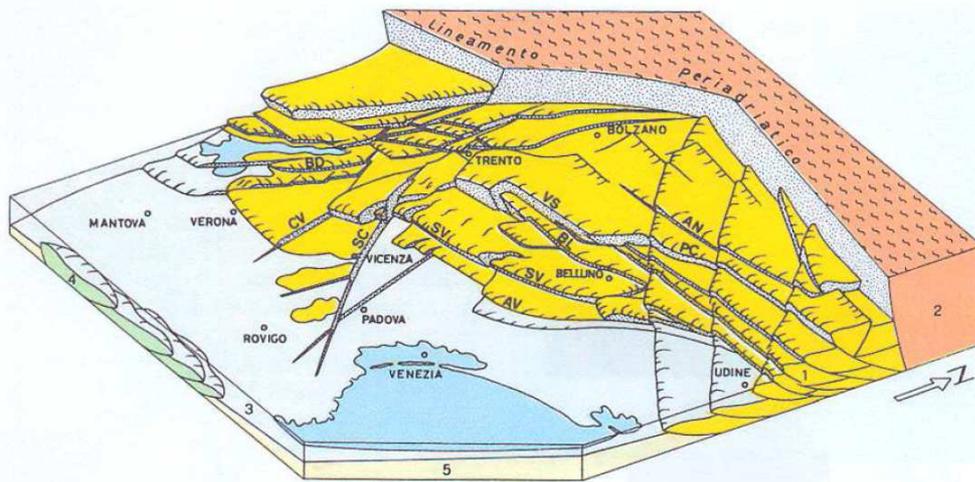


30 SETTEMBRE
 GIORNATA NAZIONALE
 PREVENZIONE
 SISMICA

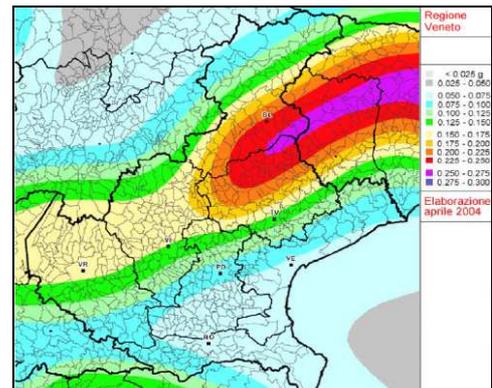
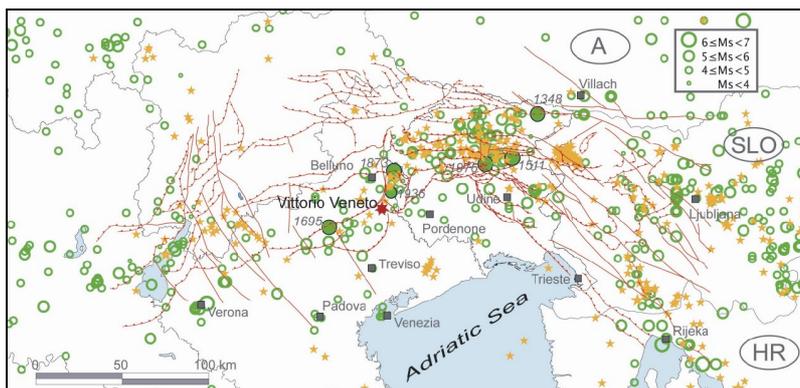
La Sicurezza inizia
 dalla Conoscenza.
 La Tua

Ing. Luigi Infanti - Via Montà, 100 - 35136 Padova
 Cell.: 340 0506269 - E-mail: ing.infanti@virgilio.it



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; SC = Faglia Schio-Vicenza; SV = Sovrascorrimento Schio-Valdobbiadene ("Flessura pedemontana").

PERICOLOSITA' SISMICA DELLA REGIONE VENETO



**Studio Tecnico
Ing. Luigi Infanti**

Via Montà, 100
35136 PADOVA
Tel 049 714642
Cell 340 0506269
e-mail: ing.infanti@virgilio.it

Fascicolo informativo redatto da:

ING. LUIGI INFANTI

Tecnico volontario della Protezione Civile.

Sezione 1 - Regionale (Veneto) e Sezione 2 - Nazionale [Nucleo Tecnico Nazionale per il rilevamento del danno e la valutazione di agibilità nell'emergenza post-sisma (D.P.C.M. 14/01/2014)]

LA PIANURA PADANA

La forma ampia e pianeggiante della valle del fiume Po suggerisce un senso di pace e di staticità. Le catene montuose che la circondano, le Alpi e gli Appennini, si sono formate per il sollevamento di rocce che un tempo si trovavano sul fondo di bacini marini. Tutto ciò dà la sensazione che le montagne siano forme geologiche estremamente attive, mentre la Pianura Padana sembra immutabile, uguale a se stessa da tempo immemorabile. Un' impressione sbagliata. In realtà la valle del Po è una delle aree più dinamiche della Terra, e negli ultimi cinque milioni d'anni è stata sede di una velocissima subsidenza e di una deformazione compressiva in profondità.

Per subsidenza si intende un processo di abbassamento del suolo che tende a creare una depressione.

La Pianura Padana si è sviluppata in un ambiente geodinamico simile alla Fossa delle Marianne, che è così profonda anche perché non è stata riempita da sedimenti di catene adiacenti, come invece è avvenuto nel Nord Italia. La vasta pianura dell'Italia settentrionale è un oggetto geologico in continua trasformazione. La sua topografia regolare è il risultato di un equilibrio, più o meno stabile, tra lo sprofondamento dovuto alla subsidenza e la sedimentazione.

Anche la staticità della posizione del fiume Po non è per nulla naturale, ma è il risultato della costruzione di argini sempre più massicci. In passato il fiume ha spesso cambiato corso a seguito di grandi esondazioni. In particolare, la posizione del delta del Po è variata in modo significativo per almeno quattro volte negli ultimi 2000 anni, per un totale di alcune decine di chilometri.

Nella pagina successiva viene rappresentata una ricostruzione tridimensionale della Pianura Padana e delle aree circostanti (Figure (a) e (b)), in cui si evidenzia l'esteso deposito di sedimenti (in verde).

Nella figura (b) viene raffigurata la topografia che avremmo se fossero eliminati tutti i sedimenti che si sono depositi negli ultimi 1,43 milioni di anni.

Da quanto detto si desume che la forma pianeggiante della valle non è dovuta all'assenza di deformazioni, ma al complesso equilibrio tra subsidenza e sedimentazione.

Inoltre l'abbassamento naturale di lungo periodo è stato calcolato dagli studiosi tramite dati provenienti da perforazioni di pozzi. Come si evince, nella figura (c) della pagina successiva, le velocità di subsidenza più elevate si riscontrano nella parte centrale della pianura ed in particolare nella zona del delta del Po. I punti neri indicano la posizione dei pozzi che sono stati usati per effettuare le stime.

Si può notare che le posizioni, in cui sono state rilevate alte velocità di subsistenza, coincidono con le localizzazioni degli epicentri dei terremoti avvenuti recentemente (sisma del 20-05-2012 – Finale Emilia (MO) e sisma del 29/05/2012 – Mirandola (MO), Medolla (MO) e San Felice sul Panaro (MO)).

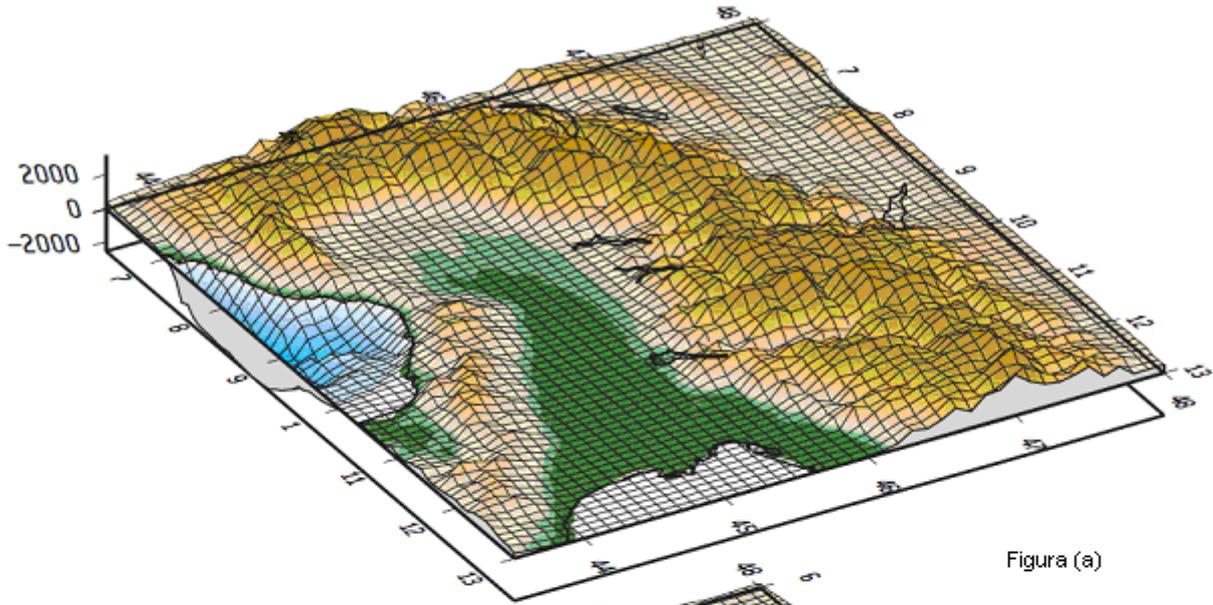


Figura (a)

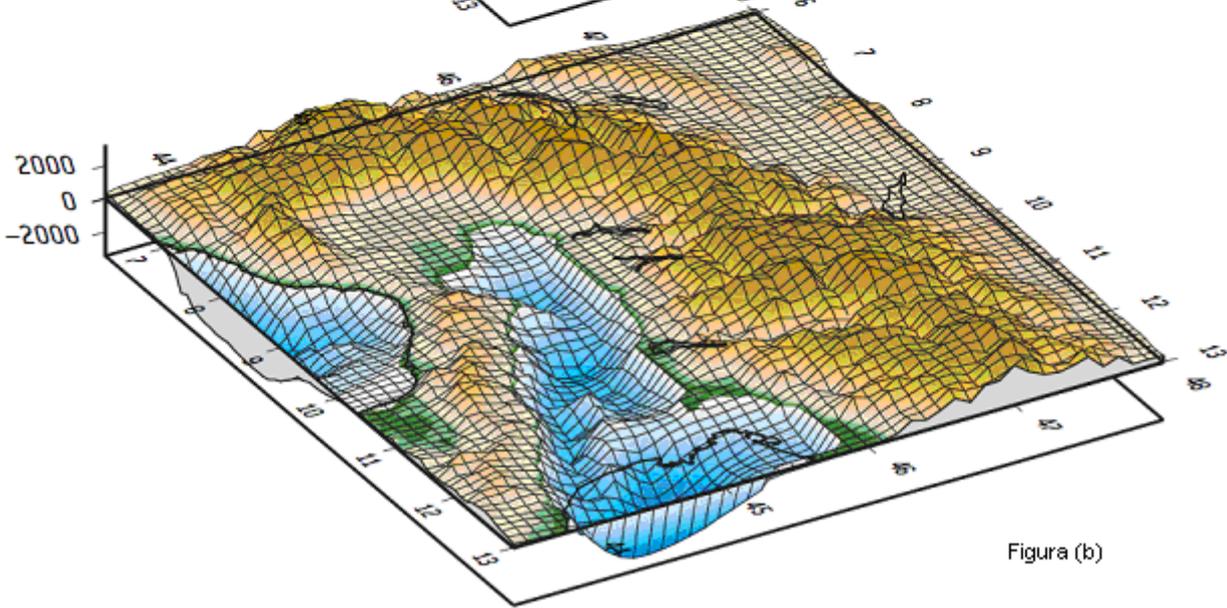


Figura (b)

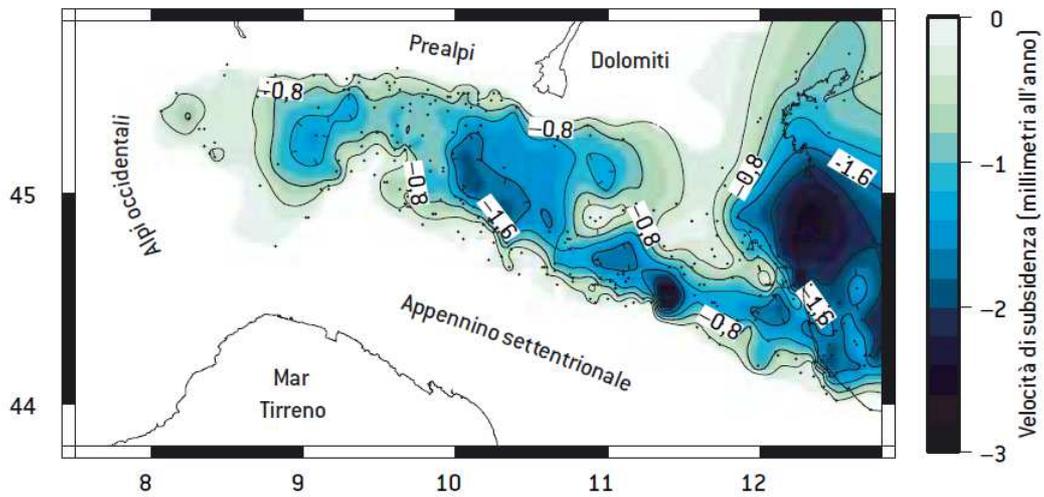


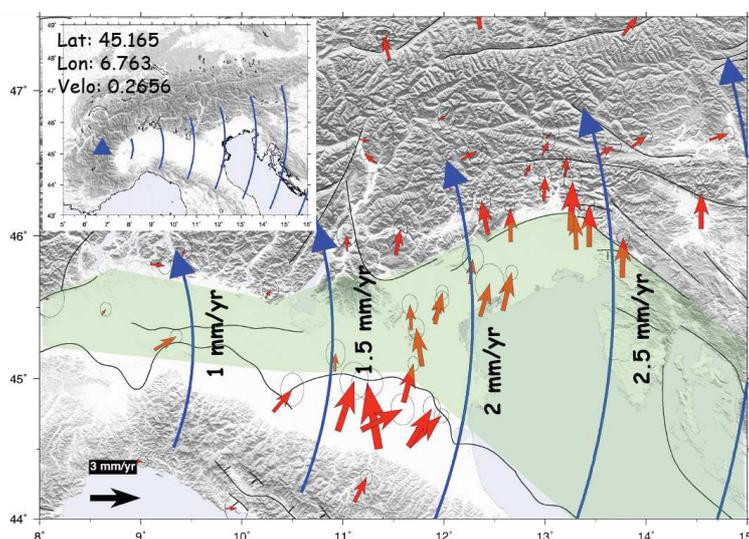
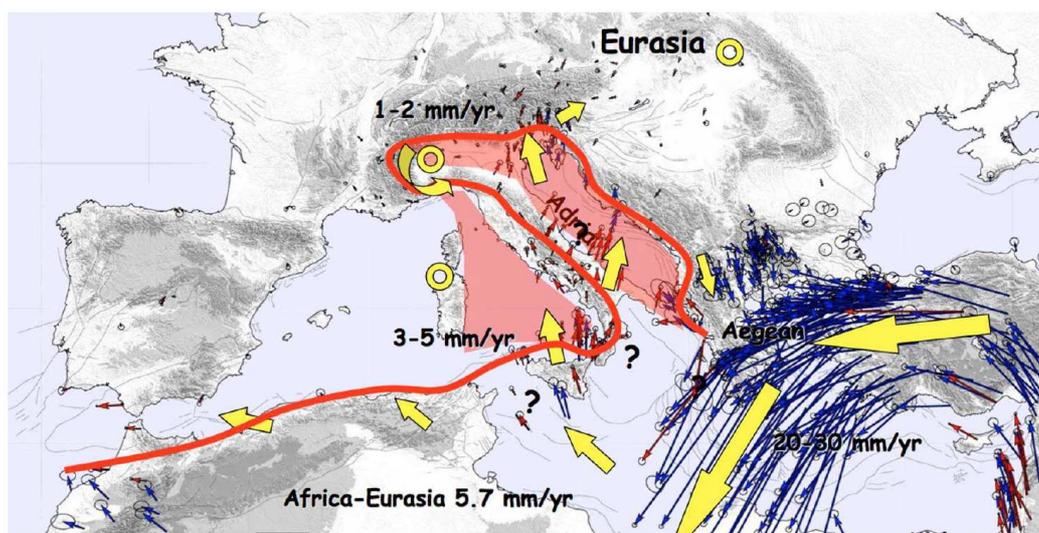
Figura (c)

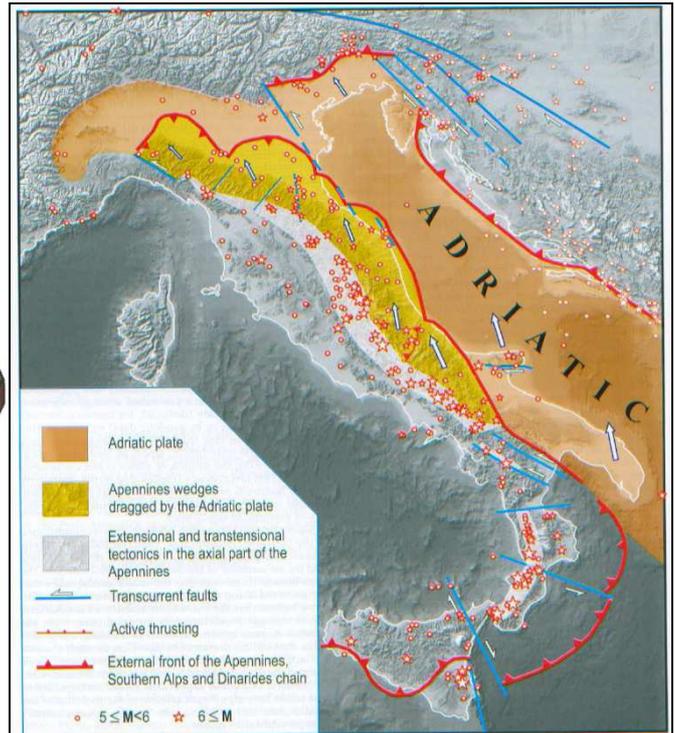
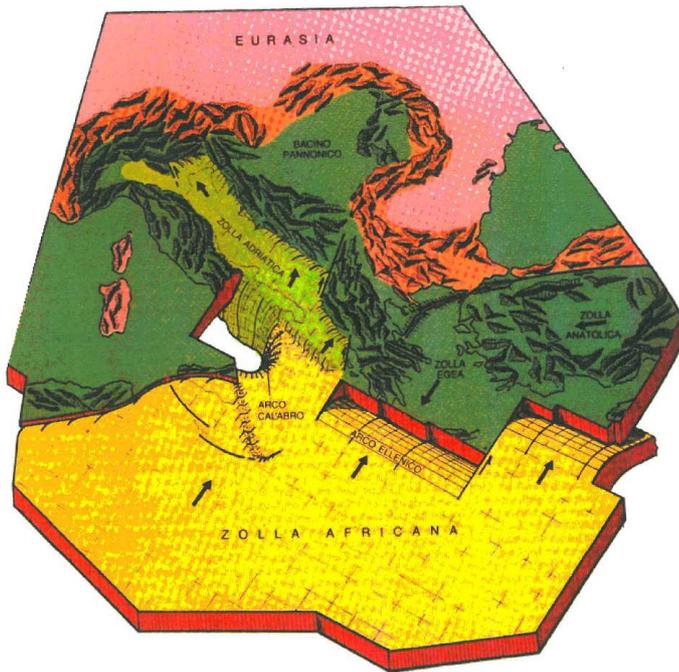
Per comprendere i fenomeni di subsidenza naturali bisogna analizzare i movimenti tettonici che caratterizzano la Pianura Padana. Infatti l'Italia settentrionale è uno dei pochi posti al mondo in cui due subduzioni avvengono l'una a ridosso dell'altra.

Per subduzioni si intende lo scorrimento di una placca litosferica sotto un'altra placca.

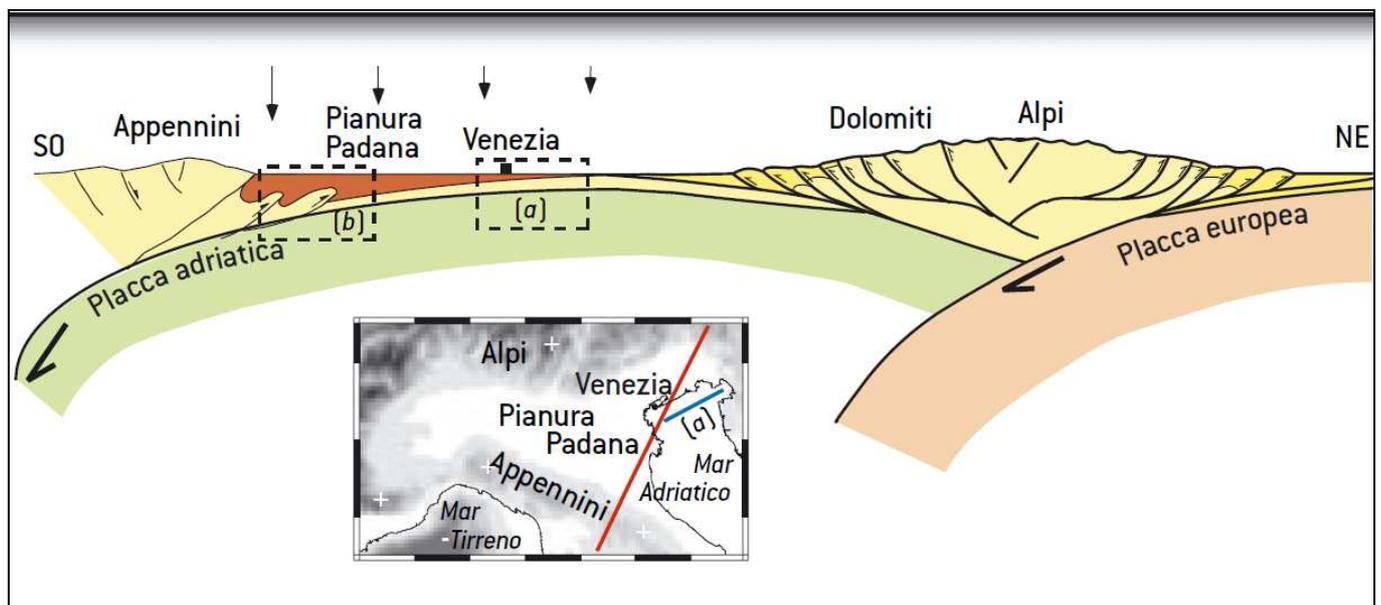
In quest'area, infatti, interagiscono la placca europea, che comprende parte dell'Europa centro-occidentale, la placca adriatica (fa parte della placca africana), che comprende il Mare Adriatico e la Pianura Padana, e la placca tirrenica (fa parte della placca europea), che comprende il Mare Tirreno.

Nel Mediterraneo queste due zolle (placca adriatica e placca europea) si scontrano subendo una rotazione antioraria. Da una parte la zolla africana risalendo l'Adriatico si incunea da est dentro la Pianura Padana, dall'altra la zolla Euro Asiatica scendendo dall'Europa occidentale entra nel Mediterraneo dove ruota e risale da SW. La frizione tra queste due zolle continentali (di uguale densità) ha portato quindi alla formazione della catena Alpina che continua poi, piegandosi ad "S" a causa della rotazione descritta, nella catena Appenninica.

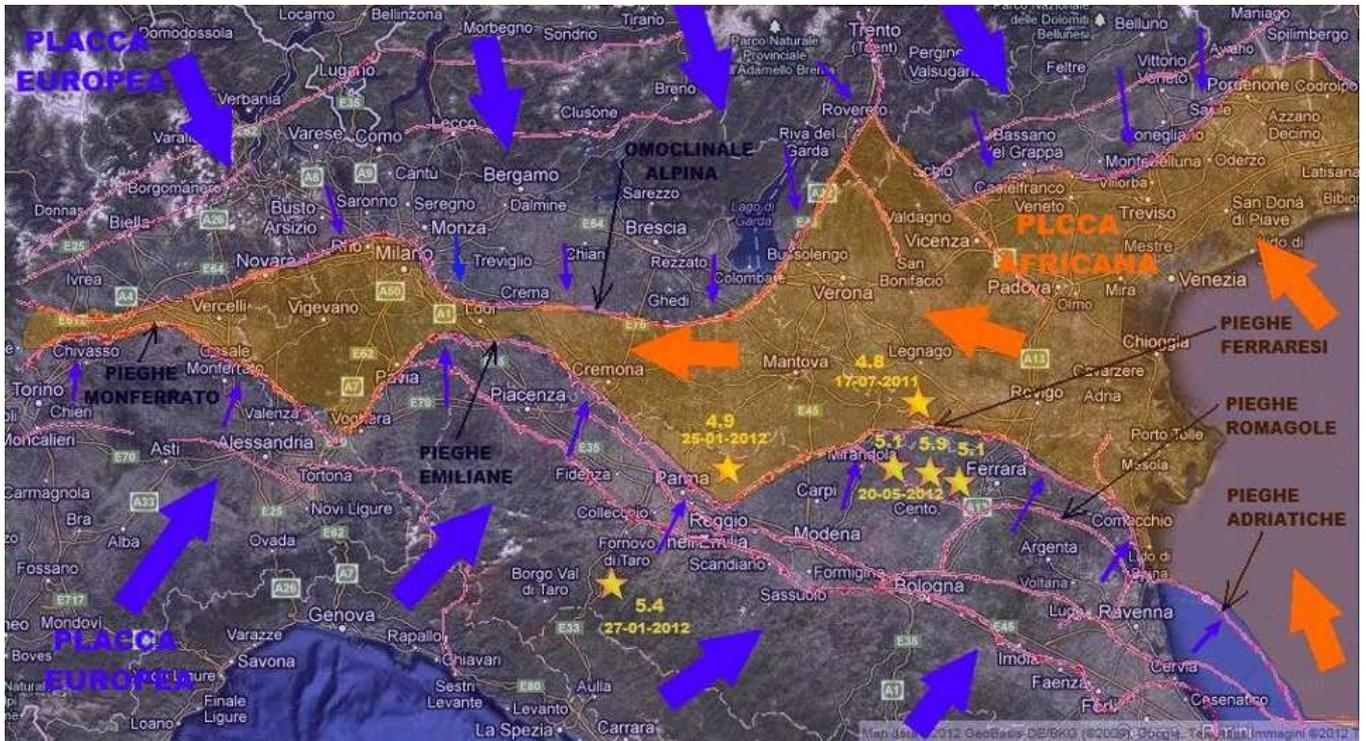




La figura sottostante rappresenta una sezione lungo un asse nord-sud che mostra come la placca europea si immerge, ovvero va in subduzione, al di sotto della placca adriatica (fa parte della placca africana) originando le Alpi. Più a sud, la placca adriatica va in subduzione al di sotto della placca tirrenica (fa parte della placca europea) generando gli Appennini. La Pianura Padana si trova tra queste due subduzioni, ed è importante sapere se in questa zona la subsidenza sia da riferirsi alla subduzione appenninica o a quella alpina.



La Pianura Padana risulta quindi stretta in una specie di “tripla tenaglia” con gli Appennini che spingono da sud, le Alpi che spingono da nord e l’Adriatico che spinge da est. I dati satellitari GPS indicano che la Pianura Padana viene compressa di circa 2 mm l’anno, mentre le Alpi e gli Appennini crescono di circa 10 ÷ 20 cm al secolo.



Nella figura sovrastante le stelle gialle indicano i terremoti di notevole magnitudo avvenuti in Pianura padana nell’ultimo anno, 2011-2012. Come si vede sono dovuti all’attivazione delle Pieghe Ferraresi.

In questo “triplo movimento” la falda dell’Appennino avanza sotto alla Pianura Padana, comprimendosi e rialzandosi lungo un fronte che ha la forma di un arco, il cosiddetto “Arco di Ferrara”. La Pianura si accorcia da Nord a Sud di qualche millimetro all’anno e fra qualche milione di anni, con l’avanzamento degli appennini, sprofonderà sotto la catena alpina.

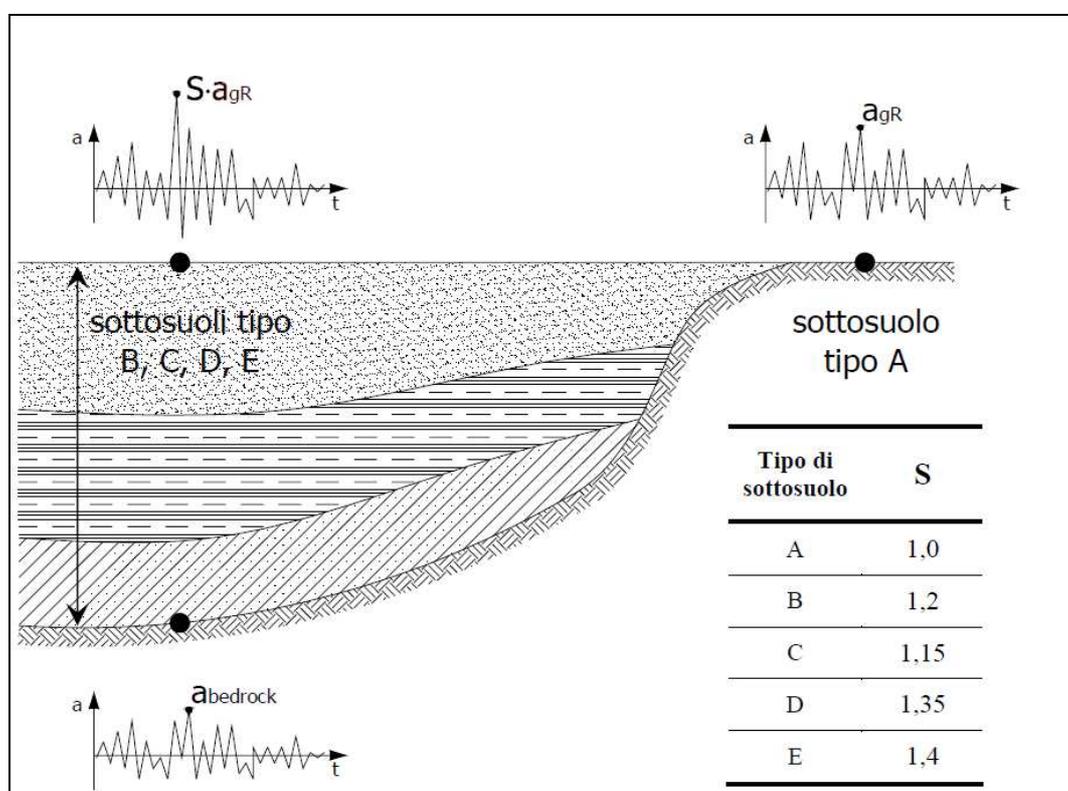
Si pensi che i satelliti dell’Agenzia Spaziale Italiana hanno rilevato che, a causa del terremoto del 20 e 29 maggio, la zona interessata è arrivata a sollevarsi di ben 15 centimetri.

Nella stessa figura vengono messe in evidenza, in rosso, le linee di faglia (ne abbiamo una anche sotto Milano). Quelle dovute al sovrascorrimento dell’Appennino verso nord al di sotto della Pianura Padana sono divise in 5 grandi famiglie: da est verso ovest abbiamo le Pieghe Adriatiche, le Pieghe Romagnole, le Pieghe Ferraresi (quelle attivate da questo terremoto), le Pieghe Emiliane che sono quelle che coinvolgono la Lombardia fino a Pavia e Lodi e le Pieghe del Monferrato in Piemonte. Quelle invece dovute al sovrascorrimento delle Alpi verso sud (anche questo sepolto al di sotto della pianura) prendono

il nome di Omoclinale Alpina, che è quella che passa anche per Milano e a cui è associato ad esempio il terremoto del 1396 che distrusse Monza (magnitudo richter maggiore di 6).

Infine, ma non meno importante, bisogna tener conto che la nostra pianura, essendo formata da sedimenti marini “sciolti”, amplifica i danni delle scosse mediante un drammatico effetto di aumento dell’accelerazione sismica ed un effetto di liquefazione del suolo. Difatti i sismi del 20-05-2012 (magnitudo approssimativa **5.9 Richter**) e del 29-05-2012 (magnitudo approssimativa **5.8 Richter**) hanno prodotto una distribuzione spaziale dei danni, indotta dalla bassa profondità dell’epicentro (6-10 km), che è stata localmente amplificata dai terreni di tipo alluvionale, cioè sottosuoli di tipo C o D (amplificazione sismica del 15÷35% ($S = 1.15 \div 1.35$)).

In genere, le onde sismiche, prodotte da un sisma di grande potenziale, quando incontrano dei terreni soffici, tipo i suoli alluvionali, tendono a rallentare la loro velocità di propagazione. Tale rallentamento conduce necessariamente ad un effetto di compensazione energetica, la quale si traduce in un notevole aumento dell’ampiezza, ossia una maggiore accelerazione del terreno che da luogo al cosiddetto fenomeno dell’amplificazione sismica. Ciò comporta un maggiore scuotimento del terreno che può produrre dei danni davvero significativi agli edifici sovrastanti, anche in presenza di un terremoto non particolarmente forte.



TERREMOTO IN PIANURA PADANA ORIENTALE: STORIA SISMICA DELL'AREA

La regione delle Alpi orientali è una delle zone italiane a sismicità più elevata (Slejko et al., 1989). Cinque terremoti di magnitudo M_S superiore a 6 sono, infatti, avvenuti nell'ultimo millennio: nel 1348 a Villaco con M_S 6.4 (l'epicentro sembra localizzato nell'attuale zona di confine fra Italia e Austria), nel 1511 nella zona tra Gemona e Idria con M_S 6.2, nel 1695 ad Asolo con M_S 6.4, nel 1873 nell'Alpago con M_S 6.4 e nel 1976 a Gemona con M_S 6.5. Oltre a questi, nel 1936 un terremoto di magnitudo 5.5 ha provocato distruzioni nei paesi del Cansiglio. La Figura 1 mostra la distribuzione spaziale dei maggiori terremoti e le faglie principali rilevate nella regione. In questo contesto sismotettonico, il sito di Vittorio Veneto riveste un interesse particolare in quanto è stato colpito nel passato recente sia dal terremoto del 1873 (intensità epicentrale $I_0=IX-X$ MCS) che da quello del 1936 ($I_0=IX$ MCS).

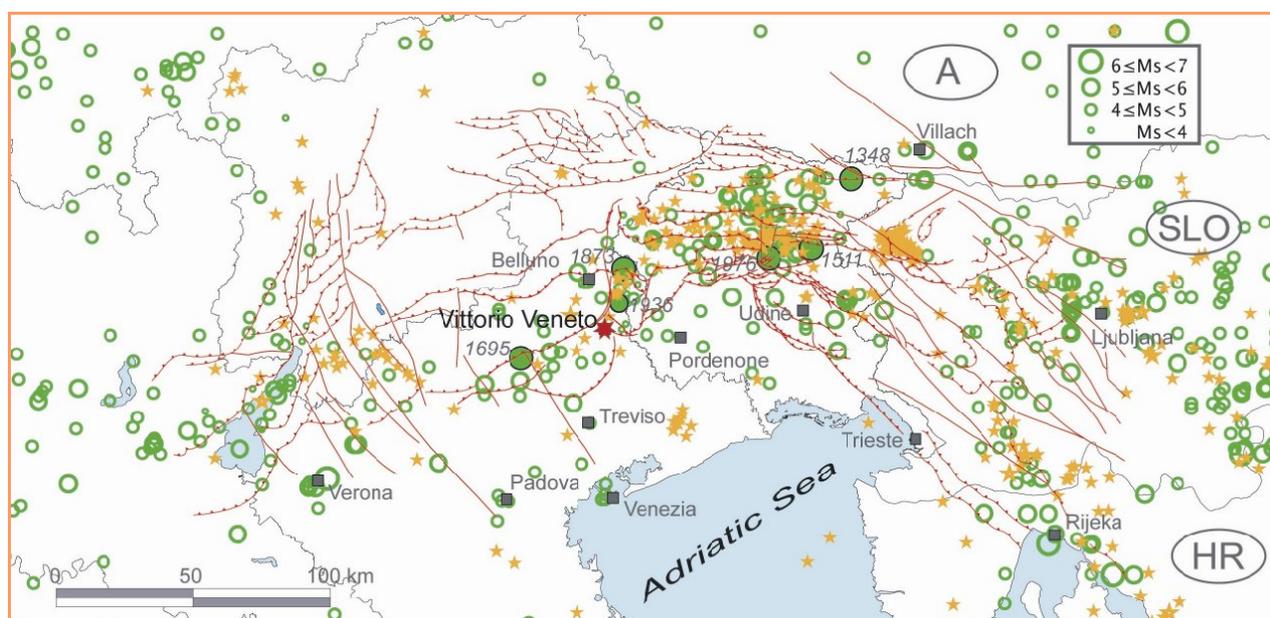


Figura 1 – Principali lineamenti tettonici dell'area studiata (in rosso), terremoti storici (in verde), terremoti strumentali recenti (in arancio). La stella rossa indica il sito campione di Vittorio Veneto.

Inoltre l'area interessata dal sisma del 20/05/2012 e della replica del 29/05/2012 (province di Modena, Ferrara, Mantova e Rovigo) è caratterizzata da terremoti frequenti con energia generalmente moderata, confrontabile con quella di altri settori della pianura padana (ad esempio l'area fra Reggiano e Parmense, che negli ultimi anni ha avuto terremoti relativamente frequenti di magnitudo compresa fra 4.5 e 5.5), ma inferiore ad alcuni settori dell'appennino romagnolo, del versante toscano dell'Appennino tosco-emiliano, e decisamente inferiore alle caratteristiche di sismicità dell'Appennino centrale e Meridionale, della Calabria, della Sicilia Orientale e dell'Italia Nord-orientale.

Sismicità storica del Veneto (Protezione Civile - Scheda modificata alle ore 17.00 del 25 gennaio 2012)

Nella Tabella vengono elencati i terremoti storici che hanno colpito il Veneto con effetti pari o superiori al VII grado nella scala proposta da Mercalli, Cancani e Sieberg (MCS). La scheda tecnica è stata aggiornata con le più recenti elaborazioni contenute nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11.

Data	Area epicentrale	IMCS MAGNITUDO	Descrizione
3 gennaio 1117	Veronese	IX-X Mw=6.7	I danni maggiori si registrarono a Verona, ma interessarono anche la valle dell'Adige e, verso Sud, il territorio fino ai primi rilievi emiliani.
4 novembre 1268	Trevigiano	VII-VIII Mw=5.4	Colpita la provincia di Treviso. Danni gravi a Treviso, Feltre, Asolo. La scossa fu fortemente risentita a Padova.
25 febbraio 1695	Asolano	X Mw=6.5	Gravi danni in larga parte del Veneto in particolare nell'alto trevigiano, a sud del Monte Grappa. Colpita la città di Asolo. Centinaia le vittime
12 giugno 1836	Bassano	VIII Mw=5.5	Le località più danneggiate furono Liedolo, Fonte, Sant'Eulalia: Complessivamente crollarono un centinaio di case. Sentita fortemente anche a Venezia.
11 agosto 1866	Monte Baldo	VII Mw=4.9	Danni nelle località poste sulla riva orientale del Lago di Garda, in particolare ad Assenza, Cassone, Castelletto, Malcesine.
29 giugno 1873	Bellunese	IX-X Mw=6.3	L'area più colpita dalla scossa fu il bellunese, ma gravi danni subirono gli edifici dei paesi compresi tra Belluno, Pordenone e Conegliano Veneto (TV). Il centro più danneggiato fu Belluno e si osservarono lesioni anche a Gorizia, Pordenone, Trieste, Udine, Verona e Vicenza. 80 le vittime
29 aprile 1876	Monte Baldo	VII Mw=4.9	La scossa provocò danni a Cassone, Malcesine, Ferrara di Monte Baldo
18 settembre 1882	Monte Baldo	VII Mw=5.0	Interessati i paesi della costa orientale del Lago di Garda, con danni lievi nei paesi di Cassone e Castelletto di Brenzone. Risentita a Verona.
7 giugno 1891	Valle d'Illasi	VIII-IX Mw=5.9	I danni più gravi a Castelvevo, Badia Calavena, Marzemigo. Una ventina i paesi danneggiati in modo significativo (superiore o pari al VII MCS). La scossa fu risentita fino a Trieste, Auronzo, Bormio, Chiavenna, Domodossola, Torino, Asti, Genova
19 febbraio 1932	Monte Baldo	VII-VIII Mw=5.0	La scossa provocò danni a diverse località della sponda veronese del Lago di Garda, tra le quali Albisano, S. Zeno, Garda.
18 ottobre 1936	Alpago-Cansiglio (BL-PN)	IX Mw=6.1	Colpita la zona di confine fra le attuali province di Belluno, Treviso e Pordenone con i massimi effetti a sud dell'altopiano del Cansiglio nei paesi di Fiaschetti, Stevenà e Villa di Villa. Gravissimi danni anche a nord del Cansiglio, nella conca d'Alpago in particolare nelle località di Puos d'Alpago, Cornei e Villa.

I TERREMOTI STORICI DEL VENETO

 <p>A map of the Veneto region in Italy, showing its various provinces: Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Padova, Venezia, and Rovigo. A red circle with a central dot is placed over the Treviso province, indicating the epicenter of a historical earthquake.</p>	<p>Anno 778 magnitudo stimata: ? area epicentrale: Trevigiano morti: molte vittime (numero non precisato) Il terremoto produsse notevoli danni alla città di Treviso e altri luoghi del trevigiano, in un solo villaggio si contarono 48 morti. Fonte storica: Stefano Breventano “Trattato del terremoto”</p>
 <p>A map of the Veneto region in Italy, showing its various provinces: Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Padova, Venezia, and Rovigo. A red circle with a central dot is placed over the Verona province, indicating the epicenter of a historical earthquake.</p>	<p>Anno 884 magnitudo stimata: ? area epicentrale: Verona morti: molte vittime (numero non precisato) Vi furono notevoli distruzioni nella città di Verona e molte vittime. Fonte storica: Stefano Breventano “Trattato del terremoto”</p>
 <p>A map of the Veneto region in Italy, showing its various provinces: Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Padova, Venezia, and Rovigo. A red circle with a central dot is placed over the Verona province, indicating the epicenter of a historical earthquake.</p>	<p>29 marzo 1001 magnitudo stimata: ? area epicentrale: Verona morti: molte vittime (numero non precisato) Vi furono notevoli distruzioni nella città di Verona e molte vittime. Fonte storica: Stefano Breventano “Trattato del terremoto”</p>

 <p>A map of the Veneto region in Italy, showing its various provinces: Belluno, Treviso, Venezia, Padova, Verona, Vicenza, and Rovigo. A red circle with a central dot is placed over the Padova province, indicating the epicenter of a seismic event.</p>	<p>Anno 1004 magnitudo stimata: ? area epicentrale: Padova morti: nessun dato</p> <p>Il terremoto produsse rilevanti danni alla città di Padova</p>
 <p>A map of the Veneto region, similar to the first one. A red circle with a central dot is placed in the northern part of the region, specifically in the area of the Media valle dell'Adige, north of the Padova province.</p>	<p>09 novembre 1046 magnitudo stimata: ? area epicentrale: Media valle dell'Adige morti: molte vittime (numero non precisato)</p> <p>Il terremoto ebbe epicentro nella media valle dell'Adige dove vi furono crolli e molte vittime; l'area dei danni si estese da Salorno (20 km a nord di Trento) fino alla chiusa Ceraino nel veronese, vicino al lago di Garda.</p>
 <p>A map of the Veneto region. A red circle with a central dot is placed over the Verona province, indicating the epicenter of a seismic event.</p>	<p>03 gennaio 1117 magnitudo stimata: 6.5 area epicentrale: Verona morti: 30.000 (stima)</p> <p>Quello del 3 gennaio 1117 è il più forte terremoto storico del Nord Italia</p>

	<p>25 dicembre 1222 magnitudo stimata: 6.0 area epicentrale: basso bresciano morti: molte vittime (numero non precisato)</p> <p>Il terremoto ebbe epicentro nel basso bresciano, vi furono danni anche sul Veneto occidentale.</p>
	<p>04 novembre 1268 magnitudo stimata: 6.0 area epicentrale: Trevigiano morti: dati non disponibili</p> <p>Il terremoto ebbe epicentro nell'alto trevigiano, sono documentati danni sia ad Asolo che nella città di Treviso, il corso del fiume Piave fu interrotto da numerose frane.</p>
	<p>17 gennaio 1284 magnitudo stimata: 5.0 area epicentrale: Venezia morti: non risultano vittime</p> <p>Sono documentati alcuni danni a Mestre e Venezia.</p>

 <p>A map of the Veneto region in Italy, divided into provinces: Belluno, Treviso, Venezia, Padova, Verona, Vicenza, and Rovigo. A red bullseye symbol indicating the epicenter is located over the city of Verona.</p>	<p>04 dicembre 1334 magnitudo stimata: ? area epicentrale: Verona morti: dato non disponibile</p> <p>Il terremoto produsse molti danni alla città di Verona.</p>
 <p>A map of the Veneto region in Italy, divided into provinces: Belluno, Treviso, Venezia, Padova, Verona, Vicenza, and Rovigo. A red bullseye symbol indicating the epicenter is located in the northeast, outside the region's borders, representing Villach in Austria.</p>	<p>25 gennaio 1348 magnitudo stimata: 6.4 area epicentrale: Villach</p> <p>Un terremoto con epicentro in Austria a Villach provocò distruzioni anche nel Friuli Venezia Giulia dove vi furono altre 1000 morti ed a Verona crollarono alcune abitazioni.</p>
 <p>A map of the Veneto region in Italy, divided into provinces: Belluno, Treviso, Venezia, Padova, Verona, Vicenza, and Rovigo. A red bullseye symbol indicating the epicenter is located over the city of Padova.</p>	<p>01 settembre 1485 magnitudo stimata: 4.7 area epicentrale: Padova morti: non risultano vittime</p> <p>Il terremoto produsse lievi danni alla città di Padova.</p>



dicembre 1490

magnitudo stimata: 5.0

area epicentrale: Padova

morti: non ci sono dati

La scossa fece crollare la chiesa dei carmelitani a Padova



24 gennaio 1491

magnitudo stimata: 5.5

area epicentrale: Verona

morti: Molte vittime (numero non precisato)

La scossa produsse molti danni e la morte di molte persone a Verona.



26 marzo 1511

magnitudo stimata: 6.2

area epicentrale: Slovenia -Friuli

morti: 12.000

Il terremoto ebbe effetti distruttivi nella Slovenia e nel Friuli Venezia Giulia; danni minori furono registrati nel Veneto fino alla città di Verona; nel mare Adriatico vi fu uno Tsunami che distrusse il porto di Trieste, mentre la laguna veneta si trovò a secco.

	<p>18 novembre 1570 magnitudo stimata: 5.7 area epicentrale: Ferrara morti: diverse vittime (numero non precisato)</p> <p>L'area epicentrale di questo terremoto fu nella città di Ferrara, diversi danni furono registrati anche nel polesine in particolare a Castelmassa (Rovigo) che all'epoca si chiamava Massa Superiore.</p>
---	--

	<p>25 febbraio 1695 magnitudo stimata: 6.4 area epicentrale: Asolo (Treviso) morti: 400</p> <p>Il terremoto ebbe il suo epicentro tra la zona di Asolo a la parte meridionale del monte Grappa; il sisma provocò enormi distruzioni e molte vittime; con effetti catastrofici nell'area epicentrale. Il terremoto provocò molti danni su larga parte del Veneto; numerosi crolli furono registrati anche nelle città di Vicenza e Bassano del Grappa; alcuni danni minori furono riscontrati anche nel ferrarese e nelle provincie di Parma e Reggio Emilia.</p>
---	---

	<p>1810 Monte Baldo magnitudo stimata: ? area epicentrale: Monte Baldo morti: non ci sono state vittime</p> <p>Il terremoto fece intorpidire le acque del lago di Garda, nella Piazza di Malcesine si formò una fessura con una lunghezza di 200 metri e larga 18 cm. Il 25 dicembre dello stesso anno una nuova serie di scosse fecero cadere molti camini ed una casa nel comune di Castelvechio.</p>
	<p>12 giugno 1836 magnitudo stimata: 5.6 area epicentrale: Monte Grappa – Bassanese morti: 10</p> <p>Il terremoto produsse gravi danni in molti comuni del bassanese.</p>
	<p>15 ottobre 1841 magnitudo stimata: 5.2 area epicentrale: Basso veronese morti: non risultano vittime</p> <p>Il terremoto provocò danni mediocri nel basso veronese, esattamente nei comuni di Sanguinetto, Cerea, Casaleone, Nogara, Concamrise, Gazzo.</p>



20 gennaio 1859

magnitudo stimata: 5.2

area epicentrale: Collalto (Tv)

morti: non risultano vittime

La scossa provocò alcuni danni moderati nella zona di Collalto in provincia di Treviso.



11 agosto 1866

magnitudo stimata: 5.0

area epicentrale: Monte Baldo (Verona)

morti: non ci sono state vittime

Vi furono danni mediocri nei paesi vicini al Monte Baldo.



29 giugno 1873

magnitudo stimata: 6.4

area epicentrale: Bellunese

morti: 86

Il terremoto colpì maggiormente l'area dell'Alpago, anche la città di Belluno fu gravemente danneggiata: danni minori furono registrati anche nell'alto trevigiano e nel pordenonese.



29 aprile 1876

magnitudo stimata: 4.9

area epicentrale: Monte Baldo (Verona)

morti: non ci sono state vittime

La scossa provocò danni a Cassone, Malcesine, Ferrara di Monte Baldo



18 settembre 1882

magnitudo stimata: 5.0

area epicentrale: Monte Baldo (Verona)

morti: non ci sono state vittime

Interessati i paesi della costa orientale del Lago di Garda, con danni lievi nei paesi di Cassone e Castelletto di Brenzone. Risentita a Verona.



07 giugno 1891

magnitudo stimata: 5.6

area epicentrale: Valle di Illasi (VR)

morti: 8

La scossa si verificò alle ore 1:06 del 7 giugno 1891 ed ebbe i suoi massimi effetti a Castelvero, Marcemigo e Badia Calavena dove vi furono numerosi crolli totali e parziali; vi furono gravi danni in altri 28 centri delle Prealpi veronesi e vicentine. A Verona caddero numerosi fumaioli e calcinacci, e molti edifici riportarono lesioni.



19 febbraio 1932

magnitudo stimata: 5.0

area epicentrale: Monte Baldo (Verona)

morti: non ci sono state vittime

La scossa provocò danni a diverse località della sponda veronese del Lago di Garda, tra le quali Albisano, S. Zeno, Garda.



18 ottobre 1936

magnitudo stimata: 5.8

area epicentrale: Alpi - Cansiglio

morti: 34

Vi furono gravi danni soprattutto nel Bellunese, danni minori furono registrati in diversi comuni dell'alto Trevigiano e del Pordenonese.



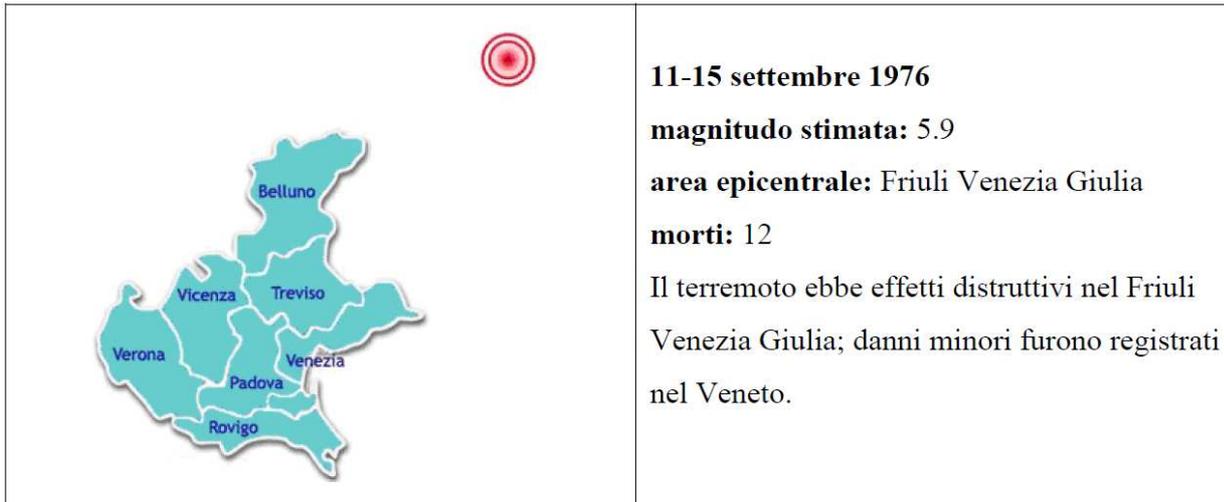
6 maggio 1976

magnitudo stimata: 6.4

area epicentrale: Friuli Venezia Giulia

morti: 965

Il terremoto ebbe effetti distruttivi nel Friuli Venezia Giulia (a nord di Udine tra i comuni di Gemona e Arterga); danni minori furono registrati nel Veneto.

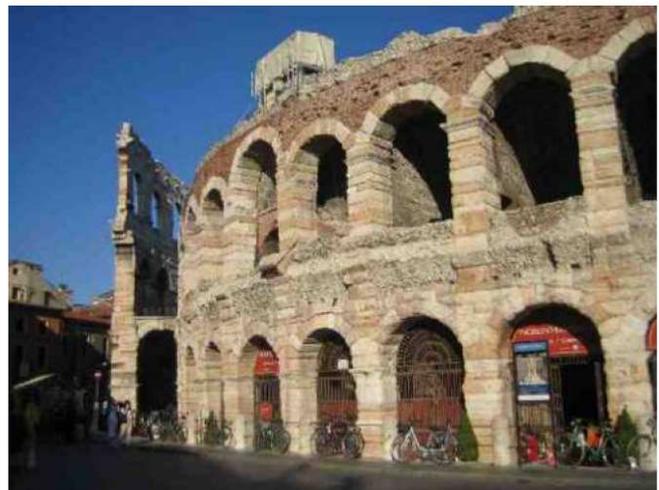


IL TERREMOTO DEL 3 GENNAIO 1117

Quello del 3 gennaio 1117 è stato il più forte terremoto che abbia colpito il Nord Italia; le distruzioni interessarono non solo il nord ma anche in alcune zone del centro Italia, Germania, Francia, Austria e Slovenia.

Si racconta che la forza di questo terremoto fu tale da sradicare da terra gli alberi e fece crollare gli argini del Po e dell'Adige; le acque del Po si sollevarono a forma di volta e poi ripiombarono in basso; in molti luoghi la terra si aprì; nella laguna Veneta ci fu un'eruzione di acqua solfurea; in totale vi furono decine di migliaia di morti (secondo alcune fonti i morti furono 30 000).

Nel Veneto, Verona, fu la città più vicina all'epicentro e fu rasa al suolo. Ancora oggi sono visibili sull'Arena gli effetti di questo terremoto (vedi foto a lato). Il terremoto fece crollare la cinta esterna, ne rimase in piedi solo la nota ALA con le 4 arcate. A Padova crollarono molti edifici tra cui la Basilica di Santa Giustina; nella laguna Veneta ci fu un'eruzione di acqua solfurea; vi furono danni e distruzioni in tutto il Veneto.



Anche la Lombardia subì gravi distruzioni

compresa la città di Milano dove crollarono molti edifici; i danni e le distruzione si estesero dal Friuli Venezia Giulia fino al Piemonte e scendendo fino nella Toscana dove vi furono distruzioni e vittime nella città di Pisa; anche a Montecassino nel Lazio sono documentati danni.

APPENDICE 1: Dal sito INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia):

La GEOLOGIA dei terremoti: Faglie sismogenetiche cieche in Pianura Padana

Un recente studio pubblicato su Pure and Applied Geophysics censisce e classifica le faglie sismogenetiche cieche in Pianura Padana, riorganizzando le conoscenze esistenti alla luce dei terremoti emiliani del maggio 2012.

Il “paesaggio geologico” sepolto della Pianura Padana è molto articolato e complesso e possiamo immaginarlo costituito da vere e proprie montagne ammantate da grandi quantità di sedimenti di origine marina e fluviale. Questi sedimenti hanno spessori molto variabili, tra diverse migliaia di metri e poco più di 100 metri, e nascondono alla semplice osservazione le strutture tettoniche sottostanti, che possono però essere rilevate grazie alle numerose prospezioni geofisiche rese disponibili dall'esplorazione petrolifera a partire dal secondo dopoguerra.

La Pianura Padana rappresenta dunque un *unicum geologico* perché i suoi sedimenti nascondono la zona di contatto tra i *thrust* (termine per indicare le faglie con movimento di tipo inverso) delle Alpi Meridionali, a nord, e quelli dell'Appennino Settentrionale, a sud (Figura 1). In pratica **entrambe queste catene montuose, che noi conosciamo e vediamo nella loro parte esposta, proseguono con delle porzioni sepolte che arrivano quasi a toccarsi nel sottosuolo padano.**

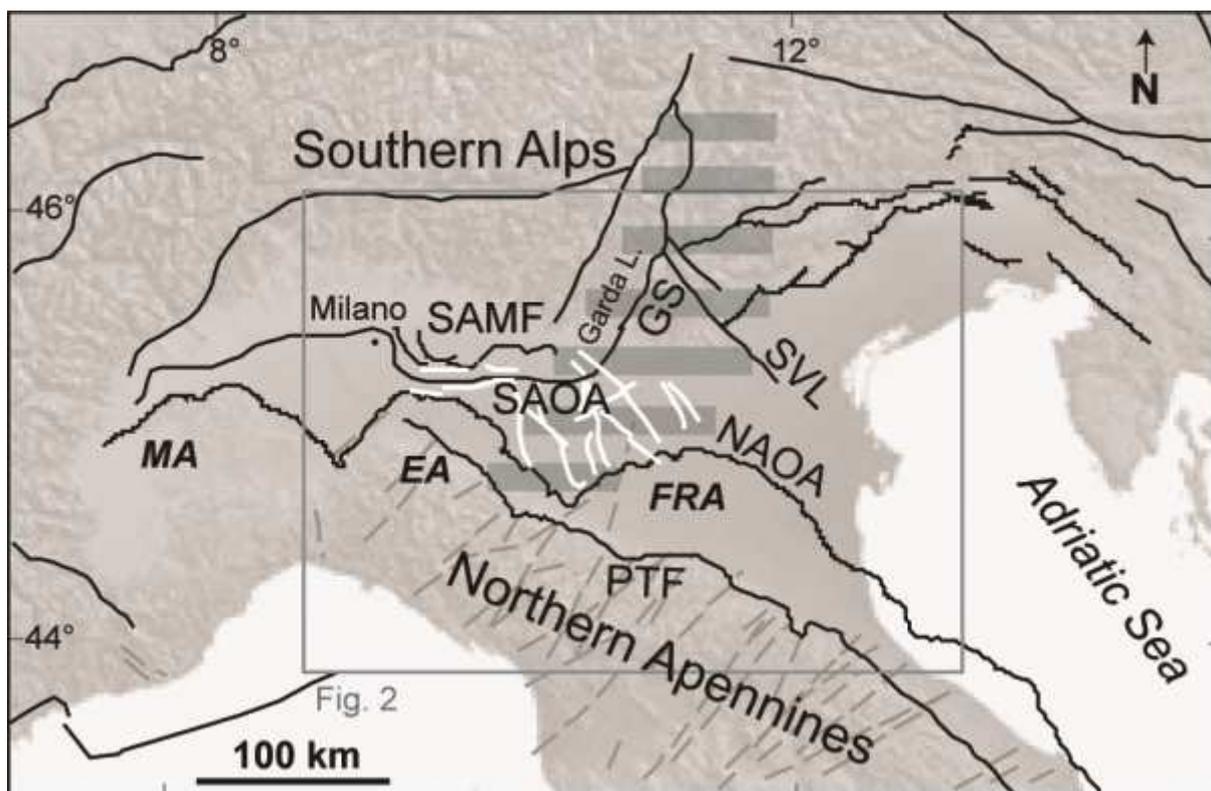


Figura 1: Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana. Linee nere: principali elementi tettonici; linee bianche: faglie ereditate; SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; NAOA: arco esterno dell'Appennino Settentrionale; PTF: fronte pedeappenninico; MA: arco del Monferrato; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.

Attraverso alcuni milioni di anni il progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea ha determinato prima **la nascita delle Alpi e degli Appennini**, attraverso il progressivo corrugamento di migliaia di metri di sedimenti originariamente depositi in un antico oceano noto come

Tetide, sviluppatosi a partire da circa 250 milioni di anni fa tra il Permiano ed il Triassico inferiore; poi ne ha sollevato le porzioni assiali creando il paesaggio montuoso che oggi conosciamo, secondo un meccanismo ancora attivo alla velocità di 1-3 metri per millennio. **L'avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S, e quindi il raccorciamento della Pianura Padana, è tuttora in atto**, come mostrano i dati geodetici satellitari. **In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di faglie di tipo compressivo localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell'Appennino Settentrionale.**

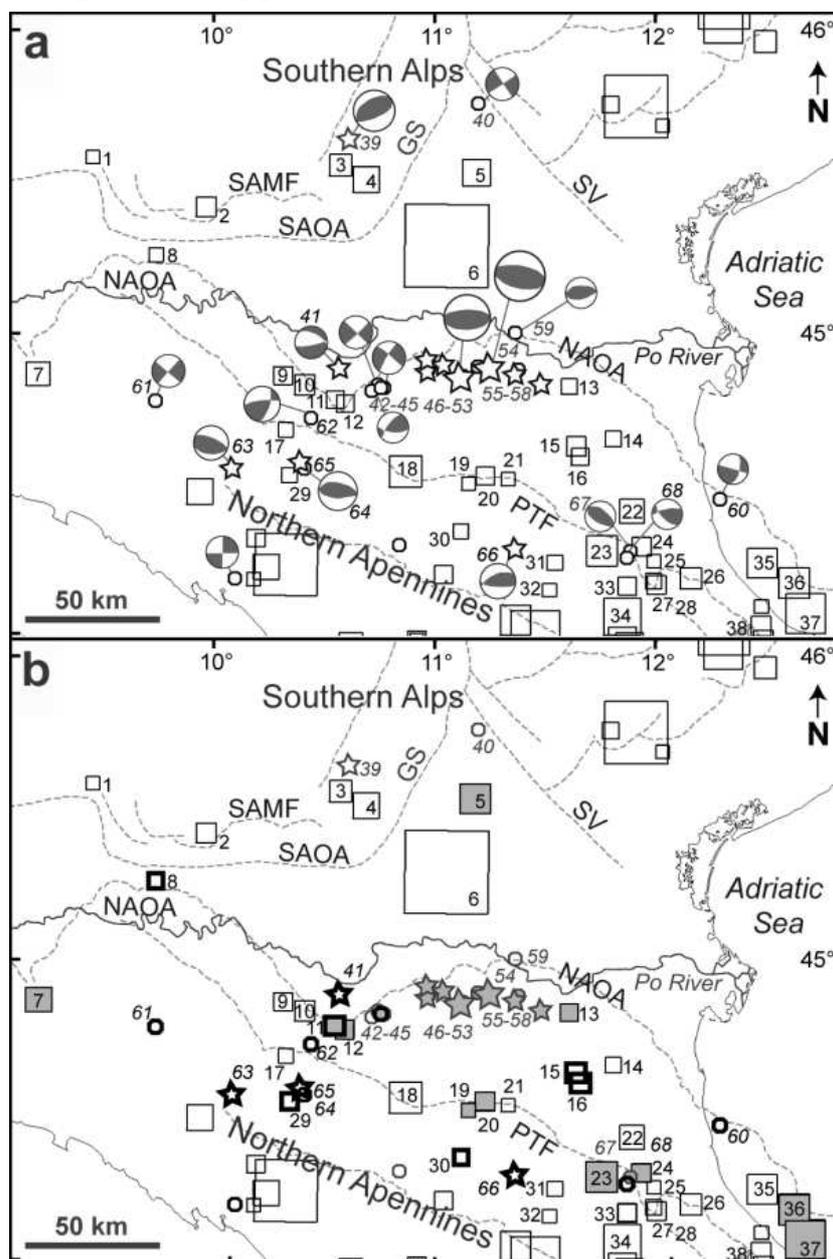


Figura 2: Terremoti storici e strumentali (CPTIII, Bollettino Sismico Italiano e ISIDE). I terremoti storici con $M \geq 5.3$ sono rappresentati con quadrati. I terremoti strumentali con $M \geq 5.0$ sono rappresentati con stelle; quelli con $4.5 \leq M < 5.0$ sono rappresentati con pallini. Tutti i terremoti sono collegati alle Tabelle 1 e 2 attraverso il loro ID. a) Sismicità e meccanismi focali disponibili (Pondrelli et al., 2006; TDMT database). b) Terremoti multipli e terremoti profondi (i terremoti multipli sono rappresentati con pattern grigio; i terremoti profondi in grassetto).

Tabella 1

ID	Data	Località	Intensità	M _w	Multiplo	Profondo	Sorgente(i)	Gruppo	Struttura tettonica
6	3 gen 1117	Veronese	IX	6.7	N/A	N/A	ITIS140; ITCS076	#3	N/A
4	25 dic 1222	Basso Bresciano	IX	5.8	N/A	N	ITCS002 o ITCS072	#1	SAOA
33	30 apr 1279	Rocca San Casciano	VII-VIII	5.6	N/A	N/A	ITCS027	#2	DR
21	25 lug 1365	Bologna	VII-VIII	5.4	N/A	N	ITCS047	#1	PTF
25	4 ago 1383	Forlì	VII-VIII	5.4	N/A	N	ITCS001	#1	PTF
1	26 nov 1396	Monza	VII-VIII	5.4	N/A	N/A	ITCS002	#1	SAOA
27	3 lug 1428	Predappio	VIII	5.5	N/A	N	ITCS001	#1	PTF
9	11 giu 1438	Parmense	VIII	5.6	N/A	N	ITCS009	#1	EA
26	11 ago 1483	Romagna meridionale	VIII-IX	5.7	N/A	N	ITCS001	#1	PTF
18	5 giu 1501	Appennino modenese	IX	6.0	N/A	N	ITCS046	#1	PTF
20	3 gen 1505	Bolognese	VIII	5.6	S	N	ITIS091; ITCS047	#1	PTF
13	17 nov 1570	Ferrara	VIII	5.5	S	N	ITIS090; ITCS050	#1	FRA
32	-- --- 1600	Palazuolo	VII-VIII	5.4	N/A	N/A		N/A	N/A
14	19 mar 1624	Argenta	VIII-IX	5.5	N/A	N	ITIS141; ITCS012	#1	FRA
34	22 mar 1661	Appennino romagnolo	X	6.1	N/A	N		4	AVML
22	11 apr 1688	Romagna	IX	5.8	N/A	N	ITIS100; ITCS109	#1	FRA
31	29 ott 1725	Appennino Tosco-emiliano	VIII	5.4	N/A	N		#4	PSL
23	4 apr 1781	Romagna	IX-X	5.9	S	N	ITIS093; ITCS001	#1	PTF
24	17 lug 1781	Romagna	VIII	5.6	S	N	ITCS001	#1	PTF
38	25 dic 1786	Riminese	VIII	5.6	N/A	N	ITIS035; ITCS039	#1	N/A
15	22 ott 1796	Emilia orientale	VII	5.6	N/A	S	---	#4	PSL
2	12 mag 1802	Valle dell'Oglio	VIII	5.6	N/A	N	ITIS104; ITCS002	#1	SAOA
7	9 ott 1828	Valle Staffora	VIII	5.8	S	N	ITCS018	#1	EA
12	11 set 1831	Reggiano	VII-VIII	5.5	S	N	ITCS009; ITCS049	#1	EA/ FRA
11	13 mar 1832	Reggiano	VII-VIII	5.5	S	S	---	#4	EL
30	25 giu 1869	Media Valle del Reno	VII-VIII	5.4	N/A	S	---	#2/4	DR/ VVL
28	30 ott 1870	Romagna	VIII	5.6	N/A	N	ITCS001	#1	PTF
29	17 set 1873	Liguria orientale	VI-VII	5.4	N/A	S	---	#4	EL
35	17 mar 1875	Romagna sud-orientale	VIII	5.9	N/A	N	ITIS036; ITCS039	#1	N/A
5	7 giu 1891	Valle d'Illasi	IX	5.9	S	N	---	-	-
17	4 mar 1898	Valle del Parma	VII-VIII	5.4	N/A	N	ITCS046	#1	PTF
3	30 ott 1901	Salò	VIII	5.7	N/A	N	ITIS069; ITCS048	#1	SAMF
16	13 gen 1909	Bassa Padana	VI-VII	5.5	N/A	S	---	#4	PSL
36	17 mag 1916	Alto Adriatico	VIII	5.9	S	N	ITIS034; ITCS030	#1	N/A
37	16 ago 1916	Alto Adriatico	VIII	6.1	S	N	ITIS033; ITCS030	#1	N/A
19	20 apr 1929	Bolognese	VII-VIII	5.3	S	N	ITIS103; ITCS047	#1	PTF
8	15 mag 1951	Lodigiano	VI-VII	5.4	N/A	S	---	#3	UDS
10	15 lug 1971	Parmense	VIII	5.7	N/A	N	ITCS009	#1	EA

Tabella 1: Parametri dei maggiori terremoti storici dell'area di studio (CPTI11 e Boschi e Guidoboni, 2003). Ogni terremoto è stato, in via preliminare, assegnato ad un gruppo e, quando possibile, ad una struttura tettonica. S: Sì; N: No; N/A: Non applicabile. EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo; PTF: fronte pedeappenninico; SAMF: fronte delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; DR: rampa profonda; SVL: Schio-Vicenza; AVML: Arbia- Val Marecchia; PSL: Prato-Sillaro; VVL: Viareggio-Val di Lima-Bologna; EL: Enza; ML: Montone; UDS: struttura tettonica ignota.

Tabella 2

ID	Data	Orario	Profondità (km)	M _L	Multiplo	Sorgente(i)	Gruppo	Struttura tettonica
62	09 nov 1983	16 29 52	28.0*	4.8	N	---	#4	EL
44	24 apr 1987	02 30 28	5.0	4.6	Y	ITCS049	#1	FRA
45	02 mag 1987	20 43 54	24.0*	4.5	Y	---	#4	EL
40	13 set 1989	21 54 01	40.4*	4.7	N	---	#4	SVL
42	15 ott 1996	09 56 01	5.0	4.9	N	ITCS049	#1	FRA
67	10 mag 2000	16 52 12	13.3	4.5	Y	ITCS001	#1	PTF
43	18 giu 2000	07 42 07	5.0	4.5	N	ITCS049	#1	FRA
66	14 set 2003	21 42 53	20.1°	5.0	N	ITIS058; ITCS027	#2	DR
39	24 nov 2004	22 59 39	5.4*	5.2	N	ITCS048	#1	SAMF
64	23 dic 2008	15 24 22	22.9	5.2	N	ITIS135; ITCS027	#2	DR
65	23 dic 2008	21 58 27	23.7	4.8	N	ITCS027	#2	DR
68	05 apr 2009	20 20 53	24.5	4.6	N	---	#4	ML
59	17 lug 2011	18 30 27	2.4	4.8	N	ITCS050	#1	FRA
41	25 gen 2012	08 06 37	29.0	5.0	N	---	#4	UDS
63	27 gen 2012	14 53 13	72.4	5.2	N	---	#4	UDS
54	20 mag 2012	02 03 52	6.3	5.9	Y	ITIS134; ITCS103	#1	FRA
55	20 mag 2012	02 06 30	7.7	4.8	Y	ITCS103	#1	FRA
56	20 mag 2012	02 07 31	5.0	5.1	Y	ITCS103	#1	FRA
46	20 mag 2012	03 02 50	10.0	4.9	Y	ITCS051	#1	FRA
57	20 mag 2012	13 18 02	4.7	5.1	Y	ITCS103	#1	FRA
58	20 mag 2012	17 37 14	3.2	4.5	Y	ITCS103	#1	FRA
47	29 mag 2012	07 00 03	10.2	5.8	Y	ITIS107; ITCS051	#1	FRA
48	29 mag 2012	08 25 51	3.2	4.5	Y	ITCS051	#1	FRA
49	29 mag 2012	08 27 23	10.0	4.7	Y	ITCS051	#1	FRA
50	29 mag 2012	10 55 57	6.8	5.3	Y	ITCS051	#1	FRA
51	29 mag 2012	11 00 02	11.0	4.9	Y	ITCS051	#1	FRA
52	29 mag 2012	11 00 25	5.4	5.2	Y	ITCS051	#1	FRA
53	03 giu 2012	19 20 43	9.2	5.1	Y	ITCS051	#1	FRA
60	06 giu 2012	04 08 31	25.6	4.5	N	---	#4	UDS
61	03 ott 2012	14 41 28	32.2	4.5	N	---	#4	UDS

Tabella 2: Parametri dei maggiori terremoti ($M \geq 4.5$) strumentali dell'area ([ISiDe](#) e *Bollettino Sismico Italiano*). ° in accordo con Piccinini et al. (2006), *=profondità da [CSI](#).

Al di sotto dei sedimenti della Pianura Padana esistono quindi strutture tettoniche attive e capaci di generare terremoti, come testimonia sia la sismicità strumentale dell'area, sia il verificarsi di importanti terremoti storici (Figura 2). Per rimanere nell'area emiliana ricordiamo la sequenza sismica di Ferrara del 1570 (Figura 3), quella che ha colpito Argenta nel 1624 e i numerosi terremoti che hanno colpito Bologna nel 1929, tutti con magnitudo stimata tra 5.5 e 6.0. Recentemente, i thrust sepolti dell'Appennino Settentrionale si sono attivati durante la sequenza dell'Emilia del 2012. Una caratteristica comune delle sequenze emiliane del 1570, 1929 e 2012 è quella di essere costituite da più terremoti potenzialmente distruttivi, anche con magnitudo simile, che si susseguono nell'arco di giorni, settimane o mesi. Ma il più forte terremoto di cui si ha notizia nell'area padana è quello che il 3 gennaio del 1117 ha duramente colpito Verona e le aree poste a sud di essa (magnitudo stimata 6.7). La precisazione "di cui si ha notizia" è doverosa perché per molti secoli la Pianura Padana è stata sede di ampie aree paludose e di fitte e impraticabili foreste con sporadici nuclei abitati; esiste quindi la possibilità che altri forti terremoti accaduti nell'area siano stati poco risentiti dall'uomo o non siano stati risentiti affatto, e quindi che non siano stati adeguatamente documentati, appearing come terremoti minori o scomparendo del tutto dalle fonti storiche.

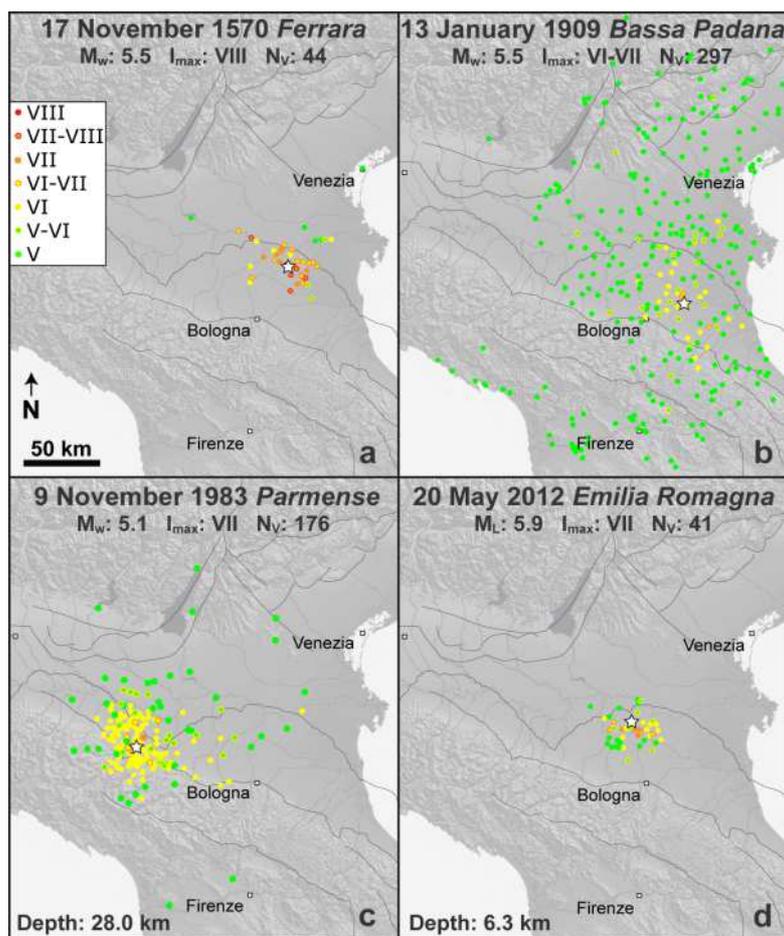


Figura 3: Confronto tra terremoti con risentimenti macrosismici molto diversi tra loro. Mappa delle intensità macrosismiche, con valori di Intensità ≥ 5 . N_v è il numero di località con Intensità ≥ 5 . La superficie maggiore interessata dal risentimento degli eventi del 13 gennaio 1909 e del 9 novembre 1983 evidenzia come la profondità di questi due eventi sia ben maggiore di quella dei terremoti del 17 novembre 1570 e del 20 maggio 2012.

Come mostrano la Figura 3 e le Tabelle 1 e 2 la **Pianura Padana è interessata sia da terremoti superficiali sia da terremoti relativamente profondi**; visto il contesto sismotettonico, possiamo convenzionalmente assumere come terremoti “profondi” tutti gli eventi localizzati al di sotto la profondità di 15 km. I terremoti più superficiali tendono a causare effetti significativi ma molto concentrati nello spazio, mentre a parità di magnitudo un terremoto profondo farà meno danni ma su un’area molto più ampia: è la cosiddetta “firma macrosismica” dei terremoti, che ci consente di ipotizzare la profondità focale anche per quelli più antichi.

Un’importante caratteristica che accomuna i terremoti della Pianura Padana è che, in virtù della loro cinematica e del loro contesto geologico, anche i più superficiali tra essi non producono fagliazione della superficie topografica, o comunque non sono noti effetti di terremoti del passato che potrebbero essere ricondotti a fagliazione superficiale. In altre parole, le faglie della Pianura Padana non arrivano a tagliare la superficie terrestre ma si fermano in profondità, e prendono per questo il nome di *faglie cieche*. Ne consegue che **le faglie padane possono essere investigate solo tramite metodi indiretti**. Tuttavia, a causa delle caratteristiche geologiche dei terreni più superficiali, i forti terremoti padani causano spesso importanti effetti di liquefazione ed espulsione di sedimenti sabbiosi (vulcani di fango) che possono risultare più dannosi per gli edifici che non lo scuotimento stesso.

Identificare e parametrizzare le faglie responsabili dei principali terremoti della Pianura Padana – ossia le sorgenti sismogenetiche – richiede che si prenda in dovuta considerazione la loro profondità, geometria e cinematica, sia rispetto all’assetto delle due catene montuose attualmente “in avvicinamento” (le Alpi e gli Appennini), sia rispetto all’assetto paleogeografico preesistente. L’avvicinamento delle due catene è infatti fortemente condizionato dalla presenza di un contesto geologico “ereditato”, caratterizzato da antiche piattaforme carbonatiche e depositi di bacini marini profondi separati da faglie estensionali sviluppatesi durante l’apertura della Tetide. Questa articolata paleogeografia controlla fortemente lo sviluppo, l’evoluzione e la forma dei fronti montuosi sepolti al di sotto dei depositi della pianura. La conoscenza della paleogeografia dell’area oggi occupata dalla Pianura Padana è quindi molto importante per individuarne e caratterizzarne le sorgenti sismogenetiche.

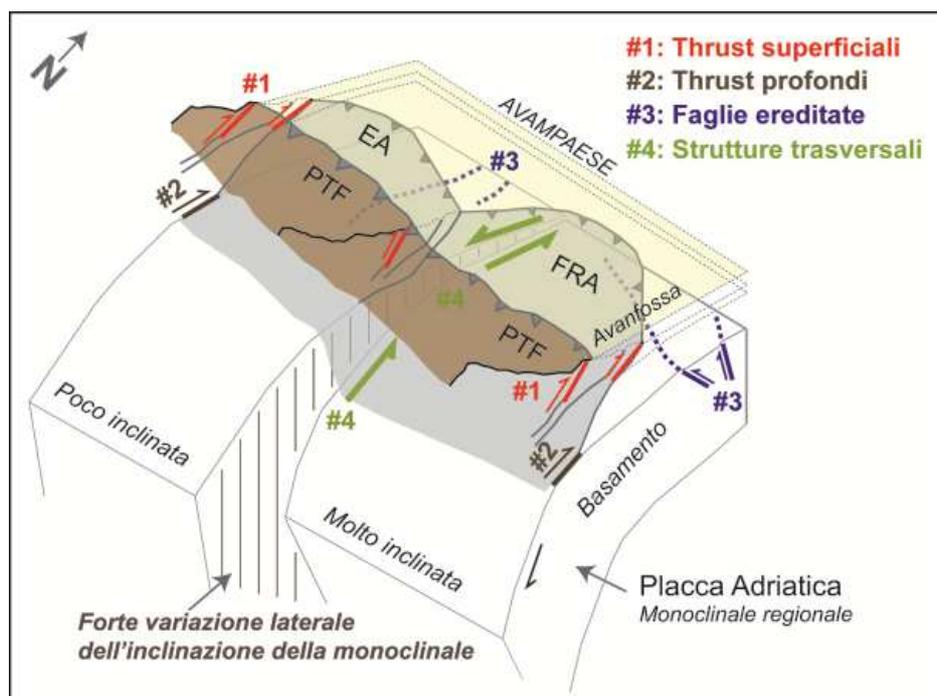


Figura 4: Schema semplificato che illustra i quattro gruppi di sorgente sismogenetica identificati in Pianura Padana nel recente studio. Oltre ai thrust superficiali e profondi, sono presenti le faglie ereditate che tagliano l’avampaese e le strutture trasversali. Queste ultime sono state interpretate, in questo studio, come la risposta fragile della litosfera superiore alla variazione dell’inclinazione della monoclinale regionale. EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo; PTF: fronte pedeappenninico.

Questo studio, appena pubblicato su *Pure and Applied Geophysics*, ha ripreso in esame e riorganizzato tutte le conoscenze sulla geologia, sulla tettonica e sulla sismicità della Pianura Padana. Le faglie cieche della Pianura Padana sono state suddivise in quattro gruppi principali (Figure 4 e 5):

- Gruppo #1: i **thrust superficiali delle Alpi e degli Appennini**, che includono sia i sistemi di faglie che corrono ai piedi dei rispettivi rilievi sia i fronti più esterni in pianura;
- Gruppo #2: i **thrust profondi dell’Appennino settentrionale**;
- Gruppo #3: le **strutture “ereditate”**;
- Gruppo #4: le **strutture trasversali alle catene delle Alpi e dell’Appennino**.

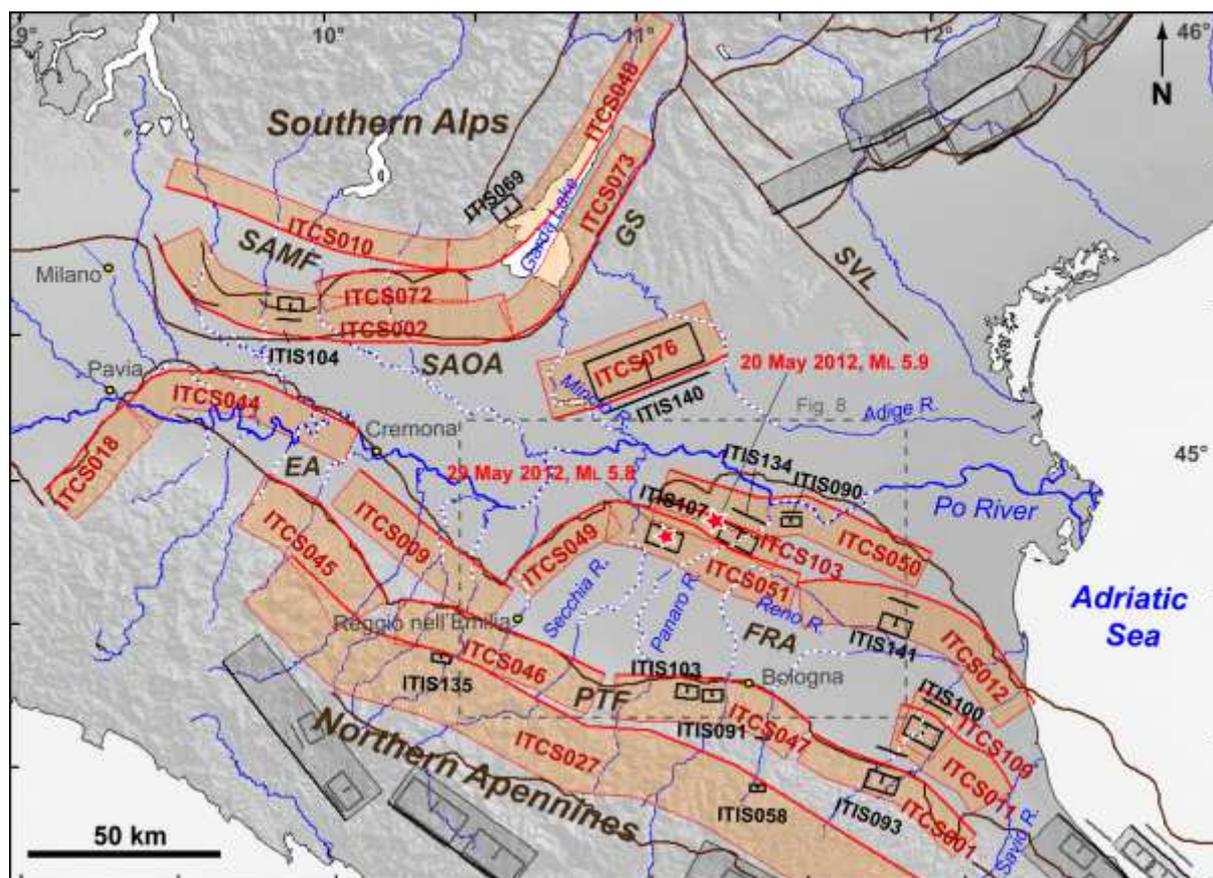


Figura 5: Sorgenti Sismogenetiche Individuali (ISS) e Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS) della Pianura Padana (rappresentate rispettivamente con rettangoli neri e fasce rosse; per le definizioni si vedano Basili et al., 2008; DISS v. 3.2). Le anomalie della rete di drenaggio sono evidenziate in tratteggio bianco. SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; PTF: fronte pedeappenninico; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.

Le Tabelle 1 e 2 contengono un primo tentativo di attribuire ogni forte terremoto storico (Tabella 1) e ogni terremoto strumentale significativo (Tabella 2) della Pianura Padana a questi quattro grandi gruppi di faglie e singole strutture tettoniche note. Ad esempio il forte terremoto del 3 gennaio 1117 viene attribuito a una faglia “ereditata”, ossia una struttura estensionale di età mesozoica riattivata nell’attuale regime tettonico compressivo (ITIS140 in Fig. 5). L’identificazione di questa faglia – localizzata, come ci dicono gli aggiornati dati del risentimento macrosismico, al di sotto delle Valli Grandi Veronesi, a sud dei Monti Lessini – è basata sia sull’analisi di dati del sottosuolo, che confermano la presenza di una faglia ereditata, sia su evidenze di geomorfologia tettonica. Lungo i corsi dei fiumi Mincio e Adige sono state identificate diverse “anomalie di drenaggio”, ovvero anomalie nell’andamento atteso delle aste fluviali, compatibili con il sollevamento della superficie topografica causato dal movimento in profondità di tale faglia ereditata. Un analogo studio condotto tra il 1999 e il 2003 confrontando dati geomorfologici e geofisici aveva già permesso di identificare la sorgente sismogenetica che avrebbe poi causato il terremoto del 29 maggio 2012 (magnitudo 5.8; ITIS107 in Fig. 5). Le due sorgenti degli eventi del 3 gennaio 1117 e del 29 maggio 2012, pur appartenendo a due diverse tipologie di faglia (Gruppo #3 e Gruppo #1, rispettivamente) e pur avendo dimensioni molto diverse tra loro (circa 30 km e circa 9 km di lunghezza, rispettivamente), sono accomunate dalla loro natura compressiva, dal fatto di essere entrambe *cieche*, e dall’aver creato simili deviazioni nell’andamento del corso dei fiumi.

Abbiamo visto come **in Pianura Padana accadano non solo terremoti superficiali ma anche eventi profondi**. Le faglie responsabili di questi terremoti possono appartenere alla categoria dei *thrust* profondi, ossia alle sorgenti compressive più interne alla catena (Gruppo #2), come nel caso del terremoto del 14 settembre 2003 (magnitudo 5.3); un evento con cinematica compressiva localizzato a circa 20 km di profondità al di sotto dell'Appennino bolognese.

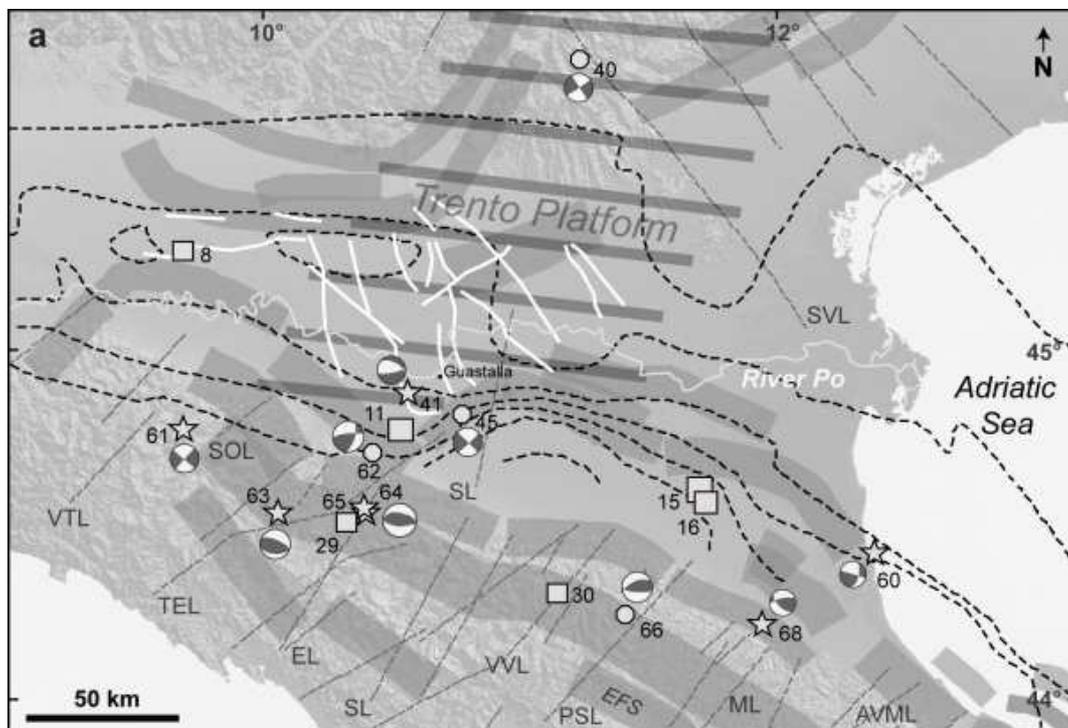


Figura 6: Schema sismotettonico della Pianura Padana, con i principali elementi paleogeografici ed, esclusivamente, i terremoti con $M > 4.5$ e profondità > 15 km. Le isolinee tratteggiate rappresentano l'inclinazione della monoclinale regionale (elaborato da Mariotti e Doglioni, 2000). Fasce grigie: sorgenti sismogenetiche composite (DISS Working Group, 2014); linee bianche: faglie ereditate (Rogledi, 2010); area tratteggiata grigia: Piattaforma di Trento (Cuffaro et al., 2010); linee grigie tratteggiate: strutture trasversali; SVL, Schio-Vicenza Line; VTL, Val Trebbia Line; SOL, Stirone-Ongina Line; TEL, Taro-Enza Line; EL, Enza Line; SL, Secchia Line; VVL, Viareggio-Val di Lima-Bologna Line; PSL, Prato-Sillaro Line; ML, Montone Line; AVML, Arbia-Val Marecchia Line.

Le faglie responsabili di alcuni di questi terremoti possono infatti appartenere:

- al **Gruppo #3**, come nel caso del terremoto profondo del Lodigiano del 15 maggio 1951 (magnitudo 5.4), avvenuto in un'area in cui i fronti appenninici e alpini sono molto vicini, poco sviluppati e privi di rampe capaci di generare terremoti profondi. Per via dell'inusuale localizzazione di questo evento e per la presenza di campi di produzione di gas, in uno studio del 1956 Pietro Caloi e altri sismologi ritennero questo terremoto come probabilmente causato dalle attività estrattive. Oggi però sappiamo che il terremoto del 1951 fu piuttosto profondo e che proprio in corrispondenza dell'area di massimo risentimento di questo terremoto esiste una faglia ereditata nel basamento;
- al **Gruppo #4**, come nel caso del terremoto del 13 settembre 1989 (magnitudo 4.7), con profondità 40 km e meccanismo focale trascorrente. La struttura responsabile di questo evento è ritenuta essere la cosiddetta "Linea Schio-Vicenza", un'importante struttura trascorrente, sub-verticale, con andamento nordovest-sudest, lunga circa 120 km (SVL in Figure 5 e 6). Nel nostro recente studio abbiamo interpretato le strutture profonde trasversali alla catena come la risposta fragile della litosfera superiore alle variazioni laterali dell'inclinazione della monoclinale regionale (Figure 4 e 6). Come abbiamo visto, l'avanzamento dei thrust è controllato dalla paleogeografia e, inoltre, si nota come i margini dei thrust corrispondano alle strutture trasversali note in letteratura, che segmentano il sistema compressivo. Questa interpretazione si basa anche sull'osservazione che molti importanti terremoti strumentali e storici profondi (Figura 6) sembrano concentrarsi proprio in prossimità di tali strutture.

A cura di Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato e Gianluca Valensise – *INGV-Roma1*.

Il lavoro citato è pubblicato su *Pure and Applied Geophysics*: Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise, *The seismotectonic of the Po Plain (northern Italy): tectonic diversity in a blind faulting domain*, 2014, doi: 10.1007/s00024-014-0873-0, <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00024-014-0873-0>.

Bibliografia

- Basili, R., Valensise, G., Vannoli, P., Burrato, P., Fracassi, U., Mariano, S., Tiberti, M.M. And Boschi, E. (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics* 453, 20-43, doi: 10.1016/j.tecto.2007.04.014.
- Boschi, E., And Guidoboni, E. (2003), I terremoti a Bologna e nel suo territorio dal XII al XX secolo, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Storia Geofisica Ambiente, Editrice Compositori.
- Burrato, P., Ciucci, F., And Valensise, G. (2003), An inventory of river anomalies in the Po Plain, Northern Italy: evidence for active blind thrust faulting, *Ann. Geophys.* 5, 865-882, doi:10.4401/ag-3459.
- Caloi, P., De Panfilis, M., Di Filippo, D., Marcelli, L., And Spadea, M.C. (1956), Terremoti della Val Padana del 15-16 maggio 1951, *Ann. Geofis.* 9, 1, 63-105.
- Cuffaro, M., Riguzzi, F., Scrocca, D., Antonioli, F., Carminati, E., Livani, M., And Doglioni, C. (2010), On the geodynamics of the northern Adriatic plate, *Rend. Fis. Acc. Lincei* 21, 1, S253-S279, doi: 10.1007/s12210-010-0098-9.
- 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, <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.1.1.
- Mariotti, G., And Doglioni, C. (2000), The dip of the foreland monocline in the Alps and Apennines, *Earth Planet. Sc. Lett.* 181, 191-202, doi: 10.1016/S0012-821X(00)00192-8.
- Meloni, F., Molin, D., And Rossi A. (1988), Indagine macrosismica sui terremoti “profondi” del 27 ottobre 1914 e 25 ottobre 1972, *Atti del 7° Convegno Annuale del GNGTS, Roma* 1, 221-236.
- Pondrelli, S., Salimbeni, S., Ekstrom, G., Morelli, A., Gasperini, P., And Vannucci, G. (2006), The Italian CMT dataset from 1977 to the present, *Phys. Earth Planet. In.* 159, 3-4, 286-303, doi: 10.1016/j.pepi.2006.07.008.
- Rogledi, S. (2010), Assetto strutturale delle unità alpine nella pianura tra il lago d'Iseo e il Garda, Workshop “Rischio sismico nella Pianura Padana”, Brescia 24 Novembre 2010.

La sismicità del Veneto tra eventi storici e recenti

The seismicity of the Veneto Region: historical and recent earthquakes

JACOPO BOAGA
Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi
di Padova
E-mail: jacopo.boaga@unipd.it

Parole chiave (key words): Sismicità (*Seismicity*), Veneto (*Veneto*), terremoti storici (*historical earthquakes*)

RIASSUNTO

La Regione Veneto è interessata da una relativamente intensa attività tettonica, principalmente legata alla dinamica post-oligocenica del dominio Sudalpino orientale. Dal punto di vista sismico il territorio regionale è stato teatro di eventi sismici storici anche importanti, e risente, come molto recentemente dimostrato, della rilevante sismicità proveniente dalle zone limitrofe. Focalizzandosi sul territorio regionale, si descrivono i più accreditati studi riguardanti i terremoti storici rilevanti per poi analizzare la più recente attività tellurica registrata strumentalmente. La sismicità viene quindi correlata alle zone potenzialmente sismogenetiche che interessano il Veneto e ne determinano il grado di pericolosità.

1. INQUADRAMENTO TETTONICO

Il territorio veneto insiste, dal punto di vista tettonico, sul fronte plio-quadernario del Alpi Meridionali orientali (Sudalpino orientale). Il settore compreso tra i monti Lessini e il confine con il territorio friulano, rappresentata dalle pre-Alpi Venete, è schematizzabile come un sistema di sovrascorrimenti (thrusts in Fig. 1) a basso angolo con vergenza S-SE di età principalmente neogenica (Galadini *et al.* 2005; Doglioni 1990, Poli *et al.* 2008). La catena neogenica è dovuta alla convergenza Adria-Europa, la cui velocità è stata stimata in 2-3 mm/anno (D'Agostino *et al.* 2005, Caporali A. and Martin S. 2000; Grenczy *et al.*, 2005; Serpelloni *et al.* 2005; Scissiani e Calamita 2009). Il settore veneto centrale è dominato dal sovrascorrimento sud-vergente "Bassano-Valdobbiadene" (Doglioni, 1992), limitato a ovest dal di faglie trascorrenti (strike-slip) della linea Schio-Vicenza, che rappresenta la giunzione cinematica del settore orientale con il Sudalpino centrale (Sauro e Zampieri 2001; Zampieri *et al.* 2003). Il settore più occidentale confina con il sistema tettonico delle Giudicarie (Vigano *et al.* 2013; Caporali *et al.* 2003), mentre il settore orientale confina con le complesse strutture del fronte friulano, dove si concentra il maggior raccorciamento della propaggine meridionale del Sudalpino (Poli *et al.* 2008; Slejko *et al.* 1999, Aoudia

et al. 2000). I principali lineamenti che caratterizzano le Prealpi venete centrali sono il sovrascorrimento del Montello (Benedetti *et al.* 2000) e alcune strutture minori, con orientamento OSO-ENE, come i sovrascorrimenti Bassano-Cornuda e Thiene-Bassano (Fig. 1). Le provincie più meridionali della Regione Veneto, pur non ospitando strutture tettoniche esposte, risentono sismicamente delle attività dei sovrascorrimenti sepolti del fronte appenninico settentrionale (Boccaletti *et al.* 1985), con indizi di paleosismicità che interessano anche i settori centrali (Martin *et al.* 2017).

2. LE SISMICITÀ DEL TERRITORIO VENETO

Per definire la sismicità di un territorio è necessario valutare sia i terremoti del passato, di cui si valutano intensità e localizzazione dalle fonti storiche, che quelli più recenti regi-

strati dalle reti di monitoraggio strumentali. I dati di base della sismicità nazionale vengono raccolti ed elaborati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, www.ingv.it). Studi sismologici di dettaglio vengono anche eseguiti da altri Enti di Ricerca quale l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS, www.ogs.trieste.it). INGV prevede alla compilazione dei cataloghi sismici nazionali, tra i quali il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Rovida *et al.* 2016), che raccoglie tutti gli eventi noti storici e strumentali, riferendosi ai dati aggiornati di intensità macrosismica (DataBase Macrosismico Italiano DBMI, Locati *et al.* 2016). La Fig. 2 illustra le intensità macrosismiche massime osservate (Imcs) nel territorio veneto a seguito degli eventi sismici della finestra temporale 1000-2014.

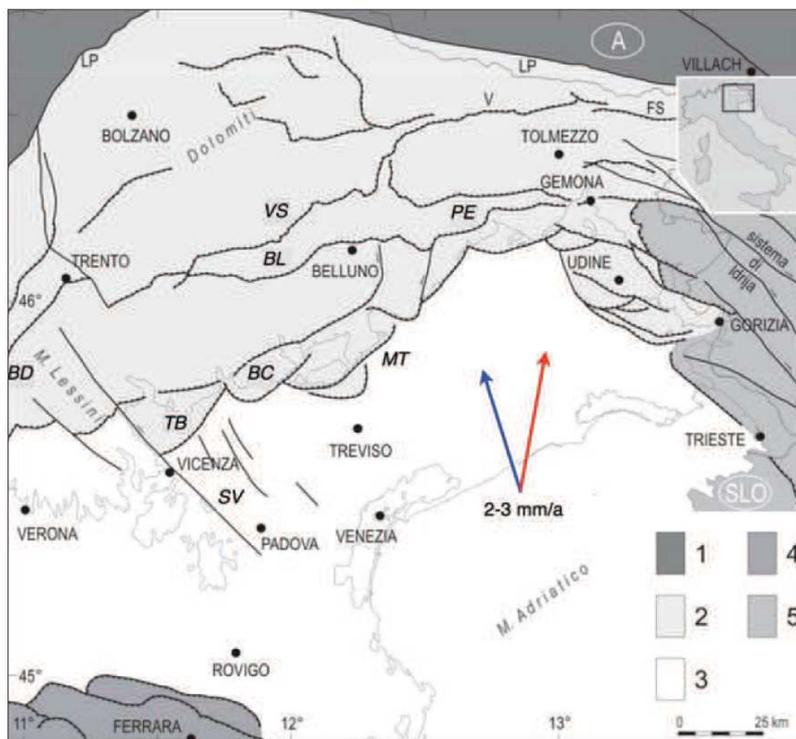


Figura 1 – Schema strutturale delle Alpi Meridionali orientali da Poli 2008, mod. 1. Austroalpino; 2. Sudalpino orientale; 3. Avampese sudalpino-appenninico; 4. Fronte appenninico settentrionale; 5. Regione a prevalente deformazione dinarica. In corsivo i principali lineamenti veneti: SV Schio-Vicenza; BC Bassano-Cornuda; TB Thiene-Bassano; MT Montello; BD Linea Monte Baldo; BL Linea di Belluno; VS Linea della Val Sugana; PE Thrust periadriatico. Le frecce indicano le direzioni di convergenza della placca Adriatica secondo D'agostino *et al.* 2005 (blu) e Grenczy *et al.* 2005 (rosso)

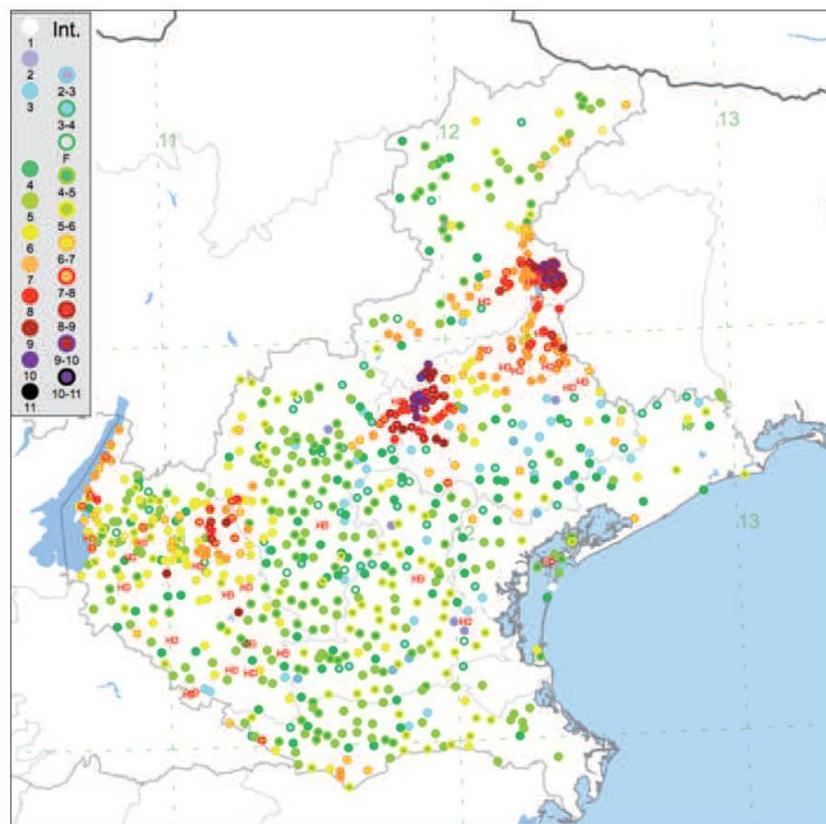


Figura 2 – Intensità macrosismica del Veneto come ricavata dal Database macrosismico Italiano 1000-2014 (DBMI, Locati et al. 2016). La dicitura HD (Heavy Damage) indica danni rilevanti

928 località che hanno risentito degli effetti di terremoti, con dati provenienti dal catalogo ASMI (Archivio Storico Macrosismico Italiano, emidius.mi.ingv.it/ASMI), l'associato catalogo DBMI (DataBase Macrosismico Italiano, Locati et al. 2016) e l'importante catalogo CFTI Med 4.0 (Catalogue of Strong Earthquakes in Italy and Mediterranean Area 760-1500; Guidoboni et al. 2007). Delle 928 località sono state estratte le 177 che hanno storicamente subito Intensità macrosismiche (Imcs) di grado ≥ 7 , ovvero che hanno subito considerevoli danni dagli eventi tellurici. Si sono poi analizzati i terremoti responsabili delle Imcs ≥ 7 . Sono stati quindi individuati un totale di 27 eventi storici, di cui 17 provenienti dal catalogo ASMI e DBMI e ulteriori 10 riportati nel catalogo CFTI-Med 4.0. La Tab. 1 riporta i dati relativi ai forti terremoti storici accorsi in Veneto e zone adiacenti, con il relativo posizionamento, la massima Intensità (Imax) e la stima della magnitudo equivalente (Me) con relativa incertezza (ove riportata).

Le località che hanno risentito di eventi con $Imax \geq 7$ sono state suddivise per provincia (Fig. 3). Dalla figura si evince che la provincia storicamente più colpita risulta essere la Marca Trevigiana, seguita da Belluno, Verona e Vicenza. Anche 3 località provincia di Rovigo sono state storicamente interessate

Si può notare come tutto il territorio veneto abbia risentito, con diverse intensità, dell'attività sismica delle zone limitrofe. Considerando solo gli eventi in grado di generare rilevanti danni ($Imcs \geq 7$), si osserva come quest'ultimi insistano nelle aree tettonicamente attive descritte sopra, ovvero lungo la fascia prealpina dei sovrascorrimenti a basso angolo con direttrice OSO-ENE, la zona di svincolo del Garda orientale, e le parti più meridionali della regione che risentono gli effetti dei sovrascorrimenti appenninici. Le intensità più rilevanti sono associate ad eventi con magnitudo momento $Mw \geq 5.5$ storicamente occorsi in Veneto e, più recentemente, nei territori limitrofi quali Emilia e Friuli. Per i terremoti storici i livelli di incertezza nella quantificazione del danno, e quindi dell'energia liberata, sono evidentemente proporzionali alla accuratezza delle fonti (Guidoboni e Ebel 2009); per le misurazioni strumentali sono invece relativi alla distribuzione ed alla efficienza delle stazioni sismometriche. Per valutare la sismicità del Veneto dobbiamo considerare sia gli eventi storici più significativi riconosciuti, sia la sismicità recente come strumentalmente misurata dalle stazioni sismometriche locali.

2.1 SISMICITÀ STORICA

Per analizzare la sismicità storica del Veneto sono state dapprima selezionate le

Tabella 1 – Eventi che hanno causato $Imax \geq 7$ accorsi nel territorio Veneto. Agli eventi catalogati dal catalogo ASMI-DBMI15 si associano quelli aggiuntivi inseriti nel catalogo CFTI –Med 4.0

Terremoto	Data	Lat.	Lon.	Imax	Me
Eventi provenienti da Catalogo DBMI15 e ASMI					
Verona 1117	03 01 1117	45.367	11.167	9.1	6.8
Verona 1183	00 12 1183	45.433	11	6.5	4.9
Bresciano/Veronese 1222	25 12 1222	45.533	10.623	7.5	5.68 \pm 0.36
Alpi Giulie 1348 (?)	25 01 1348	46.504	13.581	9	6.63 \pm 0.10
Ferrarese 1570	17 11 1570	44.824	11.632	7.5	5.44 \pm 0.17
Asolo 1695	25 02 1695	45.8	11.95	10	6.5
Pordenonese 1812	25 10 1812	46.027	12.589	7.50	5.62 \pm 0.25
Asolano 1836	12 06 1836	45.803	11.825	8	5.53
Prealpi Trevigiane 1860	10 03 1860	45.889	12.146	6.5	4.92 \pm 0.36
Monte Baldo 1866	11 08 1866	45.737	10.797	7	4.96 \pm 0.39
Alpago/Cansiglio 1873	29 06 1873	46.167	12.383	9.5	6.3
Val Illasi 1891	07 06 1891	45.564	11.165	8.50	5.87
Garda Occidentale 1901	30 10 1901	45.584	10.49	7.5	5.44 \pm 0.10
Garda Orientale 1932	19 02 1932	45.632	10.729	5.5	5.16 \pm 0.34
Cansiglio 1936	18 10 1936	46.089	12.38	9	6.06
Feltrino 1943	24 07 1943	45.986	11.883	7	5.07 \pm 0.13
Prealpi Vicentine 1989	13 09 1989	45.87	11.172	6.5	4.99 \pm 0.10
Eventi provenienti da Catalogo CFTI-Med 4.0					
Treviso 778	?? 778	45.667	12.25	8.5	5.8
Media Valle dell'Adige 1046	09 11 1046	45.83333	11.067	9	6
Trevigiano 1268	04 11 1268	45.733	12.083	8	5.4
Venezia 1284	17 01 1284	45.433	12.333	7	4.7
Trevigiano 1859	20 01 1859	45.883	12.1	7.5	5.2
Monte Baldo 1876	29 04 1876	45.75	10.783	7.5	4.9
Monte Baldo 1877	01 10 1877	45.767	10.8	7	4.6
Monte Baldo 1882	18 09 1882	45.717	10.767	7	5
Salò 1901	30 10 1901	45.583	10.5	8	5.7
Monte Baldo 1932	19 02 1932	45.633	10.733	8	5.1

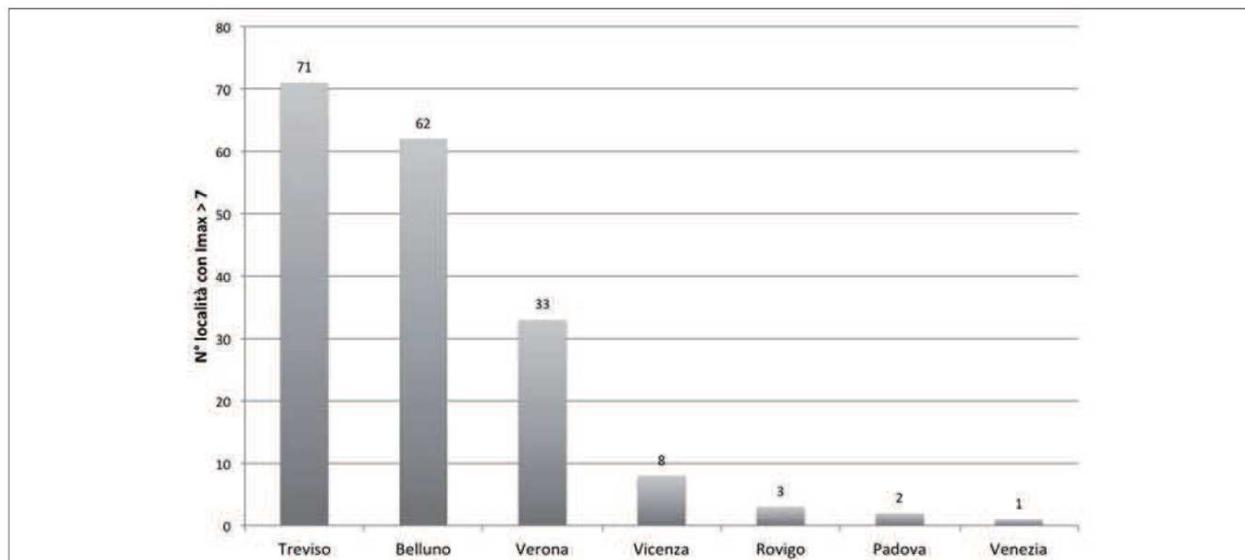


Figura 3 – Numero di località venete che hanno risentito storicamente di $I_{max} \geq 7$ suddivise per provincia sulla base del catalogo DBMI15. Le città di Venezia, Padova e Piove di Sacco sono segnalate per gravi danni (HD) con intensità stimate > 7 a seguito dell'evento del 1117.

Tabella 2 – Città con più di 10.000 abitanti che hanno storicamente risentito di $I_{max} \geq 7$ e relativo evento sismico più significativo

Città	Evento più significativo	Anno
Verona	Terremoto di Verona	1117
Belluno	Terremoto delle Alpi Giulie	1348
Padova	Terremoto di Verona	1117
Venezia	Terremoto di Verona	1117
Bassano del Grappa	Terremoto di Asolo	1695
Piove di Sacco	Terremoto di Verona	1117
Conegliano	Terremoto di Asolo	1695
Vittorio Veneto	Terremoto di Asolo	1695
Feltre	Terremoto di Cansiglio	1873
Asolo	Terremoto di Asolo	1695
Valdobbiadene	Terremoto di Asolo	1695

del CRS-OGS con magnitudo locale $M_L \geq 3$ degli ultimi 20 anni (1997-2017).

Come si può notare eventi sismici di debole entità interessano tutto il territorio regionale, tuttavia essi sono particolarmente concentrati lungo il sistema dei sovrascorrimenti pre-alpini con direzione OSO-ENE. Si registrano solo 3 eventi con $M_L \geq 4$ avvenuti rispettivamente nelle prossimità del M.te Baldo (2011), Grezzana (2012) e nel Golfo di Venezia, a mare (1997). Nessun evento strumentalmente registrato in Veneto ha superato, negli ultimi 20 anni, la M_L di 4.4.

dagli effetti di eventi distruttivi, aventi però epicentri nel territorio emiliano. Nel catalogo DBMI15 risultano colpite da gravi danni (HD: Heavy Damage) a seguito del terremoto del 1117 anche le città di Venezia, Padova e Piove di Sacco come descritto in Guidoboni *et al.* 1995 e Guidoboni *et al.* 2015.

La tabella 2 elenca i centri abitati con più di 10.000 abitanti che hanno risentito storicamente di $I_{max} \geq 7$, con il relativo evento più significativo. Come si può notare anche capoluoghi come Venezia, Verona, Padova e Belluno hanno in passato subito eventi distruttivi legati alla attività tellurica.

2.2 SISMICITÀ STRUMENTALE

La rete sismica nazionale (www.cnt.ingv.it) in Veneto è integrata da efficienti reti sismometriche locali, gestite dal Centro di Ricerche Sismologiche (CRS) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS, www.crs.inogs.it). La rete registra, localizza e analizza tutti gli eventi tellurici del Nord-Est, pubblicando i propri database (e.g. Priolo, 2008).

La Fig. 4 mostra tutti gli eventi registrati nel territorio veneto dalla rete sismometrica

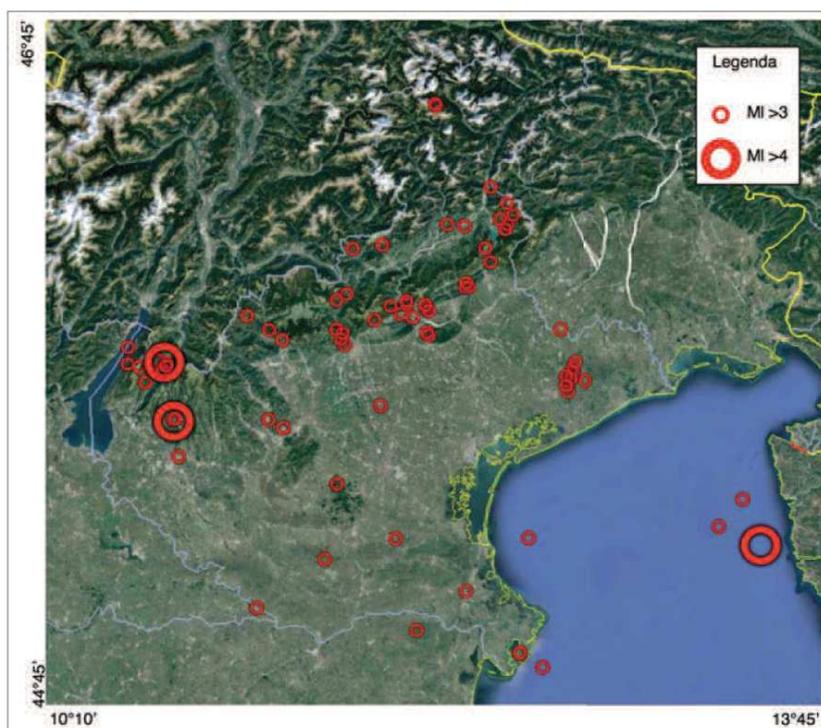


Figura 4 – Eventi sismici strumentalmente registrati in Veneto nel periodo 1997-2017 dalla rete sismometrica del CRS-OGS con $M_L \geq 3$ (www.crs.inogs.it)

3. EVENTI PIÙ SIGNIFICATIVI

Sulla base dell'analisi della sismicità storica e di quella strumentale, sono stati individuati gli eventi più significativi che hanno interessato il territorio Veneto. La Fig. 5 mostra i terremoti più significativi dell'area veneta e immediate vicinanze e il relativo anno di accadimento limitatamente ai terremoti con Magnitudo stimata (o registrata) ≥ 5.5 e con accreditati riferimenti incrociati nei database nazionali.

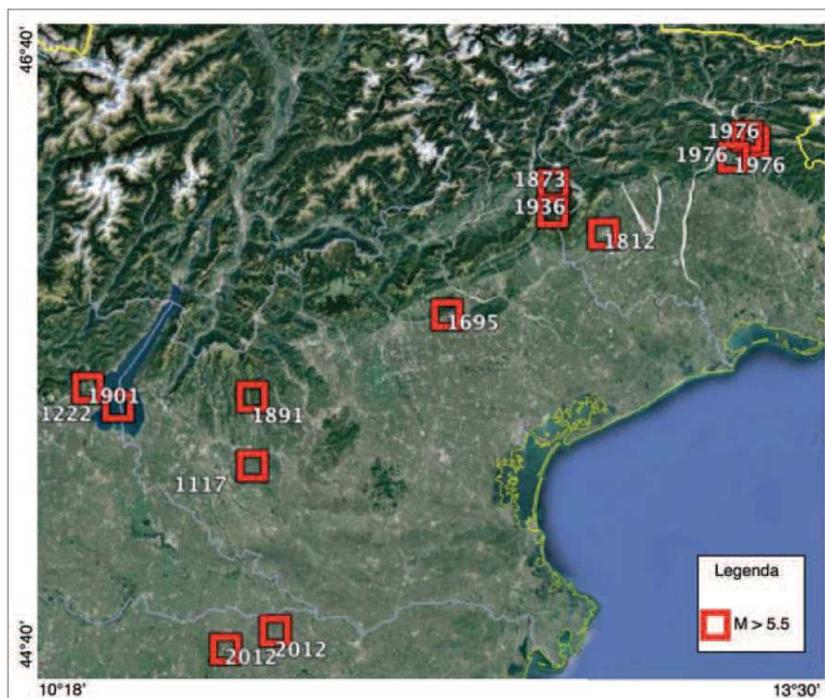


Figura 5 – Terremoti con $M \geq 5.5$ che hanno interessato il territorio Veneto e zone limitrofe con relativo anno di accadimento

Si possono individuare 10 forti terremoti che hanno avuto effetti distruttivi sul territorio veneto (si rimanda alla letteratura citata per approfondimenti):

- Terremoto di Verona 1117; si tratta dell'evento più forte avvenuto nel Nord Italia (Guidoboni *et al.* 2005). È un terremoto la cui localizzazione è ancora dibattuta (Boschi *et al.* 1995, 1997; Giorgetti and Iaccarino 1997) che ebbe effetti devastanti in tutta l'area raggiungendo magnitudo per alcuni autori prossime a 7 (Bernardis *et al.* 1977). Approfonditi studi recenti hanno verificato come gli effetti siano dovuti alla concomitanza di più eventi (Guidoboni e Comastri 2005). Esso venne avvertito anche in buona parte dell'Europa centrale e fu causa di sconvolgimenti economico/sociali (Guidoboni e Boschi 1991).
- Terremoto del Bresciano/Veronese 1222; evento localizzato nella zona occidentale del Lago di Garda di cui risentì il territorio veronese (Guidoboni *et al.* 2007).
- Terremoto di Asolo 1695; il terremoto interessò l'alto trevigiano a sud del Monte

Grappa con distruzioni gravissime in più di 30 centri abitati. La scossa fu avvertita anche da territori emiliani e lombardi sino a Varese. Provocò centinaia di morti, acuendo una crisi economica già in corso e causando lo spopolamento di diversi centri (Guidoboni *et al.* 2007).

- Terremoto di Asolo 1836; non causò vittime ma danni gravi agli abitati dell'asolano e risentimenti forti a Bassano del Grappa (Guidoboni *et al.* 2007).

Nord-Orientale e leggeri danni furono registrati anche in distanti capoluoghi come Bolzano e Venezia (Guidoboni *et al.* 2007).

- Terremoto del Friuli 1976; il più forte evento strumentalmente registrato dell'Italia Nord-Orientale. La sequenza comprendeva 6 scosse principali, di cui 3 con magnitudo ≥ 5.5 . Avvertito con forza in tutto il Nord-Italia, causò 990 vittime, più di 100.000 sfollati e decine di migliaia di crolli (Boschi *et al.* 2000; Aoudia *et al.* 2000; Peruzza *et al.* 2002).
- Terremoto d'Emilia 2012; importante sequenza sismica che ha recentemente interessato il territorio di Modena-Ferrara, con forti risentimenti in tutto il Nord-Italia. Si sono susseguite decine di scosse con magnitudo ≥ 4 tra maggio e giugno causando 27 vittime e ingenti danni. Nel territorio veneto le 2 scosse principali, con magnitudo di 5.9 e 5.8 rispettivamente, hanno generato forti risentimenti e danni nella provincia meridionale di Rovigo (Anzidei *et al.* 2012).

4. LE ZONE SISMOGENETICHE VENETE

Sulla base della sismicità storica e strumentale, integrata con le conoscenze tettoniche, possono essere identificate le strutture responsabili dei terremoti di maggior intensità. Il gruppo di lavoro del Database of Individual Seismogenic Sources dell'INGV ha individuato su scala nazionale le zone sismogenetiche capaci di terremoti con magnitudo > 5.5 (Basili *et al.* 2008; Diss working group 2015). Si considerano qui le zone sismogenetiche che interessano più specificatamente il Veneto (rappresentate in Fig. 6, sovrapposte allo schema strutturale di Fig. 1) relative a sistemi di faglie profonde ritenuti in grado di liberare energie rilevanti. Ai fini della pericolosità locale sarà necessario valutare anche i sistemi di faglie attive minori nonché le faglie superficiali capaci, ovvero faglie attive in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (IAEA 2010).

Nel territorio veneto sono state identificate e classificate 8 principali zone sismogenetiche capaci di generare forti terremoti (si rimanda alla letteratura citata per approfondimenti):

- Area Veronese. È considerata la zona sismogenetica del terremoto del 1117. Si tratta di una zona anomala ed in fase di intenso studio poiché potrebbe non essere associata né ai noti sistemi di sovrascorrimento sepolti delle strutture appenniniche né a quelli dei sovrascorrimenti frontali delle Alpi Meridionali (Vannoli *et al.* 2015, Burrato *et al.* 2003).
- Monte Baldo. La zona appartiene al fronte più esterno dei sovrascorrimenti del sistema delle Giudicarie. Questa sorgente è ipotizzata su un piano di sovrascorrimen-

to con vergenza S-SE, ed è considerata essere stata la causa di almeno 9 eventi con Mw compresa tra 4.6 e 5.2 negli ultimi 2 secoli (Castaldini and Panizza, 1991).

- Thiene-Cornuda. La zona è il segmento più occidentale del complesso sistema di sovrascorrimenti delle Alpi Meridionali che accomodano la convergenza N-S tra microplacca adriatica e della placca europea. La sua attività è testimoniata da evidenze geomorfologiche e strutturali (Galadini *et al.* 2005); si stima che questo sistema di faglie sia capace di terremoti con Mw > 6 (Castaldini and Panizza 1991).
- Thiene-Bassano. La zona sismogenica Thiene-Bassano è un segmento del lungo sistema di sovrascorrimenti che borda l'alta pianura veneta e friulana, ed è interrotta ad est da strutture trasversali. Diverse evidenze geomorfologiche testimoniano l'attività della zona come il sollevamento di terrazzi fluviali, valli abbandonate e scarpate di natura tettonica (Galadini *et al.* 2005)
- Bassano-Cornuda. Alcuni autori (Poli *et al.* 2008, Galadini *et al.* 2005) considerano la zona sismogenica Bassano-Cornuda come responsabile del terremoto di Asolo del 1695. La zona è in linea con la zona Thiene-Bassano e appartiene al sistema di sovrascorrimenti con orientazione OSO-ENE.
- Bassano-Vittorio Veneto. Questa zona sismogenica comprende il fronte di faglie che si estende al margine delle Prealpi sino a Belluno, con orientamento parallelo alla catena (Basili *et al.* 2008).
- Montello. Si tratta di una struttura tettonicamente attiva a cui sono stati attribuiti diversi terremoti storici con Mw > 5 (Benedetti *et al.* 2000). La scarsa sismicità espressa e le forti incertezze degli eventi del passato

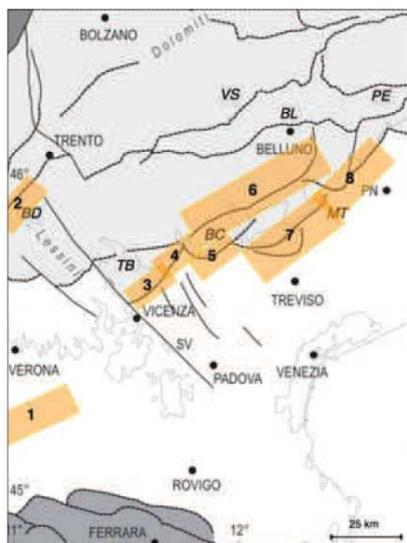


Figura 6 – Le principali zone sismogenetiche del territorio Veneto sovrapposte allo schema strutturale di Figura 1 (Poli 2008 mod.). 1) Area Veronese; 2) Monte Baldo; 3) Thiene-Cornuda; 4) Thiene-Bassano; 5) Bassano-Cornuda; 6) Bassano-Vittorio Veneto; 7) Montello; 8) Cansiglio

suggeriscono che il sovrascorrimento del Montello possa essere un'unica grande sorgente silente capace però di generare forti terremoti (Galadini *et al.* 2005, vedi cap. 4.1)

- Cansiglio. A quest'area sismogenica è attribuito l'evento sismico di Bosco del Cansiglio del 1936. Le medesime zone sono state interessate anche dal forte terremoto bellunese del 1873, la cui localizzazione è più incerta. L'area del Cansiglio è ritenuta essere un segmento dell'esteso sistema di sovrascorrimenti delle Prealpi friulano-venete (Galadini *et al.* 2005; Peruzza *et al.* 1989).

4.1 LA ZONA SISMOGENETICA DEL MONTELLO

La zona sismogenica del Montello rappresenta una delle strutture principali del settore orientale delle Alpi Meridionali (Galadini *et al.* 2005, 2008). Il rilievo del Montello è difatti una struttura di origine tettonica, tuttora attiva, come dimostrano numerose evidenze geomorfologiche e geodinamiche. Il rilievo si estende per circa 15 km in lunghezza e 5 km di larghezza con orientamento NE-SO. Si tratta di una anticlinale generatasi per deformazione lungo un sistema di sovrascorrimento sud-vergente, legato alle spinte della microplacca adriatica. Simili strutture tettoniche sono già note in aree di convergenza al piede di catene montuose in Asia e in America (Benedetti *et al.* 2000). Lo studio cronologico di numerosi ordini di terrazzi fluviali pleistocenici, supportato da datazioni al C¹⁴ (Benedetti *et al.* 2000), e associato a misurazioni geodetiche delle deformazioni (Burrato *et al.* 2009; Danesi *et al.* 2015) hanno quantificato i tassi di sollevamento e scorrimento in 0.5-1 mm/anno e 1.8-2 mm/anno rispettivamente. Alla crescita dell'anticlinale è attribuita la deviazione del fiume Piave (Comel 1955), che percorreva il versante occidentale della collina (con evidenze, secondo certi autori, ancora in Età Romana - Benedetti *et al.* 2000). Alcuni autori considerano il sovrascorrimento del Montello come separato in più segmenti (DISS v3.02) mentre altri (Galadini *et al.* 2005) lo considerano come una sorgente potenzialmente unica, collocabile a 11 km di profondità, capace generare eventi di magnitudo sino a 6.7. Benedetti *et al.* (2000) attribuiscono al sovrascorrimento del Montello gli importanti terremoti storici del 778, del 1268 e le del 1859 (Tab.1 dal catalogo CFTI-med 4.0). Considerando un tasso di scorrimento di 1.8-2 mm/anno e la struttura della sorgente, eventi di magnitudo 5.5- 6.5 suggerirebbero periodi di ritorno compresi tra i 500 e i 1000 anni, compatibili con gli eventi descritti. Tuttavia le significative incertezze e la scarsità documentale degli eventi citati rendono molto difficile la loro corretta attribuzione alla sorgente principale del Montello. In particolar modo questi terremoti con Mw > 5 sono stati attribuiti alla parte più occidentale

del sovrascorrimento (Benedetti *et al.* 2000), mentre alla parte più orientale in direzione Conegliano non sembrano attribuibili eventi tellurici (Galadini *et al.* 2005). Rimane quindi complesso valutare se la sorgente sia da ritenere composta da più segmenti, oppure quanto la struttura sia in grado di accomodare asimmetricamente gli stress di convergenza. Nella prima ipotesi la sorgente sismogenica del Montello sarebbe caratterizzata da terremoti di media entità più frequenti, che suggeriscono una rottura parziale della struttura. In alternativa il sovrascorrimento principale Montello-Conegliano rappresenterebbe la struttura silente più importante del Nord-Est, ovvero un importante sistema sismogenico con tempi di ricorrenza molto lunghi (Benedetti *et al.* 2000; Burrato *et al.* 2009; Ferrarese *et al.* 1998; Danesi *et al.* 2015; OMBRA 2011).

5. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei terremoti storici e strumentali si evince come il territorio veneto sia da considerarsi sismico nella sua interezza. La sismicità più intensa si registra nel settore pre-alpino in direzione OSO-ENE dove si concentrano gli scorrimenti sud-vergenti delle Alpi Meridionali orientali, ma gli effetti dei forti terremoti storici sono stati risentiti ovunque, comprese le principali città. Il territorio veneto è stato infatti direttamente interessato nel passato da forti terremoti che, come riportato da diverse fonti storiche, hanno provocato ingenti danni in tutta la regione. In tempi più recenti il territorio Veneto non è stato scosso da forti eventi tellurici aventi epicentro nel proprio territorio, ma ha subito gli effetti dei terremoti accaduti nei territori limitrofi, quali le crisi sismiche del Friuli e dell'Emilia. Sulla base delle conoscenze tettoniche acquisite si stima l'esistenza in Veneto di diverse strutture sismogenetiche capaci di magnitudo > 5.5, a cui appartengono faglie in grado di liberare forti energie caratterizzate da tempi di ritorno medio-lunghi. In questo contesto appare palese come le politiche di prevenzione del rischio vadano intese sia come interventi di corretta progettazione e messa in sicurezza degli edifici esistenti, spesso vulnerabili, sia come supporto al monitoraggio dell'attività sismica e agli studi sismologici in grado di meglio inquadrare la pericolosità regionale.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare al prezioso lavoro degli Enti di Ricerca preposti al monitoraggio ed allo studio della sismicità in Italia quali INGV e OGS che, spesso grazie al fondamentale contributo di ricercatori precari, forniscono quotidianamente strumenti di elevata qualità al mondo della ricerca e della professione. Ringrazio inoltre S. Martin, A. Viganò e M. Garbin per le costruttive indicazioni.

BIBLIOGRAFIA

- ANZIDEI M., MARAMAI A., MONTONE, P. (Eds.) (2012), *Special Issue on "The Emilia (northern Italy) seismic sequence of May–June, 2012: preliminary data and results"*, Ann. Geophys., 55, 515–842.
- AOUDIA A., SARAÒ A., BUKCHIN B., SUHADOLC P. (2000), *The 1976 Friuli (NE Italy) Thrust Faulting Earthquake: A Reappraisal 23 Years Later*. Geophysical Research Letters, Vol. 27, No. 4, 577–580
- BASILI R., VALENSISE G., VANNOLI P., BURRATO P., FRACASSI U., MARIANO S., TIBERTI M.M., BOSCHI, E., (2008), *The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology*. Tectonophysics 453, 20–43.
- 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.
- BERNARDIS G., GIORGETTI F., NIETO D., SLEJKO D. (1977), *Earthquakes Catalogue for Eastern Alps Region*, 74 pp., Centro di calcolo dell'Univ. di Trieste, Trieste, Italy.
- BOCCALETTI M., COLI M., EVA C., FERRARI G., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., MERLANTI F., NICOLICH R., PAPANI G., POSTPISCHL D. (1985), *Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines*. Tectonophysics 117 (1), 7–38.
- BOSCHI, E., GUIDOBONI E., FERRARI G., MARIOTTI D., VALENSISE G., GASPERINI P. (eds) (2000), *Catalogue of Strong Italian Earthquakes*, Ann. Geofis., 43 (4), pp. 268, with database on CD-ROM (CFT13).
- BOSCHI, E., GUIDOBONI E., FERRARI G., VALENSISE G., GASPERINI P. (eds) (1997), *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1990* (ING, Roma - SGA, Bologna), pp. 644, with database on CD-ROM (CFT12).
- BOSCHI, E., FERRARI G., GASPERINI P., GUIDOBONI E., SMRIGLIO G., VALENSISE G. (eds) (1995), *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980* (ING, Roma - SGA, Bologna), pp. 973, with database on CD-ROM (CFT11).
- BURRATO, P., CIUCCI, F., VALENSISE, G., (2003), *An inventory of river anomalies in the Po Plain: evidence for active blind thrust faulting*. Ann. Geophys. 46 (5), 865–882.
- BURRATO, P., DE MARTINI, P.M., POLI, M.E., ZANFERRARI, A., (2009), *Geometric and kinematic modelling of the thrust fronts in the Montello–Cansiglio area from geologic and geo-detic data (Eastern South Alpine Chain, NE Italy)*. Rend. Online Soc. Geol. Ital. 5, 48–50.
- BURRATO, P., DE MARTINI P.M., POLI M.E., ZANFERRARI A. (2009), *Geometric and kinematic modeling of the thrust fronts in the Montello-Cansiglio area from geologic and geodetic data (Eastern Southalpine Chain, NE Italy)*. Rendiconti online Serv. Geol. It., 5, 48–50.
- CAMASSI R., ROSSI A., TERTULLIANI A., PESSINA V., CARACCIOLLO C. H. (2011), *Il terremoto del 30 ottobre 1901 e la sismicità del versante occidentale del Garda*. Quaderni di Geofisica N.88 ISSN 1590-2595.
- CAPORALI A., MARTIN S. (2000), *First results from GPS measurements on present day alpine kinematics*. J. Geodynamics, 30, 275–283.
- CAPORALI, A., MARTIN S., MASSIRONI M. (2003), *Average strain rate in the Italian crust inferred from a permanent GPS network - II. Strain rate versus seismicity and structural geology*, Geophys. J. Int. 155, 254–268.
- 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.
- D'AGOSTINO N., CHELONI D., MANTENUTO S., SELVAGGI G., MICHELINI A. AND ZULIANI D. (2005), *Strain accumulation in the southern Alps (NE Italy) and deformation at the northeastern boundary of Adria observed by CGPS measurements*. Geophys. Res. Lett., 32, 19, doi:10.1029/2005GL024266.
- DANESI S., PONDRELLI S., SALIMBENI S., CAVALIERE A., SERPELLONI E., DANECEK P., LOVATI S., MASSA M.; (2015), *Active deformation and seismicity in the Southern Alps (Italy), The Montello hill as a case study*. Tectonophysics, 653, 95–108, doi.org/10.1016/j.tecto.2015.03.028.
- DOGLIONI, C., (1990), *Thrust tectonics examples from the Venetian Alps*, Stud. Geol. Cam., spec. vol. 1990, 117–129.
- DOGLIONI, C., (1992), *The Venetian Alps thrust belt, in Thrust Tectonics*, pp. 319–324, ed. McKlay, K.R., Chapman and Hall, London.
- FERRARESE, F., SAURO U., TONELLO C. (1998), *The Montello Plateau. Karst evolution of an alpine neotectonic morphostructure*. Z. Geomorphol., Suppl. Bd. 109, 41–62.
- GALADINI, F., POLI, M.E., ZANFERRARI, A. (2005), *Seismogenic Sources Potentially Responsible For Earthquakes With $M \geq 6$ in the Eastern Southern Alps (Thiene-Udine Sector, NE Italy)*. Geophysical Journal International, 161, 739–762.
- GRENERCZY, G., SELLA, G., STEIN, S., KENYERES, A., (2005), *Tectonic implications of the GPS velocity field in the northern Adriatic region*. Geophys. Res. Lett. 32.
- GUIDOBONI E., Ebel J.E. (2009), *Earthquakes and Tsunamis in the Past: A Guide to Techniques in Historical Seismology*. Cambridge University Press.
- GUIDOBONI E., BOSCHI E., (1991), *I grandi terremoti medievali in Italia*. Le Scienze - Quaderni, 59, 31–43.
- GUIDOBONI E., FERRARI G., MARIOTTI D., COMASTRI A., TARABUSI G., VALENSISE G. (2007), *CFT14Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500)*. INGV-SGA. Available from <http://storing.ingv.it/cft14med/>.
- GUIDOBONI, E., COMASTRI A., BOSCHI E. (2005), *The "exceptional" earthquake of 3 January 1117 in the Verona area (northern Italy): A critical time review and detection of two lost earthquakes (lower Germany and Tuscany)*. J. Geophys. Res., 110, B12309.
- GUIDOBONI, E., COMASTRI A. (2005), *Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean area from the 11th to the 15th century*, vol. 2, INGV-SGA, Bologna 2005, 1037 pp.
- IAEA (International Atomic Energy Agency) (2010), *Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, Chapter 8: Potential for Fault Displacement at the Site, Specific Safety Guide No. SSG-9, 978-92-0-102910-2.
- LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCIOLLO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2016), *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- MARTIN S., CASTIGLION G., LAFUENTI L., BOAGA J., AGNINI C., ZORZI F., MONEGO M., FEDRIZZI F., VIGANO A., *Paleotectonics in the Euganean Hills (Venetian Region)*, Proceeding of Gruppo Italiano di Geologia Strutturale - GIGS annual conference 2017, Padova 10–13 July 2017.
- OMBRA PROJECT GROUP, CAVALIERE, A., DANECEK, P., SALIMBENI, S., DANESI, S., PONDRELLI, S., SERPELLONI, E., AUGLIERA, P., FRANCESCHINA, G., LOVATI, S., MASSA, M., MAISTRELLO, M., PESSINA, V., (2011), *OMBRA: observing Montello broad activity deployment of a temporary seismic network to study the deformation process across Montello faults (Eastern Alps)*. Rapporto Tecnico INGV, n. 180 (http://portale.ingv.it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/copy_of_numeri-pubblicati-2011).
- PERUZZA, L., ILICETO, V., SLEJKO, D., (1989), *Some seismotectonic aspects of the Alpaço–Cansiglio area (N.E. Italy)*. Boll. Geofis. Teor. Appl. 31, 63–75.
- 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. Ital. 57, 391–400.
- POLI, M.E., BURRATO, P., GALADINI, F., ZANFERRARI, A., (2008), *Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy*. Boll. Geofis. Teor. Appl. 49, 301–313.
- PRIOLO E. (a cura di) (2007), *Regione Veneto - Gestione della rete di controllo sismico, studio della sismicità regionale e ricerca sismologica a fini di protezione civile*, Relazione 2008–OGS043–CRS006–SIRE.
- ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLU B., GASPERINI P. (eds), (2016), *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- SAURO U. AND ZAMPIERI D.; (2001), *Evidence of recent surface faulting and surface rupture in the fore-Alps of Veneto and Trentino (NE Italy)*. Geomorphology, 40, 169–184.
- SCISSIANI V. CALAMITA F. (2009), *Active intraplate deformation within Adria: Examples from the Adriatic region*, Tectonophysics 476 (2009) 57–72.
- SERPELLONI E., ANZIDEI M., BALDI P., CASULA G., GALVANI A., (2005), *Crustal velocity and strain-rate fields in Italy and surrounding regions: new results from the analysis of permanent and non-permanent GPS networks*. Geophys. J. Int. 161, 861–880.
- SLEJKO, D., CARULLI, G., CARRARO, F., CASTALDINI, D., CAVALLIN, A., DOGLIONI, C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ R., SEMENZA E., ZANFERRARI A., ZANOLLA C., (1987), *Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale*. TRIESTE – ITA: CNR.
- SLEJKO D., NERI G., OROZOVA I., RENNER G., WYSS M., (1999), *Stress field in Friuli (NE Italy) from fault plane solutions of activity following the 1976 main shock*, Bull. seism. Soc. Am., 89, 1037–1052.
- VANNOLI P., BURRATO P., VALENSISE G. (2015), *The seismotectonics of the Po Plain (northern Italy): tectonic diversity in a blind faulting domain*. Pure Appl. Geophys., 172, 1105–1142
- VIGANO A., SCAFIDI D., MARTIN S., SPALLAROSSA S. (2013), *Structure and properties of the Adriatic crust in the central-eastern Southern Alps (Italy) from local earthquake tomography*. Terra Nova 25 (6), 504–512.
- ZAMPIERI D., MASSIRONI M., SEDEA R., SPARACINO V., (2003), *Strike-slip contractional stepovers in the Southern Alps (northeastern Italy)*, Eclogae Geol. Helv., 96, 115–123.