

S.S. 42 "DEL TONALE E DELLA MENDOLA"
VARIANTE EST DI EDOLO

PROGETTO DEFINITIVO



CESI
Shaping a Better Energy Future
Mandante

TECHINT
Engineering & Construction
Mandataria

IGEAG
ENGINEERING s.r.l.
SERVIZI INTEGRATI DI INGEGNERIA
Mandante

VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Giancarlo LUONGO

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

SISMICA

RELAZIONE SISMICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

COMI21 D 1810

NOME FILE

T00SG00GETRE01_B

CODICE ELAB. T00SG00GETRE01

REVISIONE

B

SCALA:

-

C

B

A

REV.

REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS
E PER RICHIESTA MODIFICA TRACCIATO

EMISSIONE

DESCRIZIONE

Agosto 2021

Maggio 2021

DATA

M. Barale

M. Barale

REDATTO

E. Giraudò

E. Giraudò

VERIFICATO

A. Rodino

A. Rodino

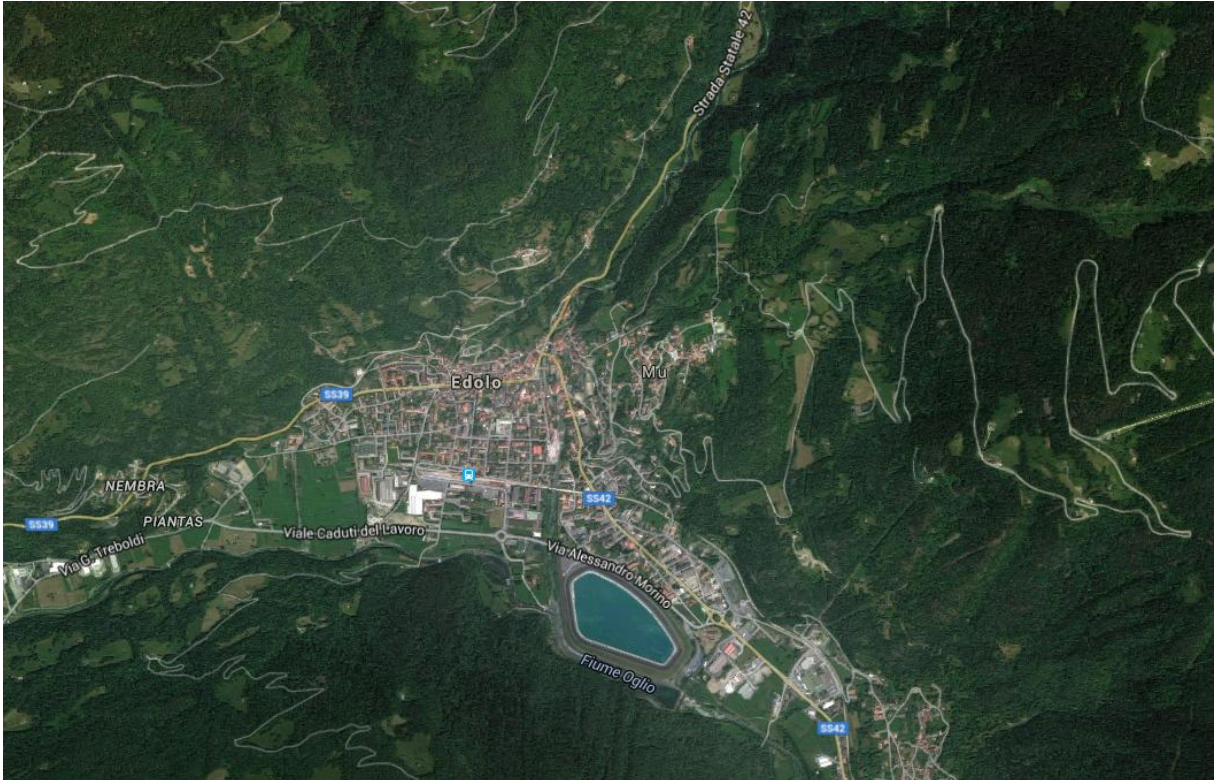
APPROVATO

INDICE	pag.
1. INTRODUZIONE	1
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
2.1 Leggi, decreti e circolari	3
2.2 Normativa regionale.....	3
3. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA	4
4. SISMICITA' STORICA DELL'AREA	8
4.1 Il rischio sismico in italia	8
4.2 Distribuzione del rischio sismico sul territorio lombardo.....	9
5. MAPPE DI PERICOLOSITA' SISMICA	11
6. DISTRIBUZIONE DEL RISCHIO SISMICO SUL TERRITORIO LOMBARDO	15
6.1 CPTI04/CPTI11	15
6.2 DBMI11	21
6.3 NT4.1.1	25
6.4 BANCA DATI GNDT 1996.....	26
7. EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE	29
8. CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA E VITA ATTESA	31
9. PARAMETRI PER IL CALCOLO SISMICO DELLE OPERE	32
10. CONSIDERAZIONI SULLA VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	34
11. CONCLUSIONI.....	37

1. Introduzione

La presente relazione viene redatta nell'ambito del progetto dei "Lavori di Ammodernamento della SS. 42 del Tonale e della Mendola. Variante est di Edolo – LOTTO II".

Nella presente relazione viene fornito un quadro generale sulla sismicità dell'area di progetto relativa al Comune di Edolo.



Ortofotopiano dell'area



Titolo	Edolo (scarica KML)
Sessagesimali	46° 10' 44" N, 10° 19' 48" E
Decimali	46.178889°, 10.33°
UTM	5114783 602652 32T
Parallelo	46° N
Zoom	4
Scala	± 1:1000000
Regione	IT
Tipo	adm3rd

Riferimenti geografici dell'area di Brescia

Dopo una breve descrizione della sismicità storica della Regione Lombardia e del Comune di Edolo (comprendete gli eventi sismici che a partire dal XI secolo hanno interessato l'area), vengono riportate le fasi fondamentali della procedura seguita per la valutazione della pericolosità sismica, su cui la normativa nazionale attuale fa riferimento per la nuova classificazione sismica.

La conoscenza delle caratteristiche geofisiche dei terreni di fondazione, deriva dalle informazioni derivanti dalla campagna di indagini geognostiche svolte lungo il tracciato oggetto d'intervento.

2. Normative di riferimento

2.1 Leggi, decreti e circolari

- Legge 2 febbraio 1974, n°64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»”;
- Circ. Min. Infrastr. Trasp. 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al D.M. 17/01/2018”;
- Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003 n°3274 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”.
- Ordinanza P.C.M. n°3431 03 maggio 2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”.
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

2.2 Normativa regionale

- D.G.R. 7 novembre 2003 - n. 7/14964 – “Disposizioni preliminari per l’attuazione dell’Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- D.G.R. 7 maggio 2008 - n. 8/7374 – Aggiornamento dei “Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione dell’art. 57 comma 1 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566”.
- D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d).
- D.G.R. 10 ottobre 2014 - n. X/2489 Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con D.G.R. 21 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)».

3. Classificazione sismica dell'area

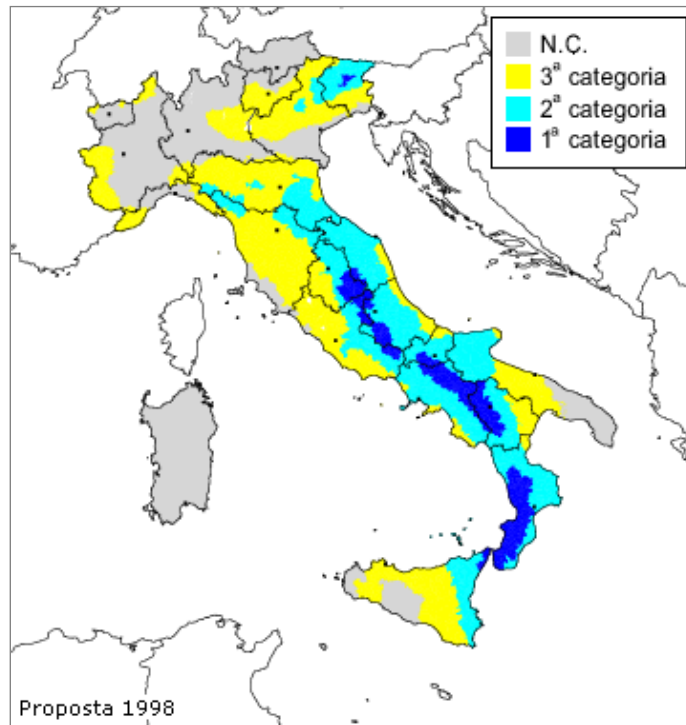
In base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e alla successiva Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, tenuto conto della recentissima D.G.R. 11 luglio 2004 no. X/2129, il Comune di Edolo è classificato in zona 3 contraddistinto da un parametro di accelerazione massima orizzontale a_g compreso nell'intervallo $0,05-0,075 \cdot g$ m/s² (valore riferito ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni) come segnalato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>). La Regione Lombardia con D.G.R. 7 novembre 2003 - n. 7/14964 ha recepito la classificazione sismica del territorio comunale stabilita con la citata ordinanza n. 3274/2003 e con successiva D.G.R. 7 maggio 2008 - n. 8/7374 ha preso atto, tra l'altro, di quanto disposto dalla successiva ordinanza n.3519/2006, mentre con la D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 ha aggiornato le zone sismiche della Regione Lombardia come da L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. D.

Provincia	Codice ISTAT 2001	Denominazione	Coordinate	Categoria				
				Decreti fino al 1984	Proposta GdL 1998	O.P.C.M. 3274/03	Riclassificazione sismica del territorio italiano (2004-2014)	Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129
BRESCIA	17068	EDOLO	46° 10' 44" N 10° 19' 48" E	n.c.	n.c.	4	4	3

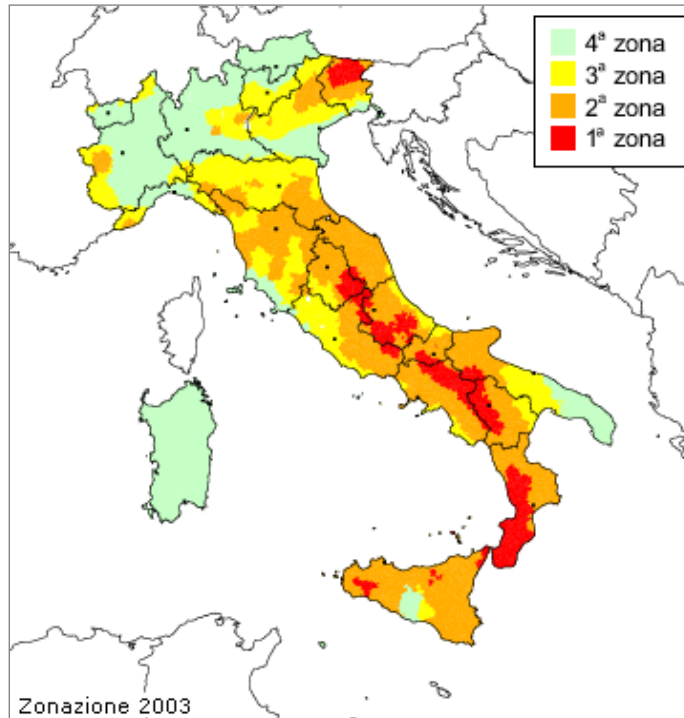
Si riportano a seguire le mappe cromatiche con la classificazione sismica storica del territorio italiano, a partire dall'anno 1984 fino alla riclassificazione regionale del 2015, sulla base delle normative vigenti.



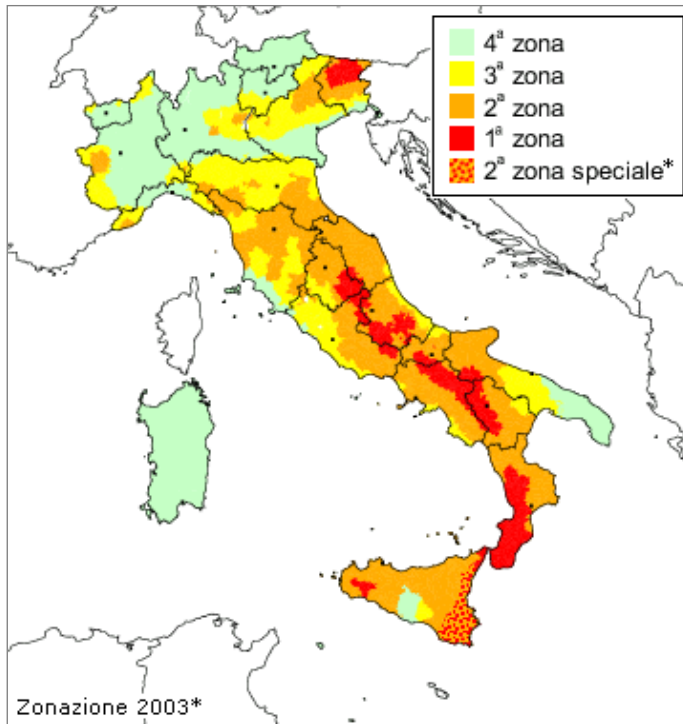
Classificazione sismica del territorio italiano (1984)



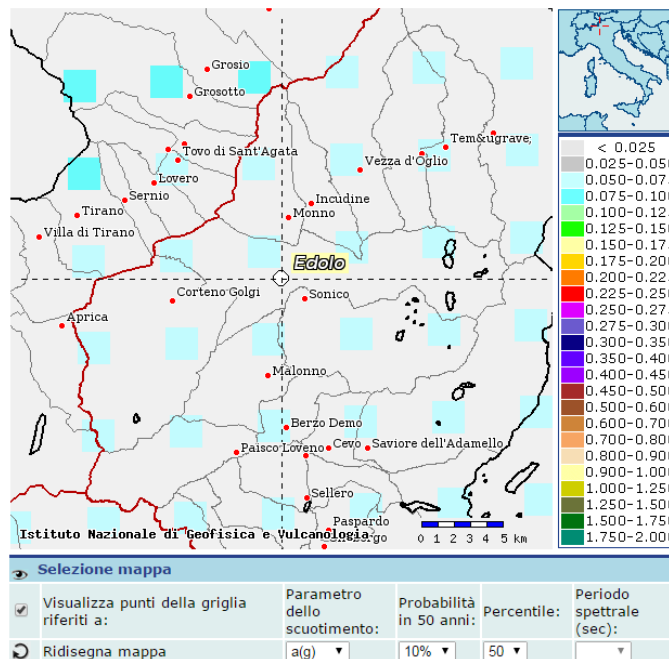
Classificazione sismica del territorio italiano (Proposta GdL 1998)



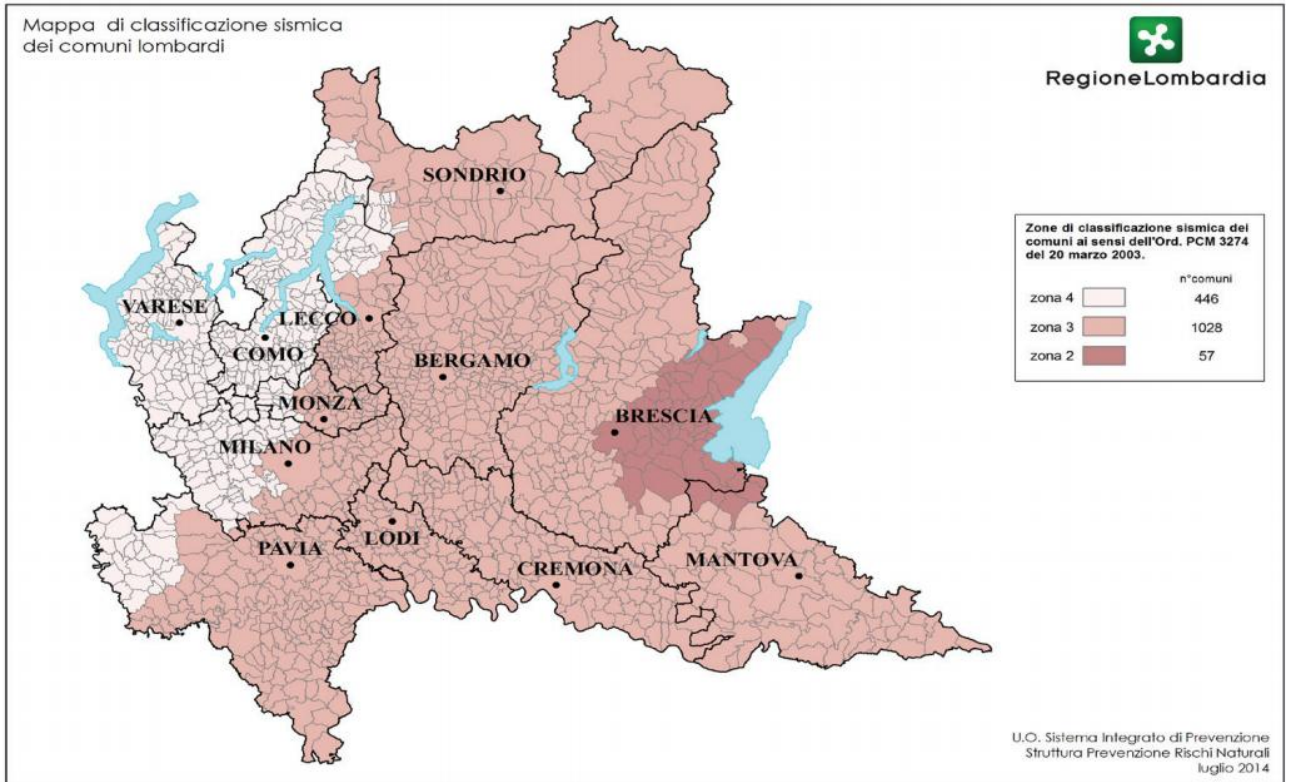
Classificazione sismica del territorio italiano (OPCM 3274/03)



Riclassificazione sismica del territorio italiano (2004)



Classificazione sismica dell'area di Edolo (OPCM 3519/06)



Classificazione sismica Regione Lombardia (D.G.R. 11 luglio 2014 – n. X/2129)

4. Sismicità storica dell'area

4.1 Il rischio sismico in Italia

L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto, determinando un impatto sociale ed economico rilevante. La sismicità della Penisola italiana è legata alla sua particolare posizione geografica, perché è situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica ed è sottoposta a forti spinte compressive, che causano l'accavallamento dei blocchi di roccia. In 2500 anni, l'Italia è stata interessata da più di 30.000 terremoti di media e forte intensità superiore al IV-V grado della scala Mercalli) e da circa 560 eventi sismici di intensità uguale o superiore all'VIII grado della scala Mercalli (in media uno ogni 4 anni e mezzo). Solo nel XX secolo, ben 7 terremoti hanno avuto una magnitudo uguale o superiore a 6.5 (con effetti classificabili tra il X e XI grado Mercalli). La sismicità più elevata si concentra nella parte centro-meridionale della penisola - lungo la dorsale appenninica (Val di Magra, Mugello, Val Tiberina, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Beneventano, Irpinia) - in Calabria e Sicilia, ed in alcune aree settentrionali, tra le quali il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale. I terremoti che hanno colpito la Penisola hanno causato danni economici consistenti, valutati per gli ultimi quaranta anni in circa 135 miliardi di euro, che sono stati impiegati per il ripristino e la ricostruzione post-evento. A ciò si devono aggiungere le conseguenze non traducibili in valore economico sul patrimonio storico, artistico, monumentale. In Italia, il rapporto tra i danni prodotti dai terremoti e l'energia rilasciata nel corso degli eventi è molto più alto rispetto a quello che si verifica normalmente in altri Paesi ad elevata sismicità, quali la California o il Giappone. Ad esempio, il terremoto del 1997 in Umbria e nelle Marche ha prodotto un quadro di danneggiamento (senza tetto: 32.000; danno economico: circa 10 miliardi di Euro) confrontabile con quello della California del 1989 (14.5 miliardi di \$ USA), malgrado fosse caratterizzato da un'energia circa 30 volte inferiore. Ciò è dovuto principalmente all'elevata densità abitativa e alla notevole fragilità del nostro patrimonio edilizio. La sismicità (frequenza e forza con cui si manifestano i terremoti) è una caratteristica fisica del territorio, al pari del clima, dei rilievi montuosi e dei corsi d'acqua. Conoscendo la frequenza e l'energia (magnitudo) associate ai terremoti che caratterizzano un territorio ed attribuendo un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico di una certa magnitudo, in un certo intervallo di tempo, possiamo definire la sua pericolosità sismica. Un territorio avrà una pericolosità sismica tanto più elevata quanto più probabile sarà, a parità di intervallo di tempo considerato, il verificarsi di un terremoto di una certa magnitudo. Le conseguenze di un terremoto, tuttavia, non sono sempre gravi: molto dipende infatti, dalle caratteristiche di resistenza delle costruzioni alle azioni di una scossa sismica. Questa caratteristica, o meglio la predisposizione di una costruzione ad essere danneggiata da una scossa sismica, si definisce vulnerabilità. Quanto più un edificio è vulnerabile (per tipologia, progettazione inadeguata, scadente qualità dei materiali e

modalità di costruzione, scarsa manutenzione), tanto maggiori saranno le conseguenze che ci si deve aspettare in seguito alle oscillazioni cui la struttura sarà sottoposta. Infine, la maggiore o minore presenza di beni a rischio e, dunque, la conseguente possibilità di subire un danno (economico, in vite umane, ai beni culturali, ecc...), viene definita esposizione (di vite umane, beni economici, beni culturali). Il rischio sismico è determinato da una combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione ed è la misura dei danni che, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti), ci si può attendere in un dato intervallo di tempo. In Italia, possiamo attribuire alla pericolosità sismica un livello medio-alto, per la frequenza e l'intensità dei fenomeni che si susseguono. La Penisola italiana, però, rispetto ad altri Paesi, come la California o il Giappone, nei quali la pericolosità è anche maggiore, ha una vulnerabilità molto elevata, per la notevole fragilità del suo patrimonio edilizio, nonché del sistema infrastrutturale, industriale, produttivo e delle reti dei servizi. Il terzo fattore, l'esposizione, si attesta su valori altissimi, in considerazione dell'alta densità abitativa e della presenza di un patrimonio storico, artistico e monumentale unico al mondo. In questo senso è significativo l'evento del 1997 in Umbria e Marche, che ha fortemente danneggiato circa 600 chiese e, emblematicamente, la Basilica di S. Francesco d'Assisi. L'Italia è dunque un Paese ad elevato rischio sismico, inteso come perdite attese a seguito di un terremoto, in termini di vittime, danni alle costruzioni e conseguenti costi diretti e indiretti.

4.2 Distribuzione del rischio sismico sul territorio lombardo

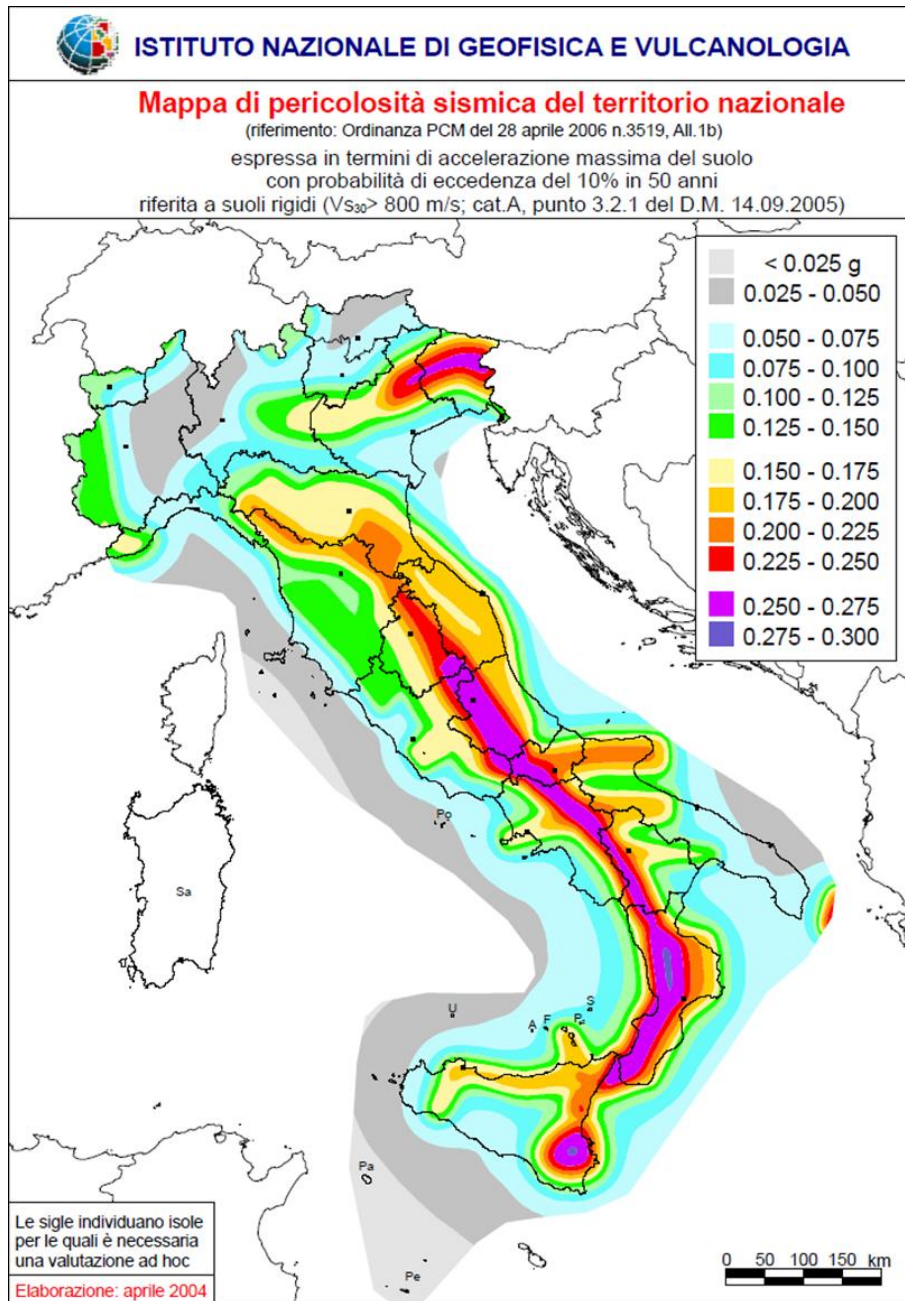
L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto, determinando un impatto sociale ed economico rilevante. La sismicità della Penisola italiana è legata alla sua particolare posizione geografica, perché è situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica ed è sottoposta a forti spinte compressive, che causano l'accavallamento dei blocchi di roccia. In regione Lombardia le condizioni geologiche non sono così drammatiche come in molte altre regioni italiane tant'è che in generale il livello di pericolosità sismica è basso o molto basso con la sola eccezione dell'area del Lago di Garda. Anche il patrimonio edilizio nel suo insieme può essere considerato da buono a ottimo (con esclusione di edifici storici) e il terremoto di Salò del 24/11/2004 (grado Mercalli di 7/8) ha causato un danno complessivo di circa 200 milioni di Euro, cifra importante ma non paragonabile ai miliardi di euro dei terremoti in Umbria Marche e del Molise. La sismicità maggiore sembra concentrarsi nella fascia prealpina orientale, dove i cataloghi dei terremoti collocano tra l'altro i sismi del 1117 e del 1222. Un discreto livello di sismicità è presente nelle zone dell'Oltrepò, mentre una modesta attività è presente in Alta Valtellina e nel Mantovano. Ulteriori zone sismiche sono individuabili in Emilia, nel Veronese e in Engadina. Gli epicentri dei terremoti storici per il settore Lombardo sono prevalentemente concentrati in

una fascia allungata in direzione E-W lungo il margine pedemontano, in corrispondenza dell'asse Bergamo-Brescia-Lago di Garda; gli eventi storici più importanti sono il terremoto del 1222 con area epicentrale nel bresciano e magnitudo (MS) stimata pari a 5.9, il terremoto di Salò del 1901 (MS=5.5) i terremoti localizzati nel bergamasco (1661, MS=5.2) e a Soncino (1802, MS=5.5). La parte più meridionale della regione risente della sismicità di origine appenninica, comprensiva dell'area dell'Oltrepò pavese, definita come una zona di transfer [Scandone et al. 1992], contiene eventi storici con magnitudo massima stimata pari a MS=5.5 (Terremoto della Valle Scrivia, 1541).

Fonte: <http://www.protezionecivile.regione.lombardia.it/>

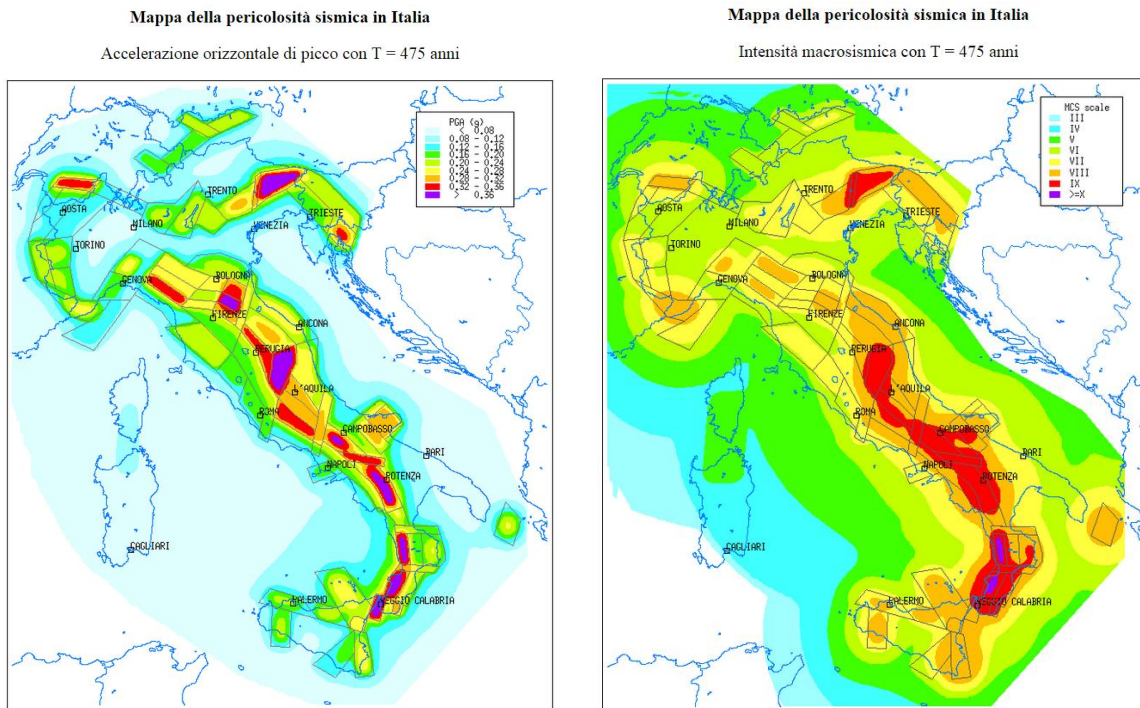
5. Mappe di pericolosità sismica

Dal sito INGV è possibile consultare la mappa di pericolosità sismica del territorio italiano (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).



Mapa cromatica pericolosità di riferimento per il territorio nazionale

Dal sito http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ogs_int.html è possibile consultare le mappe di pericolosità sismiche del territorio italiano in termini di accelerazione orizzontale di picco (T = 475 anni) e in termini di intensità macrosismica (MCS scale). Il gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) è uno dei Gruppi Nazionali di ricerca scientifica di cui si avvale il Servizio Nazionale della Protezione Civile (Legge 24 febbraio 1992, n. 225, art. 17). Di seguito si riportano le mappe di pericolosità sismica in Italia.

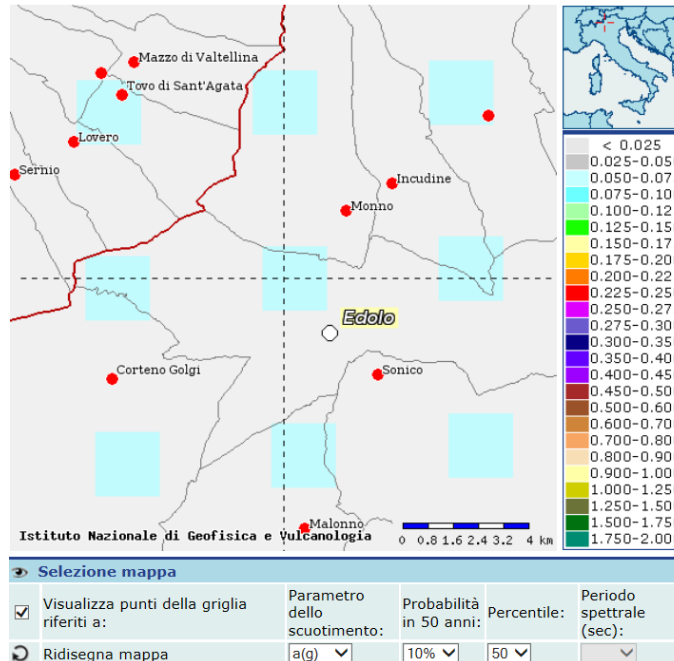


Mappe di pericolosità sismica accelerazione orizzontale di picco e intensità macrosismica

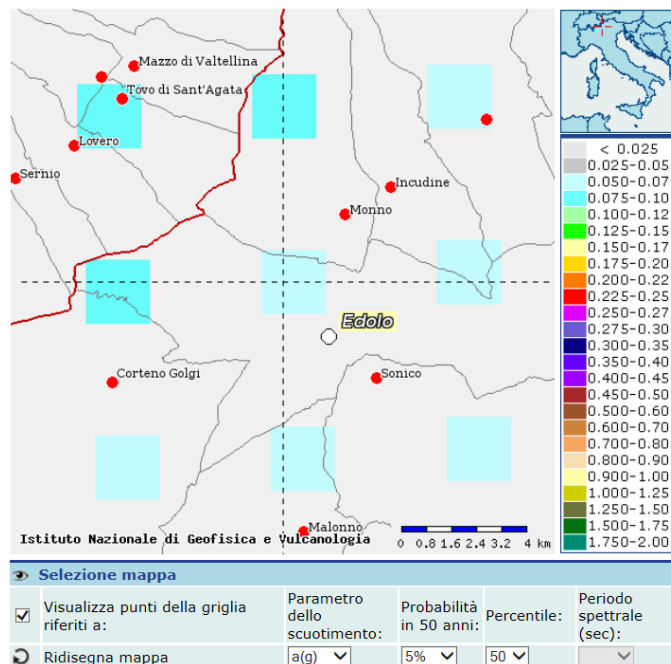
magnitudo Richter	energia joule	grado Mercalli
< 3.5	< 1.6 E+7	I
3.5	1.6 E+7	II
4.2	7.5 E+8	III
4.5	4 E+9	IV
4.8	2.1 E+10	V
5.4	5.7 E+11	VI
6.1	2.8 E+13	VII
6.5	2.5 E+14	VIII
6.9	2.3 E+15	IX
7.3	2.1 E+16	X
8.1	> 1.7 E+18	XI
> 8.1	.	XII

Confronto scala Richter e Scala Mercalli

Dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> è inoltre possibile, per il comune interessato, consultare le mappe interattive di pericolosità sismica; di seguito si riportano degli estratti della mappa interattiva considerando rispettivamente una probabilità di eccedenza del 10% e del 5% in 50 anni.



Mapa interattiva (Pvr = 10% → Tr = 474 anni)

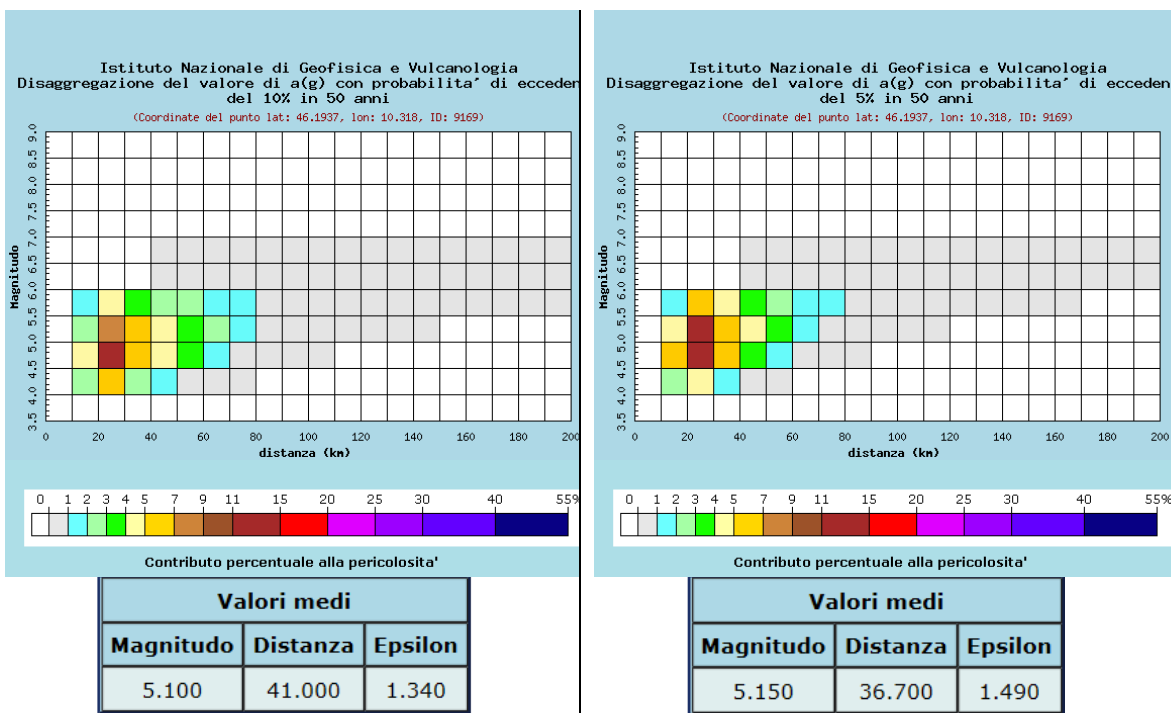


Mapa interattiva (Pvr = 5% → Tr = 974 anni)

Studi recenti per la determinazione della Magnitudo sono quelli di D. Spallarossa e S. Basani, anno 2007, relativi alla “Disaggregazione della pericolosità sismica in termini M-R-ε”. La disaggregazione è un processo che permette di valutare il contributo di differenti scenari M- R-ε alla pericolosità sismica. E’ pertanto utile alla definizione del terremoto di scenario (scenario che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica) per studi di microzonazione, analisi di liquefazione, studi di stabilità dei versanti. Le immagini seguenti riportano, per l’area in oggetto, la disaggregazione del valore di a(g) con i contributi alla pericolosità sismica determinati con probabilità di eccedenza rispettivamente del 10% (Tr=474 anni) del 5% (Tr=974) in 50 anni, ovvero:

- $TR = 50 / [-\ln(1-0.10)] = 474$ anni (Tempo di ritorno)
- $TR = 50 / [-\ln(1-0.05)] = 974$ anni (Tempo di ritorno)

Si fa presente che il tempo di ritorno per un’opera caratterizzata da un periodo di riferimento VR di 75 anni in condizione SLV (probabilità di superamento del 10%) è 712 anni.



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Disaggregazione a_g (10-5%)

Dalle mappe di pericolosità sismica per Tr=974 anni si ricava:

- $a_g (Tr=974) = 0.05 - 0.075 g$
- Magnitudo media = 5.15

Intensità macrosismica VI (MCS scale) \Rightarrow 5.4 Magnitudo Richter

6. Distribuzione del rischio sismico sul territorio lombardo

Per l'analisi della sismicità che in passato ha interessato l'area in oggetto si è fatto riferimento ai seguenti cataloghi:

- CPTI04/CPTI11 (dicembre 2011), Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani.
- DBMI11, il database macrosismico utilizzato per la compilazione di CPTI11.
- NT4.1, catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno (aggiornamento marzo 1998).
- GNDT 1996, elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile.

6.1 CPTI04/CPTI11

La versione 2011 del catalogo CPTI rappresenta una evoluzione significativa rispetto alla versione 2004, con particolare riferimento a contenuti e struttura. Innanzitutto il catalogo si riferisce a un database macrosismico (DBMI11; Locati et al., 2011) e su una base di dati strumentali molto più ampia e aggiornata. In aggiunta, sviluppando quanto già avviato con le versioni CPTI08 (1900-2006) e CPTI08aq, il catalogo contiene anche un certo numero di record relativi a foreshock e repliche per cui sono disponibili dati macrosismici e/o strumentali.

Infine, sono state introdotte importanti innovazioni nella determinazione dei parametri:

- per alcune decine di terremoti, principalmente offshore, i parametri macrosismici sono stati determinati con il metodo di Bakun e Wentworth (1997);
- per i terremoti per cui sono disponibili parametri sia macrosismici sia strumentali, vengono fornite entrambe le determinazioni con l'aggiunta di un insieme di valori di default;
- per un certo numero di eventi, per i quali le distribuzioni di dati macrosismici non sono state giudicate sufficientemente affidabili, non sono stati determinati i parametri macrosismici.

Nella finestra temporale comune a CPTI04 (1000-2002), la sezione principale contiene 2928 terremoti, mentre CPTI04 conteneva, esclusi i terremoti etnei, 2434 record. Le variazioni più significative rispetto al contenuto di CPTI04 sono:

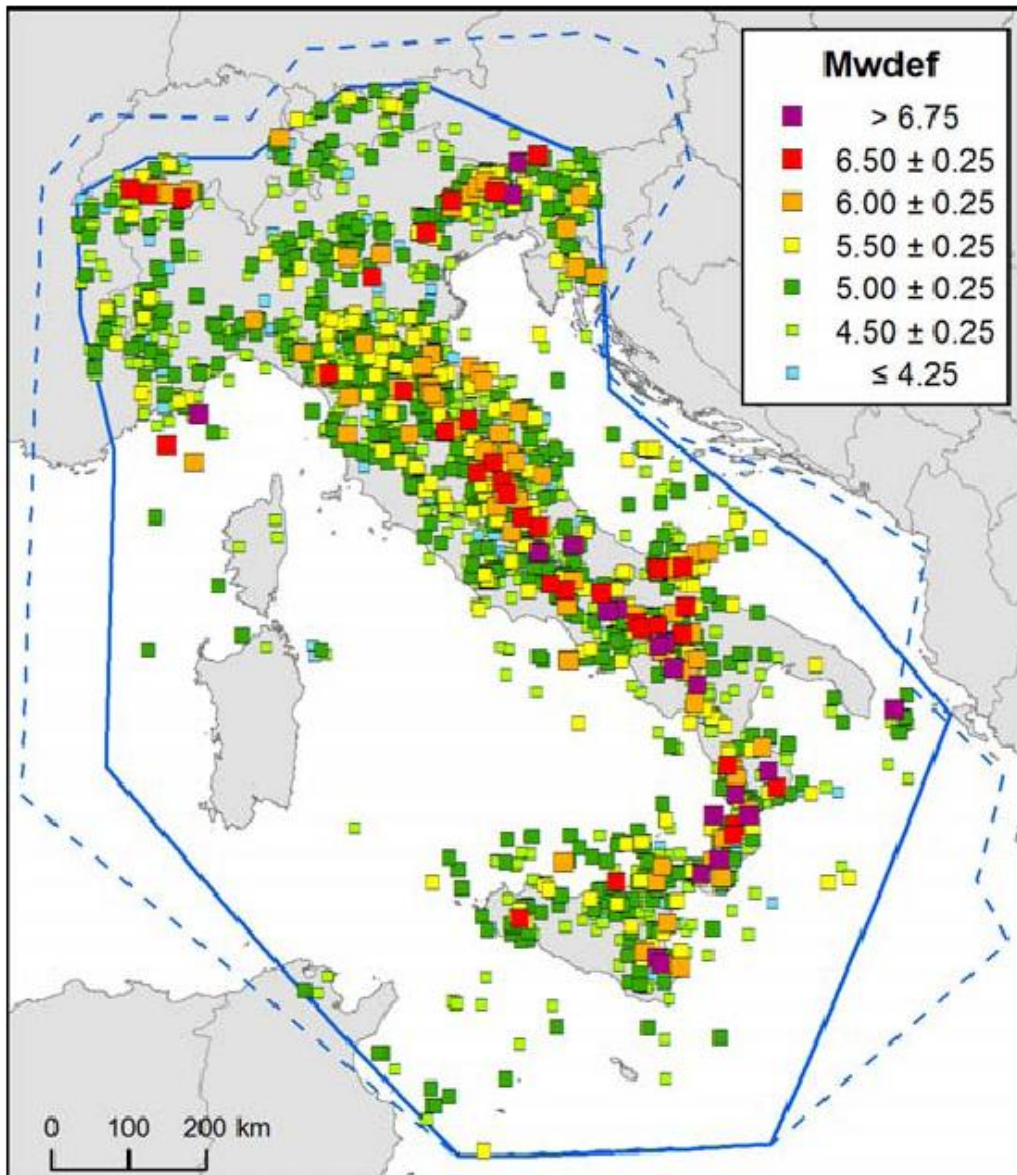
- 22 eventi sono stati trasferiti alla sezione dei terremoti profondi
- 22 eventi sono stati valutati falsi da Albinì et al., 2003; Swiss Seismological Service, 2002; Galli et al., 2001; Guidoboni & Comastri., 2005; Guidoboni et al., 2007; SisFrance, 2009; SGA, 2002
- 272 eventi sono stati esclusi perché localizzati al di fuori della nuova area CPTI
- 864 eventi rappresentano nuovi ingressi. Una parte significativa di questi, compresi quelli di magnitudo elevata, è costituita da repliche.

L'estensione della finestra temporale al 2006 ha comportato l'ingresso di 56 nuovi terremoti. Per quanto riguarda gli epicentri dei terremoti comuni a CPTI04 e CPTI11 vi sono numerosi spostamenti dovuti principalmente all'utilizzo di basi di dati e metodi di determinazione più aggiornati, ma anche alla scelta di determinazioni strumentali rispetto a quelle macrosismiche. Il catalogo contiene eventi di cui sono riportate le seguenti informazioni:

	Nome	Descrizione	Note	CPTI04
A	N	Numero d'ordine del record		
B	Sezione 1: parametri generali, tempo origine e area			
C	Year	Tempo origine: Anno	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	Anno
D	Mo	Tempo origine: Mese	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	Me
E	Da	Tempo origine: Giorno	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	Gi
F	Ho	Tempo origine: Ora	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	Or
G	Mi	Tempo origine: Minuti	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	Mi
H	Se	Tempo origine: Secondi e centesimi	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	Se
I	Ax	Area dei maggiori effetti	dal catalogo strumentale, dallo studio macrosismico o dal catalogo macrosismico	AE
J	Sezione 2: parametri epicentrali macrosismici e loro provenienza			
K	RtM	Riferimento bibliografico dello studio macrosismico o del catalogo macrosismico	vedi tabella 1	Rt
L	Np	Numero di osservazioni macrosismiche	da DBMI10beta	Np
M	Imx	Intensità massima	da DBMI10beta	Imx
N	LatM	Latitudine epicentrale: determinazione macrosismica		
O	LonM	Longitudine epicentrale: determinazione macrosismica		
P	TLM	Tipo di localizzazione epicentrale	Bx: determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999) BW: determinata con il metodo BW (Bakun & Wentworth, 1997) CM: adottata dal catalogo macrosismico di origine	
Q	Io	Intensità epicentrale	determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999), oppure adottata dal catalogo macrosismico di origine	Io
R	MwM	Magnitudo momento: determinazione macrosismica		
S	DMwM	Errore associato alla stima di MwM	determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999), con il metodo BW (Bakun & Wentworth, 1997), oppure =0.34 se calcolata da Io (0.26 per i terremoti etnei)	
T	TMwM	Tipo di magnitudo momento macrosismica	Bx: determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999) BW: determinata con il metodo BW (Bakun & Wentworth, 1997) Io: determinata da Io con la relazione $M_w = 0.423 \cdot I_o + 2.182$ oppure $M_w = 0.45 \cdot I_o + 1.01$ per i terremoti etnei CM: adottata dal catalogo macrosismico di origine	
U				

	Nome	Descrizione	Note	CPTI04
Sezione 3: parametri strumentali e loro provenienza				
V	RtIns	Riferimento bibliografico della fonte dell'epicentro strumentale	vedi tabella 2	
W	LatIns	Latitudine epicentrale: determinazione strumentale	da RtIns	
X	LonIns	Longitudine epicentrale: determinazione strumentale	da RtIns	
Y	De	Profondità ipocentrale	da RtIns	
Z	MwIns	Magnitudo momento strumentale	calcolata da tensore momento, da metodo spettrale, convertita da un'altra magnitudo strumentale, oppure ottenuta come media pesata tra più magnitudo strumentali convertite in Mw	
AA	DMwIns	Errore associato alla stima di Mw	0.09 se da tensore momento; 0.15 se da metodo spettrale; risultante dalle conversioni negli altri casi	
AB	TMwIns	Modalità di determinazione di Mw	MT = da tensore momento SM = da metodo spettrale Swa = da ampiezza onde S Reg1 = calcolata da Ms con la relazione $Mw=0.673*Ms+1.938$ ($Ms<6.0$); $Mw = Ms$ ($Ms\geq 6.0$) Reg2 = calcolata da ML con la relazione $Mw=0.812*ML+1.145$ Reg3 = calcolata da mb con la relazione $Mw=0.972*mb+0.265$ Wmi = media delle magnitudo disponibili pesata con l'inverso dei quadrati delle rispettive incertezze	
AC	OrMwIns	Tipi di magnitudo convertite in Mw	Ms = calcolata da Ms ML = calcolata da ML mb = calcolata da mb oppure da una combinazione di queste	
AD	FMwIns	Fonte Mw	La fonte di: MwIns se TMwIns = MT o SM ; oppure della M convertita. In caso di conversione da più di una M, la sigla è riferita alla prima riportata in OrMwIns (Tabella 3).	
AE	Nio	Numero di stazioni usato nel calcolo delle M	Dalla fonte relativa (FMwIns)	
AF	Sezione 4: parametri di default			
AG	TLdef	Epicentro di default	IM = strumentale (se in alternativa a macrosismico) MI = macrosismico (se in alternativa a strumentale) II = strumentale solo (unica alternativa) MM = macrosismico solo (unica alternativa) ND = localizzazione non disponibile (record in grigio)	TL
AH	Latdef	Latitudine di default	LatM oppure LatIns	Lat
AI	Londef	Longitudine di default	LonM oppure LonIns	Lon
AJ	Mwdef	Magnitudo momento di default	MwIns, oppure MwM, oppure media pesata tra le due	Maw
AK	DMwdef	Errore associato alla stima di Maw default	DMwIns, oppure DMwM, oppure media pesata tra le due	Daw
AL	TMwdef	Codice di determinazione di Maw default	InsO = strumentale "osservata" InsC = strumentale calcolata Mdm = macrosismica, determinata da dati di intensità Mcm = macrosismica, adottata dal catalogo macrosismico di origine Mlo = macrosismica, calcolata da lo Wmim = media di MwIns e MwM pesata con l'inverso dei quadrati delle rispettive incertezze	Tw
AM				
AN	Ncpti04	Identificativo del record in CPTI004	da CPTI004	N

Al catalogo è associato un database di riferimento per poter compiere le necessarie correlazioni tra ciascun evento e il sito in esame. Da tutti gli eventi con dati di base è possibile selezionare le notizie in modo da definire "storie sismiche" dei singoli siti, identificanti cioè la successione temporale delle intensità risentite (in una definita località) rispetto alle intensità epicentrali dei vari eventi nel corso dei secoli.

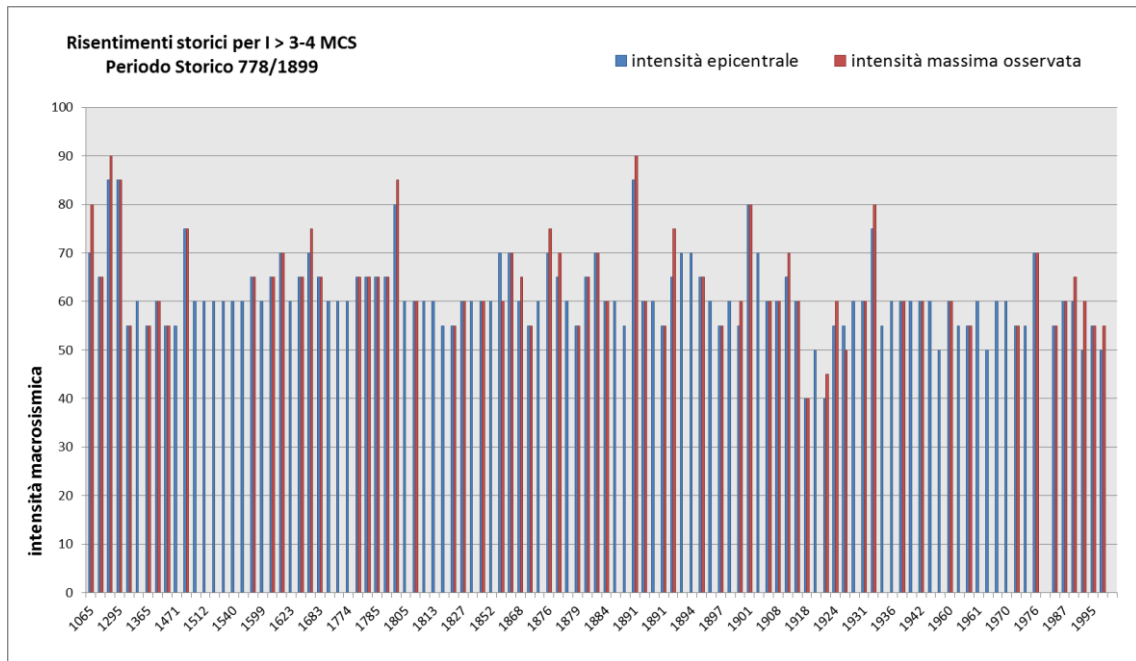


Distribuzione degli eventi di CPTI11 per classi di Magnitudo

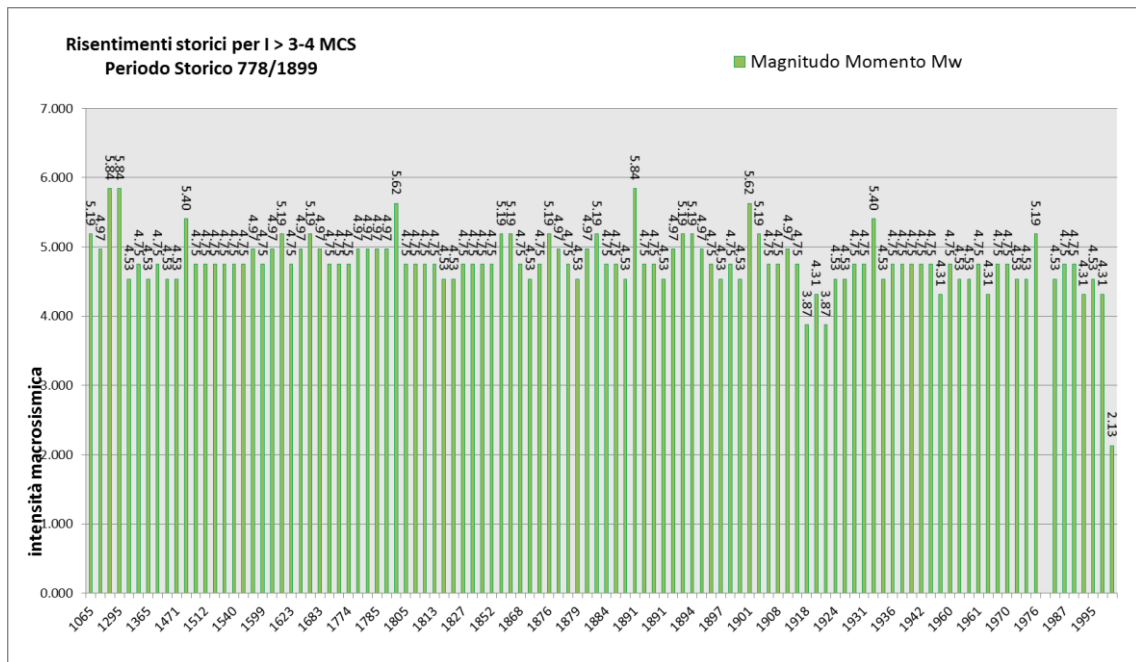
Analizzando i dati di sito è necessario comunque tener conto che la ricostruzione dell'impatto di ogni singolo terremoto dipende sia dal livello di approfondimento delle ricerche, in relazione al contesto antropico in cui si è verificato un evento (densità e rilevanza degli insediamenti abitati), sia da fattori più propriamente fisici (condizioni di sito da cui dipendono i possibili effetti locali e di sito).

Di seguito si riportano i risultati di ricerca relativi alla consultazione del catalogo CPTI04 e CPTI11 con informazioni relativi ad eventi registrati in un'area circolare di raggio di 100 km.

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZSS	TZ	NcFt	Nnt	Ncpt
27	DI	1965	3	27	6			Brescia	CFTI	6	80	70	M	45.55	10.22	A	5.17	0.30		4.80	0.45	4.99	0.42	907	G	90	248	27	
43	DI	1197						Brescia	CFTI	8	65	65		45.55	10.22	A	5.03	0.33		4.60	0.49	4.80	0.45	907	G	107		43	
47	DI	1222	12	25	11			Basso bresciano	CFTI	40	90	85	M	45.48	10.68	A	6.05	0.13		6.05	0.13	6.05	0.13	906	G	109	249	47	
71	DI	1295	9	3				COIRA	DOM	7	85	85		46.866	9.533	A	5.79	0.11		5.72	0.16	5.72	0.16	903	G	350	71		
89	DI	1334	12	4				Verona	CFTI	4	55	55		45.43	11	A	4.63	0.13		4.00	0.20	4.25	0.19	906	G	146	232	89	
100	CP	1358						REICHENAU	VGL91	1	60	60		46.867	9.517	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		351	100	
107	DI	1365	9	21	5	45		Verona	CFTI	2	55	55		45.43	11	A	4.63	0.13		4.00	0.20	4.25	0.19	906	G	160	233	107	
125	DI	1402						VERONA	DOM	1	60	60		45.438	10.994	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	906	G		234	125	
146	DI	1445	3	21	13	30		VERONA	DOM	3	55	55		45.438	10.994	A	4.63	0.13		4.00	0.20	4.25	0.19	906	G		237	146	
165	DI	1471						BRESCIA	DOM	1	55	55		45.544	10.214	A	4.63	0.13		4.00	0.20	4.25	0.19	907	G		250	165	
200	DI	1504						BASSA ENGADINA	DOM	1	75	75		46.783	10.216	A	5.37	0.30		5.10	0.45	5.27	0.42	903	G		336	200	
205	CP	1508						ALBULAPASS	VGL91	1	60	60		46.65	9.8	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		352	205	
212	CP	1512	2	8				CHIAVENNA	VGL91	1	60	60		46.3	9.367	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36		G	2008	212		
219	DI	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	DOM	1	60	60		45.55	10.217	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		251	219	
229	CP	1534	10	6	4	30		THUSIS	VGL91	1	60	60		46.667	9.5	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		353	229	
235	CP	1540	9	1				BRESCIA	POS85	60	60	60		45.533	10.217	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		252	235	
271	CP	1576	9	26	6			BERGAMO	POS85	60	60	60		45.667	9.667	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		282	271	
284	DI	1593	3	8				BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33		4.60	0.49	4.80	0.45	907	G		283	284	
295	CP	1599	10	23				REICHENAU	VGL91	1	60	60		46.8	9.4	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		354	295	
302	DI	1606	8	22				BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33		4.60	0.49	4.80	0.45	907	G		284	302	
321	DI	1622	8	3				BASSA ENGADINA	DOM	2	70	70		46.8	10.233	A	5.17	0.30		4.80	0.45	4.99	0.42	903	G		337	321	
322	CP	1623	2	20				CHIESA	VGL91	1	60	60		46.3	9.767	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		2014	322	
346	DI	1642	6	13	22			BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33		4.60	0.49	4.80	0.45	907	G		285	346	
365	DI	1661	3	12				Montecchiaro	CFTI	8	75	70		45.73	10.07	A	5.17	0.30		4.80	0.45	4.99	0.42	907	G	261	286	365	
383	DI	1683	5	25				V. GIUDICARIE	DOM	4	65	65		46.024	10.864	A	5.00	0.26		4.55	0.38	4.76	0.35		G		253	383	
419	CP	1695	9	1				CHIERS	VGL91	1	60	60		46.867	9.667	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		355	419	
583	CP	1771	8	15				SARNICO	POS85	60	60	60		45.667	9.5	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		287	583	
588	CP	1774	2	28				REICHENAU	VGL91	1	60	60		46.867	9.517	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		356	588	
620	DI	1781	9	10				CARAVAGGIO	DOM	1	65	65		45.497	9.644	A	5.03	0.33		4.60	0.49	4.80	0.45	907	G		288	620	
631	DI	1783	7	28				VAL DI LEDRO	DOM	4	65	65		45.878	10.808	A	5.03	0.33		4.60	0.49	4.80	0.45	906	G		255	631	
644	DI	1785	11	18				BASSA ENGADINA	DOM	4	65	65		46.716	10.1	A	5.11	0.24		4.71	0.35	4.91	0.32	903	G		338	644	
686	DI	1799	5	29	19			CASTENEDOLO	DOM	12	65	65		45.403	10.271	A	5.06	0.18		4.64	0.27	4.84	0.25	906	G		256	686	
694	DI	1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	CFTI	66	85	80		45.42	9.85	A	5.67	0.09		5.54	0.13	5.54	0.13	907	G	355	289	694	
702	CP	1805	11	30	5			ALBULAPASS	VGL91	1	60	60		46.567	9.767	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		357	702	
714	DI	1810	5	1				MALCESINE	DOM	1	60	60		45.764	10.809	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	906	G		257	714	
719	CP	1811	6	6	22	15		REICHENAU	VGL91	1	60	60		46.867	9.517	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		358	719	
727	CP	1813	9	22	1	30		DAVOS	VGL91	1	60	60		46.817	9.8	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		359	727	
730	CP	1815	2	26	6			SCHIO	POS85	55	55	55		45.7	11.383	A	4.63	0.13		4.00	0.20	4.25	0.19	906	G		240	730	
761	DI	1826	6	24	15			SALO'	DOM	19	55	55		45.6	10.517	M	4.74	0.11		4.16	0.17	4.40	0.16	906	G		258	761	
767	DI	1827	4	2	20			ARDEZ	DOM	10	60	60		46.796	10.415	A	5.13	0.15		4.75	0.23	4.94	0.21	903	G		339	767	
827	CP	1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA	POS85	60	60	60		45.5	10.167	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		259	827	
877	DI	1851	8	29				GIUDICARIE	DOM	15	60	60		45.938	10.561	A	4.96	0.17		4.49	0.26	4.70	0.24		G		260	877	
882	CP	1852	7	29	12	40		PIZ BERNINA	VGL91	1	60	60		46.417	9.85	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		360	882	
910	DI	1857	8	28				BASSA ENGADINA	DOM	5	60	70		46.792	10.25	A	5.18	0.21		4.81	0.31	5.00	0.29	903	G		340	910	
950	DI	1866	8	11	23			MONTE BALDO	DOM	33	70	70		45.727	10.783	A	5.17	0.30		4.80	0.45	4.99	0.42	906	G		261	950	
956	DI	1868	2	20	20			GARDA OR.	DOM	3	65	60		45.709	10.774	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	906	G		262	956	
957	DI	1868	5	22	21			ROVERETO	DOM	8	55	55		45.888	10.869	A	4.63	0.13		4.00	0.20	4.25	0.19		G		241	957	
980	CP	1872	11	27	7	20		SCHIOL	VGL91	60	60	60		46.817	10.317	A	4.83	0.26		4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		341	980	
1005	DI	1876	4	29	10	40		Monte Baldo	CFTI	25	75	70		45.75	10.78	A	4.99	0.13		4.53	0.19	4.74	0.18	906	G	424	263	1005	
1021	DI	1877	10	1	7	27		MALCESINE	DOM	4																			



Intensità epicentrale e Massima intensità osservata (CPTI04)



Magnitudo Momento (CPTI04)

La consultazione del catalogo CPTI04 evidenzia valori massimi della magnitudo momento pari a 5.84; la consultazione del catalogo CPTI11 non ha restituito alcun dato per Edolo.

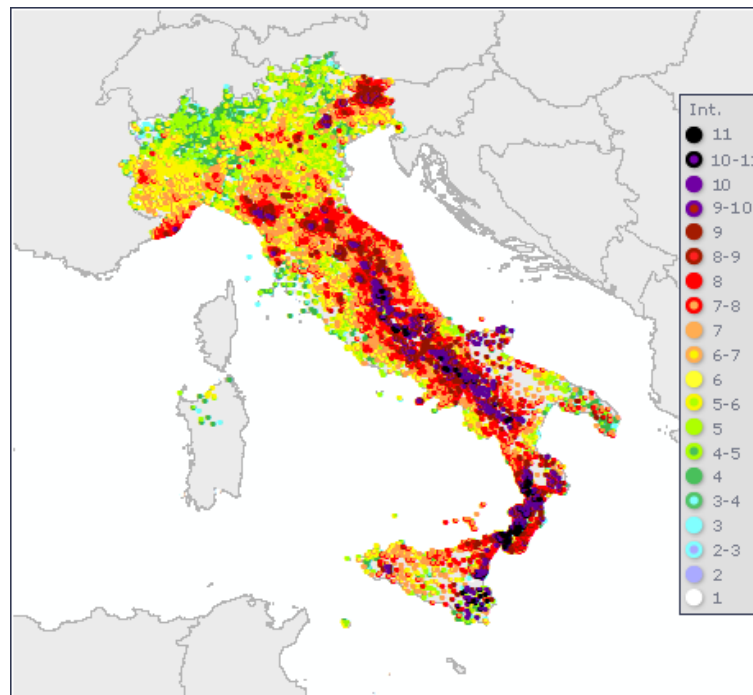
6.2 DBMI11

DBMI11 contiene dati d'intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte di CPTI11 (Rovida et al., 2011), e in particolare relativi a:

- 1484 terremoti i cui dati sono stati utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11;
- 197 terremoti etnei, i cui dati non sono utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11, in quanto i relativi parametri sono stati adottati direttamente dal Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE; <http://www.ct.ingv.it/ufs/macro>; Azzaro et al., 2000; 2002; 2006; 2009).

I dati d'intensità che contribuiscono a DBMI11 rappresentano un sostanziale avanzamento rispetto a quelli che hanno contribuito a DBMI04 (Stucchi et al., 2007). Oltre a questi ultimi, per la compilazione di DBMI11 sono stati considerati i dati provenienti dagli studi rilasciati a tutto il 2007 appartenenti alle seguenti categorie:

- CFTI4med (Guidoboni et al., 2007);
- studi storico-macrosismici e rilievi macrosismici di autori INGV;
- Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE);
- studi storico-macrosismici pubblicati da altri autori;
- selezione di dati del bollettino macrosismico INGV.



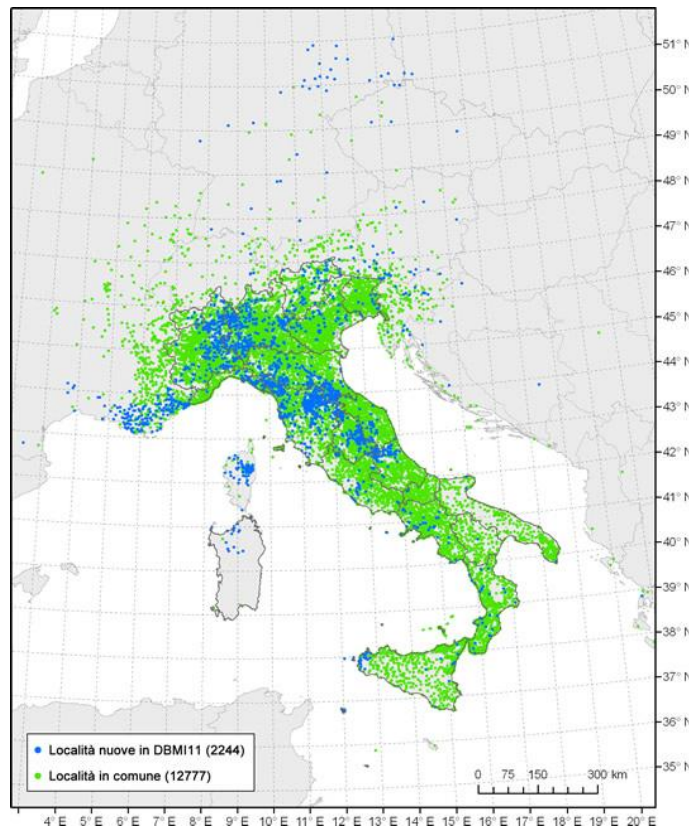
Plot delle intensità massime per le località italiane

I dati provenienti da studi pubblicati nel seguito o comunque non ancora utilizzati saranno presi in considerazione per la prossima versione del DBMI. Fra questi, spiccano i contributi di Molin et al. (2008), relativo a 851 terremoti dal 1198 al 1980, e di Camassi et al. (2011), relativo a 227 terremoti dal 1269 al 1980.

DBMI11 contiene 86071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1684 terremoti il cui epicentro ricade all'interno della nuova area CPTI (vedi CPTI11). I dati sono riferiti a 15416 località di cui 14150 in territorio italiano. L'aumento è dovuto all'apporto dei nuovi studi, che hanno introdotto, in generale, un numero maggiore di dati d'intensità rispetto agli studi precedenti, e alla scelta di inserire dati di terremoti conosciuti ma non considerati in precedenza in quanto repliche. I nuovi studi hanno fornito anche dati per terremoti nuovi o conosciuti ma in precedenza privi di dati d'intensità. Un riassunto delle principali variazioni rispetto a DBMI04 è presentato nella seguente tabella.

Dati di terremoti	DBMI04		DBMI11	
	Terremoti	MDP	Terremoti	MDP
a) con studio invariato	589	27121	589	27119 (-2 zz)
con studio invariato in area Etnea	19	996	19	995 (-1 zz)
b) con studio variato	353	28116	353	30846
con studio variato in area Etnea	32	713	32	706
c) conosciuti in CPTI04 ma privi di dati di intensità			139	4819
conosciuti in CPTI04 ma privi di dati di intensità in area Etnea			19	97
d) nuovi o non considerati in precedenza in quanto repliche			371	13951
nuovi o non considerati in precedenza in quanto repliche in area Etnea			121	2211
e) del periodo 2003-2006			32	5202
del periodo 2003-2006 in area Etnea			6	125
f) non inseriti in DBMI11 in quanto i dati provengono da database esteri	19	897		
g) dichiarati falsi	2	16		
h) con epicentro al di fuori della nuova area CPTI	1	4		
i) profondi	1	198		
l) CMTE con $I_0 \leq 5$	1	31		
m) pre 1000	24	54		
Totale	1041	58146	1681	86071

Rispetto al vecchio database DBMI04 sono disponibili dati per 1928 nuove località in territorio italiano.



Confronto tra le località presenti con dati in DBMI04 e DBMI11

Il contributo più elevato a DBMI11 proviene dallo studio CFTI4med, che concorre con circa 30000 dati d'intensità relativi a 542 eventi: per 220 eventi i dati di CFTI4med hanno sostituito quelli di una versione precedente di CFTI. Tutti i dati che compongono il database sono stati trattati secondo le procedure di omogeneizzazione e di validazione adottate per DBMI04, cui si rimanda. In particolare, parallelamente alla compilazione del database si è proceduto all'aggiornamento del riferimento geografico, anche mediante il confronto con il file ISTAT delle località abitate italiane 2001 (ISTAT, 2006).

Codice	Descrizione
D	danno (damage): danno di entità non precisabile (indicativamente $\text{Int} \geq 6$)
F	avvertito (felt): si ritiene di escludere che si siano verificati danni ($3 \leq \text{Int} \leq 5$)
NC	non classificato (not classified): indica una informazione non classificabile in termini di intensità ovvero con i codici utilizzati
EE	effetti sull'ambiente (environment effects): effetti sull'ambiente in prossimità della località cui vengono riferiti
SW	effetti marini anomali (sea waves): indica maremoto o comunque effetti anomali in mare, in prossimità della località cui vengono riferiti
NR	non segnalato (not reported): utilizzato a volte per segnalare che nelle fonti non vi è menzione di effetti per quella data località
NF	non avvertito (not felt): in presenza di segnalazione esplicita è equiparabile a $\text{Int}=1$
RS	registrazione strumentale: alcuni studi riportano questa informazione, non utilizzabile dal punto di vista macrosismico, che tuttavia si è preferito conservare

Classificazione di effetti non esprimibili in termini di intensità macrosismica

Per ogni terremoto sono resi disponibili:

- dati macrosismici;
- mappe nelle quali i valori di intensità sono rappresentati secondo la nuova convenzione grafica adottata in sede europea (progetto AHEAD);
- i parametri epicentrali (epicentro e Mw) macrosismici e strumentali, ove disponibili (per le modalità di determinazione si rimanda al catalogo CPTI11);
- box sismogenetiche, calcolate dal codice Boxer (Gasperini et al., 1999), per i terremoti successivi al 1600 e con Mw ≥ 6.5 .

Grazie al sistema di consultazione on-line messo a disposizione dall'interfaccia web (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>), è stato possibile estrarre e localizzare gli epicentri degli eventi (n.11), con valori di Magnitudo momento (Mw) compresi nell'intervallo fra 4.16 e 6.23.

valori di Magnitudo momento (Mw) compresi nell'intervallo fra 4.16 e 6.23.

Anno	mese	giorno	ora	Area epicentrale	nP	Io	Mw
1894	11	27	05:07	FRANCIACORTA	183	6	5.07 ±0.10
1895	4	14	22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
1898	3	4	21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
1931	4	14	22:13	GIUDICARIE	160	6	4.92 ±0.10
1936	10	18	03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9	6.12 ±0.09
1976	12	13	05:24	RIVA DEL GARDA	128	7	4.97 ±0.12
1983	11	9	16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
1991	11	20	01:54	Alpi Centrali	469		5.10 ±0.22
1999	12	29	20:42	Bormio	74	5	4.78 ±0.09
1999	12	31	04:55	Bormio	99	5	4.16 ±0.09
2001	7	17	15:06	Merano	663	6	4.84 ±0.09

I₀ (x10): Intensità epicentrale
 Mw: Magnitudo momento

Storia sismica di Brescia (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>)

6.3 NT4.1.1

In ambito GNDT, ed in particolare nell'ambito delle iniziative per la valutazione della pericolosità sismica del territorio italiano, a partire dal 1990 si è posta la necessità di produrre cataloghi parametrici compilati secondo criteri orientati alla valutazione della pericolosità sismica (Stucchi, 1991) e che considerassero i risultati delle ricerche effettuate dopo la pubblicazione del catalogo PFG (Postpischl, 1985a). Il primo di questi cataloghi è stato prodotto nel giugno 1993 (Stucchi et al., 1993; GNDT WG, 1993; Stucchi e Zerga, 1994); successive versioni sono state prodotte e utilizzate nelle varie fasi del progetto.

La versione NT4.1 rappresenta una rifinitura del catalogo usato per la compilazione delle mappe di pericolosità sismica consegnate dal GNDT al Dipartimento della Protezione Civile nel giugno 1996 (Slejko, 1996). La versione NT4.1.1 (luglio 1997) contiene alcune correzioni ad errori evidenziati nella fase successiva alla pubblicazione e alcune modifiche provenienti da controlli effettuati sui dati di base. Di seguito si riportano le osservazioni sismiche consultate nel sito (http://emidius.mi.ingv.it/DOM/consult_loc.html).

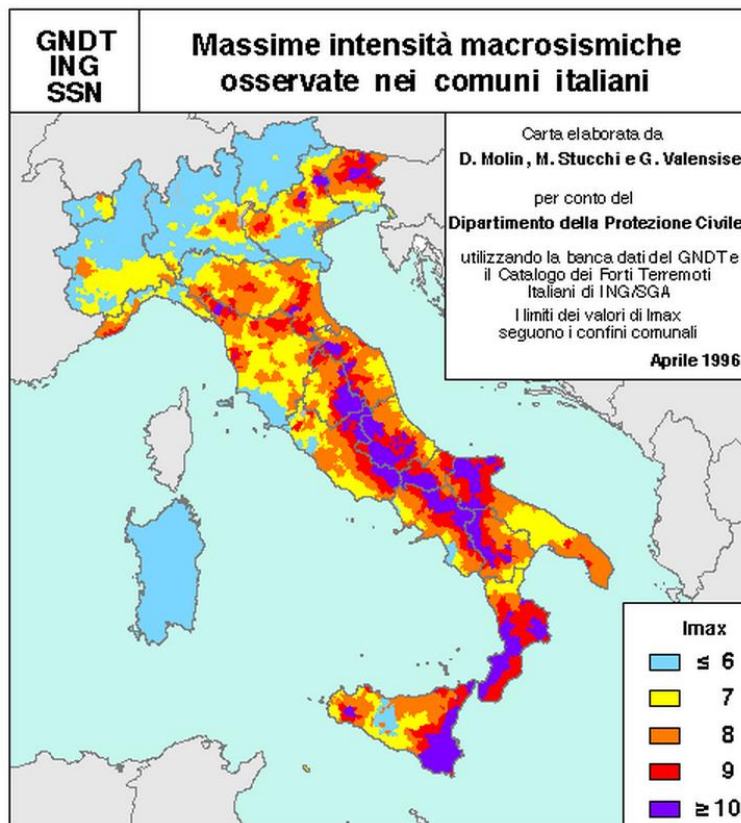
Osservazioni sismiche (6) disponibili per
 EDOLO (BS) [46.178, 10.331]

Data					Effetti	in occasione del terremoto di:		
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms
1917	12	09	21	40	45	ALTA ENGADINA	70	47
1936	10	18	03	10	40	BOSCO CANSIGLIO	90	58
1931	04	14	22	13	35	GIUDICARIE	60	44
1898	03	04			F	CALESTANO	70	47
1894	11	27			30	FRANCIACORTA	65	47
1976	12	13	05	24	30	RIVA DEL GARDA	70	41

Per Edolo sono disponibili n.6 osservazioni sismiche. L'evento che ha prodotto gli effetti sismici maggiori è quello del 1936 per il quale si ricava una magnitudo Ms pari a 5,8.

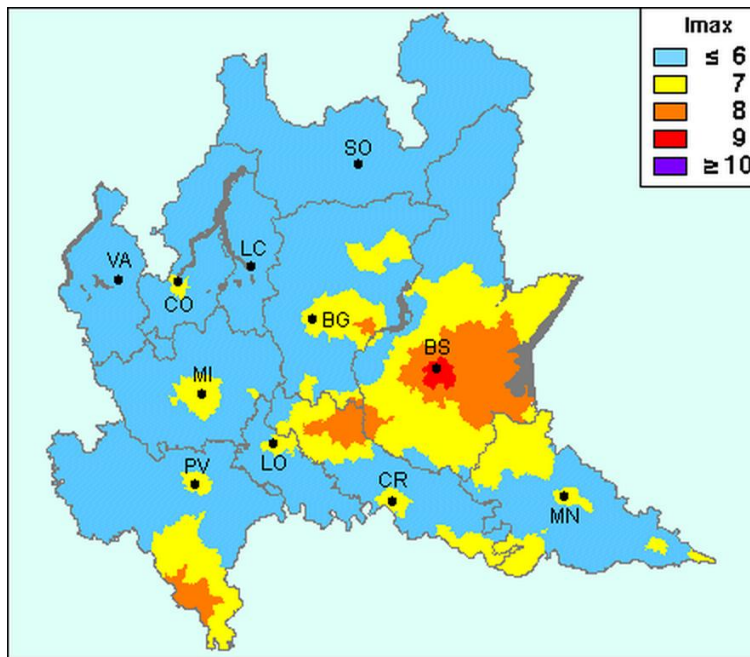
6.4 BANCA DATI GNDT 1996

A partire dal 1988 il GNDT ha raccolto, verificato e ricompilato la grande maggioranza dei dati macrosismici disponibili per terremoti relativi al periodo 1000-1980 e successivo aggiornamento del 1996. Questi dati provengono da alcuni bacini principali, in parte pubblici, in parte riservati, e da studi isolati. Per diversi terremoti sono disponibili più studi, ossia più insiemi di dati compilati a partire da informazioni primarie (record storici) parzialmente coincidenti, ed interpretati con criteri spesso non omogenei. Il GNDT ha dato corso a nuovi studi di terremoti, privilegiando gli eventi per i quali non fossero già disponibili studi qualificati; anche in questo caso i dati sono stati georeferenziati, in analogia a quanto discusso in precedenza. Per entrambi i gruppi di studi è stata data priorità agli eventi "principali" di ciascuna sequenza, con esclusione quindi delle repliche individuate secondo il criterio adottato per la compilazione dei cataloghi NT (Stucchi e Zerga, 1993). In totale, utilizzando i dati della banca GNDT, la mappa delle massime intensità osservate può essere prodotta a partire da 943 eventi di intensità epicentrale superiore o uguale alla soglia del danno ($I_0 \geq 5/6$). Per questi eventi si dispone complessivamente di circa 33.000 osservazioni riferite a 9070 località, di cui 8518 in territorio italiano.



Mappa delle massime intensità sismiche osservate nei comuni italiano

Nell'area in oggetto, si evidenziano valori dell'intensità macrosismica ≤ 6 .



Massima intensità macrosismica Regione Lombardia

Suddivisione

1. Non avvertito	Non avvertito, nemmeno nelle più favorevoli circostanze.
2. Avvertito raramente	La vibrazione è sentita in casa solo da alcuni individui a riposo, specialmente ai piani superiori degli edifici.
3. Debole	La vibrazione è debole ed è avvertita in casa da poche persone. La gente a riposo avverte un'oscillazione o un leggero tremore.
4. Ampiamente rilevato	Il terremoto è sentito in casa da molte persone, mentre all'esterno è avvertito da pochissime. Poche persone sono svegliate. Il livello di vibrazione non è spaventoso. Finestre, porte e piatti vibrano. Oggetti appesi oscillano.
5. Forte	Il terremoto è avvertito in casa da molti, fuori da pochi. Molte persone vengono svegliate. Poche persone corrono fuori. Gli edifici tremano da un capo all'altro. Gli oggetti appesi oscillano in modo considerevole. Porcellane e bicchieri producono all'unisono rumori d'acciottolio. La vibrazione è forte. Oggetti sbilanciati per il loro maggior peso nella parte superiore cadono giù. Porte e finestre si aprono e chiudono.
6. Leggermente dannoso	Avvertito in casa dalla maggioranza delle persone e da molte fuori. Molta gente negli edifici è spaventata e corre fuori. Cadono piccoli oggetti. Danni superficiali agli edifici ordinari; per esempio, sottili crepe nell'intonaco con caduta di piccoli pezzi.
7. Dannoso	La maggior parte delle persone spaventata corre fuori dalle case. Gli arredi sono spostati e gli oggetti cadono dai ripiani in gran numero. Molte costruzioni ordinarie subiscono danneggiamenti moderati: piccole crepe nei muri; parziale collasso dei cornicioni.
8. Fortemente dannoso	Gli arredi possono essere rovesciati. Molti edifici ordinari patiscono danni: i cornicioni cadono; ampie crepe appaiono nei muri e alcuni edifici possono parzialmente crollare.
9. Distruttivo	Monumenti e colonne cadono o sono distorte. Molti edifici ordinari crollano parzialmente mentre alcuni crollano completamente.
10. Molto distruttivo	Molti edifici ordinari crollano.
11. Devastante	Molti edifici ordinari crollano, i più resistenti vengono gravemente danneggiati.
12. Completamente devastante	Praticamente tutte le strutture sopra e sotto la terra sono pesantemente danneggiate o completamente distrutte.

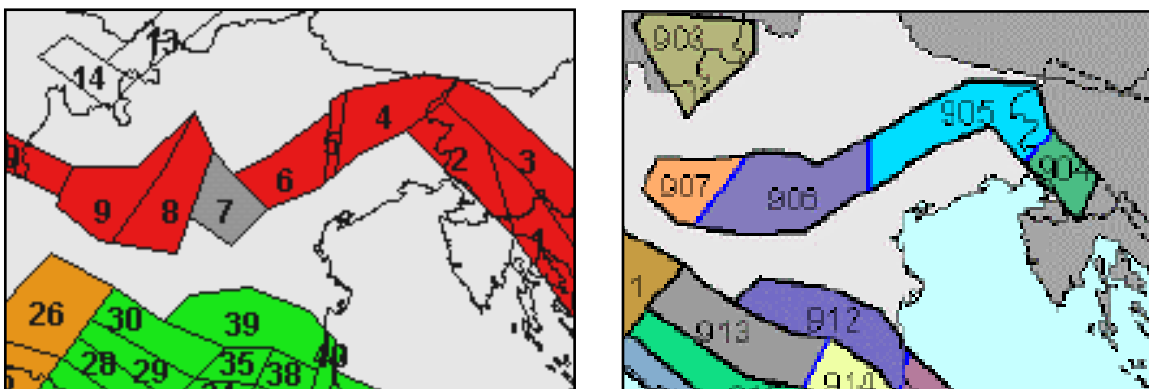
La versione completa viene riportata nel sottostante collegamento esterno.

La magnitudo momento M_w può essere determinata a partire dall'intensità macrosismica mediante la seguente relazione (Ezio Faccioli, Roberto Paolucci: "Elementi di sismologia applicata all'ingegneria"):

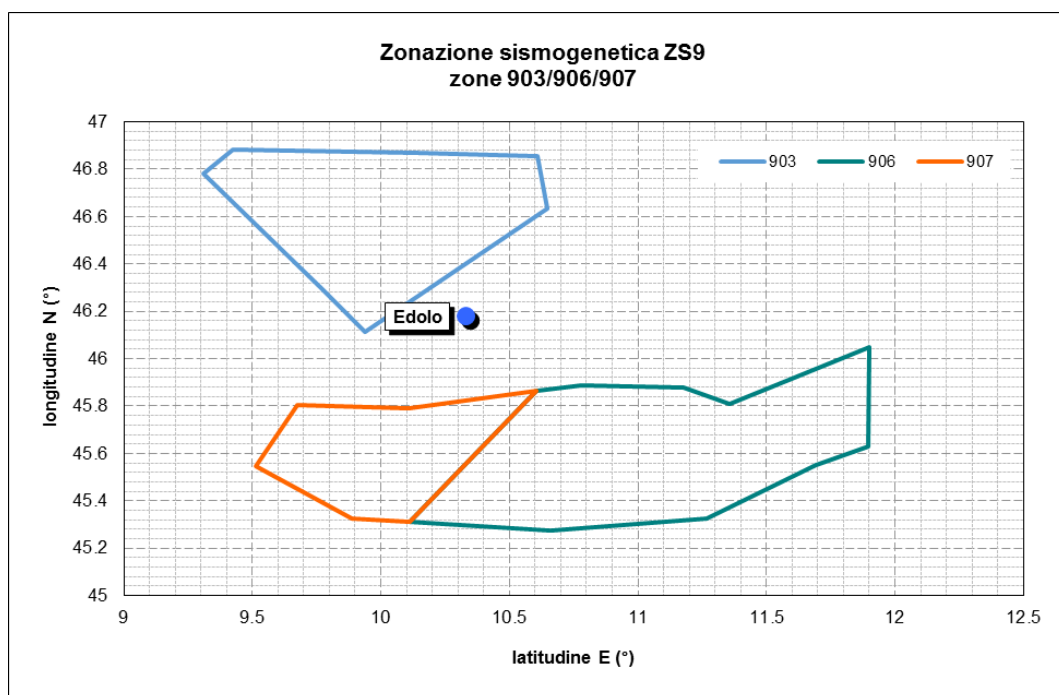
$$M_w = 0.430 \times I_o + 2.182$$

Nel caso in esame assumendo $I_o = 6$ risulta $M_w = 0.430 \times 6 + 2.182 = 4,7$.

La zonazione sismogenetica è uno degli strumenti utilizzati per la valutazione della pericolosità sismica del territorio italiano. La sismogenetica ZS.4 è stata tracciata nel 1996, utilizzata per la redazione della carta di pericolosità sismica nazionale dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (1996) e dal Servizio Sismico Nazionale (2001) e rappresenta uno schema geodinamico e sismotettonico ancora valido nelle sue linee generali, sebbene le nuove conoscenze in riferimento al quadro cinematico generale e alla geometria delle sorgenti sismogenetiche e la necessità di una maggiore coerenza con il nuovo catalogo dei terremoti CPTI2, abbiano portato recentemente alla redazione di una nuova zonazione sismogenetica ZS.9 (2004). Le zone rappresenterebbero quindi degli embrioni di macrostrutture le cui orientazioni seguono i principali andamenti alpini o appenninici, con importanti strutture trasversali di svincolo. Di seguito si riportano gli estratti delle due zonazioni sismogenetiche per rendere meglio evidente le modifiche apportate alle diverse zone che interessano l'area di studio.



Zonazione sismogenetica: a) ZS.4 – 1996. b) ZS.9 – 2004



Zone sismogenetiche 903, 905 e 906

Come si evince dai modelli sismotettonici (ZS4 e ZS9), il Comune di Edolo non rientra in alcuna zona sismogenetica, pertanto la pericolosità sismica dell'area di progetto sarà valutata mediante:

- Correlazioni empiriche basate sui risultati della campagna di indagini geognostiche;
- utilizzo della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (www.mi.ingv.it);
- Carta della sismicità in Italia (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).

7. Effetti di amplificazione locale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (§3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018), si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante l'utilizzo di un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. In particolare viene classificato il terreno presente al di sotto del piano di posa delle fondazioni dell'opera di progetto, attraverso il valore della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Il Decreto suddivide i terreni secondo quanto riportato nella tabella seguente.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Anmassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Categorie di sottosuolo

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

in cui h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\epsilon < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di n -strati presenti nei 30 m superiori. La stima delle velocità delle onde di taglio con la profondità può essere effettuata direttamente mediante prove per la misura delle proprietà dinamiche in sito (esempio: down-hole, cross-hole, MASW). Secondo quanto riportato nelle NTC2018 la classificazione può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (SPT) $N_{spt,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza a taglio non drenata $C_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina. Per le formazioni granulari, La maggiore parte delle correlazioni esistenti in letteratura tra V_s , gli indici delle prove penetrometriche, e la profondità, si presenta nella seguente forma esponenziale:

$$V_s = aN_{SPT}^b D^c$$

Per le prove penetrometriche SPT, tra le diverse correlazioni disponibili, quella proposta dagli autori Ohta e Goto (1978) è quella di maggior interesse, poiché prende in considerazione sia l'età geologica del deposito che il tipo di terreno. La correlazione di Ohta e Goto (1978), aggiornata da Seed (1986), è la seguente:

$$V_s = 69 \cdot N_{60}^{0.17} \cdot Z^{0.2} \cdot E \cdot F$$

dove:

- N_{60} è il numero di colpi della prova SPT normalizzata a ER=60%;
- Z è la profondità [m];
- E fattore età del deposito (1=depositi olocenici, 1,3=depositi pleistocenici);
- F tipo di terreno (1=argille; 1,03=sabbie fini; 1,07=sabbie medie; 1,14=sabbie grosse; 1,15=sabbie e ghiaie; 1,45=ghiaie).

8. CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA E VITA ATTESA

Di seguito si riporta un estratto della normativa nazionale in vigore (NTC 18) con riportati i paragrafi relativi alla Vita Nominale dell'opera (V_N), alla Classe d'uso, e al periodo di riferimento (V_R) per il calcolo dell'azione sismica.

2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel caso in esame si considera:

Vita nominale $V_n \geq 50$ anni
 Classe d'uso IV $\rightarrow C_u = 2.0$
 Periodo di riferimento $V_r = V_n \cdot C_u = 100$ anni

9. Parametri per il calcolo sismico delle opere

Il presente paragrafo riporta i parametri di accelerazione massima al suolo (a_{\max}/g) e le componenti orizzontali e verticali dell'azione sismica (k_H e k_V) in funzione della categoria del sottosuolo e della vita di riferimento dell'opera. Tali parametri sono utilizzati nelle rispettive relazioni specialistiche di calcolo delle nuove opere.

Le principali opere in progetto sono essenzialmente costituite dalla galleria "Edolo", i cui imbocchi sono ubicati alle seguenti coordinate geografiche:

	latitudine	longitudine
Imbocco SUD	46.174°	10.342°
Imbocco NORD	46.188°	10.341°

A tali coordinate, in relazione alla classe d'uso ed alla vita nominale assunte per l'opera in progetto, si associano i seguenti valori della accelerazione sismica di riferimento:

	a_g/g
Imbocco SUD	0.0712
Imbocco NORD	0.0716

e dal Ponte sul Fiume Oglio posto alle seguenti coordinate:

- Latitudine: 46.187
- Longitudine: 10.340
- Accelerazione sismica al sito: $a_g/g = 0.0717$

La risposta sismica locale deve poi essere corretta in relazione alla "Categoria del Suolo" e alle "Condizioni Topografiche" proprie del sito di costruzione mediante i relativi coefficienti di amplificazione.

Per quanto concerne la categoria del suolo associabile alla galleria naturale, in relazione alle caratteristiche degli ammassi rocciosi attraversati, rilevati nel corso delle indagini, si ritiene di classificare l'intero sito come appartenente alla categoria "A". Il relativo coefficiente di amplificazione stratigrafica risulta quindi pari a $S_S = 1.00$.

Fa eccezione il solo tratto iniziale di galleria in corrispondenza dell'imbocco Sud ove, per la presenza di depositi alluvionali e coltri detritiche, il terreno viene classificato come appartenente alla categoria "B", alla quale corrisponde un coefficiente $S_S = 1.20$.

Anche per il ponte sul Fiume Oglio, ove in sito sono presenti alluvioni grossolane analoghe a quelle presenti all'imbocco sud della galleria, il terreno viene classificato come appartenente alla categoria "B"

In tutti i casi si può fare riferimento ad una categoria topografica T1, alla quale un coefficiente di amplificazione topografica pari a $S_T=1.00$.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Ai fini del calcolo, le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica sono così determinate:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max}/g \quad k_v = \pm 0.5 k_h$$

Dove: β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito, pari a $a_g \cdot S_S \cdot S_T$ (g = accelerazione di gravità).

I valori di β_s sono illustrati nella tabella seguente in relazione alle categorie di sottosuolo e all'accelerazione sismica attesa.

Tab. 7.11.I – *Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito*

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

I coefficienti amplificativi S_S ed S_T sono così definiti:

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_S e di C_C*

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

10. Considerazioni sulla valutazione del potenziale di liquefazione

Con il termine liquefazione si intende un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello freatico perde temporaneamente resistenza e si comporta come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace. La liquefazione ha luogo quando la pressione dei pori aumenta fino a eguagliare la pressione intergranulare; in termini tecnici la liquefazione ha inizio quando la pressione dei pori (u_0) eguaglia la pressione totale (σ_{v0}), producendo uno stato della pressione efficace nullo. L'incremento della pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale granulare a compattarsi quando è soggetto alle azioni cicliche del sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno. La liquefazione del terreno dovuta a movimenti sismici, con le conseguenti deformazioni associate, è una delle cause più importanti di danneggiamento e crollo delle costruzioni fondate su terreni non coesivi saturi ed è il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori:

- fattori predisponenti:
 - il terreno deve essere saturo, non compattato, non consolidato, sabbioso o limoso o un miscuglio di poca argilla.
 - Distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in sito iniziale, ecc.
- fattori scatenanti:
 - Sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima superficiale, inoltre il sito deve essere scosso sufficientemente a lungo e con forza dal sisma.

Alla liquefazione del terreno possono, infatti, associarsi estesi fenomeni di subsidenza, movimenti di masse fluidificate del terreno, ecc. ma anche effetti meno devastanti, quali cedimenti differenziali, lesioni nelle strutture, ecc. che tuttavia possono indurre gravi danni alle opere. L'ammontare delle deformazioni conseguenti alla liquefazione dipende dallo stato di addensamento del suolo, spessore ed estensione areale dello strato liquefacibile, dalla pendenza della superficie del terreno e dalla distribuzione dei carichi applicati dalle opere. Sono suscettibili alla liquefazione:

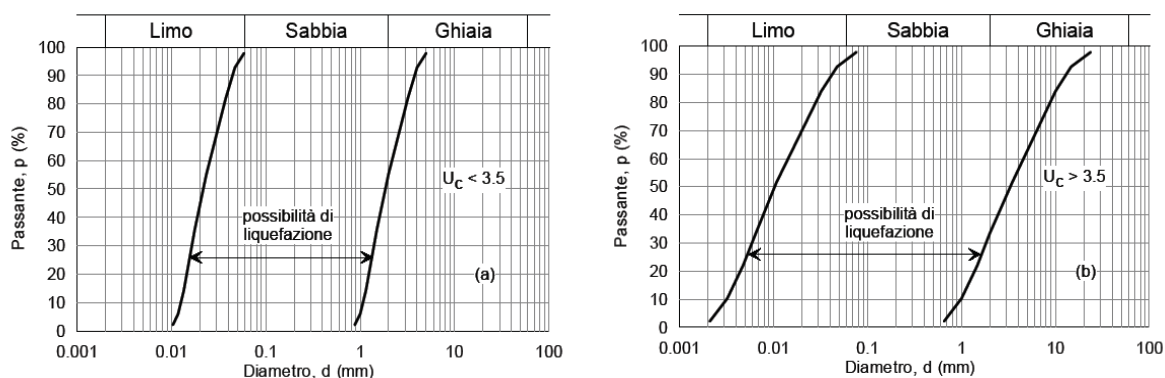
- i suoli non coesivi e saturi (sabbie e limi, occasionalmente ghiaie) con contenuto di fini plastici relativamente basso (inferiore al 15%);
- i suoli costituiti da particelle relativamente uniformi, in cui predomina una dimensione di particelle;
- i depositi sabbiosi recenti (età Olocenica).

Nei paragrafi successivi si riporta il metodo utilizzato per determinare la suscettività o meno alla liquefazione dei terreni interessati dalle opere in oggetto, in funzione:

- delle prescrizioni dettate dalla normativa vigente;
- delle caratteristiche meccaniche dei vari profili litostratigrafici;
- della Magnitudo Momento e del grado di sismicità dell'area oggetto di studio.

Il paragrafo 7.11.3.4 del D.M. 17 gennaio 2018 stabilisce che, in caso di scuotimento sismico, il sito presso il quale è ubicato l'opera deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Eventi sismici attesi di Magnitudo Momento inferiore a 5.
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1-g.
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguenti figure nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

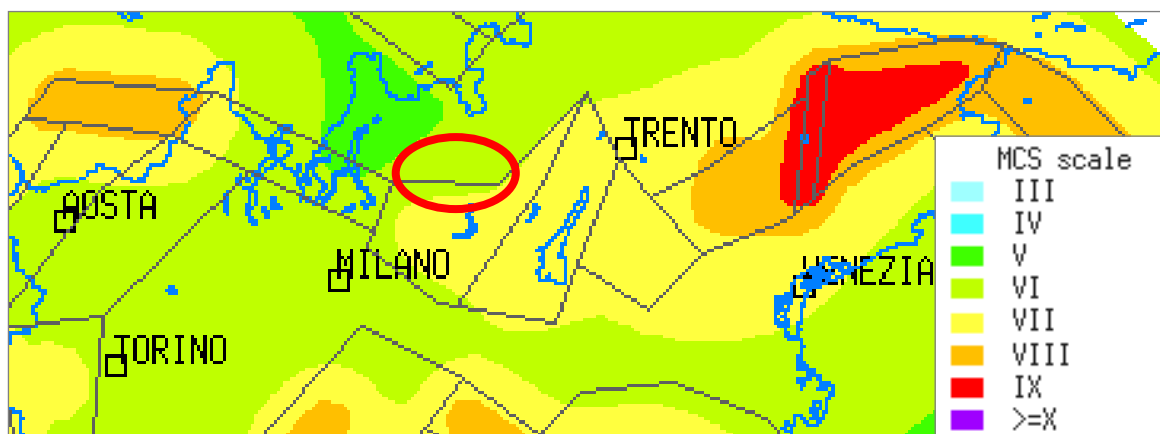
Nel caso in esame, risultano rispettate le circostanze n.2 ($a_g/g = 0.05-0.075 < 0,1$), n.4 (depositi costituiti da ghiaie con $N_{160} > 30$) e n.5 (distribuzione granulometrica esterna ai fusi indicati nella figura precedente), e pertanto si può omettere la verifica a liquefazione dei terreni di fondazione interessati dalle opere di progetto.

11. Conclusioni

A seguito della consultazione dei vari cataloghi messi a disposizione dall'INGV, l'analisi storica degli eventi sismici registrati nell'area di Edolo, documenta terremoti di cui ai seguenti valori massimi di Magnitudo.

- Catalogo CPTI04 → **M = 5.84**
- Catalogo DMBI11 → **M = 6.23**
- Catalogo NT4.1.1 → **M = 5.8**
- Catalogo GNDT1996 → **M = 4.7**

La maggior parte dei suddetti valori superano i valori riassunti dalla Mappa di Pericolosità sismica del territorio Nazionale e proposti dall'Ordinanza P.C.M. 3516/06, per cui il Comune di Edolo si colloca a livello di grado VI della scala Mercalli, a cui corrisponde un indice 5.4 di Magnitudo della scala Richter, mentre gli studi relativi alla "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini M-R-ε", evincono valori medi di Magnitudo pari a 5.15 per un tempo di ritorno di 974 anni.



Carta della sismicità in Italia

In base alla recente D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 l'area in esame è classificata in zona 3, contrassegnata da un parametro di accelerazione massima orizzontale a_g compreso nell'intervallo $0,05-0,075 \cdot g \text{ m/s}^2$ (valore riferito ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni) come segnalato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

L'analisi del potenziale di liquefazione evidenzia la non suscettibilità dell'area per i motivi elencati nel paragrafo precedente.