s e spessori  $>$  di 3 metri.

Qualsiasi tipologia di suolo (roccia o deposito quaternario) che possiede  $V_s > 800$  m/s rientra, invece, nella categoria A ed è considerata bedrock sismico, quindi non in grado di generare amplificazione stratigrafica.

Categoria di suolo	Descrizione	Esempi di depositi quaternari associati
<b>A</b> $V_s > 800$ m/s	- rocce di basamento (es: filladi) - rocce sedimentarie massive o in banchi spessi (es: calcari, dolomie, arenarie ben cementate), con fratturazione debole o assente, affioranti o coperte da depositi quaternari di spessore non superiore a 3 metri	- depositi glaciali di fondo fortemente consolidati
<b>diversa da A</b> $V_s < 800$ m/s   $V_s$ decrescente	- depositi clastici molto grossolani, ghiaie e sabbie cementate - rocce sedimentarie a stratificazione sottile, - rocce tenere (es: marne) - rocce di basamento o sedimentarie massive molto fratturate	- depositi glaciali di fondo normal consolidati - detrito di falda cementato - accumuli di frana a grossi blocchi - depositi alluvionali grossolani cementati
	- ghiaie e sabbie normalmente consolidate e non cementate	- depositi glaciali non consolidati - detrito di falda non cementato - depositi alluvionali - coltre detritico-colluviale
	- depositi di sabbie fini, silt o argille non consolidate - torbe - depositi vulcanici sciolti recenti	- depositi alluvionali fini - depositi transizionali (di laguna, deltizi, di cordone litorale ecc.) - coltre eluvio-colluviale

Su questa base si distinguono suoli di categoria A, identificati spesso con la sigla SNA (Suoli Non Amplificabili), e suoli di categoria diversa da A, denominati talora con la sigla SA1, SA2,

SA3, ecc. (Suoli Amplificabili = suoli B, C, D, E nelle NTC2008), in funzione delle caratteristiche elastiche stimate.

Inoltre sarebbero da identificare le aree potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione oppure esposte a densificazione in terreni insaturi (costipazione e cedimento).

### **2.6.2 – Amplificazione topografica**

L'amplificazione topografica ovvero la focalizzazione (o concentrazione) delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è un fenomeno ampiamente documentato.

L'amplificazione topografica è massima in corrispondenza di linee di cresta/cigli di scarpata e poi decresce con modelli complessi allontanandoci da esse.

L'amplificazione del segnale sismico per motivi topografici è un tipico effetto tridimensionale; è in genere più bassa rispetto a quella litologico-stratigrafica ed è influenzata sensibilmente dalla direzione di provenienza del segnale.

Convenzionalmente, secondo la normativa tecnica italiana (D.M. 14/1/2008), gli elementi geomorfologici (naturali o artificiali) di altezza > 30 metri, per i quali si stima una possibile amplificazione sismica topografica sono:

- a) creste con larghezza alla sommità sensibilmente inferiore rispetto alla base;
- b) cigli di scarpata, orli di terrazzo, nicchie di distacco di fenomeni di frana importanti, orli di scarpata di degradazione e rotture di pendenza generiche. Tra gli elementi geomorfologici artificiali capaci di produrre amplificazione topografica si ricordano anche i cigli di scarpata che delimitano dighe in terra, terrazzi in terreni di riporto e cave di inerti.
- c) cime isolate o guglie

Tuttavia, si consiglia di valutare anche altezze comprese tra 10 e 30 metri, in accordo con quanto indicato negli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica del Dipartimento della Protezione Civile nazionale.

## **3 – LE CARTE DI VULNERABILITA' GEOLOGICA IN PROSPETTIVA SISMICA**

Le carte di vulnerabilità geologica in prospettiva sismica costituiscono uno strumento di affinamento delle mappe di pericolosità sismica di riferimento già esistenti, redatte sulla base della O.P.C.M. 3519/2006, in quanto sintetizzano sulla carta una stima della pericolosità sismica locale in termini di caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e strutturali del sito, associata all'acquisizione di informazioni relative agli effetti dei terremoti storici. Lo studio dei fenomeni di amplificazione locale del moto sismico del suolo rappresenta un passo fondamentale

verso la microzonazione sismica di un territorio finalizzata alla caratterizzazione della risposta di sito ed alla conseguente riduzione dei rischi indotti dai terremoti.

### **3.1 – Q.C. 5-5 Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica**

#### **3.1.1 – Introduzione**

Le metodologie di lavoro da utilizzare per gli studi di zonazione sismica, vanno calibrati alla scala del problema. Alla scala territoriale, vengono qui riportati i procedimenti con i quali analizzare e quantificare l'influenza che le condizioni locali di sito (morfologia superficiale e sepolta, regime delle acque sotterranee, costituzione del sottosuolo, proprietà fisico meccaniche dei terreni e delle rocce) hanno sul moto sismico e sugli effetti indotti da un terremoto. Il procedimento di analisi ha fatto riferimento in primo luogo all'allegato A ed alle Linee guida per la realizzazione dello studio di compatibilità sismica per i Piani di Assetto del Territorio comunali e intercomunali (PAT e PATI) della D.G.R.V. n. 3308/2008 oltre che ad uno studio pilota elaborato dal Politecnico di Milano che suddivide l'analisi del rischio sismico in 3 livelli:

- 1° livello: di tipo qualitativo;
- 2° livello: di tipo semiquantitativo;
- 3° livello: di tipo quantitativo.

In questa fase siamo nell'analisi del 1° livello, che prevede la redazione di una carta di pericolosità sismica locale.

L'elaborato è inteso a identificare gli scenari di pericolosità sismica locale sulla base degli effetti di:

- **instabilità**: si riferisce alle zone caratterizzate da movimenti franosi attivi o quiescenti o zone potenzialmente franose o esposte al rischio di frana;
- **cedimenti e/o liquefazioni**: vale per le zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (depositi e riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale ecc.);
- **amplificazioni topografiche**: zone con ciglio  $H > 10$  m (scarpate con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica), zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo;
- **amplificazioni litologiche e geometriche**: zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi, zone pedemontane di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre, zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi, zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine pluvio-colluviale;
- **comportamenti differenziali**: si riferisce a zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse in termini di rigidità.

### **3.1.2 – Gli aspetti cartografati**

#### ***Instabilità***

Le zone che in caso di sisma possono essere soggette ad accentuazione o riattivazione dei fenomeni di instabilità sono quelle caratterizzate da movimenti franosi attivi o quiescenti. Nel territorio in esame non sono stati documentati fenomeni che possono rientrare nelle categorie descritte. Gli unici elementi di dissesto riconoscibili, così come cartografati nella Tav. 5.1 – Carta geomorfologica, sono le superfici dissestate da *creep*, non ben localizzabili o circoscrivibili, che si rinvennero su ampi tratti del Montello. Si tratta in prevalenza di movimenti lenti e superficiali, che si innescano per azione della gravità in versanti formati da terreni meccanicamente deteriorati sia per rimaneggiamento antropico che per variazione cicliche del regime delle pressioni neutre a seguito delle precipitazioni o del gelo, che per il loro modesto spessore in caso di sisma non sono suscettibili di evoluzione verso instabilità vere e proprie.

#### ***Cedimenti e/o liquefazioni***

In caso di sisma, fenomeni di cedimento possono essere attesi a causa del collasso di cavità sotterranee ovvero cedimenti improvvisi della superficie topografica. Il profondo carsismo che interessa l'ambiente del Montello fa sì che ampie zone siano esposte al rischio di cedimenti o crolli, appunto dove questo fenomeno è più accentuato: ad esempio nei dintorni dei ruderi dell'abbazia di Nervesa ed in ampie zone al limite occidentale del territorio comunale al confine con Volpago del Montello.

La liquefazione è un fenomeno per cui durante un terremoto la rigidità e la resistenza di un terreno possono ridursi significativamente. Il fenomeno della liquefazione interessa terreni granulari (prevalentemente sabbiosi) sciolti, saturi ed in uno stato di confinamento iniziale modesto (per esempio a breve profondità dal piano campagna). Quindi per quanto riguarda la eventuale suscettibilità dei terreni alla liquefazione, la profondità media della falda, la granulometria e l'addensamento dei depositi alluvionali o colluviali essa andrà approfondita con studi puntuali.

#### ***Amplificazioni topografiche***

Nella zona collinare le morfologie che possono dare luogo ad amplificazione del moto sismico e focalizzazione delle onde sismiche sono:

- le linee dei principali orli di scarpata che espongono le pareti subverticali o molto inclinate ed i cigli stessi al rischio di potenziali crolli; gli stessi effetti sono attesi per i versanti con pendenze superiori a 30°. Per quanto riguarda gli orli di scarpata suscettibili di questo fenomeno, in carta sono stati segnalati sia la scarpata che separa l'alveo medio recente del f. Piave dal ripiano di alluvioni fluvioglaciali lungo la Strada Panoramica ed il canale della Vittoria all'estremità Nord

del territorio comunale sia il limite morfologico del colle del Montello lungo il lato orientale ed in parte settentrionale, così come cartografati nella Tav. 5.1 – Carta geomorfologica.

- Anche i versanti con pendenza compresa tra 15° e 30° possono dar luogo a fenomeni di amplificazione come assunto dal D.M. 14.01.2008.

In carta sono riportate le tre classi di pendenza, rispettivamente superiore a 30°, compreso tra 15° e 30° ed infine, inferiore a 15° rispetto all'orizzontale.

Nella zona di pianura, con la stessa ottica utilizzata per le scarpate collinari, sono stati evidenziati anche i cigli di scarpata di cava vista la profondità delle scarpate di scavo e di ricomposizione che generalmente sono superiori a 20 m.

#### ***Amplificazioni litologiche e geometriche***

Nel nostro territorio le amplificazioni dovute a cause litologiche e geometriche sono imputabili prevalentemente al contrasto di impedenza sismica tra il substrato e la copertura. Le aree suscettibili, riportate in carta, si trovano sul colle del Montello. In queste zone la penalizzazione è data dalla presenza di una coltre sciolta di spessore superiore a 3 m ma inferiore a 20 m che giace su di un substrato nettamente più rigido. Questo comprende anche le zone a diffuso carsismo presenti soprattutto a ridosso del confine con Giavera del Montello. Rimangono escluse da questo tipo di penalizzazione le sole aree con substrato conglomeratico affiorante o subaffiorante (copertura < 3 m).

#### ***Comportamenti differenziali***

Nel territorio in studio non sono stati rilevate zone suscettibili di amplificazioni a causa del contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, in quanto o già comprese nella categoria precedente o, come nella fascia collinare del Montello, i litotipi affioranti, pur diversi per litologia, non hanno elevato contrasto. Si rimanda a successivi studi più puntuali l'approfondimento di questo aspetto.

### **3.2 – Q.C. 5-6 Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica**

Nella carta in oggetto tutte le condizioni geolitologiche, geomorfologiche e idrogeologiche che possono potenzialmente variare la risposta sismica locale rispetto al terreno di riferimento di categoria A, vengono accorpate in 3 zone omogenee, come richiesto dall'allegato A e dalle Linee Guida della D.G.R.V. n. 3308/2008, che possono essere caratterizzate da condizioni:

- **di stabilità**
- **di stabilità ma suscettibili di amplificazioni sismiche**
- **suscettibili di instabilità**

### **3.2.1 – Gli aspetti cartografati**

Nel territorio del comune di Nervesa della Battaglia non sono state riconosciute zone stabili, ovvero non potenzialmente passibili di amplificazioni del moto sismico. Infatti anche quei settori del territorio in cui non si ha la penalizzazione dovuta alla pendenza oppure allo spessore della coltre sciolta inferiore a 20 m oppure alla presenza di cigli di scarpate o aree con diffuso carsismo con possibili cedimenti, comunque non vi è presenza di ammassi rocciosi affioranti o suoli molto rigidi come prevede la normativa per la categoria A.

**aree stabili suscettibili di amplificazioni sismiche**: è stato inserito in questa categoria l'intero territorio comunale ad eccezione dei lembi che rientrano nella classe successiva. L'amplificazione del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale riguarda sia i versanti a pendenza media ( $15^\circ \div 30^\circ$ ) o elevata ( $>30^\circ$ ), che le zone collinari con substrato a profondità inferiore a 20 m, che la zona di pianura con terreni sciolti.

**aree suscettibili di instabilità**: sono le aree nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a “deformazioni” del territorio, ma in generale racchiudono anche gli effetti della classe precedente. Le potenziali situazioni geologiche interessate da fenomeni di instabilità durante il sisma possono essere così schematizzate:

- *instabilità di versante*: tali fenomeni possono verificarsi lungo i maggiori cigli delle scarpate morfologiche che bordano il lato settentrionale e orientale del Montello e lungo i maggiori cigli delle scarpate delle cave attive; sono stati ricompresi nel fenomeno anche i pendii sottostanti le scarpate caratterizzati da pendenze elevate ( $>30^\circ$ );
- *fenomeni di liquefazione*: la potenziale occorrenza del fenomeno è stata riconosciuta ai terreni distinti in carta geolitologica come: Materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente. Con i pochi dati a disposizione la suscettibilità al fenomeno è stata stimata più elevata rispetto agli altri terreni limitrofi, aventi caratteristiche geologiche ed idrogeologiche simili, in quanto trattasi di terreni di deposizione recente, quindi non ancora sufficientemente stabilizzati, anche se va ribadito che la prevalenza di materiali grossolani (ghiaie e ciottoli), rende il rischio potenziale assai ridotto. Vista l'importanza del fenomeno la suscettibilità alla liquefazione del terreno deve essere valutata sulla base di prove in sito (SPT e/o CPT e/o prove geofisiche in foro del tipo DH, CH e/o SCPT), esplorando un numero di verticali adeguato all'importanza dell'opera e all'estensione dell'area di indagine e sufficiente ad accertare la variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del deposito. Dovrà anche essere determinata con appropriate rilevazioni l'entità delle fluttuazioni dei livelli di falda e nelle analisi dovrà considerarsi la condizione meno cautelativa.

- *Collasso di cavità sotterranee*: sono interessate al fenomeno le zone a più diffuso carsismo dove sussiste un rilevante pericolo di crolli o cedimenti (vedi ad esempio la zona a ridosso del confine con Giavera del Montello); va comunque ricordato che l'intero ambito del Montello è intimamente permeato da cavità carsiche che possono localmente evolvere per crolli con manifestazioni anche superficiali.

## NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO

In Italia la difesa dai terremoti è attuata esclusivamente tramite la normativa sismica, ovvero da quell'insieme di regole costruttive (norme tecniche) che si applicano ai comuni classificati sismici.

In questo senso la normativa di riferimento è data dai seguenti atti principali:

- L. 02.02.1974, n. 64, "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 11.03.1988, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circ. LL. PP. 24.09.1988, n. 30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative";
- Circ. Reg. 05.04.2000, n. 9, "Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974, n. 64 e dal D.M. 11.03.1988";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20.03.2003, n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica";
- Deliberazione n. 67 del 03.12.2003 del Consiglio Regionale del Veneto "Decreto legislativo n. 112/1998 articolo 94, Legge 2 febbraio 1974, n. 64 e Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003, n. 3274 come modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 02.10.2003, n. 3316. Nuova classificazione sismica del territorio regionale: Direttive";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 03.05.2005 n. 3431 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»";
- D.M. 14.09.2005, "Norme tecniche per le costruzioni";

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- D.M. 14.01.2008, “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- D.G.R.Veneto n. 3308 del 04.11.08 “Modalità operative ed indicazioni tecniche per la redazione e la verifica sismica della pianificazione urbanistica”.

Pieve di Soligo, dicembre 2012

dott. geol. Dario Barazzuol  
Ordine Geologi del Veneto n. 618

dott. geol. Gino Lucchetta  
Ordine Geologi del Veneto n. 242

## 4 – BIBLIOGRAFIA

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

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

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

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

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

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

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

DISS Working Group; 2007: Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than  $M 5.5$  in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy.

DISS Working Group; 2010: Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than  $M 5.5$  in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy, <http://diss.rm.ingv.it/diss>, last access Dec. 2011.

Dogliani C.; 1990: Thrust tectonics examples from the Venetian Alps. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec., 1, 117-129.

Dogliani C. and Bosellini A.; 1987: Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps. *Geol. Rundsch.*, 76, 735-754.

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

Galadini F., Poli M.E. and Zanferrari A.; 2002: Sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi nell’Italia nord-orientale. In: Atti 21° Convegno Nazionale GNGTS, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Riassunti estesi, Roma, Italy, pp. 27-30.

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

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

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

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

OMBRA Project Group; 2011: OMBRA: Observing Montello Broad Activity - Deployment of a temporary seismic network to study the deformation process across Montello fault (Eastern Alps). Rapporti Tecnici INGV, RT180, Roma, Italy, 42 pp.

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

Peruzza L., Romanelli M., Priolo E., Lovisa L., Garbin M. and Gentili S.; 2007: Progetto di fattibilità per la definizione di una rete di monitoraggio sismico della struttura Montello-Feletto (TV) finalizzata allo studio della sismicità naturale e della microsismicità indotta nell'area interessata dalla concessione di stoccaggio gas metano denominata "Collalto Stoccaggio". Rapporti Interni OGS, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Dipartimento Centro di Ricerche Sismologiche, OGS-58/2007/CRS-15, Trieste, Italy, 119 pp.

Picotti V., Ponza A., Pazzaglia F.J.; 2009: Plio-Quaternary evolution of the mountain front of the Southern Alps and the Apennines; Rendiconti online Soc. Geol. It., Vol. 92 (2009), 50-53.

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

Sirovich L., Pettenati F. and Bobbio M.; 1999: Caratteristiche di sorgente dall'inversione di intensità macrosismiche, terremoti del Cansiglio (1936) e di Fabriano (1741). In: Atti 18° Convegno Nazionale GNGTS, ProsperoScientific, Trieste, CD-Rom file 13.06.

Slejko D., Carulli G.B., Carraro F., Castadini D., Cavallin A., Doglioni C., Iliceto V., Nicolich R., Rebez A., Semenza E., Zanferrari A. and Zanolla C.; 1987: Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale. CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), Trieste, Italy, 84 pp.

Slejko D., Carulli G.B., Nicolich R., Rebez A., Zanferrari A., Cavallin A., Doglioni C., Carraro F., Castaldini D., Iliceto V., Semenza E. and Zanolla C.; 1989: Seismotectonics of the eastern Southern-Alps: A review. Boll. Geof. Teor. Appl., 31, 109-136.

Sugan M., Peruzza L., 2011. Distretti sismici del Veneto Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata Vol. 52, n. 4 supplement, pp. s3-s90

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

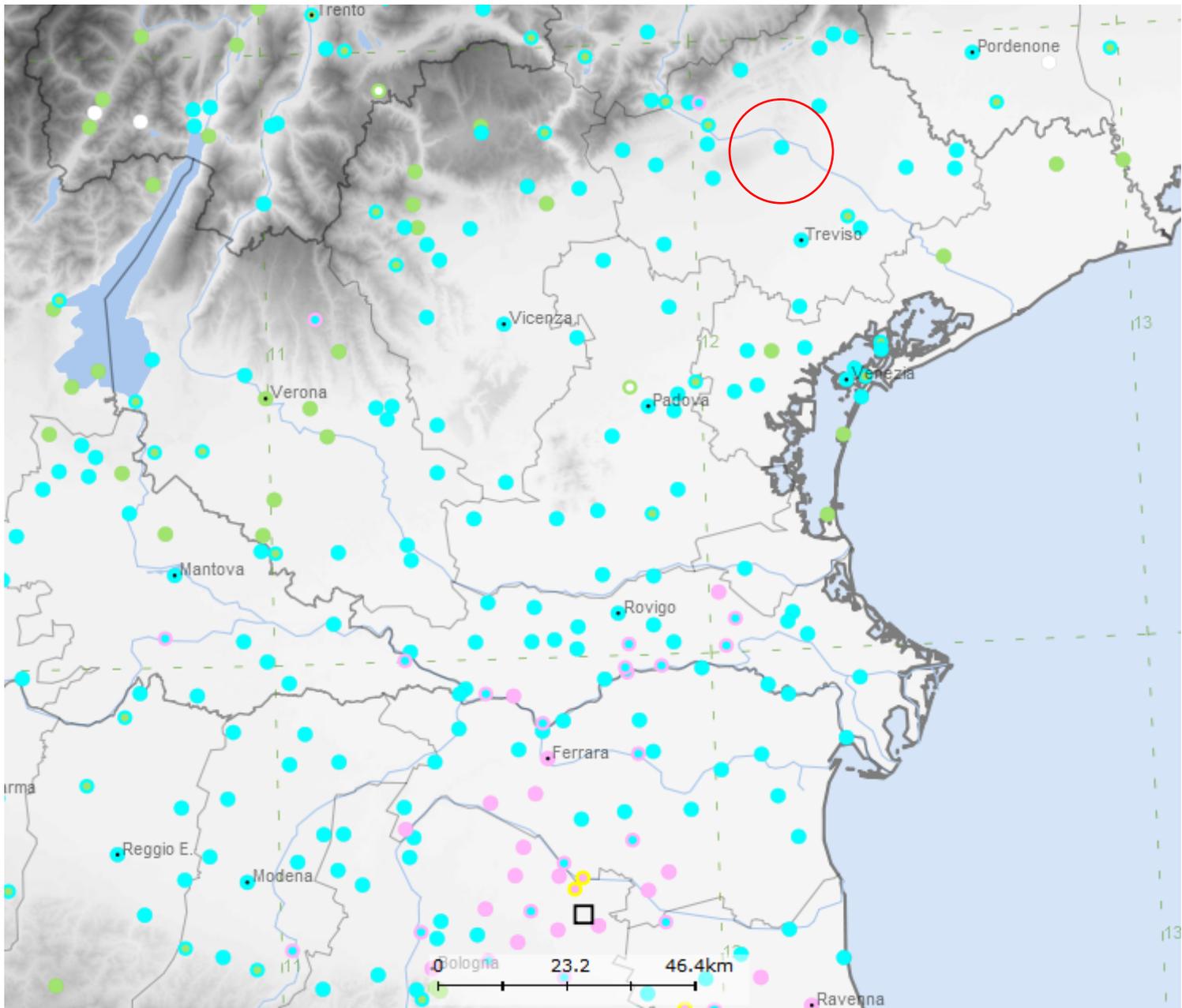
Terremoto del 13.01.1909 --:45:--

Io 6-7

Mw 5.53

Area epicentrale BASSA PADANA - Studio DOM (MEM987)

Np 799



**INGV - DBMI04**

<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>

											epicentro
Is (MCS)	NF	4	5	6	7	8	9	10	11		
	≤3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11		