COMUNE DI
TORRI DEL BENACO

Provincia di Verona

PAT

Elaborato

Relazione tecnica

Rev. 01

CARATTERIZZAZIONE SISMICA A SUPPORTO DEL PIANO DI ASSETTO DEL TERRITORIO COMUNALE

Adeguato al verbale della Conferenza di Servizi del 06 10.2016

Terremoto di Messina (1908) - tratto da archivio INGV

STUDIO HgeO

35040 CASALE DI SCODOSIA (PD)
3032 FIESSO D'ARTCO (VE)
45021 BADIA POLESINE (RO)
vox 0425 59.48.42 - fax 0425 59.58.00
web site: www.hgeo.it
email: hgeo@hgeo.it

ORDINE DEI GEOLOGI * REGIONE DEL VENETO *
Dr. Geol. FILIPPO BARATTO N° 276

Baratto Filippo
geologo

Checchinato Raffaella -
geologo

Cod. 0470-16 E

Data: Novembre 2016

INDICE

1 PREMESSA 1
2 MODALITA' DI LAVORO 2
3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO 3
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO DEL TERRITORIO 4
5 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO 6
5.1 SISMICITÀ STORICA DEL DISTRETTO 8
5.2 SISMICITÀ STRUMENTALE DEL DISTRETTO GIUDICARIE 10
5.3 NEOTETTONICA E SORGENTI SISMOGENETICHE 11
5.4 SISMICITA' LOCALE 11
6 CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA 12
6.1 AMPLIFICAZIONE LITOSTRATIGRAFICA 12
6.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA 17
7 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA 19
7.1 SPONDE DI BACINI LACUSTRI ESPOSTE A SESSE 21
8 CARTA DELLE ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA 21
9 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI 22

ELABORATI:

SCHEDE: 1 ÷ 25

TAVOLE:
- CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA
- CARTA DELLE ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione comunale di Torri del Benaco si redige codesta Relazione che illustra la caratterizzazione sismica del territorio comunale a supporto del PAT.

In particolare , il Comune di Torri del Benaco è inserito nella zona 2, dopo l'approvazione della DGRV n. 3308/2008, (Applicazioni delle nuove norme tecniche sulle costruzioni in zona sismica,indicazioni per la redazione e verifica della pianificazione urbanistica).

Inoltre, con decreto n.69 del 27.05.2010 "Linee guida per la realizzazione dello Studio di Compatibilità Sismica per i PAT e PATI – DGR n.3308/2008 e L.R. n.11/2004", la Direzione geologia ed attività estrattive della Regione del Veneto stabilisce i contenuti dello studio e in particolare della relazione illustrativa, della Carta degli elementi geologici e delle zone omogenee in prospettiva sismica.

Nello specifico, l'allegato "A" della DGRV 3308/2008 indica:

- per i PAT "lo studio di compatibilità sismica sarà costituito dalla verifica della conciliabilità della trasformazione urbanistica con le indicazioni derivanti dalla caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica del territorio in esame, avendo preso in considerazione la zona sismica interessata dall'ambito comunale secondo le disposizioni regionali in vigore";
  La compatibilità sismica per i PAT prevede la zonazione del territorio comunale in:
  - aree "*stabili*" nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
  - aree "*stabili suscettibili di amplificazioni sismiche*", nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, in base all'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
  - aree "*suscettibili di instabilità*"; a causo principalmente dell'instabilità dei versanti, della liquefazione e cedimenti differenziali dei terreni, delle faglie attive e capaci.
- per i PI, "che localizzano puntualmente le trasformazioni urbanistiche, lo studio di compatibilità sismica avrà lo sviluppo necessario a definire gli interventi ammissibili e le modalità esecutive nelle aree urbanizzate ed urbanizzabili".

Con la DGR nr. 1572 del 03 settembre 2013 la Regione Veneto ha emanato le nuove "Linee Guida" definendo una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Tale DGR prevede che da 1° marzo 2014 tutti gli strumenti urbanistici siano adottati secondo le disposizioni in essa contenute, abrogando la 3308/208. I Comuni, i cui P.A.T. siano in via di formazione prima del 1 marzo 2014, possono adeguare la documentazione con la realizzazione di studi di microzonazione sismica contestualmente alla redazione del piano oppure in sede di formazione del P.I. Gli stessi Comuni, i cui strumenti urbanistici siano in via di formazione e che hanno già predisposti gli Studi di Compatibilità sismica in base alla D.G.R. 3308/2008, possono inviare la richiesta di parere sismico al Genio Civile competente ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/2001, entro il 30 giugno 2014, decorso tale termine gli studi dovranno essere predisposti seguendo le nuove linee guida.

2 MODALITA' DI LAVORO

La normativa vigente in materia, citata in premessa, prevede l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nella pianificazione territoriale. La classificazione sismica territoriale viene codificata a livello procedurale mediante un approccio di tre distinti livelli, con grado di dettaglio via via crescente. Per la definizione metodologica ci si è basati anche sulle procedure illustrate nei manuali prodotti dal Dipartimento della protezione Civile nazionale "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica - parte I, II, III", ma anche alle procedure di altre realtà regionali visto che nel veneto manca ancora una direttiva per la classificazione sismica di livello superiore al primo. In particolare, ci si è avvalsi anche delle Linee guida emanate dalla regione Lombardia: Allegato 5 alla DGR 8/1566 del 2005 e la successiva D.G.R. 7374/ 2008 .

- Il *primo livello* di approfondimento consiste in un'analisi preliminare delle condizioni geologiche, geomorfologiche e morfologiche. In questo modo si individuano le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare gli studi successivi e fornisce indicazioni sugli approfondimenti necessari
- Il *secondo livello* è richiesta e ritenuta sufficiente nelle aree prive di particolari complicazioni, nelle quali sono attesi solo effetti di amplificazione. Per questi tipi di valutazioni si eseguono indagini geofisiche di tipo standard e una stima dei fattori di amplificazione tramite tabelle e formule.
- Il *terzo livello* è invece obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Oppure, dove sono previsti opere ed edifici di rilevante interesse pubblico. Per questo tipo di analisi sono richieste indagini in sito e in laboratorio ed elaborazioni più approfondite.

La procedura fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Scendendo, ora, nel particolare della procedura citata ed adottata, si fa notare che:

Il *Livello 1°* consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette la zonazione del territorio in termini dei diversi effetti prodotti dall'azione sismica, desunti sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di

consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Il *Livello 2°* permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

Il *Livello 3°* permette sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti e dei cedimenti e/o liquefazioni.

Per quanto riguarda le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche molto diverse non viene richiesta la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente , in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Poiché questo studio è di supporto al PAT, basandosi anche sulla DGR 1572/2013, si è applicato il 1° Livello che ha consentito di delineare gli scenari della pericolosità sismica, identificando le parti del territorio comunale suscettibili di effetti sismici locali: amplificazione del moto sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, liquefazione, rottura del terreno, ecc.

Lo studio consiste, sostanzialmente, nell'analisi e valutazione dei dati esistenti già inseriti nella cartografia analitica del PAT (carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica, ecc.) e nella redazione di un'apposite cartografie denominate: *Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica* e *Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica,* dove viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo come da Tabella 1, in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Queste carte rappresentano il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento (Livello 2 e 3).

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO

Il Comune di Torri del Benaco - Codice ISTAT: 023086 - (Coordinate medie: 45°37′0″N 10°41′0″E - UTM 4992739 247697 33T) è ubicato nella porzione occidentale della Provincia di Verona e confina rispettivamente con i Comuni di: Brenzone, Costermano, Garda, Gardone Riviera (BS), Gargnano (BS), Salò (BS), San Felice del Benaco (BS), San Zeno di Montagna, Toscolano-Maderno (BS).

La superficie comunale è circa 51,37 Km^2, di cui 38.2 Km^2 come superficie lacustre ed i restanti 13.17 Km^2 come territorio abitato.
Il territorio del P.A.T. ricade nel foglio geologico a scala 1:100.000 n° 48 "Peschiera" e nei fogli " 48 I NO – Caprino Veronese", "48 IV NE – Toscolano Maderno " e "48 IV SE – S. Vigilio" (**Scheda 1**).

Il Comune è compreso inoltre negli elementi n° 101092, 101131, 101132, 101133, 101134 e 123014 della Carta Tecnica Regionale a scala 1:5000.

L'elemento morfologico peculiare del Comune è lo specchio lacustre del Garda, che delimita a Ovest il territorio comunale "emerso" e costituisce circa il 63 % dell'intero territorio comunale.

Il lago di Garda è il maggior bacino lacustre d'Italia, con un'estensione di circa 370 Kmq, una lunghezza in direzione N-S di circa 51.6 Km, una larghezza massima E-W di circa 17.2 Km, una profondità massima di 346 m e media di circa 133 m. La superficie lacustre ha una quota assoluta di circa 65 m s.l.m. e un volume di circa 49 milioni di mc d'acqua. Il tempo di ricambio delle acque è stato valutato in circa 26.8 anni. Il fiume immissario è il Sarca e il fiume emissario è il Mincio. Con l'esecuzione di vari interventi quali lo sbarramento di Salionze sull'emissario Mincio, gli impianti idroelettrici a monte (Molveno, Ledro e Valvestino) e la galleria scolmatrice Mori-Torbole sul fianco orientale, il lago di Garda non può più essere considerato un invaso naturale ma assume caratteri di bacino artificiale.

Il territorio comunale di Torri del Benaco si estende tra le quote minime di 66 m s.l.m. in corrispondenza del lungolago in zona Pai e la quota massima di 575 m s.l.m. coincidente con i versanti all'angolo del confine comunale verso San Zeno di Montagna.

L'arteria stradale principale che attraversa il Comune di Torri del Benaco da SSO a NNE è la S.R. 249 "Gardesana orientale" che collega tutti i centri della sponda veneta del lago. Altra via di comunicazione importante è la S.P. 32 A che collega l'abitato di Torri con Albisano e San Zeno di Montagna.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO DEL TERRITORIO

Il Comune di Torri del Benaco ricade nella regione geologica del Sudalpino e in particolare è inserito tra il lago di Garda e le Prealpi venete occidentali. Il Comune ricade nell'Alto Garda.

Le formazioni rocciose che affiorano nell'area di Torri del Benaco appartengono al periodo compreso tra il Giurassico medio e il Cretaceo superiore, che copre l'intervallo di tempo compreso tra circa 200 milioni di anni fa e circa 65 milioni di anni fa. L'area in studio ricade lungo il bordo occidentale della struttura geologica definita come Piattaforma di Trento o atesina al passaggio con il Bacino Lombardo. Le formazioni litologiche affioranti nel territorio comunale sono: Calcari Oolitici di San Vigilio, Rosso Ammonitico inferiore, Rosso Ammonitico superiore, Biancone e Scaglia Rossa. Le formazioni successive, depostesi tra 65 Ma e 2 Ma fa, non si rinvengono in quest'area in parte perché smantellati o dislocati da successivi movimenti tettonici.

Sulle litologie prequaternarie giacciono diffusi depositi morenici e fluvioglaciali, legati alle fasi glaciali Riss e Würm.

Litologie pre-quaternarie

La successione cronologica delle litologie prequaternarie che caratterizzano l'area di Torri del Benaco dalla più antica alla più recente è la seguente: *Calcari Oolitici di San Vigilio (Giurassico*

inf.), *Rosso Ammonitico* (Giurassico med-sup.), *Biancone* (Giurassico sup.÷ Cretaceo sup.) *Scaglia Rossa* (Cretaceo sup. Eocene inf.):

- *Calcari Oolitici di San Vigilio*: Si tratta di calcari oolitici, di colore da giallastro a rosato, con noduli di selce e giunti di stratificazione marnosi, contenenti faune a coralli. Si presentano talora con membri porosi, disgregabili, dolomitizzati. Hanno stratificazione da decimetrica a metrica. Localmente presentano fenomeni di dolomitizzazione e assumono aspetto cristallino. Lo spessore di questo membro è di alcune centinaia di metri.
- *Rosso Ammonitico*: nella parte inferiore della formazione è un calcare massiccio dall'aspetto nodulare di colore rosa pallido con striature verdastre, passante nella porzione superiore a strati centimetrici, di colore rosso mattone, con interstratificazioni argillose e lenti di selce rossa. Lo spessore nell'area è di circa 30 metri. Il passaggio con la formazione più recente del Biancone è graduale, sia per quanto riguarda la composizione litologica che per il colore.
- *Biancone*: è suddivisibile in una porzione medio-basale e una porzione sommitale. La porzione inferiore è un calcare micritico, di colore bianco, a frattura concoide, con stratificazione da centimetrica a decimetrica e lenti o letti di selce da grigia a nera. La porzione sommitale presenta stratificazione centimetrica, interstratificazioni argillose grigio-verdastre e colore grigiastro, con tracce di bioturbazioni. Lo spessore di tale formazione nell'area è di alcune centinaia di metri (400-500 m). Il passaggio con la formazione più recente della Scaglia Rossa avviene gradualmente, con livelli di spessore di 3-4 m di colore rosso mattone alternati a livelli di nuovo bianchi prima del limite superiore.
- *Scaglia Rossa:* è un calcare marnoso, con stratificazione da centimetrica a decimetrica , di colore rosato, con interstrati argillosi e lenti di selce rossa. Nella parte sommitale della formazione, delimitata da una superficie di hardground legata ad emersione, la stratificazione è a flaser, la grana più grossolana e il colore diventa rosso mattone (Scaglia Maastrichtiana). Lo spessore della formazione in condizioni indisturbate è di circa 200 metri.

I Calcari Oolitici di San Vigilio e il Rosso Ammonitico affiorano e subaffiorano lungo tutto il territorio comunale. Il Biancone e la Scaglia Rossa affiorano nella parte centrale del territorio comunale in corrispondenza dell'intorno dell'abitato di Torri del Benaco.

Litologie quaternarie

Le litologie quaternarie comprendono tutti i depositi sciolti presenti nel territorio comunale. I depositi più significativi per spessore ed estensione sono i depositi morenici e fluvioglaciali che ammantano i versanti su cui si estende il Comune. Tali depositi sono legati al permanere del ghiacciaio del Garda durante le fasi glaciali di Riss e Würm e al suo successivo scioglimento.

Le azioni che hanno dato luogo e forma ai sedimenti quaternari sono molteplici e diversificate: azione glaciale e fluvioglaciale, erosione concentrata e diffusa sui versanti delle acque superficiali, etc.

I *depositi morenici* sono costituiti da ghiaie con ciottoli e qualche blocco, immersi in matrice

sabbioso-limosa, talora argillosa. Le morene più antiche sono debolmente cementate e presentano orizzonti di alterazione rossastri. Esse ricoprono i versanti rocciosi dando origine a modesti rilievi arrotondati e allungati o superfici terrazzate disposte NNE-SSW.

I *depositi fluvioglaciali* sono il rimaneggiamento da parte delle acque glaciali di scioglimento dei depositi morenici. Tali depositi presentano alternanze di strati caotici ghiaiosi con ciottoli e matrice sabbioso-limosa e livelletti stratificati più fini sabbioso-limosi. Si ritrovano su aree sommitali a scarsa pendenza che ne hanno permesso la sedimentazione.

I *depositi di conoide* sono costituiti in genere da ghiaie e ciottoli immersi in matrice sabbioso-limoso-argillosa e derivano dall'alterazione delle rocce e dei sedimenti che costituiscono il bacino di alimentazione del corso d'acqua da cui vengono depositati.

Il *detrito di falda* si forma ai piedi dei pendii per alterazione delle litologie dei versanti soprastanti. E' composto da elementi ghiaiosi con scarsa matrice fine limoso-sabbiosa.

Assetto tettonico

L'area di Torri del Benaco si trova nell'angolo sud-occidentale della catena del Baldo. In tale zona le formazioni rocciose presentano una giacitura monoclinalica verso WNW, legata al fianco occidentale della piega anticlinalica del Monte Baldo. I lineamenti tettonici principali che caratterizzano la zona hanno direzione NNE-SSW secondo il fascio di dislocazioni giudicariensi (**Scheda 2**). Si tratta di sovrascorrimenti e pieghe legati ad una dinamica compressiva instauratasi con le varie fasi di orogenesi Alpina. Agli elementi giudicariensi si associano sistemi trascorrenti trasversali con direzione WNW-ESE su cui si è impostato il reticolo idrografico locale. La faglia principale nella zona di Torri è la Linea Sirmione-Garda: si tratta di una linea subverticale, orientata NE-SW, che passa in corrispondenza del confine sudorientale del Comune, lungo le scarpate rocciose di Monte Luppia, Monte Toel e Monte Lenzino. Essa ha movimento trascorrente con rigetto in parte verticale, che ha sollevato il blocco occidentale rispetto a quello orientale.

La linea di Sirmione-Garda è dislocata dal tratto occidentale della faglia di S. Ambrogio di Valpolicella. Quest'ultima è una trascorrente sinistra, con direzione NW-SE e interessa il territorio comunale di Torri tra il versante nord del Monte Canforel e la località Frader, passando per le località Spighetta delle Quercie e Pian delle Betulle (**Scheda 3**).

5 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO

La classificazione sismogenetica nazionale (**ZS9**) fa ricadere il Veneto nelle zone 905 e 906 (**Scheda 4**). La zona 905 comprende la fascia pedemontana tra Bassano del Grappa e il confine con il Friuli-Venezia Giulia; la zona 906 si estende lungo la fascia pedemontana da Bassano fino al Lago di Garda.

Il tipo di fagliazione a cui imputare i terremoti verificatisi in queste due aree è quello di faglia inversa, dovuta a movimento compressivo legato alla convergenza tra placca adriatica ed europea,

con profondità ipocentrale media stimata di 8 Km. Il Comune di Torri del Benaco ricade nella porzione occidentale della zona 906.

Altra fonte di dati per quanto riguarda le sorgenti sismogenetiche, ossia le strutture responsabili dei vari terremoti, è costituita dal **DISS** (Database of Individual Seismogenic Sources), redatto da ricercatori dell'INGV a partire dagli anni '90. In tale database sono individuate sorgenti individuali (IS), composite (CS) o dibattute (DS). Tale database, aggiornato ed evoluto nel tempo, costituisce uno strumento per lo sviluppo di modelli di pericolosità sismica ed è ritenuto a tutt'oggi il più avanzato archivio di sorgenti sismogenetiche in ambito europeo.

Le sorgenti individuali (IS) rappresentano una struttura certa o presunta, associata ad almeno un evento sismico significativo (M>5.5) riportato nel database o riconosciuto tramite indagini paleosismologiche.

Le sorgenti composite (CS) invece rappresentano un'area di inviluppo che può comprendere le località di più eventi significativi del passato o di possibili eventi in futuro.

Le sorgenti dibattute (DS) comprendono aree su cui non c'è ancora concordanza interpretativa.

L'area del Monte Baldo e della sponda orientale del Lago di Garda ricadono nella sorgente composita **CS073** del Monte Baldo, mentre la sponda occidentale ricade nella sorgente composita CS048 delle Giudicarie **Scheda 5**.

La sorgente del Monte Baldo è caratterizzata da massima Magnitudo Mw=5.5, estrapolata con metodo conservativo da dati sismici regionali. La struttura che interessa questa area appartiene al fronte di sovrascorrimento più esterno del Sudalpino, legato al sistema giudicariense. Questo fronte è un arco esterno S-SE vergente; si tratta di una struttura "ramp" del sistema di faglie compressionali alpine più meridionali. I dati geologici provenienti da vari autori indicano le profondità ipocentrali dei vari sismi comprese tra un min di 3 Km e un massimo di 9 Km.

La sorgente delle Giudicarie è caratterizzata da massima Magnitudo Mw=5.7. I dati geologici provenienti da vari autori indicano le profondità ipocentrali dei vari sismi comprese tra un min di 5 Km e un massimo di 10 Km (**Schede 6 a e 6b**).

Il Veneto in un recente studio[1] da parte dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), che fornisce il Servizio di monitoraggio e allarme sismico alla Protezione Civile Regionale, è stato suddiviso in 9 "distretti sismici" sulla base di dati sismologici, elementi geologico-strutturali e informazioni relative alla cinematica e alla tettonica attiva (**Scheda 7**).

"Un distretto sismico è un'area all'interno della quale si ritiene che i terremoti possano essere identificati da alcuni elementi sismogenetici comuni".

I distretti sismici veneti sono i seguenti:

[1] Vedi: M. Sugam, L. Peruzza "*Distretti sismici del Veneto*" – Centro Ricerche sismologiche, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale Cussignacco (UD) e Sgonico (Ts) - pubbl. su Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 52 n.4 supplement, Dicembre 2011

1	Giudicarie (G)	6	Claut (C)
2	Lessini-Schio (L)	7	Alto Bellunese-Dolomiti (B)
3	Pedemontana Sud (PS)	8	Pianura Veneta Est (PVE)
4	Pedemontana Nord (PN)	9	Pianura Veneta Ovest (PVO)
5	Alpago-Cansiglio (A)		

Il territorio di Torri del Benaco ricade lungo il limite sudorientale del ***distretto Giudicarie*** (G), al confine con il distretto Lessini-Schio (L). Il distretto G è la zona di cerniera tra il Sudalpino centrale e il Sudalpino orientale. Il limite orientale di tale distretto coincide con i sovrascorrimenti più orientali del Monte Baldo, Monte Stivo e Monte Grattacul e verso sud con la Linea Garda-Sirmione, mentre il limite nordoccidentale è costituito dalla Linea del Tonale che prosegue nella parte settentrionale della Linea delle Giudicarie.

La porzione orientale del Distretto delle Giudicarie, entro cui è compreso il Comune di Torri del Benaco è caratterizzata da sovrascorrimenti (thrusts) e faglie inverse con direzione prevalente NNE-SSW e vergenza SE. Esse sono trasversali rispetto alla Catena Sudalpina. Il Distretto G è soggetto ad un generale sollevamento. Le litologie coinvolte vanno dal basamento metamorfico pre-Permiano fino a rocce Plioceniche.

5.1 SISMICITÀ STORICA DEL DISTRETTO

La ricostruzione storica dei terremoti si basa sul Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04, poi aggiornato al CPTI11), realizzato per creare la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. Tale catalogo comprende 2550 eventi, dal 217 a.C. al 2002, aventi una soglia di intensità epicentrale $I_o \geq$V/VI della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) o magnitudo da onde di superficie M_w[2] $\geq$4.0.

Il Distretto Giudicarie (**Scheda 8**) è stato interessato da svariati eventi che hanno superato la cosiddetta soglia del danno (I_0=VI MCS), a partire dall'XI secolo. Il terremoto più intenso manifestatosi all'interno del Distretto G è l'evento del 30 ottobre 1901, attribuito alla zona di Salò. Esso ha raggiunto la soglia del danno grave (I_0=VIII MCS, M_w=5,67) vicino all'epicentro, mentre in Veneto l'intensità percepita è stata pari al VII grado MCS. Coincidente con lo stesso epicentro di Salò c'è stato un altro sisma nel 1892 (I_0=VI-VII MCS, M_w=4,96) e uno il 24 Novembre 2004 (I_0=VII-VIII MCS, MAG=5,2). Quest'ultimo risulta il più forte terremoto della zona avvenuto in epoca strumentale.

Altri eventi storici di una certa intensità, avvenuti nella zona tra il Lago di Garda e le Prealpi bresciane, risalgono al 1222 (M_w=6,05) e al 1802 (M_w=5,67).

Il terremoto del 1222 viene interpretato da alcuni studi paleo sismologici come l'attivazione di strutture sepolte nel bresciano (*blind thrust* di Monte Netto, Livio et al. - 2009).

[2] Mw= magnitudo momento; M_D = magnitudo di durata; M_L = magnitudo locale

Altri eventi con M_W superiore a 5 vengono collegati alla sismicità del settore settentrionale del Distretto e nel settore del Monte Baldo. Essi sono datati 1866, 1882 e 1932.

Il 13 dicembre 1976 viene segnalato un evento nell'intorno di Riva del Garda (I_0=VII MCS, M_w=4,89).

Altri 5 eventi storici, rispettivamente datati 1895, 1934, 1948, 1968 e 1970, di cui due registrati a Salò e zona Malcesine, sono stati rivisti.

Di seguito si riporta l'elenco dei terremoti in epoca storica fornito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Seismic history of Torri del Benaco [45.612, 10.691]

Total number of earthquakes: 13

Effects Is	Earthquake occurred:				
4-5	1866 08 11 23:00	Monte Baldo	33	7	4.92 ±0.42
5	1876 04 29 10:49	Monte Baldo	25	7	4.89 ±0.44
5	1892 01 05	GARDA OCC.	100	6-7	5.02 ±0.15
4-5	1892 08 09 07:58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91 ±0.11
F	1901 10 30 14:49:58	Salò	190	8	5.70 ±0.10
NF	1908 02 03 13:36:26	Valle d'Illasi	34	5-6	4.43 ±0.47
6	1932 02 19 12:57:11	Monte Baldo	21	7-8	5.02 ±0.28
4	1976 12 13 05:24	RIVA DEL GARDA	128	7	4.97 ±0.12
3	1987 05 02 20:43:53	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
4-5	1989 09 13 21:54:01	PASUBIO	779	6-7	4.88 ±0.09
3	2001 07 17 15:06:15	Merano	663	6	4.84 ±0.09
NF	2002 11 13 10:48:03	Franciacorta	770	5-6	4.29 ±0.09
5	2004 11 24 22:59:38	Lago di Garda	176	7-8	5.06 ±0.09

This file has been downloaded from INGV - DBMI11

Studi recenti sono risaliti ad un terremoto del 1046 avvenuto nella zona tra il Monte Baldo e la Valle dell'Adige, che avrebbe causato il collasso di trenta castelli (*Guidoboni e Comastri*,2005; *Guidoboni et al*. , 2005; *Galadini e Stucchi*, 2007; *Stucchi et al*. ,2008).

Nella sottostante **Figura 1** è riportato un grafico che illustra la relazione tra Intensità, scossa, effetti e magnitudo di un sisma, per comprendere i valori dei terremoti sopra elencati.

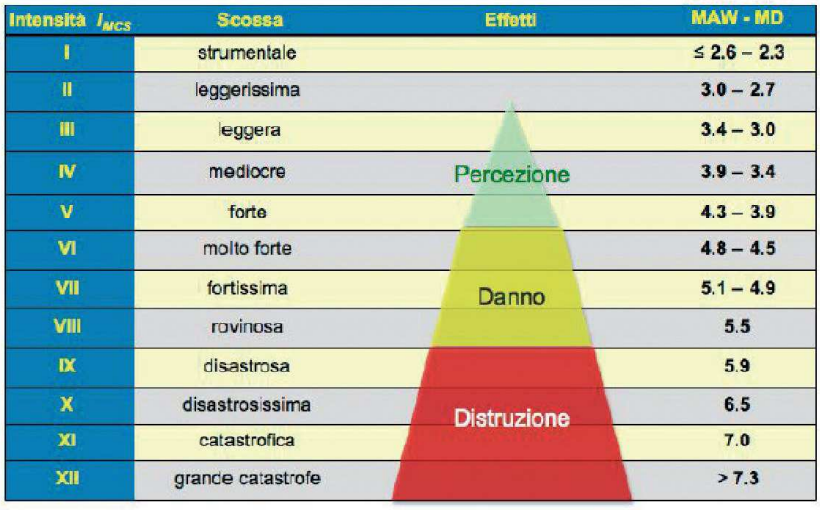


Figura 1: relazione orientativa tra intensità macrosismica, effetti e magnitudo strumentali

5.2 SISMICITÀ STRUMENTALE DEL DISTRETTO GIUDICARIE

Le registrazioni strumentali dal 1977 in poi indicano una sismicità dell'area moderata, caratterizzata da diversi eventi che hanno superato la soglia di percezione (M=3) e da due terremoti che hanno raggiunto la soglia del danno (24 maggio 1987, I_0=VI; 24 novembre 2004, I_0=VII-VIII).

La sismicità dell'area in esame interessa la parte superficiale della crosta terrestre, tra i 20 e i 25 Km (*Carulli e Slejko*, 2009). I terremoti con magnitudo >3, cioè percepibili, sono localizzati nella zona del Lago di Garda, ed esiste una certa corrispondenza tra sismicità recente e localizzazione dei terremoti storici.

Il terremoto più intenso in epoca strumentale è quello del 24 novembre 2004, nei pressi di Salò (I_0=VII-VIII MCS, MAG=5,2), dove è stato anche registrato il terremoto più intenso in epoca strumentale, ossia quello del 1901 (I_0=VIII MCS, M_w=5,7) (**Scheda 9**).

Il terremoto del 2004 è stato caratterizzato da informazioni sismologiche e considerazioni geologico-strutturali. La profondità dell'evento principale è stata stimata tra 5 e 10 Km, mentre le scosse di assestamento hanno avuto una profondità epicentrale stimata tra 8 e 12 Km. Il meccanismo focale mostra direzione del piano di faglia NNE-SSW e immersione NO, in accordo con le geometrie dei fasci di faglie del sistema delle Giudicarie, legate quindi alla deformazione del settore centro-orientale del Sudalpino.

Tuttavia la distribuzione dell'intensità macrosismica dell'evento non risulta distribuita uniformemente attorno all'epicentro di Salò. La maggiore intensità si registra in una zona a S e SW (I=VII e VII-VIII); mentre nella zona opposta a N e NE l'intensità è minore (I=V e V-VI). Da ciò emerge che la sorgente del terremoto del 1901 è stata identificata come sorgente individuale ITIS069.

5.3 NEOTETTONICA E SORGENTI SISMOGENETICHE

La fase tettonica attuale (neotettonica) è caratterizzata da regime compressivo legato allo scontro tra microplacca Adria e placca Europea, che porta nell'area veneta a processi di sollevamento e raccorciamento crostale che arriva ai valori massimi nell'area del Friuli centrale.

Il distretto delle Giudicarie è interessato da un veloce sollevamento con numerose tracce di tettonica gravitativa postglaciale. Rilievi di dettaglio nella zona a nord del Lago di Garda hanno permesso di identificare un sollevamento differenziale di 1.4-1.7 mm/anno della valle del Sarca rispetto alla valle dell'Adige. Un ruolo fondamentale nell'assetto tettonico locale lo ha svolto la presenza di una piattaforma carbonatica rigida corrispondente al fianco orientale del lago di Garda e alla catena del Monte Baldo, rispetto alle formazioni meno competenti del Bacino Lombardo.

La sorgente sismogenica del Distretto Giudicarie, più significativa per il Comune di Torri del Benaco, individuata dal DISS, è la sorgente composita *Monte Baldo* (ITCS073).

5.4 SISMICITA' LOCALE

Il Comune di Torri del Benaco è stato classificato sismico già con il D.M. del 14/5/1982. Esso attualmente rientra nella *classe 2* della nuova zonizzazione sismica, con grado di accelerazione orizzontale al suolo (α_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni tra 0.15 e 0.25g e con accelerazione orizzontale di ancoraggio allo spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) pari a *0.25 g.*– **Scheda 10**.

Classe 1 - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Sismicità alta, PGA oltre 0,25g.

Classe 2 - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti. Sismicità media, PGA fra 0,15 e 0,25g

Classe 3 - I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti. Sismicità bassa, PGA fra 0,05 e 0,15g.

Classe 4 - E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse). Sismicità molto bassa, PGA inferiore a 0,05g.

La Regione Veneto con Deliberazione del Consiglio regionale n.67/2003 ha recepito la classificazione sismica del territorio comunale stabilita con la citata ordinanza n. 3274/2003 e per tale zona prescrive che per "nei territori dei comuni classificati sismici in zona 2, chiunque intenda procedere a costruzioni, riparazioni e sopraelevazioni, fermo restando l'obbligo della concessione edilizia o della dichiarazione di inizio attività, è tenuto a depositare presso il Comune competente per territorio il progetto, in doppio esemplare, sottoscritto da un tecnico abilitato e iscritto al relativo albo professionale, nei limiti delle proprie competenze, nonché dal direttore dei lavori, ai sensi dell'art. 17 della legge 64/74.

Con successiva D.G.R. n.71/2008, la Regione Veneto ha preso atto, tra l'altro, di quanto disposto della successiva ordinanza n.3519/2006.

Con D.G.R. n. 3308 del 4.11.2008 sono state approvate, in applicazione delle nuove norme tecniche sulle costruzioni in zona sismica, le indicazioni per la redazione e la verifica della

pianificazione urbanistica. Infine con Decreto nr. 69/2010 sono state emanate le Linee guida relative ai PAT/PATI.
Con DGR 1572/2013 sono state approvate le metodologie teoriche e sperimentali per l'analisi locale a supporto della pianificazione.
In fase di progettazione sono da seguire, anche, le disposizioni emanate con il D.M. 14.01.2008 e la successiva Circ. Min. 617/2009 per zone con tale grado di sismicità.

Di seguito si illustrano le Cartografie prodotte per il Livello di analisi sismica 1.

6 CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA

La valutazione di compatibilità sismica si basa sull'identificazione degli elementi geologici, idrogeologici e geomorfologici presenti nel territorio comunale, che hanno valenza dal punto di vista sismico, ossia possono dare amplificazione sismica.

L'amplificazione può essere di tipo stratigrafico o topografico.

L'amplificazione stratigrafica è legata alla tipologia litologica, allo spessore dei materiali sciolti di copertura, al grado di fratturazione degli ammassi rocciosi, al grado di consolidamento dei depositi sciolti, al contatto tra litologie molto differenti.

L'amplificazione topografica è dovuta alla concentrazione delle onde sismiche in corrispondenza di particolari forme territoriali quali: creste, cime isolate, orli di scarpata o di terrazzo, conoidi e falde detritiche.

6.1 AMPLIFICAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Suoli

Nel valutare l'amplificazione stratigrafica si suddividono i terreni in due categorie in funzione del valore V_s (m/s) ossia della velocità di propagazione delle onde di taglio nei terreni stessi. Per la risposta sismica si suddividono i terreni in **suoli A**, non amplificabili, con V_s > 800 m/s, e **suoli diversi da A**, con V_s<800 m/s.

Nella sottostante Tabella sono riportate le varie categorie di suoli, suddivise in base ai valori di V_s.

Categoria di suolo	Descrizione	Esempi di depositi quaternari associati
A 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
diversa da A V_S: < 800 m/s Vs 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

Tabella 1: Proposta di categorie di suolo (tratta da "Linee guida per la realizzazione dello studio di compatibilità sismica per i Piani di Assetto del Territorio comunali e intercomunali- DGR n. 3308/2008")

Le formazioni rocciose aventi V_s > 800 m/s e i soprastanti depositi quaternari con spessore <3 m (o <5 m[3]), sono considerati bedrock sismico, che non genera cioè amplificazione stratigrafica. Le restanti litologie con V_s < 800 m/s sono considerate amplificabili e quindi "sensibili" all'azione di un sisma.

Quindi, per la classificazione del sito è necessario conoscere le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata. In particolare devono essere noti:

- la stratigrafia del sottosuolo, cioè dei livelli sovrastanti il bedrock o il bedrocklike, intendendo con questi termini l'eventuale substrato roccioso (bedrock) o uno strato sciolto (bedrock-like) con velocità delle onde S nettamente maggiore dei livelli superiori;
- le caratteristiche geofisiche del sottosuolo, in particolare la velocità delle onde S negli strati di copertura.

A livello nazionale, sono state riconosciute alcune grandi categorie di suolo con comportamento omogeneo, definite da una precisa combinazione di caratteristiche litostratigrafiche e parametri geofisici e geotecnici.

[3] *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Parti I e II, Settembre 2008* a cura della *Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile*

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs30 (m/s)	NSPT	Cu (kPa)
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	> 800	-	-
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	15-50	70-250
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con Vs>800 m/s).			
S1	*Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10<c_{u,30}<20$ kPa)* che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	< 100 m/s		10-20
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipo precedenti			

Tabella 2: Categorie di suolo (DM.14.01.2008")

Nella *Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica*, quindi, si distinguono i terreni di categoria A, denominati con la sigla SNA (Suoli Non Amplificabili), dai terreni diversi da A, identificati con le sigle SA1, SA2, SA3, etc. (Suoli Amplificabili), in funzione del loro valore di V_s.

Per circostanziare le caratteristiche litologiche si riportano in Carta anche le indagini geognostiche e geofisiche esistenti, evidenziando quelle che hanno raggiunto il substrato roccioso.

Nella medesima carta si possono specificare, se presenti, anche le zone con rocce fortemente fratturate o cataclasate, la presenza di faglie e fratture, la presenza di rocce e terreni quaternari coinvolti in frane. Anche i limiti tra litologie con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse tra loro vanno segnalati poiché danno luogo ad effetti di amplificazione nel passaggio delle onde da un mezzo all'altro.

Non da ultimo risulta utile segnalare le zone con profondità della falda freatica ≤ 15 m dal p.c. per identificare le eventuali aree potenzialmente esposte a fenomeni di liquefazione in caso di presenza di terreni sabbioso-limosi sciolti.

Per il territorio di Torri del Benaco sono stati classificati come suoli di tipo A, non amplificabili (SNA), i Calcari Oolitici di San Vigilio perché si tratta di rocce sedimentarie calcaree, massicce, quindi con stratificazione indistinta. Tali litologie affiorano o subaffiorano principalmente nella porzione sudoccidentale del territorio comunale a sud dell'abitato di Torri, in zona Frader e nella porzione settentrionale del Comune a nord di Pai.

Gli affioramenti più fratturati dei Calcari Oolitici insieme a Rosso Ammonitico, Biancone e Scaglia Rossa, sono stati classificati come suoli amplificabili SA1 perché si tratta di calcari con stratificazione da decimetrica a centimetrica, con intercalazioni marnose. La porzione più fratturata dei Calcari Oolitici è stata localizzata a sud dell'abitato di Torri del Benaco, per la presenza di numerose faglie e linee di frattura che hanno messo a contatto tale formazione con i terreni cretacici delle formazioni del Biancone e della Scaglia Rossa. Tali litologie amplificabili affiorano o subaffiorano lungo tutta la porzione centrale del territorio comunale, in parte ricoperte dai depositi sciolti.

I depositi morenici e fluvioglaciali, talora debolmente cementati, sono stati classificati come suoli amplificabili SA2. Essi si rinvengono in maniera abbastanza continuativa lungo tutto il medio e alto versante che costituisce il territorio comunale.

I terreni sciolti che costituiscono le coperture eluviali-colluviali dei versanti, le falde detritiche, i coni alluvionali e i depositi fluvioglaciali a matrice fine sono stati classificati come suoli amplificabili SA3, in quanto normalconsolidati o talora sciolti. Essi caratterizzano la fascia territoriale lungolago, alla base dei pendii rocciosi e le zone sommitali pianeggianti, come la zona di Albisano.

Faglie

Nella Carta degli elementi in prospettiva sismica si riportano le linee di faglia, in quanto esse sono tra le principali responsabili di contatti netti tra litologie differenti, sono zone di spaccatura e di intensa frizione.

Le più importanti sono le ***faglie attive***, in quanto in grado di dare dislocazioni e tra esse le ***faglie capaci***, ossia faglie con indizi di attività sismica negli ultimi 40.000 anni, che possono riattivarsi e quindi produrre deformazioni in superficie.

Nelle **Schede 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18** e **19** sono riportate rispettivamente la Carta delle faglie attive dell'Italia settentrionale[4] e le schede per le faglie attive nella zona del lago di Garda e Monte Baldo. Le faglie attive nell'immediato intorno di Torri del Benaco sono la faglia del Monte Bre (n. 93), la faglia di Brancolino (n. 94) e la linea di Pesina (n. 116), di tipo diretto o trascorrente e direzione NW-SE (**Scheda 12 e Scheda 13**) e la faglia Sirmione-Garda (n. 95), inversa con direzione NNE-SSW (**Scheda 14**). A queste si aggiungono altre faglie lungo la sponda occidentale del lago di Garda, con orientazione NE-SW (n. 96 e 97) (**Scheda 15** e **Scheda 16**) o NW-SE (n. 98) (**Scheda 17**). A Nord del Comune di Torri del Benaco sono presenti altri sistemi di faglie attive, ad andamento NNE-SSW legate agli accavallamenti tettonici del Monte Baldo: si tratta della Linea del Baldo (n. 119, **Scheda 18**) che interessa il versante orientale del Baldo, della faglia della Valletta di Naole (n. 120, **Scheda 19**) e della scarpata Monte Maggiore-Cima Valdritta (n. 121, **Scheda 20**) sul versante occidentale del Baldo. In funzione di queste faglie l'attività della zona di Torri del Benaco risulta di II grado, con spostamenti medi compresi tra 1 e 0.1 mm/anno, mentre la sommità del Monte Baldo è di I

[4] Tratta da: Il Quaternario vol. 4(2)-1991, pp. 333-410 *Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il lago di Como (Italia settentrionale)* di D. Castaldini e M. Panizza

grado, con spostamenti compresi tra 10 e 1 mm/anno (**Scheda 21**).

Tra queste faglie attive è considerata capace[5] la faglia Sirmione-Garda (**Scheda 22**) che passa per l'abitato di Garda, circa 1 Km a SE del confine comunale sudorientale.

Le linee di faglia riportate in carta hanno direzione prevalente NNE-SSW e NW-SE e fanno parte dei fasci di faglie dei sistemi principali quali Linea Sirmione-Garda e linee di Bre, Brancolino e Pesina.

Aree con soggiacenza < 15 m

La Carta deve anche evidenziare le aree aventi una soggiacenza della falda freatica ≤ 15 m, così da individuare le zone che potrebbero essere interessate da fenomeni di liquefazione in presenza di eventuali terreni sciolti a prevalente componente sabbioso-limosa.

Per il territorio di Torri del Benaco si segnalano come aree con possibile soggiacenza < 15 m il fondovalle della Val Volpara e il fondovalle a SE del Monte Fontane, nei pressi di Albisano.

Cedimenti

I tipi di cedimenti legati all'azione sismica sono quelli dovuti a densificazione di terreni insaturi, quelli dovuti a liquefazione dei terreni saturi e quelli dovuti a collasso di cavità sotterranee. La densificazione in condizioni insature è un tipo di cedimento, anche differenziale, che può avvenire nei terreni sabbioso-limosi, sia naturali che di riporto, messi in posto piuttosto recentemente.

Cedimenti per densificazione posso avvenire in corrispondenza di limiti tra terreni a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Per avere precise indicazioni sulla granulometria e lo stato di addensamento dei terreni è necessario avere dati di prove penetrometriche.

La liquefazione può interessare terreni sabbioso-limosi sciolti o poco addensati, saturi d'acqua, per temporanea perdita della resistenza al taglio dovuta all'incremento della pressione interstiziale al momento dello scuotimento.

Affinchè avvenga il fenomeno della liquefazione devono verificarsi contemporaneamente i seguenti fattori predisponenti: 1) sisma con intensità ≥VIII grado della scala ESI2007; 2) scuotimento sismico prolungato; 3) accelerazione massima attesa sul piano campagna >0.1g; 4) profondità media stagionale della falda < di 15 m da p.c.; 5) sedimenti con granulometria che rientra in un fuso ben definito (vedasi figura 5).

[5] tratto dal Progetto ITHACA-Catalogo delle faglie capaci (sito Servizio Geologico d'Italia)

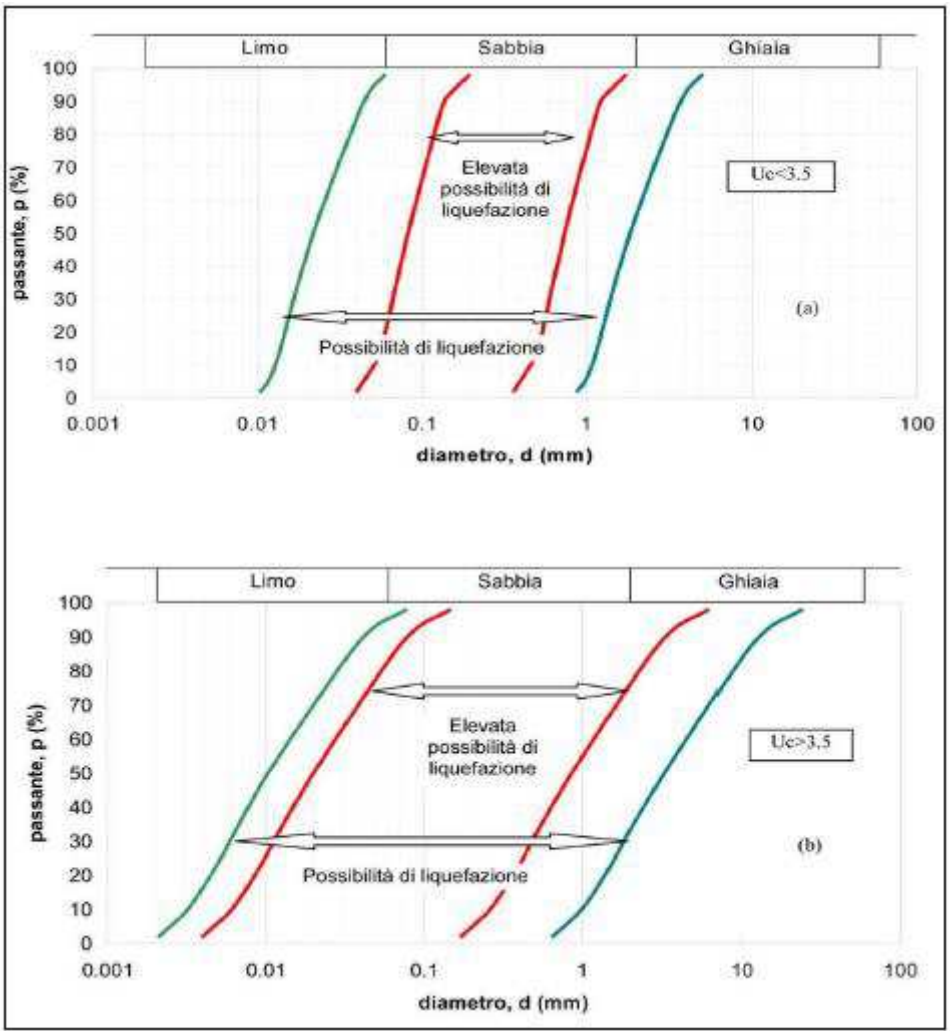


Figura 2: Fusi granulometrici per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione per terreni a granulometria uniforme (a) oppure estesa (b), tratto dalle <<Linee guida AGI>>, 2005

6.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Il fenomeno dell'amplificazione topografica è legato alla focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza di particolari elementi topografici e morfologici quali: creste, rilievi isolati, scarpate superficiali e/o sepolte, orli di terrazzo, incisioni vallive, conoidi alluvionali e falde detritiche.

Da D.M. 14/01/2008 si ricava che l'altezza minima degli elementi geomorfologici da considerare ai fini sismici è di 30 m; in accordo con le indicazioni degli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica del Dipartimento della Protezione Civile nazionale tuttavia è bene valutare anche le forme con altezza compresa tra 10 e 30 m.

In particolare le creste, per essere significative ai fini dell'amplificazione devono avere larghezza della sommità sensibilmente inferiore rispetto alla base.

Le scarpate, che comprendono sia quelle di tipo strutturale che di erosione o degradazione

che i pendii in genere, nonché le pareti di cave e di dighe in terra, vengono considerate ai fini sismici se hanno altezza superiore a 10 m e pendenza superiore a 15°. Inoltre sono considerate sia le scarpate superficiali che quelle sepolte.

Per i terrazzi l'altezza minima è di 10 m, come per le scarpate, e sono da considerare sia i terrazzi naturali, quali quelli fluviali o fluvioglaciali, sia quelli artificiali in terreni riportati o nell'ambito di cave.

Nella Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica del Comune di Torri del Benaco si sono considerati nell'ambito della possibile amplificazione topografica i seguenti elementi: pendenza delle superfici, orli di scarpata di erosione fluviale o terrazzo, forre fluviali, orli di terrazzi glaciali, scarpate di cava, scarpate di degradazione, nicchie di frana, aree con soggiacenza < 15 m.

Pendenza

La pendenza del territorio è stata derivata dal modello digitale del terreno costruito appositamente per il presente studio utilizzando i punti quotati della C.T.R. a scala 1:5.000 (**Scheda 23**). La copertura del territorio con i punti è parziale e quindi anche l'elaborazione delle pendenze risulta approssimata.

Nella carta delle pendenze si sono stabilite quattro classi: zone con pendenza inferiore a 15°, zone con pendenza compresa tra 15° e 30°, zone con pendenza tra 30° e 45° e zone con pendenza superiore a 45°.

Le zone con acclività inferiore a 15° corrispondono principalmente all'area dell'abitato di Torri e alle porzione sommitali dei versanti, quali la zona tra Monte Are e Albisano. La fascia intermedia dei versanti che costituiscono il territorio comunale hanno invece pendenza media compresa tra 15° e 30°.

Superfici con angolo superiore a 30° si rinvengono principalmente in corrispondenza delle pareti rocciose quali i pendii orientali dei Monti Are, Bre e Luppia, a tratti lungo la strada gardesana, sui fianchi dei solchi torrentizi molto incisi.

La pendenza, valutata insieme agli altri elementi litologici e morfologici in chiave sismica, è servita come base per la zonizzazione in prospettiva sismica.

Riguardo la valutazione del grado di protezione per le situazioni morfologiche di codesto elemento gran parte del territorio comunale rientra nella Categoria "T2" delle Norme Tecniche per le Costruzioni, come da Tabella seguente.

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

Tabella 3: Categorie topografiche (da NTC 2008)

Orli di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo

Si sono considerate due scarpate di erosione fluviale presenti lungo uno dei solchi torrentizi a monte della località Frader.

Forra fluviale

Si tratta di una valle fluviale dalle pareti molto ripide e ravvicinate che sfocia in località Piaghen.

Scarpate di cava

Si tratta delle scarpate della cava di pietra Cavrie, posta a mezza costa, nella porzione centro settentrionale del Comune .

Scarpate di degradazione e scarpate di frana

Si tratta di pendii ripidi che mostrano segni di erosione e di degradazione da parte degli agenti atmosferici e nicchie di frana. Sono state cartografate le scarpate rocciose dei pendii nordorientali e sudorientali del Monte Luppia, al confine con il Comune di Garda e qualche parete rocciosa sul lungolago.

Orli di terrazzi glaciali

Si tratta delle scarpate dei terrazzi di origine glaciale presenti a est di Albisano.

Nella *Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica* si sono quindi riportati, filtrandoli, gli elementi contenuti rispettivamente nella Carta Litologica, nella Carta Idrogeologica e nella Carta Geomorfologica del P.A.T. che “risentono” in qualche maniera delle sollecitazioni legate ad un evento sismico.

7 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La carta delle zone omogenee in prospettiva simica sintetizza le valutazioni fatte in chiave sismica sugli elementi territoriali di carattere litologico, idrogeologico e geomorfologico, suddividendo la superficie comunale in tre possibili categorie: 1-aree stabili non suscettibili di amplificazione sismica, 2-aree stabili suscettibili di amplificazione sismica e 3-aree instabili per azione sismica.

Le **aree stabili non suscettibili di amplificazione sismica** sono caratterizzate da morfologia subpianeggiante (<15°) o comunque con pendenza regolare, suoli di tipo A, cioè non amplificabili (Vs>800 m/s), sono prive di elementi che possono risentire di amplificazione topografica e sono prive di fenomeni di instabilità quali: frane di vario tipo, cedimenti legati a collasso di cavità sotterranee o densificazione di terreni insaturi o liquefazione di terreni saturi e non sono soggette a rischio di rotture della superficie topografica per riattivazione di faglie capaci.
In queste aree la risposta simica è quella attesa, ossia non si ipotizzano effetti di alcuna natura se non lo scuotimento, che è funzione della magnitudo e della distanza ipocentrale del terremoto.

Le **aree stabili suscettibili di amplificazione sismica** non sono soggette a fenomeni di instabilità quali frane di vario tipo, cedimenti legati a collasso di cavità sotterranee o densificazione di terreni insaturi o liquefazione di terreni saturi e non sono soggette a rischio di rotture della superficie topografica per riattivazione di faglie capaci. Tali aree tuttavia presentano caratteristiche litologiche che le rendono soggette a possibile amplificazione stratigrafica (suoli ≠ A) e/o elementi morfologici che possono essere soggetti ad amplificazione topografica (creste, dorsali, scarpate, etc.).

Le **aree instabili per azione sismica** possono essere soggette in seguito ad un sisma a: 1- instabilità di versante quali frane di crollo, colate, scivolamenti; 2-cedimenti per crollo di cavità sotterranee o per liquefazione di terreni saturi o per densificazione di terreni insaturi e 3- rotture in superficie per riattivazione di faglie capaci.

Instabilità di versante

I fenomeni franosi più sensibili all'azione sismica sono quelli ad evoluzione rapida ossia in genere i crolli in roccia e le colate in depositi fini saturi d'acqua (modflow, soil slip, etc.).
Per i crolli in roccia il sisma agisce come fattore d'innesco su volumi rocciosi già allentati o degradati e già predisposti al distacco per assetto strutturale favorevole. Con lo scuotimento sismico possono rompersi gli ultimi ponti rocciosi che tengono ancora ancorato alla parete l'ammasso roccioso instabile. Affinchè avvenga il distacco, in genere è necessario che l'intensità del sisma sia ≥ VI grado della scala ESI2007[6] (Environmental Seismic Intensity) (**Schede 24 e 25**).

L'innesco di colate detritiche avviene a causa delle sovrapressioni interstiziali che il sisma genera all'interno del deposito, le quali annullano temporaneamente la resistenza al taglio del materiale coinvolto e danno luogo al rifluimento verso valle dei sedimenti.

L'azione sismica, oltre ad interferire su queste due tipologie di frane, può avere effetti anche su altri tipi di instabilità quali scivolamenti rotazionali, movimenti complessi, etc.).

Cedimenti

I tipi di cedimenti legati all'azione sismica sono quelli dovuti a densificazione di terreni insaturi, quelli dovuti a liquefazione dei terreni saturi e quelli dovuti a collasso di cavità sotterranee. La densificazione in condizioni insature è un tipo di cedimento, anche differenziale, che può avvenire nei terreni sabbioso-limosi, sia naturali che di riporto, messi in posto piuttosto recentemente.

Cedimenti per densificazione posso avvenire in corrispondenza di limiti tra terreni a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

La liquefazione può interessare terreni sabbioso-limosi sciolti o poco addensati, saturi d'acqua, per temporanea perdita della resistenza al taglio dovuta all'incremento della pressione interstiziale al momento dello scuotimento.

[6] Scala di intensità macrosismica basata esclusivamente sugli effetti ambientali

Collasso di cavità sotterranee

Si tratta di cedimenti superficiali improvvisi dovuti a collasso di cavità sotterranee poste a modeste profondità. Tale tipo di cedimenti è diffuso sugli altopiani carbonatici soggetti a carsismo, quali quello di Asiago, del Cansiglio, etc.

Rotture in superficie per riattivazione di faglie capaci

Tale tipo di cedimento è legato alla riattivazione di faglie dette "capaci", ossia faglie sismiche che hanno avuto segni di attività negli ultimi 40.000 anni e che hanno generato deformazioni in superficie. Questo tipo di fenomeni si può verificare in caso di eventi sismici con intensità ≥ VIII-IX grado della scala ESI2007.

7.1 SPONDE DI BACINI LACUSTRI ESPOSTE A SESSE

Trattandosi di un Comune che si affaccia sul lago di Garda si deve anche valutare che le sponde possono essere soggette a sesse, ossia onde anomale che si possono generare in seguito a sismi di intensità > VIII grado della scala ESI 2007. Tali fenomeni si possono generare quando l'epicentro del sisma con I_0>VIII è posizionato proprio lungo le sponde. Queste onde anomale si generano in seguito a:

- Formazione di scarpate cosismiche all'interno del bacino che portano ad una veloce e improvvisa modifica della conformazione dei fondali;
- Distacco di ingenti volumi rocciosi da pareti che si affacciano direttamente sul bacino lacustre;
- Franamenti subacquei in depositi saturi d'acqua.

8 CARTA DELLE ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Il territorio del Comune di Torri del Benaco, sulla base di quanto riportato nella Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica, risulta suddiviso in due classi della zonizzazione sismica: 1-aree stabili suscettibili di amplificazione sismica e 2-aree instabili per azione sismica.

Le **aree stabili suscettibili di amplificazione sismica** comprendono gran parte del territorio comunale di Torri del Benaco, compreso il capoluogo. La loro suscettibilità all'amplificazione sismica è regolata in primo luogo dalle litologie amplificabili e poi dalla presenza di faglie, fratture e diffuso carsismo degli ammassi rocciosi.

Il restante territorio è classificato come **Aree instabili per azione sismica** poiché i terreni sono prevalentemente amplificabili e sono presenti aree soggette a instabilità di versante con possibili crolli, possibili cedimenti per crolli di cavità sotterranee o per liquefazione e possibili rimobilitazioni di coni alluvionali.

In particolare nella porzione meridionale del Comune sono zone instabili le pareti rocciose del Monte Bre, Monte Are e Monte Luppia che sovrastano la conca di Garda e le paretine lungolago nella zona tra Brancolino e località Canevini, soggette a distacchi. Altre zone instabili sono state

identificate nella parte settentrionale del Comune: si tratta delle pareti rocciose tra località La Pozza e Punta Piaghen, del vallone a monte dell'abitato di Piaghen, delle zone nell'intorno di alcune cavità carsiche per pericolo di crolli e distacco massi. Aree soggette a cedimenti per liquefazione corrispondono al fondo della Val Volpara e al fondo della vallecola a SE di Monte Fontane.

9 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Codesta Relazione illustra le modalità ed i risultati ottenuti con lo studio in prospettiva sismica del territorio comunale, seguendo le disposizioni normative vigenti.

Lo studio è stato articolato sul 1° Livello previsto per la fase di pianificazione PAT.

Lo studio di 1° Livello ha permesso di definire la *Carta degli Elementi in prospettiva sismica* e la *Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica*.

Si osserva che:

- le zone che ricadono nelle categorie di tipo "instabile" (frane, fenomeni di cedimento o liquefazione e/o a comportamento differenziale) sono obbligatoriamente assoggettate, in fase di progettazione, all'esecuzione di studi specifici di 3° Livello.
- le zone a "potenziale amplificazione morfologica e litologica" sono assoggettate all'esecuzione delle procedure di 2° livello, per valutare mediante procedure semplificate semiquantitative, il grado di protezione che la normativa sismica nazionale può garantire nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale.

In particolare, per le zone ove siano necessari approfondimenti di Livello superiore al primo si dovranno adottare le procedure di indagine previste alle Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.01.2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008) e relativa Circolare esplicativa, aggiornamenti e modifiche. In particolare si dovrà fare riferimento alle seguenti paragrafi e/o capitoli: Capitolo 3: Azioni sulle costruzioni, §3.2 Azione sismica; Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche (strutture nuove); Capitolo 8: Costruzioni esistenti, §8.7 Valutazione e progettazione in presenza di azioni sismiche; Allegato A: Pericolosità sismica; Allegato B: Tabelle che definiscono l'azione sismica nel territorio italiano.

La classe di suolo dovrà essere definita preferibilmente attraverso la misura diretta dei parametri sismici del sottosuolo in numero adeguato alle caratteristiche dell'opera.

Qualora le zone investigate in fase progettuale (Livello 2°) risultassero "insufficienti" in riferimento ai possibili effetti di amplificazione litologica rispetto alla normativa saranno soggette a verifica di 3° Livello, oppure si dovrà utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;

- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nello specifico, per le "*aree stabili suscettibili ad amplificazione sismica*", dove si preveda di eseguire ristrutturazioni con modifiche strutturali, ampliamenti, nuove costruzioni ed opere infrastrutturali, si dovrà, oltre alle indicazioni normative citate sopra:

A. caratterizzare il terreno tramite la misura delle Vs_{30}, qualora si addotti un approccio semplificato, come previsto dal DM 14.01.2008: "la classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio "Vs" ovvero sul numero medio di colpi N_{spt} per terreni a grana grossa, e coesione non drenata media "cu"", per terreni a grana fine. Le misure dovranno essere eseguite almeno ogni tre metri di profondità fino a quella prevista dal DM 14.01.2008. Le misure dirette delle onde di taglio "Vs" acquisite con metodi geofisici di superficie sono da preferire ai metodi indiretti. Dovranno essere allegati alla relazione geologica i grafici di misura e d'interpretazione delle prove in sito.
B. produrre uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo;
C. evitare, d'accordo con il progettista, l'effetto di doppia risonanza suolo-struttura;
D. valutare le amplificazioni locali di carattere litostragrafico qualora il bedrock sia a profondità superiore ai 3 metri. L'amplificazione potrà essere determinata come indicato dall'Eurocodice 8 (vedasi anche Indirizzi e criteri di microzonazione sismica –Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni).
E. nelle fasce di contatto tra litologie con caratteristiche elastiche molto diverse tra loro, oltre a quanto detto ora si dovrà verificare, attraverso prove in sito, se i contatti tra queste formazioni possono causare cedimenti differenziali. Si dovrà, anche, evitare di porre le fondazioni dei fabbricati "a cavallo" di litotipi con caratteristiche marcatamente diverse.

Qualora con i Livelli superiori di valutazione vengano classificate zone come "*suscettibili d'instabilità*", bisognerà almeno seguire le seguenti prescrizioni minime sotto gli aspetti di caratterizzazione sismica del sito, rimandando, comunque, a tutte le disposizioni normative inerenti le costruzioni come elencate all'inizio del capitolo.

Per queste zone si dovrà:

A. Nelle aree a potenziale cedimento per liquefazione di terreni saturi, la suscettività a questo fenomeno dovrà essere valutata attraverso prove in situ come prescritto dagli Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – rapporto finale del Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni.

Per superfici pianeggianti gli effetti sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale "non liquefacibile" è maggiore dello spessore del sottostante strato "liquefacibile".

B. Nelle aree suscettibili ad instabilità" per potenziali smottamenti e/o frane sismo-indotte in pendii naturali, oltre alle normali indagini e studi indicati da normativa, si provvederà a:

- Caratterizzare il sottosuolo con la misura delle Vs_{30}, come previsto da DM 14.01.2008. Le misure dovranno essere eseguite almeno ogni metro lineare di profondità fino a quella prevista dal DM 14.01.2008. E' consigliabile acquisire i valori Vs_{30} da misure dirette e non indirette (es. prove penetrometriche o SPT). Si dovrà anche produrre uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo.
- Valutare le amplificazioni locali di carattere litostratigrafico, se il bedrock si trova a profondità superiore ai 3 metri, e topografico. L'amplificazione topografica potrà essere determinata come previsto dall'Eurocodice 8 e/o utilizzando quanto disposto negli "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica 2008".
- Eseguire i calcoli stabilità del pendio a seguito dell'azione sismica, attraverso una specifica analisi dinamica. In alternativa potranno essere utilizzati appositi abachi, purché il sito d'intervento presenti caratteristiche conformi alle ipotesi di base utilizzate per l'elaborazione degli abachi stessi.

Baratto Filippo, geologo

con la collaborazione di:
Checchinato Raffaella, geologo

Codesto documento ha recepito quanto disposto nel verbale della Conferenza di Servizi del 06.10.2016.

Le NTA facenti capo alla tematica sismica sono state parimenti adeguate al suddetto verbale.

Per i quesiti fatti dagli Organi provinciali in merito alla Verifica in merito al punto 2 del parere di sintesi (sezione F) della Valutazione Tecnica Provinciale n. 16 del 04/10/2016 – Recepimento delle prescrizioni contenute nel parere di compatibilità sismica protocollo n.141160 del 2/4/14, si riportano le seguenti osservazioni:

Osservazione nr.1: La correzione richiesta relativa alla tavola 3 "Fragilità" del PAT è di contenuto specialistico e nell'indicazione della correzione si fa riferimento ad una fase interlocutoria precedente al parere fra i due Enti interessati; non è possibile in sede istruttoria verificare tale prescrizione. Si chiede di indicare dettagliatamente criteri e modalità di adeguamento alla prescrizione nella "Dichiarazione di Sintesi"

Risposta: quanto osservato al punto 1 relativamente alla "fase interlocutoria" non è conosciuto dal sottoscritto; né si è a conoscenza, e ciò vale per ogni punto delle osservazioni riferito alla "Dichiarazione di sintesi", del contenuto e delle modalità d'estensione di tale documento.

Osservazione nr.2: La prescrizione che prevede un'integrazione delle NTA del PAT relativamente al tema degli sprofondamenti di cavità sotterranee e collasso di cavità è di alto contenuto specialistico e pertanto Si chiede di indicare dettagliatamente criteri e modalità di adeguamento alla prescrizione nella "Dichiarazione di Sintesi"

Risposta: L'argomento "sprofondamenti" è inserito nelle NTA all'art. 10 - sezione "Aree non Idonee". Rimandando ai commi facenti parte di codesta sezione circa cosa e come si più urbanizzare o intervenire, qui si evidenzia quanto prescritto: "*gli interventi saranno finalizzati alla sola rinaturalizzazione ed stabilizzazione dei pendii, al solo ripristino dell'ambiente e del paesaggio, mantenendo le peculiarità morfologiche ante operam, in stretta correlazione con i caratteri geologici e idrogeologici della zona. Per le zone di sprofondamento carsico è ammessa la coltivazione agricola e le pratiche forestali che garantiscano la stabilità dei siti. Si raccomanda un'azione di periodico monitoraggio per rilevare eventuali fenomeni erosivi ed abbassamenti o sprofondamenti del fondo*."

Osservazione nr.4: Da recepire la prescrizione da inserire nelle NTA adeguate della sezione direttive dell'articolo 9 e) – Vincolo Sismico per le aree stabili suscettibili di amplificazione sismica e per le aree suscettibili di instabilità le prescrizioni elencate al capitolo 9 "Conclusioni e Prescrizioni" della Relazione tecnica "Caratterizzazione sismica a supporto del Piano di Assetto del Territorio comunale" (pagg. 22-24).

Risposta: La stesura di un piano urbanistico si basa operativamente su una serie di norme che traggono valore dagli elaborati redatti per tale piano. Ed ai quali rimanda per gli approfondimenti. Se una norma o disposizione fa riferimento ad un codice o ad una relazione non necessariamente deve riportare l'intera pubblicazione. Pertanto trascrive quanto espresso nelle pagine 22÷, 24 della Relazione sismica che accompagna il PAT risulta dispersivo per il concetto stesso di norma che deve essere uno strumento agile e utile ad indirizzare gli atti, rimandando gli approfondimenti agli specifici elaborati.

Osservazione nr.6: Da recepire all'articolo 9 e) – Vincolo Sismico, in corrispondenza dell'ultimo comma delle Prescrizioni "nonché da uno studio di microzonazione sismica secondo le determinazioni della citata DGR 1572/2013".

Risposta: Il riferimento alla DGR 1572/2013 viene fatto nell'art. 9 e) sia nell'ultimo capoverso delle Direttive, sia nel primo comma delle Prescrizioni. E' stata comunque inserita nelle NTA la frase indicata (*nonché da uno studio di microzonazione sismica secondo le determinazioni della citata DGR 1572/2013*) nell'ultimo comma.

Osservazione nr.7: Considerato che il parere in esame ribadisce che "Ogni intervento è quindi soggetto a tutte le analisi, verifiche , prescrizioni stabilite dalle disposizioni del DM 14/01/2008 e dalla normativa tecnica" del PAT in materia sismica e individua un elenco di aree suscettibili di instabilità che risultano interessate da azioni del PAT, si propone di indicare nelle NTA l'elenco delle aree così individuate e il relativo obbligo normativo.

Risposta: L'art. 9 e) prescrive quanto disposto dalla DGR 1572/2013 e specifica che lo studio di microzonazione sismica "*sarà necessario in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella fase 1 di microzonazione sismica e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del "centro abitato" così come previsti dalla normativa vigente. Qualora le scelte di pianificazione urbanistica ricadano negli scenari qualitativi suscettibili di instabilità per potenziale instabilità di versante, per cedimenti e/o liquefazioni, per geometria complessa delle coperture si dovrà applicare il terzo livello di microzonazione sismica, come da DGR 1572/2013. Il PI acquisisce quanto prescritto nello studio di microzonazione sismica e recepisce le indicazioni dettate nel parere del Dipartimento Difesa Suolo e Foreste - Sezione Geologia e Georisorse".*

Circa la "proposta" di indicare nelle NTA l'elenco di tale aree e le relative norme specifiche, si evidenzia che sia lo studio di microzonazione sismica sia lo stesso PAT sono strumenti di pianificazione generale e non "puntuale" come il Piano degli Interventi al quale anche le stesse NTA rimandano (art. 9 e): "*il PI provvederà a localizzare puntualmente le trasformazioni urbanistiche e lo studio di compatibilità sismica avrà lo sviluppo necessario a definire gli interventi ammissibili e le modalità esecutive nelle aree urbanizzate ed urbanizzabili,*

come disposto dallo studio di microzonazione sismica facente capo alla DGR nr. 1572 del 03 settembre 2013".

Lo studio di microzonazione aiuta, trattandosi di un documento tecnico, i tecnici comunali e gli amministratori a salvaguardare sia il territorio, sia gli abitanti che lo occupano.

Ma si tratta sempre di analisi basate su dati relativi ad aree estese.

Questo deve essere sempre tenuto presente da parte di chi andrà poi a progettare strutture nel territorio. Infatti le NTC approvate con DM 14.01.2008 si riferiscono ad una specifica struttura e riguarda siti con limitata estensione planimetrica, diversamente dallo studio di Microzonazione sismica che opera su scala territoriale e che non può dare informazioni puntuali.

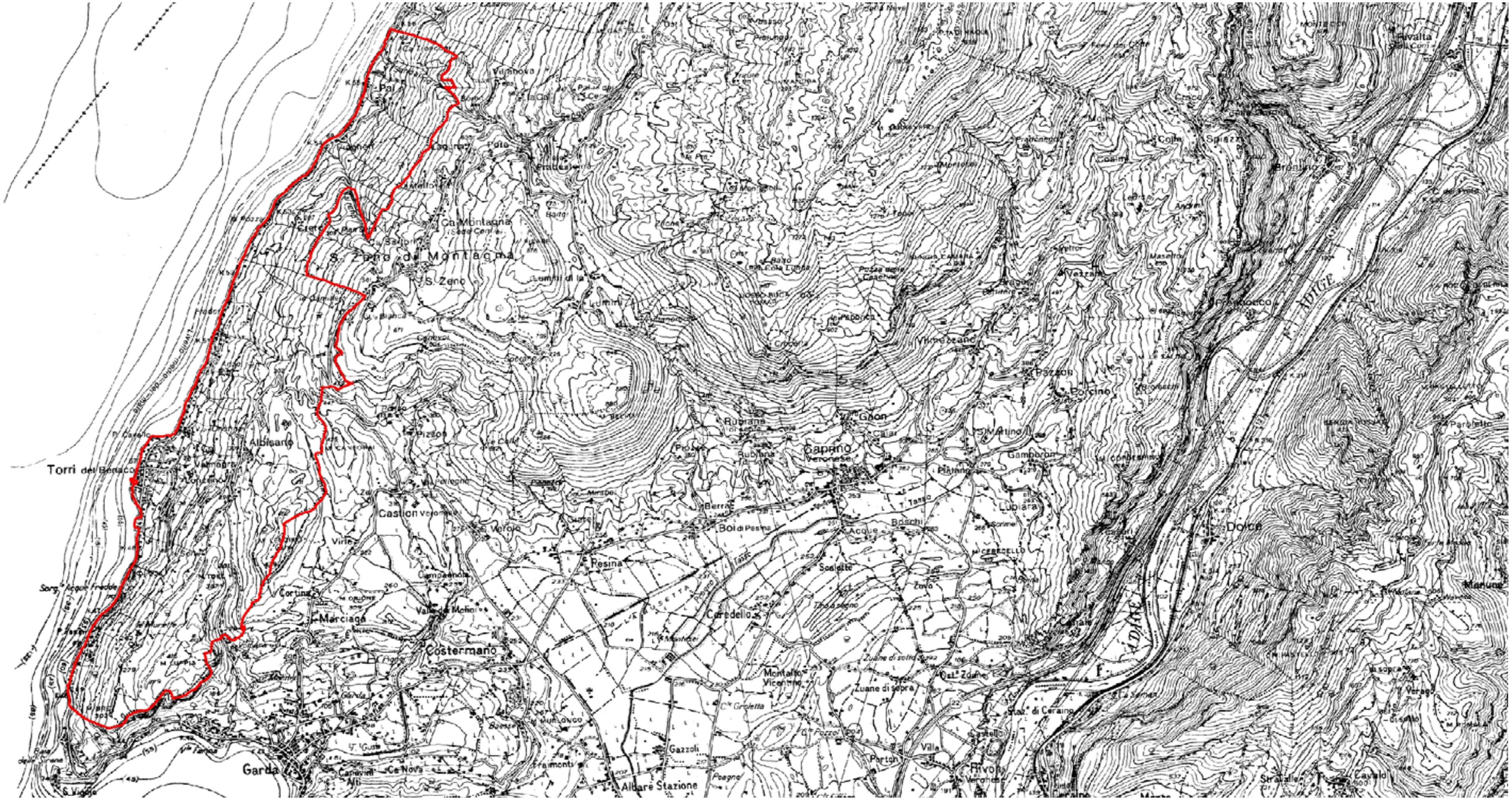
Infine, non trascurabile è la diversità circa la responsabilità civile tra chi cartografa zone a scala 1:10.000 o 1:5000 e chi definisce il modello geotecnico del sottosuolo interessato da una singola opera e sceglie il metodo di calcolo. Quest'ultimo deve essere il progettista come indicato dalle NTC/2008.

Baratto Filippo, geologo

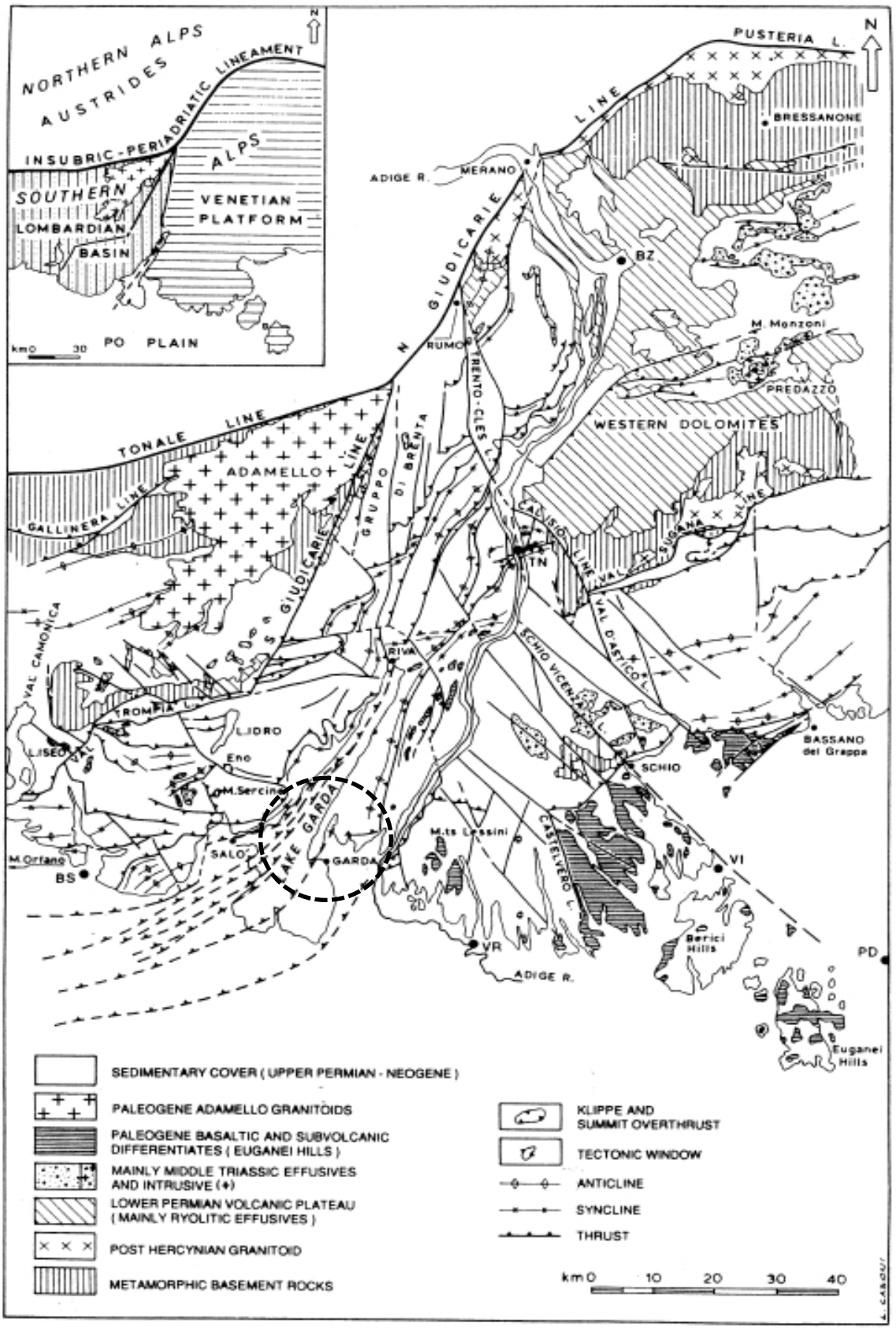
S C H E D E: 1 ÷ 25

T A VO L E:

- CARTA DEGLI ELEMENTI IN PROSPETTIVA SISMICA
- CARTA DELLE ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

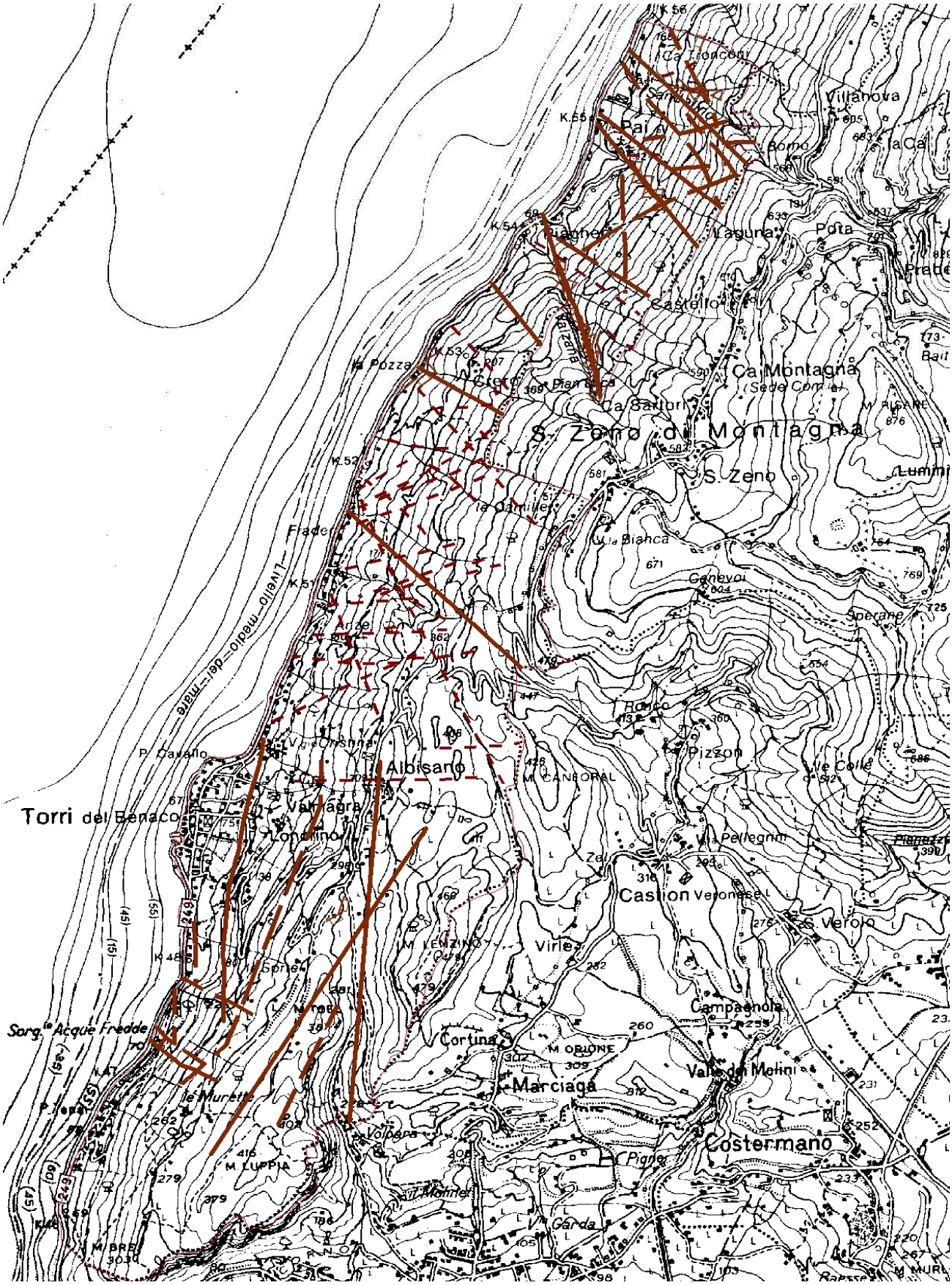


Estratto da I.G.M. Scala 1:50.000 "F. 101" e "F. 123" *(fuori scala)*	Inquadramento dell'area **Scheda 1**

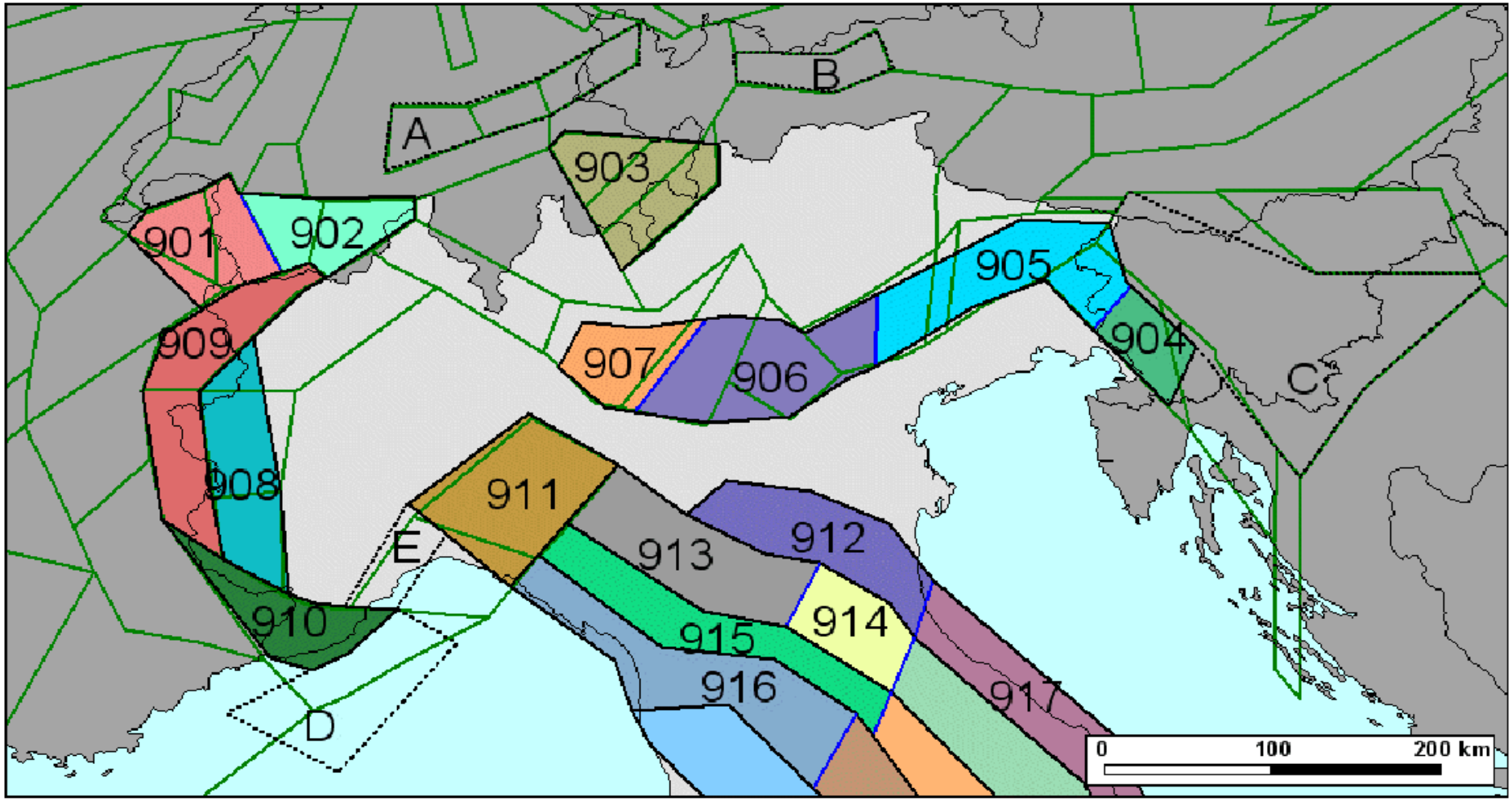


ified structural map of the central sector of Southern Alps (modified from Castellarin

	Schema tettonico delle Alpi e Prealpi venete **Scheda 2**

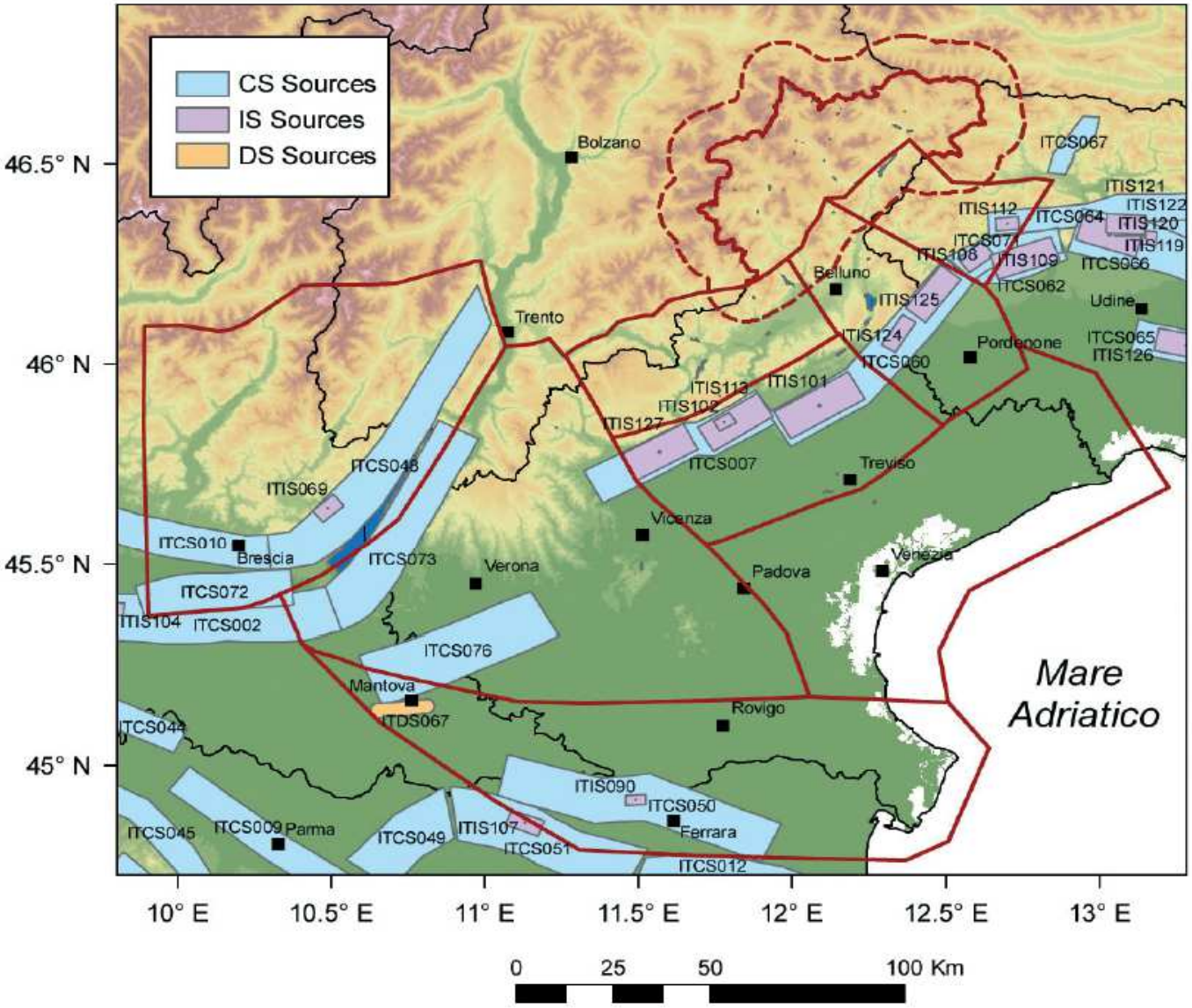


Lineamenti tettonici
della zona di Torri del Benaco
Scheda 3

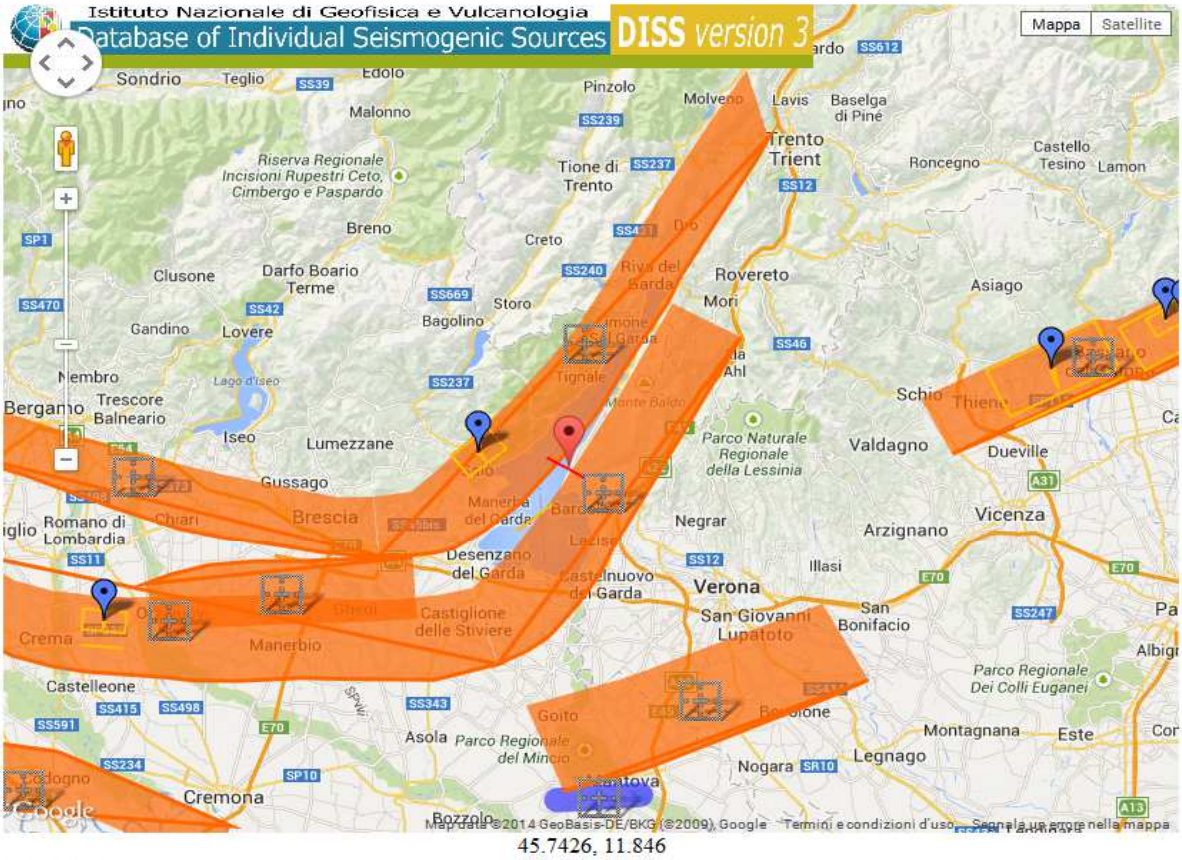


Zone sismogenetiche del Nord Italia

Scheda 4



Zone sismogenetiche da DISS
versione 3.1.1 (2010)
Scheda 5



45.7426, 11.846

Cerca Posizione

Via		n°	
Comune	Torri del Benaco	Cap	
Provincia	Verona		Cerca

- ○ Siti rigidi o depositi alluvionali profondi con spessori maggiorni di 20 metri
- ◉ Depositi superficiali con spessore compreso tra 5 e 20 metri

☑ Imposta distanza con il mouse

	Sorgente sismogenetica	P1		P2		Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)	Accelerazione al suolo (g)
		Lat. (°)	Long. (°)	Lat. (°)	Long. (°)			
○	ITCS073	45.6101	10.6868	45.5987	10.7144	2.49	5.5	0.398
◉	ITGS048	45.6101	10.6868	45.6275	10.643	3.92	5.7	0.413

Ubicazione delle fasce sismogenetiche relative al Comune di Torri del Benaco

Scheda 6a

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS073 - Monte Baldo

Source Info Summary | Commentary | References | Pictures

General information

Code	ITCS073
Name	Monte Baldo
Compiled By	Burrato, P.
Latest Update	19/04/2010

Parametric information

	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	3	OD	Based on geological data from various authors.
Max Depth (km)	9	OD	Based on geological data from various authors.
Strike (deg)	200 - 250	OD	Based on geological data from various authors.
Dip (deg)	25 - 45	OD	Based on geological data from various authors.
Rake (deg)	70 - 100	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 0.5	EJ	Derived from geological data concerning adjacent structures.
Max Magnitude (Mw)	5.5	OD	Assigned on the basis of conservative criteria.

Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS048 - Giudicarie

Source Info Summary | Commentary | References | Pictures

General information

Code	ITCS048
Name	Giudicarie
Compiled By	Burrato, P.
Latest Update	19/04/2010

Parametric information

	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	5	OD	Based on geological and seismological data.
Max Depth (km)	10	OD	Based on geological and seismological data.
Strike (deg)	205 - 265	OD	Based on geological and seismological data.
Dip (deg)	25 - 45	OD	Based on geological and seismological data.
Rake (deg)	70 - 100	EJ	Inferred from geological and seismological data.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 0.5	EJ	Derived from geological data concerning adjacent structures.
Max Magnitude (Mw)	5.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

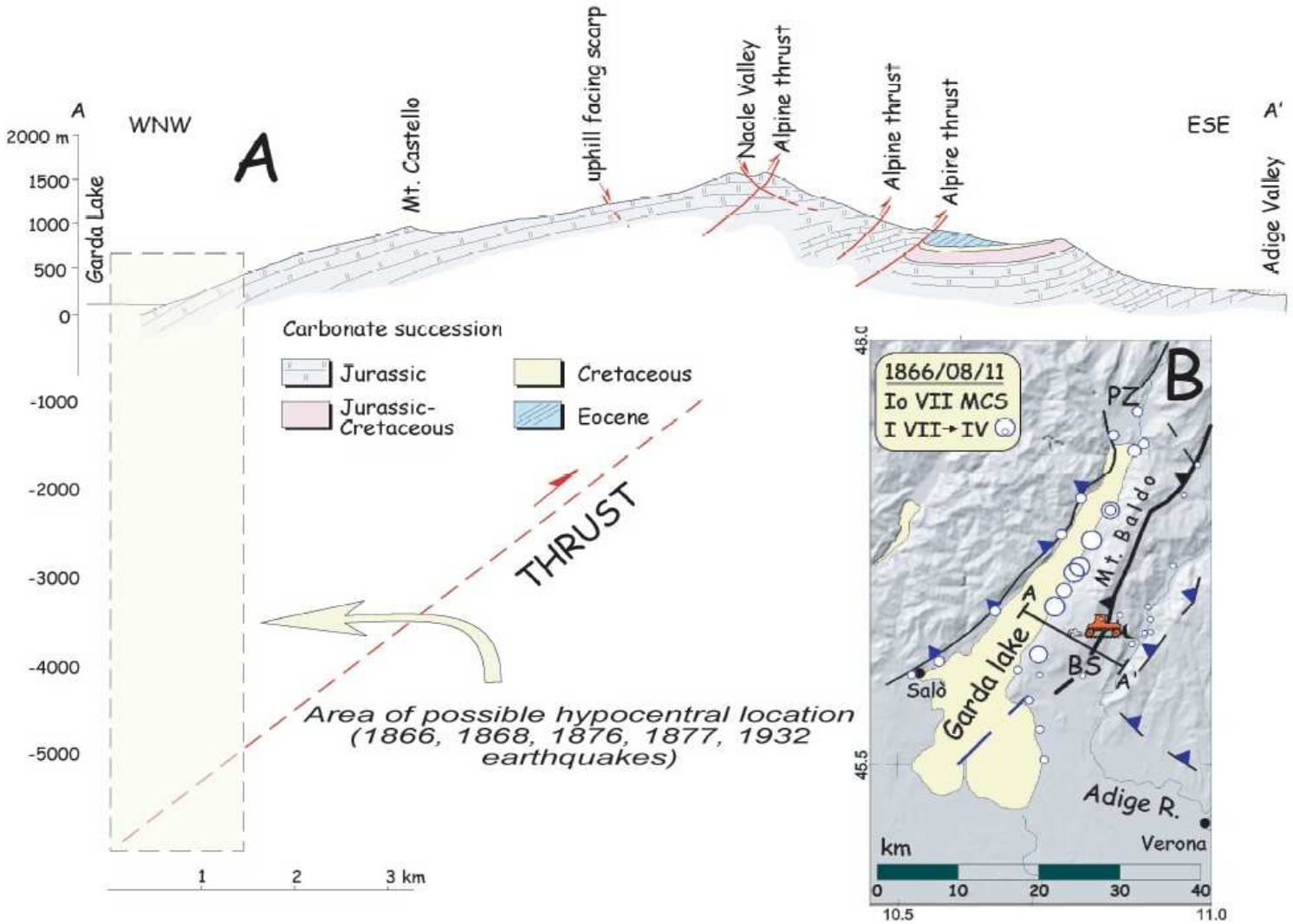
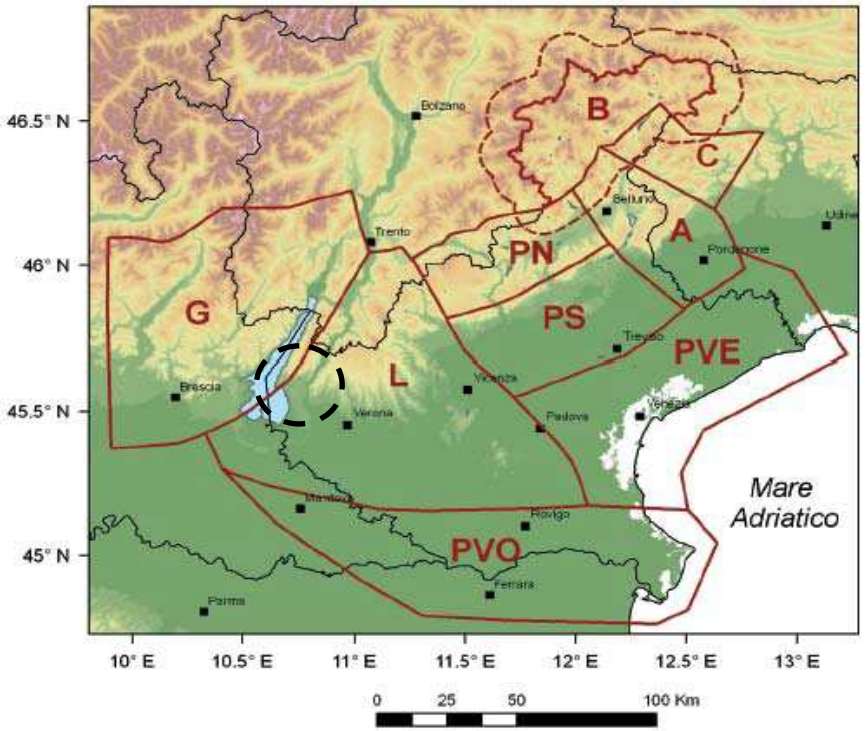
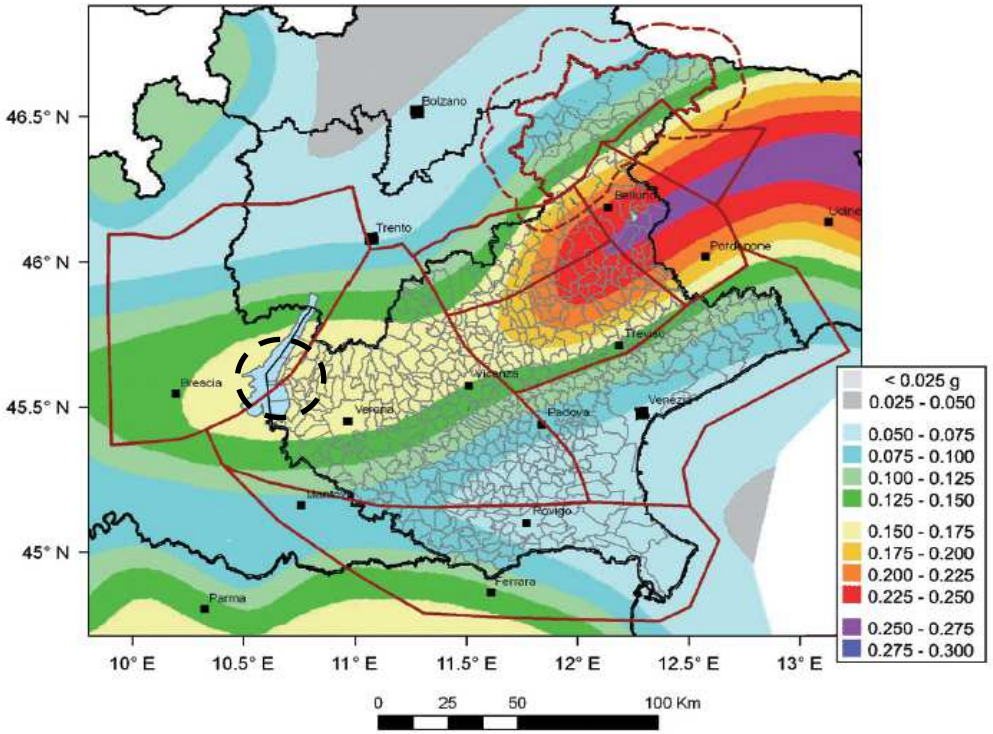


Fig. 3. a) geological cross-section of Mt. Baldo with the possible projection at depth of the main thrust plane and the area of the hypocentral locations of the 1866, 1868, 1876, 1877 and 1932 earthquakes and b) Intensity datapoints related to the 1866 earthquake (Ma=4.8, according to Working Group CPTI, 1999).

	Sezione geologica del M. Baldo e possibile ubicazione ipocentrale dei terremoti storici **Scheda 6c**





Area di Torri del Benaco

Distretti sismici del Veneto
e mappa della pericolosità sismica
Scheda 7

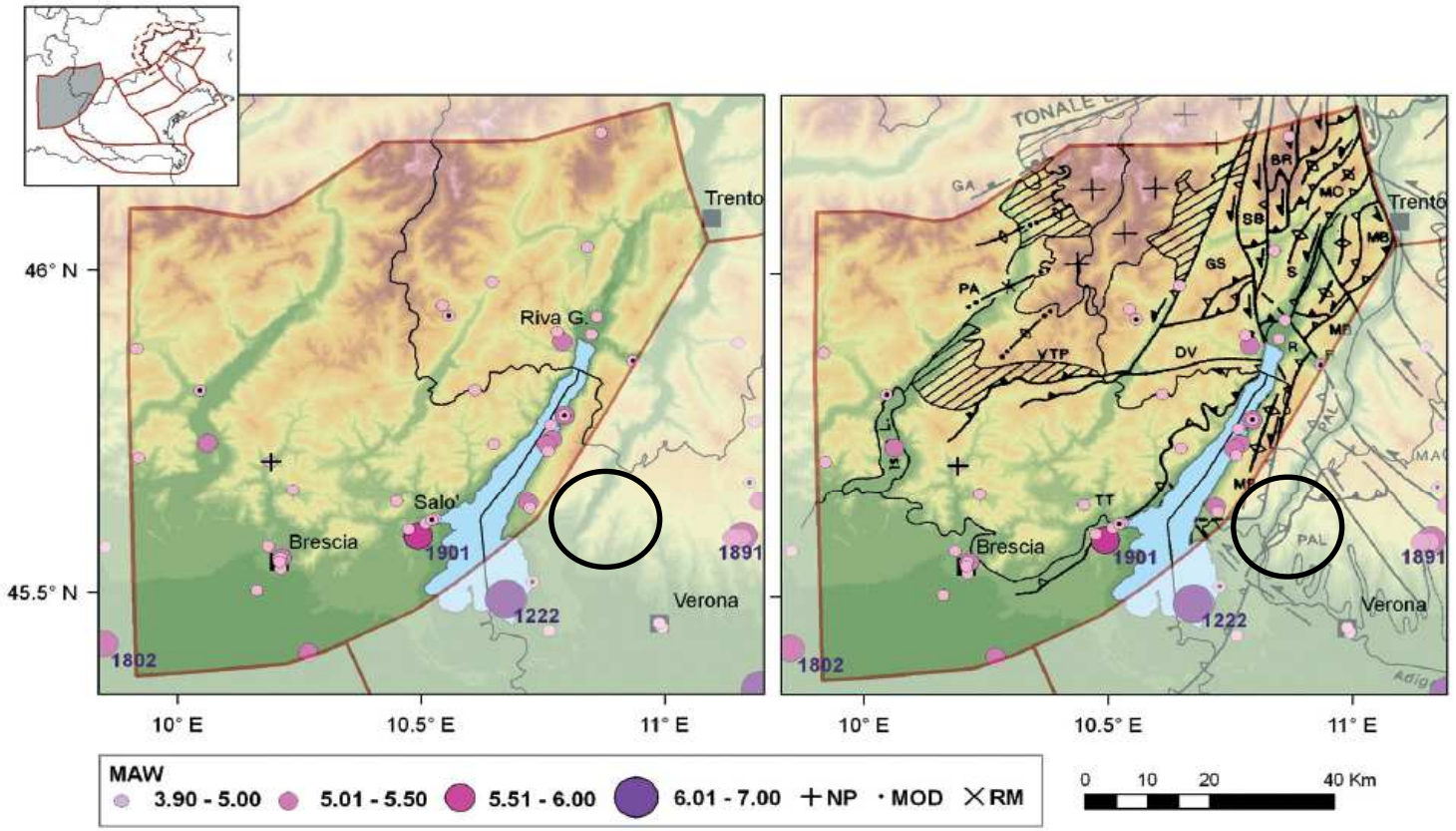


Fig. 4.1 - Mappa della sismicità storica del distretto Giudicarie (G); fonte dati CPTI04 criticamente rivisto (Molin *et al.*, 2008). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin *et al.* (1998b) (dx). In legenda: *Maw* indica la magnitudo equivalente a M_W riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati 'NP', modificati 'MOD' o rimossi 'RM'.

Historical seismicity in the Giudicarie (G) district: data taken from CPTI04 (CPTI Working Group, 2004), critically revised according to Molin et al. (2008). Epicentres location on DEM (left), integrated by the structural scheme from Castellarin et al. (1998b) (right). In the legend: pink symbols sized according to M_W given by Maw in the original catalogue; in black revised events, respectively 'NP' not parameterized, 'MOD' modified, 'RM' removed.

○ area di Torri del Benaco	Distretto sismico Giudicarie con sismicità storica **Scheda 8**

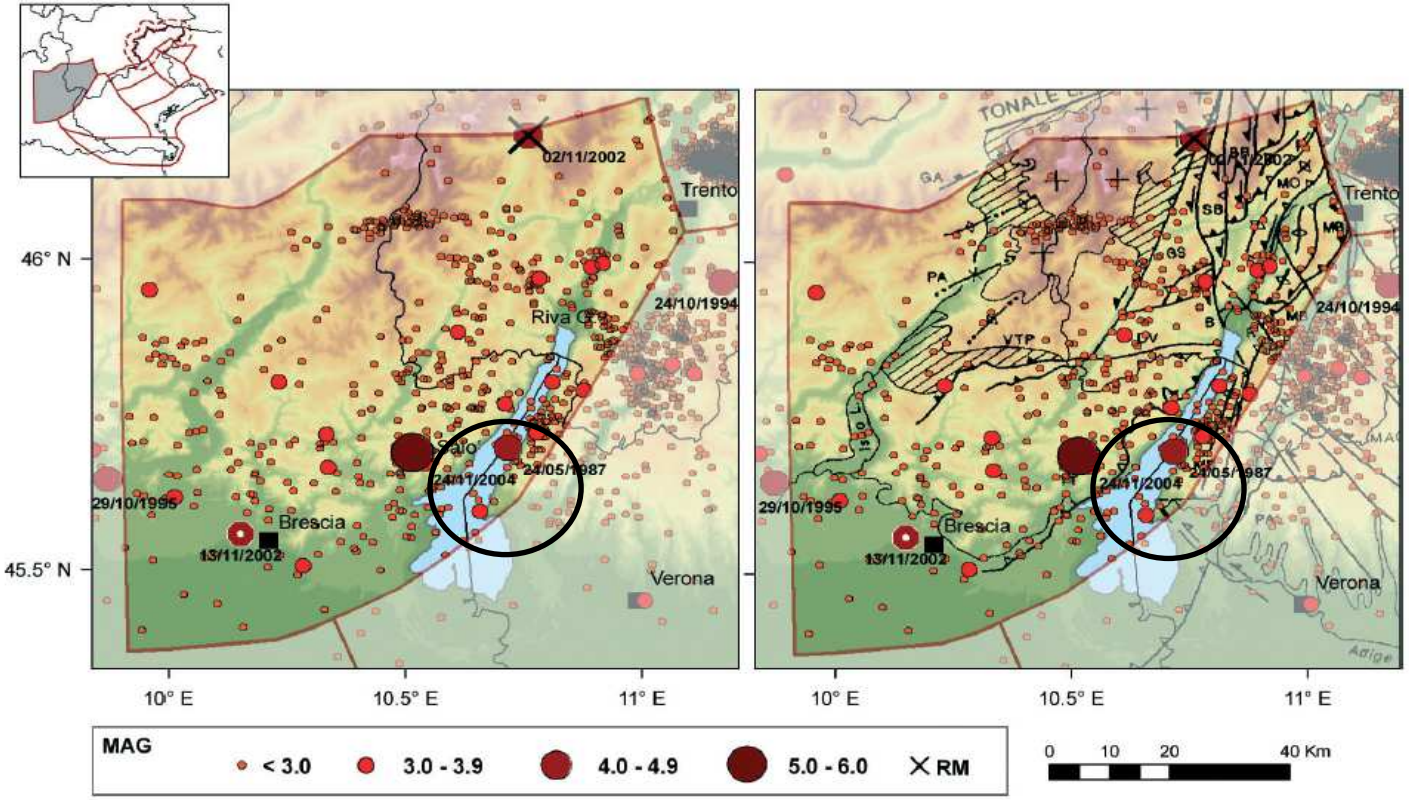
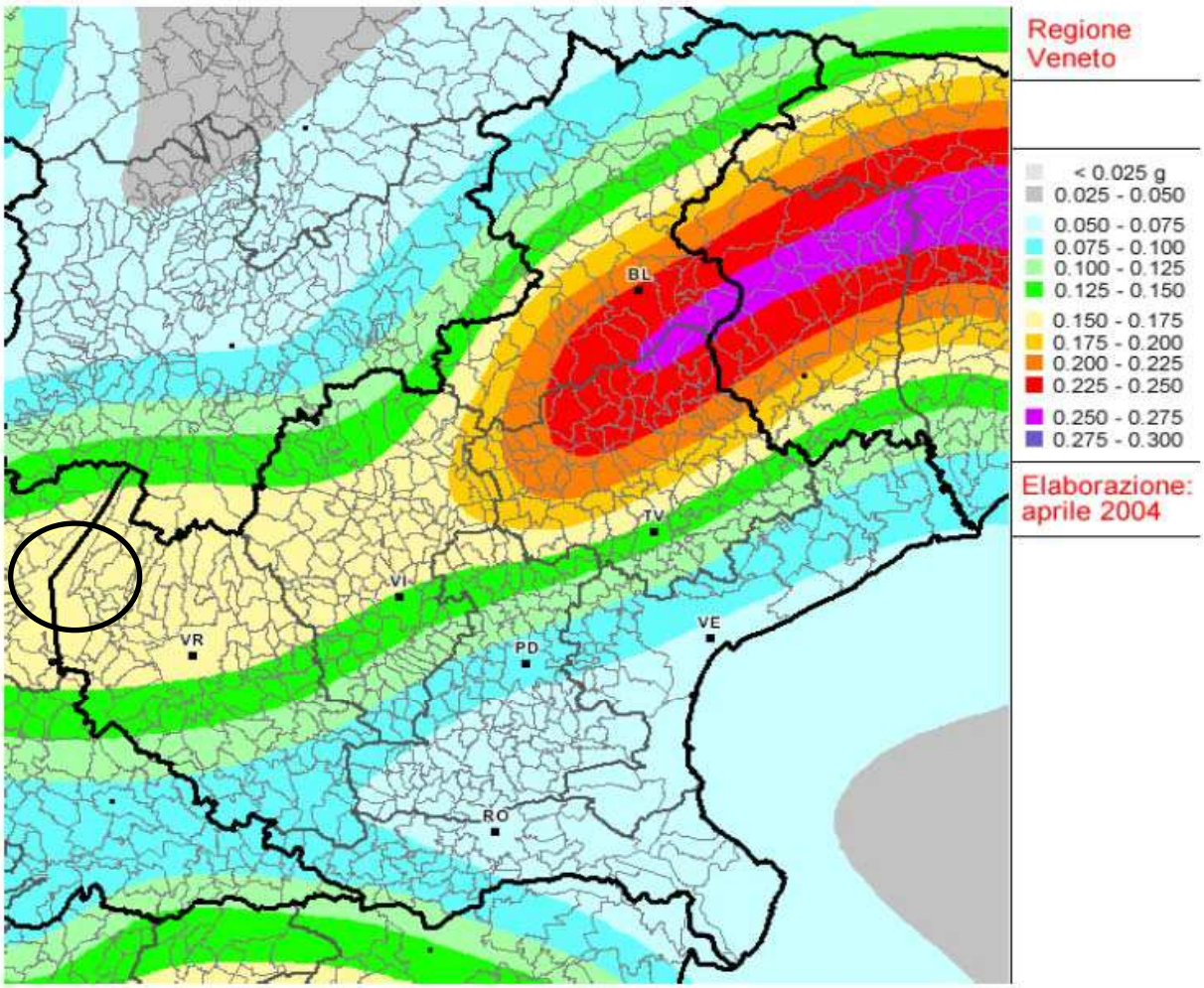


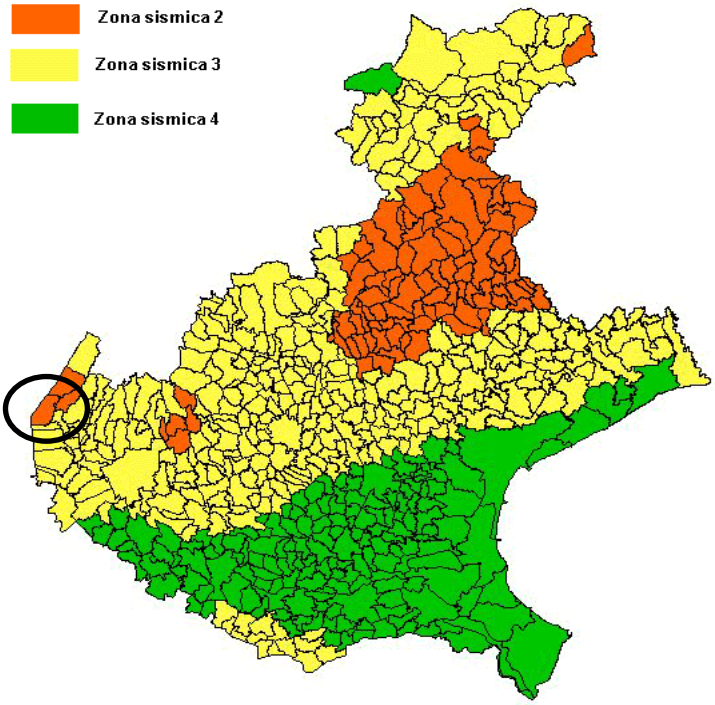
Fig. 4.3 - Mappa della sismicità strumentale del distretto Giudicarie (G); fonte dati catalogo composito (vedi Tabella 3.1). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin *et al.* (1998b) (dx). L'evento del 2.11.2002 è stato manualmente rimosso (simbolo RM in legenda) dal catalogo composito, in quanto risultato un errore di localizzazione (evento in Adriatico) del *database* nazionale di provenienza (CSI 1.1); l'evento del 13.11.2002 è stato reinserito con la soluzione dal *database* OGS, in quanto privo di magnitudo in CSI 1.1.

Instrumental seismicity in the Giudicarie (G) district: data taken from composition of catalogues (see Table 3.1), reported with their original magnitude values. Epicentres location on DEM (left), integrated by the structural scheme from Castellarin et al. (1998b) (right). The November 2, 2002 earthquake has been manually removed from the composite catalogue, as it resulted a mislocation (event in central Adriatic) in the CSI 1.1 original source catalogue; the November 13, 2002 has been inserted with the location given by OGS database, as it resulted without magnitude assignment in CSI 1.1.

area di Torri del Benaco

Distretto sismico Giudicarie
con sismicità strumentale
Scheda 9



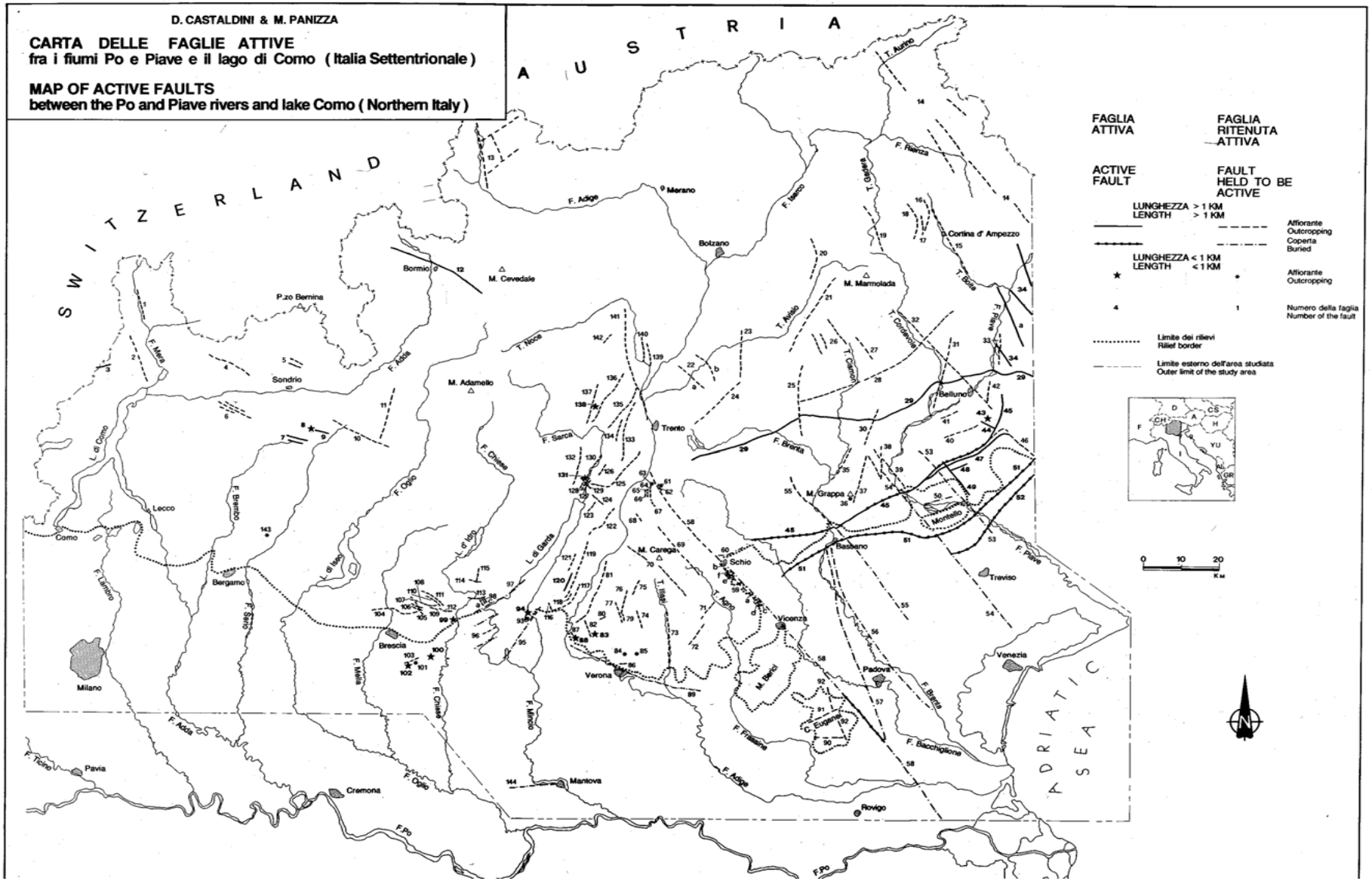


tratto da:

Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici

Sismicità dell'area di studio

Scheda 10



estr. da "Il Quaternario" vol. 4(2) 1991, pp. 333-410

Carta delle
faglie attive
Scheda 11

nº Faglia *Fault n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note •) Notes
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
93	48	M.Bre (S.Vigilio)	–	19] 30] 60] 24]	Probabilmente diretta con abbassamento lato SW	NW-SE	–	n	n	0,9	Faglia caratterizzata morfologicamente da una netta scarpata con evidenti contropendenze allineate ai piedi della medesima. 19], p 55,56,58	Pleistocene medio-Olocene	rA	–	
94	48	Brancolino (S.Vigilio)	–	19] 30] 60] 24]	Probabilmente diretta con abbassamento lato SW	NW-SE	–	v	1-2v	0,25	In due punti è visibile un *contatto laterale tra substrato calcareo e depositi morenici würmiani secondo un piano di faglia con strie tettoniche.* 19], p 59	Olocene	A	II	

nº Faglia *Fault' n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note •) Notes
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
116	48	Pesina	–	30] 60]	Probabilmente trascorrente sinistra con componente verticale (sollevamente lato SW)	NW-SE	–	v	n	1,5	Faglia morfologicamente caratterizzata da piccole scarpate e doline dislocate. 60], p 198	Pleistocene medio-Olocene	rA	–	
117	48	Gaon, Braga	F.del Dosso della Croce	73] 45] 64] 38] 78] 18] 30] 52] 85]	*)	NSW-ENE NNE-SSW	NW	60°	n	15	I dati morfologici, evidenti lungo tutto il suo sviluppo (contropendenza, forra, insellature, valle rettilinea, cattura torrentizia), e la presenza di fratture beanti, che interessano le brecce tettoniche (nonostante il cemento e i clasti calcarei delle brecce stesse), fanno supporre un'attività olocenica dell'elemento in oggetto. 18], p 470-472 L'evoluzione del versante orientale del Baldo potrebbe essere il risultato di fenomeni di compressione in atto che attivano la faglia del Dosso della Croce. 52], p 86	Olocene 18] Attuale 52]	rA	–	*) Indicata in vario modo dagli Autori: diretta, inversa o sovrascorrimento. La maggior parte di essi la indica come faglia inversa e tutti concordano nell'indicare un sollevamento del lato NW. I dati giaciturali sono quelli indicati da 30].

nº Faglia *Fault n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note *Notes*
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
95	48	Sirmione, Garda	F.Sirmione-Garda	73] 45] 64] 85] 15] 38] 18] 78] 5] 30] 60] 76]	*)	NNE-SSW	–	–	>lv**)	18	Faglia documentata anche dalla presenza di sorgenti subacque termominerali sulfuree. 15], p 193 Nella zona di Garda è deducibile dalla modesta distanza planimetrica fra le formazioni del Giurassico inferiore e del Paleogene-Neogene ed è caratterizzata da scarpate che costituiscono un elemento morfologico molto netto e continuo in aree interessate più volte dall'erosione glaciale. Nella zona di Sirmione è marcata dal basculamento di pochi metri della piattaforma di abrasione olocenica, dal basculamento dei conglomerati miocenici e dall'allineamento di sorgenti termominerali nella conca lacustre. 18], p 68 La faglia separa due aree, la più settentrionale delle quali è caratterizzata dai solchi di battente della falesia di Manerba; la zona meridionale si distingue per il fatto che i cordoni morenici frontali interni, dell'anfiteatro benacense, si trovano a quote inferiori delle linee di riva più elevate suddette (Tardiglaciale? -Olocene). 5], p 60 Basculamento della piattaforma costiera di abrasione olocenica e dei conglomerati attribuiti al Pleistocene inf. 30], p 224 60], p 197	Probabilmente Olocene 18]	rA	–	*) A seconda degli Autori è indicata come diretta, inversa o con movimento non definito; tuttavia, la maggior parte di essi indica un abbassamento del lato SE. **) Nell'Olocene. 18]

nº Faglia *Fault n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note •) Notes
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
96	48	S.Felice del Benaco-Moniga del Garda	Sistema gardesano	15] 69] 38] 5] 78] 30] 60] 81] 77]	*)	NE-SW	–	–	–	5**)	Nel Pliocene sup.-Pleistocene controllano l'evoluzione della costa occidentale del L.di Garda. 15], p 192 Tagliano depositi quaternari cfr.69], All.IV, Prof.8b Non sono stati individuati elementi che evidenziano un'attività Olocenica 5], p 60 Sia la sismicità storica che quella attuale individuano come attive le strutture neotettoniche costituite dagli accavallamenti della sponda occidentale del Garda. 77], p 38	Plio-Quaternario	rA	–	*) A seconda degli Autori è indicato come un sistema di sovrascorrimenti o un sistema di faglie inverse E-vergenti, oppure come faglie di tipo non definibile. **) Ciascun elemento del sistema
a	48	Rocca di Manerba	Appartiene al Sistema gardesano	30] 60]	Inversa	NE-SW	NW	v	10v	1,5	Deformazione di livelli conglomeratici pleistocenici. Scarpata rettilinea. 30], p 224 60], p 197	Pleistocene medio-Olocene	rA	III	

nº Faglia *Fault' n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note •) Notes
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
97	47 48	Toscolano, Salo'	F.della Riviera gardesana	69] 45] 15] 38] 5] 78] 13] 30] 60] 81] 77]	*)	NE-SW	–	–	1v**)	20	Nel Pliocene sup.-Pleistocene separa aree a tendenza evolutiva diversa. 15], p 192,194 Taglia depositi quaternari. 69], All.IV prof.8b Alla sua attività sono collegabili i ripetuti ed intensi eventi sismici della costa gardesana tra Gavardo e Salò 13], p 15-18 La faglia della Riviera gardesana disgiunge due zone caratterizzate dalla dislocazione di una linea di riva olocenica precedente al Neolitico inferiore, con un innalzamento relativo dell'entità di circa 1 m del settore a N di Salò rispetto a quella a S che si sarebbe verificato in età olocenica. 5], p 60 Sia la sismicità storica che quella attuale individuano come attivi gli accavallamenti della sponda occidentale del Garda. 77], p 39	Olocene 5]	rA	II	*) E' riportata in modo diverso a seconda degli Autori: sovrascorrimento, faglia inversa, faglia con caratteristiche non definibili; tuttavia tutti concordano nell'indicare un sollevamento del lato W. **) Secondo 5].

nº Faglia *Fault n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note *Notes*
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
98	48	Colle S.Bartolomeo di Salò	Sistema di faglie di S.Bartolomeo	45] 15] 38] 5] 78] 30] 60]	Sistema di faglie dirette *)	NW-SE					Faglie che dislocano e rialzano verso NE i depositi pliocenici 15], p 192				*) 38] e 78], semplificano il sistema con una sola faglia. Con le sigle a,b,c vengono descritte le singole faglie così come indicate da 30], p 224 e da 60], p 197
a	48	Colle S.Bartolomeo di Salò			Diretta	NW-SE	–	v	100v	1,5	Dislocazione che interessa depositi attribuiti al Messiniano - Pliocene sup.?-Pleistocene inf.?	Quaternario	rA	II	
b	48	Colle S.Bartolomeo di Salò			Diretta	NW-SE	–	v	100v	1,5	Dislocazione che interessa depositi attribuiti al Messiniano - Pliocene sup.?-Pleistocene inf.?	Quaternario	rA	II	
c	48	Colle S.Bartolomeo di Salò			Diretta	NW-SE	–	v	100v	1,5	Dislocazione che interessa depositi attribuiti al Messiniano - Pliocene sup.?-Pleistocene inf.?	Quaternario	rA	II	
99	47	Gavardo	–	39] 60]	*)	NW-SE	–	n	n	n	*Terreni del Pleistocene appaiono flessi e basculati verso Sud con traccia di stress tettonico.* cfr. 39]	Pleistocene, probabilmente Olocene	A	–	*) Si tratta di una piega o di una faglia.

nº Faglia *Fault n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note •) Notes
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
118	48	Pradonego	*)	30]	Probabilmente inversa	NNE-SSW	WNW	v	n	2,5	Faglia caratterizzata da una serie di contropendenze 30], p 224	Pleistocene medio-Olocene	rA	–	*) Può essere ritenuta una vicariante della Faglia del Dosso della Croce (faglia n.117)
119	35 48	M.Baldo (versante E)	Linea del M.Baldo	73] 74] 75] 45] 64] 85] 38] 78] 27] 30] 55] 52] 81] 77]	*)	NNE-SSW	WNW	v	n	18	Faglia caratterizzata dalla grande scarpata tettonica orientale del blocco monoclinale del Baldo. 75], p 337 Faglia potenzialmente sismogenetica. 64], p 600 La grande scarpata orientale della catena del M.Baldo, dell'altezza variabile fra alcune centinaia e un migliaio di metri, può considerarsi una forma tettonica complessa. A nord di Colonei è ben riconoscibile una paretina lunga circa 1 km e alta da 2 a 10 m che taglia obliquamente vari livelli senza coincidere con testate di banchi resistenti. Lungo i tratti rettilinei localmente si osservano brecce a elementi anche grossolani che fiancheggiano in parte la scarpate stessa. La parete risulta una forma particolarmente fresca, quasi sicuramente di età post-glaciale. 27], p 33 Sia la sismicità storica che quella attuale individuano come attiva la linea del M.Baldo-M.Stivo. 77], p 38	Olocene da 27] e 30]	rA	–	*) Riportata in vario modo in bibliografia: faglia inversa, diretta o sovrascorrimento; tuttavia tutti indicano un movimento di sollevamento del lato W.

nº Faglia *Fault n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note •) Notes
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
120	35 48	Valletta di Naole	F. della Valletta di Naole	75] 73] 74] 45] 64] 85] 54] 27] 30] 52]	Diretta con abbassamento lato E "Surface faulting"	NNE-SSW	ESE	50° - 60°	*)	5	*Paretina ad andamento "nastriforme" che disloca il versante sezionandone sia gli sproni che le vallecole; è particolarmente ben conservata e sicuramente post würmiana, come si deduce dal confronto con le superfici dei campi glaciocarsici della Val d'Adige.* 74], p 253 La valletta di Naole è una depressione di angolo di faglia il cui versante destro è una scarpata tettonica di faglia. *In prossimità della base della scarpata principale (alta 30-40 m) si estende una paretina nastriforme alta fra pochi cm e 1,5 m che localmente coincide con specchi di faglia posti a contatto con una brecciola tettonica cementata. Può essere ritenuta con ragionevole certezza di età post-glaciale, sia per il modesto sviluppo delle forme di corrosione carsica, sia perchè non intaccata da processi crioclastici.* Può rappresentare una riattivazione della faglia della valletta di Naole con un effetto di "surface faulting". 27], p 33	Olocene	A	II	*) Rigetto verticale totale di 30-40 m; nell'Olocene di 1 m.

nº Faglia *Fault n.*	Ubicazione *Location*		Nome della faglia *Name of the fault*	Bibliografia neotettonica *Neotectonic references*	Tipo di faglia *Type of fault*	Giacitura *Attitude*			Rigetto (m) *Displacement*	Lunghezza (Km) *Length*	Dati qualificanti per la valutazione *Trace features*	Intervallo di attività *Period of activity*	Classificazione *Classification*	Grado di attività *Degree of activity*	Note *) Notes
	Fº I.G.M.I. *I.G.M.I. Sh.*	Località *Locality*				Direzione *Strike*	Immersione *Dip*	Inclinazione *Dip angle*							
121	35	M.Maggiore, Cima Valdritta (versante W)	–	75] 85] 27] 30]	Probabilmente diretta con abbassamento lato W	NNE-SSW	WNW	50	20-30v	5	Scarpata sinuosa, nastriforme, di altezza pressochè costante (20-30 m). Lo stato di degradazione della scarapata e il grado di sviluppo delle microforme carsiche permettono di ipotizzare un'età tardi-glaciale (10.000-15.000 anni b.P.) 27], p 33	Tardiglaciale 27] e 30]	rA	I	
122	35	M.Altissimo di Nago (versante E)	–	75] 38] 78] 85]	*)	NW-SE	–	–	–	12	Faglia sul fianco orientale dell'anticlinale del M.Altissimo di Nago caratterizzata da una scarpata lungo la quale si sono verificate numerose frane. 75], p 338,341	Plio-Quaternario	rA	–	*) Riportata dai vari Autori come faglia diretta, faglia inversa o sovrascorrimento. Il lato sollevato è comunque quello W.
123	35	P.so S.Giovanni Navesele	–	30]	Probabilmente diretta	NNE-SSW	–	v	1v	2,5	Deformazione della superficie topografica, evidenziata da una contropendenza. 30], p 224	Olocene	rA	II	
124	35	Valle S.Felice-Manziano	*)	30]	Probabilmente diretta	NW-SE	–	v	1v	4,5	Faglia caratterizzata da una successione di selle allineate, impostate lungo brevi contropendenze di versante; modeste discontinuità altimetriche del crinale di M.Brugnolo. 30], p224	Pleistocene medio-Olocene	rA	III	*) Potrebbe corrispondere almeno parzialmente alla "Linea di Loppio" riportata da 75], 64], 85] e 55]

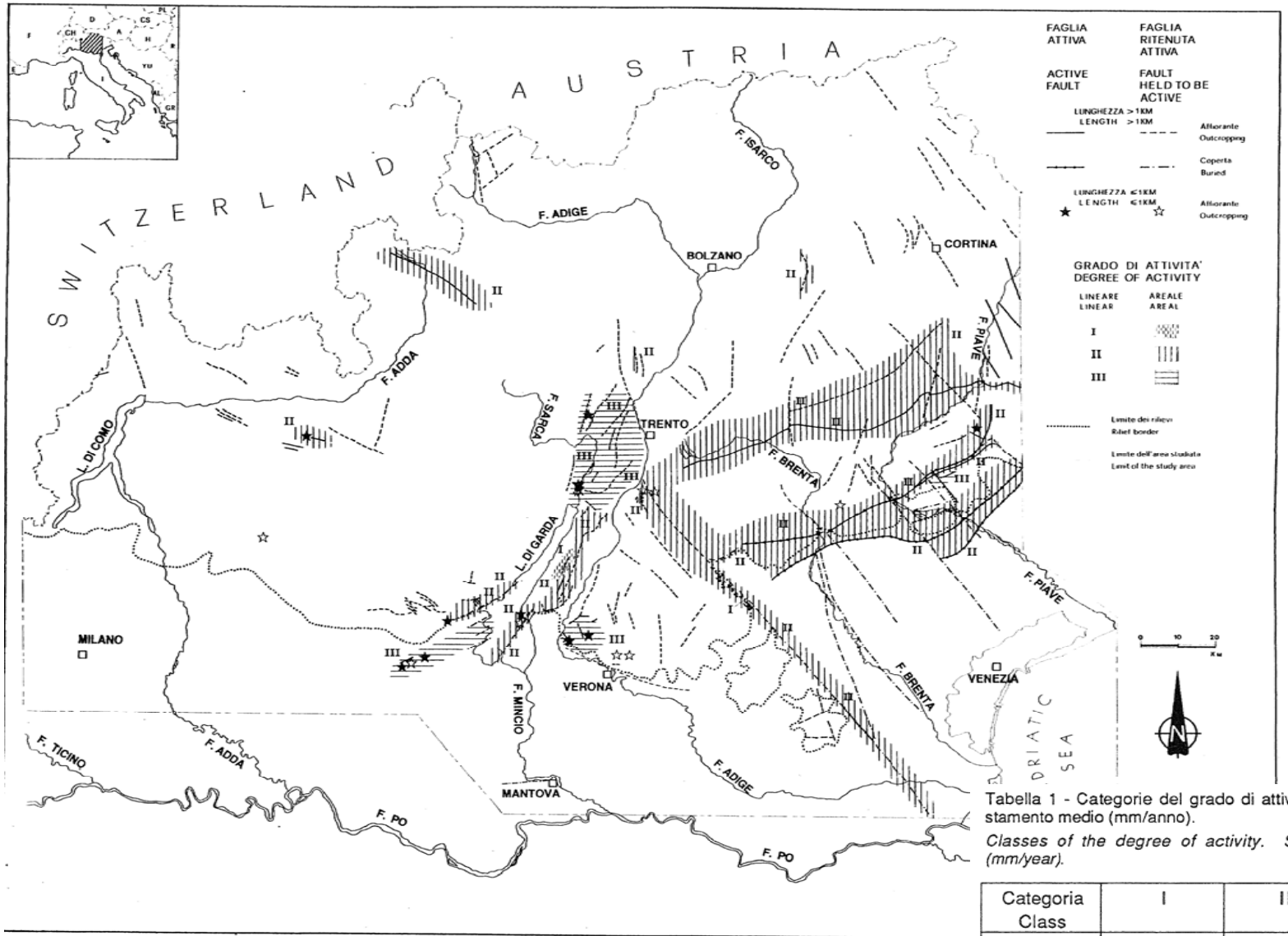


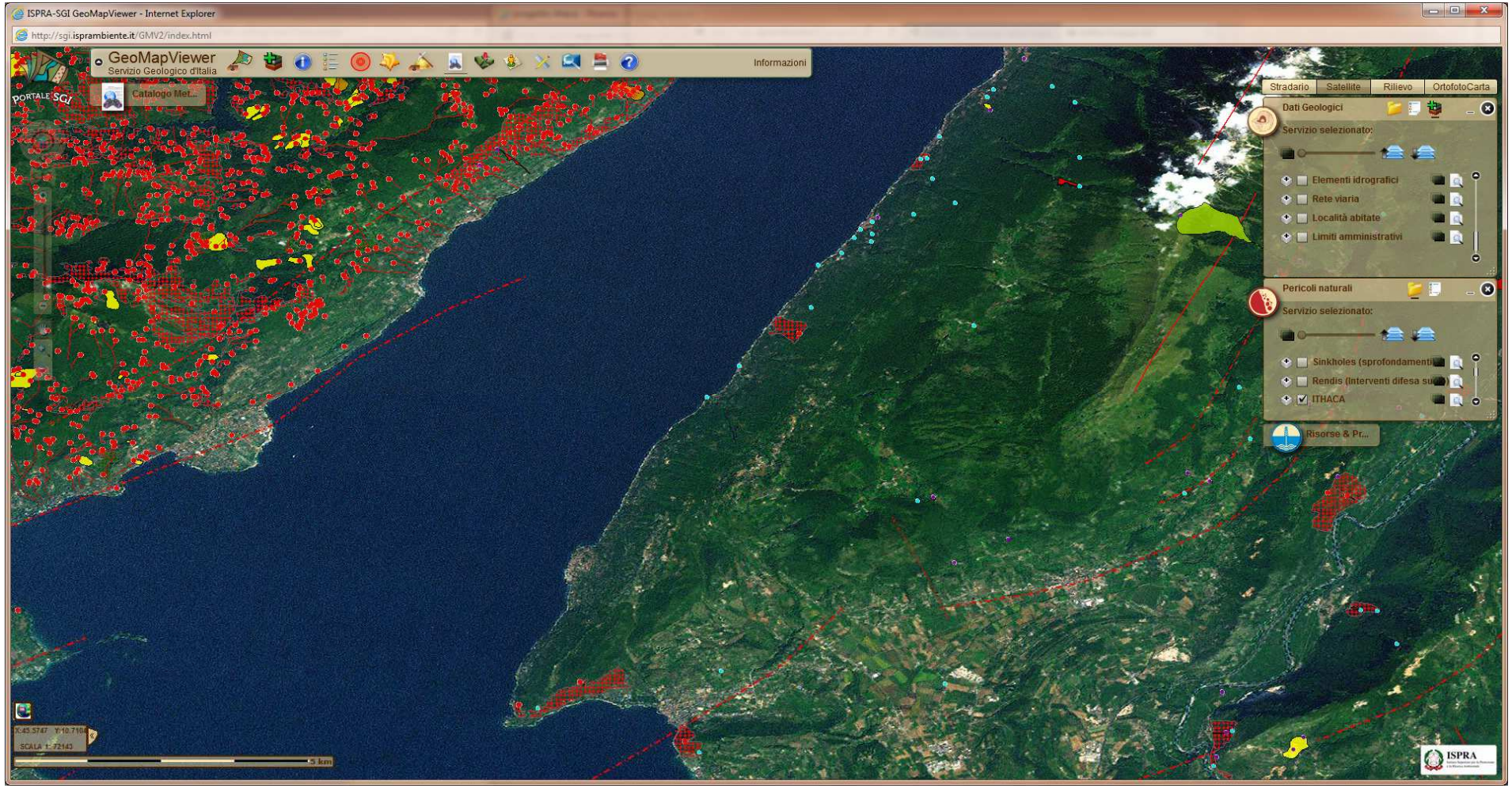
Fig. 4 - Carta del grado di attività

Tabella 1 - Categorie del grado di attività. S = Tasso di spostamento medio (mm/anno).

Classes of the degree of activity. S = Average slip rate (mm/year).

Categoria Class	I	II	III
S	10 > S ≥ 1	1 > S ≥ 0,1	0,1 > S

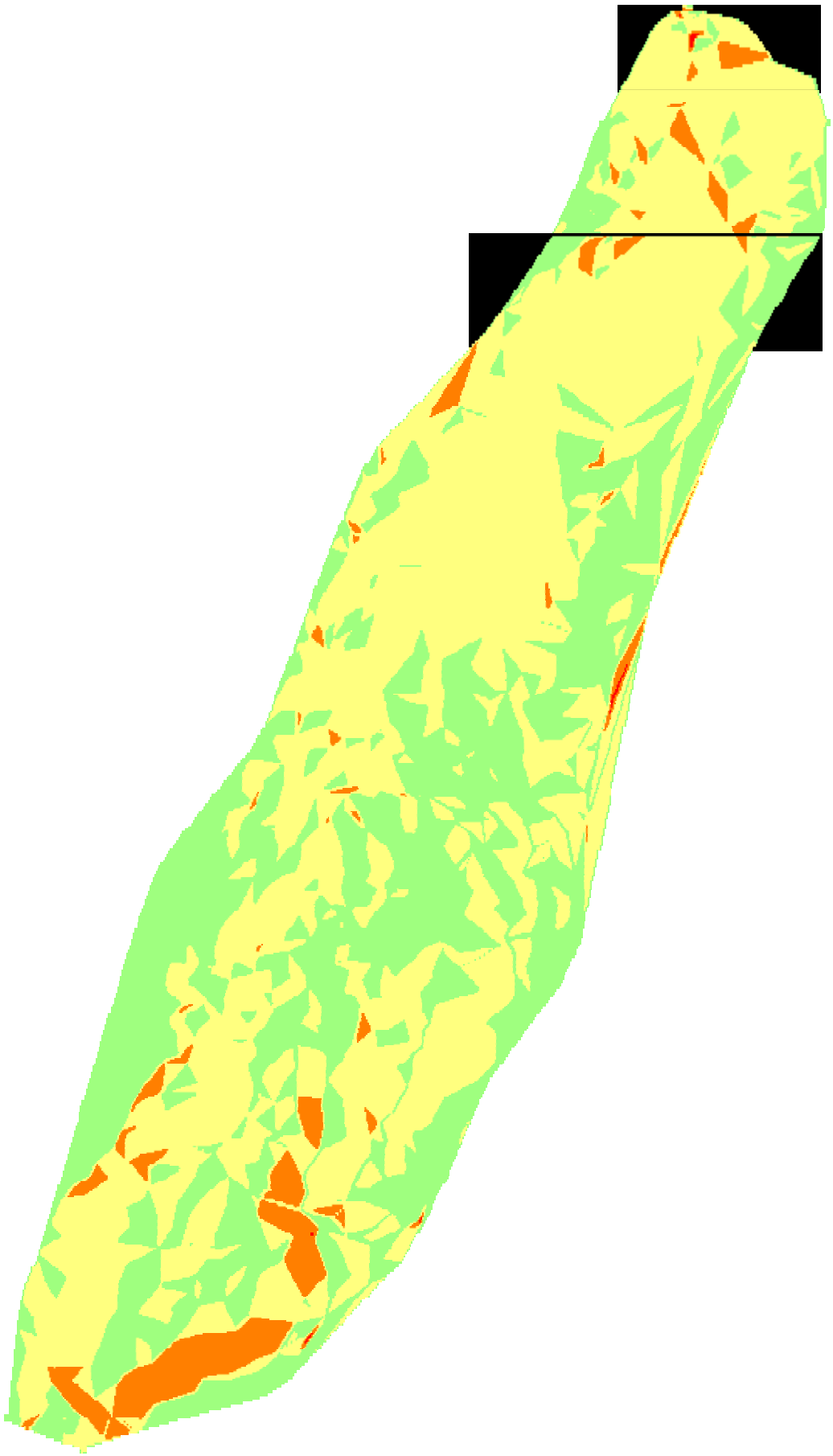
Grado di attività
delle faglie attive
Scheda 21



estr. da Progetto ITHACA

Faglie capaci

Scheda 22



Pendenza terreno	
	<15°
	15°<p<30°
	30°<p<45°
	p >45°

Modello digitale del terreno
Carta delle pendenze
Scheda 23

Plate I - Synoptic Table of ESI 2007 Intensity Degrees - The accuracy of the assessment improves in the higher degrees of the scale, in particular in the range of occurrence of primary effects, typically starting from intensity VIII, and with growing resolution for intensity IX, X, XI and XII. Hence, in the yellow group of intensity degrees (VIII-X) the effects on natural environment are an essential component of seismic intensity that cannot be disregarded. In the orange group of intensity degrees (XI-XII) they become the most effective tool for intensity assessment.

		PRIMARY EFFECTS		
		Surface faulting and deformations	Hydrological anomalies	Anomalous waves/tsunamis
From I to III		There are no environmental effects		
IV	LARGELY OBSERVED First unequivocal effects in the environment	Absent	Rare small variations of the water level in wells and/or of the flow-rate of springs are locally recorded, as well as extremely rare small variations of chemical-physical properties of water and turbidity in springs and wells, especially within large karstic spring systems, which appear to be most prone to this phenomenon.	In closed basins (lakes, even seas) seiches with height not exceeding a few centimeters may develop, commonly observed only by tidal gauges, exceptionally even by naked eye, typically in the far field of strong earthquakes. Anomalous waves are perceived by all people on small boats, few people on larger boats, most people on the coast. Water in swimming pools swings and may sometimes overflows.
V	STRONG Marginal effects in the environment	Absent	Rare variations of the water level in wells and/or of the flow-rate of springs are locally recorded, as well as small variations of chemical-physical properties of water and turbidity in lakes, springs and wells.	In closed basins (lakes, even seas) seiches with height of decimeters may develop, sometimes noted also by naked eye, typically in the far field of strong earthquakes. Anomalous waves up to several tens of cm high are perceived by all people on boats and on the coast. Water in swimming pools overflows.
VI	SLIGHTLY DAMAGING Modest effects in the environment	Absent	Significant variations of the water level in wells and/or of the flow-rate of springs are locally recorded, as well as small variations of chemical-physical properties of water and turbidity in lakes, springs and wells.	Anomalous waves up to many tens of cm high flood very limited areas nearshore. Water in swimming pools and small ponds and basins overflows.
VII	DAMAGING Appreciable effects in the environment	Observed very rarely, and almost exclusively in volcanic areas. Limited surface fault ruptures, tens to hundreds of meters long and with centimetric offset, may occur, essentially associated to very shallow earthquakes.	Significant temporary variations of the water level in wells and/or of the flow-rate of springs are locally recorded. Seldom, small springs may temporarily run dry or appear. Weak variations of chemical-physical properties of water and turbidity in lakes, springs and wells are locally observed.	Anomalous waves even higher than a meter may flood limited nearshore areas and damage or wash away objects of variable size. Water overflows from small basins and watercourses.
VIII	HEAVILY DAMAGING Extensive effects in the environment	Observed rarely. *Ground ruptures (surface faulting) may develop, up to several hundred meters long, with offsets not exceeding a few cm, particularly for very shallow focus earthquakes such as those common in volcanic areas. Tectonic subsidence or uplift of the ground surface with maximum values on the order of a few centimeters may occur.*	Springs may change, generally temporarily, their flow-rate and/or elevation of outcrop. Some small springs may even run dry. Variations in water level are observed in wells. Weak variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, may be observed in springs and/or wells. Water turbidity may appear in closed basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are locally observed.	Anomalous waves up to 1-2 meters high flood nearshore areas and may damage or wash away objects of variable size. Erosion and dumping of waste is observed along the beaches, where some bushes and even small weak-rooted trees can be eradicated and drifted away. Water violently overflows from small basins and watercourses.
IX	DESTRUCTIVE Effects in the environment are a widespread source of considerable hazard and become important for intensity assessment	Observed commonly. *Ground ruptures (surface faulting) develop, up to a few km long, with offsets generally in the order of several cm. Tectonic subsidence or uplift of the ground surface with maximum values in the order of a few decimeters may occur.*	*Springs can change, generally temporarily, their flow-rate and/or location to a considerable extent. Some modern springs may even run dry. Temporary variations of water level are commonly observed in wells. Variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, are observed in springs and/or wells. Water turbidity is common in closed basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are observed, and bushes and grass near emission zones may burn.*	*Meters high waves develop in still and running waters. In flood plains water streams may even change their course, also because of land subsidence. Small basins may appear or be emptied. Depending on shape of sea bottom and coastline, dangerous tsunamis may reach the shores with runups of up to several meters flooding wide areas. Widespread erosion and dumping of waste is observed along the beaches, where bushes and trees can be eradicated and drifted away.*
X	VERY DESTRUCTIVE Effects in the environment become a leading source of hazards and are critical for intensity assessment	Become leading. *Surface faulting can extend for few tens of km, with offsets from tens of cm up to a few meters. Gravity grabens and elongated depressions develop; for very shallow focus earthquakes in volcanic areas rupture lengths might be much lower. Tectonic subsidence or uplift of the ground surface with maximum values in the order of few meters may occur.*	Many springs significantly change their flow-rate and/or elevation of outcrop. Some springs may run temporarily or even permanently dry. Temporary variations of water level are commonly observed in wells. Even strong variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, are observed in springs and/or wells. Often water becomes very muddy in even large basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are observed, and bushes and grass near emission zones may burn.	*Meters high waves develop in even big lakes and rivers, which overflow from their beds. In flood plains rivers may change their course, temporary or even permanently, also because of widespread land subsidence. Basins may appear or be emptied. Depending on shape of sea bottom and coastline, tsunamis may reach the shores with runups exceeding 5 m flooding flat areas for thousands of meters inland. Small boulders can be dragged for many meters. Widespread deep erosion is observed along the shores, with noteworthy changes of the coastline profile. Trees nearshore are eradicated and drifted away.*
XI	DEVASTATING Effects in the environment become decisive for intensity assessment, due to saturation of structural damage	Are dominant. *Surface faulting extends from several tens of km up to more than one hundred km, accompanied by slips reaching several meters. Gravity graben, elongated depressions and pressure ridges develop. Drainage lines can be seriously affect. Tectonic subsidence or uplift of the ground surface with maximum values in the order of numerous meters may occur.*	Many springs significantly change their flow-rate and/or elevation of outcrop. Many springs may run temporarily or even permanently dry. Temporary or permanent variations of water level are generally observed in wells. Even strong variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, are observed in springs and/or wells. Often water becomes very muddy in even large basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are observed, and bushes and grass near emission zones may burn.	*Large waves develop in big lakes and rivers, which overflow from their beds. In flood plains rivers can change their course, temporary or even permanently, also because of widespread land subsidence and landsliding. Basins may appear or be emptied. Depending on shape of sea bottom and coastline, tsunamis may reach the shores with runups reaching 15 meters and more devastating flat areas for kilometers inland. Even meter-sized boulders can be dragged for long distances. Widespread deep erosion is observed along the shores, with noteworthy changes of the coastal morphology. Trees nearshore are eradicated and drifted away, along the shores, with noteworthy changes of the coastline profile. Trees nearshore are eradicated and drifted away.*
XII	COMPLETELY DEVASTATING Effects in the environment are the only tool for intensity assessment	Are dominant. *Surface faulting is at least few hundreds of km long, accompanied by effects reaching several tens of meters. Gravity graben, elongated depressions and pressure ridges develop. Drainage lines can be seriously affect. Landscape and geomorphological changes induced by primary effects can attain extraordinary extent and size (typical examples are the uplift or subsidence of coastlines by several meters, appearance or disappearance from sight of significant landscape elements, rivers changing course, origination of waterfalls, formation or disappearance of lakes).*	Many springs significantly change their flow-rate and/or elevation of outcrop. Temporary or permanent variations of water level are generally observed in wells. Many springs and wells may run temporarily or even permanently dry. Strong variations of chemical-physical properties of water, most commonly temperature, are observed in springs and/or wells. Water becomes very muddy in even large basins, rivers, wells and springs. Gas emissions, often sulphureous, are observed, and bushes and grass near emission zones may burn.	*Giant waves develop in lakes and rivers, which overflow from their beds. In flood plains rivers change their course and even their flow direction, temporary or even permanently, also because of widespread land subsidence and landsliding. Large basins may appear or be emptied. Depending on shape of sea bottom and coastline, tsunamis may reach the shores with runups of several tens of meters devastating flat areas for many kilometers inland. Big boulders can be dragged for long distances. Widespread deep erosion is observed along the shores, with outstanding changes of the coastal morphology. Many trees are eradicated and drifted away. All boats are tore from their moorings and swept away or carried onshore even for long distances. All people outdoor are swept away.*

- Quadro sinottico dei Gradi di Intensità della scala ESI 2007 - L'accuratezza della valutazione aumenta verso i gradi più alti della scala, in particolare nell'intervallo di occorrenza degli effetti primari che tipicamente iniziano a manifestarsi dall'VIII grado con risoluzione crescente fino al XII grado. Pertanto, per i gradi di intensità in giallo (VIII-X) gli effetti sull'ambiente naturale sono una componente essenziale dell'intensità che non può essere ignorata. Per i gradi di intensità in arancio (XI e XII), essi sono lo strumento più affidabile per la valutazione dell'intensità.

SECONDARY EFFECTS						
Ground cracks	**Slope movements**	**Tree shaking**	**Liquefactions**	**Dust clouds**	**Jumping stones**	**TOTAL AREA**
that can be used as diagnostic						
Hair-thin cracks (millimeter-wide) might be occasionally seen where lithology (e.g., loose alluvial deposits, saturated soils) and/or morphology (slopes or ridge crests) are most prone to this phenomenon.	Exceptionally, rocks may fall and small landslide may be (re)activated, along slopes where the equilibrium is already near the limit state, e.g. steep slopes and cuts, with loose and generally saturated soil.	Tree limbs shake feebly.	Absent	Absent	Absent	------
Thin cracks (millimeter-wide and several cms up to one meter long) are locally seen where lithology (e.g., loose alluvial deposits, saturated soils) and/or morphology (slopes or ridge crests) are most prone to this phenomenon.	Rare small rockfalls, rotational landslides and slump earth flows may take place, along often but not necessarily steep slopes where equilibrium is near the limit state, mainly loose deposits and saturated soil. Underwater landslides may be triggered, which can induce small anomalous waves in coastal areas of sea and lakes.	Tree limbs and bushes shake slightly, very rare cases of fallen dead limbs and ripe fruit.	Extremely rare cases are reported of liquefaction (sand boil), small in size and in areas most prone to this phenomenon (highly susceptible, recent, alluvial and coastal deposits, near-surface water table).	Absent	Absent	------
Occasionally, millimeter-centimeter wide and up to several meters long fractures are observed in loose alluvial deposits and/or saturated soils; along steep slopes or riverbanks they can be 1-2 cm wide. A few minor cracks develop in paved (either asphalt or stone) roads.	Rockfalls and landslides with volume reaching ca. 10^3 m^3 can take place, especially where equilibrium is near the limit state, e.g. steep slopes and cuts, with loose saturated soil, or highly weathered / fractured rocks. Underwater landslides can be triggered, occasionally provoking small anomalous waves in coastal areas of sea and lakes, commonly seen by intrumental records.	Trees and bushes shake moderately to strongly, a very few tree tops and unstable-dead limbs may break and fall, also depending on species, fruit load and state of health.	*Rare cases are reported of liquefaction (sand boil), small in size and in areas most prone to this phenomenon (highly susceptible, recent, alluvial and coastal deposits, near surface water table).*	Absent	Absent	------
Fractures up to 5-10 cm wide and up to hundred metres long are observed, commonly in loose alluvial deposits and/or saturated soils; rarely, in dry sand, sand-clay, and clay soil fractures are also seen, up to 1 cm wide. Centimeter-wide cracks are common in paved (asphalt or stone) roads.	Scattered landslides occur in prone areas, where equilibrium is unstable (steep slopes of loose / saturated soils), while modest rock falls are common on steep gorges, cliffs). Their size is sometimes significant (10^3 - 10^5 m^3); in dry sand, sand-clay, and clay soil, the volumes are usually up to 100 m^3. Ruptures, slides and falls may affect riverbanks and artificial embankments and excavations (e.g., road cuts, quarries) in loose sediment or weathered / fractured rock. Significant underwater landslides can be triggered, provoking anomalous waves in coastal areas of sea and lakes, directly felt by people on boats and ports.	Trees and bushes shake vigorously, especially in densely forested areas, many limbs and tops break and fall.	*Rare cases are reported of liquefaction, with sand boils up to 50 cm in diameter, in areas most prone to this phenomenon (highly susceptible, recent, alluvial and coastal deposits, near surface water table).*	Absent	Absent	The total affected area is in the order of 10 km^2
Fractures up to 50 cm wide and up to hundreds metres long, are commonly observed in loose alluvial deposits and/or saturated soils; in rare cases fractures up to 1 cm can be observed in competent dry rocks. Decimetric cracks are common in paved (asphalt or stone) roads, as well as small pressure undulations.	Small to moderate (10^3 - 10^5 m^3) landslides are widespread in prone areas; rarely they can occur also on gentle slope, where equilibrium is unstable (steep slopes of loose / saturated soils; rock falls on steep gorges, coastal cliffs) their size is sometimes large (10^5 - 10^6 m^3). Landslides can occasionally dam narrow valleys causing temporary or even permanent lakes. Ruptures, slides and falls affect riverbanks and artificial embankments and excavations (e.g., road cuts, quarries) in loose sediment or weathered / fractured rock. Frequent is the occurrence of landslides under the sea level in coastal areas.	*Trees shake vigorously; branches may break and fall, trees may be uprooted, especially along steep slopes.*	*Liquefaction may be frequent in the epicentral area, depending on local conditions; the most typical effects are: sand boils up to ca. 1 m in diameter; apparent water fountains in still waters; localized lateral spreading and settlements (subsidence up to ca. 30 cm), with fissuring parallel to waterfront areas (river banks, lakes, canals, seashores).*	*In dry areas, dust clouds may rise from the ground in the epicentral area.*	Stone sandeven small boulders and tree trunks may be thrown in the air, leaving typical imprints in soft soil.	The total affected area is in the order of 100 km^2.
Fractures up to 100 cm wide and up to hundreds metres long are commonly observed in loose alluvial deposits and/or saturated soils; in competent rocks they can reach up to 10 cm. Significant cracks are common in paved (asphalt or stone) roads, as well as small pressure undulations.	*Landsliding is widespread in prone areas, also on gentle slopes; where equilibrium is unstable (steep slopes of loose / saturated soils; rock falls on steep gorges, coastal cliffs) their size is frequently large (10^5 m^3), sometimes very large (10^6 m^3). Landslides can dam narrow valleys causing temporary or even permanent lakes. Riverbanks, artificial embankments and excavations (e.g., road cuts, quarries) frequently collapse. Frequent are large landslides under the sea level in coastal areas.*	*Trees shake vigorously; branches and thin tree trunks frequently break and fall. Some trees might be uprooted and fall, especially along steep slopes.*	*Liquefaction and water upsurge are frequent; sand boils up to 3 m in diameter; the most typical effects are:apparent water fountains in still waters; frequent lateral spreading and settlements (subsidence of more than ca. 30 cm), with fissuring parallel to waterfront areas (river banks, lakes, canals, seashores).*	In dry areas, dust clouds may rise from the ground.	*Small boulders and tree trunks may be thrown in the air and move away from their site for meters, also depending on slope angle and roundness, leaving typical imprints in soft soil.*	*The total affected area is in the order of 1,000 km^2.*
Open ground cracks up to more than 1 m wide and up to hundred metres long are frequent, mainly in loose alluvial deposits and/or saturated soils; in competent rocks opening reaches several decimeters. Wide cracks develop in paved (asphalt or stone) roads, as well as pressure undulations.	*Large landslides and rock-falls (> 10^5 - 10^6 m^3) are frequent, practically regardless of equilibrium state of the slopes, causing temporary or permanent barrier lakes. River banks, artificial embankments, and sides of excavations typically collapse. Levees and earth dams may also incur serious damage. Frequent are large landslides under the sea level in coastal areas.*	*Trees shake vigorously; many branches and tree trunks break and fall. Some trees might be uprooted and fall.*	*Liquefaction, with water upsurge and soil compaction, may change the aspect of wide zones; sand volcanoes may even be more than 0 m in diameter; vertical subsidence even > 1m; large and long fissures due to lateral spreading are common.*	In dry areas, dust clouds commonly rise from the ground.	*Boulders (diameter in excess of 2-3 meters) can be thrown in the air and move away from their site for hundreds of meters down even gentle slopes, leaving typical imprints in soil.*	*The total affected area is in the order of 5,000 km^2.*
Open ground cracks up to several meters wide are very frequent, mainly in loose alluvial deposits and/or saturated soils. In competent rocks they can reach 1 m. Very wide cracks develop in paved (asphalt or stone) roads, as well as large pressure undulations.	Large landslides and rock-falls (> 10^5 - 10^6 m^3) are frequent, practically regardless of equilibrium state of slopes, causing many temporary or permanent barrier lakes. River banks, artificial embankments, and sides of excavations typically collapse. Levees and earth dams incur serious damage. Significant landslides can occur even at 200 – 300 km distance from the epicenter. Frequent are large landslides under the sea level in coastal areas.	*Trees shake vigorously; many branches and tree trunks break and fall. Many trees are uprooted and fall.*	Liquefaction changes the aspect of extensive zones of lowland, determining vertical subsidence possibly exceeding several meters; numerous large sand volcanoes, and severe lateral spreading can be observed.	In dry areas dust clouds arise from the ground.	*Big boulders (diameter of several meters) can be thrown in the air and move away from their site for long distances down even gentle slopes, leaving typical imprints in soil.*	*The total affected area is in the order of 10,000 km^2.*
Ground open cracks are very frequent, up to one meter or more wide in the bedrock, up to more than 10 m wide in loose alluvial deposits and/or saturated soils. These may extend up to several kilometers in length.	Large landslides and rock-falls (> 10^5 - 10^6 m^3) are frequent, practically regardless to equilibrium state of the slopes, causing many temporary or permanent barrier lakes. River banks, artificial embankments, and sides of excavations typically collapse. Levees and earth dams incur serious damage. Significant landslides can occur at more than 200 – 300 km distance from the epicenter. Frequent are very large landslides under the sea level in coastal areas.	Trees shake vigorously, many branches and tree trunks break and fall. Many trees are uprooted and fall.	Liquefaction occurs over large areas and changes the morphology of extensive flat zones, determining vertical subsidence exceeding several meters, widespread large sand volcanoes, and extensive severe lateral spreading can be observed.	In dry areas dust clouds arise from the ground.	*Also very big boulders can be thrown in the air and move for long distances even down very gentle slopes, leaving typical imprints in soil.*	*The total affected area is in the order of 50,000 km^2 and more*

1
1:10.000

Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica

LEGENDA

Indagini esistenti

- S — Indagine sismica (RE.MI) con intercettazione del substrato roccioso
- S — Indagine sismica (RE.MI)
- T — Trincea

Elementi topografici

- Aree con pendenza <15°
- Aree con pendenza tra 15° e 30°
- Aree con pendenza tra 30° e 45°
- Aree con pendenza > 45°

Elementi strutturali

- Frattura
- Faglia certa
- Faglia presunta

Elementi di amplificazione stratigrafica

Suoli di tipo A (non soggetti ad amplificazione litologico-stratigrafica)

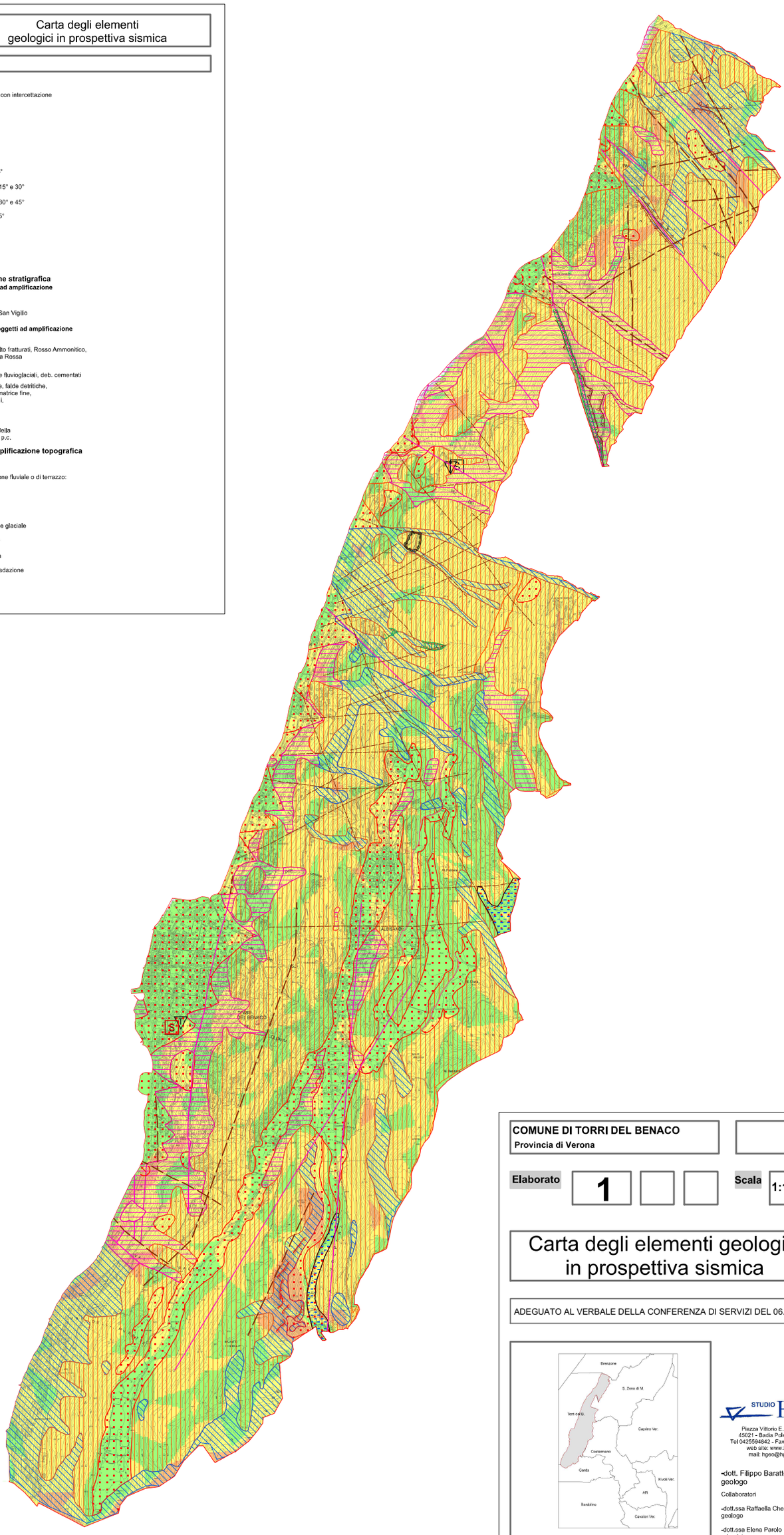
- SNA: Calcari Oolitici di San Vigilio

Suoli di tipo diverso da A (soggetti ad amplificazione litologico-stratigrafica)

- SA1: Calcari Oolitici molto fratturati, Rosso Ammonitico, Biancone e Scaglia Rossa
- SA2: Depositi morenici e fluvioglaciali, deb. cementati
- SA3: Depositi di conoide, falde detritiche, depositi fluvioglaciali a matrice fine, depositi eluvial-colluviali, depositi alluvionali
- Aree con soggiacenza della falda freatica < 15 m da p.c.

Morfologie generanti amplificazione topografica

- Piccola frana
- Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo: altezza tra 10 m e 30 m
- Forra
- Scarpata di cava
- Orlo di terrazzo di origine glaciale
- Nicchia di frana di crollo
- Orlo di scarpata di faglia
- Orlo di scarpata di degradazione



COMUNE DI TORRI DEL BENACO
Provincia di Verona

Elaborato 1 **Scala** 1:10.000

Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica

ADEGUATO AL VERBALE DELLA CONFERENZA DI SERVIZI DEL 06.10.2016

STUDIO HgeO
Piazza Vittorio E. II, 142/b
45021 - Badia Polesine (Ro)
Tel 0425594842 - Fax 0425595800
web site: www.hgeo.it
mail: hgeo@hgeo.it

-dott. Filippo Baratto
geologo

Collaboratori

-dott.ssa Raffaella Checchinato
geologo

-dott.ssa Elena Parolo
urbanista

NOVEMBRE 2016

2

1:10.000

Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica

LEGENDA

Aree stabili suscettibili di amplificazione sismica

Aree instabili per azione sismica

Instabilità di versante

Collasso di cavità sotterranee

Colamento superficiale

Instabilità di versante (crollo, piccole frane, caduta massi)

Cedimenti

Liquefazione

Confine comunale

COMUNE DI TORRI DEL BENACO
Provincia di Verona

Elaborato 2 **Scala** 1:10.000

Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica

STUDIO HgeO

Piazza Vittorio E. II, 142/b
45021 - Badia Polesine (Ro)
Tel 0425594842 - Fax 0425595800
web site: www.hgeo.it
mail: hgeo@hgeo.it

-dott. Filippo Baratto
geologo

Collaboratori

-dott.ssa Raffaella Checchinato
geologo

-dott.ssa Elena Parolo
urbanista

DATA Dicembre 2013