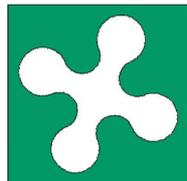




PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

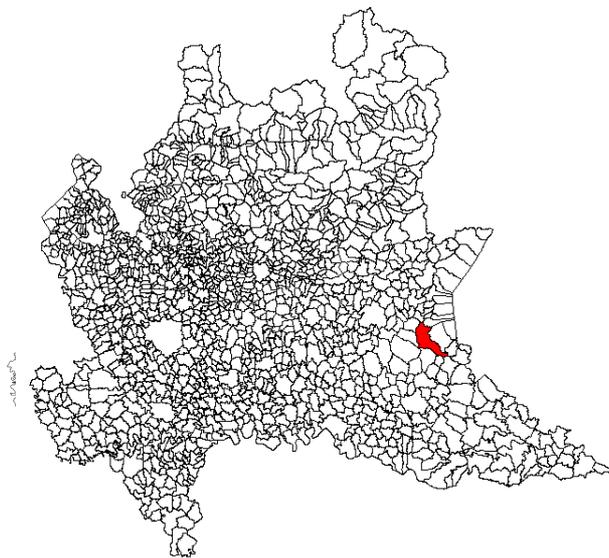
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Lombardia

Comune di Lonato del Garda



Comune di Lonato del Garda

Soggetto realizzatore



Dott. Geol. Rosanna Lentini
 Dott. Geol. Damiano Scalvini
 Via Verdi 9 – 25080 Padenghe s/G (BS)
 Tel./Fax. 030.9914222
 E-mail: info@lentinirosannageologia.it

Data

Agosto 2015

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

INDICE

1.	INTRODUZIONE – RIFERIMENTI NORMATIVI SPECIFICI	2
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI RELATIVI ALLA SISMICITA' NELL'AMBITO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE LOMBARDA	3
1.2	METODOLOGIA DI LAVORO	6
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	11
2.1	INQUADRAMENTO STRUTTURALE	11
2.2	INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO	13
2.3	SISMICITÀ STORICA	20
2.4	FAGLIE SISMOGENETICHE- FAGLIE CAPACI	32
2.5	NORMATIVE SISMICHE – VALORI DI A_g	38
2.6	RISPOSTA SISMICA DEL SITO AI SENSI DEL D.M. 14/01/08	41
2.6.1	<i>Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica</i>	<i>42</i>
2.6.2	<i>Pericolosità sismica del sito – Parametri sismici di riferimento ai sensi del D.M. 14/01/08.....</i>	<i>44</i>
2.6.3	<i>Amplificazione Stratigrafica (Ss) e Topografica (St).....</i>	<i>45</i>
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	47
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	47
3.2	ELEMENTI GEOLOGICI-STRATIGRAFICI	50
3.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA.....	56
3.3.1	<i>Forme e depositi glaciali antichi</i>	<i>59</i>
3.3.2	<i>Forme e depositi di tipo gravitativo</i>	<i>61</i>
3.3.3	<i>Forme legate allo scorrimento delle acque superficiali.....</i>	<i>61</i>
3.3.4	<i>Forme depositi e dinamica lacustre</i>	<i>62</i>
3.3.5	<i>Forme antropiche</i>	<i>63</i>
3.3.6	<i>Attività estrattive e discariche</i>	<i>63</i>
3.4	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	65
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI – CARTA DELLE INDAGINI	69
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO – CARTA GEOLOGICO/TECNICA	71
6	ANALISI DI LIVELLO 1 AI SENSI DELLA D.G.R. 9/2616/2011.....	100
6.1	EFFETTI DI INSTABILITÀ.....	100
6.2	EFFETTI DI CEDIMENTI E/O LIQUEFAZIONE	101
6.3	EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE O DI SITO	102
7	"CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) AI SENSI DEGLI ICMS"	104
7.1	ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE	105
7.2	ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'.....	109
7.2.1	<i>Instabilità di versante</i>	<i>109</i>
7.2.2	<i>Faglie Attive e Capaci</i>	<i>109</i>
7.3	FORME DI SUPERFICIE	110
8	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO 2	111
AI SENSI DEGLI ICMS E DEI CRITERI REGIONALI.....		111
8.1	EFFETTI MORFOLOGICI - STIMA DEL VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE (FT) DI SITO	111
8.2	EFFETTI LITOLOGICI - STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (FA) DI SITO	113
8.3	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO 2.....	121
9.	CONCLUSIONI.....	122

*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

1 INTRODUZIONE – Riferimenti Normativi Specifici

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Lonato del Garda (BS) (**Det. Dirigente Area Tecnica n° 39 del 24/02/2015**) la scrivente *Dott. Geol. Rosanna Lentini* con la collaborazione del *Dott. Geol. Damiano Scalvini* hanno eseguito uno *Studio di Microzonazione Sismica* secondo i "*Criteria regionali per la realizzazione di studi di Microzonazione Sismica di cui all'Ordinanza P.C.M. n° 4007/2012 e s.m.i. e all'Ordinanza C.D.P.C 52/2013 e Decreto C. Di Protezione Civile 15 Aprile 2013*" (All.1 alla nota Z1.2012.0020672 del 08/08/2012 ed alla nota Z1.2013.0017362 del 07/11/2013).

Essendo lo studio eseguito in adempimento all'Ordinanza P.C.M. n° 4007 del 29/02/2012 esso prevede, ai sensi dell'Art. 5 della stessa Ordinanza, la sperimentazione della procedura prevista dagli "*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica -ICMS*" (*Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008*).

Gli "*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica- ICMS*", ai sensi dei commi 6-7 dell'Art. 5 dell'OPCM 4007/2012, vengono integrati dagli "*Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*", già previsti dall'Art. 5 comma 7 dell'Ord. P.C.M. 3907 del 13 Novembre 2010, predisposti ed aggiornati dalla *Commissione Tecnica per la microzonazione sismica*, di cui all'Art. 5 commi 7 e 8 dell'Ord. P.C.M. 3907/2010, istituita dal D.P.C.M. del 21/04/2011.

Il documento tecnico di riferimento (ICMS) ripercorre in gran parte le metodologie e gli standard operativi previsti nei criteri ed indirizzi proposti per l'esecuzione della Componente Geologica nella Pianificazione, in vigore in Regione Lombardia già dal 2005 (All.5 alla D.G.R. 8/1566/05 come modificata, in ultimo dalla D.G.R. 8/7374/08 e dalla D.G.R. 9/2616/11, vedi più diffusamente successivo ¶1.1 "*Riferimenti normativi generali relativi alla sismicità nell'ambito della pianificazione territoriale lombarda*").

Le specifiche definite da Regione Lombardia con l' "*All.1 alla nota Z1.2012.0020672 del 08/08/2012 ed alla nota Z1.2013.0017362 del 07/11/2013*", poste alla base per l'affidamento del presente incarico, si prefiggono di "raccordare" la normativa nazionale a quella "regionale"; viene inoltre richiesto di eseguire lo studio di Microzonazione Sismica in applicazione della *Versione 3.0* degli "*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*" aggiornati in data (*Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - Ottobre 2013*).

Interpretando in maniera "integrata" tutte le normative sopracitate, talora parzialmente contraddittorie, si è pervenuti a definire una procedura operativa che preveda l'applicazione del **Livello 1 dei Criteri Regionali Lombardi** e del **Livello 1 previsto dagli ICMS** nonché, in maniera "mista", del **Livello 2 previsto sia dagli ICMS che dai Criteri Regionali Lombardi.**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Come verrà più diffusamente esemplificato al successivo §1.2, "Metodologia di Lavoro", per tutto quanto concerne l'applicazione del 1° e 2° livello dei Criteri Regionali, ma anche per la redazione delle cartografie tematiche richieste per gli ICMS si è proceduto ad una **sostanziale revisione/integrazione** dell'Aggiornamento della "Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio" del territorio comunale di Lonato del Garda, secondo i criteri ed indirizzi dell'art.57 della L.R. 11 Marzo 2005 n°12" (Dott. Geol. R. Lentini – Luglio 2009) e degli specifici allegati.

Come risultato finale dell'applicazione del 1° e 2° Livello degli ICMS si è pervenuti alla realizzazione della "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) - Livello 1" e della "Carta delle Microzonazione Sismica - Livello 2".

In parallelo è stato svolto uno studio relativo all'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) a cura del Dott. Ing. Gian Pietro Avanzi e che viene presentato nello stesso periodo del presente lavoro di Microzonazione Sismica.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI RELATIVI ALLA SISMICITA' NELL'AMBITO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE LOMBARDA

L'Ordinanza n° 3274 del 20/03/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica", ha di fatto modificato la classificazione sismica del territorio nazionale.

L'Ordinanza richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di a_g sul proprio territorio e quindi di assegnare ogni area ad una delle zone della nuova classificazione.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03 ha fornito alcune disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ord. 3274/2003, confermandone la classificazione dei territori comunali lombardi e prescrivendo l'adeguamento alle norme tecniche allegate.

In particolare il Comune di Lonato del Garda, precedentemente non classificato in alcuna categoria sismica, è stato incluso in zona sismica 3 come individuato dall'Allegato A della stessa Ordinanza e dall'Allegato A della D.G.R. n° 7/14964 del 7/11/03.

Già l'Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 27/04/06 fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di Lonato del Garda in zona sismica 2 ed in particolare nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Il nuovo Testo Unico per l'edilizia definisce, con il D.M. del 14/09/05 e con le successive modifiche e revisione del D.M. 14/01/2008, le "Norme Tecniche per le costruzioni", alla cui entrata in vigore definitiva (a partire dal 01/07/2009) è divenuto vigente l'obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica 1, 2 e 3.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
“INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (**D.M. 14/01/2008**) sono state, di fatto, adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione amministrativa.

La **Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008 e nella D.G.R. n°9/2616 del 30/11/2011 e s.m.i. (punto 1.4.3) che “la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria”** e specifica altresì che **“ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell’All. B al citato D.M.”**. I dati riportati nell’All.B del D.M. 14/01/2008 coincidono per lo più con quelli riportati nell’Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l’utilizzo di programmi applicativi, quali “Spettri-NTC ver.1.0.3” (vedi paragrafi successivi).

Tuttavia di recente la Regione Lombardia con **D.G.R. X/2129 del 11/07/14** ha approvato un **“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”** che recepisce definitivamente la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 10 ottobre 2014 - n. X/2489, entrerà in vigore il 14 ottobre 2015.

La sopracitata D.G.R. ha recepito la classificazione dell’Ord. P.C.M. 3519/2006 ed ha pertanto confermato il Comune di Lonato del Garda (BS) in **zona sismica 2** con valore di **$a_{gmax}=0,15926$** anche a livello regionale e pertanto ai fini pianificatori. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

Tuttavia attualmente, ai fini della pianificazione territoriale, si dovrà ancora tenere conto della classificazione riportata nella O.P.C.M. 3274 del 2003. Per quanto concerne il territorio comunale di Lonato del Garda si sottolinea che la nuova classificazione incrementa la zona sismica di appartenenza (zona sismica 2 anziché 3).

La pubblicazione della **L.R. 12/05** e delle più recenti direttive attuative (in ultimo **D.G.R. n. 9/2616 del 30/11/2011 e s.m.i.** - Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., in attuazione dell’art. 57, comma 1 della L.R. 11 marzo 2005, n.12”) introduce, rispetto alla precedente **L.R. 41/97** ed alle relative direttive della **D.G.R. 7/6645 del 29/10/2001**, ma anche rispetto alle prime direttive della **D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005** emanate già in attuazione dell’art. 57, comma 1 della L.R. 11 marzo 2005, n.12, importanti innovazioni in fatto di redazione degli studi geologici ed in particolare riguardo all’analisi della componente sismica ed alla cartografia di vincolo e di fattibilità.

La normativa regionale prevede peraltro in fase di pianificazione **per tutti i comuni**, qualsiasi sia la zona sismica definita dall’Ord. P.C.M. 3274/03, **l’obbligo di eseguire la**

*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

valutazione del rischio sismico correlato alle condizioni geologiche e geomorfologiche mediante l'applicazione del **Livello 1 di Analisi di Pericolosità Sismica Locale** secondo la metodologia e le procedure indicate, in ultimo, nell'**All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011**.

Le condizioni locali possono infatti influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. La procedura prevede quindi la valutazione di diversi gruppi di effetti locali (instabilità; cedimenti e/o liquefazioni; effetti di sito o di amplificazione litologica). I risultati dell'analisi di 1° livello regionale e le relative aree di pericolosità sismica locale (PSL) devono essere riportate nella "**Carta di Pericolosità Sismica**" da allegare al Documento di Piano.

Nei comuni ricadenti in zona sismica 1-2-3, ai sensi dell'Ord. P.C.M. 3274/2003, tenuto conto dei risultati dell'analisi di 1° livello, deve essere eseguito il **Livello 2 di Analisi di Pericolosità Sismica Locale**, applicando i metodi previsti dall'**All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011** e quindi mediante la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella Carta di Pericolosità Sismica Locale in zone di PSL suscettibili di amplificazione.

La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattore di Amplificazione di sito (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche e morfologiche; il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5 e 1.5 s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide ed a strutture alte e flessibili.

L'applicazione del 2° livello della normativa regionale, in generale, consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale (Pericolosità Sismica di Base) risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunale, elaborati dalla Regione Lombardia e riportati nella Banca dati "soglie_lomb.xls").

La metodologia permette inoltre di individuare la "Categoria di Sottosuolo", maggiormente cautelativa, da adottare in progetto, al fine di riportare il valore di Fa di sito al di sotto di quello di soglia normativa.

Come risultato finale tali aree, come individuate sul territorio comunale, devono essere idoneamente segnalate nella "Carta di Fattibilità" allegata al Documento di Piano e devono essere associate a specifiche NTA che i Progettisti dovranno applicare per ciascun nuovo intervento.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

1.2 METODOLOGIA DI LAVORO

Il presente studio sperimentale di Microzonazione Sismica, si configura quale sostanziale revisione/integrazione dell'Aggiornamento della **"Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio"** del territorio comunale di Lonato del Garda, secondo i criteri ed indirizzi dell'art.57 della L.R. 11 Marzo 2005 n°12" (Dott. Geol. R. Lentini – Luglio 2009) e degli specifici allegati.

L'integrazione/revisione riguarda la Fase di Analisi limitatamente alla Componente Sismica e Geologico-Tecnica.

Lo studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito ai sensi degli **"Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica -ICMS"** (Conferenza delle Regioni e Provincie Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008) e secondo le specifiche definite da Regione Lombardia nell'All. 1 alla **"nota ZI.2012.0020672 del 08/08/2012 ed alla "nota ZI.2013.0017362 del 07/11/2013"** e gli **"Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica"** aggiornati in data **Ottobre 2013** (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - **Versione 3.0**).

Viene richiesta l'applicazione del **Livello 1 dei Criteri Regionali Lombardi** e del **livello 1 previsto dagli ICMS**; inoltre viene richiesto di applicare in maniera "mista" il **livello 2 previsto dagli ICMS e dai Criteri Regionali Lombardi.**

In adempimento alle specifiche tecniche citate si è proceduto ad una integrazione/revisione anche di taluni aspetti che risultavano già sviluppati negli Studi Geologici della "Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT" del Luglio 2009 al fine di renderli conformi agli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica richiesta" (Microzonazione Sismica – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Art. 5 comma 7 dell'OPCM 3907 del 13/11/2010- vers. 3.0 dell'Ottobre 2013). Numerose tematiche sono state, peraltro, elaborate in maniera originale per il presente studio di Microzonazione Sismica.

Quale prima analisi del territorio d'interesse, in adempimento al ¶ 1.6.4 degli ICMS, è stata proposta un'ampia trattazione inerente la **Pericolosità di Base e degli Eventi di Riferimento** per il territorio d'interesse; si è proceduto alla descrizione della Sismicità Storica dell'area in stretta correlazione con la ricostruzione del Contesto Geologico-Strutturale e Sismotettonico e con la definizione dei Parametri Sismici di base derivanti dall'applicazione delle normative nazionali (D.M. 14/01/08 e Ord. P.C.M. 3274/04 e Ord. P.C.M. 3519/06) e regionali (D.G.R. 9/2616/2011)



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

E' stato quindi predisposto un capitolo inerente l'**Assetto Geologico-Strutturale e Geomorfologico** dell'area, con particolare riferimento a quanto già contenuto nello *Studio Geologico del territorio comunale vigente* (Dott. Geol. R. Lentini – Luglio 2009) ed alle tavole e relazioni tematiche ad esso allegate ("Carta Geologica con elementi geomorfologici", Luglio 2009 – Scala 1:10.000; "Carta della dinamica geomorfologica e del sistema idrografico", Luglio 2009 – Scala 1:10.000; "Carta del Dissesto con legenda Uniformata PAI", Luglio 2009)

I dati in esso riportati sono stati peraltro integrati con la consultazione di vari studi di letteratura che hanno interessato in maniera dettagliata il territorio gardesano; in particolare si è fatto riferimento alla "*Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra la Val Vrenda e il M. Pizzocolo*" (C. Baroni, G. Bissolati, & P.L. Vercesi, Atti Tic. Sc. Terra, 38-1995) e allo studio "*Paleosols and vetusolos in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development*"; Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987).

Il passo successivo ha riguardato l'analisi dei **Dati Geotecnici e Geofisici**, per la quale si è proceduto ad integrare i dati già riportati nell' "Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Lonato del Garda" (come riportati nella Relazione e nella "Carta della Pericolosità Sismica Locale" - Dott. Geol. R. Lentini – Luglio 2009).

L'integrazione ha previsto la raccolta di ulteriori e numerosi dati che derivano dalle indagini geognostiche e dagli studi geologici eseguiti negli ultimi anni dagli scriventi, Dott. Geol. Rosanna Lentini e Dott. Geol. Damiano Scalvini.

Infine sono state eseguite **nuove indagini sismiche** predisposte *ad hoc* (n° 5 **stendimenti di sismica multicanale con registrazione delle onde superficiali**, comprese quelle a bassa frequenza, ed elaborazione dei dati secondo la **procedura tipo MASW**, vedi "**Dati Sismostratigrafici - Nuove acquisizioni**", All. 3) per le finalità del presente studio ed ubicate in funzione di un'omogenea caratterizzazione degli ambiti di Pericolosità Sismica Locale individuati. Nell'All. 3 vengono riportati le procedure ed i risultati relativi ai nuovi stendimenti sismici predisposti in comune di Lonato del Garda, nonché cenni metodologici rispetto alle tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici.

Nel complesso, nel territorio comunale di Lonato del Garda sono stati censiti **n° 875 punti d'indagine**.

Si è quindi proceduto alla redazione della "**Carta delle indagini**" (scala 1:5.000) I dati sono stati inoltre inseriti in un archivio informatico predisposto in conformità agli standard richiesti ("Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica richiesta" – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Art. 5 comma 7 dell'OPCM 3907 del 13/11/2010-vers. 3.0 dell'Ottobre 2013); per la consultazione dei dati geognostici si fa pertanto riferimento al *data base* allegato.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
“INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Sulla base dei numerosi dati geotecnici e stratigrafici raccolti e della revisione ed analisi integrata della cartografia geologica esistente per il territorio comunale è stata dapprima predisposta una **“Carta Geologica con elementi Geomorfoloici” (All.1 – Scala 1:10.000)**, quale base da cui derivare tutte le successive carte tematiche tra cui la prima è rappresentata dalla **“Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica” (Scala 1:5.000)**.

L’ottima copertura dei dati geofisici e geotecnici ha permesso di definire un **Modello del Sottosuolo** soddisfacente e di individuare **“n° 37 sezioni stratigrafiche tipo”** a cui sono stati correlati elementi geologici (ambiente deposizionale dei terreni di copertura), litologici (denominazione litologica prevalente dei terreni di copertura) e geotecnici (grado di consistenza o di addensamento dei terreni di copertura) e **n° 1 sezioni tipo degli ambiti in frana**.

La successiva **Fase di Analisi della Componente Sismica** è stata quindi eseguita dapprima applicando le procedure indicate nella **D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/11**, ed in particolare secondo quanto prescritto per l’applicazione del **Livello 1 delle normative regionali (All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011 - “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia, finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio”)**. E’ stata pertanto valutata la risposta sismica locale in relazione alle condizioni geologiche e geomorfologiche riconosciute che possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base dell’area e si è quindi proceduto alla redazione della **“Carta della Pericolosità Sismica Locale – Livello 1 ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011” (scala 1:5.000)**,

E’ stata quindi predisposta, in parallelo e quale sintesi di tutti i dati raccolti di tipo geologico-tecnico e geofisico, l’analisi di **Livello 1 ai sensi della normativa nazionale (ICMS)**; è stata così redatta la **“Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) - Livello 1” (scala 1:5.000)**. Per la sua elaborazione ci si è basati sulle “sezioni stratigrafiche tipo” ricostruite per il territorio d’interesse e si è tenuto conto del riconoscimento sul territorio delle **Zone Stabili**, con o senza suscettibilità all’amplificazione locale, delle **Zone suscettibili di Instabilità** e delle **Forme di superficie e sepolte**. Sono state predisposte **n° 4 Sezioni Litotecniche (All. 2)** al fine di esemplificare in maniera più chiara i rapporti tra le unità riconosciute.

Successivamente **l’Analisi del Rischio Sismico** è proseguito **applicando in maniera mirata alle finalità del livello 2 degli ICMS la procedura di 2° livello richiesta dalla normativa regionale**.

E’ stata eseguita la caratterizzazione semiquantitativa degli **effetti di amplificazione litologica** degli eventi sismici attesi, secondo le metodologie indicate per l’analisi di 2° livello



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

prevista dall'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011, per i punti d'indagine geofisica di nuova acquisizione (**n° 5 stazioni geofisiche**) e reperiti da indagini pregresse (**n. 52 stendimenti sismici**) durante la fase di raccolta dei dati geotecnici-geofisici, e distribuiti sul territorio salodiano. E' stato pertanto predisposto l'**All. 4 "Schede di verifica dell'Amplificazione Litologica ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011"**, con le elaborazioni per ciascun punto d'indagine.

La valutazione degli **effetti di amplificazione dovuti alla morfologia** è stata eseguita mediante l'applicazione delle procedure indicate nell'All.5 della D.G.R. n° 9/2616/2011. Per la delimitazione delle area di pericolosità sismica relative a zone di cresta e/o cocuzzolo (scenario Z3b) e di ciglio $H > 10$ m (scenari Z3a), sono state eseguite **n° 64 sezioni topografiche**, ortogonali ai versanti ed agli elementi morfologici riconosciuti (**All. 5 - "Sezioni di analisi degli effetti morfologici di amplificazione sismica"**).

I risultati relativi ai fattori di amplificazione litologica e topografica così elaborati hanno consentito di predisporre, nell'ambito del presente studio di Microzonazione Sismica, la **"Carta di Microzonazione Sismica - Livello 2"** (scala **1:10.000**).

Elaborati tecnici

- | | |
|--------|--|
| All. 1 | Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali
(scala 1:10.000) |
| All. 2 | Sezioni Litotecniche |
| All. 3 | Dati Sismostratigrafici - Nuove acquisizioni |
| All. 4 | Schede di verifica dell'Amplificazione Litologica ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 |
| All. 5 | Sezioni di analisi degli effetti morfologici di amplificazione sismica |



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Tavole cartografiche

Carta delle Indagini (Tavv. A –B-C-D)	(scala 1:5.000)
Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica	(scala 1:10.000)
Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)	
- Livello 1 (ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011)	(scala 1:10.000)
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	
- Livello 1	(scala 1:10.000)
Carta di Microzonazione Sismica	
- Livello 2	(scala 1:10.000)



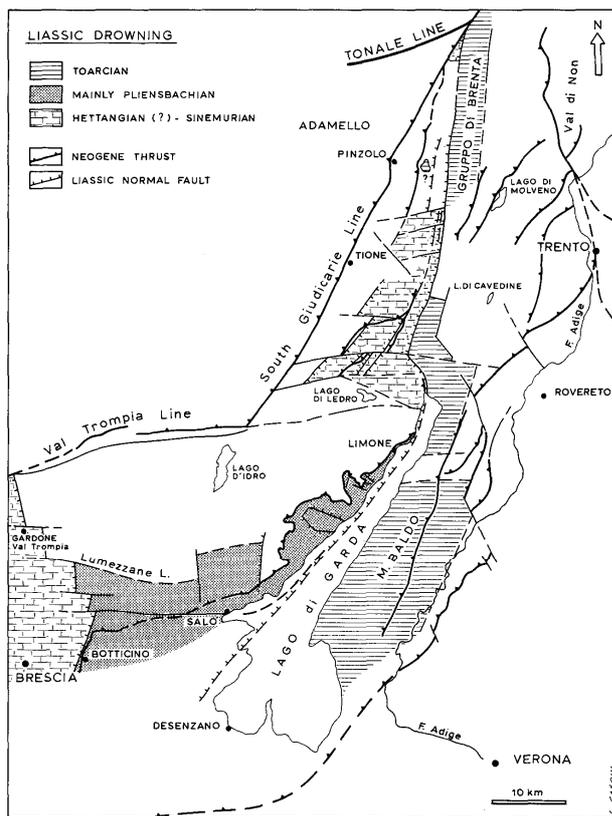
**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Per l'intero territorio comunale di Lonato del Garda, in adempimento all'O.P.C.M. 4007/2012, è stata applicata, in via sperimentale, la procedura prevista dagli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (ICMS - Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008).

In questo capitolo, in adempimento al ¶ 1.6.4 degli ICMS si è proceduto alla descrizione della Sismicità Storica dell'area in stretta correlazione con la ricostruzione del Contesto Geologico-Strutturale e Sismotettonico; sono stati inoltre descritti i parametri sismici di base derivanti dall'applicazione delle normative nazionali (D.M. 14/01/08 e Ord. P.C.M. 3274/04 e Ord. P.C.M. 3519/06) e regionali (D.G.R. 9/2616/2001).

2.1 INQUADRAMENTO STRUTTURALE



Dal punto di vista strutturale la grande depressione del Lago di Garda rappresenta un'area “chiave” per l'interpretazione dell'assetto e dell'evoluzione tettonica di gran parte della regione alpina. Il territorio montano dell'Alto Garda, compreso nel settore prealpino bresciano orientale, è caratterizzato da una successione stratigrafica con formazioni di età compresa tra il Trias ed il Miocene, sovrapposte stratigraficamente e tettonicamente, costituendo sistemi di *thrust* embricati riconducibili strutturalmente alle direttrici regionali, identificabili con il Sistema Orobico o della Val Trompia, il Sistema Giudicariense e il Sistema Dinarico.

Figura 1 – “Sintesi dei principali elementi paleogeografici e paleotettonici del Lias nella Cintura Giudicariense” (da Castellarin & Picotti, 1990)

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

La fascia strutturale arcuata definita da questi sistemi rappresenta una cintura tettonica molto pronunciata determinatasi a seguito di meccanismi di inversione strutturale degli elementi tettonici distensivi del *rifting* mesozoico ad opera delle intense compressioni neogeniche. Tale cintura si sviluppa sui margini Est e Sud del massiccio dell’Adamello e si propaga ampiamente sia verso Sud che verso Est, incorporando al suo interno la regione del Lago di Garda.

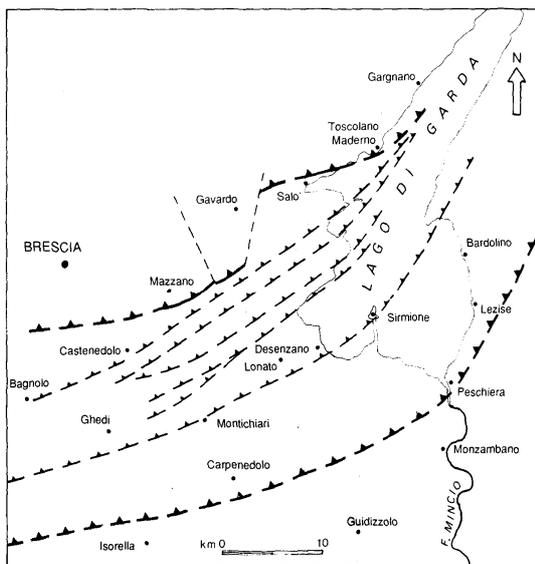


Figura 2 – “Sistema di embricazione nell’area del sottosuolo attorno alla sponda meridionale del Garda”

L’orientazione delle strutture risulta in primo luogo secondo la direzione NNE-SSW e NE-SW (Sistema Giudicariense) ed in subordine E-W (Linea della Val Trompia).

Il sistema giudicariense è dominato da accavallamenti a vergenza orientale e sud-orientale, con presenza diffusa di faglie trasversali di trasferimento. Ciò determina un assetto irregolare di *tipo en echelon*.

In particolare gli affioramenti del substrato roccioso nel Basso Garda sono da mettere in relazione ad un pronunciato sistema di *thrust*.

Tutti gli affioramenti delle formazioni paleogeniche presenti lungo la sponda occidentale del lago (Rocca di Manerba, Isola del Garda, Scogli dell’Altare, Isola dei Conigli e Punta San Sivino, Penisola di Sirmione) presentano un rigido controllo strutturale collegato a questo sistema frontale.

Sebbene il sistema tettonico individuato per l’area a Sud di Salò sia correlabile a fasi compressive essenzialmente neogeniche va sottolineato che il carattere di attività persiste anche durante il Plio-Pleistocene e l’Olocene. L’attività tettonica lungo tali strutture è documentata dalla sismicità storica e recente dell’area.

Per quanto riguarda il territorio di Lonato del Garda per la descrizione degli elementi strutturali principali riconosciuti si fa riferimento alla **Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali** (All. 1 - scala 1:10.000); per Lonato d/G, come per l’intera Bassa

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
“INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Pianura Padana, il substrato roccioso ed i lineamenti tettonici risultano sepolti al di sotto di potenti coltri quaternarie.

La presenza di lineamenti tettonici profondi che raggiungono la superficie può favorire, localmente, l’insorgere di fenomeni termali correlati a risalita naturale, attraverso fratture e faglie, di acque “riscaldate” in relazione al gradiente geotermico (termalismo di Sirmione e Lazise); per l’area lonatese la presenza di potenti coltri quaternarie, rende di fatto improbabili fenomeni di termalismo naturali a bassa profondità dalla superficie.

La ricerca di eventuali fonti geotermiche correlate ad “acque termali” presuppone una conoscenza dell’andamento delle strutture tettoniche profonde e quindi della profondità del substrato roccioso molto dettagliata che può essere ottenuta solo mediante studi e ricerche di carattere scientifico, supportati da indagini geofisiche e geognostiche molto costose e sofisticate, che richiedono tempi di realizzazione prolungati.

2.2 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

La sismicità del territorio è legata alla presenza di attività neotettonica, intendendo con questo termine i movimenti tectogenetici relativi al periodo compreso tra il Pliocene e l’attuale (cioè negli ultimi 5,2 milioni di anni). Si possono distinguere movimenti neotettonici lineari che si sviluppano lungo superfici di discontinuità preesistenti (faglie o superfici di sovrascorrimento) e movimenti neotettonici areali che determinano sollevamenti e/o abbassamenti differenziali.

Un recente studio pubblicato su *Pure and Applied Geophysics* (03 Jul 2014 - ***The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain***- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise) censisce e classifica le faglie sismogenetiche cieche in Pianura Padana, riorganizzando le conoscenze esistenti alla luce dei terremoti emiliani del Maggio 2012 e prendendo in esame anche il margine prealpino cui afferisce il territorio gardesano.

Nel periodo di tempo considerato ed in un contesto di riferimento sufficientemente ampio, che per quanto concerne l’area gardesana ed il bordo sudalpino centrale (ambiti geologico-strutturali di riferimento per il territorio di Lonato del Garda) coincide con l’intera regione padana compresa tra il margine alpino e quello appenninico, i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali.

Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S-vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale della pianura si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l’avanfossa essenzialmente pliocenica dell’Appennino settentrionale.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all’interno dei sistemi di deformazione del Miocene medio-superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico. A partire dalla fine del Pleistocene inf. entrambi i margini del Bacino Padano sono in sollevamento in seguito alla formazione di un bacino flessurale più simmetrico.

Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente di tali movimenti in modo maggiormente consistente rispetto al margine settentrionale.

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica della pianura meridionale a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione (Baraldi et alii, 1980). Nell'intervallo successivo (fino a 18.000 anni fa) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino ed il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area; tale movimento è stato dedotto dagli Autori in relazione al notevole spessore dei sedimenti continentali.

Pertanto attraverso alcuni milioni di anni il progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea ha determinato prima **la nascita delle Alpi e degli Appennini** e poi ne ha sollevato le porzioni assiali creando il paesaggio montuoso che oggi conosciamo, secondo un meccanismo ancora attivo alla velocità di 1-3 metri per millennio. **L’avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S, e quindi il raccorciamento della Pianura Padana, è tuttora in atto, come mostrano i dati geodetici satellitari. In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di faglie di tipo compressivo localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell’Appennino Settentrionale.**

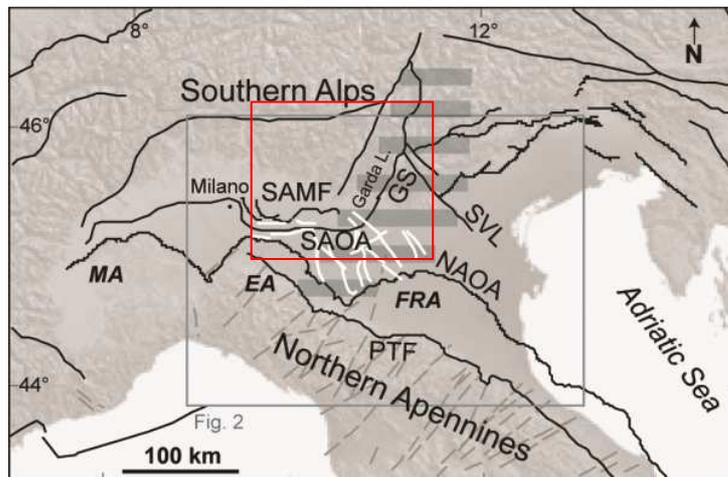


Figura 2 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valentini); Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana. Linee nere: principali elementi tettonici; linee bianche: faglie ereditate; **SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; NAOA: arco esterno dell’Appennino Settentrionale; PTF: fronte pedeappenninico; MA: arco del Monferrato; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.**

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Nel bresciano, dalla sponda occidentale del Garda fino ai dintorni di Brescia, le strutture di maggiore risalto morfo-strutturale sono quelle NNE-SSW del Sistema delle Giudicarie (GS), nonché le più antiche linee ad orientamento dinarico (NW-SE) e valsuganese/valtriumplino (circa E-W - SAOA), talora riattivate. Le strutture distensive più recenti sembrano essere attribuibili in ogni caso alle fasi di sollevamento plio-pleistocenico, con direzioni prevalenti NE-SW e NW-SE.

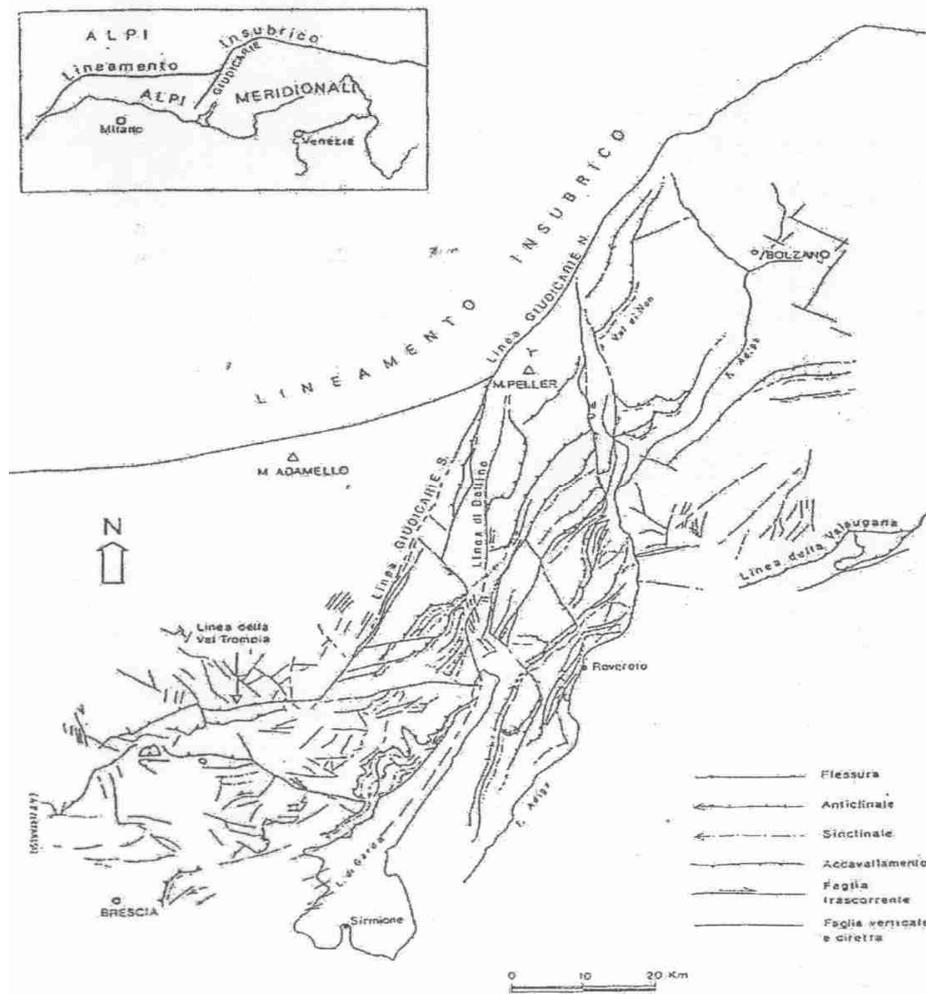


Figura 3 – “Strutture del Sistema delle Giudicarie e Val Trompia a S del Lineamento Insubrico” Schema semplificato da numerosi Autori in Castellarin (1981).

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

A livello strutturale la zona di Brescia, localizzata all’interno della cintura di deformazione dei sistemi della Valsugana e Val Trompia (circa E-W) e delle Giudicarie (NNE-SSW), si differenzia nettamente dall’area veronese, collocata all’esterno della stessa cintura sul bordo di una zona più rigida, tabulare e omoclinale.

Tuttavia, sebbene siano aree inserite in un contesto “strutturale” differente, l’attività sismica storica sia attorno a Verona che a Brescia documenta un legame tra i due settori, in quanto afferente ad un contesto “sismotettonico” maggiormente omogeneo.

La localizzazione dell’attività sismica nelle Prealpi si concentra infatti lungo il margine della pianura e nelle fasce immediatamente adiacenti la zona pedemontana (vedi Figura 4).

Al contrario, la zona del nucleo della catena, del massiccio dell’Adamello, la zona del Lineamento Insubrico sono totalmente prive di attività sismica significativa e ancor meno sono attivi i nuclei strutturali più interni della catena nordalpina adiacente.

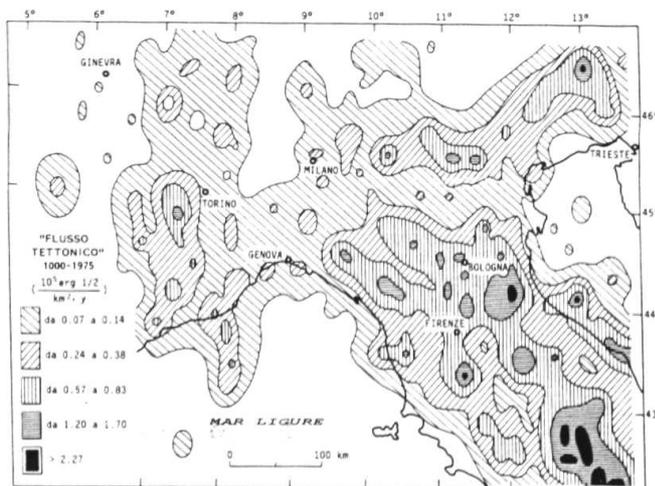


Figura 4 – “Flusso tettonico” medio (energia prodotta dai terremoti che attraversa l’unità di superficie nell’unità di tempo), valutato per gli ultimi 1000 anni nell’Italia settentrionale e in Lombardia. (Cattaneo et al., 1978)

La più importante area tettonica “sorgente” è rappresentata dall’area tirrenica e dalla zona appenninica interna, che sono state sottoposte a processi distensivi dal Miocene superiore in poi. A questa si associa lo spostamento della placca africana verso N al ritmo di circa 1 cm/anno.

L’effetto di questi due meccanismi si esprime soprattutto lungo i limiti dei grandi domini morfostrutturali, come la zona pedemontana compresa tra la Pianura Padana e le Prealpi ed anche la giunzione Alpi-Dinaridi (sistema Friulano).

Secondo alcuni autori la localizzazione comune dell’area di Verona e di Brescia, e più in generale di questa porzione dell’area padana, rispetto al campo tensionale residuo in atto sarebbe dunque la causa principale della loro sismicità.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

Più recentemente la **relativamente elevata sismicità del territorio bresciano è stata interpretata come indicativa di una consistente attività neotettonica nella zona.**

Pur mancando uno studio che ricostruisca su vasta scala e in maniera soddisfacente i movimenti neotettonici nell'area bresciana, alcuni lavori, tra cui il recente studio di Vannoli, Burrato e Valensise (2014) già citato, permettono di delineare un primo quadro interpretativo. In particolare la corrispondenza e la connessione tra le strutture geologiche e le zone sismicamente attive dimostrerebbero come siano ancora in atto movimenti tettonici connessi all'orogenesi alpina. Molti autori ritengono infatti che la maggior parte delle superfici tettoniche segnalate nella letteratura geologica rivestano un'elevata e significativa importanza nel quadro sismotettonico generale. Ciò è confermato dall'ubicazione degli ipocentri sismici del bresciano, posti in corrispondenza della parte più pellicolare della crosta (tra i 5 e i 15 km). Oltre ai movimenti lineari che si possono verificare lungo superfici di discontinuità preesistenti e che portano a classificare le faglie e le superfici tettoniche come attive, si sviluppano anche movimenti areali di carattere neotettonico. A tal proposito le strutture delineatesi a partire dal Pleistocene inf. possono costituire una sorgente sismogenetica, lungo le più recenti direzioni NE-SW e NW-SE o riattivando i sistemi già delineatesi nel neogene (E-W), riutilizzando le antiche superfici di sovrascorrimento e i loro frequenti svincoli trasversali.

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

I dati di letteratura attribuiscono ai sistemi distensivi descritti una valenza superficiale, non superando i 10 km di profondità. E' possibile che a livelli strutturali più profondi l'edificio della catena sia ancora influenzato da processi collisionali subduttivi. Sebbene sia ritenuta possibile la coesistenza di eventi sismici con caratteri compressivi in profondità che passino a sismi legati a distensione in superficie, non è stato tuttora elaborato un modello geodinamico che tenga conto in modo soddisfacente della coesistenza tra contrazione e distensione.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

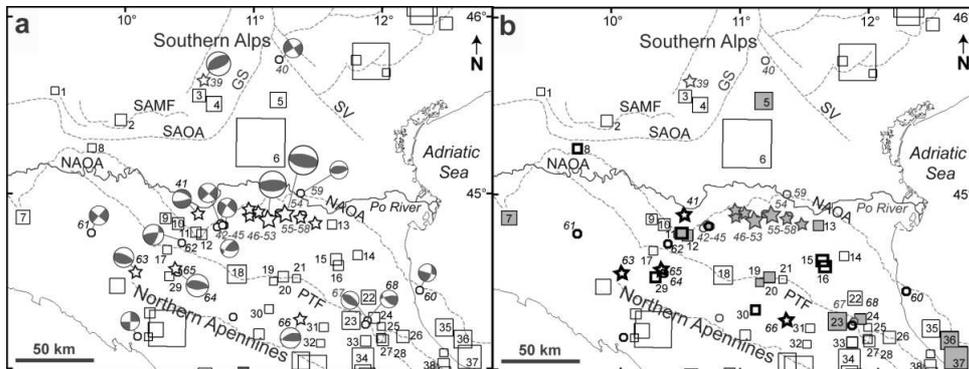


Figura 4 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Terremoti storici e strumentali (CPTI11, Bollettino Sismico Italiano e ISIDE). I terremoti storici con $M \geq 5.3$ sono rappresentati con quadrati. I terremoti strumentali con $M \geq 5.0$ sono rappresentati con stelle; quelli con $4.5 \leq M < 4.9$ sono rappresentati con pallini. Tutti i terremoti sono collegati alle tabelle 1 e 2 attraverso il loro ID. a) Sismicità e meccanismi focali disponibili (Pondrelli et al., 2006; TDMT database). b) Terremoti multipli e terremoti profondi (i terremoti multipli sono rappresentati con pattern grigio; i terremoti profondi in grassetto).

Al di sotto dei sedimenti della Pianura Padana esistono quindi strutture tettoniche attive e capaci di generare terremoti, come testimonia sia la sismicità strumentale dell'area, sia il verificarsi di importanti terremoti storici (Figura 4 bis). Recentemente, i *thrust* sepolti dell'Appennino Settentrionale si sono attivati durante la sequenza dell'Emilia del 2012. Una caratteristica comune delle sequenze emiliane del 1570, 1929 e 2012 è quella di essere costituite da più terremoti potenzialmente distruttivi, anche con magnitudo simile, che si susseguono nell'arco di giorni, settimane o mesi. Ma il più forte terremoto di cui si ha notizia nell'area padana è quello che il 3 gennaio del 1117 ha duramente colpito Verona e le aree poste a sud di essa (magnitudo stimata 6.7). La precisazione "di cui si ha notizia" è doverosa perché per molti secoli la Pianura Padana è stata sede di ampie aree paludose e di fitte e impraticabili foreste con sporadici nuclei abitati; esiste quindi la possibilità che altri forti terremoti accaduti nell'area siano stati poco risentiti dall'uomo o non siano stati risentiti affatto, e quindi che non siano stati adeguatamente documentati, apparendo come terremoti minori o scomparendo del tutto dalle fonti storiche.

Si vuole infine sottolineare come la distribuzione dell'intensità sismica (Figura 4) e l'andamento delle "zone sismiche" (Figura 5 – "Mappa di Pericolosità Sismica – Ord. P.C.M. 3519/2006) e "sismogenetiche" (Fig. 6 tratta da App. 2 al "Rapporto Conclusivo" – Marzo 2004" a cura di C. Meletti e G. Valensise; Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica - OPCM 3274/2003 - INGV) testimoniano un legame tra l'attività sismotettonica del margine prealpino ed il settore di giunzione Alpi-Dinaridi.

L'andamento delle aree sismiche cui afferisce il territorio gardesano pur seguendo l'andamento del margine prealpino, possiede infatti massima intensità in corrispondenza del Sistema Friulano.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

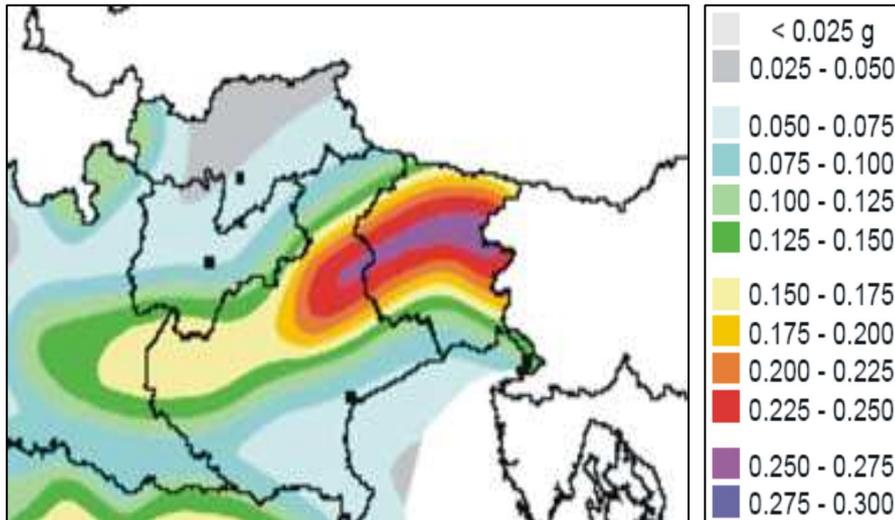


Figura 5 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 27/04/06)

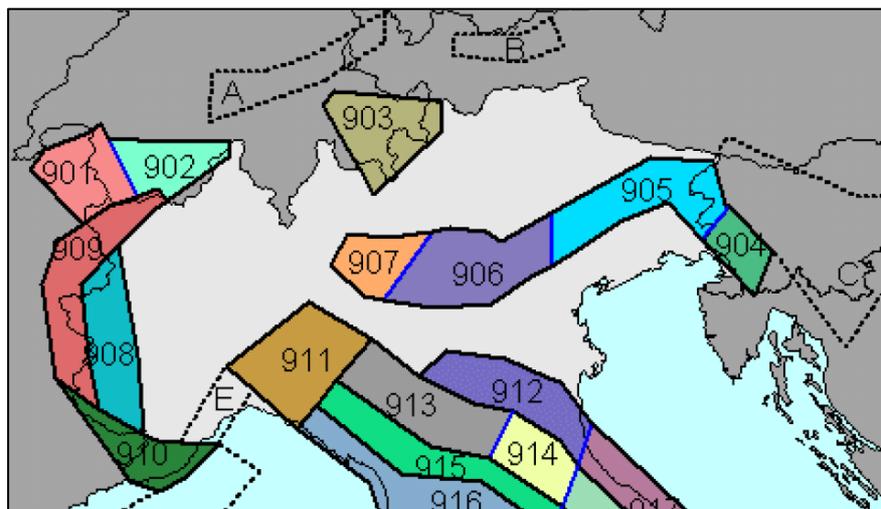


Figura 6 – Schema Zonazione Sismogenetica ZS9 tratta da “App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

Si rileva inoltre una sostanziale continuità tra le aree sismogenetiche del Sistema Dinarico-Friulano (zone ZS9 904-905) e quelle del margine prealpino veronese-bresciano-bergamasco (Zone ZS9 906-907) (Figura 6).

Alla giunzione Alpi-Dinaridi le deformazioni quaternarie e recenti riflettono il trasferimento delle deformazioni dal sistema di faglie trascorrenti destre, ad andamento dinarico, verso i sovrascorrimenti del sistema di *thrust* friulano, S-vergente (Figura 7).

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

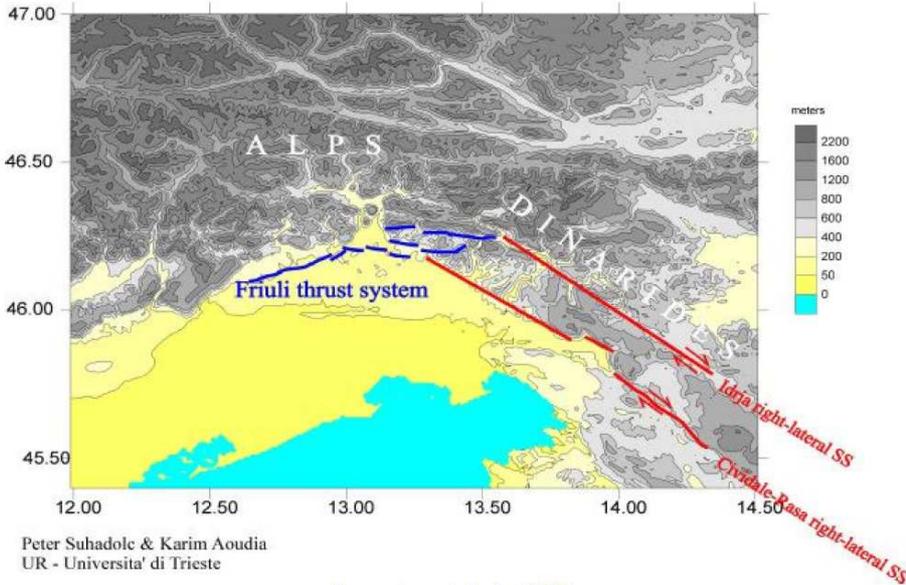


Figura 7 – Schema strutturale della giunzione Alpi Dinaridi.

2.3 SISMICITÀ STORICA

L’area bresciana è stata interessata in epoca storica a partire dall’anno 1000 da eventi sismici inseriti già nel Catalogo CNR (Figura 8) e quindi nel “*Catalogo Parametrico dei terremoti italiani*” a cura del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Tabella 1).

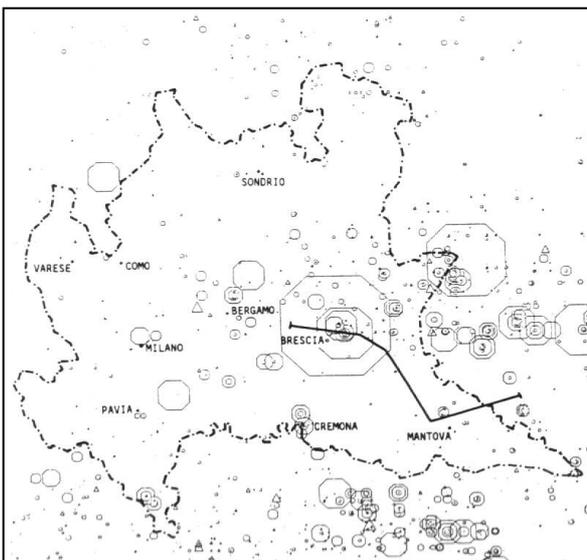


Figura 8 – Terremoti segnalati in Lombardia dall’anno 1000 al 1984. La dimensione dei poligono è proporzionale alla magnitudo dei sismi. (tratto da A.A.V.V. “*Guide Geologiche Regionali -Alpi e Prealpi Lombarde-11 itinerari*”, 1990)

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Tabella 1 – Eventi sismici con Magnitudo > 4, inclusi nel “Catalogo Parametrico dei terremoti italiani” avvenuti **entro il 2002** nel raggio di **100 km da Desenzano del Garda**.

Msp: Magnitudo; ZS9: zona sorgente

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
5	-91						MODENA-REGGIO EMILIA	44.65	10.78	5.53	913
27	1065	3	27	6			BRESCIA	45.55	10.22	4.99	907
30	1117	1	3	13			VERONESE	45.33	11.2	6.49	906
43	1197						BRESCIA	45.55	10.22	4.8	907
47	1222	12	25	11			BASSO BRESCIANO	45.48	10.68	6.05	906
53	1249	9		16	30		MODENA	44.65	10.93	4.8	912
59	1276	7	28	18	30		ITALIA SETTENT.	45.08	9.55	4.91	911
74	1303	3	22	23			PIACENZA	45.052	9.693	4.25	911
89	1334	12	4				VERONA	45.43	11	4.25	906
90	1345	1	31				CASTELNUOVO	44.81	10.564	4.25	912
93	1346	2	22	11			FERRARA	44.92	11.02	5.75	912
107	1365	9	21	5	45		VERONA	45.43	11	4.25	906
113	1383	7	24	20			PARMA	45.058	9.915	4.25	911
121	1396	11	26				MONZA	45.58	9.27	5.27	907
125	1402						VERONA	45.438	10.994	4.53	906
126	1403	1	17				VERONA	45.8	11.6	4.53	906
130	1409	11	15	11	15		PARMA	44.8	10.33	4.53	913
132	1410	6	10	21			VERONA	45.47	11.8	4.37	
144	1438	6	11	20			PARMENSE	44.85	10.23	5.61	913
146	1445	3	21	13	30		VERONA	45.438	10.994	4.25	906
159	1465	4	6	21	30		VERONA	45.12	10.661	4.25	
160	1465	4	15	14	40		REGGIO EMILIA	44.7	10.63	4.8	913
165	1471						BRESCIA	45.544	10.214	4.25	907
171	1474	3	11	20	30		MODENA	44.647	10.925	4.61	912
181	1485	9	1				PADOVA	45.355	11.722	4.32	
185	1491	1	24	23	30		VERONA	45.42	11.43	5.27	906
219	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	45.55	10.217	4.53	907
221	1522	10	5	8			CREMONA	45.136	10.024	4.25	
235	1540	9	1				BRESCIA	45.533	10.217	4.53	907
242	1547	2	10	13	20		REGGIO EMILIA	44.7	10.63	5.05	913
264	1572	6	4	22			PARMA	44.851	10.422	4.93	913
266	1574	3	17	3	40		FINALE EMILIA	44.833	11.294	4.92	912
271	1576	9	26	6			BERGAMO	45.667	9.667	4.53	907
281	1591	5	24				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
284	1593	3	8				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
302	1606	8	22				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
304	1608	1	6				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
333	1628	11	4	15	15		PARMA	44.801	10.329	4.99	913
346	1642	6	13	22			BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
362	1660						MODENA	44.647	10.925	4.25	912
365	1661	3	12				MONTECCHIO	45.73	10.07	4.99	907
374	1671	6	20				RUBIERA	44.709	10.814	5.23	912
383	1683	5	25				V. GIUDICARIE	46.024	10.864	4.76	
411	1693	7	6	9	15		GOITO	45.28	10.644	5.13	906
501	1732	2	27				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
511	1738	11	5		30		PARMA	44.906	10.028	5.31	913
550	1756	2	25	21			ROSE'	45.75	11.75	4.25	906
583	1771	8	15				SARNICO	45.667	10	4.53	907
589	1774	3	4				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
620	1781	9	10				CARAVAGGIO	45.497	9.644	4.8	907
631	1783	7	28				VAL DI LEDRO	45.878	10.808	4.8	906
647	1786	4	7				PIACENZA	45.298	9.595	5.18	911
686	1799	5	29	19			CASTENEDOLO	45.403	10.271	4.84	906
694	1802	5	12	9	30		VALLE DELL'OGGIO	45.42	9.85	5.54	907
703	1806	2	12				NOVELLARA	44.862	10.671	5.11	912
714	1810	5	1				MALCESINE	45.764	10.809	4.53	906
717	1810	12	25		45		NOVELLARA	44.898	10.712	5.15	912
730	1815	2	26	6			SCHIO	45.7	11.383	4.25	906
740	1818	12	9	18	52		LANGHIRANO	44.668	10.286	5.55	913
761	1826	6	24	12	15		SALO'	45.6	10.517	4.4	906
780	1829	9	6	19	30		CREMONA	45.136	10.024	4.8	
791	1831	9	11	18	15		REGGIANO	44.75	10.55	5.43	912
798	1832	3	13	3	30		REGGIANO	44.77	10.47	5.57	913
827	1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA	45.5	10.167	4.53	907
840	1841	10	15	22			SANGUINETTO	45.167	11.11	4.53	
877	1851	8	3				GIUDICARIE	45.938	10.561	4.7	
906	1857	2	1				PARMENSE	44.749	10.48	5.12	913
950	1866	8	11	23			MONTE BALDO	45.727	10.783	4.99	906
956	1868	2	20	20			GARDA OR.	45.709	10.774	4.53	906
957	1868	5	22	21			ROVERETO	45.888	10.869	4.25	
984	1873	5	16	19	35		REGGIANO	44.612	10.701	4.93	913
1005	1876	4	29	10	49		MONTE BALDO	45.75	10.78	4.74	906
1021	1877	10	1	7	27		MALCESINE	45.764	10.809	4.8	906
1040	1879	2	14				GARGNANO	45.607	10.536	4.25	906
1076	1882	2	27	6	30		ROVETTA	45.878	9.926	4.7	907

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
1082	1882	9	18	19	25		MONTE BALDO	45.72	10.77	4.99	906
1099	1884	9	12				PONTOGLIO	45.57	9.856	4.53	907
1103	1885	2	26	20	48		SCANDIANO	45.208	10.169	5.06	
1124	1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	44.75	10.306	4.53	913
1131	1887	5	20	4	12		OGGIONO	45.833	9.4	4.25	
1170	1891	6	7	1	6	14	VALLE D'ILLASI	45.57	11.17	5.61	906
1171	1891	6	15				PESCHIERA	45.43	10.767	4.53	906
1180	1891	12	22				SONDRIO	46.139	9.829	4.25	903
1181	1892	1	5				GARDA OCC.	45.591	10.482	4.7	906
1196	1892	8	9	7	58		TREGNAGO	45.567	11.167	4.99	906
1209	1894	2	9	12	48	5	TREGNAGO	45.567	11.15	4.99	906
1217	1894	11	27				FRANCIACORTA	45.568	10.192	4.69	907
1241	1895	10	12	1	45		M. ALTISSIMO NAGO	45.767	10.833	4.53	906
1262	1897	1	27	1	35		RECOARO	45.748	11.202	4.25	906
1305	1898	11	16				SALO'	45.636	10.458	4.25	906
1337	1901	1	20	6	30		POGGIO RUSCO	45	11.1	4.53	
1353	1901	10	30	14	49	58	SALO'	45.58	10.5	5.55	906
1455	1907	4	25	4	52		BOVOLONE	45.318	11.073	4.67	906
1474	1908	3	15	7	50		CRESPADORO	45.623	11.207	4.77	906
1482	1908	6	28	3	19	58	FINALE EMILIA SUD	44.8	11.3	4.53	912
1523	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	44.9	9.633	4.25	911
1590	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	44.597	10.279	4.55	913
1622	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	44.732	10.469	4.78	913
1664	1918	1	13	12			LODI	45.333	9.5	4.56	911
1672	1918	4	24	14	21		LECCESE	45.778	9.631	4.86	907
1674	1918	7	19	19	3		SALO'	45.326	10.438	4.17	906
1696	1919	11	23	1	50		BRESCIANO	45.656	10.245	4.46	907
1739	1923	6	28	15	12		FORMIGINE	44.595	10.799	5.05	913
1808	1928	6	13	8			CARPI	44.797	10.872	4.54	912
1843	1930	9	24	19	10	55	SCANDIANO	44.6	10.6	4.53	913
1854	1931	4	14	22	13		GIUDICARIE	45.973	10.665	4.6	
1872	1932	2	19	12	57	11	MONTE BALDO	45.63	10.73	4.77	906
1889	1934	3	23	1	46	50	PISOGNE	45.8	10.1	4.25	907
1916	1936	6	22	3	44	55	CASTELNUOVO	45.5	10.767	4.53	906
1928	1937	6	7	22	2		PEJO	46.343	10.551	4.36	
1931	1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	44.8	10.3	4.15	913
1960	1940	5	1	9	36	5	NOCETO	44.8	10.183	4.61	913
1981	1942	6	20	14	42		ARCO	45.916	10.882	4.09	906
2013	1947	12	25	20	42	34	GARDONE TROMPIA	45.7	10.2	4.46	907
2017	1948	7	17	19	34	3	BAZENA	45.9	10.4	4.69	907
2047	1950	5	6	3	43		REGGIANO	44.731	10.67	4.01	912

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
2054	1951	5	15	22	54		LODIGIANO	45.254	9.55	5.09	911
2144	1960	2	19	2	30		GIUDICARIE	45.806	10.625	4.53	906
2169	1961	11	23	1	12	5	CAPRINO BERGAMASCO	45.717	9.567	4.53	907
2230	1967	4	3	16	36	18	CORREGGIO	44.8	10.75	4.36	912
2231	1967	5	15	10	3	34	S. POLO	44.6	10.4	4.53	913
2255	1968	6	22	12	21	37	POSINA	45.8	11.3	4.53	906
2277	1970	4	19	18	16	32	GAVARDO	45.65	10.45	4.16	906
2278	1970	5	3	4	17	41	S. POLO	44.633	10.383	4.49	913
2303	1971	7	15	1	33	23	PARMENSE	44.82	10.35	5.59	913
2313	1972	6	25	17	10	49	CALESTANO	44.6	10.2	4.29	913
2351	1975	1	11	15	54		GARDA OR.	45.621	10.733	4.18	906
2357	1975	6	1	13	25	56	CIMA BRENTA	46.2	10.9	4.25	
2372	1976	12	13	5	24		RIVA DEL GARDA	45.894	10.799	4.6	906
2437	1983	11	9	16	29	52	PARMENSE	44.765	10.27	5.16	913
2455	1986	12	6	17	7	19	BONDENO	44.879	11.334	4.53	912
2456	1987	5	2	20	43	53	REGGIANO	44.797	10.697	4.98	912
2458	1987	5	24	10	23	25	GARDA	45.722	10.661	4.47	906
2470	1989	9	13	21	53	60	PASUBIO	45.87	11.172	4.88	906
2503	1995	10	29	13		28	BRESCIA-BERGAMO	45.709	9.927	4.39	907
2509	1996	10	15	9	55	60	CORREGGIO	44.782	10.683	5.26	912

Per quanto concerne le denominazioni delle zone sorgente si fa riferimento a "Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004" a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

Per la zona sismogenetica di riferimento (ZS9 906) i terremoti di magnitudo più elevata ($M > 5$), avvenuti in epoca antica, sono segnalati nel 1117 ($M=6.49$) con epicentro nel veronese, nel 1222 ($M=6.05$) con epicentro nel Basso Bresciano, nel 1491 ($M=5.27$) con epicentro a Verona, nel 1693 ($M=5.13$) con epicentro a Goito e nel 1891 ($M=5.61$) con epicentro in Valle d'Ilasi.

Nel secolo scorso per l'area gardesana sono i terremoti con epicentro a Salò e Monte Baldo che hanno fatto segnare i valori di magnitudo più elevati (1901 $M=5.55$ e 1932 $M=4.77$) e più recentemente si segnalano i sismi del 1976 ($M=4.60$) e del 1987 ($M=4.47$) rispettivamente con epicentro a Riva del Garda e nell'area del Garda. Nel veronese si segnalano nel 1907 e nel 1908 i sismi di Bovolone e Crespadoro ($M=4.67$ e $M=4.77$) e nel 1989 di Pasubio ($M=4.88$).

Anche l'evento sismico localizzato in Friuli ($M=5.8$ e 6.6 del 1976) ed i sismi di magnitudo maggiore avvenuti nel recente passato nella Regione Dinarica hanno prodotto un certo risentimento nell'area bresciana e bergamasca.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Successivamente al 2002 (anno di riferimento della tabella in allegato) si sono verificati altri eventi, seppure di magnitudo non elevata, con epicentro nel Bresciano (area sebina e area gardesana meridionale). Si segnala invece per intensità l'evento sismico verificatosi il 24/11/04, con magnitudo 5.2 e con epicentro nell'immediato entroterra di Salò (Figura 9).



Figura 9: Area epicentrale del sisma del 24/11/2004

L'epicentro del sisma si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 10), affioranti nel settore montano prealpino (dove generano i sismi gardesani) e sepolti in corrispondenza della Pianura Padana (dove generano i sismi di Brescia, nel 1222, e della Valle dell'Oglio, nel 1802). Si noti il generale accordo tra la localizzazione degli eventi sismici e l'andamento delle strutture tettoniche.

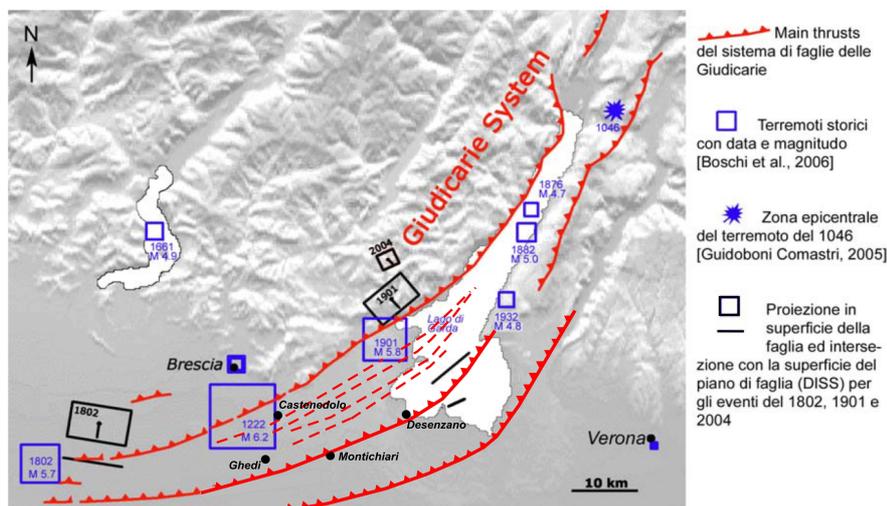


Figura 10: Schema sismotettonico dell'area Gardesana con proiezione dei principali sismi storici dell'area (modificato da "Progetto S3 - Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico - F. Pacor e M. Mucciarelli - Luglio 2007)

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Si segnala un **recente terremoto di Magnitudo 4.0** avvenuto il giorno **28 Agosto 2014** e localizzato nel distretto sismico *Zona Lago di Garda*, a circa 2,6 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Gargnano** (Figura 11); è seguita nella stessa area e nella medesima giornata (h. 19.52) un ulteriore evento sismico di magnitudo 2.6 registrato a circa 9,2 km di profondità.

Un terremoto di **magnitudo 2.7** è stato rilevato nei giorni seguenti nel distretto sismico *Prealpi Lombarde* e più precisamente in *Val Sabbia* il **giorno 4 Settembre 2014** alle ore 4.56 (Figura 12).



Figura 11: Area epicentrale del sisma del 28/08/2014 ore 19:49 (M= 4.0)



Figura 12: Area epicentrale del sisma del 04/09/2014 ore 4:56 (M= 2.7)

Anche in questo caso l’epicentro dei sismi si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 10) confermando l’accordo tra la localizzazione degli eventi sismici gardesani e prealpini e l’andamento delle medesime strutture tettoniche.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Si segnalano infine nel 2011 e nel 2012 due “crisi sismiche” che hanno interessato il nord Italia con terremoti che hanno quasi raggiunto o superato magnitudo 5.



Figura 13: Localizzazione del sisma principale dello sciame sismico dell'estate 2011 (stella rossa) e della serie di sismi verificatisi nell'inverno 2012 (stelle bianche)

Lo **sciame sismico dell'estate 2011** ha avuto come scossa più significativa il terremoto del 17 Luglio 2011 di magnitudo 4.7, con area epicentrale a ridosso dei confini provinciali di Mantova e Rovigo (come si evince dalla Figura 13), nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Lombarda* dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.). Tali sismi così come quelli con le massime intensità storiche riscontrate nei comuni del sud-ovest della Provincia di Mantova, sono da collegarsi con la vicinanza all'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese - Parmense (zone sismogenetiche ZS9 → 912-913, Figura 6) e con la presenza dell'edificio appenninico (*thrust* nord-vergenti) sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura.

Lo **sciame sismico dell'inverno-primavera 2012** è stato caratterizzato da una serie di **sismi** (Figura 11) le cui scosse più intense sono avvenute con il terremoto del 25 Gennaio 2012 di magnitudo 4.2 (area epicentrale posta a circa 10 km dalla città di Verona nel distretto sismico *Prealpi Venete*) e con i terremoti del 25 e 27 Gennaio 2012 rispettivamente di magnitudo 4.9 e 5.0 (area epicentrale tra Parma e Reggio Emilia nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Emiliana* il primo e nel distretto sismico denominato *Frignano* il secondo). Il 18 Marzo è stato registrato il sisma di magnitudo inferiore (M=3.1), che ha avuto luogo con area epicentrale nei pressi di Ala (TN), nel distretto sismico denominato *Lago di Garda*.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

In primavera si è attivata la sequenza sismica di Modena-Ferrara del Maggio 2012 che ha compreso il terremoto del 20 Maggio 2012 di magnitudo 5.9, avvenuto alle ore 04:03:52 italiane, con area epicentrale posta presso Finale Emilia-Mirandola (MO) (Figura 14), nel distretto sismico *Pianura Padana Emiliana*. Seguono nella stessa area, nelle giornate del 20-21 Maggio, oltre 190 repliche tra cui un sisma di magnitudo 5.1 (Figura 15) e ben dieci sismi con magnitudo compresa tra 4 e 5 (Figura 16).

Figura 14: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 4:03 (M= 5.9)

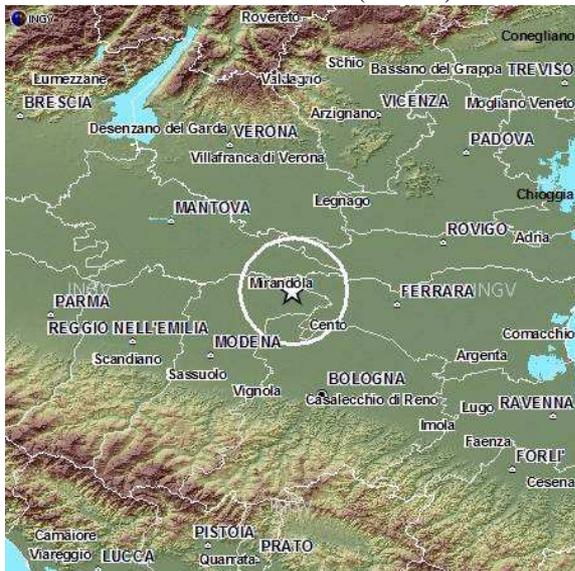


Figura 15: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 15:18 (M= 5.1)

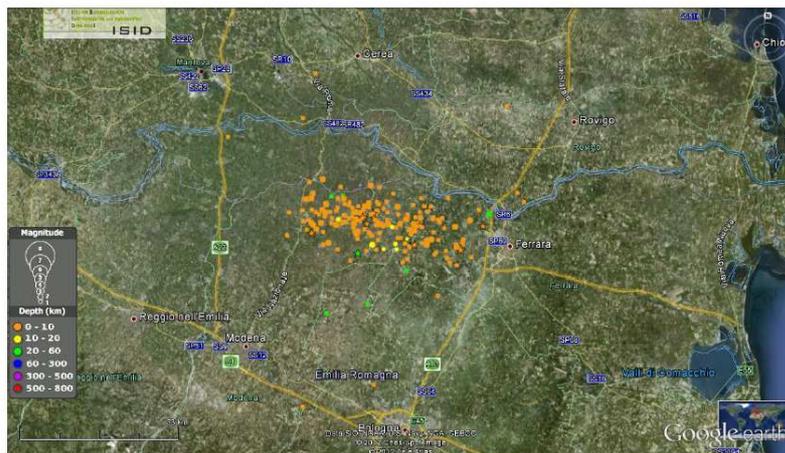
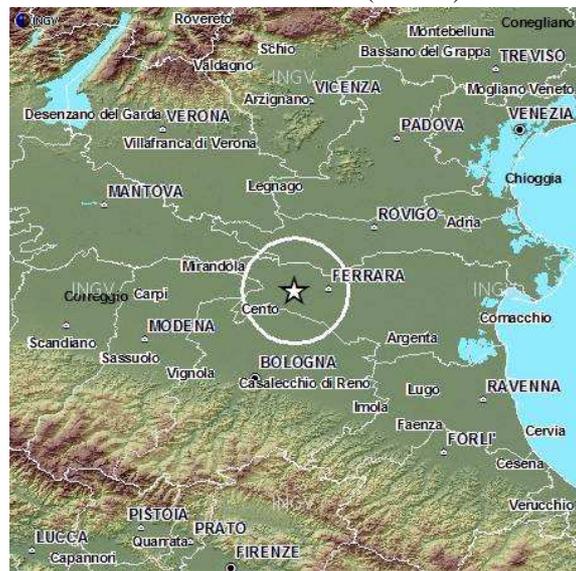
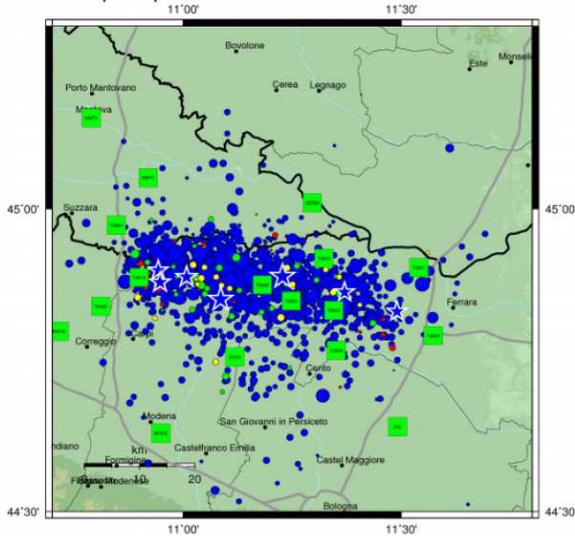


Figura 16: Mappa epicentrale aggiornata alle 19 del 21 Maggio 2012. Le stelle indicano i terremoti di magnitudo maggiore di 4. L'intera struttura delineata dalle repliche si estende per quasi 40 km in senso Est-Ovest tra la bassa

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

modenese e la periferia Ovest di Ferrara (fonte: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 21/05/2012*).

Mappa Epicentrale della Sequenza Sismica
 per il periodo 16-05-2012 : 07-06-2012



Aggiornata al 2012-06-07,05:45:01 UTC, numero di eventi 1587

	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	● 18	● 28	● 39	● 1302
3.0 <= MI < 4.0	● 1	● 0	● 0	● 166
4.0 <= MI < 5.0	● 0	● 0	● 0	● 26
MI >= 5.0	★ 0	★ 0	★ 0	★ 7

Stato della rete

■ Funzionante	■ Parzialmente funzionante	■ Guasta
---------------	----------------------------	----------

(<http://fside.rm.ingv.it>)

La distribuzione degli epicentri mostra chiaramente che tutte le scosse siano riferibili ad un’articolata e complessa struttura tettonica compressiva a direzione circa E-W appartenente alla porzione frontale, sepolta, dell’Appennino settentrionale (arco sepolto ferrarese).

La serie sismica è proseguita intensamente fino alla data del 07 Giugno 2012 con un numero complessivo di 1587 eventi.

Nella mappa epicentrale della sequenza sismica elaborata da INGV (Figura 17) si evidenzia la progressiva attivazione di un’area sempre più ampia della struttura tettonica con spostamento dell’attività verso Ovest; la sequenza ha compreso un ulteriore terremoto di magnitudo molto elevata (M=5.8) avvenuto alle ore 9 del giorno 29 Maggio e, in totale, ben 7 scosse sismiche con magnitudo M >5.

Figura 17 – (fonte: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 07/06/2012*).

Durante la stagione estiva ed autunnale 2012 l’attività sismica in queste aree ha proseguito seppure con sismi di intensità minore, con un numero complessivo di eventi registrati alla data del 1 Ottobre pari a 2466 sismi (di cui 2241 con M<3, 189 con 3<M<4; 27 con 4<M<5, e 7 con M >5); si segnala un terremoto avvenuto il giorno 3 Ottobre c.a. di Magnitudo pari a 4.5, avvenuto alle ore 16:41 italiane, con area epicentrale posta in prossimità dei Comuni Bettola-Farini-Morfasso (PC), nel distretto sismico denominato *Valle del Trebbia*, alle medesime latitudini dei terremoti parmensi-ferraresi ma verso quadranti più occidentali; le strutture tettoniche attivate mostrano meccanismi di attivazione trascorrenti.

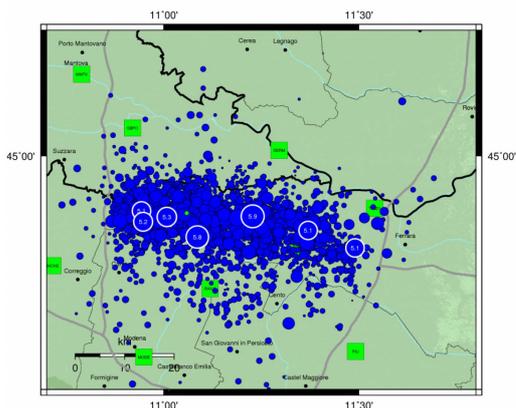
Nel comunicato di aggiornamento *Terremoti in Pianura Padana* redatto il 5 Novembre 2012 dall’istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e consultabile sul sito internet <http://terremoti.ingv.it/it/ultimi-eventi/842-terremoti-in-pianura-padana-emiliana.html> si evidenzia come non vi sia stato negli ultimi mesi dell’anno 2012 un incremento significativo sia per intensità che per numero degli eventi sismici (il numero di eventi registrati tra 1 Ottobre



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

2012 e 5 Novembre 2012 è pari a 28 sismi con $M < 3$ – Figura 18). Potrebbe pertanto essere in fase di esaurimento la "crisi sismica" iniziata nel Gennaio 2012; si rileva altresì che contestualmente alla diminuzione di questa attività si siano attivati altri distretti sismici italiani seppure con magnitudo massime di minore entità.

Mappa Epicentrale della Sequenza Sismica per il periodo 16-05-2012 : 01-10-2012



Aggiornata al 2012-10-01,13:00:05 UTC, numero di eventi 2466

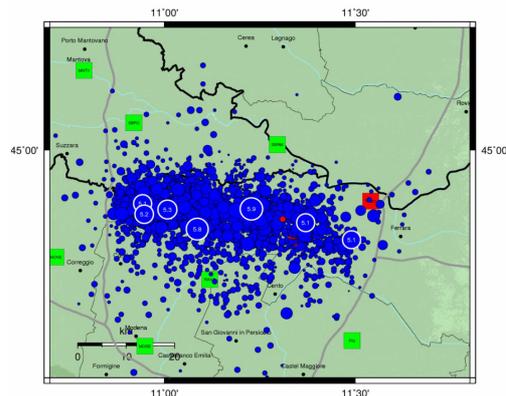
	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	0	0	1	2342
3.0 <= MI < 4.0	0	0	0	180
4.0 <= MI < 5.0	0	0	0	27
MI >= 5.0	0	0	0	7

Stato della rete

■ Funzionante
 ■ Parzialmente funzionante
 ■ Guasta

(<http://iside.rm.ingv.it>)

Mappa Epicentrale della Sequenza Sismica per il periodo 16-05-2012 : 05-11-2012



Aggiornata al 2012-11-05,13:00:09 UTC, numero di eventi 2494

	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	1	0	0	2270
3.0 <= MI < 4.0	0	0	0	180
4.0 <= MI < 5.0	0	0	0	27
MI >= 5.0	0	0	0	7

Stato della rete

■ Funzionante
 ■ Parzialmente funzionante
 ■ Guasta

(<http://iside.rm.ingv.it>)

Figura 18 – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 01/10/2012 e Comunicato del 05/11/2012).

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Appare in ogni caso plausibile che i recenti sismi italiani, seppure ubicati in zone sismogenetiche diverse e caratterizzati da profondità ipocentrali e meccanismi focali differenziati e peculiari di sistemi di faglie differenti, siano riferibili ad un unico scenario "geodinamico" a larga scala. Infatti l'intera regione mediterranea è stata interessata, nello stesso periodo, da una fase di marcata attività sismica lungo i margini delle placche tettoniche ed in particolare della microplacca adriatica, come esemplificato dalla mappa dei sismi di seguito riportata e relativa al giorno 1 Febbraio 2012 e 30 Maggio 2012 (Figura 19).

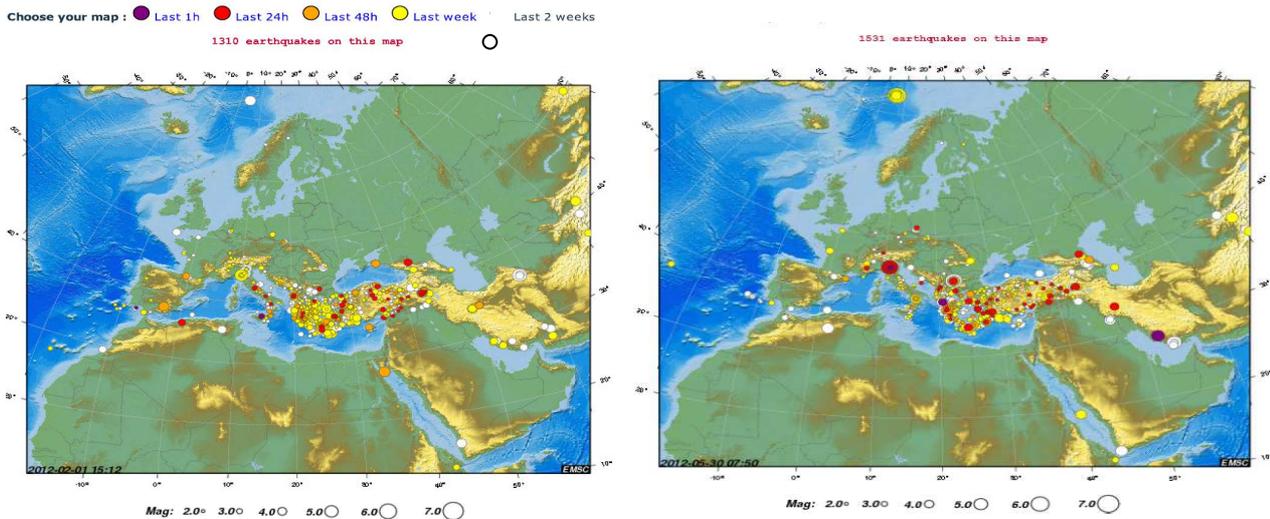
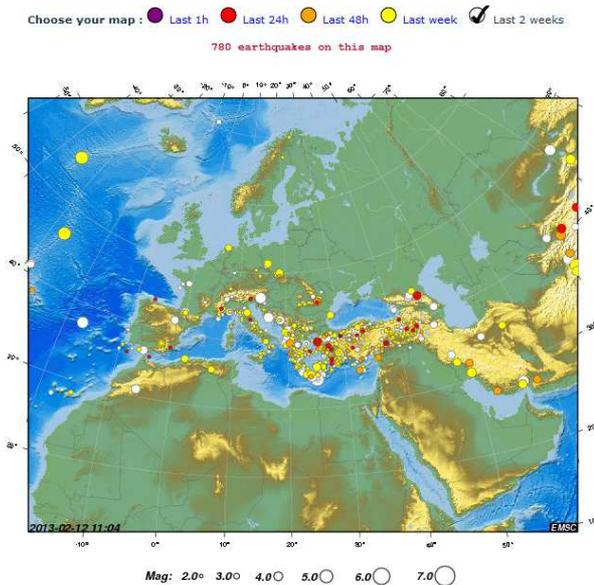


Figura 19 – Mappe dei sismi del 1 Febbraio e del 30 Maggio 2012 (European Mediterranean Seismological Centre).



Peraltro la mappa dei sismi del giorno 12/02/2013 (Figura 20) mostra una significativa e generalizzata diminuzione di attività tellurica nell'area mediterranea rispetto all'anno 2012.

Figura 20 – Mappe dei sismi del 12 Febbraio 2013 (European Mediterranean Seismological Centre).

*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

Una sostanziale conferma della ricostruzione sopraproposta dei recenti eventi sismici che hanno interessato l'area padana viene dalla lettura dello studio *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain* (Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise, Luglio 2014)

2.4 FAGLIE SISMOGENETICHE- FAGLIE CAPACI

Sulla base dei dati raccolti, tra i quali in particolare si segnalano studi prodotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) tra cui il recente *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain* (Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise, Pure and Applied Geophysics Luglio 2014) appare probabile che le faglie cartografate in territorio di Lonato del Garda (vedi ¶ 2.1) siano state **attive in età più recente rispetto ai 40.000 anni indicati negli ICMS** al fine di individuare le cosiddette "**Faglie Capaci**".

Tenendo conto di tutto quanto illustrato in riferimento all'ambito sismotettonico ed alla sismicità storica che caratterizza il territorio di Lonato del Garda (¶2.2 e ¶2.3) e dell'assetto geologico-strutturale regionale e locale (¶2.1) si è proceduto a consultare i cataloghi ed i data base dedicati (Progetto ITHACA) seppure essi siano tutt'ora in fase di "implementazione", nonché le nuove interpretazioni dei sistemi di faglie proposti negli studi di neotettonica recenti.

Un'importante caratteristica che accomuna i terremoti della Pianura Padana e dei margini prealpini è che, in virtù della loro cinematica e del loro contesto geologico, anche i più superficiali tra essi non producono fagliazione della superficie topografica, o comunque non sono noti effetti di terremoti del passato che potrebbero essere ricondotti a fagliazione superficiale. In altre parole, le faglie della Pianura Padana non arrivano a tagliare la superficie terrestre ma si fermano in profondità, e prendono per questo il nome di **faglie cieche**. Ne consegue che le faglie padane possono essere investigate solo tramite metodi indiretti.

Lo studio dell'INGV, appena pubblicato su *Pure and Applied Geophysics*, ha ripreso in esame e riorganizzato tutte le conoscenze sulla geologia, sulla tettonica e sulla sismicità della Pianura Padana. Le faglie cieche della Pianura Padana sono state suddivise in quattro gruppi principali (Figure 21 e 22):

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



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

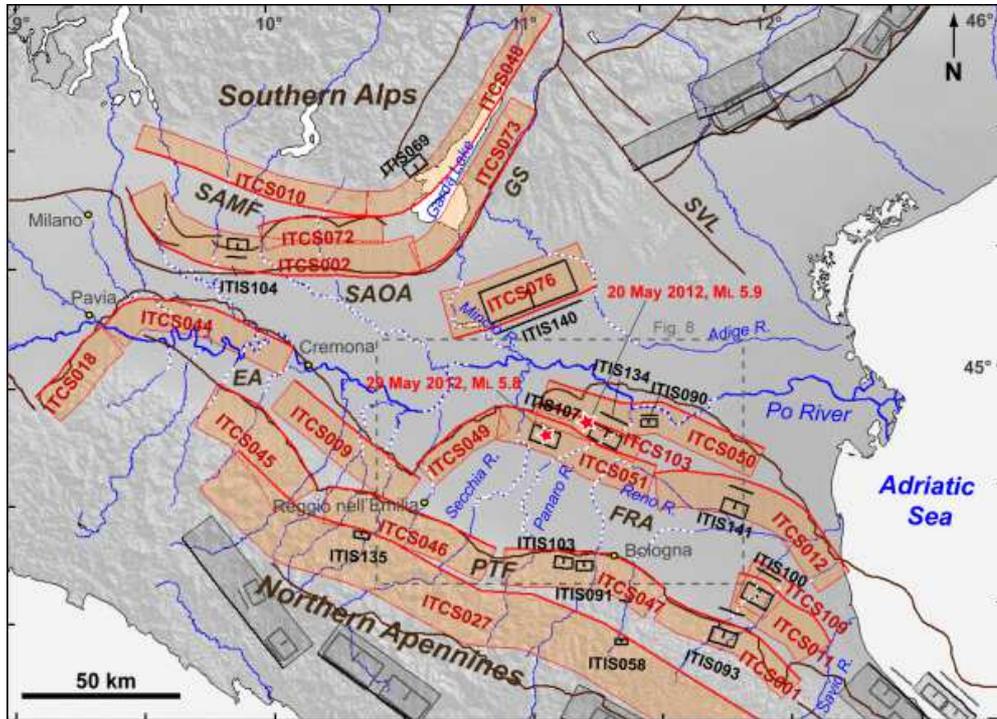


Figura 21 (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Sorgenti Sismogenetiche Individuali (ISS) e Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS) della Pianura Padana (rappresentate rispettivamente con rettangoli neri e fasce rosse; per le definizioni si vedano Basili et al., 2008; DISS v. 3.2). Le anomalie della rete di drenaggio sono evidenziate in tratteggio bianco. SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; PTF: fronte pedeappenninico; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.

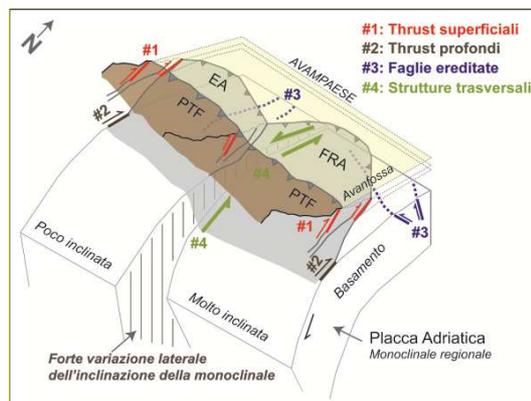


Figura 22 (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Schema semplificato che illustra i quattro gruppi di sorgente sismogenetica identificati in Pianura Padana nel recente studio. Oltre ai thrust superficiali e profondi, sono presenti le faglie ereditate che tagliano l'avampaese e le strutture trasversali. Queste ultime sono state interpretate, in questo studio, come la risposta fragile della litosfera superiore alla variazione dell'inclinazione della monoclinale regionale. EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo; PTF: fronte pedeappenninico.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Nello stesso studio si elabora una tabella (Tabella 1) che rappresenta un primo tentativo di attribuire ogni forte terremoto storico della Pianura Padana a questi quattro grandi gruppi di faglie ed a singole strutture tettoniche note.

Tabella 1

ID	Data	Località	Intensità	M _w	Multiplo	Profondo	Sorgente(I)	Gruppo	Struttura tettonica
4	25 dic 1222	Basso Bresciano	IX	5.8	N/A	N	ITCS002 o ITCS072	#1	SAOA
1	26 nov 1396	Monza	VII-VIII	5.4	N/A	N/A	ITCS002	#1	SAOA
2	12 mag 1802	Valle dell'Oglio	VIII	5.6	N/A	N	ITIS104; ITCS002	#1	SAOA
3	30 ott 1901	Salò	VIII	5.7	N/A	N	ITIS069; ITCS048	#1	SAMF

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

I terremoti della zona di pianura (ID 1-2-4), di M compresa tra 5.4 e 5.8, ed il terremoto di Salò storico (ID 3) del 30 Ottobre 1901 di M 5.7 vengono attribuiti a sistemi di faglie superficiali (#1) (ITCS002, ITCS072, ITIS069, in Fig. 21) ed in particolare il terremoto di Salò ad un *thrust* (faglia inversa) cieco, lungo circa 7 km a direzione N231 immergente verso NW.

Per la cosiddetta **Sorgente di Salò** gli Autori propongono una collocazione su una *deep ramp* afferente al Sistema delle Giudicarie; la geometria ed il cinematismo della sorgente sono state scelte seguendo le considerazioni geodinamiche e di geologia regionale come ricostruite nella letteratura geologica ed illustrate ampiamente nei paragrafi precedenti. La soluzione focale del recente **terremoto del 24 Novembre 2004 di M 5.2**, avvenuto pochi km a Nord della Sorgente di Salò, ha permesso di affinare ulteriormente i dati sismogenetici.

La profondità della Sorgente di Salò, oltrechè essere stata indirizzata dalla profondità del sisma del 2004 (8 km) è stata scelta seguendo l'analisi del risentimento macrosismico del terremoto del 1901; si ha infatti una vasta area danneggiata con una massima intensità I pari a 8 MCS nella città di Salò.

Gli Autori riportano alcune ipotesi, lasciando nel contempo aperte alcune questioni interpretative, che mettono in relazione la Sorgente di Salò con i sistemi tettonici e sismogenetici delle aree adiacenti e geologicamente correlabili (vedi quanto già descritto al ¶ 2.3 ed illustrato in Fig. 10, sotto riproposta).



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

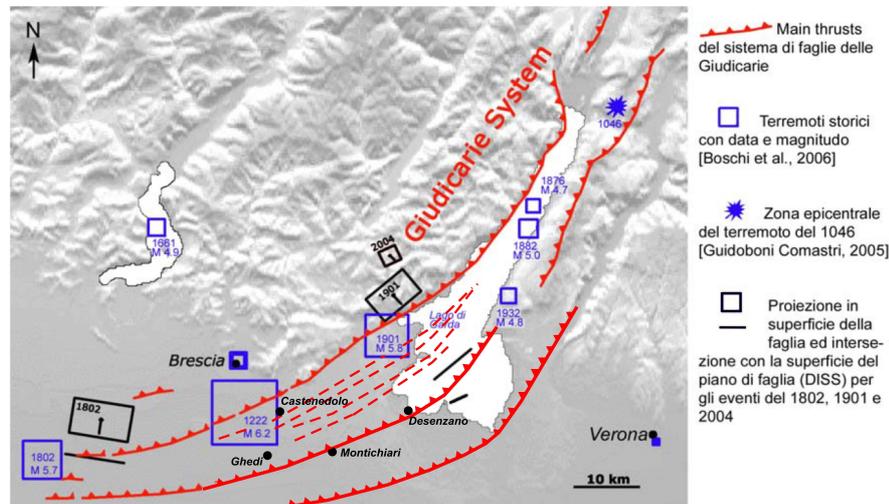


Figura 10: Schema sismotettonico dell'area Gardesana con proiezione dei principali sismi storici dell'area (modificato da "Progetto S3 - Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico - F. Pacor e M. Mucciarelli - Luglio 2007)

In primo luogo con la configurazione geometrica proposta **la faglia inversa di Salò si potrebbe connettere con il sistema di thrust superficiale della catena del Monte Baldo**, seppure non siano ancora definite in maniera univoca le relazioni strutturali tra i vari elementi. Rimane inoltre da chiarire se la porzione profonda del *thrust* del Monte Baldo sia ugualmente sismogenetica (come proposto da Galadini et al. [2001]).

Ad Ovest della Sorgente di Salò, **la continuità laterale del fronte attivo del thrust può essere provata dalle evidenze geomorfologiche e sismologiche**: 1) a sud di Brescia, nell'area epicentrale del terremoto del 1222 (M 6.2), la superficie di aggradazione sedimentaria riferibile al LGM (Livello di Massimo Glaciale) è deformata e le colline di Castenedolo e Ciliverghe potrebbero rappresentare l'espressione morfologica di un *thrust* ramp superficiale 2) più verso Ovest la Sorgente di Orzinuovi, responsabile del terremoto del 12 Maggio 1802 (M 5.7), controlla localmente l'andamento delle linee di drenaggio dei corsi d'acqua. Pertanto il *thrust* e la sorgente di Salò potrebbero essere connessi con le strutture responsabili del recente sollevamento delle colline di Castenedolo e Ciliverghe a Sud di Brescia.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

La consultazione del Data Base di ISPRA (Progetto ITHACA – Fig. 21) ha permesso di verificare che anche in questo caso siano segnalati, per il territorio d’interesse, più sistemi di faglie indicati come “Faglie Capaci” e cioè attivi negli ultimi 40.000 anni.

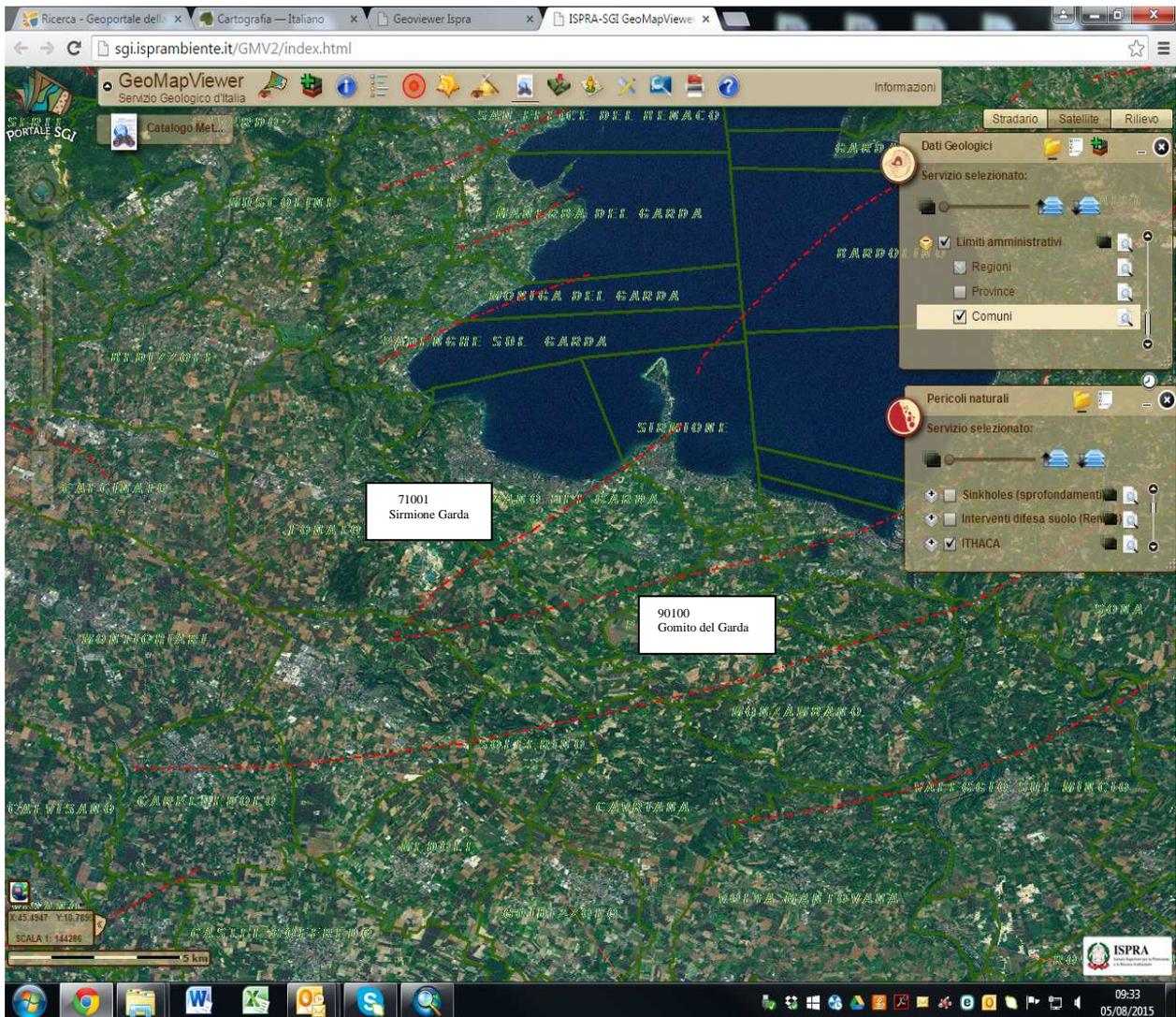


Figura 23 (tratta e modificata da ISPRA-SGI GeoMapViewer / SGI.ISPRAMBIENTE.IT/gmv2/index.html).

In particolare sono state riconosciute 2 faglie ad andamento marcatamente NE-SW e ENE-WSW compatibili con la Sorgente di Salò e con le aree geologicamente correlabili (sopra descritte) codificate come **71001** e **90100** e denominate rispettivamente **Sirmione-Garda** e **Gomito del Garda**.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Per la faglia Sirmione-Garda viene ipotizzata (discreta qualità degli studi) un'attività Olocenica generica (<10.000 anni) ed un rango di faglie primarie; per la faglia del Gomito del Garda non viene stimato (bassa qualità degli studi) il periodo di attività e non è definito il rango.

Rimandando alle **schede in allegato** per maggiori dettagli descrittivi dei sistemi di faglie inseriti nel data base di ISPRA si vuole qui sottolineare che preso atto di quanto riportato nei data base nazionale e nella più recente letteratura inerente le faglie sismogenetiche si è ritenuto di considerare entro il territorio d'interesse la specifica tematica.

E' stato pertanto applicato il metodo di correlazione tra le strutture individuate nella cartografia ITHAKA ed in letteratura e gli elementi strutturali descritti al ¶ 2.1 e riportati nella ***Carta Geologica con elementi Geomorfologici e Strutturali*** (All.1 – Scala 1:10.000). Si è così pervenuti ad individuare le faglie che, seppure con discreta o bassa attendibilità e sulla base delle conoscenze scientifiche attuali, possano essere identificate quali possibili faglie capaci ai fini del presente studio.

Tuttavia non si è ritenuto opportuno inserire tali elementi in alcuna categoria di microzonazione sismica ai sensi degli ICMS (vedi paragrafi successivi). Si rimanda ad eventuali successivi valutazioni di dettaglio e/o di implementazione di studi di 3° livello ai sensi degli ICMS.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

2.5 NORMATIVE SISMICHE – VALORI DI a_g

Il **D.M. 05/03/1984** istituiva l'elenco dei comuni considerati "sismici"; il territorio comunale di **Lonato del Garda** non veniva in esso classificato quale appartenente ad alcuna "**Categoria Sismica**".

La normativa sismica (D.M. 16 Gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003, suddivideva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ($C=(S-2)/100$). Lo spettro di progetto $S_a(T)$ si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale $R(T)$ indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione ϵ che di regola è unitario, salvo che per "terreni particolarmente compressibili" per i quali si consiglia di incrementare ϵ fino a 1.3.

L'Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/03 e Norme Tecniche allegate, che inserisce il territorio di **Lonato del Garda in zona sismica 2**, fa riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali. In tale direzione si è già mosso l'Eurocodice 8 (EC8) che stabilisce le regole per il progetto e la costruzione di strutture in zona sismica per i paesi membri della Comunità Europea. Secondo l'EC8, come anche secondo l'OPCM 3274/03, i territori nazionali vengono suddivisi in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento (a_g). I valori di accelerazione massima fissati nella nuova ordinanza per le zone 1, 2, 3 e 4 (rispettivamente 0.35g - 0.25g - 0.15g - 0.05g) recepiscono la proposta del G.N.D.T. (1985) e risultano maggiori di quelli della precedente normativa. La normativa allegata all'OPCM 3274/03 richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di a_g sul proprio territorio e quindi di assegnarli ad una delle zone della nuova classificazione.

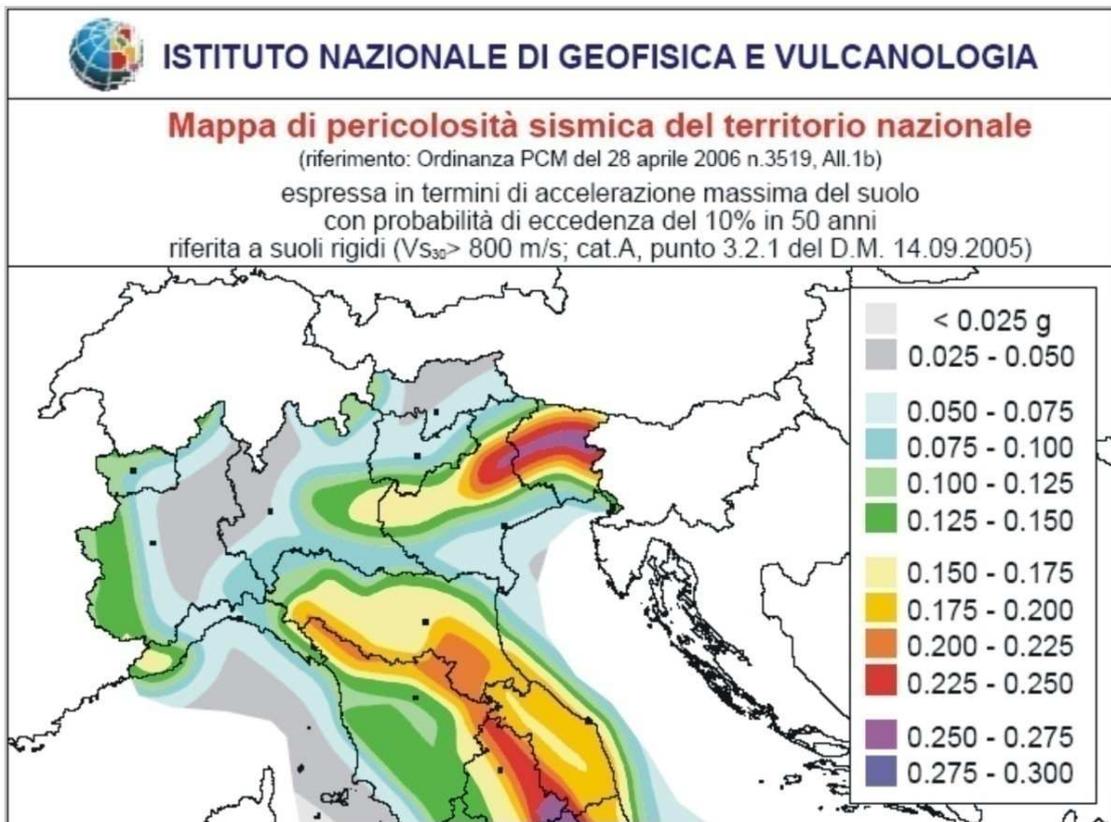
La Regione Lombardia con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03 ha fornito alcune disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM 3274/03, confermando la classificazione dei territori comunali lombardi riportata nell'Ordinanza e l'adeguamento alle norme tecniche allegate.

In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell'ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l'assistenza per il completamento e la gestione della "mappa di pericolosità sismica" prevista dall'OPCM 3274/03.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Già l’**Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06** fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **Lonato del Garda in zona sismica 2**, ed in particolare nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).



Più recentemente nell’ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa. La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011 (punto 1.4.3) che “*la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria*” e specifica altresì che “*ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell’All. B al citato D.M.*”. I dati riportati nell’All.B del D.M. 14/01/2008 coincidono per lo più



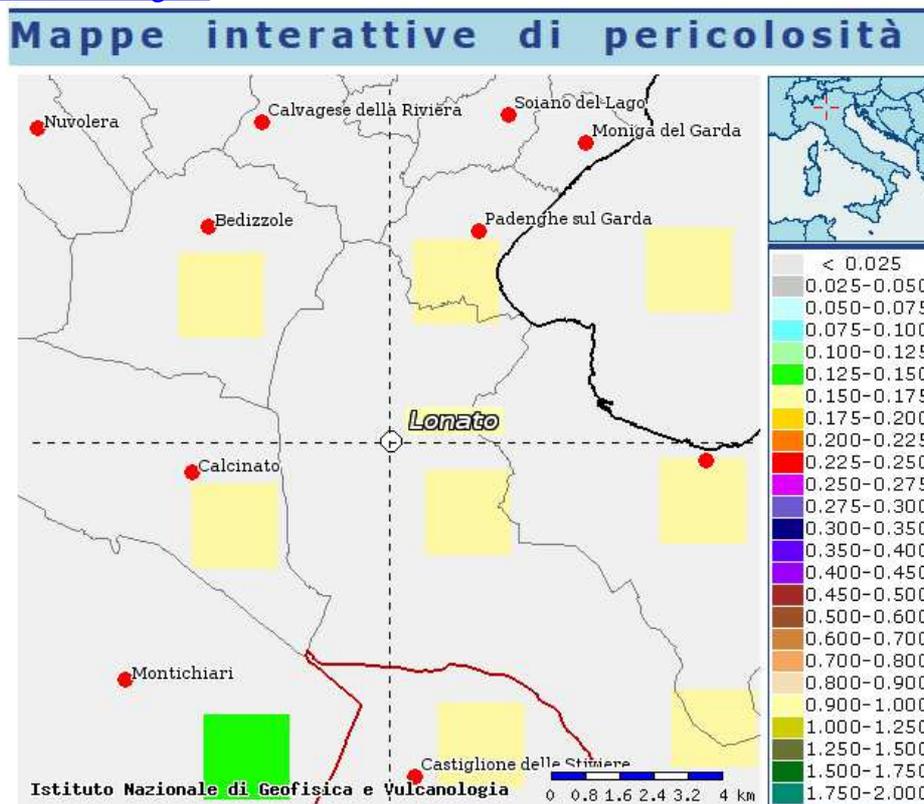
**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

con quelli riportati nell’Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l’utilizzo di programmi applicativi, quali “Spettri-NTC ver.1.0.3” (vedi paragrafi successivi).

Tuttavia di recente la Regione Lombardia con **D.G.R. X/2129 del 11/07/14** ha di recente approvato un “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia* (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)” che recepisce definitivamente la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 10 ottobre 2014 - n. X/2489, entrerà in vigore il 14 ottobre 2015.

La sopracitata D.G.R. ha recepito la classificazione dell’Ord. P.C.M. 3519/2006 ed ha pertanto confermato il **Comune di Lonato del Garda (BS)** in **zona sismica 2** con valore di **a_{gmax} 0,15926** anche a livello regionale e pertanto ai fini pianificatori. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

Si forniscono in proposito i dati di pericolosità sismica riportati sul link <http://zonesismiche.mi.ingv.it> relative al sito d’interesse:



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

2.6 RISPOSTA SISMICA DEL SITO AI SENSI DEL D.M. 14/01/08

Con l'entrata in vigore del nuovo Testo Unico, che definisce con D.M. 14/01/08 le "Norme Tecniche per le Costruzioni", è divenuto vigente l'obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica. Tuttavia le stesse NTC/08, per siti ricadenti in zona sismica 4, ammettono metodi di calcolo previsti dalle normative precedenti (Cap. 2.7 del D.M. 14/01/08 - Verifiche alle Tensioni Ammissibili secondo il D.M. 14/02/92, il D.M. 20/11/87 ed il D.M. 11/03/88) per costruzioni di tipo 1 e 2 e per Classi d'Uso I e II; si prescrive che in tal caso le azioni sismiche debbano essere valutate secondo il D.M. 16/01/1996, assumendo pari a 5 il Grado di Sismicità S.

Per la valutazione dell'Azione Sismica di un sito il Testo Unico (D.M. 14/01/08) richiede l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle in esso riportate, nonché l'applicazione di quanto previsto ai paragrafi 3.2.3.2, 3.2.3.3, 3.2.3.4 e 3.2.3.5.

Nel caso in cui non siano state condotte specifiche analisi di Risposta Sismica Locale la normativa prevede che possano venire utilizzati i metodi semplificati previsti dal D.M. 14/01/08.

Il **Modello Geologico-Geotecnico e Geofisico** e le **Caratteristiche Geomorfologiche** del sito (**Categoria di Sottosuolo** e la **Categoria Topografica**) dovranno, in tal caso, essere utilizzate per la stima dell'Azione Sismica e più in generale per la progettazione delle opere.

Mediante il programma Excel "Spettri-NTC (ver. 1.0.3)" è possibile definire gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica definiti per il sito di progetto sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV (**Fase 1**).

Lo sviluppo delle **Fasi 2 e 3**, per la definizione degli Spettri di Risposta Elastici di progetto, relativi ai vari Stati Limite, necessita la conoscenza e/o la scelta di parametri progettuali di competenza dei Tecnici Progettisti delle opere.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

2.6.1 Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica

Viene di seguito riepilogata la modalità di classificazione e caratterizzazione dei terreni secondo quanto indicato dalle norme tecniche per il progetto sismico allegate al D.M. 14/01/08.

Il **sottosuolo** deve essere classificato secondo le tabelle allegate al D.M. 14/01/08 e riportate di seguito:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Il valore di $V_{s,30}$ viene stimato utilizzando l'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [\text{m/s}] \quad (3.2.1)$$

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Secondo il D.M.14/01/08 ed in base ai dati sismostratigrafici esaminati (vedi paragrafi successivi) nel territorio di Lonato del Garda sono state riconosciute le seguenti categorie di sottosuolo:

Ambito Geologico	Categoria di Sottosuolo	Range di V_{S30}
Depositi Glaciali	B	475-700 m/sec
Depositi di Contatto Glaciale/Fluvioglaciale/Depositi di Conoide	B-C	270-644
Depositi Glaciolacustri	C-B	268-450

Per quanto concerne le **caratteristiche geomorfologiche** si potrà fare riferimento alla tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/08.

Tabella 3.2.IV – *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 $i > 30^\circ$

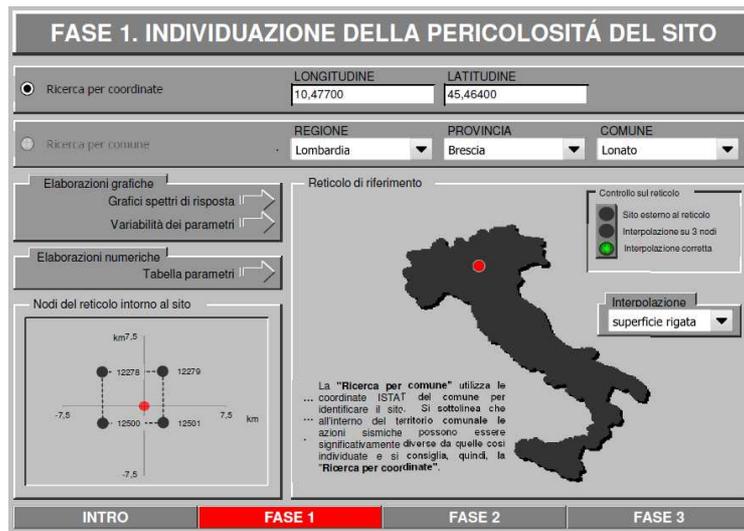
Per il territorio di Lonato del Garda, caratterizzato da ambiti fortemente eterogenei, possono essere riconosciute **tutte le categoria topografiche, con netta prevalenza delle categorie topografiche T1 (ambiti di pianura) e T2-T3 (ambiti collinari).**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

2.6.2 Pericolosità sismica del sito – Parametri sismici di riferimento ai sensi del D.M. 14/01/08

Per il territorio d’interesse, possono essere stimati per varie frequenze annuali di superamento, i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla Pericolosità Sismica mediante il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, utilizzando le coordinate geografiche.



Al fine di definire compiutamente tali parametri bisogna tenere conto della classe d’uso dell’edificio di progetto (rif. → paragrafo 2.4.2 NTC-08) e della strategia di progettazione (applicazione della **Fase 2 della procedura**).

Tenuto conto delle finalità del presente studio ed **indicativamente** si riportano di seguito i valori stimati per il territorio di Lonato del Garda e per una **Classe d’Uso IV** (ai sensi del paragrafo 2.4.2 NTC-08) ipotizzando una **progettazione per strutture strategiche (Fase 2)**.

Si riportano indicativamente i parametri progettuali ed i relativi periodi di riferimento da utilizzare per i diversi Stati Limite:

Vita Nominale della costruzione (in anni) - V_N	50			
Coefficiente d’uso della costruzione - C_U	2,0			
Periodo di Riferimento per la costruzione (in anni) T_R	SLO	SLD	SLV	SLC
	60	101	949	1950



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

I valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla pericolosità sismica stimati secondo la **progettazione strategica** (Classe d'uso IV "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità") sono di seguito elencati:

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0,061	2,487	0,248
SLD	101	0,079	2,488	0,255
SLV	949	0,201	2,486	0,278
SLC	1950	0,258	2,462	0,287

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Si allegano gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL, nonché i diagrammi con la variabilità dei valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R associati a ciascun SL.

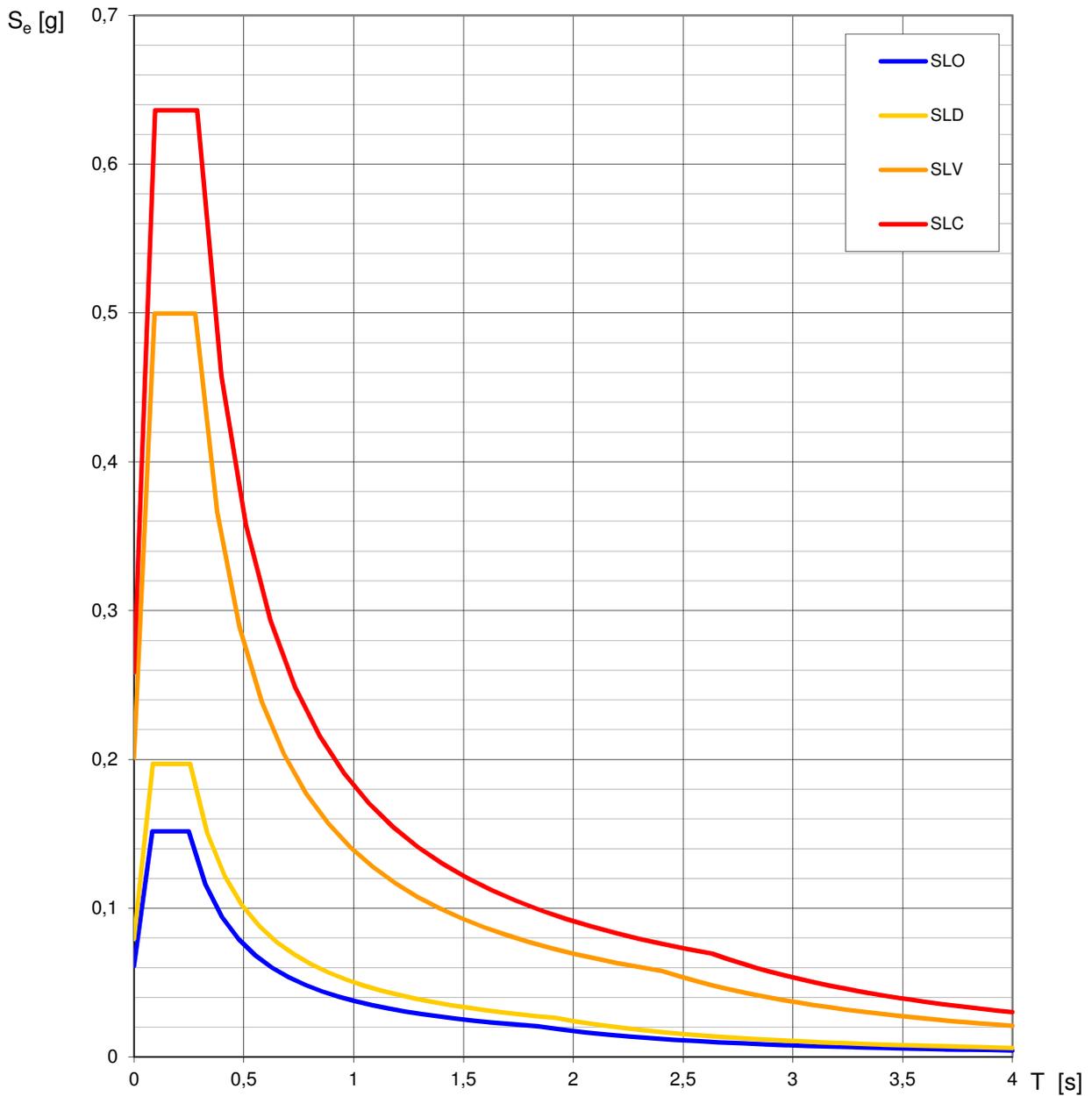
Rimane in ogni caso in carico al Tecnico Progettista delle Strutture, o ad un'eventuale valutazione congiunta con il Geologo, la determinazione (**Fase 3**) dell'Azione Sismica di Progetto e quindi dello Spettro di Progetto Elastico (SLE) o Inelastico (SLU).

2.6.3 Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t)

Per l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle riportate nella nuova revisione del Testo Unico (D.M. 14/01/08) si potrà tenere conto della categoria di sottosuolo stimata e dei valori dei parametri di pericolosità sismica del sito e potranno essere applicate le seguenti espressioni:

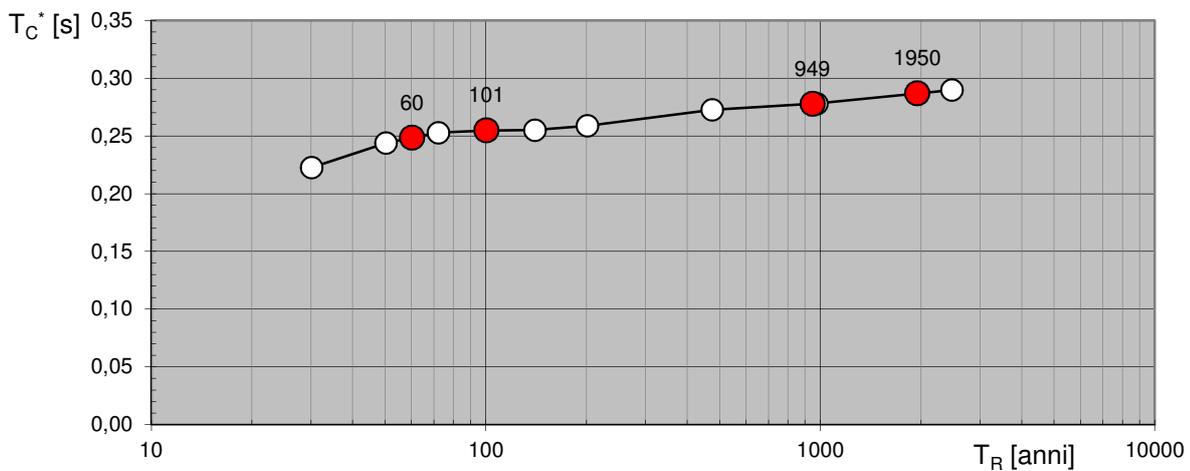
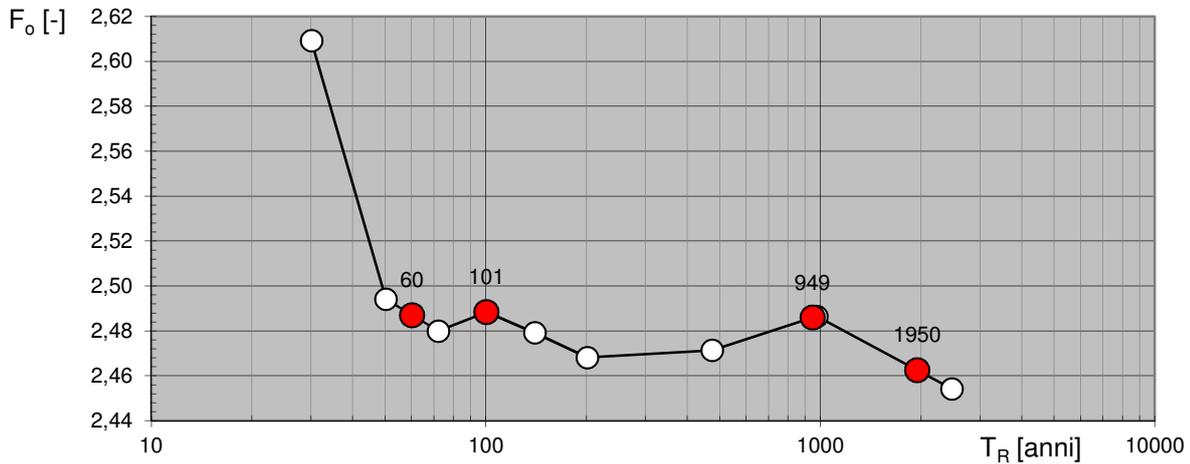
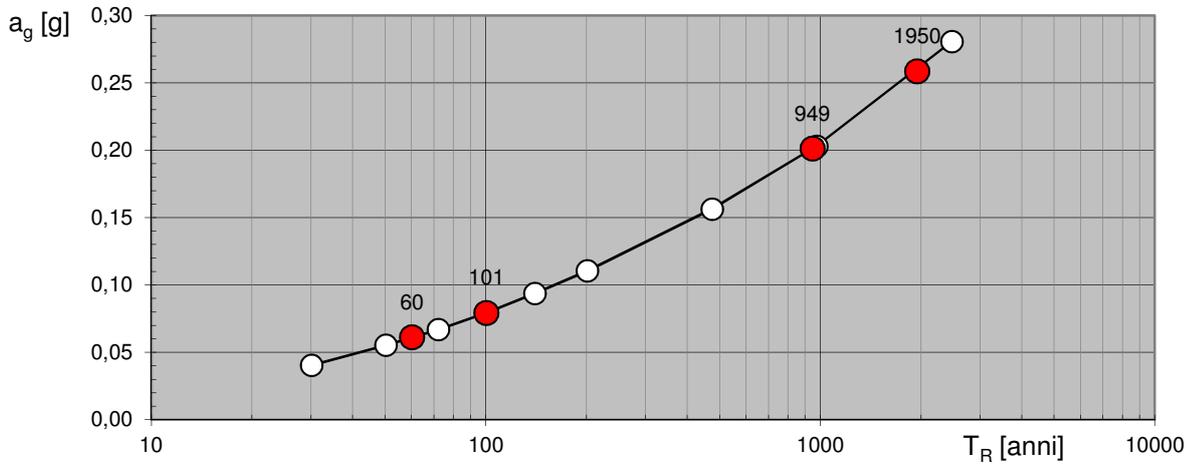
Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Per il territorio di Lonato del Garda e nell'ipotesi di **progettazione strategica (Classe d'uso IV "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità")** sono di seguito elencati per le verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) i relativi valori a seconda delle categorie di sottosuolo caratteristiche (considerando cautelativamente una categoria topografica T2-T3 e un coefficiente topografico S_t pari a 1,2):

Cat. Sottosuolo		B	C	D
SLD	S_S	1,200	1,500	1,800
	C_C	1,446	1,649	2,477

Cat. Sottosuolo		B	C	D
SLV	S_S	1,200	1,400	1,650
	C_C	1,421	1,602	2,372

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_t riportati nella seguente tabella:

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_t
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio di Lonato del Garda si colloca entro il Basso Garda Bresciano, che si estende tra le cerchie moreniche originate nel Quaternario, a seguito del ritiro dei ghiacciai alpini trasfluenti dalla Valle dell'Adige e del Chiese e canalizzati nel solco strutturale gardesano preesistente e con andamento giudicariense. Esso riveste inoltre un importante significato geologico e morfologico essendo inserito nell'anfiteatro morenico meglio rappresentato e più esteso d'Italia.

Si vuole quindi sottolineare la valenza geologica e scientifica, prima ancora che ambientale e paesaggistica, del territorio studiato la cui tutela appare d'obbligo.

Le cerchie moreniche, con andamento circa concentrico rispetto alla linea di costa del lago, segnano le diverse fasi di espansione dei ghiacciai. Da un punto di vista cronostratigrafico le cerchie moreniche possiedono in linea generale età crescente allontanandosi dalla linea di riva.

Durante lo scioglimento delle masse glaciali si originavano torrenti fluvio-glaciali che smantellavano i cordoni morenici già formati e deponevano il materiale nelle depressioni rimaste entro le diverse cerchie.

Tra i rilievi morenici sono talora presenti ampi ripiani, delimitati da scarpate, che corrispondono a terrazzi di *kame* formati durante le fasi di ritiro del ghiacciaio. Il dilavamento del fronte dei ghiacciai ad opera delle acque di fusione, ha determinato altresì l'accumulo di materiali a contatto con le stesse masse glaciali.

Talora le cerchie moreniche appaiono discontinue a seguito dell'azione di sfondamento praticata dagli stessi corsi d'acqua fluvio-glaciali.

Alcune depressioni o conche presenti sul territorio corrispondono a strutture relitte, formate nei pressi del fronte glaciale.

In letteratura le cerchie più interne sono riferite per lo più alla fase glaciale Würmiana mentre quelle più esterne sono attribuite al Riss, anche se non esiste uniformità di classificazione delle cerchie moreniche alle singole glaciazioni da parte dei diversi Autori.

Va in ogni caso sottolineato come possono essere distinte oscillazioni del ghiacciaio di ordine minore nell'ambito delle singole fasi Würm e Riss sia per i periodi glaciali che per quelli interglaciali.

Un punto di riferimento e/o di partenza per la cartografia geologica relativa a questo settore è la "**Carta Geologica dell'anfiteatro morenico del Garda – Tratto occidentale**", redatta da Venzo nel 1957. Le unità litostratigrafiche riconosciute a suo tempo da Venzo per il territorio di Lonato del Garda comprendono limitati lembi di depositi glaciali e fluvio-glaciali attribuiti al Wurm (cordone morenico di Maguzzano) e quindi diffusamente nel territorio depositi glaciali e fluvio-glaciali del Riss.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Studi stratigrafici recenti (*"Paleosols and vetusolos in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development"*; Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) attribuiscono i depositi morenici e fluvioglaciali affioranti nell'area di Lonato all'Unità di Sedena del Pleistocene Medio e Medio-Superiore e all'Unità di Solferino del Pleistocene Superiore.



Fig. 17 - Fase morenica di Faisa

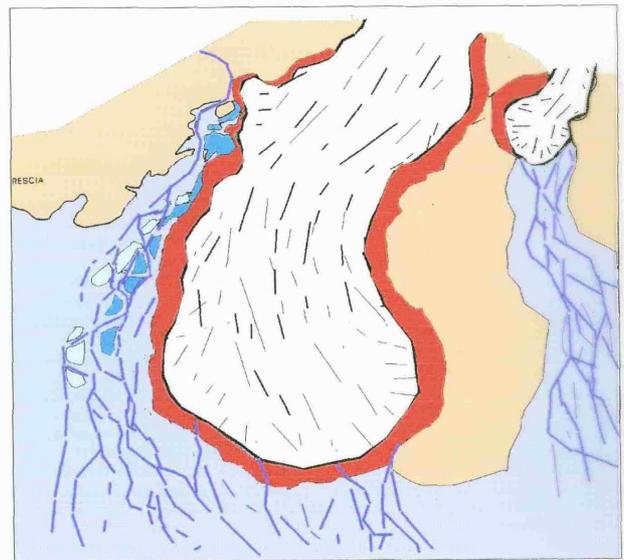


Fig 19 - Fase morenica di Carpenedolo

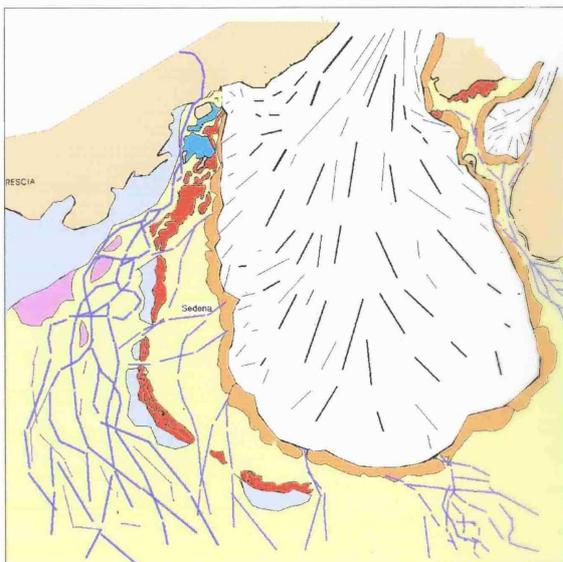


Fig. 20 - Fase morenica di Sedena.

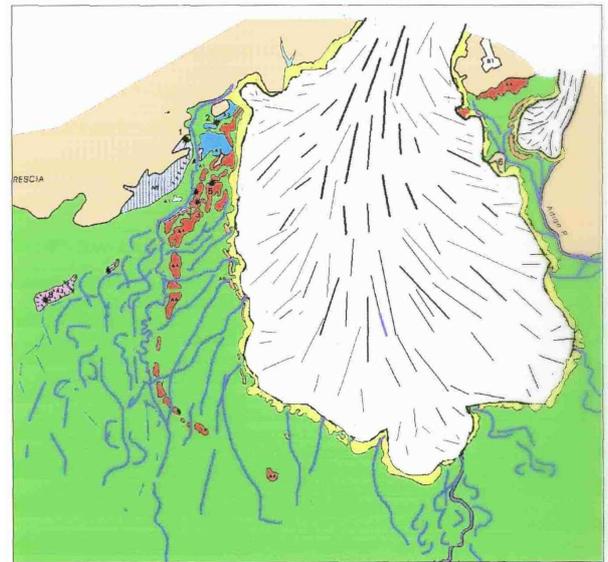


Fig. 21 - Fase morenica di Solferino

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

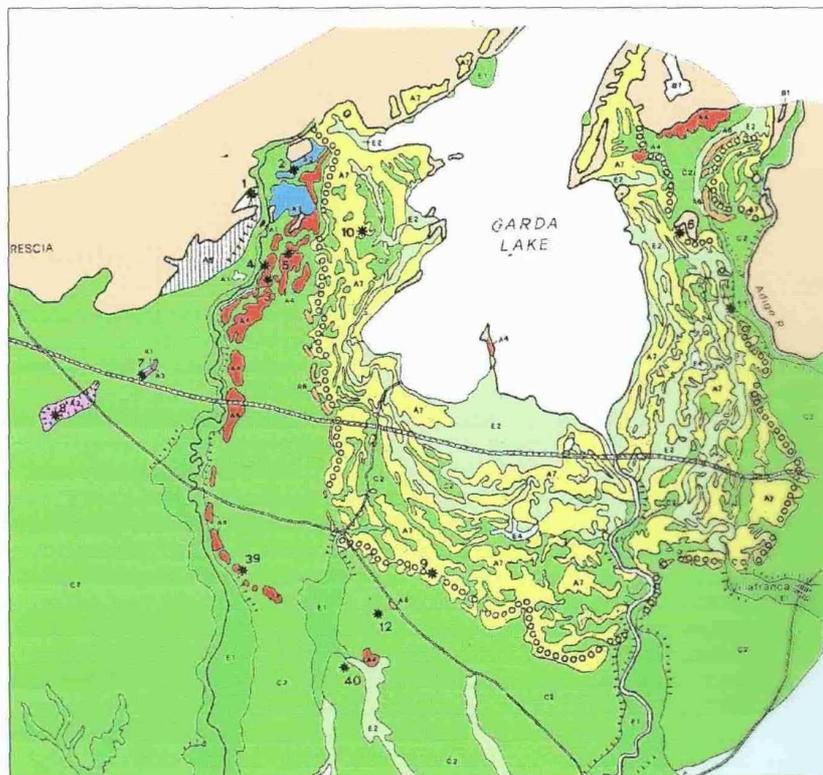


Fig. 23 - Disposizione attuale delle morene

Figure tratte da “Paleosols and vetusolos in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development” (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) e modificate dal Dott. Geol. Damiano Scalvini.

Anche nella “*Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra Val Vrenda e il M.te Pizzoccolo 1/25.000*” (Baroni, Bissolati e Vercesi, 1995), vengono applicati i moderni sistemi stratigrafici. I rilievi cartografici di questi Autori non comprendono il territorio di Lonato del Garda, interessando aree poste in territorio di Salò e Roè Volciano. Tuttavia si ritiene che l’apparato glaciale più antico (Unità di Sedena di Cremaschi M., 1987), riconosciuto entro il territorio di Lonato del Garda possa essere correlato all’Unità di Pellegrina di Baroni et Al. (1995); mentre l’apparato glaciale riferito all’Unità di Solferino (Unità di Solferino di Cremaschi M., 1987) possa essere correlata all’Unità di Roè Volciano di Baroni et Al. (1995) ed all’Unità di San Felice d/B (Studio Geologico del Territorio Comunale di San Felice del Benaco - Maggio 2008).

L’attuale revisione stratigrafica del quaternario mediante nuove interpretazioni e metodologie potrà introdurre, anche a breve termine, nuove e più precise interpretazioni.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

Con il passaggio verso le attuali condizioni climatiche i fenomeni geomorfici legati all'idrografia superficiale ed alla gravità si sostituirono a quelli glaciali apportando modifiche al paesaggio.

Si impostò gradualmente anche la rete idrografica diretta verso il lago. In corrispondenza delle depressioni intermoreniche meglio sviluppate si formarono aree palustri.

La formazione del Lago di Garda ebbe una certa influenza sul modellamento della fascia costiera. Variazioni del livello del lago hanno più di una volta determinato un avanzamento della linea di riva. (C. Baroni *"Note sulla paleogeografia olocenica della costa occidentale del Lago di Garda"*, Geogr. Fis. Din. Quat., 8 - 1985). Significativo, perché ampiamente documentato lungo la sponda del Garda, è il livello situato a circa 70 m s.l.m. riferibile al post glaciale.

Di conseguenza in prossimità della costa le fasce depresse di origine glaciale poterono essere colmate con materiali lacustri. La fascia costiera del lago divenne un ambiente di deposizione di materiali fini associati ai depositi più grossolani delle spiagge.

Infine l'azione antropica di modellamento della superficie topografica, dapprima essenzialmente legata alle pratiche agricole e successivamente alla progressiva urbanizzazione, ha portato nel tempo il territorio all'attuale configurazione.

3.2 ELEMENTI GEOLOGICI-STRATIGRAFICI

Le caratteristiche litologiche del territorio comunale sono riportate nella **"Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali"** (All. 1 – scala 1:10.000).

Viene di seguito elencata la successione delle unità stratigrafiche presenti con una descrizione delle principali caratteristiche litologiche.

Per quanto concerne le descrizioni litologiche si è fatto riferimento ai dati raccolti (vedi paragrafi successivi); per la classificazione e datazione delle unità delle coperture quaternarie e neogeniche, si è fatto riferimento allo studio *"Paleosols and vetusolos in the central Po plain - Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development"* (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987).



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

COPERTURE QUATERNARIE

La successione stratigrafica delle unità presenti nel territorio in oggetto è rappresentata da terreni riferibili al Quaternario, a partire dal Pleistocene, che possono essere così schematizzati (dai più antichi ai più recenti):

Unità di Sedena – Us (Pleistocene Medio – Medio Superiore)

L'Unità di Sedena affiora esternamente all'Unità di Solferino, possedendo il ghiacciaio un'estensione leggermente maggiore.

In territorio di Lonato d/G è rappresentata la morena più esterna dell'unità (rilievi collinare di Drugolo, C.na Falcone, Sedena, S.Zeno, C.na Pozze, ecc.), disposta nella porzione occidentale e allungata in direzione circa NNW-SSE, a costituire il bordo collinare a ridosso dell'ampia pianura fluvio-glaciale (piana occidentale di Lonato) in parte riconducibile alla stessa fase di Sedena e formatasi a seguito del ritiro del ghiacciaio riferito alla Fase di Carpenedolo, e quindi ad un apparato glaciale più antico e maggiormente esteso.

Depositi Glaciali (Us1)

I depositi morenici di cordone corrispondono ai fronti di massima espansione del ghiacciaio in corrispondenza dei quali si aveva l'accumulo caotico dei materiali glaciali. La fase di Sedena ha dato luogo ad un allineamento ben definito, caratterizzata da poche pulsazioni.

I depositi sono costituiti da diamicton massivi per lo più a supporto clastico (Dcm) ma talora a supporto di matrice (Dmm). Risultano frequentemente presenti anche grossi trovanti poligenici con dimensioni fino a vari m³.

Nell'ambito del complesso modello deposizionale morenico sono previste eterogeneità litologiche con variazioni nel contenuto di frazione fine che risultano talora molto accentuate anche in zone contigue. Così si possono ritrovare settori con litologia più francamente limoso-sabbiosa prevalente sullo scheletro granulare (Dmm). In questi casi i depositi glaciali assumono tipica colorazione grigia (più argillosa) o color oca-nocciola (più limosa).

Depositi glacio-lacustri di depressione intermorenica o di fronte glaciale (Us2)

I depositi glacio-lacustri occupano limitati settori depressi entro i cordoni morenici, essendo correlati ad una posizione proglaciale-marginale rispetto al ghiacciaio.

Sono rappresentati da depositi a granulometria medio fine, quali limi e sabbie con scarsa presenza di ghiaia (Sl, Fl) in funzione di un ambiente deposizionale di bassa energia. Sono in ogni caso presenti dei livelli più francamente ghiaioso-sabbiosi.

Alla fase di Sedena possono essere attribuiti dei limitati settori intramorenici sviluppati nella porzione settentrionale del territorio, articolate assecondando le irregolarità dei dossi glaciali (Località Drugolo, Sedena, Lonato e San Polo).



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Depositi Fluvioglaciali (Us3)

I depositi fluvioglaciali riferibili con maggiore certezza all'Unità di Sedena, sono stati identificati lungo il bordo collinare, secondo una fascia allungata tra i rilievi di Drugolo-Sedena-Pozze-Lonato-San Polo e la piana occidentale di Lonato.

I depositi fluvioglaciali sono costituiti prevalentemente da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e si presentano poco stratificati; i ciottoli sono per lo più arrotondati ed in subordine subangolari.

Unità di Solferino – Us1f (Pleistocene Superiore)

A questa unità sono riconducibili depositi glaciali e fluvioglaciali. L'Unità di Solferino risulta piuttosto estesa ed articolata e presenta diverse Unità Morena intervallate da piane fluvioglaciali. In territorio di Lonato d/G è riconosciuta la morena della massima espansione che conserva la asimmetria originale e taglia in discordanza geomorfologica le morene dell'Unità di Sedena.

Il ritiro del ghiacciaio solferinese, doveva quindi avvenire lentamente e secondo pulsazioni ripetute e fasi di stazionamento successive. A questa unità sono riconducibili infatti numerose cerchie moreniche, cui si interpongono piane fluvioglaciali ad andamento meandriforme e/o depressioni intramoreniche; da esse si diparte anche l'ampia piana occidentale di Lonato, probabilmente attiva già durante la Fase di Sedena e poi anche in fase tardo-glaciale.

Depositi Glaciali (Us1f 1)

I depositi morenici di cordone delineano per le avanzate delle masse glaciali i fronti di massima espansione in corrispondenza dei quali si aveva l'accumulo caotico dei materiali glaciali.

Sono costituiti da diamicton massivi per lo più a supporto clastico (Dcm) ma talora a supporto di matrice (Dmm). Risultano frequentemente presenti anche grossi trovanti poligenici con dimensioni fino a vari m³.

Nell'ambito del complesso modello deposizionale morenico sono previste eterogeneità litologiche con variazioni nel contenuto di frazione fine che risultano talora molto accentuate anche in zone contigue. Così si possono ritrovare settori con litologia più francamente limoso-sabbiosa prevalente sullo scheletro granulare (Dmm). In questi casi i depositi glaciali assumono tipica colorazione grigia (più argillosa) o color oca-nocciola (più limosa).

Questi depositi appaiono organizzati in cordoni morenici per lo più discontinui raggruppabili in cerchie principali disposte in genere ad andamento arcuato o più raramente rettilineo.

All'Unità di Solferino può essere riferita la cerchia principale dell'anfiteatro morenico gardesano; ad essa afferiscono infatti i rilievi posti alle quote più elevate (Drugolo,



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

Cappuccini, M.te Falò, C.na Spia, Castello di Lonato, M.te Nuvolo, Le Crosero, M.te Malocco -Brugnolo), più o meno discontinui.

Le fasi di ritiro delle masse glaciali sono testimoniate anche dai cordoni morenici minori di Maguzzano, di M.te Recciago, di Polada, del Tiracollo, di Castelvengago, di C.na Monte Falcone e di Centenaro, talora piuttosto discontinui, con rilievo topografico progressivamente più blando spostandosi verso il Lago.

Depositi glacio-lacustri di depressione intermorenica o di fronte glaciale (Uslf2)

I depositi glacio-lacustri occupano le porzioni più depresse entro i settori pianeggianti, o limitate piane irregolari intercluse entro i rilievi collinari, essendo correlati ad una posizione proglaciale-marginale rispetto al ghiacciaio.

Sono rappresentati da depositi a granulometria medio fine, quali limi e sabbie con scarsa presenza di ghiaia (Sl, Fl) in funzione di un ambiente deposizionale di bassa energia. Sono in ogni caso presenti dei livelli più francamente ghiaioso-sabbiosi, in quanto l'ambiente di deposizione risultava condizionato da brusche variazioni di energia (pulsazioni nell'arretramento del ghiacciaio), determinando nette variazioni litologiche in senso verticale.

Nel territorio di Lonato d/G questi depositi sono riconoscibili presso numerose piane intermoreniche (Località San Cipriano), interposte tra i cordoni morenici interni; nel settore sudorientale essi costituiscono le piane dei diversi rami della Fossa Redone correlabili a fasi di stazionamento del ghiacciaio, allungate per lo più secondo i rilievi collinari, frequentemente associati o interdigitati ai depositi di contatto glaciale e/o fluvio-glaciali.

Si ritiene probabile che questi depositi in superficie possano essere stati rielaborati dai corsi d'acqua olocenici, in un contesto idrografico simile all'attuale, ma con maggiore disponibilità d'acqua.

Depositi di Contatto Glaciale (Uslf3)

I depositi di contatto glaciale, quando presenti, sono posti di norma immediatamente a tergo dei cordoni morenici. Possono assumere una forma complessiva a dosso o terrazzo (posizione marginale, subglaciale, interna o epiglaciale rispetto al ghiacciaio; genesi di tipo kame) o di piana con depressioni (posizione marginale rispetto al ghiacciaio; genesi tipo sandur – alluvionamento proglaciale) e risultano costituiti prevalentemente da ghiaie massive e sabbie per lo più a supporto di matrice gradate (Gms) o grossolanamente stratificate (Gm),

Si possono avere forti eterogeneità litologiche con variazioni in percentuale della frazione fine talora molto marcate, con litofacies riferibili a sabbie da medie a grossolane (Sh) o fini (Sl). In generale la presenza di matrice argillosa può conferire a questi depositi una tipica colorazione grigia, mentre un colore oca-nocciola contraddistingue di norma materiali con maggior presenza di limo.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

In territorio di Lonato d/G occupano gli estesi settori pianeggianti interposti entro le diverse cerchie moreniche interne, possedendo talora estensione limitata e andamento meandriforme (Località Drugolo, Sedena, San Martino, BarcuZZi, Maguzzano, Prè, San Tomaso, M.te dei Fortini, M.te Venzaghetto, C.n Ombrellone).

Depositi Fluvioglaciali (Uslf4 – Uslf5)

Si distinguono:

Depositi fluvioglaciali delle cerchie interne (Uslf4): questi depositi costituiscono le aree pianeggianti maggiormente estese, interposte tra i cordoni morenici interni, e sono rappresentati da ghiaie con ciottoli arrotondati a supporto di clasti o di matrice in genere sabbiosa e sabbie spesso a laminazione incrociata (a). Sono presenti livelli e lenti di limi sabbiosi, soprattutto in superficie (b).

Nel settore sudorientale le piane fluvioglaciali si raccordano con le depressioni intermoreniche entro cui scorre la Fossa Redone.

Depositi fluvioglaciali frontali alle cerchie interne (Uslf5): questi sedimenti, deposti in un ambiente ad elevata energia non presentano, di norma, la coltre superficiale limoso-sabbiosa. Sono costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa; i ciottoli sono da arrotondati a subangolari e si presentano talora stratificati.

Essi costituiscono l'estesa piana fluvioglaciale occidentale, costituendo un potente corpo ghiaioso-sabbioso. Questa piana risultava probabilmente alimentata anche in epoca tardo glaciale.

Unità Postglaciale (Olocene)

Depositi costieri lacustri (I1 e I2) (Olocene)

Sono distribuiti in corrispondenza della fascia perilacustre e contraddistinguono un livello di innalzamento del lago. Sono per lo più rappresentati da ghiaie e sabbie, verso monte (I1), e da limi e limi sabbiosi verso la fascia più propriamente perilacustre (I2).

Gli stessi materiali sono distribuiti diffusamente sui fondali del lago nella zona posta in corrispondenza della linea di riva, a valle dell'ambiente deposizionale di spiaggia.

Depositi di conoide antichi (dc 2) (Pleistocene) e recenti (dc 1) (Olocene)

Depositi alluvionali e/o di conoide sono presenti principalmente lungo le incisioni principali della cerchia morenica più esterna verso la piana occidentale di Lonato e sono costituiti da sequenze deposizionali essenzialmente grossolane a litologia ghiaioso-sabbiosa con ciottoli.

I depositi di conoide antichi sono correlabili ancora all'azione degli scaricatori fluvioglaciali, attivi in epoca glaciale e tardo glaciale, e non possiedono più alcuna valenza idraulica.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

In alcuni casi i conoidi sono stati rielaborati e riattivati dai corsi d'acqua olocenici in epoca post glaciale.

Depositi di spiaggia recenti ed attuali (ds) (Olocene)

Si estendono lungo una sottile fascia perilacustre presso il Lido di Lonato. Sono rappresentati da depositi grossolani ghiaioso-sabbiosi, distribuiti discontinuamente in adiacenza alla linea di costa, dove danno origine ad una spiaggia pressoché continua.

La realizzazione del porto del cantiere Bluegarda e di manufatti di alaggio di piccole imbarcazioni può localmente generare lievi tendenze all'erosione o al ripascimento della spiaggia.

Depositi torbosi (t) (Olocene)

I depositi torbosi sono rappresentati da terreni limoso-argillosi ricchi in frazione organica; essi sono presenti in corrispondenza di conche umide e dei principali stagni (Località Ambrosina Bassa, Polada, Torbierina, Prè, Lavagnone, Fenil Bruciato, Fenil Vecchio, Cattaragna).

In alcuni casi (Località Lavagnone e Polada) essi sono stati oggetto, in epoca storica, di intenso sfruttamento e commercializzazione.

Lungo i fossi che drenano le valli intermoreniche nel settore meridionale (rami della Fossa Redone), si possono localmente verificare accumuli di depositi a componente organica (torba) in conseguenza di una tendenza all'impaludamento e al ristagno d'acqua.

Materiali di riporto (r)

Si tratta di materiali di riporto eterogenei per granulometria, accumulati per lo più sul territorio per la realizzazione dei rilevati delle vie di comunicazione principali e secondarie o in prossimità di aree edificate.

I principali accumuli si hanno comunque in corrispondenza del polo estrattivo. Su estese aree già oggetto di coltivazione di inerti (ghiaia e sabbia) sono stati successivamente riportati potenti accumuli di materiali eterogenei.

Interventi di regolarizzazione della topografia sono stati talora realizzati diffusamente sul territorio mediante l'utilizzo di materiali di riporto.

Tali materiali sono stati cartografati laddove l'estensione e lo spessore risultano significativi per la scala utilizzata.



3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA

Le forme e i processi morfologici più significativi riconosciuti sul territorio comunale venivano già riportati nell' *"Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Lonato del Garda"* (Dott. Geol. Rosanna Lentini, Luglio 2009) ed in particolare nella *"Carta Geologica con Elementi geomorfologici – scala 1:10.000"* (Tav. 1) e nella *"Carta della Dinamica Geomorfologica e del Sistema idrografico – scala 1:5.000"* (Tavv. 2).

L'analisi del sistema idrografico e delle forme geomorfologiche del comune di Lonato del Garda è stata effettuata nel 2009 mediante nuove campagne di rilievi, secondo i criteri della D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002 modificata con D.G.R. 7/13950 del 01/08/2003 (sistema idrografico) e della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 (forme morfologiche e di dinamica geomorfologica) tenendo conto dei dati riportati nelle tavole cartografiche allegato allo studio geologico precedente ed all' *"Elaborato Tecnico Normativo del Reticolo Idrico Minore ai sensi della D.G.R. n°7/7868 del 25/01/2002"* eseguiti dal Dott. Geol. Giorgio Crestana e dalla scrivente nel Luglio 2003.

Il lavoro di sintesi dei dati ha portato alla redazione della **"Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali"** (All.1 – Scala 1:10.000) sulla base della quale sono stati individuati gli elementi morfologici da inserire nella **"Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica"** (scala 1:5.000).

Nei paragrafi successivi saranno descritti le strutture geomorfologiche ed i processi geomorfici in atto, nonché un inquadramento generale del sistema idrografico.

Per quel che riguarda i dati pedologici si è tenuto conto dei dati riportati nello studio de *"I suoli dell'area morenica gardesana-settore bresciano"* (ERSAL, 1997), da cui è stata tratta la Carta Pedologica in allegato.

Da un punto di vista geomorfologico il territorio in esame può essere ricondotto a differenti ambiti.

- Un **primo ambito** corrisponde al **settore collinare riferibili all'entroterra morenico ed alle sue varie fasi evolutive**. Si tratta di una porzione di territorio con andamento piuttosto articolato. Tale ambito risulta caratterizzato da una cerchia collinare esterna, piuttosto discontinua (Unità di Sedena) e poco pronunciata, cui si sovrappone in discordanza una cerchia piuttosto continua (cerchia esterna dell'Unità di Solferino) piuttosto pronunciata, cui sono correlate le quote altimetricamente più rilevate del territorio comunale, e da alture collinari discontinue (cerchie interne dell'Unità di Solferino) fraposte tra questa ed il lago, a morfologia più blanda, che raggiungono quote di poco rilevate rispetto alle piane circostanti. In tale ambito risultano altresì molto marcate le piane intermoreniche,



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

ad andamento talora meandriforme. Le aree pianeggianti sono in parte riferibili alle antiche linee di deflusso degli scaricatori fluvioglaciali, verso cui confluivano le acque di scioglimento dei ghiacciai durante le fasi di ritiro (piane fluvioglaciali). Allo stesso modo l'arretramento delle lingue glaciali secondo più fasi di stazionamento, può aver comportato la formazione di depressioni tra archi morenici adiacenti, con conseguente ristagno d'acqua ed individuazione di laghi di fronte glaciale. La successiva tracimazione delle acque raccolte da questi bacini lacustri, attraverso uno o più tagli provocati negli archi di contenimento, può aver comportato il recapito delle acque verso gli scaricatori fluvioglaciali più prossimi, con formazione talora di forme morfologiche tipiche assimilabili a conoidi. Gli scaricatori raccoglievano principalmente le acque di scioglimento della lingua glaciale riferibile prima alla fase di Sedena e poi alla fase di Solferino, che tendono a defluire incanalandosi con direzioni di deflusso circa verso S-SW.

Le alture collinari moreniche sono disposte in direzione dapprima circa NNW-SSE (cerchie esterne) e quindi variabile fino a circa NW-SE in funzione della dinamica di ritiro disposta all'incirca secondo l'andamento della linea di costa. Le piane intermoreniche, più o meno estese, sono state modellate dai corsi d'acqua fluvioglaciali e successivamente riprese da quelli olocenici.

I corsi d'acqua olocenici, che solcano le aree di pianura e di valle intramorenica, sfruttano in gran parte i lineamenti morfologici ereditati e scorrono talvolta ai margini o entro piane fluvioglaciali più ampie dell'attuale alveo. E' questo il caso dei vari rami della Fossa Redone.

- Il **secondo ambito** è riferibile alla **piana fluvioglaciale occidentale di Lonato**, caratterizzata da un ampio settore da pianeggiante a subpianeggiante, formatosi probabilmente a seguito del ritiro dei ghiacciai più antichi (Fase di Carpenedolo) e successivamente recettore delle acque di scioglimento dei ghiacciai delle fasi più recenti, nonché della successiva rete idrografica olocenica. Lo sfruttamento agricolo di questo vasto settore pianeggiante ha comportato lo sviluppo di una rete idrografica artificiale piuttosto imponente che ha interessato in maniera capillare il territorio.

Il territorio comunale di Lonato d/G possiede una morfologia che può essere riferita a diversi processi genetici susseguirsi nel tempo e talora tra loro sovrapposti, che hanno portato il paesaggio alla configurazione attuale.

Ai fini del presente studio gli elementi geomorfologici di maggiore interesse sono stati riportati come "Instabilità di Versante" e "Forme di Superficie" nella "**Carta Geologico-Tecnica ai sensi degli ICMS**" (scala 1:10.000).



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

Possono di conseguenza essere individuati i seguenti sistemi o gruppi di processi morfogenetici:

- **forme e depositi glaciali antichi**
- **forme e depositi legati all'azione della gravità**
- **forme e dinamica connesse all'idrografia superficiale**
- **forme, depositi e dinamica lacustri**
- **forme antropiche**
- **attività estrattive e discariche**

Dato il contesto morfologico e litologico il territorio di studio presenta in genere una scarsa attività dei fenomeni geomorfici. L'azione antropica ha frequentemente modificato la dinamica dei fenomeni morfologici diffusi sul territorio, provocando in generale una diminuzione degli effetti erosivi. Per contro localmente si registra un'origine antropica per l'innesco dei fenomeni erosivi o di instabilità dei versanti.

Le aree urbanizzate sono modificate nel loro originario aspetto, così come appaiono frequentemente modificate le linee di collettamento del deflusso delle acque superficiali, non di rado canalizzate o intubate.

Nelle zone rurali sono state eseguite a più riprese modifiche dell'andamento della topografia mediante interventi di rettifica e/o bonifica dei terreni coltivati. La realizzazione delle vie di comunicazione ha spesso prodotto fronti di scavo e tagli di versante, non sempre adeguatamente sostenuti.

Inoltre si segnalano alcuni settori in cui gli interventi antropici hanno prodotto effetti negativi sulla vegetazione, sui suoli e più in generale sulla stabilità dei terreni.

Le attività di cava, per lo più localizzate in corrispondenza del vecchio polo estrattivo, hanno infine provocato sul paesaggio effetti rilevanti.

Il rilievo geomorfologico di dettaglio sull'intero territorio comunale, è stato eseguito al fine di evidenziare eventuali fenomeni geomorfici recenti, verificatisi negli anni intercorsi tra il presente studio geologico e quelli eseguiti nel 1991 e 2003.

Di seguito vengono elencati per gruppi i processi morfogenetici riconosciuti sul territorio. Una descrizione dettagliata seguirà nel commento dei singoli fogli in scala 1:5.000 (Tavv.2), realizzati per il territorio comunale.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

3.3.1 Forme e depositi glaciali antichi

▪ **Morfogenesi glaciale**

Il modellamento glaciale ad opera dei ghiacciai quaternari è tuttora ben riconoscibile nel territorio collinare, dove trovano sede le cerchie moreniche.

Possono essere individuate nel territorio di Lonato essenzialmente due fasi principali di espansione glaciale riconducibili a due cerchie moreniche distinte per estensione, altitudine, continuità ed orientamento.

Alla **bassa cerchia morenica più esterna** (Fase glaciale di Sedena), può essere attribuita una età più antica (rissiana secondo Venzo) e per questo risulta parzialmente smantellata dalle fasi deposizionali ed erosive degli eventi glaciali più recenti.

La **cerchia morenica principale** (Fase glaciale di Solferino), ben sviluppata, segna l'avanzamento di potenti masse glaciali depositate in parte su quelle già esistenti e costituisce in genere uno spartiacque idrografico. Questa cerchia si estende a partire dal settore nordorientale del territorio collinare, possedendo inizialmente orientamento circa N-S, mentre a Sud del tracciato ferroviario MI-VE si suddivide in due cerchie distinte, subparallele, ad andamento circa NNE-SSW.

Fanno parte della cerchia di spartiacque i rilievi collinari altimetricamente più elevati, che dalle località Drugolo e Cappuccini passano per Monte Falò, il Castello di Lonato e più a sud per Monte Nuvolo e per Monte dei Fortini.

Nel ramo più interno della cerchia possono essere inclusi i rilievi collinari di S. Cipriano, la collina della Spia D'Italia, Monte della Gatta e Monte Slossaroli.

La piana fluvioglaciale della Croce di Venzago separa la cerchia morenica principale dalla **cerchia morenica interna** (ancora Fase di Solferino) che nell'ambito del territorio di Lonato assume posizione frontale rispetto al lago disponendosi in direzione circa NW-SE.

Della cerchia morenica interna fanno parte i rilievi collinari che da Monte Venzaghetto si prolungano verso Castel Venzago e fino all'estremo settore sudorientale del territorio (Madonna della Scoperta).

A questi rilievi, come anche a quelli della cerchia principale può essere attribuita una età würmiana (in accordo con Cremaschi).

I cordoni morenici sono caratterizzati da versanti da mediamente inclinati a fortemente acclivi. Versanti a morfologia blanda o subpianeggianti si hanno in corrispondenza delle cerchie moreniche più interne che rappresentano le ultime avanzate glaciali e possono parzialmente derivare dall'effetto erosivo connesso alle fasi fluvioglaciali.

Strutture morfologiche, quali terrazzi e ripiani di kame, sono associati non di rado ai versanti dei cordoni morenici. Alcune depressioni sembrano essere associate a strutture tipo *kettle*.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

▪ **Morfogenesi fluvioglaciale**

I cordoni morenici sono di norma separati da piane fluvioglaciali, originate dalla deposizione operata dagli scaricatori glaciali quaternari.

Possono essere individuate piane fluvioglaciali e valli intermoreniche estese nelle aree più depresse che possiedono buona continuità adattandosi in genere all'andamento dei cordoni morenici principali.

La complessa dinamica degli scaricatori fluvioglaciali ha talora prodotto unità morfologiche a cui non sempre corrispondono unità litologiche.

Si hanno infatti frequentemente porzioni subpianeggianti di territorio, sospese rispetto al fondovalle, che corrispondono ad elementi morfologici relitti, talora quasi completamente oblitterati da fasi erosive più recenti. Si possono pertanto ritrovare cordoni morenici con evidenti cigli di scarpate o estesi settori pianeggianti morfologicamente modellati dall'ambiente fluvioglaciale, ma la cui litologia rimane ascrivibile ai depositi morenici per mancanza di deposizione di tipo alluvionale.

In altri casi lo spessore dei depositi fluvioglaciali o di piana intermorenica appare molto esiguo.

La piana fluvioglaciale occidentale, posta tra la cerchie esterne del territorio di Lonato e la cerchia di Calcinato-Montichiari (Unità di Carpenedolo), è la più estesa. Buona estensione possiede anche la piana di Croce di Venzago che si prolunga verso SE nella valle del ramo principale della Fossa Redone.

Le piane fluvioglaciali e le valli intermoreniche minori si estendono con andamento tormentato, talora meandriforme e tortuoso, disposte entro i diversi ordini delle cerchie moreniche.

Tra queste, per estensione, si segnalano la piana di Brodena, quella del Lavagnone-Centenaro e la Valle dei Quadri.

Nel settore delle cerchie interne le piane intermoreniche assumono talora il carattere di depositi di contatto glaciale, estendendosi a ridosso dei cordoni morenici con andamento meandriforme e tortuoso. Si possono tuttavia riconoscere vecchie vie di probabile deflusso degli scaricatori fluvioglaciali che raccoglievano le acque di fusione provenienti dalla lingua glaciale in via di ritiro. Porzioni significative delle piane intermoreniche sono riferite a depositi glacio-lacustri depositi in corrispondenza delle piane intermoreniche e/o presso il fronte glaciale, allorché la disponibilità di acque di fusione dei ghiacciai veniva meno.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

3.3.2 Forme e depositi di tipo gravitativo

▪ Coperture colluviali

Alla base dei versanti collinari più acclivi, si possono talora raccogliere limitati accumuli (per questo motivo non cartografati) di coperture colluviali originate dall'azione degli agenti atmosferici e della gravità.

▪ Frane e aree di dissesto

Dato il contesto morfologico e la natura dei terreni esistenti, il territorio appare interessato da fenomeni naturali di movimento del terreno in prevalenza superficiali.

Le aree di dissesto osservate, peraltro di entità modesta, sono riconducibili ad interventi antropici che in taluni casi hanno modificato lo stato di equilibrio raggiunto nel tempo dai versanti collinari. I fenomeni di instabilità sono per lo più superficiali e interessano le coperture vegetali dei terreni.

Prevalgono i fenomeni di **decorticamento**. Di rado si hanno fenomeni ascrivibili a **frane superficiali**, riconducibili a **colamenti di terra** o a fenomeni derivanti dall'evoluzione nel tempo dei decorticamenti. Infatti sui siti in dissesto il **ruscellamento** e l'**erosione** delle acque superficiali inducono, in tempi lunghi, una naturale tendenza all'arretramento dei limiti del coronamento dei dissesti stessi. Pertanto i movimenti di versante possono nel tempo estendersi per rimonta a nuove aree.

D'altra parte molti dissesti possono essere considerati quiescenti o in lenta evoluzione.

In corrispondenza di aree denudate del manto vegetale, a seguito di movimenti terra, si possono instaurare fenomeni di ruscellamento delle acque meteoriche che nel tempo possono produrre fenomeni erosivi più marcati, con tendenza evolutiva verso movimenti di versante.

I fenomeni di instabilità sono prevalentemente ubicati in corrispondenza di tagli di versante per realizzazione di strade o rettifiche agrarie o siti dismessi oggetto di attività estrattiva.

Si rileva il frequente innesco di fenomeni di dissesto superficiali presso versanti acclivi o tagli antropici in coincidenza di periodi di piogge intense e prolungate come avvenuto nel periodo compreso tra l'autunno 2008 e la primavera-estate 2009.

3.3.3 Forme legate allo scorrimento delle acque superficiali

I corsi d'acqua costituenti la rete idrografica della zona studiata, peraltro poco sviluppata, sono accompagnati in genere da modesti processi erosivi e di trasporto in alveo in relazione al favorevole assetto geomorfologico ed idrogeologico del territorio.

I fenomeni erosivi osservati (erosione lineare e laterale, fenomeni di trasporto in alveo) lungo gli elementi idrografici principali del territorio non sono comunque in grado di innescare gravi dissesti per le aree poste in adiacenza ai corsi d'acqua.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

Tali fenomeni sono stati osservati solo lungo gli elementi più significativi della rete idrografica rappresentati dai vari rami della Fossa Redone, del Rio Maguzzano, del Rio di località Cuccagna (Sedena) e del Rio di San Cipriano.

3.3.4 Forme depositi e dinamica lacustre

▪ Regolamentazione del livello del lago

Il livello del Lago di Garda è regolato artificialmente dagli edifici regolatori di Salionze e Governolo ubicati lungo il Fiume Mincio.

La Commissione per l'esercizio della regolazione dei livelli del lago stabilisce quote operative, con riferimento allo Zero Idrometrico di Peschiera posto a 64,027 m s.l.m., che tengono conto delle attività economiche dipendenti dal lago.

Avendo il lago un'escursione ordinaria di circa 125 cm appare evidente come la regolazione dei livelli possa influire sulla dinamica costiera determinando l'avanzamento o l'arretramento della linea di riva.

Durante il periodo in cui sono state eseguite le precedenti osservazioni relative al litorale (Primavera 1998 e Primavera 2003) il livello del Garda coincideva all'incirca con un livello medio; gli ultimi rilievi eseguiti nella Primavera 2009 hanno permesso di riscontrare un livello del lago decisamente superiore alla media.

In concomitanza di violente tempeste, con livello del lago molto elevato, si registra un avanzamento della linea di costa, con riduzione conseguente dell'estensione delle spiagge che in taluni casi risultano parzialmente sommerse.

In tale contesto il lago può assumere una generale tendenza erosiva, i cui effetti hanno talora determinato contenuti danni a tratti del litorale del Lido di Lonato. Tuttavia non sono stati segnalati eventi recenti con conseguenze rilevanti sul litorale

▪ Il litorale del Lido di Lonato

La fascia costiera è estremamente ridotta e comprende il solo Lido di Lonato, località il cui nome indica chiaramente la vocazione balneare di questo tratto di litorale. Si tratta di un settore di costa incluso nel golfo di Padenghe immediatamente ad Ovest del promontorio del Vò (Desenzano del Garda).

La spiaggia del Lido di Lonato rientra in un'unica unità fisiografica, con orientazione media WNW-ESE ed è aperto ai venti Tramontana e Ponente mentre risulta protetto dai venti orientali.

Il tratto di costa presenta una spiaggia continua delimitata verso Nord dal porto del cantiere nautico Bleu Garda.

La spiaggia risulta costituita da ghiaie e ciottoli ed in subordine da sabbia possedendo un'ampiezza media di circa 10 m con berma ordinaria di circa 1.5 m di altezza e una berma di tempesta di circa 3 m.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

La dinamica del litorale appare piuttosto vivace pur attenuandosi nella sua terminazione orientale verso Desenzano dove si ha una minore intensità del moto ondoso in relazione al fondale più basso (promontorio del Vò).

La presenza di alcuni manufatti per l'alaggio di piccole imbarcazioni ed il porticciolo altera l'equilibrio del litorale determinando per lo più locali tendenze all'accumulo di ghiaia (ripascimento della spiaggia).

Il limite della spiaggia verso monte è contraddistinto da una limitata scarpata di erosione (altezza di circa 1 m) lambita talvolta dalle onde di massima tempesta. Tale scarpata non è sempre continua per la presenza di muretti di confine e di protezione delle proprietà a lago o di manufatti.

3.3.5 Forme antropiche

La configurazione originaria del territorio è stata inevitabilmente modificata nel corso del tempo dalla crescita urbanistica dei nuclei abitati che talora hanno parzialmente o completamente obliterato alcuni elementi morfologici.

Nelle aree rurali le forme antropiche sono per lo più legate a pratiche agricole di rettifica e regolarizzazione dei versanti (terrazzamenti e scavi) o talora alla costituzione di pozze e laghetti ad uso irriguo.

I rilevati, gli scavi e le gallerie, effettuati principalmente per la realizzazione delle vie di comunicazione (tracciato della linea ferroviaria, autostrada, ecc.) rappresentano interventi in grado in ogni caso di apportare sul territorio modifiche alla morfologia, mentre non hanno sostanziali effetti sull'idrografia. Maggiore effetto possono avere sull'idrogeologia le gallerie della nuova variante alla S.S. 11 e della ferrovia, che hanno intercettato corpi idrici in taluni casi di media profondità.

3.3.6 Attività estrattive e discariche

Le attività estrattive e le discariche, sono distribuite quasi interamente su un settore di territorio alquanto esteso, posto in prossimità della S.S. 567 (Desenzano d/G - Castiglione).

Si tratta di attività antropiche con forte impatto sull'assetto geomorfologico ed idrogeologico della zona che per buona parte ricadono ad Est della S.S. 567 nelle aree denominate, nell'ambito del vecchio Piano Cave Provinciale "AR2" (area di recupero n.2) e "CR31" (area di coltivazione n.31). Allo stato attuale risulta attiva solo una piccola porzione della vecchia area di recupero denominata "Rg7".

Tra le varie attività figurano quindi principalmente siti di cava per lo più dismessi, ovvero già oggetto di interventi di recupero ambientale o di bonifica, aree di discarica controllata e non controllata, non più attive.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

L'intera zona è caratterizzata da alcune scarpate artificiali relative a vecchi fronti di scavo, da vasti settori ribassati, da laghetti originati dall'affioramento della falda freatica ed infine da zone di accumulo di materiali di riporto.

Alcune aree localizzate all'interno di quest'ambito (Discarica Valli presso loc. Colombare di Castiglione e Discarica Calcestruzzi Lonato presso loc. Tiracollo), rientrano, ai sensi della legislazione vigente in area di discarica controllata di inerti e speciali derubricati inerti (Discarica di Seconda Categoria di Tipo "A" – art.4 D.P.R. 915/8 e successive disposizioni, L.R. Lombardia 94/80 e successive modificazioni, R.R. Lombardia 2/82 e successive modificazioni). Una discarica autorizzata d'inerti (art.4 D.P.R. 915/8 e successive disposizioni - L.R. Lombardia 94/80 e successive modificazioni - R.R. Lombardia 2/82 e successive modificazioni) di estensione limitata è compresa entro la Cava Lorenzoni.

In località Cascina Traversino è presente una ex discarica non controllata (oggetto di studio da parte del Comune di Lonato) per la quale negli anni sono stati presentati vari progetti di bonifica. L'ultimo in ordine di tempo è stato presentato da Vezzola Giovanni e Vezzola Bernardo ("Piano della caratterizzazione dell'area di cava dimessa in località Traversino sita in Comune di Lonato").

Siti abbandonati di attività escavativa, peraltro di modeste dimensioni, si hanno poco ad Ovest del complesso siderurgico della Feralpi. Nei pressi della Feralpi è presente anche un'area di discarica controllata per i propri rifiuti inerti e speciali derubricati inerti (Discarica di Seconda Categoria di Tipo "A" – art.4 D.P.R. 915/8 e successive disposizioni, L.R. Lombardia 94/80 e successive modificazioni, R.R. Lombardia 2/82 e successive modificazioni). In corrispondenza di un parcheggio all'interno del complesso siderurgico è presente un'area bonificata, in cui erano stati accumulati materiali di riporto contaminati.

Presso località Malocche è ubicata un'area di modesta estensione utilizzata in passato dal Comune per l'accumulo di R.S.U. fino al piano campagna ed in seguito utilizzata da privati per l'accumulo (non controllato) di rifiuti speciali di acciaieria; agli stessi privati è riconducibile l'area di discarica non controllata segnalata all'incrocio tra Via Campagna Sotto e Via Trivellino.

In loc. Trivellino si segnala la presenza di un'area di ex cava, utilizzata negli anni '70 come discarica non controllata di rifiuti urbani e di rifiuti industriali. Nel Gennaio 2002 la Società FIN MASTER s.r.l. di Bergamo ha presentato il "Piano di Caratterizzazione del sito denominato -Località Trivellino-", cui ha fatto seguito la realizzazione di indagini in situ.

Le aree evidenziate trovano riscontro anche nella cartografia relativa al Piano Rifiuti, allegata al PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

Si segnala la presenza di materiali di riporto, riferibili a scarti di fonderia, accumulati in fregio alla S.S. 668 (Lonato –Montichiari).

Si segnala in epoca storica (secolo XIX) la rilevante attività estrattiva di torba nelle località Lavagnone, Polada e, in misura minore, Cattaragna, culminata con opere idrauliche di bonifica e parziale prosciugamento dell'alveo dello stagno.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

3.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'assetto idrogeologico del territorio di Lonato d/G è fortemente condizionato dalla presenza di una vasta area riconducibile ad un **ambito morenico**, piuttosto articolato con presenza di numerose cerchie collinari interrotte da piane intramoreniche e/o fluvioglaciali ad andamento sinuoso e con sedimenti di spessore variabile e per lo più contenuto, cui si contrappone l'**ambito fluvioglaciale della piana occidentale**, ampio settore pianeggiante, caratterizzato da spessori considerevoli di sedimenti.

Nei due ambiti la circolazione idrica sotterranea possiede caratteri peculiari, che possono essere schematizzati e descritti come segue:

- **Ambito Morenico delle Cerchie Interne**

Nell'area di pertinenza dell'anfiteatro morenico interno si possono riconoscere *falde superficiali sospese* (settori collinari) o, più limitatamente, *freatiche* (settori pianeggianti). Più in profondità sono presenti *falde confinate o semiconfinate* circolanti in intervalli ghiaioso-sabbiosi, permeabili, intercalati entro la sequenza morenica ricca di frazione limoso-argillosa e quindi complessivamente poco permeabile. Tali falde risultano per lo più discontinue lateralmente in relazione alla variabilità litostratigrafica dei depositi morenici.

Descriviamo di seguito le caratteristiche principali di questi acquiferi:

Falde superficiali freatiche

Presso alcuni dei settori pianeggianti e/o depressi morfologicamente si hanno di norma falde freatiche confinate entro i depositi di contatto glaciale o glaciolacustri di depressione intermorenica o fluvioglaciali, per lo più di modesto spessore. Questi acquiferi possiedono generalmente scarsa produttività. L'alimentazione è legata agli apporti delle acque di diretta infiltrazione, dei corsi d'acqua, delle acque raccolte dai versanti delle cerchie moreniche e/o provenienti dalle falde sospese circolanti nei depositi glaciali dei settori collinari. Gli acquiferi freatici presentano un andamento talora discontinuo, con bassa soggiacenza dal piano campagna. Il livello piezometrico subisce in ogni caso delle naturali oscillazioni stagionali in funzione della piovosità.

Nelle piane maggiormente estese (Piana di Croce di Venzago-Campagnoli) l'acquifero freatico può presentare maggiore potenzialità. La soggiacenza risulta in ogni caso variabile e localmente può essere pari a vari m dal p.c., in relazione soprattutto allo spessore dei depositi. Il deflusso sotterraneo della falda freatica segue in generale un debole gradiente topografico in direzione del centro delle piane e degli elementi idrografici drenanti.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Falde superficiali sospese

Nei depositi glaciali e di contatto glaciale sono presenti, in relazione alle condizioni morfologiche ed idrogeologiche locali, acquiferi discontinui e poco produttivi circolanti al tetto di livelli limoso-argillosi impermeabili, generalmente di bassa potenzialità, alimentati prevalentemente dalle precipitazioni meteoriche. Tali falde possono dare origine, al piede delle colline moreniche, a manifestazioni sorgentizie di portata per lo più trascurabile (ad es. sorgenti di Sedena e Maguzzano). Numerosi pozzi superficiali, scavati a mano e prevalentemente in disuso, lungo i bordi collinari e/o sui rilievi morenici, interessano gli acquiferi sospesi. Particolarmente significativa appare la realizzazione, in passato, di numerosi pozzi di questo tipo presso il centro storico di Lonato o presso svariate cascate presenti nell'ambito collinare.

Falde medie e profonde: acquiferi multistrato semiartesiani

Entro i depositi morenici, a profondità differenti e di norma di alcune decine di m dal p.c., sono presenti falde medie e profonde confinate o semiconfinate che rappresentano gli acquiferi più sviluppati e di maggiore produttività nell'area del Basso Garda. I sistemi acquiferi multistrato risultano separati tra loro da intervalli argilloso-limosi ripartitori (*acquitard*). Si tratta di falde normalmente dotate di un certo grado di artesianesimo, non direttamente influenzate dall'andamento delle precipitazioni e collegate ad alimentazioni distali.

In territorio di Lonato, grazie alla grande quantità di dati raccolti, si è cercato di operare una distinzione di massima tra *acquiferi medi* e *acquiferi profondi*.

Gli acquiferi medi, captati dalla maggior parte dei pozzi censiti, sono stati riscontrati a profondità comprese tra circa -50 m e -100 m dal p.c. Nella Piana di Croce Venzago e Campagnoli si evidenzia una certa continuità areale di tali acquiferi, al contrario nell'area di Madonna della Scoperta si può notare una marcata discontinuità laterale.

Gli acquiferi profondi sono intercettati da pochi pozzi, a profondità comprese tra -100 m e -180 m dal p.c., ed in particolare dai pozzi comunali di Case Nuove (LO005 / 017092P201), di Drugolo (LO013 / 017092P209) di Centenaro (LO009 / 017092P205), di Madonna della Scoperta Nuovo (LO011 / 017092P207) e dai pozzi privati in località Campagnoli (LO172 / 017092P313 – LO092 / 017092P274 – LO096 / 017092P277) e in località Madonna della Scoperta (LO139 / 017092P243 – LO156 / 017092P300 – LO158 / 017092P302 – LO160 / 017092P304 – LO161 / 017092P305 — LO165 / 017092P307 – LO166 / 017092P308).

Si ritiene probabile che tali acquiferi profondi presenti con una discreta continuità tra le aree della piana dei Campagnoli e della collina di Madonna della Scoperta siano tra loro correlabili e riferibili alle unità fluvioglaciali più antiche (Fase di Carpenedolo o di Sedena), probabilmente presenti anche nell'ambito della piana occidentale di Lonato.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

- **Ambito della pianura occidentale di Lonato frontale alle cerchie interne**

Nell'area identificata quale piana occidentale di Lonato l'assetto stratigrafico e quindi idrogeologico risulta riferibile ai sistemi acquiferi della pianura padana, in funzione dello spessore e della tipologia dei depositi fluvioglaciali, nonché della posizione esterna rispetto alle cerchie moreniche principali (Fase di Sedena e Fase di Solferino).

Il modello idrogeologico di riferimento per il settore di pianura è quello di un acquifero di tipo multistrato, circolante entro i depositi quaternari, in cui i diversi orizzonti acquiferi sono costituiti da livelli ghiaioso-sabbiosi e conglomeratici fessurati separati da intervalli argillosi, argilloso-limosi o conglomeratici compatti (*aquitard*). La presenza di orizzonti a minore permeabilità determina un deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi più permeabili e di conseguenza una circolazione idrica sviluppata preferenzialmente in livelli sovrapposti e, su larga scala, in connessione idrogeologica ed in equilibrio.

Tuttavia la piana di Bettola – Fenil Nuovo – Campagna possiede dei caratteri peculiari in relazione alla sua collocazione marginale rispetto alla *Pianura Padana s.s.* ed in ogni caso delimitata esternamente dai rilievi collinari delle cerchie moreniche di Carpenedolo e di Ciliverghe e quindi influenzata direttamente dalle dinamiche glaciali e fluvioglaciali susseguitesesi nelle fasi più antiche di formazione dell'anfiteatro morenico gardesano.

In particolare si può riconoscere un acquifero superficiale corrispondente per lo più alla falda freatica, di norma bene alimentata e con una buona potenzialità che si sviluppa entro l'unità ghiaioso-sabbiosa ricca in ciottoli più recente; essa risulta captata da numerosi pozzi. Localmente possono essere presenti dei livelli impermeabili che separano la falda freatica vera e propria rispetto a falde superficiali da libere a semiconfiniate.

L'alimentazione della falda freatica deriva essenzialmente dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche nelle zone di ricarica, che comprendono anche la pianura fluvioglaciale esterna alla cerchia di Lonato, e dall'apporto degli acquiferi circolanti negli ambiti collinari. Un contributo è rappresentato dalle acque di dispersioni in subalveo, della rete idrica superficiale, compresa la rete artificiale irrigua. La direzione di flusso si orienta da NNE verso SSW e da NE verso SW, con debole gradiente piezometrico. La soggiacenza della falda freatica subisce delle naturali oscillazioni stagionali in funzione della piovosità con valori massimi di norma posti in corrispondenza del periodo primaverile. Nel periodo autunnale si registrano i valori di minima soggiacenza.

Al sistema acquifero multistrato semiconfinato o confinato sono da riferire le falde medie e profonde presenti a partire da circa -60/-70 m dal p.c., al di sotto di un livello argilloso-limoso, talora discontinuo, che costituisce localmente la base del sovrastante acquifero freatico o superficiale. Oltre tale profondità sono presenti, nel settore settentrionale e centrale, orizzonti conglomeratici compatti o fessurati alternati a lenti ghiaiose o ghiaioso-sabbiose e nel settore meridionale orizzonti limosi o limoso argillosi alternati ad intervalli ghiaioso-sabbiosi.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Le falde profonde, presenti a partire da circa -120 m dal p.c., sono state raggiunte solo dai pozzi comunali di Sedena Nuovo (LO002 / 017092P198) e di Fenil Nuovo-Molini (LO003 / 017092P199) e dal pozzo privato di loc. C.na Pilastroni (LO050 / 017092P242).

Il censimento dei pozzi ha permesso di evidenziare per la piana occidentale di Lonato d/G oltrechè la presenza di un'elevata densità di opere di captazione, anche una predominanza di pozzi multifenestrati che causano una più diretta interconnessione tra falde medie e profonde e soprattutto tra falde medie e superficiali (vedi stratigrafie dei pozzi ubicati presso il contermine Comune di Bedizzole).

- **Ambito di transizione e Considerazioni Conclusivo**

Il sovrapporsi di unità litostratigrafiche riferite a fasi glaciali successive può comportare, soprattutto lungo il bordo collinare esterno, l'appoggio di depositi più francamente glaciali (Unità di Sedena e Unità di Solferino) su depositi fluvio-glaciali riferibili ad apparati morenici più antichi (Unità di Carpenedolo). Allo stesso modo può essere riscontrata una locale continuità laterale tra depositi glaciali e fluvio-glaciali a litologia omogenea.

Si può quindi ragionevolmente ipotizzare che ci sia una marcata interazione tra i sistemi acquiferi medi e profondi dell'ambito morenico e di pianura e quindi anche un complesso sistema di alimentazione reciproca.

In relazione all'andamento topografico e litostratigrafico si può inoltre evidenziare una probabile interconnessione tra acquiferi medi dell'ambito collinare e acquiferi superficiali dell'ambito di pianura. Allo stesso modo gli acquiferi profondi del settore collinare mostrano talora una certa correlazione con gli acquiferi medi o profondi del settore di pianura.

Tutto ciò può comportare una marcata difficoltà ad individuare delle aree in cui realizzare opere di captazione che possano raggiungere acquiferi maggiormente protetti e quindi reperire acque qualitativamente idonee all'uso potabile per l'acquedotto comunale.

Si rimanda allo Studio Idrogeologico, già citato ed in via di ultimazione, per quanto concerne maggiori dettagli inerenti le caratteristiche chimiche delle acque in alcuni punti di captazione oggetto di recente monitoraggio.

In questo contesto idrogeologicamente molto articolato, si vuole sottolineare come non si possa altresì escludere che le aree di alimentazione degli acquiferi multistrato profondi circolanti nell'ambito delle cerchie moreniche principali e della pianura fluvio-glaciale esterna alla cerchia di Lonato, possano essere rappresentate anche dalle acque del lago in profondità, come già ipotizzato da G. Bazzoli in: *Indagini litostratigrafiche ed idrogeologiche nell'anfiteatro morenico frontale del Lago di Garda, nel tratto compreso tra i fiumi Chiese e Mincio*, Tesi di laurea, A. Acc. 1982-1983.



4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI – CARTA DELLE INDAGINI

Al fine di implementare un *database* geologico e di poter sviluppare le successive fasi di Microzonazione Sismica, si è proceduto alla raccolta del maggior numero possibile di **Dati Geotecnici e Geofisici** che abbiano interessato il territorio comunale di Lonato del Garda.

Inizialmente sono stati **recepiti tutti i dati già riportati** nell' "Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Lonato del Garda" ("**Carta della Pericolosità Sismica Sismica Locale**" Dott. Geol. R. Lentini– Luglio 2009) e che fanno riferimento ai numerosi dati geotecnici e geofisici raccolti per l'aggiornamento del 2009.

Successivamente si è proceduto ad integrare tali dati mediante la **raccolta presso gli archivi del proprio studio professionale** delle indagini esperite nel territorio più recentemente.

Per le specifiche finalità del presente studio sono state, infine, eseguite **nuove indagini sismiche**; in particolare sono stati predisposti n° **5 stendimenti di sismica** multicanale con registrazione delle onde superficiali, comprese quelle a bassa frequenza, ed elaborazione dei dati secondo la procedura tipo **MASW** (vedi "**Dati Sismostratigrafici - Nuove acquisizioni**", **All. 3**). Le indagini sismiche di nuova realizzazione sono state ubicate in funzione di un'omogenea caratterizzazione degli ambiti di Pericolosità Sismica Locale individuati (vedi paragrafi successivi) ed in relazione alla distribuzione delle indagini geofisiche reperite mediante la precedente raccolta dati. Si rimanda all'All. 3 per ogni maggiore dettaglio inerente le procedure ed i risultati relativi ai nuovi stendimenti sismici predisposti in comune di Salò, nonché i cenni metodologici rispetto alle tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici.

Si è quindi proceduto alla redazione della "**Carta delle indagini**" (**scala 1:5.000**) I dati sono stati inoltre inseriti in un archivio informatico predisposto in conformità agli standard richiesti ("Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica richiesta"– Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Art. 5 comma 7 dell'OPCM 3907 del 13/11/2010-vers. 3.0 dell'Ottobre 2013); per la consultazione dei dati geognostici si fa pertanto riferimento al *data base* allegato.

Ogni punto d'indagine, raccolto secondo le modalità descritte, è stato idoneamente **geo-referenziato ed inserito in ambiente GIS**; inoltre tutti i dati raccolti sono stati informatizzati mediante scansione in formato PDF dei tabulati di prova/ report di campo ed i punti sono stati riportati in planimetria mediante idoneo segno grafico, in accordo con quanto previsto negli "*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*" (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Art. 5 comma 7 dell'OPCM 3907 del



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

13/11/2010- vers. 3.0 dell’Ottobre). Tali dati saranno consultabili quale *database* dei territori comunali d’interesse e viene fornito relativo formato *shapefile*.

A seguito della raccolta dei dati è stata prodotta la “**Carta delle indagini**” (Tavv. A-B-C-D scala 1:5.000), realizzata in ambiente GIS, per la quale verranno forniti anche i relativi *shapefile*, a corredo e completamento del *database*.

Nel complesso, nel territorio comunale di Lonato del Garda, sono stati censiti **n° 875 punti d’indagine**.

Le indagini presentano una peculiare distribuzione nelle aree maggiormente interessate dall’espansione urbanistica di questo ultimo decennio.

Esse constano di:

-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Sondaggio con plezometro
-  Prova penetrometrica In foro
-  Prova penetrometrica dinamica superpesante
-  Prova penetrometrica dinamica pesante
-  Pozzo per acqua
-  Trincea o pozzetto esplorativo
-  MASW

Fig. 1 - Estratto da “Carta Delle Indagini – Scala 1:5.000”

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO – CARTA GEOLOGICO/TECNICA

In adempimento a quanto previsto dall’ All.1 alla “*Nota Z1.2012.0020672 del 08/08/2012* ed alla “*Nota Z1.2013.0017362 del 07/11/2013*” “Criteri per la Realizzazione di Studi di Microzonazione Sismica di cui all’Ord. P.C.M. 4007/2012 e s.m.i. e Decreto P.C.M. Dipartimento Protezione Civile 16 Marzo 2012”, per quanto concerne le problematiche relative all’analisi delle componenti geologico-geotecniche e geomorfologiche si dovrà fare riferimento agli studi della “Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT” vigenti sul territorio comunali ed in particolare alle relative tavole tematiche procedendo ad una loro integrazione con i nuovi dati raccolti.

La buona copertura dei dati geofisici e geotecnici relativa alle aree di maggiore interesse urbanistico (§ 4) ed i rilievi geologici e geomorfologici esistenti ed integrati sul territorio (§ 3) hanno permesso di definire un Modello del Sottosuolo soddisfacente e di individuare “**n° 37 sezioni stratigrafiche tipo**” descrittive del territorio ed a cui sono stati correlati elementi geologici (ambiente deposizionale dei terreni di copertura), litologici (denominazione litologica prevalente dei terreni di copertura) e geotecnici (grado di consistenza o di addensamento dei terreni di copertura). Per una migliore esemplificazione dei rapporti stratigrafici tra le unità litologiche riconosciute sono state predisposte **n° 4 sezioni litotecniche** interpretative.

Si è pertanto proceduto alla predisposizione della “**Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica**” (scala **1:10.000**), in formato digitale, realizzate in ambiente GIS e CAD, con relativi *shapefile*.

Tale elaborato è risultato **revisionato rispetto alla cartografia allegata al vigente PGT**, ai fini di una conformità ai *Criteri ICMS* ed agli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*” (*Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - Versione 3.0 - Ottobre 2013*); inoltre per quanto concerne la caratterizzazione geologico-geotecnica i dati aggiuntivi analizzati per il presente studio di Microzonazione Sismica hanno comportato un maggiore dettaglio di analisi del territorio.

Rimandando ai § 3.1, § 3.2 e § 3.3 per la descrizione dell’inquadramento geologico e geomorfologico dell’area, delle unità litostratigrafiche e delle forme e dinamiche geomorfologiche attive sul territorio, si procede di seguito a descrivere il modello del sottosuolo come **sintesi dei dati raccolti** e pertanto utilizzando le sezioni stratigrafiche tipo predisposte e raggruppate rispetto all’ambiente deposizionale e con riferimento rispetto agli ambiti riportati nella “*Carta Geologica-Geotecnica per la Microzonazione Sismica*” e pertanto alle unità superficiali in essa cartografate.

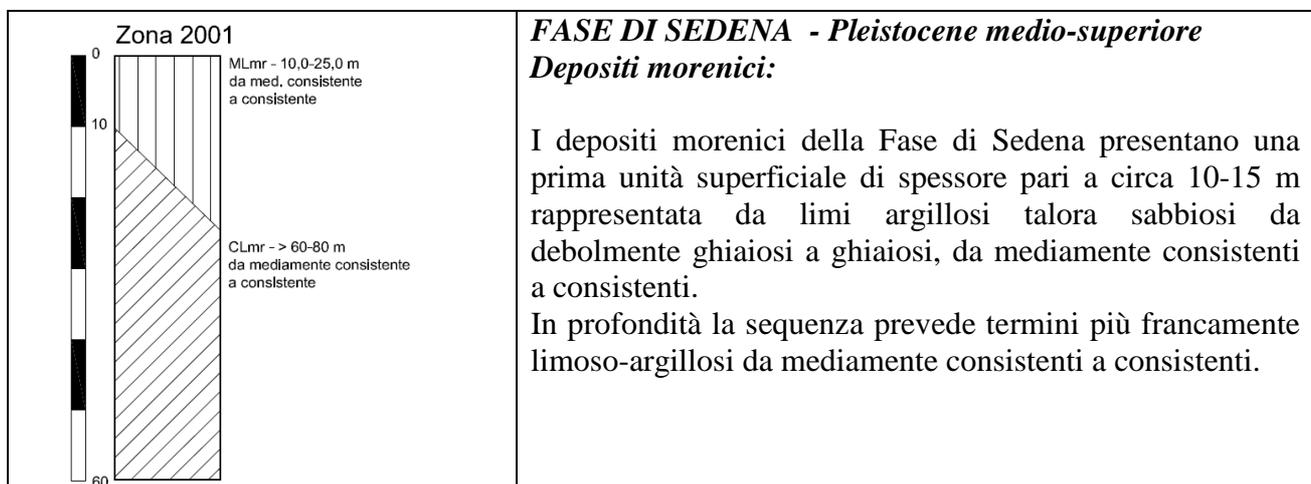


**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

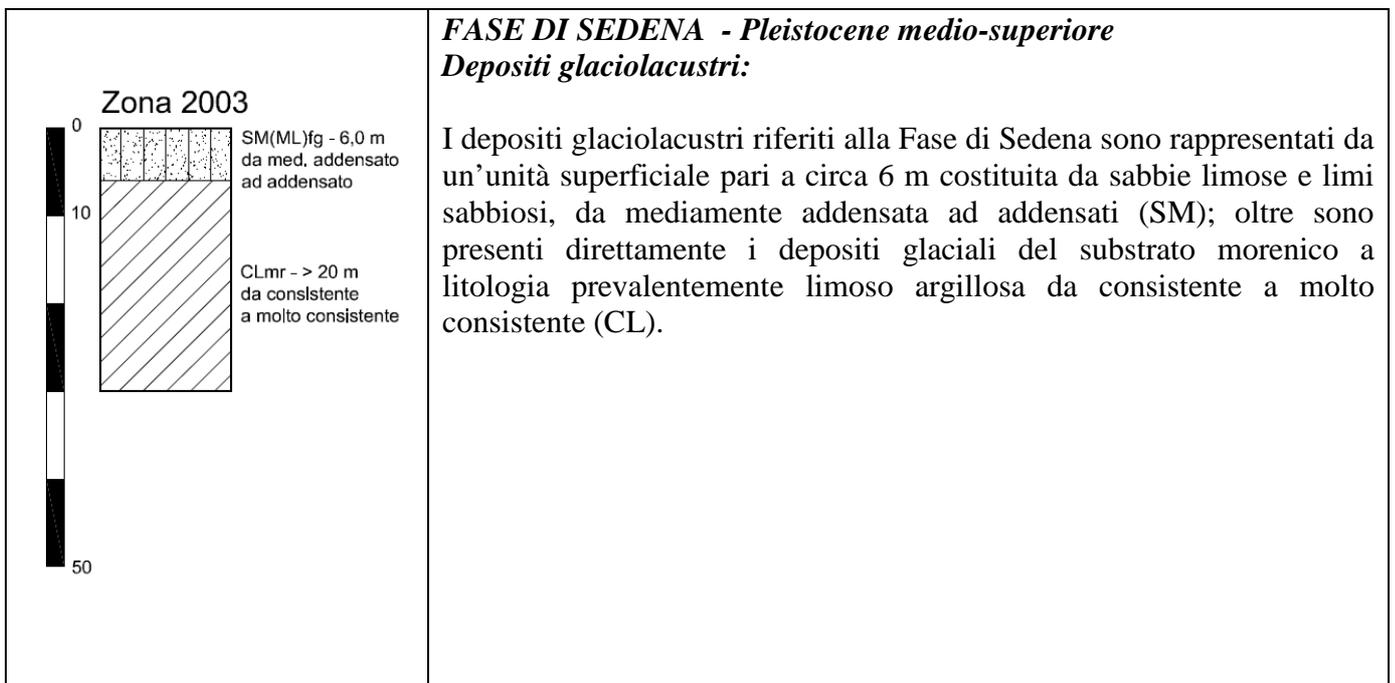
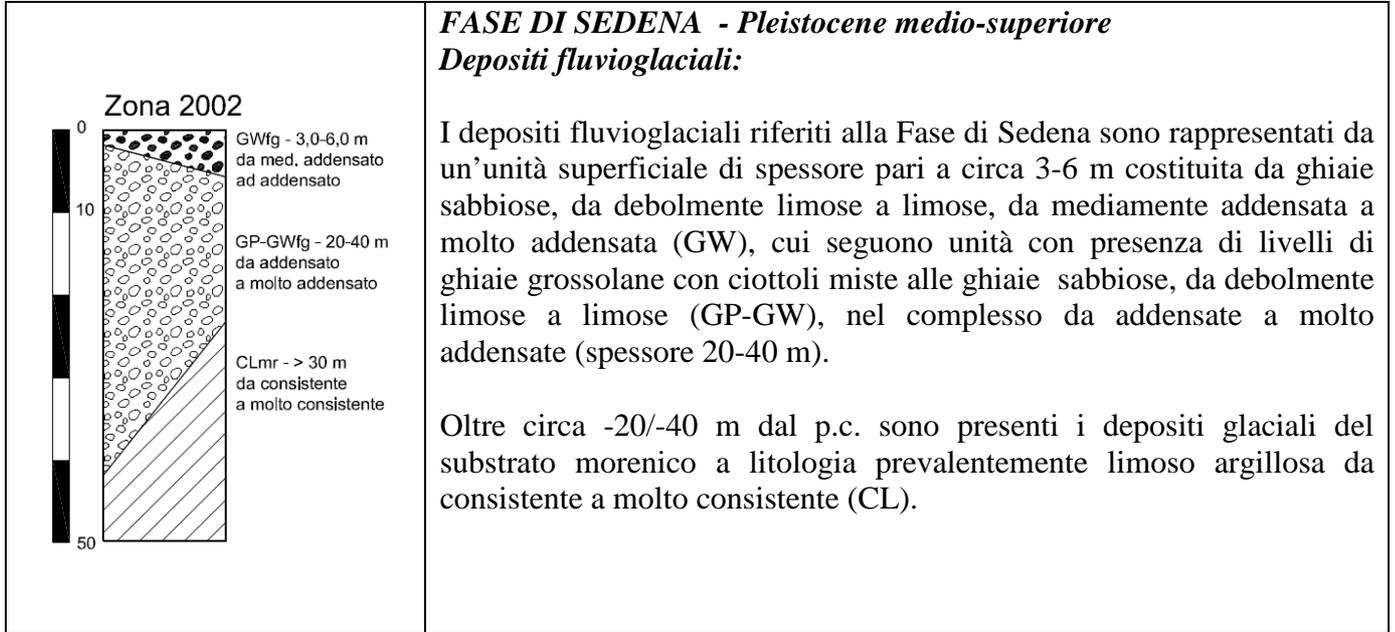
Sezione stratigrafica di riferimento				FASE DI SEDENA - Pleistocene medio-superiore	
2001	ML	mr	Depositi morenici	Limi argillosi talora sabbiosi da debolmente ghiaiosi a ghiaiosi, da mediamente consistenti a consistenti	
2002	GW	fg	Depositi fluvioglaciali	Ghiaie sabbiose, da debolmente limose a limose da mediamente addensate ad addensate	
2003	SM	fg	Depositi glaciolacustri	Sabbie limose e sabbie limoso ghiaiose da mediamente addensate ad addensate	

I depositi riferiti all’Unità di Sedena presenti nel territorio comunale di Lonato del Garda sono presenti nel bordo collinare occidentale, costituendo le cerchie collinari più esterne di Drugolo, Sedena, S. Martino, Lonato Centro, Prè, San Polo con crinali orientati prevalentemente N-S e localmente NW-SE e NE-SW (Depositi Morenici) ed alcune piane fluvioglaciali ad esse associate ed allungate nella medesima direzione (Loc. Drugolo, Sedena, S.Martino, Lonato Centro) in cui sono presenti Depositi Fluvioglaciali. Solo localmente sono presenti Depositi Glaciolacustri (Loc. Sedena e San Polo).

Descriviamo di seguito le sezioni stratigrafiche rappresentative delle porzioni di territorio che sono state classificate entro questi ambiti.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Sezione stratigrafica di riferimento			
	FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore		
2004	CL	mr	Depositi morenici
2005			Argille, argille limose, limi argillosi, da debolmente ghiaiosi e sabbiosi a ghiaiosi e sabbiosi, da mediamente consistenti a molto consistenti.
2006	GC		Argille limose, argille ghiaiose da mediamente consistenti a consistenti ed in subordine ghiaie argillose da mediamente addensate ad addensate
2007	SW	mr	Ghiaie e ghiaie argillose da mediamente addensate ad addensate, con locali coperture di argille limose mediamente consistenti
2008			Sabbie ghiaiose e sabbie limoso ghiaiose da mediamente addensate ad addensate
2009	ML	mr	Sabbie limose mediamente addensate
2010	CL		Limi, limi sabbiosi e limi argillosi da poco a mediamente consistenti
			Argille, argille sabbiose e argille limose da poco consistenti a consistenti

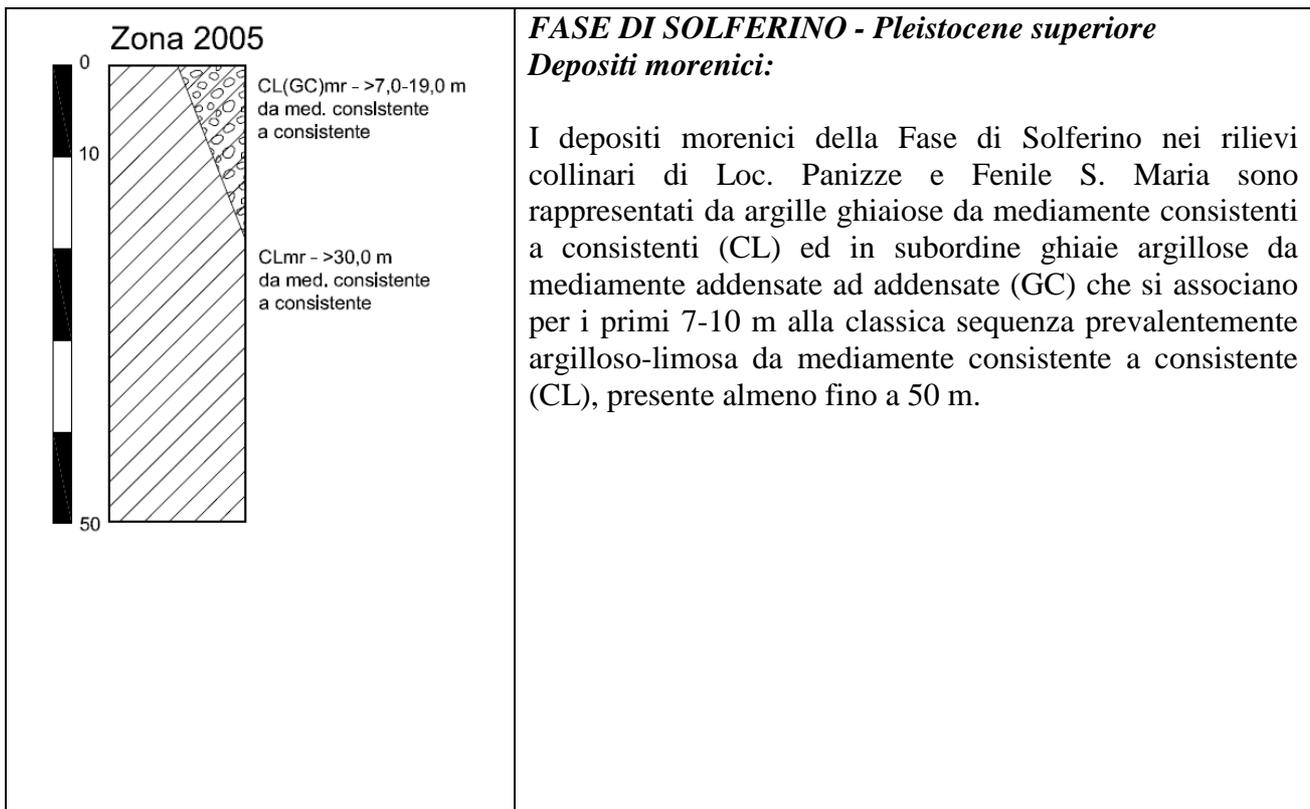
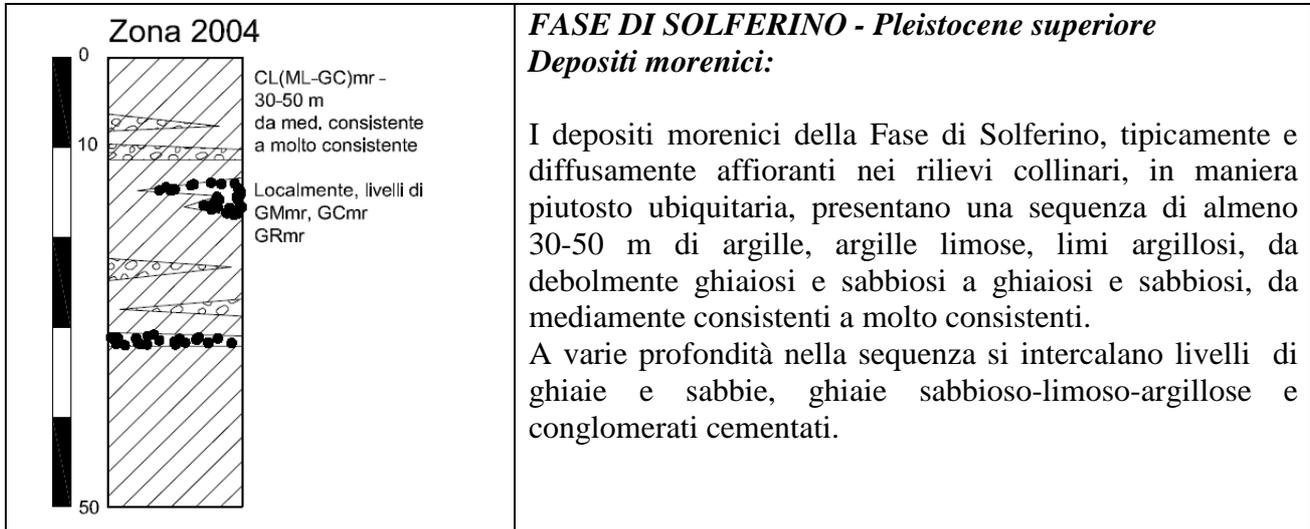
I depositi morenici riferiti all'Unità di Solferino, presenti diffusamente in comune di Lonato del Garda, costituiscono l'ossatura delle cerchie collinari che articolano con il caratteristico andamento arcuato l'intero territorio comunale.

Le sequenze superficiali più francamente argillose, limoso-argillose e limoso-sabbiose si riconoscono diffusamente sul territorio (sezione 2004) e sono state segnalate in particolare nelle aree di Loc. Panizze e Fenile S.Maria (sezioni 2005-2009-2010).

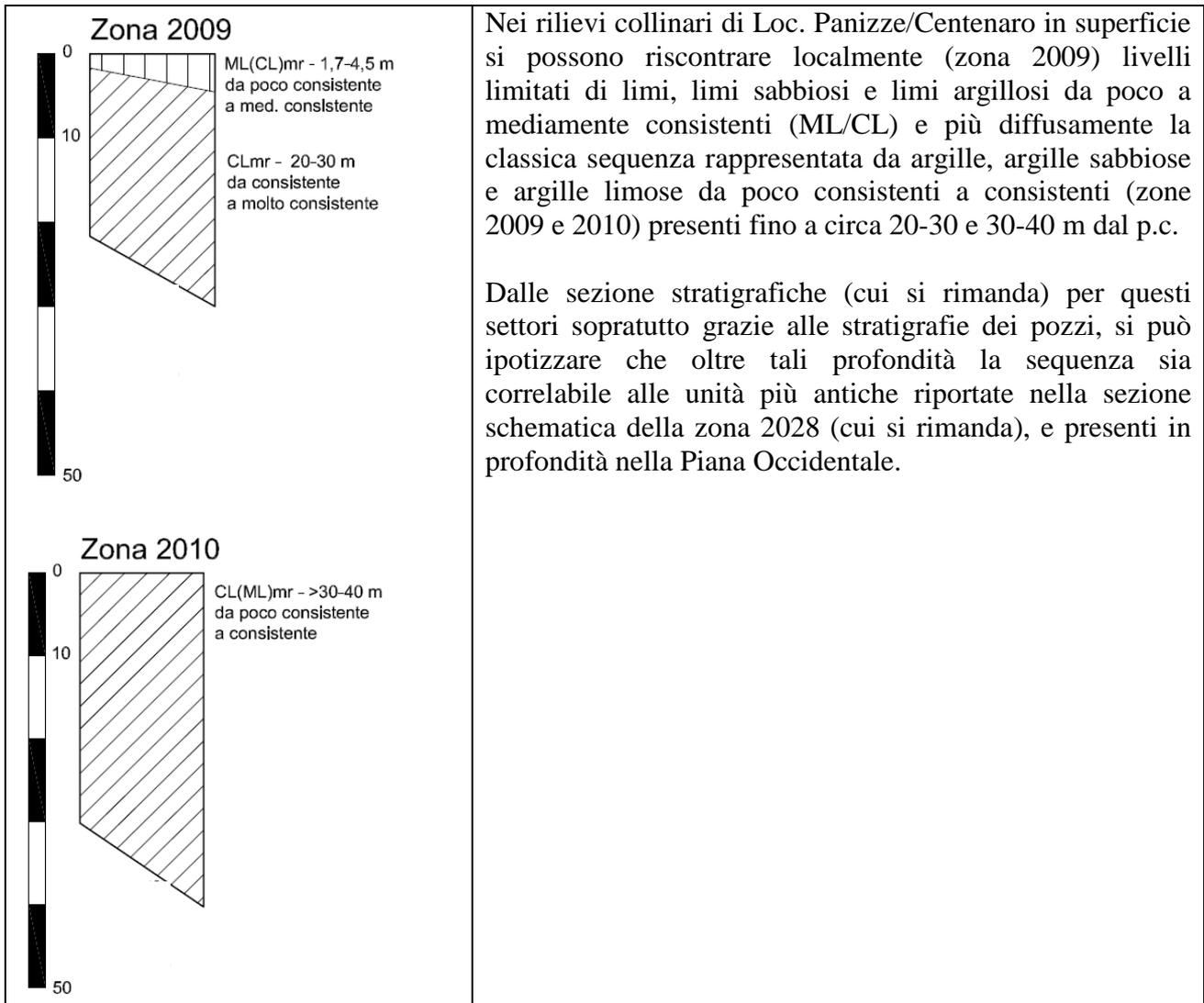
Sequenze superficiali più francamente sabbioso-limose e sabbioso ghiaiose caratterizzano le colline delle località Tugurio, Soiolo, Monico, Case Nuove, Colli, Case Vecchie, San Polo, Brodenella, Slossaroli (sezioni 2007) e di Loc. Faustinnella, Fornace dei Gorgi, Monte Lepre (sezioni 2008). Unità superficiali ghiaiose sono altresì riconosciute presso le alture collinari di Esenta (sezioni 2006).

Descriviamo di seguito le sezioni stratigrafiche rappresentative delle porzioni di territorio che sono state classificate entro questi ambiti.

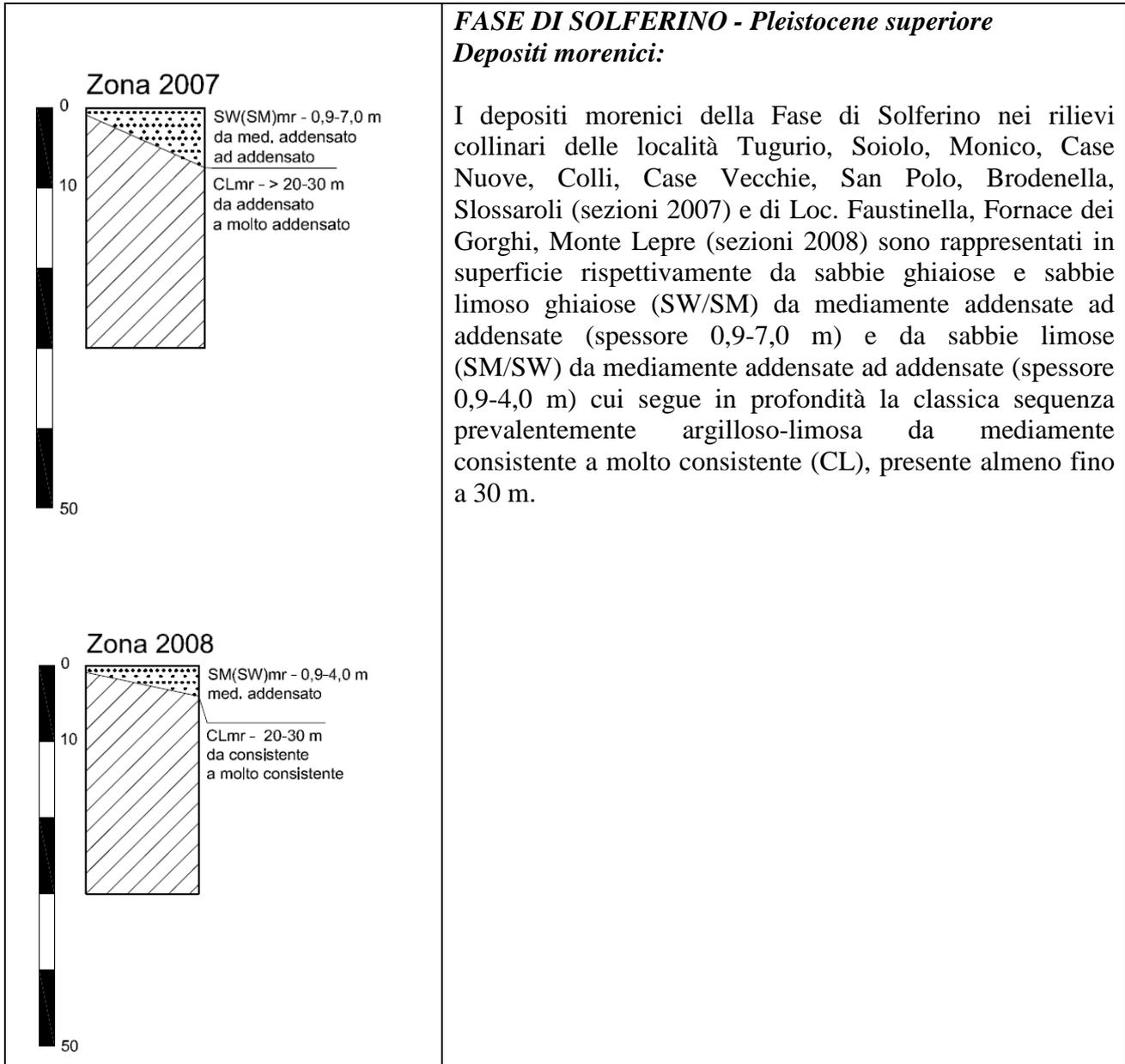
**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**



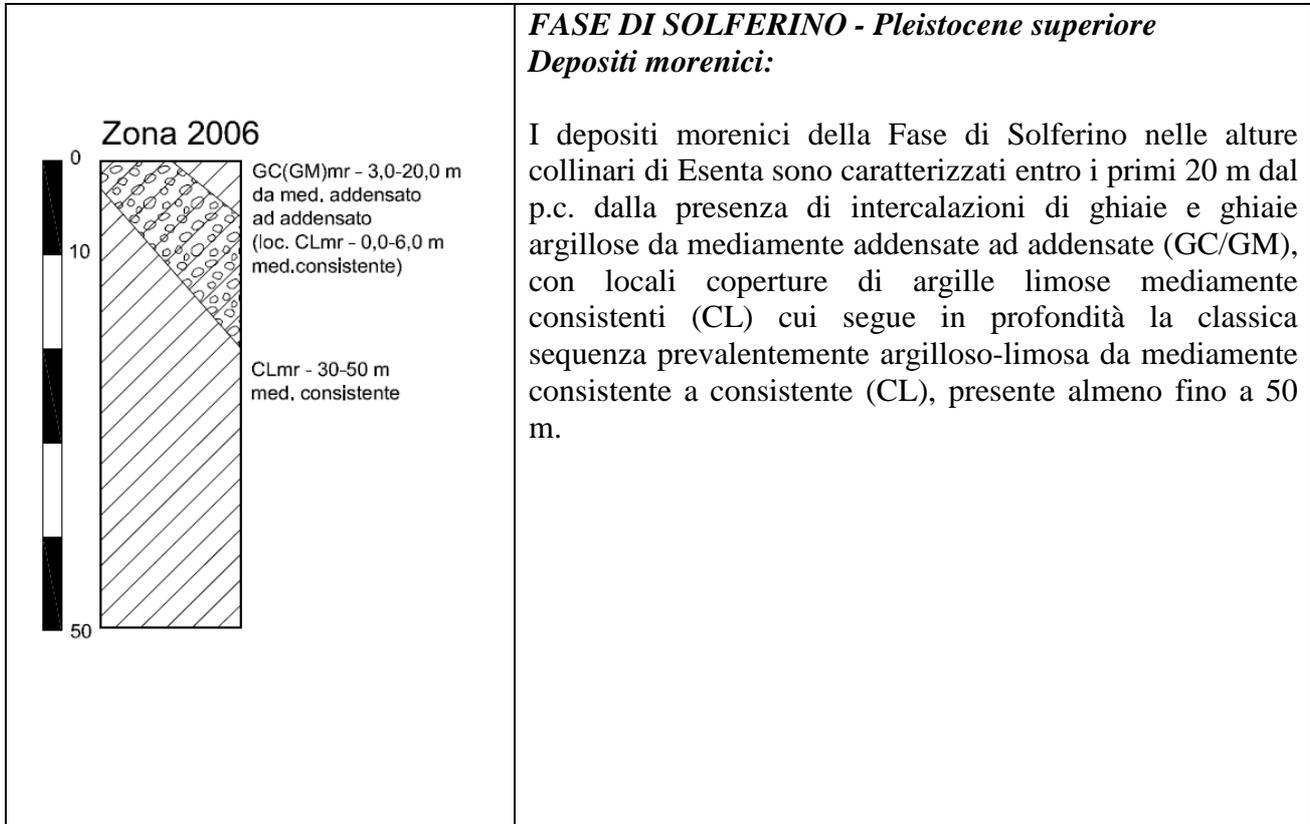
**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

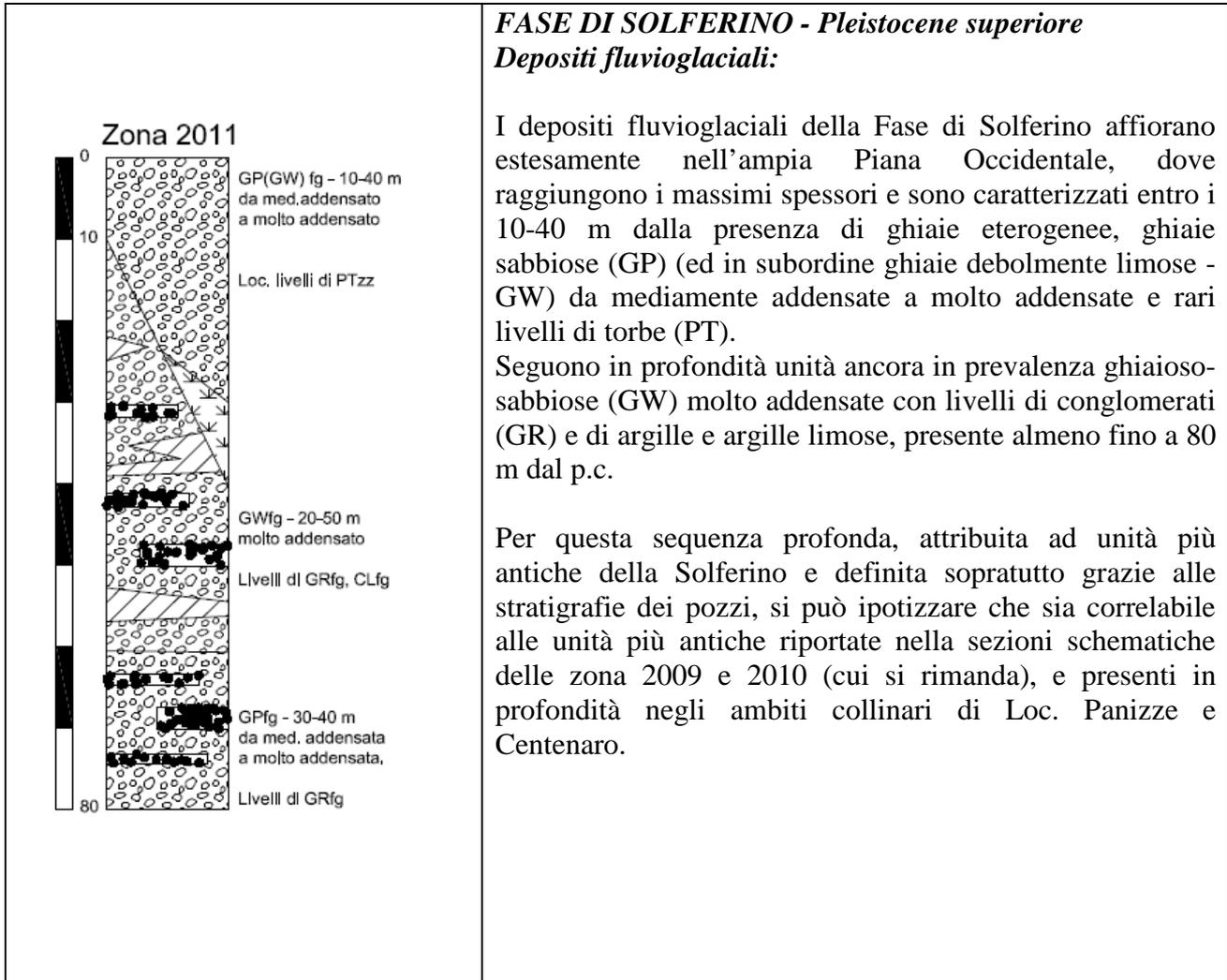
Sezione stratigrafica di riferimento			
	FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore		
2011	GW	fg	Depositi fluvioglaciali Ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose (ed in subordine ghiaie debolmente limose) da mediamente addensate a molto addensate
2012			Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose, molto addensate, localmente ricoperte da sabbie limose mediamente addensate
2013			Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose, da poco a mediamente addensate, localmente ricoperte da sabbie ghiaiose da poco a mediamente addensate
2014			Ghiaie e ghiaie sabbiose, ed in subordine ghiaie sabbioso limose e ghiaie poco gradate da mediamente addensate ad addensate
2015			Ghiaie sabbiose ed in subordine sabbie ghiaiose da mediamente addensate ad addensate
2016			Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose mediamente addensate con presenza locale di spessori metrici di materiale di riporto eterogeneo scarsamente addensato (aree di cava dismesse, ecc.)
2017	SM	fg	Sabbie e sabbie limose da poco a mediamente addensate
2018	SW	fg	Sabbie e sabbie ghiaiose mediamente addensate
2019			Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente sabbie debolmente limose mediamente addensate
2020			Sabbie eterogenee e sabbie ghiaiose mediamente addensate con presenza locale di spessori metrici di materiale di riporto eterogeneo (aree di cava dismesse, ecc.)
2021			Sabbie ghiaiose e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate

I depositi fluvioglaciali riferiti all'Unità di Solferino, presenti diffusamente in comune di Lonato del Garda, costituiscono delle aree ampie (Piano Occidentale di Lonato e Piana di CastelVenzago-Campagnoli) e ambiti più ristretti ed articolati diffusamente presenti sul territorio interposti tra i rilievi collinari.

Le sequenze risultano in prevalenza rappresentate da ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose, da poco a mediamente addensate, localmente ricoperte da sabbie ghiaiose o sabbie limose a grado di addensamento variabile. Lo spessore risulta fortemente variabile in relazione all'estensione della piana.

Descriviamo di seguito le sezioni stratigrafiche rappresentative delle porzioni di territorio che sono state classificate entro questi ambiti.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

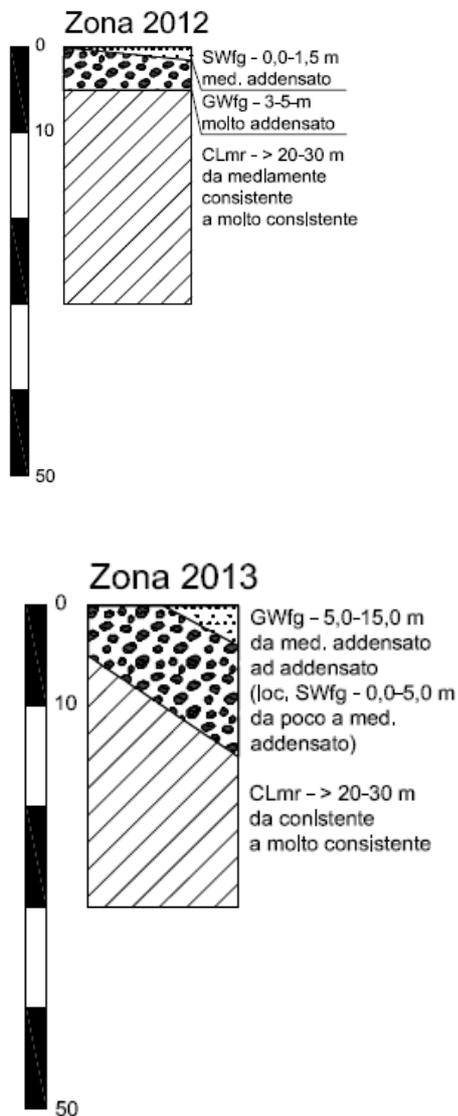


**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

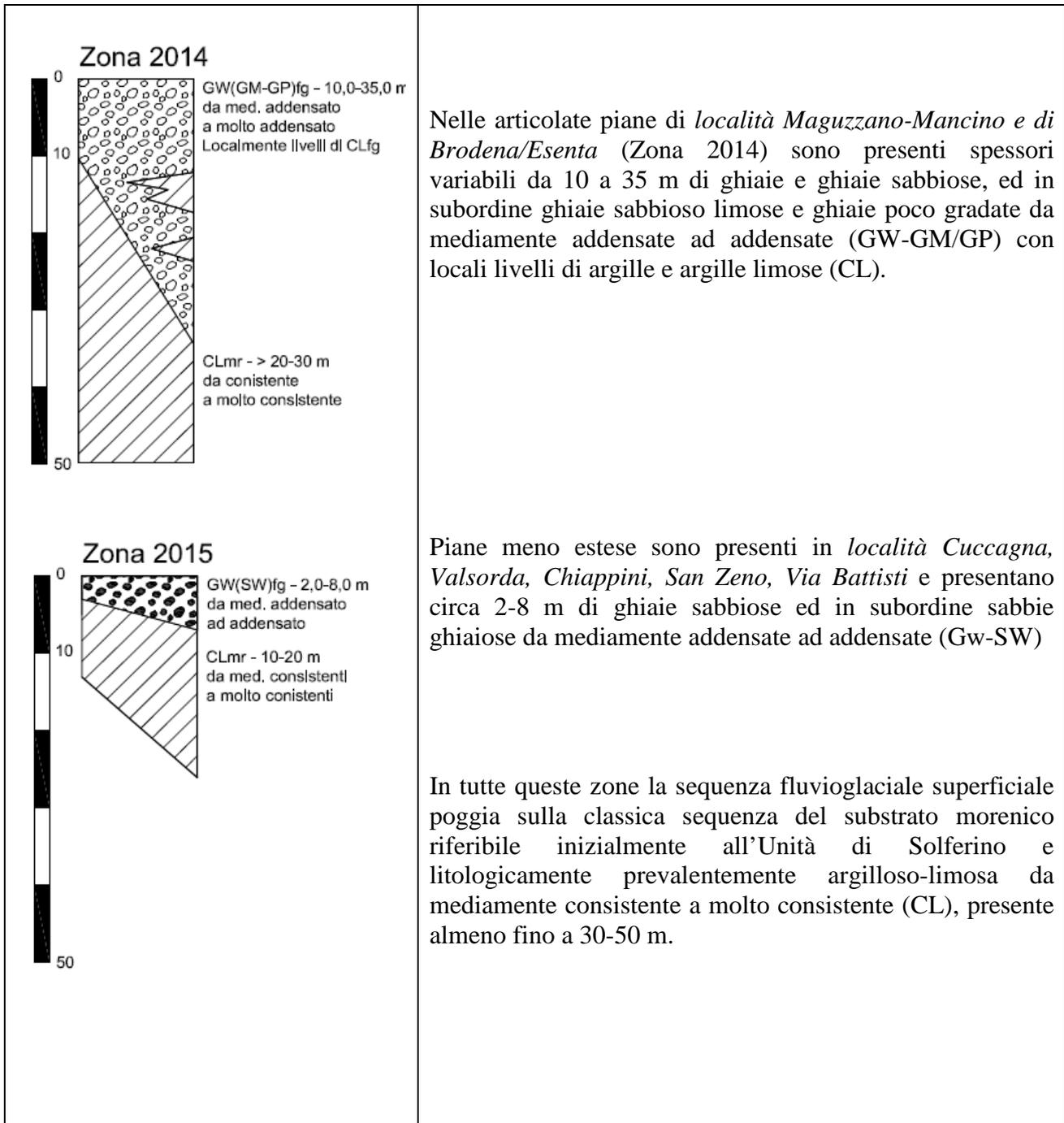
FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore
Depositi fluvioglaciali:

I depositi fluvioglaciali della Fase di Solferino affiorano diffusamente presso numerose piane intramoreniche con spessori ed estensione estremamente variabili.

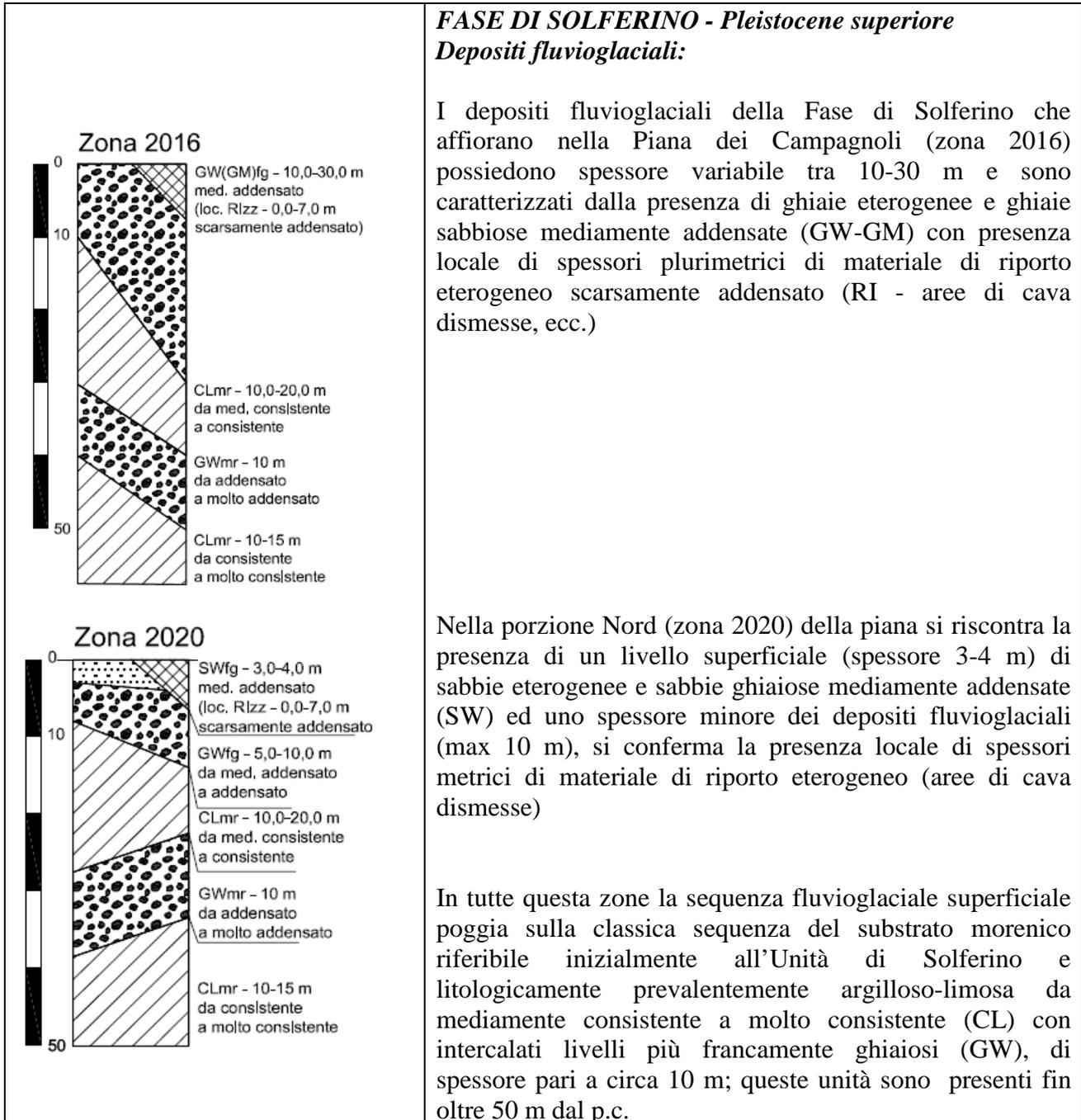
Sono caratterizzati in superficie da uno spessore compreso tra 5-15 m di ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose, molto addensate (GW), localmente ricoperte da sabbie limose mediamente addensate (SW) (Zona 2012 - *Località Lonatino-Via Cerutti*) o da massimo 5 m di ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose, da poco a mediamente addensate (GW), localmente ricoperte da sabbie ghiaiose da poco a mediamente addensate (SW) (Zona 2013 *Località Mancino/Folzzone*).



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

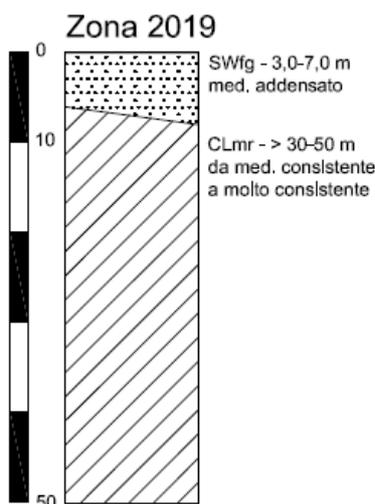
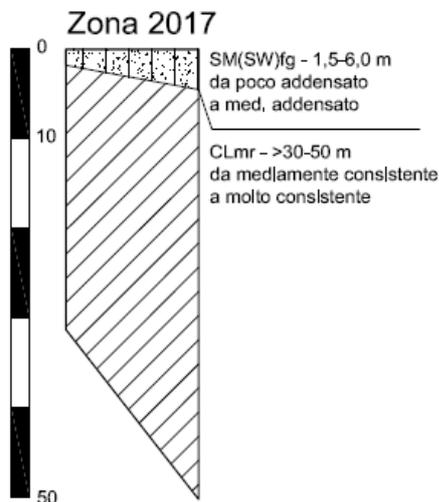


**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

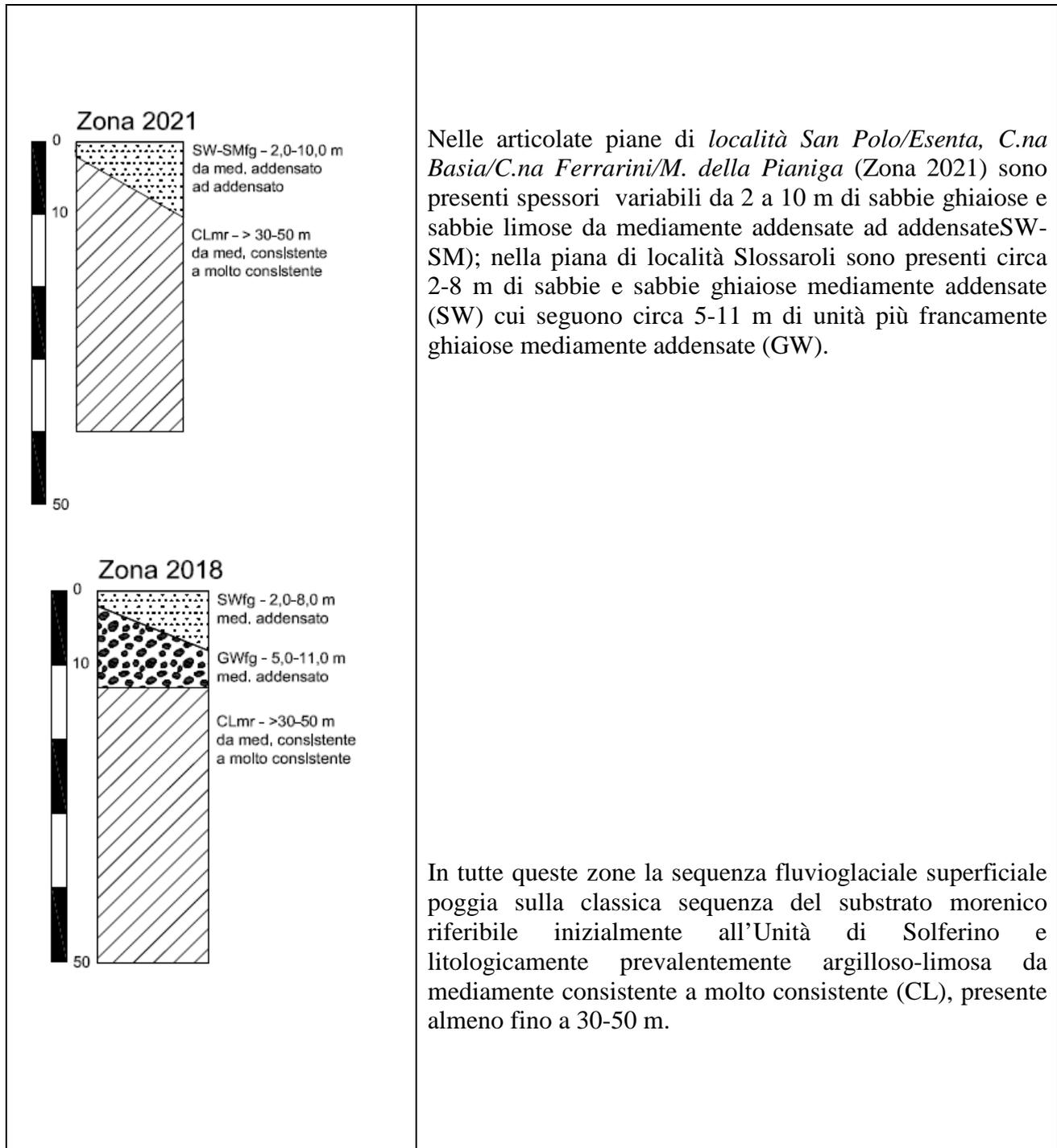
FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore
Depositi fluvioglaciali:

Ulteriori depositi fluvioglaciali della Fase di Solferino affiorano diffusamente presso numerose piane intramoreniche con spessori ed estensione per lo più limitati e litologie più francamente sabbiose.

Sono caratterizzati in superficie da uno spessore compreso tra 1,5-6 m di sabbie e sabbie limose da poco a mediamente addensate (SM-SW) (Zona 2017 - *Località BarcuZZi, Lazzaretto, M.Semo, S.Cipriano*) o da massimo 3-7 m di Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente sabbie debolmente limose mediamente addensate (SW) (Zona 2019 *Località Castel Venzago, M.Venzaghetto nord*).



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

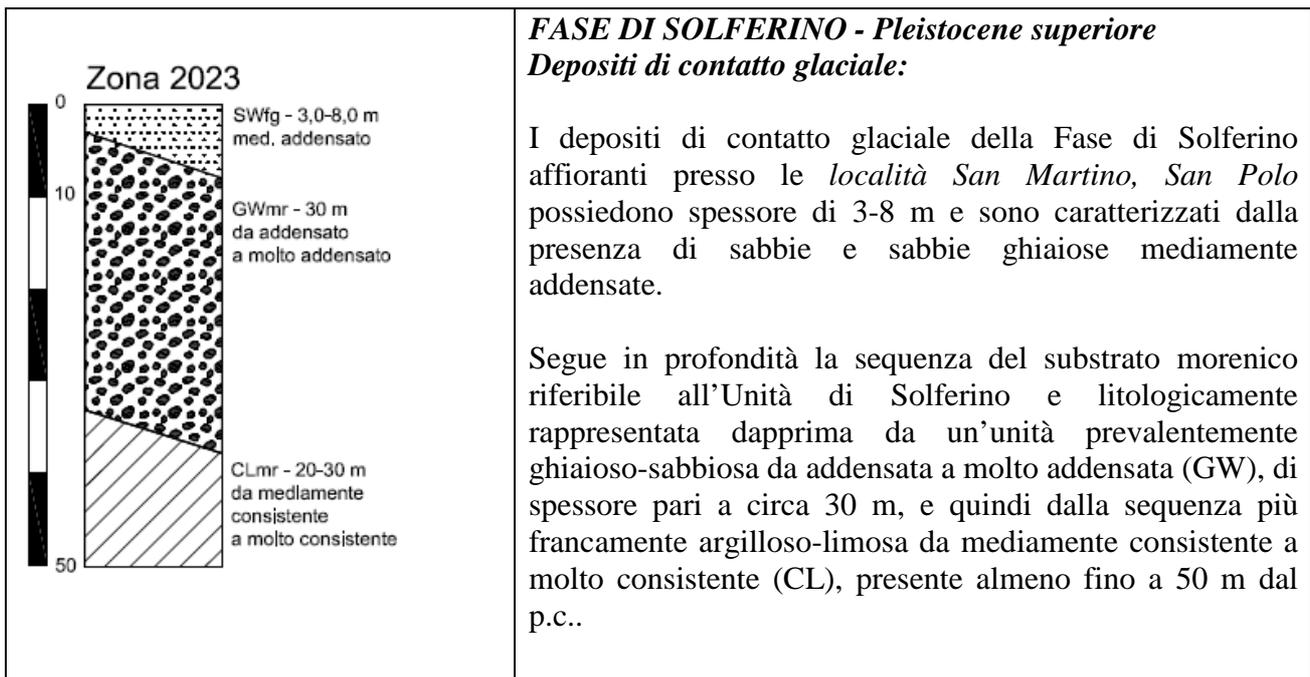
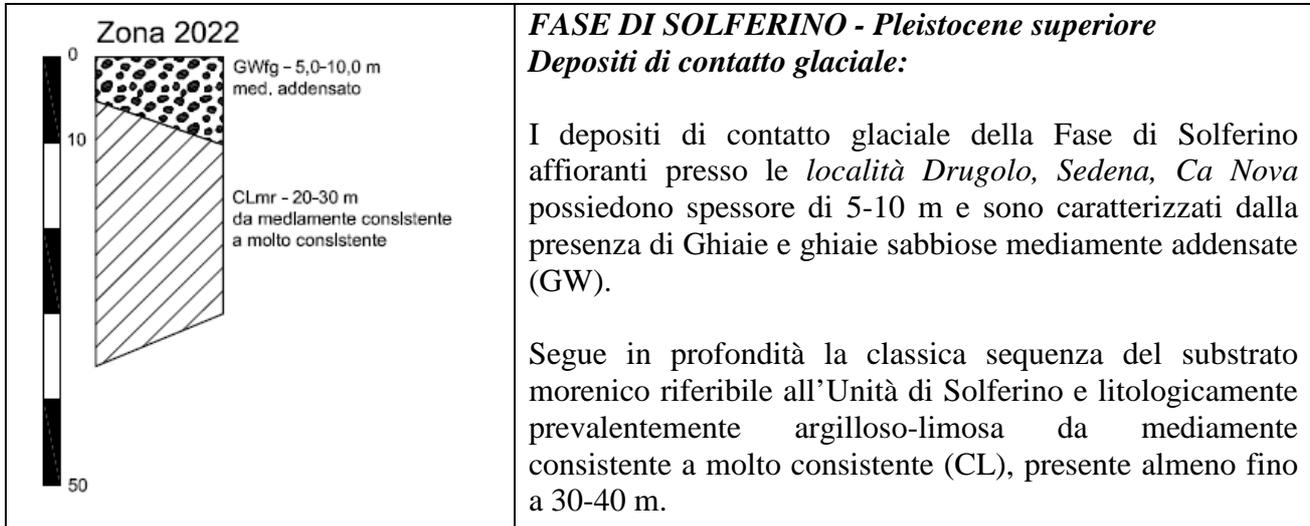
Sezione stratigrafica di riferimento			
	FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore		
2022	GW	fg	Depositi di contatto glaciale
2023	SW	fg	
2024			
2025			
			Ghiaie e ghiaie sabbiose mediamente addensate
			Sabbie e sabbie ghiaiose mediamente addensate
			Sabbie e sabbie ghiaiose (ed in subordine sabbie limose) mediamente addensate, localmente ricoperte da limi sabbiosi poco addensati
			Sabbie e sabbie limose (ed in subordine limi sabbiosi) mediamente addensate

I depositi di contatto glaciale riferiti all'Unità di Solferino, presenti diffusamente in comune di Lonato del Garda, costituiscono aree pianeggianti e/o terrazze articolate a tergo dei cordoni morenici e quindi dei rilievi collinari.

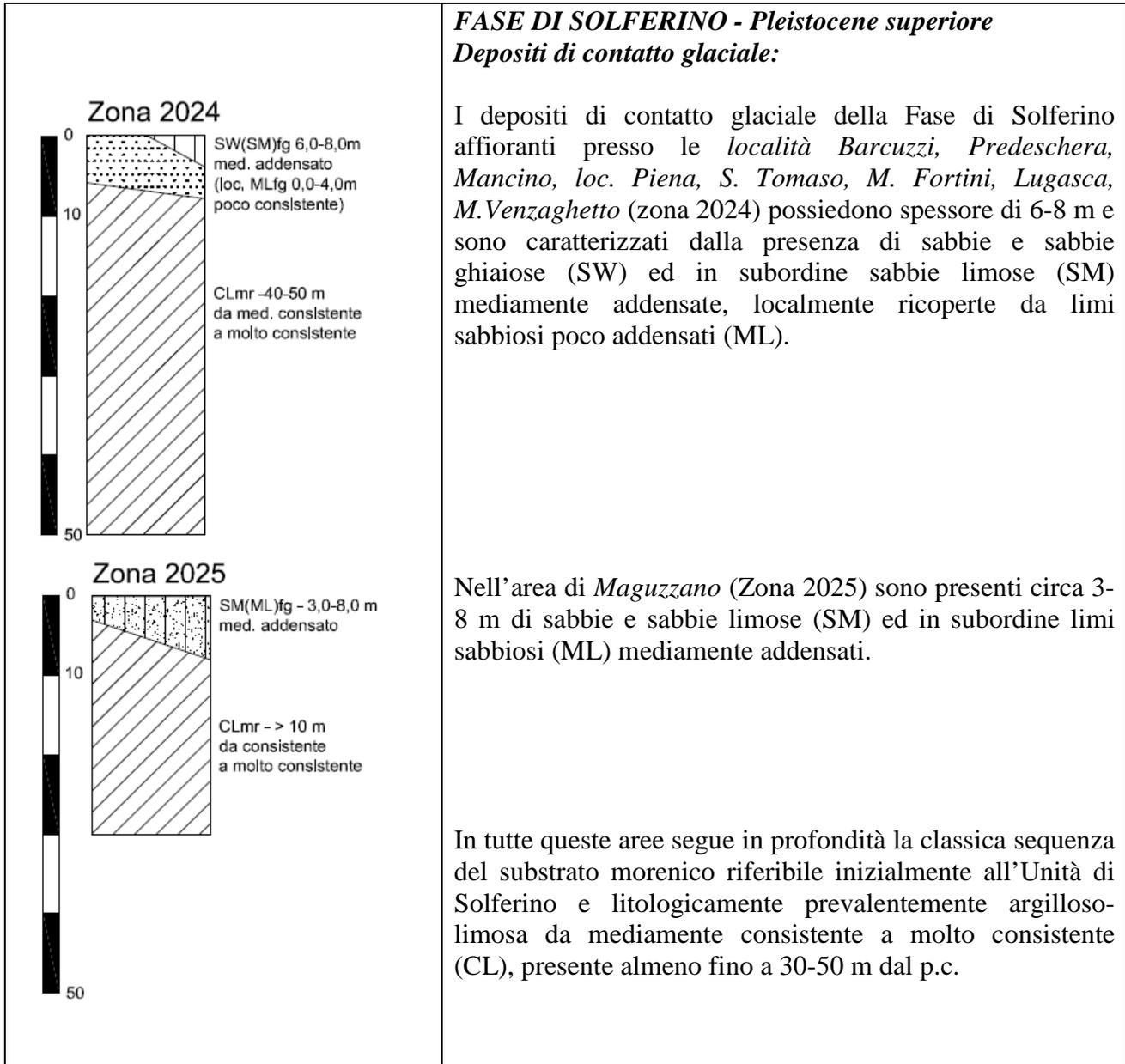
Le sequenze risultano in prevalenza rappresentate da ghiaie e ghiaie sabbiose, mediamente addensate ed in subordine da sabbie, sabbie ghiaiose e sabbie limose per lo più mediamente addensate e solo localmente ricoperte da limi sabbiosi da poco a mediamente addensati; lo spessore risulta per lo più limitato ma in ogni caso piuttosto variabile.

Descriviamo di seguito le sezioni stratigrafiche rappresentative delle porzioni di territorio che sono state classificate entro questi ambiti.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Sezione stratigrafica di riferimento			
	FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore		
2026	GW	fg	Depositi glaciolacustri Ghiaie e ghiaie sabbiose addensate
2027	SW	fg	Sabbie e sabbie ghiaiose da poco a mediamente addensate con locali lenti limoso sabbiose o limoso argillose da poco a mediamente consistenti
2028			Sabbie, sabbie ghiaiose e sabbie limose da mediamente addensato ad addensato
2029			Sabbie e sabbie ghiaiose (ed in subordine sabbie limose) da poco a mediamente addensate
2030	ML	fg	Limi sabbiosi e limi sabbioso argillosi da poco a mediamente consistenti

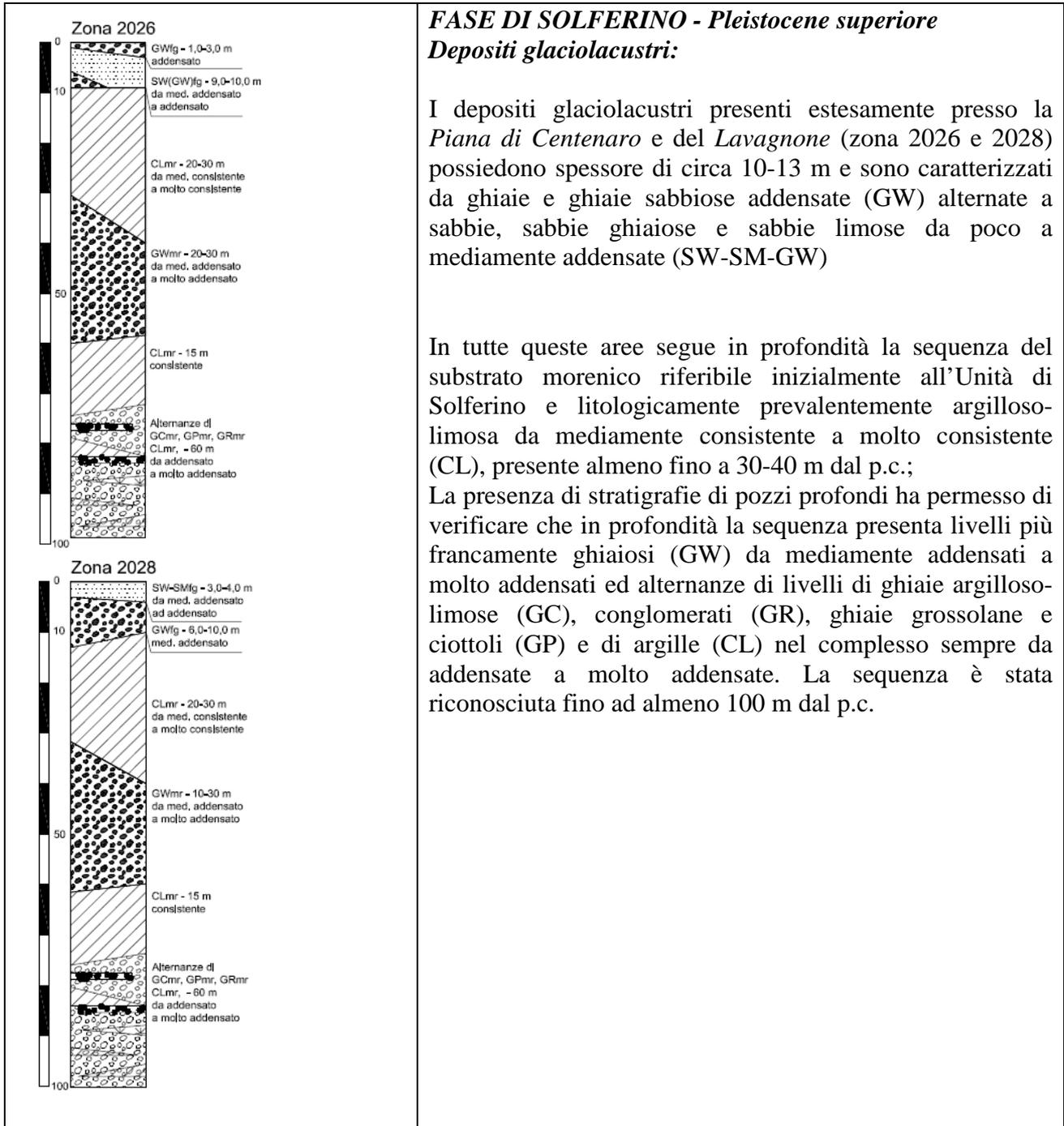
I depositi glaciolacustri riferiti all'Unità di Solferino, presenti diffusamente nella porzione collinare del comune di Lonato del Garda, costituiscono delle piane intramoreniche aree per lo più ristrette e/o ubicate nelle porzioni più depresse delle piane fluvioglaciali e/o di contatto glaciale.

Le sequenze risultano in prevalenza rappresentate da sabbie, sabbie ghiaiose e sabbie limose da poco a mediamente addensate e localmente da limi sabbiosi e limi sabbioso argillosi da poco a mediamente consistenti; più raramente si riscontrano ghiaie e ghiaie sabbiose da mediamente addensate ad addensate.

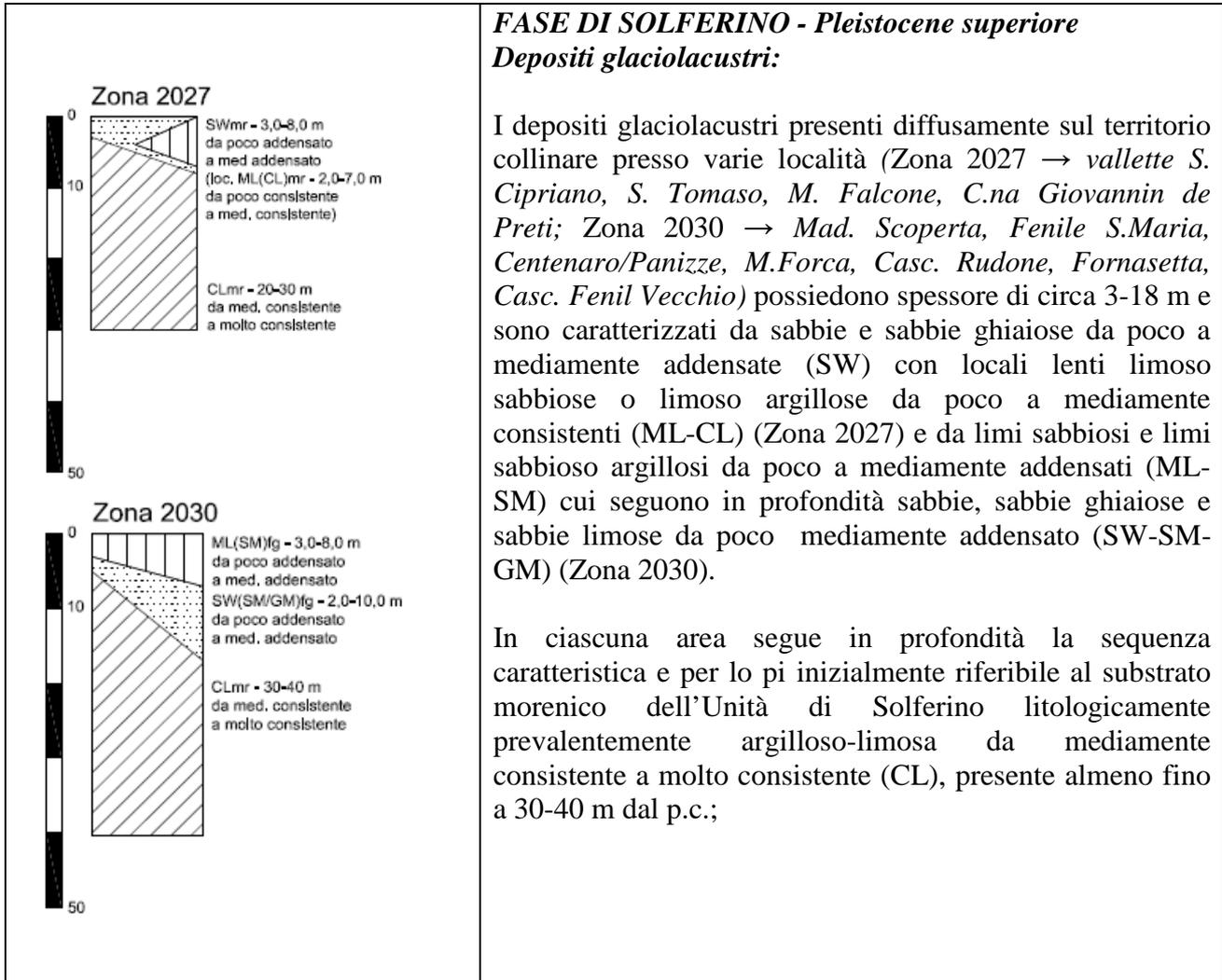
Lo spessore risulta fortemente variabile in relazione all'estensione delle piane ma per lo più limitato.

Descriviamo di seguito le sezioni stratigrafiche rappresentative delle porzioni di territorio che sono state classificate entro questi ambiti.

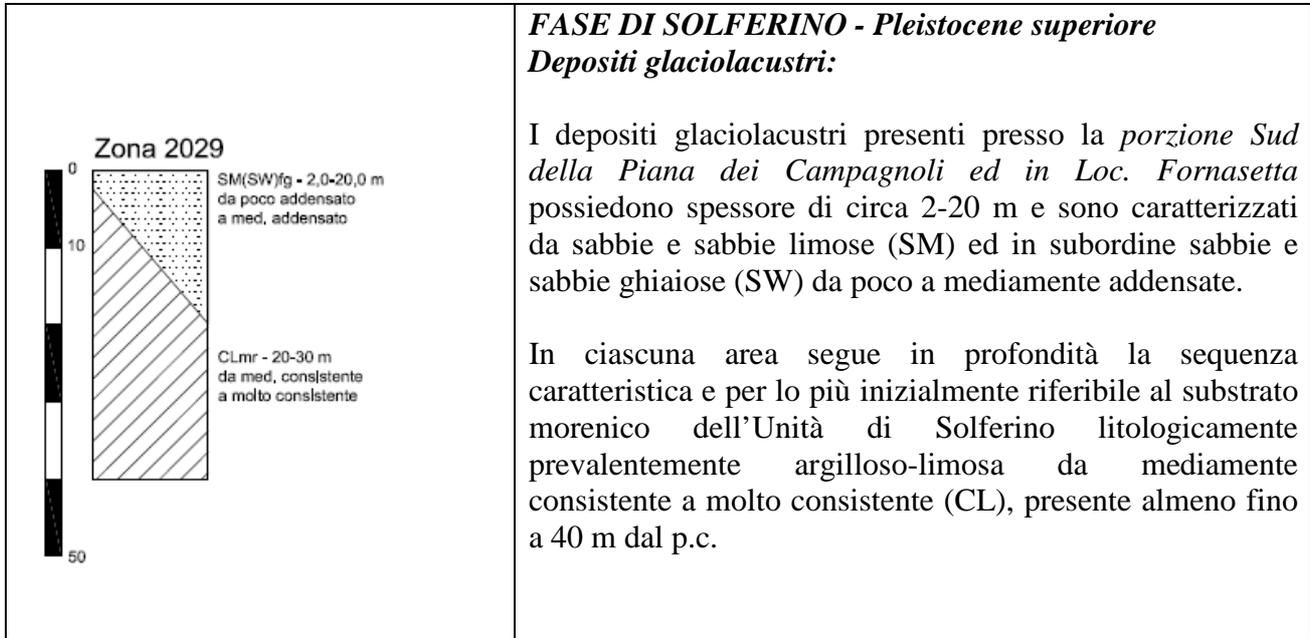
**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

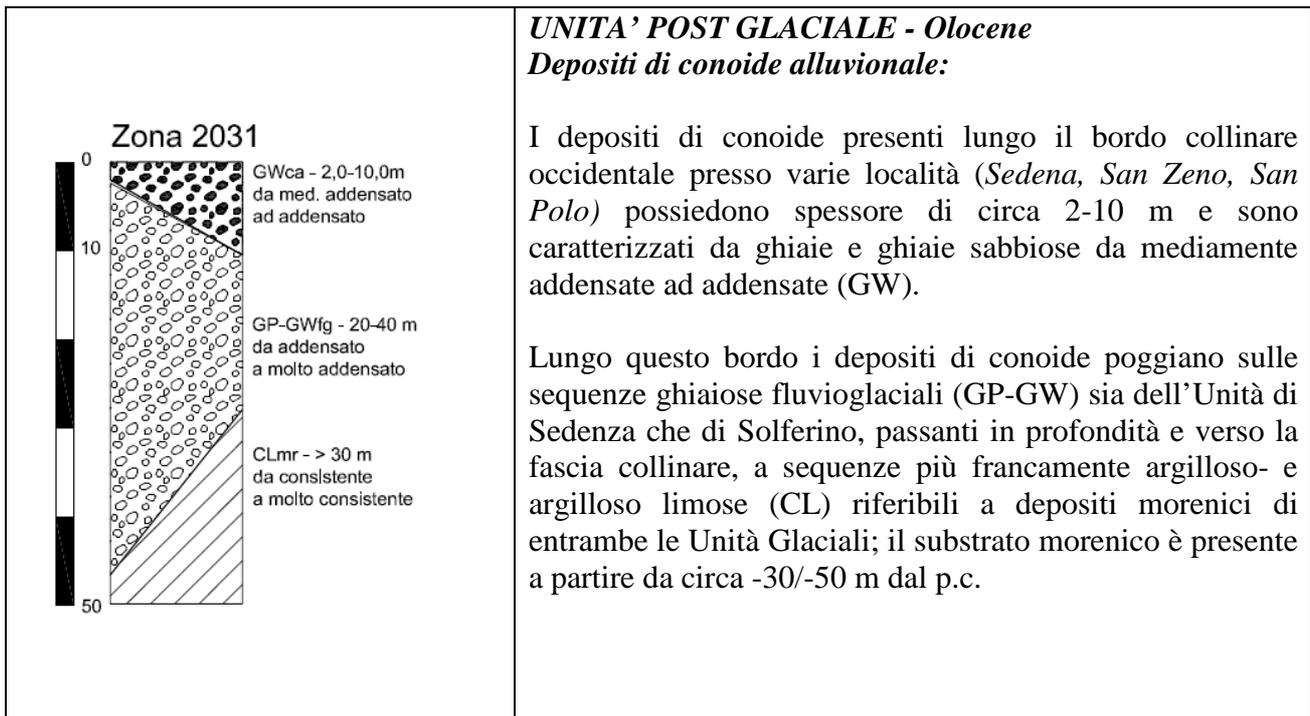
Sezione stratigrafica di riferimento			
	UNITA' POST GLACIALE - Olocene		
2031	GW	ca	Depositi di conoide alluvionale
2032	SW		
			Ghiaie e ghiaie sabbiose da mediamente addensate ad addensate
			Sabbie ghiaiose mediamente addensate

I depositi di conoide alluvionale sono riferibili a dinamiche antiche e non attive e si collocano prevalentemente lungo il bordo collinare occidentale e più limitatamente ai piedi dei versanti collinari più prossimi alla fascia costiera.

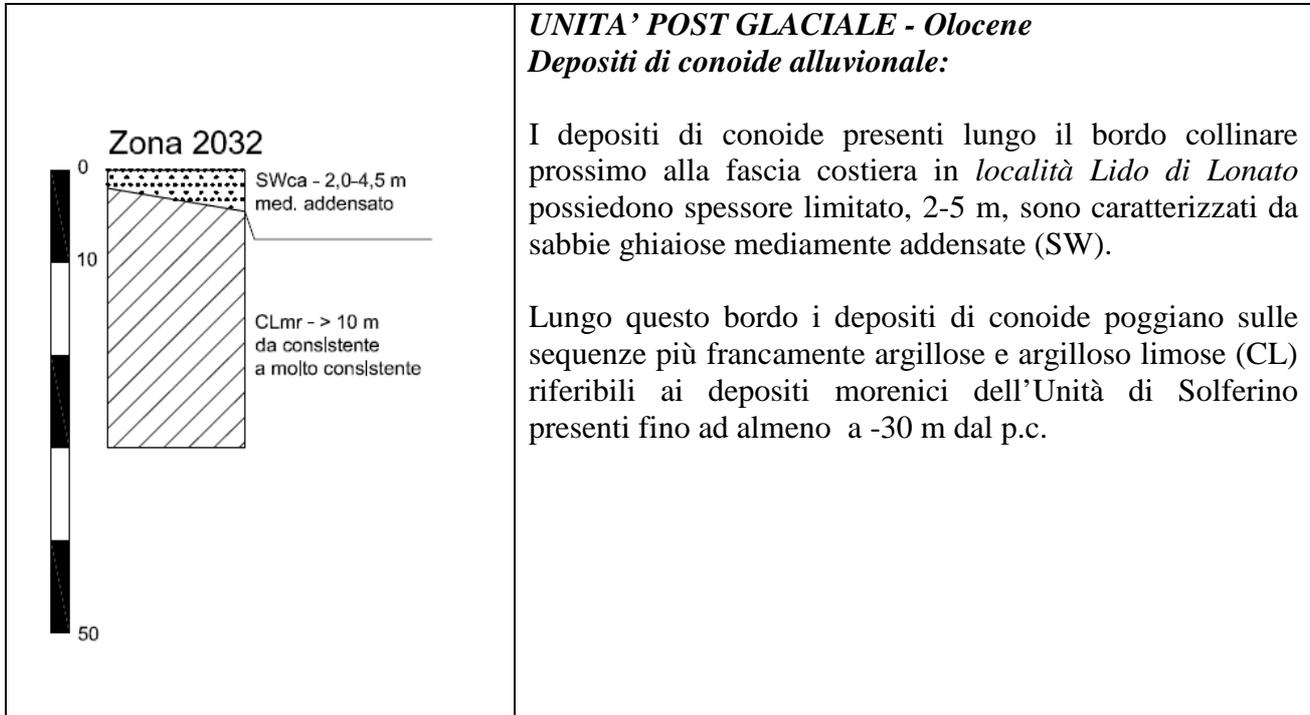
Le sequenze risultano in prevalenza rappresentate da sabbie, ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose da mediamente addensate ad addensate.

Lo spessore risulta variabile ma per lo più significativo.

Descriviamo di seguito le sezioni stratigrafiche rappresentative delle porzioni di territorio che sono state classificate entro questi ambiti.

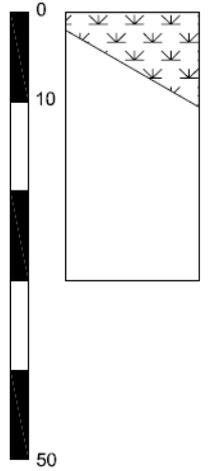


**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

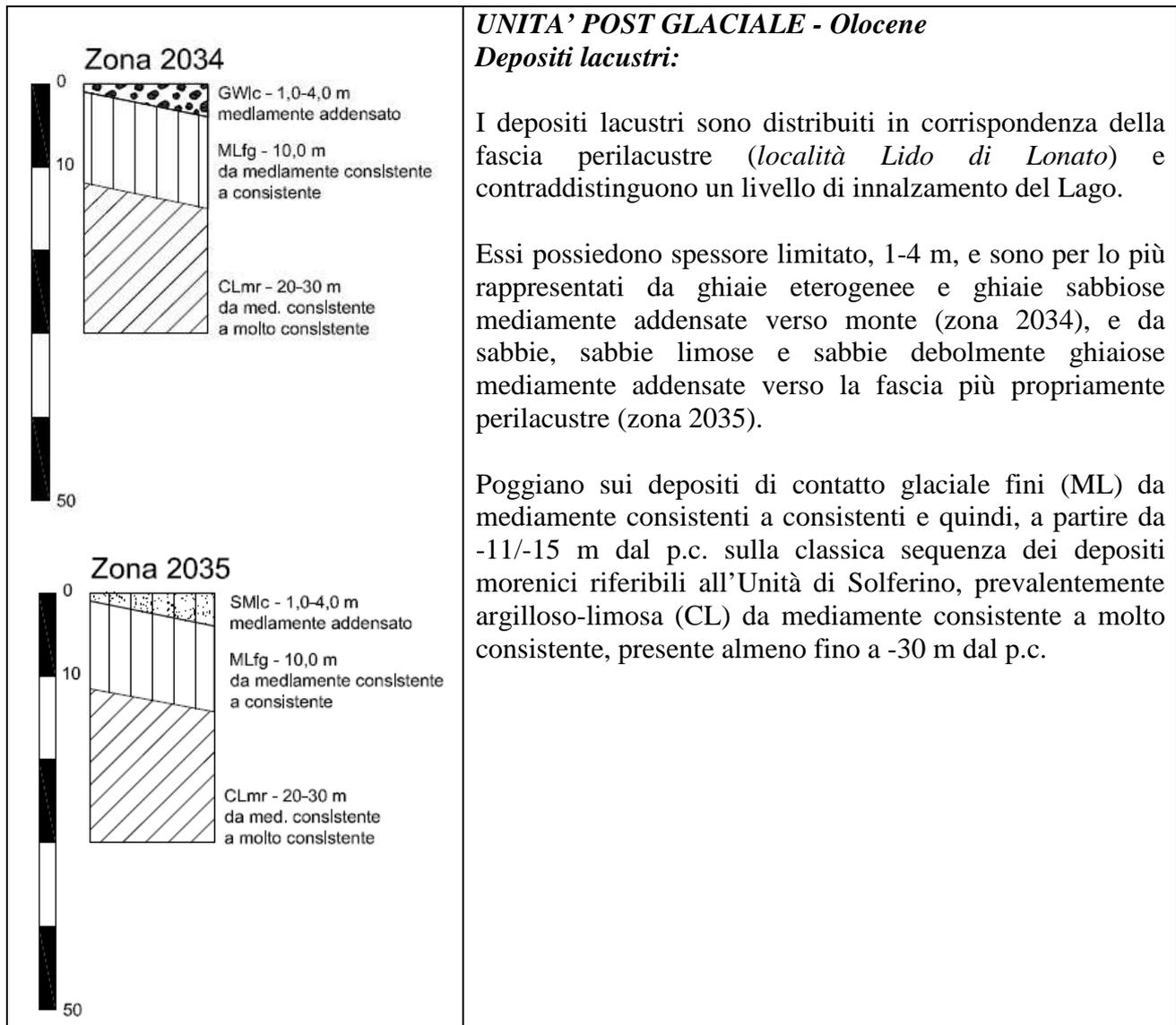
Sezione stratigrafica di riferimento			
	UNITA' POST GLACIALE - Olocene		
2033	PT	zz	Depositi torbosi Torbe, argille torbose e limi torbosi poco consistenti

<p>Zona 2033</p>  <p>PTzz - 2,0-10,0 m scarsamente addensato</p> <p>Terreni delle zone in cui sono ubicati i depositi torbosi: Zone 2001, 2003, 2004, 2007, 2014, 2017, 2022, 2024, 2027 2028, 2029, 2030</p>	<p>UNITA' POST GLACIALE - Olocene Depositi torbosi:</p> <p>I depositi torbosi sono ubicati in molte aree pianeggianti del territorio lonatese possiedono spessore variabile, 2-10 m e sono caratterizzati da torbe, argille torbose e limi torbosi poco addensate (PT).</p> <p>Essi poggiano sulla sequenza caratteristica di ciascuna area di collocazione.</p>
--	---



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

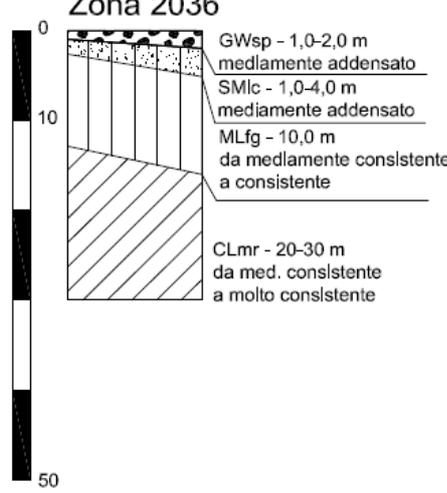
Sezione stratigrafica di riferimento				UNITA' POST GLACIALE - Olocene	
2034	GW	Ic	Depositi lacustri	Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose mediamente addensate.	
2035	SM	Ic		Sabbie, sabbie limose e sabbie debolmente ghiaiose mediamente addensate.	



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Sezione stratigrafica di riferimento			
			UNITA' POST GLACIALE – Olocene- recente
2036	GW	sp	Depositi di spiaggia Ghiaie e ghiaie sabbiose mediamente addensate

Zona 2036



GWsp - 1,0-2,0 m
mediamente addensato

SMlc - 1,0-4,0 m
mediamente addensato

MLfg - 10,0 m
da mediamente consistente
a consistente

CLmr - 20-30 m
da med. consistente
a molto consistente

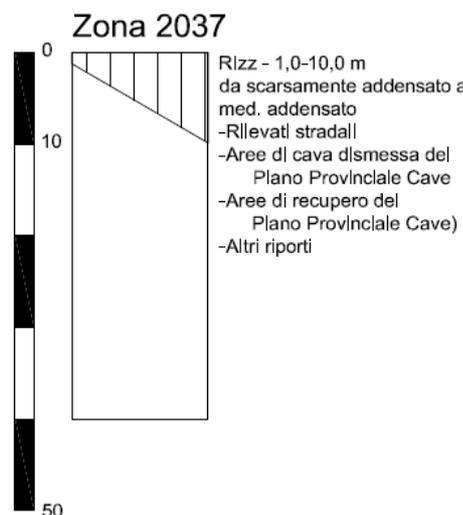
UNITA' POST GLACIALE - Olocene
Depositi lacustri:

I depositi di spiaggia sono presenti in una fascia molto ristretta presso *località Lido di Lonato* con spessore limitato a max 1-2 m rappresentati da ghiaie e ghiaie sabbiose mediamente addensate (GW).

Esse poggiano e/o si interdigitano con i depositi lacustri costituiti da sabbie, sabbie limose e sabbie debolmente ghiaiose mediamente addensate (SM), spessore 1-4 m, passanti ai depositi di contatto glaciale fini (ML) da mediamente consistenti a consistenti e quindi, a partire da -12/-16 m dal p.c. sulla classica sequenza dei depositi morenici riferibili all'Unità di Solferino, prevalentemente argilloso-limosa (CL) da mediamente consistente a molto consoistente, presente almeno fino a -30 m dal p.c.

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
 “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Sezione stratigrafica di riferimento			
	UNITA' POST GLACIALE – Recente - Attuale		
2037	RI	ZZ	Riporti Riporti di natura eterogenea, da scarsamente a mediamente addensati: - rilevati stradali - aree di cava dismessa e aree di recupero del piano provinciale cave - altri riporti

<p>Zona 2037</p>  <p>Rizz - 1,0-10,0 m da scarsamente addensato a med. addensato -Rilevati stradali -Aree di cava dismessa del Piano Provinciale Cave -Aree di recupero del Piano Provinciale Cave) -Altri riporti</p>	<p>UNITA' POST GLACIALE – Recente - Attuale Riporti:</p> <p>Questo ambito esemplificato dalla sezione stratigrafica “zona 2037” si colloca principalmente lungo le arterie viarie principali ed in corrispondenza del Polo estrattivo e di Recupero previsto dal Piano Provinciale Cave.</p> <p>Sono presenti riporti con spessore variabile 1-15 m da scarsamente a mediamente addensati poggianti sulle sequenze degli ambiti di riferimento.</p>
---	--

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

	Sezione di riferimento
AREE DI FRANA	
Sul territorio sono state associate alle zone litologiche anche delle aree caratteristiche per tipologia di dissesto come sottoriportate.	
<p>3023</p> <p>Frane di colata, quiescenti in area morenica (zona 2004) e di contatto glaciale (zone 2022, 2023)</p>	2004 2022 2023



6 ANALISI DI LIVELLO 1 AI SENSI DELLA D.G.R. 9/2616/2011

Per l'intero territorio comunale di Lonato del Garda è stata eseguita la valutazione del rischio sismico correlato alle condizioni geologiche e geomorfologiche.

E' stata quindi valutata l'amplificazione sismica locale secondo la metodologia e le procedure indicate nell'**All. 5 della D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011**.

Le condizioni locali possono infatti influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. Gli effetti indotti da particolari condizioni geologico-morfologiche sono infatti in grado di produrre danni diversificati su fabbricati con caratteristiche analoghe, entro zone anche ravvicinate (fino a poche decine di m). In tali situazioni si possono verificare fenomeni di focalizzazione dell'energia sismica incidente, con esaltazione delle ampiezze delle onde, fenomeni di riflessione multipla con variazione delle ampiezze delle vibrazioni e delle frequenze del moto.

La procedura prevede quindi la valutazione di diversi gruppi di effetti locali:

- Effetti di instabilità
- Effetti di cedimenti e/o liquefazioni
- Effetti di sito o di amplificazione sismica locale

I risultati dell'analisi e le relative aree di pericolosità sismica locale (PSL) sono state riportate nella "**Carta di Pericolosità Sismica (PSL) - Livello 1**" redatta ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011" (scala 1:10.000).

6.1 EFFETTI DI INSTABILITÀ

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di instabilità sono riportati nella Tab. 1 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	

Sul territorio comunale sono state rilevate limitate aree in dissesto, di tipo prevalentemente superficiale (decorticamenti, erosione superficiale, ecc.). Sono stati identificati limitati ambiti riconducibili ad uno scenario Z1c.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Ai sensi della normativa regionale, entro queste aree, per eventuali interventi, in fase progettuale, dovrà essere applicato uno studio di 3° livello, secondo le procedure indicate nel paragrafo 2.3.1 dell'All.5 della D.G.R. n°9/2616/2011.

6.2 EFFETTI DI CEDIMENTI E/O LIQUEFAZIONE

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di cedimento e/o liquefazione sono riportati nella Tab. 1 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z2 a	Zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.	Cedimenti
Z2 b	Zona con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni

Nel territorio di Lonato del Garda, sulla base di quanto riportato nella "**Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica**" (Scala 1:5.000) sono stati riconosciuti vari ambiti riconducibili ad uno scenario di PSL Z2a e Z2b.

Entro le piane intermoreniche o nelle porzioni depocentrali delle stesse, sono talora presenti depositi fini per lo più con presenza d'acqua a scarsa profondità dal p.c., che possono essere soggetti a fenomeni di amplificazione sismica correlata a cedimenti (Z2 a) e/o a fenomeni di liquefazione (Z2 b).

Allo stesso modo si segnala la presenza di materiali di riporto a caratteristiche geotecniche scadenti, accumulati in corrispondenza di siti oggetto di precedente escavazione.

Si è reso opportuno modificare talora l'estensione areale della classe di PSL Z2 a e Z2b rispetto a quanto già riportato nell' "Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Lonato del Garda" ("**Carta della Pericolosità Sismica Sismica Locale**" Dott. Geol. R. Lentini – Luglio 2009) in relazione agli ambiti litotecnici riconosciuti sul territorio e riportati nella relativa cartografia tematica, allegata al presente studio mediante la raccolta di dati geotecnici.

Ai sensi della normativa regionale, entro queste aree, per eventuali interventi, in fase progettuale, dovrà essere applicato uno studio di 3° livello, secondo le procedure indicate nel paragrafo 2.3.2 dell'All.5 della D.G.R. n°9/2616/2011.



6.3 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE O DI SITO

Gli effetti di amplificazione sismica locale o di sito sono rappresentati dall’insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il terremoto di riferimento, relativo al *bedrock*, può subire durante l’attraversamento degli strati di terreno sovrastanti, a causa dell’interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Si distinguono quindi gli effetti di **amplificazione topografica** e quelli di **amplificazione litologica**, nonché effetti di **comportamenti differenziali**.

Gli effetti di amplificazione topografica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale.

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di amplificazione topografica sono riportati nella Tab. 1 dell’All.5 della D.G. 9/2616/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA’ SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni Topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	

Nonostante nel territorio comunale di Lonato d/G non affiori il substrato roccioso si è ritenuto opportuno verificare, mediante l’esecuzione di alcune sezioni topografiche perpendicolari alle strutture morfologiche riconosciute, la presenza di scenari di amplificazione topografica in aree di affioramento del substrato morenico compatto.

Mediante l’esecuzione di **64 sezioni topografiche** (vedi All. 5 “*Sezioni di analisi degli effetti morfologici di amplificazione sismica*”) perpendicolari alle strutture morfologiche riconosciute, sono stati individuati alcuni scenari sia di tipo Z3a che di tipo Z3b.

Gli effetti di amplificazione litologiche o geometriche si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di amplificazione litologica sono riportati nella Tab. 1 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

La gran parte del territorio ricade in zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi cui corrisponde uno scenario di tipo Z4c. Nelle piane intermoreniche maggiormente marcate possono essere individuati degli scenari di tipo Z4a con presenza di depositi granulari e/o coesivi di natura glacio-fluvio-lacustre assimilabili a depositi di fondovalle.

I conoidi di deiezione, antichi e recenti, sono stati inseriti entro uno scenario di pericolosità sismica di tipo Z4b.

Gli effetti dovuti a comportamento differenziale si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da contatto stratigrafico o tettonico tra litologie molto diverse.

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di amplificazione topografica sono riportati nella Tab. 1 dell'All.5 della D.G. 9/2616/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.	Comportamenti Differenziali

Questo scenario non è stato evidenziato per il territorio comunale di Lonato del Garda.



7 “CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) AI SENSI DEGLI ICMS”

Per l'intero territorio comunale di Lonato del Garda, in adempimento all'O.P.C.M. 4007/2012 ed all'Ord. C.D.P.C. 52/2013 e s.m.i. ed al Decreto C.D.P.C 15 Aprile 2013, è stata applicata, in via sperimentale, la procedura prevista dagli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (ICMS - Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008).

In particolare è stato applicato il 1° Livello di analisi che ha come risultato conclusivo la realizzazione della “**Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - Livello 1**” (scala 1:10.000).

La procedura si prefigge di classificare il territorio in funzione delle condizioni locali che possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. Gli effetti indotti da particolari condizioni geologico-morfologiche sono infatti in grado di produrre danni diversificati su fabbricati con caratteristiche analoghe, entro zone anche ravvicinate (fino a poche decine di m). In tali situazioni si possono verificare fenomeni di focalizzazione dell'energia sismica incidente, con esaltazione delle ampiezze delle onde, fenomeni di riflessione multipla con variazione delle ampiezze delle vibrazioni e delle frequenze del moto.

Il territorio è stato pertanto suddiviso in diverse zone omogenee:

- Zone Stabili suscettibili di amplificazioni locali
- Zone Suscettibili di Instabilità.

La procedura prevede, inoltre, il riconoscimento di

- Forme di superficie

Al fine di definire le zone e le forme richieste si è tenuto conto di tutti i dati raccolti ed in particolare dei risultati dei “**Dati Geotecnici e Geofisici**” e dei rilievi geologici e geomorfologici eseguiti, nonché al **Modello del Sottosuolo** definito. Un'esemplificazione di questi dati è fornita nella “**Carta delle Indagini**” (scala 1:5.000) e nella “**Carta Geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica**” (scala 1:5.000).

Si rimanda agli specifici capitoli della presente relazione per quanto concerne la dettagliata descrizione delle singole tematiche; per la consultazione dei dati geotecnici e geofisici e della cartografia si fa riferimento al *data base* in allegato al presente studio. I dati sismici di nuova acquisizione sono rappresentati nell'apposito allegato (All. 3).

I risultati dell'analisi di 1° Livello ICMS sono stati riportati nella “**Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - Livello 1**” (scala 1:10.000), di seguito richiamata sinteticamente come Carta MOPS.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

Per la predisposizione della Carta MOPS sono state utilizzate anche le **sezioni litotecniche (All. 2)** esemplificative del territorio studiato riguardo i rapporti tra le unità litologiche riconosciute e la loro natura; esse sono state tracciate in modo da evidenziare sia il contesto montano che quello di piana alluvionale e morenico.

Sono state inoltre utilizzate le sezioni morfologiche elaborate per l'analisi del rischio sismico di Livello 1 ai sensi dei Criteri Regionali, per evidenziare le forme di superficie significative anche ai fini dell'analisi ai sensi degli ICMS; la traccia delle sezioni morfologiche è riportata peraltro riportata nella Carta MOPS.

Si descrivono di seguito le caratteristiche principali di ciascuna zona omogenea e delle forme riconosciute.

7.1 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

Sull'intero territorio lonatese sono riconosciute "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali"; si è operata una differenziazione principalmente in base alle differenze litologiche e geotecniche riscontrate entro i primi 10-20 m di profondità dal p.c. correlate alla collocazione entro gli "ambiti deposizionali dei terreni di copertura" riconosciuti sul territorio.

In particolare nella Carta MOPS sono state distinte **n° 37 zone con successioni stratigrafiche/geotecniche peculiari dell'ambito geologico di riferimento.**

Si rimanda per ogni dettaglio inerente le caratteristiche geologico-tecniche ed il modello di sottosuolo di questi ambiti al Cap. 5 ed in particolare alle descrizioni inerenti le singole "sezioni stratigrafiche tipo" secondo i raggruppamenti come sotto riassunti:



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Sezione stratigrafica di riferimento			
	FASE DI SEDENA - Pleistocene medio-superiore		
2001	ML	mr	Depositi morenici
			Limi argillosi talora sabbiosi da debolmente ghiaiosi a ghiaiosi, da mediamente consistenti a consistenti
2002	GW	fg	Depositi fluvioglaciali
			Ghiaie sabbiose, da debolmente limose a limose da mediamente addensate ad addensate
2003	SM	fg	Depositi glaciolacustri
			Sabbie limose e sabbie limoso ghiaiose da mediamente addensate ad addensate

Sezione stratigrafica di riferimento			
	FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore		
2004	CL	mr	Depositi morenici
			Argille, argille limose, limi argillosi, da debolmente ghiaiosi e sabbiosi a ghiaiosi e sabbiosi, da mediamente consistenti a molto consistenti.
2005			Argille limose, argille ghiaiose da mediamente consistenti a consistenti ed in subordinate ghiaie argillose da mediamente addensate ad addensate
2006	GC	mr	Ghiaie e ghiaie argillose da mediamente addensate ad addensate, con locali coperture di argille limose mediamente consistenti
2007	SW		Sabbie ghiaiose e sabbie limoso ghiaiose da mediamente addensate ad addensate
2008			Sabbie limose mediamente addensate
2009	ML	mr	Limi, limi sabbiosi e limi argillosi da poco a mediamente consistenti
2010	CL		Argille, argille sabbiose e argille limose da poco consistenti a consistenti

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Sezione stratigrafica di riferimento			FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore	
2011	GW	fg	Depositi fluvioglaciali	Ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose (ed in subordine ghiaie debolmente limose) da mediamente addensate a molto addensate
2012				Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose, molto addensate, localmente ricoperte da sabbie limose mediamente addensate
2013				Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose, da poco a mediamente addensate, localmente ricoperte da sabbie ghiaiose da poco a mediamente addensate
2014				Ghiaie e ghiaie sabbiose, ed in subordine ghiaie sabbioso limose e ghiaie poco gradate da mediamente addensate ad addensate
2015				Ghiaie sabbiose ed in subordine sabbie ghiaiose da mediamente addensate ad addensate
2016				Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose mediamente addensate con presenza locale di spessori metrici di materiale di riporto eterogeneo scarsamente addensato (aree di cava dismesse, ecc.)
2017	SM	fg		Sabbie e sabbie limose da poco a mediamente addensate
2018	SW	fg		Sabbie e sabbie ghiaiose mediamente addensate
2019				Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente sabbie debolmente limose mediamente addensate
2020				Sabbie eterogenee e sabbie ghiaiose mediamente addensate con presenza locale di spessori metrici di materiale di riporto eterogeneo (aree di cava dismesse, ecc.)
2021				Sabbie ghiaiose e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate

Sezione stratigrafica di riferimento			FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore	
2022	GW	fg	Depositi di contatto glaciale	Ghiaie e ghiaie sabbiose mediamente addensate
2023	SW	fg		Sabbie e sabbie ghiaiose mediamente addensate
2024				Sabbie e sabbie ghiaiose (ed in subordine sabbie limose) mediamente addensate, localmente ricoperte da limi sabbiosi poco addensati
2025	SM	fg		Sabbie e sabbie limose (ed in subordine limi sabbiosi) mediamente addensate

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Sezione stratigrafica di riferimento			
	FASE DI SOLFERINO - Pleistocene superiore		
2026	GW	fg	Depositi glaciolacustri
2027	SW	fg	Ghiaie e ghiaie sabbiose addensate
2028			Sabbie e sabbie ghiaiose da poco a mediamente addensate con locali lenti limoso sabbiose o limoso argillose da poco a mediamente consistenti
2029			Sabbie, sabbie ghiaiose e sabbie limose da mediamente addensato ad addensato
2030	ML	fg	Sabbie e sabbie ghiaiose (ed in subordine sabbie limose) da poco a mediamente addensate
			Limi sabbiosi e limi sabbioso argillosi da poco a mediamente consistenti

Sezione stratigrafica di riferimento			
	UNITA' POST GLACIALE - Olocene		
2031	GW	ca	Depositi di conoide alluvionale
2032	SW		Ghiaie e ghiaie sabbiose da mediamente addensate ad addensate
			Sabbie ghiaiose mediamente addensate

Sezione stratigrafica di riferimento			
	UNITA' POST GLACIALE - Olocene		
2033	PT	zz	Depositi torbosi
			Torbe, argille torbose e limi torbosi poco consistenti

Sezione stratigrafica di riferimento			
	UNITA' POST GLACIALE - Olocene		
2034	GW	lc	Depositi lacustri
2035	SM	lc	Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose mediamente addensate.
			Sabbie, sabbie limose e sabbie debolmente ghiaiose mediamente addensate.

Sezione stratigrafica di riferimento			
	UNITA' POST GLACIALE – Olocene- recente		
2036	GW	sp	Depositi di spiaggia
			Ghiaie e ghiaie sabbiose mediamente addensate

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Sezione stratigrafica di riferimento			UNITA' POST GLACIALE – Recente - Attuale	
2037	RI	ZZ	Riporti	Riporti di natura eterogenea, da scarsamente a mediamente addensati: - rilevati stradali - aree di cava dismessa e aree di recupero del piano provinciale cave - altri riporti

7.2 ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

7.2.1 Instabilità di versante

I dissesti riportati sulla “**Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - Livello 1**” derivano direttamente dalla “**Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica**” e sono riconducibili a fenomeni di scorrimento e colata in terreni sciolti e da fenomeni di crollo o ribaltamento in corrispondenza di pareti rocciose caratterizzati da diversi gradi di attività. Caratteristiche peculiari possono essere attribuite alla Frana di Salò.

Si rimanda ai capitoli precedenti per una più approfondita trattazione dei fenomeni di instabilità (§ 3.2) e per una loro correlazione con le zone litologiche di riferimento (vedi Cap. 5 e “**Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica**”).

7.2.2 Faglie Attive e Capaci

Rimandando al Cap. 2 per maggiori dettagli inerenti l’assetto strutturale e la sismicità del territorio, sulla base dei dati raccolti, tra i quali in particolare si segnalano studi prodotti dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), appare possibile che alcune delle faglie cartografate in territorio di Lonato del Garda siano state attive in età più recente rispetto ai 40.000 anni indicati negli ICMS al fine di individuare le cosiddette “Faglie Capaci”. Tuttavia la qualità ed affidabilità dei dati raccolti non è elevata riguardo l’età dell’attività e peraltro non è tale da definire se tali faglie possano avere generato un rigetto in superficie.

Le motivazioni che hanno portato a tali conclusioni e le fonti di riferimento sono ampiamente trattate al ¶ 2.4.

Tenendo conto delle considerazioni svolte nel Cap. 2 ed in particolare al ¶ 2.4 e di quanto riportato nei data base dedicati (Progetto ITHACA) si è ritenuto in aderenza con quanto richiesto dagli ICMS di non inserire i lineamenti tettonici cartografati in territorio di Lonato del Garda come “Faglie Capaci”. Solo più approfonditi studi di dettaglio potrebbero permettere di individuare le aree realmente interessate dalla possibile sorgente sismogenetica e della sua proiezione in superficie (analisi di 3° livello ai sensi degli ICMS).



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

L'andamento di tali aree potrà essere rivalutata in futuro, alla luce di eventuali approfondimenti o aggiornamenti dei data base/cataloghi dedicati alle "Faglie Capaci" o di nuovi studi di neotettonica.

Si allegano le schede tecniche delle faglie capaci inserite nel Progetto ITHAKA.

7.3 FORME DI SUPERFICIE

Mediante l'esecuzione di n° **64 sezioni topografiche** (All. 5), ortogonali ai versanti ed agli elementi morfologici riconosciuti sul territorio gvardese, sono state individuate forme di superficie correlabili a **creste**, a **picchi isolati e ad orli di scarpata morfologica con H=10-20 m ed H > 20 m**.

Sulla base dei rilievi geomorfologici sono state inoltre riconosciute **aree di conoide alluvionale**.



8 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO 2

AI SENSI DEGLI ICMS E DEI CRITERI REGIONALI

Per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali topografiche o litologiche, in adempimento a quanto previsto dagli "Indirizzi e Criteri degli ICMS", è stata eseguita l'analisi di 2° Livello mediante il calcolo del valore degli Fx con applicazione della procedura individuata dai Criteri Regionali (Livello 2 ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2001). Si procede di seguito a descrivere dettagliatamente tutti passaggi previsti dal metodo adottato.

Nella "Carta di Microzonazione Sismica Livello 2" sono state peraltro riportate le zone suscettibili di instabilità e le zone stabili per le quali non è prevista alcuna stima dei valori di Fx.

I fattori di amplificazioni Fx sono stati calcolati sia per quanto concerne gli **effetti morfologici** (Scenari Z3a e Z3b della normativa regionale \equiv Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali topografiche) che per quanto riguarda gli **effetti litologici** (Scenari Z4a, Z4b, Z4c, Z4d \equiv Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali litologiche).

La procedura prevista dalla normativa regionale fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattore di Amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche e morfologiche, e sono utilizzati per zonare le aree di studio in funzione del valore di Fa.

Il valore di Fa si riferisce quindi agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s (per entrambi gli effetti di amplificazione) e 0.5-1.5 s (per i soli effetti litologici), in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide ed a strutture alte e flessibili.

8.1 EFFETTI MORFOLOGICI - STIMA DEL VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE (Ft) DI SITO

La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla morfologia è stata eseguita mediante l'applicazione delle procedure indicate nell'All.5 della D.G.R. n° 9/2616/2011 del 30/11/2011. Si sottolinea come l'applicazione del 2° livello di amplificazione topografica ai sensi dei Criteri Regionali, risulti eseguito ai fini conoscitivi e cautelativi in quanto esso avviene in assenza di substrato roccioso affiorante.

La procedura semplificata di 2° livello fornisce valori di Fa relativi al solo intervallo 0.1-0.5 s e richiede la conoscenza di alcuni parametri legati all'andamento topografico del pendio.

Zone di ciglio H > 10 m - Zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	
Criteri Regionali	ICMS
Scenario di PSL Z3 a Scenario di PSL Z3 b	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali topografiche



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Per la delimitazione delle area di pericolosità sismica relative a zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo e di ciglio $H > 10$ m sono state eseguite **n° 64 sezioni topografiche**, ortogonali ai versanti ed agli elementi morfologici riconosciuti. L'andamento delle sezioni è stato riportato nell'All. 5 "**Sezioni di analisi degli effetti morfologici di amplificazione sismica**".

Per ciascuna sezione sono stati determinati, secondo la procedura normativa prevista dall'All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011, i seguenti parametri (vedi sezioni e Tabella 1 riassuntiva in allegato):

- larghezza alla base del rilievo (L) – scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche
- larghezza in cresta al rilievo (l)
- dislivello altimetrico massimo (H) e dislivello altimetrico minimo (h)
- coefficiente di forma H/L
- inclinazione dei fronti ($\alpha_1 - \alpha_2$)

I parametri calcolati hanno evidenziato che i rilievi esaminati risultano in gran parte classificabili come "**creste appuntite**" nelle sezioni 1, 2, 4, 12, 13, 15, 19, 20, 23, 26, 27, 30a, 31, 34, 37b, 39, 40, 43, 44, 45, 49a, 49b, 52, 53, 55, 56, 57a, 57b, 57c, 57d, 58a, 58b, 60, 61, 64 e solo in pochi casi come "**cresta arrotondata**" nelle sezioni 7c, 18, 21a, 21b, 35.

Numerose sono le scarpate morfologiche, oggetto di analisi, cui corrisponde uno scenario Z3a (sezioni 3, 5, 6, a, 7b, 8, 9, 10, 14, 17, 22, 24, 25, 28, 29a, 29b, 30b, 33, 36, 37a, 38, 41, 42, 46, 48, 50, 51, 54b, 58c, 59, 63).

I parametri determinati per ciascuna sezione sono stati quindi proiettati entro la scheda di valutazione morfologica. Mediante le correlazioni indicate è stato infine determinato il corrispondente valore del Fattore di Amplificazione (Fa di sito). Tali valori sono stati riportati nella Tabella 2, in allegato.

Per la distribuzione areale dei valori di Fa, come richiesto dalla normativa regionale, si è proceduto ad attribuire il valore di Fa ottenuto all'area corrispondente alla larghezza in cresta (l) o al cocuzzolo, mentre tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. Per le scarpate il valore di Fa calcolato coincide a monte con il ciglio mentre raggiunge il valore unitario ai margini dell'area d'influenza (Ai); a valle, tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

Le aree di Fa così definite sono pertanto state riportate nella "Carta di microzonazione sismica Livello 2" (scala 1:10.000).

Si segnala che per **tutte le aree di cresta e per tutte le scarpate morfologiche analizzate, i valori stimati risultano inferiori ai valori di soglia indicati dalla normativa e relativi al valore di St (amplificazione topografica) previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).**



**TABELLA DI VERIFICA DELLE SEZIONI DI ANALISI DI 2° LIVELLO
PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA -LONATO DEL GARDA-**

TABELLA 1

VALORI DI Fa (0,1-0,5)

	DATI DI ANALISI DELLE SEZIONI								VERIFICHE					VERIFICHE SCARPATE (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011)					
	H	h	α_1	α_2	L	l	β_1	β_2	$\alpha_n \geq 10$	$h \geq 1/3H$	$\beta_n \leq 10$	$l < 1/3L$ APP $l > 1/3L$ ARR	H/L	H ≥ 10	$\alpha \geq 10$	$\beta = 0$	$h < 1/3H$	$\beta \leq 1/5\alpha$	
SEZIONE 1	20,04	14,98	20	22	115,50	21,75			SI	SI	SI	APP	0,17	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 2	28,40	18,26	18	13	193,17	16,93			SI	SI	SI	APP	0,15	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 3	59,95	15,04	29	17	191,02	27,95			SI	NO	SI	APP	0,31	-	-	-	-	-	
SEZIONE 3	63,95	15,04	29				20	13	-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 4	50,33	40,01	30	20	236,14	38,31			SI	SI	SI	APP	0,21	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 5	60,07	7,97	23	8	265,97	65,00	14	6	NO	NO	NO	APP	0,23	-	-	-	-	-	
SEZIONE 5	65,08	13,57	23				6		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 6	20,00		23				4		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 7a	11,01		23				4		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 7b	11,01		32				3		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 7c	30,03	11,01	13	32	226,00	76,50	3	2	SI	SI	SI	ARR	0,13	-	-	-	-	-	Cresta arrotondata
SEZIONE 8	36,44		15				2		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 9	30,49		29				3		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 10	41,95	2,91	22				1		-	-	-			SI	SI	-	SI	SI	Scarpata in contropend.
SEZIONE 11	57,95		19				3		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 12	34,99	17,78	25	12	181,00	21,95			SI	SI	SI	APP	0,19	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 13	59,92	24,99	21	16	212,62	2,06			SI	SI	SI	APP	0,28	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 14	55,03	19,96	21	4	391,99	51,00			NO	SI	SI	APP	0,14	-	-	-	-	-	
SEZIONE 14	55,03		21				3		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 15	36,00	26,54	26	10	306,62	93,70			SI	SI	SI	APP	0,12	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 16	24,05	13,94	8	6	300,00	11,36			NO	SI	SI	APP	0,08	-	-	-	-	-	
SEZIONE 16	24,05	13,94	8				9		-	-	-			SI	NO	-	NO	NO	
SEZIONE 17	20,11	14,99	14	8	256,30	59,32			NO	SI	SI	APP	0,08	-	-	-	-	-	
SEZIONE 17	20,11		13				2		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 18	10,23	10,17	23	21	73,00	24,90			SI	SI	SI	ARR	0,14	-	-	-	-	-	Cresta arrotondata
SEZIONE 19	29,99	15,01	13	19	214,00	43,00			SI	SI	SI	APP	0,14	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 20	29,96	10,01	26	26	122,01	39,00			SI	SI	SI	APP	0,25	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 21 a	25,01	10,00	26	24	102,00	41,62			SI	SI	SI	ARR	0,25	-	-	-	-	-	Cresta arrotondata
SEZIONE 21 b	13,01	12,99	20	23	78,00	27,00			SI	SI	SI	ARR	0,17	-	-	-	-	-	Cresta arrotondata
SEZIONE 22	35,07		27						-	-	-			SI	SI	SI	-	SI	Scarpata ideale
SEZIONE 23	35,03	15,45	26	12	170,99	25,00			SI	SI	SI	APP	0,20	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 24	30,05	4,96	27	15	100,98	24,32			SI	NO	SI	APP	0,30	-	-	-	-	-	
SEZIONE 24	33,06	7,98	25				15		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 25	54,95	21,57	29	6	301,01	17,00			NO	SI	SI	APP	0,18	-	-	-	-	-	
SEZIONE 25	54,95	10,60	29				7		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 26	34,99	27,21	32	18	181,63	40,15			SI	SI	SI	APP	0,19	-	-	-	-	-	Cresta appuntita

**TABELLA DI VERIFICA DELLE SEZIONI DI ANALISI DI 2° LIVELLO
PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA -LONATO DEL GARDA-**

TABELLA 1

VALORI DI Fa (0,1-0,5)

	DATI DI ANALISI DELLE SEZIONI								VERIFICHE					VERIFICHE SCARPATE					
	H	h	α_1	α_2	L	l	β_1	β_2	VERIFICHE CRESTE (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011)					VERIFICHE SCARPATE (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011)					
$\alpha n \geq 10$									$h \geq 1/3H$	$\beta n \leq 10$	$l < 1/3L$ APP $l > 1/3L$ ARR	H/L	H ≥ 10	$\alpha \geq 10$	$\beta = 0$	$h < 1/3H$	$\beta \leq 1/5\alpha$		
SEZIONE 27	49,90	17,30	26	19	167,16	16,00			SI	SI	SI	APP	0,30	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 28	35,06	8,96	29				7		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 29a	50,01	16,98	19	4	434,00	22,00			NO	SI	SI	APP	0,12	-	-	-	-	-	
SEZIONE 29a	54,51	16,98	19				4		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 29b	20,00		23				3		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 30a	44,91	41,56	14	16	358,00	33,00			SI	SI	SI	APP	0,13	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 30b	24,98		32				4		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 31	49,98	40,02	17	15	341,00	33,00			SI	SI	SI	APP	0,15	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 32	20,00	20,00	15	8	240,00	33,00			NO	SI	SI	APP	0,08	-	-	-	-	-	
SEZIONE 32	20,00		15				15		-	-	-			SI	SI	-	-	NO	
SEZIONE 33	19,97	12,14	25	6	231,01	64,34			NO	SI	SI	APP	0,09	-	-	-	-	-	
SEZIONE 33	33,42	8,58	22				4		-	-	-			SI	SI	-	SI	SI	Scarpata in contropend.
SEZIONE 34	29,93	20,07	25	19	150,01	29,00			SI	SI	SI	APP	0,20	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 35	16,56	6,48	32	13	91,99	37,69			SI	SI	SI	ARR	0,18	-	-	-	-	-	Cresta arrotondata
SEZIONE 36	26,95	3,11	18				8		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 37a	27,03	2,00	23				5		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 37b	20,02	14,99	29	24	76,98	8,00			SI	SI	SI	APP	0,26	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 38	24,35	1,60	18				2		-	-	-			SI	SI	-	SI	SI	Scarpata in contropend.
SEZIONE 39	30,01	23,68	12	28	204,17	21,00			SI	SI	SI	APP	0,15	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 40	25,14	15,07	15	13	162,37	1,95			SI	SI	SI	APP	0,15	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 41	24,99	10,17	9	14	223,00	32,81			NO	SI	SI	APP	0,11	-	-	-	-	-	
SEZIONE 41	30,00	10,00	10				14		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 42	29,17	1,20	20				1		-	-	-			SI	SI	-	SI	SI	Scarpata in contropend.
SEZIONE 43	40,39	21,42	15	21	217,91	15,00			SI	SI	SI	APP	0,19	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 44	30,07	19,91	22	11	193,99	22,00			SI	SI	SI	APP	0,16	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 45	39,93	15,01	10	36	231,01	28,00			SI	SI	SI	APP	0,17	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 46	29,94	10,04	18	8	198,01	33,78			NO	SI	SI	APP	0,15	-	-	-	-	-	
SEZIONE 46	32,63	7,74	16				7		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
SEZIONE 47	30,05	19,99	9	27	255,00	34,02			NO	SI	SI	APP	0,12	-	-	-	-	-	
SEZIONE 47	33,25	23,19	9				27		-	-	-			SI	NO	-	NO	NO	
SEZIONE 48	30,00	4,00	21				3		-	-	-			SI	SI	-	SI	SI	Scarpata in contropend.
SEZIONE 49 a	25,00	20,00	12	18	219,00	38,50			SI	SI	SI	APP	0,11	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 49 b	40,40	30,30	12	15	246,63	32,22			SI	SI	SI	APP	0,16	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 50	18,50	4,50	44				1		-	-	-			SI	SI	-	SI	SI	Scarpata in contropend.
SEZIONE 51	24,98		15						-	-	-			SI	SI	SI	-	SI	Scarpata ideale
SEZIONE 52	35,18	19,90	12	13	265,98	16,00			SI	SI	SI	APP	0,13	-	-	-	-	-	Cresta appuntita

TABELLA DI VERIFICA DELLE SEZIONI DI ANALISI DI 2° LIVELLO
PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA -LONATO DEL GARDA-

TABELLA 1

VALORI DI Fa (0,1-0,5)

	DATI DI ANALISI DELLE SEZIONI								VERIFICHE					VERIFICHE SCARPATE					
	H	h	$\alpha 1$	$\alpha 2$	L	l	$\beta 1$	$\beta 2$	VERIFICHE CRESTE (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011)					VERIFICHE SCARPATE (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011)					
$\alpha n \geq 10$									$h \geq 1/3H$	$\beta n \leq 10$	$l < 1/3L$ APP - $l > 1/3L$ ARR	H/L	H ≥ 10	$\alpha \geq 10$	$\beta = 0$	$h < 1/3H$	$\beta \leq 1/5\alpha$		
SEZIONE 53	35,22	14,93	14	19	218,97	31,00			SI	SI	SI	APP	0,16	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 54 a	40,01		18						-	-	-			SI	SI	SI	-	SI	Scarpata ideale
SEZIONE 54 b	10,00		23				4		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 55	35,14	35,13	14	9	380,67	28,00			NO	SI	SI	APP	0,09	-	-	-	-	-	
SEZIONE 55	41,23	35,13	14				9		-	-	-			SI	SI	-	NO	NO	
SEZIONE 56	25,16	14,89	14	12	184,98	17,00			SI	SI	SI	APP	0,14	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 57 a	23,14	8,27	13	16	136,99	10,75			SI	SI	SI	APP	0,17	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 57 b	18,35	13,43	16	14	139,00	10,19			SI	SI	SI	APP	0,13	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 57 c	11,89	11,88	17	23	72,00	4,57			SI	SI	SI	APP	0,17	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 57 d	15,60	10,84	14	13	114,00	6,53			SI	SI	SI	APP	0,14	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 58 a	21,45	21,35	13	13	198,00	13,77			SI	SI	SI	APP	0,11	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 58 b	12,82	7,96	25	18	65,00	10,98			SI	SI	SI	APP	0,20	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 58 c	15,00		18						-	-	-			SI	SI	SI	-	SI	Scarpata ideale
SEZIONE 59	10,00		30				6		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza
SEZIONE 60	44,95	25,04	23	16	208,01	15,89			SI	SI	SI	APP	0,22	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 61	21,05	16,04	18	15	141,01	16,09			SI	SI	SI	APP	0,15	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
SEZIONE 62	21,76	11,80	8	11	242,00	27,87			NO	SI	SI	APP	0,09	-	-	-	-	-	
SEZIONE 62	21,76	11,80	8				11		-	-	-			SI	NO	-	NO	NO	
SEZIONE 63	10,00		24						-	-	-			SI	SI	SI	-	SI	Scarpata ideale
SEZIONE 64	22,11	21,92	13	13	219,00	29,95			SI	SI	SI	APP	0,10	-	-	-	-	-	Cresta appuntita

**TABELLA DI CALCOLO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO
E DI CONFRONTO CON I COEFFICIENTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA DEL D.M. 14/01/08**

TABELLA 2

		FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO (Fa)						VALORI SOGLIA (D.M. 14/01/08)			
		CRESTE APPUNTITE				CRESTE ARROTONDATE	SCARPATE		CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	
		L>350	250<L<350	150<L<250	L<150			Area di influenza Ai (m)		ST	
SEZIONE 1	Cresta appuntita				1,1					T3	1,2
SEZIONE 2	Cresta appuntita			1,1						T3	1,2
SEZIONE 3											
SEZIONE 3	Scarpata in contropend.							1,2	42,63	T2	1,2
SEZIONE 4	Cresta appuntita			1,2						T3	1,2
SEZIONE 5											
SEZIONE 5	Scarpata in contropend.							1,2	43,39	T2	1,2
SEZIONE 6	Scarpata in pendenza							1,2	15,00	T2	1,2
SEZIONE 7a	Scarpata in pendenza							1,1	11,01	T2	1,2
SEZIONE 7b	Scarpata in pendenza							1,1	11,01	T2	1,2
SEZIONE 7c	Cresta arrotondata					1,1				T3	1,2
SEZIONE 8	Scarpata in pendenza							1,2	27,33	T2	1,2
SEZIONE 9	Scarpata in pendenza							1,2	22,87	T2	1,2
SEZIONE 10	Scarpata in contropend.							1,2	27,97	T2	1,2
SEZIONE 11	Scarpata in pendenza							1,1	38,63	T2	1,2
SEZIONE 12	Cresta appuntita			1,2						T3	1,2
SEZIONE 13	Cresta appuntita			1,2						T3	1,2
SEZIONE 14											
SEZIONE 14	Scarpata in pendenza							1,2	36,69	T2	1,2
SEZIONE 15	Cresta appuntita		1,1							T3	1,2
SEZIONE 16											
SEZIONE 16											
SEZIONE 17											
SEZIONE 17	Scarpata in pendenza							1,2	15,08	T1	1,0
SEZIONE 18	Cresta arrotondata					1,1				T3	1,2
SEZIONE 19	Cresta appuntita			1,1						T3	1,2
SEZIONE 20	Cresta appuntita				1,1					T3	1,2
SEZIONE 21 a	Cresta arrotondata					1,1				T3	1,2
SEZIONE 21 b	Cresta arrotondata					1,1				T3	1,2
SEZIONE 22	Scarpata ideale							1,2	26,30	T2	1,2
SEZIONE 23	Cresta appuntita			1,2						T3	1,2
SEZIONE 24											
SEZIONE 24	Scarpata in contropend.							1,2	24,80	T2	1,2
SEZIONE 25											
SEZIONE 25	Scarpata in contropend.							1,2	36,63	T2	1,2
SEZIONE 26	Cresta appuntita			1,2						T3	1,2

**TABELLA DI CALCOLO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO
E DI CONFRONTO CON I COEFFICIENTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA DEL D.M. 14/01/08**

TABELLA 2

		FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO (Fa)						VALORI SOGLIA (D.M. 14/01/08)			
		CRESTE APPUNTITE				CRESTE ARROTONDATE	SCARPATE		CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	
		L>350	250<L<350	150<L<250	L<150			Area di influenza Ai (m)		ST	
SEZIONE 27	<i>Cresta appuntita</i>			1,2						T3	1,2
SEZIONE 28	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	26,30		T2	1,2
SEZIONE 29a											
SEZIONE 29a	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,1	36,34		T2	1,2
SEZIONE 29b	<i>Scarpata in pendenza</i>						1,2	15,00		T2	1,2
SEZIONE 30a	<i>Cresta appuntita</i>	1,1								T3	1,2
SEZIONE 30b	<i>Scarpata in pendenza</i>						1,2	18,74		T2	1,2
SEZIONE 31	<i>Cresta appuntita</i>		1,1							T3	1,2
SEZIONE 32											
SEZIONE 32											
SEZIONE 33											
SEZIONE 33	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	25,07		T2	1,2
SEZIONE 34	<i>Cresta appuntita</i>			1,2						T3	1,2
SEZIONE 35	<i>Cresta arrotondata</i>					1,1				T3	1,2
SEZIONE 36	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	20,21		T2	1,2
SEZIONE 37a	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	20,27		T2	1,2
SEZIONE 37b	<i>Cresta appuntita</i>				1,1					T3	1,2
SEZIONE 38	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	18,26		T2	1,2
SEZIONE 39	<i>Cresta appuntita</i>			1,1						T3	1,2
SEZIONE 40	<i>Cresta appuntita</i>			1,1						T3	1,2
SEZIONE 41											
SEZIONE 41	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	22,50		T1	1,0
SEZIONE 42	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	21,88		T2	1,2
SEZIONE 43	<i>Cresta appuntita</i>			1,1						T3	1,2
SEZIONE 44	<i>Cresta appuntita</i>			1,1						T3	1,2
SEZIONE 45	<i>Cresta appuntita</i>			1,1						T3	1,2
SEZIONE 46											
SEZIONE 46	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	24,47		T2	1,2
SEZIONE 47											
SEZIONE 47											
SEZIONE 48	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,2	22,50		T2	1,2
SEZIONE 49 a	<i>Cresta appuntita</i>			1,1						T3	1,2
SEZIONE 49 b	<i>Cresta appuntita</i>			1,1						T3	1,2
SEZIONE 50	<i>Scarpata in contropend.</i>						1,1	18,50		T2	1,2
SEZIONE 51	<i>Scarpata ideale</i>						1,2	18,74		T2	1,2
SEZIONE 52	<i>Cresta appuntita</i>		1,1							T3	1,2

**TABELLA DI CALCOLO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO
E DI CONFRONTO CON I COEFFICIENTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA DEL D.M. 14/01/08**

TABELLA 2

		FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO (Fa)						VALORI SOGLIA (D.M. 14/01/08)		
		CRESTE APPUNTITE				CRESTE ARROTONDATE	SCARPATE	CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	
		L>350	250<L<350	150<L<250	L<150		Area di influenza Ai (m)		ST	
SEZIONE 53	<i>Cresta appuntita</i>			1,1					T3	1,2
SEZIONE 54 a	<i>Scarpata ideale</i>						1,1	26,67	T2	1,2
SEZIONE 54 b	<i>Scarpata in pendenza</i>						1,1	10,00	T2	1,2
SEZIONE 55										
SEZIONE 55										
SEZIONE 56	<i>Cresta appuntita</i>			1,1					T3	1,2
SEZIONE 57 a	<i>Cresta appuntita</i>				1,1				T3	1,2
SEZIONE 57 b	<i>Cresta appuntita</i>				1,1				T3	1,2
SEZIONE 57 c	<i>Cresta appuntita</i>				1,1				T3	1,2
SEZIONE 57 d	<i>Cresta appuntita</i>				1,1				T3	1,2
SEZIONE 58 a	<i>Cresta appuntita</i>			1,1					T3	1,2
SEZIONE 58 b	<i>Cresta appuntita</i>				1,1				T3	1,2
SEZIONE 58 c	<i>Scarpata ideale</i>						1,1	15,00	T2	1,2
SEZIONE 59	<i>Scarpata in pendenza</i>						1,1	10,00	T2	1,2
SEZIONE 60	<i>Cresta appuntita</i>			1,2					T3	1,2
SEZIONE 61	<i>Cresta appuntita</i>				1,1				T3	1,2
SEZIONE 62										
SEZIONE 62										
SEZIONE 63	<i>Scarpata ideale</i>						1,1	10,00	T2	1,2
SEZIONE 64	<i>Cresta appuntita</i>			1,1					T3	1,2

Quando il valore Fa di sito risulta inferiore, uguale o al massimo superiore di +0,1 rispetto al coefficiente di amplificazione topografica ST, la normativa sismica prevista nelle procedure del D.M. 14/01/08 può ritenersi sufficiente

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
“INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Ciò comporta che la normativa vigente risulti sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.

8.2 EFFETTI LITOLOGICI - STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (Fa) DI SITO

Sulla base dei dati geofisici reperiti per il territorio comunale, preesistenti, nonché relativi alle linee sismiche eseguite *ad hoc* per il presente studio di microzonazione sismica (complessivamente n° 57 **stendimenti di sismica**) della loro distribuzione su tutto il territorio comunale ed in maniera congruente con gli ambiti geologici e di Pericolosità sismica riconosciuti, è stata predisposta la “**Carta di Microzonazione Sismica - Livello 2**” (scala 1:10.000).

Per quel che riguarda la valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia la procedura semplificata di 2° livello richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente dei materiali presenti nel sito
- Sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l’analisi stratigrafica del sito
- Andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s
- Spessore e velocità di ciascuno strato

Ambito Morenico – Ambito Fluvioglaciale-Alluvionale			
Criteri Regionali		ICMS	
Scenari di PSL Z4a, Z4b, Z4c		Zone stabili di amplificazioni locali	suscettibili di litologiche

I parametri richiesti sono stati così definiti:

A -Parametri litologici e stratigrafici – modello geofisico e geotecnico

La litologia prevalente dei materiali presenti e la stratigrafia dei terreni nei siti di analisi sono state ricostruite mediante tutti i dati geotecnici raccolti (vedi Cap.4 e “Carta delle Indagini”) che comprendono sia sondaggi/prove geotecniche che stratigrafie di pozzi con un grado di attendibilità rispettivamente alto e medio. Per maggiori dettagli inerenti le caratteristiche litologiche e geotecniche si rimanda in ogni caso ai relativi capitoli (Cap.5).

Le sezioni geologiche e quindi il modello geofisico-geotecnico possono essere esemplificate dalle “Sezioni litotecniche” elaborate per il presente studio (All. 2).



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
“INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)*

B -Modello Geofisico - Metodi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismostratigrafici

L'andamento delle onde Vs lungo la verticale, è stato determinato mediante l'esecuzione *ad hoc* di **n° 5 stendimenti di sismica multicanale con registrazione delle onde superficiali ed analisi dei dati con metodologia MASW.**

Gli stendimenti sismici di nuova realizzazione sono stati ubicati in modo da caratterizzare tutti gli ambiti di interesse e da integrare quelli esistenti al fine di coprire in maniera più possibile omogenea il territorio comunale e gli ambiti di maggiore interesse ai fini della pianificazione/espansione urbanistica e della prevenzione civile.

Nell'**All. 3 “Dati Sismostratigrafici – Nuove Acquisizioni”** vengono riportati le procedure ed i risultati relativi a tutti i nuovi stendimenti sismici predisposti in comune di Lonato del Garda, nonché estesi cenni metodologici rispetto alle tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici.

Sono stati altresì utilizzati **n. 52 stendimenti sismici** acquisiti nel territorio comunale, reperiti nella fase di raccolta dati (vedi Cap. 4 e “Carta delle Indagini” e relativo *database*), distribuiti sull'intero territorio lonatese.

C - Stima degli effetti litologici e del relativo Fattore Fa di amplificazione di sito.

Tenuto conto del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico e dei relativi parametri, definiti secondo quanto specificato ai precedenti punti A e B, possono essere applicate le procedure finali dell'All.5 della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 per la **stima degli effetti litologici e del relativo Fattore Fa di amplificazione di sito.**

Sono stati esaminati tutti gli scenari di Pericolosità Sismica Locale, funzione della litologia, individuati per il territorio comunale per i quali sono stati reperiti/acquisiti i dati di sismica multicanale.

Si è proceduto a definire in primo luogo la categoria di sottosuolo attribuibile a ciascun sito, tenendo conto della normativa vigente (D.M. 14/01/08).

I terreni possono essere classificati, sulla base dei dati geotecnici e sismostratigrafici e secondo le tabelle allegate al D.M. 14/01/08 per la maggior parte entro la **categoria di suolo B (52 linee)** e subordinatamente entro la **categoria di sottosuolo C (5 linee)**.

In accordo con la procedura, per i siti esaminati, la successione stratigrafica di riferimento e lo spessore e la velocità di ciascuno strato, come definiti mediante le linee sismiche, sono stati riportati nelle **“Schede di Stima degli Effetti Litologici”** (vedi All. 4 **“Schede di verifica dell'Amplificazione Litologica ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011)**.

Il primo passo della procedura prevede la definizione della scheda di valutazione (All. 5 D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011) più idonea alla stima degli effetti litologici. Per l'elaborazione dei dati sono state prescelte le schede normative tenendo conto in via prioritaria delle



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

descrizioni litologiche solo se compatibili con i campi di validità riportati nei diagrammi Z-Vs (secondo quanto indicato in proposito dagli Enti Competenti e dalla normativa).

Il passo successivo permette la definizione della curva caratteristica da utilizzare per la stima del valore di Fa di sito. La profondità del primo strato o del primo strato equivalente (spessore > 4 m) e la relativa velocità Vs, definiscono la curva caratteristica da utilizzare ai fini dei calcoli.

E' stato quindi calcolato il valore del periodo del sito (T), riportato nelle schede in allegato e sotto riassunto in tabella, ottenuto considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore è uguale o superiore a 800 m/sec ed utilizzando la formula riportata nell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011.

Si è quindi proceduto alla stima del fattore di amplificazione di sito (Fa di sito); i valori ottenuti sono di seguito riassunti:

Cod. Archivio MOPS	Cod. Archivio precedente	Località	Vs ₃₀	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Unità litologica
017092L14	D15	San Polo	564	LA1	B	1,3	1,1	c
017092L38	Linea 9 PGT	Sedena	511	G	B	1,4	1,1	c
017092L7	D6	Palazzina	376	LA2	B	1,8	1,4	c
017092L47	R92/2014	Lido di Lonato-SUAP	385	LS2	B	1,8	1,3	l2
017092L41	Linea 12 PGT	Scuole Medie	600	G	B	1,2	1,0	Us3
017092L52	Linea 13 PGT	Scuole Medie	535	G	B	1,3	1,1	Us3
017092L28	R122/11	Sedena	537	LA2	B	1,4	1,2	Us2
017092L3	D2	Via Cerutti	597	G	B	1,2	1,0	Uslf1
017092L43	Linea 15 PGT	Corlo (L1 di monte)	704	LS1	B	1,2	1,1	Uslf1
017092L17	R22/10	Barcuzzi	526	LA1	B	1,4	1,1	Uslf1
017092L22	R54/12	Barcuzzi Via s.Anna	542	LA1	B	1,4	1,1	Uslf1
017092L42	Linea 14 PGT	Corlo (L2-di valle)	653	LS1	B	1,4	1,1	Uslf1
017092L45	Linea 17 PGT	Tiracollo	542	LA1	B	1,4	1,2	Uslf1
017092L12	D12	Fornaci S. Cipriano	599	LS2	B	1,5	1,1	Uslf1
017092L13	D14	Malocco Sopra	509	LA2	B	1,5	1,2	Uslf1
017092L4	D3	Malocco Sotto	571	LA1	B	1,5	1,1	Uslf1
017092L16	R7/10	Castel Venzago	498	LA2	B	1,6	1,2	Uslf1
017092L18	R28/11	Via Lavagnone	475	LA2	B	1,6	1,3	Uslf1
017092L1	D13	Madonna della Scoperta	536	LA2	B	1,6	1,2	Uslf1

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Cod. Archivio MOPS	Cod. Archivio precedente	Località	V _{s30}	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Unità litologica
017092L19	R30TER/11	San Tomaso	450	LA1	B	1,7	1,1	Uslf2
017092L2	D1	Basia	312	LS2	C	2,1	1,3	Uslf2
017092L30	Linea 1 PGT	Panizze	299	LS2	C	2,1	1,4	Uslf2
017092L36	Linea 7 PGT	Monte Forca	407	LS2	B	2,1	1,4	Uslf2
017092L8	D7	Civetta	363	LA1	B	2,2	1,3	Uslf2
017092L57	Linea 5 MOPS	Madonna Scoperta	268	LS2	C	2,4	1,4	Uslf2
017092L56	Linea 4 MOPS	Ombrellone	665	LS1	B	1,3	1,1	Uslf3
017092L24	R70/09	Sedena	433	LS1	B	1,4	1,2	Uslf3
017092L9	D8	Piena	507	LS1	B	1,4	1,2	Uslf3
017092L46	Linea 18 PGT	Barcuzzi	480	LS1	B	1,5	1,2	Uslf3
017092L54	Linea 2 MOPS	Predeschera	567	LS1	B	1,5	1,3	Uslf3
017092L21	R52/13	Via Fonte del Fabbro	460	LS1	B	1,6	1,2	Uslf3
017092L25	R88/09	Pré	576	LS2	B	1,6	1,1	Uslf3
017092L40	Linea 11 PGT	Scuole Elementari	472	LA1	B	1,6	1,1	Uslf3
017092L15	R4/10	Recciago	514	LA2	B	1,6	1,2	Uslf3
017092L53	Linea 1 MOPS	San Martino	469	LS2	B	1,8	1,3	Uslf3
017092L26	R92/10	Stoppini	382	LS1	B	2,1	1,3	Uslf3
017092L37	Linea 8 PGT	Croce di Venzago	644	G	B	1,2	1,0	Uslf4
017092L6	D5	Via Cerutti	609	G	B	1,2	1,0	Uslf4
017092L33	Linea 4 PGT	Lazzaretto	552	LS1	B	1,4	1,1	Uslf4
017092L35	Linea 6 PGT	Tiracollo	508	LS1	B	1,4	1,2	Uslf4
017092L55	Linea 3 MOPS	Scalera	510	LS1	B	1,4	1,2	Uslf4
017092L10	D9	San Tomaso	622	LA2	B	1,5	1,2	Uslf4
017092L29	D11	C.na Slossaroli	495	LA2	B	1,6	1,2	Uslf4
017092L48	R71/2014	Via Mancino	558	LS2	B	1,6	1,1	Uslf4
017092L11	D10	Lazzaretto	462	LA2	B	1,7	1,3	Uslf4
017092L32	Linea 3 PGT	Case Nuove	404	LS2	B	1,8	1,3	Uslf4
017092L49	R77/12	Campagnoli Valli	384	LS2	B	1,8	1,3	Uslf4
017092L34	Linea 5 PGT	Fonte del Fabbro	334	LS2	C	2,2	1,2	Uslf4
017092L27	R104/11	Faustinella	270	LS2	C	2,4	1,3	Uslf4

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
“INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)**

Cod. Archivio MOPS	Cod. Archivio precedente	Località	V _{S30}	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Unità litologica
017092L23	R64/10	Campagna	611	G	B	1,3	1,1	Uslf5
017092L5	D4	Garda Latte	493	S	B	1,4	1,3	Uslf5
017092L20	R43/10	Pilastroni	387	S	B	1,7	1,3	Uslf5
017092L50	G77/2008	Molini	665	G	B	1,2	1,0	Uslf5
017092L31	Linea 2 PGT	Via Salera	498	S	B	1,5	1,1	Uslf5
017092L51	G78/2008	Molini	574	G	B	1,3	1,0	Uslf5
017092L39	Linea 10 PGT	Centro Sportivo	491	S	B	1,4	1,4	Uslf5
017092L44	Linea 16 PGT	Rassica	502	S	B	1,4	1,4	Uslf5

Tenendo conto delle considerazioni sopraelencate i dati elaborati rispetto ai siti-campione sono stati estesi agli ambiti con caratteristiche geologico-geotecniche-geofisiche omologhe e sono stati proiettati nella “Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2”.



**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

D - Confronto tra Fa di amplificazione di sito ed Fa di soglia comunale.

Infine, in adempimento alla normativa regionale, è stato eseguito il confronto tra i valori di Fa di sito ed i valori Fa di soglia comunale, definiti dalla D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 per le diverse categorie di sottosuolo.

Cod. Archivio MOPS	Cod. Archivio precedente	V ₅₃₀	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Fa Soglia 0,1-0,5	Fa Soglia 0,5-1,5	Cat. Sott. All.5 - DGR 9/2216	Unità litologica
017092L14	D15	564	LA1	B	1,3	1,1	1,5	1,7	B	c
017092L38	Linea 9 PGT	511	G	B	1,4	1,1	1,5	1,7	B	c
017092L7	D6	376	LA2	B	1,8	1,4	1,5	1,7	C	c
017092L47	R92/2014	385	LS2	B	1,8	1,3	1,5	1,7	C	I2
017092L41	Linea 12 PGT	600	G	B	1,2	1,0	1,5	1,7	B	Us3
017092L52	Linea 13 PGT	535	G	B	1,3	1,1	1,5	1,7	B	Us3
017092L28	R122/11	537	LA2	B	1,4	1,2	1,5	1,7	B	Us2
017092L3	D2	597	G	B	1,2	1,0	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L43	Linea 15 PGT	704	LS1	B	1,2	1,1	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L17	R22/10	526	LA1	B	1,4	1,1	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L22	R54/12	542	LA1	B	1,4	1,1	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L42	Linea 14 PGT	653	LS1	B	1,4	1,1	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L45	Linea 17 PGT	542	LA1	B	1,4	1,2	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L12	D12	599	LS2	B	1,5	1,1	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L13	D14	509	LA2	B	1,5	1,2	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L4	D3	571	LA1	B	1,5	1,1	1,5	1,7	B	Us1f1
017092L16	R7/10	498	LA2	B	1,6	1,2	1,5	1,7	B*	Us1f1
017092L18	R28/11	475	LA2	B	1,6	1,3	1,5	1,7	B*	Us1f1
017092L1	D13	536	LA2	B	1,6	1,2	1,5	1,7	B*	Us1f1
017092L19	R30TER/11	450	LA1	B	1,7	1,1	1,5	1,7	C	Us1f2
017092L2	D1	312	LS2	C	2,1	1,3	1,8	2,4	D	Us1f2
017092L30	Linea 1 PGT	299	LS2	C	2,1	1,4	1,8	2,4	D	Us1f2
017092L36	Linea 7 PGT	407	LS2	B	2,1	1,4	1,5	1,7	D	Us1f2
017092L8	D7	363	LA1	B	2,2	1,3	1,5	1,7	D	Us1f2
017092L57	Linea 5 MOPS	268	LS2	C	2,4	1,4	1,8	2,4	D	Us1f2

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Cod. Archivio MOPS	Cod. Archivio precedente	V _{S30}	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Fa Soglia 0,1-0,5	Fa Soglia 0,5-1,5	Cat. Sott. All.5 - DGR 9/2216	Unità litologica
017092L56	Linea 4 MOPS	665	LS1	B	1,3	1,1	1,5	1,7	B	Uslf3
017092L24	R70/09	433	LS1	B	1,4	1,2	1,5	1,7	B	Uslf3
017092L9	D8	507	LS1	B	1,4	1,2	1,5	1,7	B	Uslf3
017092L46	Linea 18 PGT	480	LS1	B	1,5	1,2	1,5	1,7	B	Uslf3
017092L54	Linea 2 MOPS	567	LS1	B	1,5	1,3	1,5	1,7	B	Uslf3
017092L21	R52/13	460	LS1	B	1,6	1,2	1,5	1,7	B*	Uslf3
017092L25	R88/09	576	LS2	B	1,6	1,1	1,5	1,7	B*	Uslf3
017092L40	Linea 11 PGT	472	LA1	B	1,6	1,1	1,5	1,7	B*	Uslf3
017092L15	R4/10	514	LA2	B	1,6	1,2	1,5	1,7	B*	Uslf3
017092L53	Linea 1 MOPS	469	LS2	B	1,8	1,3	1,5	1,7	C	Uslf3
017092L26	R92/10	382	LS1	B	2,1	1,3	1,5	1,7	D	Uslf3
017092L37	Linea 8 PGT	644	G	B	1,2	1,0	1,5	1,7	B	Uslf4
017092L6	D5	609	G	B	1,2	1,0	1,5	1,7	B	Uslf4
017092L33	Linea 4 PGT	552	LS1	B	1,4	1,1	1,5	1,7	B	Uslf4
017092L35	Linea 6 PGT	508	LS1	B	1,4	1,2	1,5	1,7	B	Uslf4
017092L55	Linea 3 MOPS	510	LS1	B	1,4	1,2	1,5	1,7	B	Uslf4
017092L10	D9	622	LA2	B	1,5	1,2	1,5	1,7	B	Uslf4
017092L29	D11	495	LA2	B	1,6	1,2	1,5	1,7	B*	Uslf4
017092L48	R71/2014	558	LS2	B	1,6	1,1	1,5	1,7	B*	Uslf4
017092L11	D10	462	LA2	B	1,7	1,3	1,5	1,7	C	Uslf4
017092L32	Linea 3 PGT	404	LS2	B	1,8	1,3	1,5	1,7	C	Uslf4
017092L49	R77/12	384	LS2	B	1,8	1,3	1,5	1,7	C	Uslf4
017092L34	Linea 5 PGT	334	LS2	C	2,2	1,2	1,8	2,4	D	Uslf4
017092L27	R104/11	270	LS2	C	2,4	1,3	1,8	2,4	D	Uslf4

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)**

Cod. Archivio MOPS	Cod. Archivio precedente	V _{S30}	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Fa Soglia 0,1-0,5	Fa Soglia 0,5-1,5	Cat. Sott. All.5 - DGR 9/2216	Unità litologica
017092L23	R64/10	611	G	B	1,3	1,1	1,5	1,7	B	Uslf5
017092L5	D4	493	S	B	1,4	1,3	1,5	1,7	B	Uslf5
017092L20	R43/10	387	S	B	1,7	1,3	1,5	1,7	C	Uslf5
017092L50	G77/2008	665	G	B	1,2	1,0	1,5	1,7	B	Uslf5
017092L31	Linea 2 PGT	498	S	B	1,5	1,1	1,5	1,7	B	Uslf5
017092L51	G78/2008	574	G	B	1,3	1,0	1,5	1,7	B	Uslf5
017092L39	Linea 10 PGT	491	S	B	1,4	1,4	1,5	1,7	B	Uslf5
017092L44	Linea 16 PGT	502	S	B	1,4	1,4	1,5	1,7	B	Uslf5

In relazione a quanto previsto nel par. 2.2.2. dell'All. 5 alla D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 il confronto tra i valori di Fa di sito ottenuti e i valori di Fa di soglia comunale va effettuato considerando una variabilità di +0.1 (categorie di sottosuolo confermate con *).

Analizzando i risultati dei siti indagati rispetto a questa tematica si evidenzia:

- Per **periodo degli edifici pari 0,5 s-1,5 s** sono stati stimati valori di Fa di sito sempre inferiori a quelli soglia. L'utilizzo dei parametri sismici della normativa vigente è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica
- Per **periodi degli edifici pari a 0,1 s-0,5 s**
 - ✓ Per numerose linee (vedi tabella soprariportata) sono stati stimati **valori di Fa di sito superiori a quelli soglia per la categoria di sottosuolo definita** (categoria B o C); **L'utilizzo dei parametri sismici della normativa vigente è quindi localmente insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.** **I valori di Fa di sito rientrano nella soglia normativa utilizzando la categoria di sottosuolo immediatamente più cautelativa o talora due gradi più cautelativa. Tali categorie sono state indicate in rosso nella colonna terminale della tabella.**
 - ✓ Per le restanti linee sismiche sono stati stimati valori di Fa di sito sempre inferiori a quelli soglia. **La normativa sismica è in questi casi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.** **Tali categorie sono state riportate in neretto o asteriscato (in caso di compatibilità ±0.1) nella colonna terminale della tabella.**

In relazione ai risultati ottenuti si ritiene che possa essere consigliabile una revisione delle normative sismiche e della Carta di Fattibilità del PGT vigente.

*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

8.3 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO 2

Sulla base dei risultati cui si è pervenuti mediante le elaborazioni descritte ai paragrafi precedenti sono stati definiti i fattori di amplificazione (F_x) da riportare nella "Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2"; in essa si fa riferimento alla **tipologia di edifici con periodo T compreso tra 0.1 s e 0.5 s**. Il fattore di amplificazione a cui si fa riferimento viene definito " F_x " in quanto stimato non con la metodologia ICMS, ma applicando i criteri regionali (D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 - All. 5)

Sono state distinte aree con valori di F_x , o intervalli di valori di F_t , omogenei ed in ottemperanza a quanto previsto dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica" aggiornati in data *Ottobre 2013* (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - Versione 3.0).

Si sottolinea come non sia stato riportato il valore riferito alle fasce di amplificazione topografica in armonia con quanto richiesto dal 2° livello degli ICMS nonché in funzione dei valori riscontrati, sempre inferiori a quelli derivanti dall'amplificazione litologica.

Si sottolinea inoltre come anche l'applicazione del 2° livello di amplificazione topografica ai sensi dei Criteri Regionali, risulti ampliamento eseguito ai fini conoscitivi e cautelativi in quanto esso avviene in assenza di substrato roccioso affiorante.

Per quanto concerne l'andamento delle aree di amplificazione litologica è stato utilizzato un criterio "geologico"; i limiti sono stati infatti tracciati tenendo conto delle indagini sismiche ma seguendo gli andamenti degli ambiti geologico-geotecnici riconosciuti sul territorio.



*STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)*

9 CONCLUSIONI

La presente relazione illustra i risultati di uno studio sperimentale redatto ai sensi degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica (2008) su tutto il territorio del Comune di Lonato del Garda.

Lo studio ha comportato la raccolta e la catalogazione di un elevato numero di dati di carattere geologico, geotecnico, geomorfologico e idrogeologico.

Tali dati hanno consentito di ricostruire l'assetto geologico del territorio con particolare attenzione verso quegli elementi litologici e morfologici specificatamente sensibili in termini di amplificazione locale degli effetti di un sisma.

Successivamente, applicando le procedure sperimentali previste dagli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica (2008) e dai Criteri Regionali (D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011), è stato possibile valutare, qualitativamente e semi-quantitativamente, i fenomeni di amplificazione sismica locali che costituiscono il quadro della Microzonazione Sismica.

La "Carta della Microzonazione sismica - Livello 2" evidenzia le porzioni di territorio caratterizzate da maggiori criticità in prospettiva sismica attraverso la rappresentazione di fattori di amplificazione che gli elementi locali, sia litologici, sia morfologici, producono rispetto ad una sismicità di base attesa.

L'analisi della componente sismica del territorio mediante l'applicazione della metodologia della normativa regionale alla luce dei numerosi dati raccolti ha evidenziato la necessità di procedere ad una revisione della Carta di Pericolosità di 1° Livello predisposta ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011. Inoltre i risultati inerenti i fattori di amplificazione di sito, litologica e topografica, hanno evidenziato frequenti ambiti in cui la normativa nazionale non risulta sufficientemente cautelativa.

Si ritiene pertanto che possa essere consigliabile l'adozione della "Carta di Pericolosità Sismica Locale – 1° livello ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011", come definita nel presente studio di microzonazione sismica nonché una sostanziale revisione delle Normative Sismiche e della retinatura di pericolosità sismica della Carta di Fattibilità del PGT.

Padenghe sul Garda, 18 Agosto 2015

Dott. Geol. Rosanna Lentini

Dott. Geol. Damiano Scalvini





***STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LONATO DEL GARDA SECONDO GLI
"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)***

**Schede Faglie Attive e Capaci
data base di ISPRA - cartografia Progetto ITHAKA**



GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Sirmione - Garda
FAULT CODE	71001
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Sirmione - Garda
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	230
DIP	0
LENGTH (Km)	18
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Holocene generic (<10,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	1
MAX CREDIBLE SLIP (m)	10000
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
71001	CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
71001	BARONI C. (1985)	Note sulla paleogeografia della costa occidentale del lago di Garda	Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 49-61	1985

71001	BONI P. & PELOSO G.F. (1982)	Dati sulla Neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia" e di parte dei fogli 25 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"	CNR (1982) - Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl.506 P.F. Geodinamica, 189-208	1982
71001	CARTON A. & CASTALDINI D. (1985)	Approfondimenti di morfoneotettonica tra il lago di Garda ed il torrente Alpone (provincia di Verona)	Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 12, 461-491	1985
71001	CAVALLIN A., OROMBELLI G. & SAURO U. (1988c)	Studio neotettonico del settore centro-meridionale del "Fascio Giudicariense"	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazione di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia. II	1988
71001	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
71001	AA.VV.	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
71001	PANIZZA M., BOLLETTINARI G., CARTON A. & CASTALDINI D. (1988a)	Studio neotettonico del Sistema Verona - Brescia	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazioni di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia, 1	1988

71001	PANIZZA M., SLEJKO D., BARTOLOMEI G., CARTON A., CASTALDINI D., DEMARTIN M., NICOLICH R., SAURO U., SEMENZA E. & SORBINI L. (1981)	Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda ed il Monte Grappa	Rend. Soc. Geol. It., 3, 587-603	1981
71001	SAURO U. (1979a)	Dati preliminari sulla neotettonica del foglio 48 (Peschiera)	CNR (1979) - Nuovi contributi alla Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 513 P.F. Geodinamica, Pubbl. 251, 261-272	1979
71001	SERVA L. (1990)	Il ruolo delle Scienze della Terra nelle analisi di sicurezza di un sito per alcune tipologie di impianti industriali: il terremoto di riferimento per il sito di Viadana (MN).	Boll. Soc. Geol. It., 109, 375-411	1990
71001	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
71001	ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982)	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Soc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Gomito del Garda
FAULT CODE	90100
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Gomito del Garda
RANK	
AVERAGE STRIKE	250
DIP	0
LENGTH (Km)	60
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
90100	SERVA L. (1990)	Il ruolo delle Scienze della Terra nelle analisi di sicurezza di un sito per alcune tipologie di impianti industriali: il terremoto di riferimento per il sito di Viadana (MN).	Boll. Soc. Geol. It., 109, 375-411	1990