
Provincia di Brescia

Comune di Limone sul Garda

Piano di Governo del Territorio
del comune di Limone sul Garda

Relazione Geologica Generale

(ai sensi della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 e
n° 8/7374 del 28 maggio 08)

Studio a cura di:

Dott.ssa Loredana Zecchini - Geologo

Settembre, 2008

Aggiornamento settembre 2010

Studio di Geologia

25077 Rõ Volciano - Via Puccini, 2b Rõe Volciano (Bs) - Tel./ Fax 0365 79 10 70 - 0347-5747290
P.IVA 02 790490987

INDICE

1. Premessa	4
2. Climatologia	9
Temperature	9
Precipitazioni	11
3. Inquadramento generale e geologico strutturale	19
4. Geologia e stratigrafia generale	23
5. Idrografia superficiale con elementi di morfometria	29
6. Geomorfologia	44
7. Inquadramento idrogeologico	53
8. Carta Litotecnica	57
9. Carta di Sintesi della Pericolosità geologica	65
10. Carta della Pericolosità sismica	68
11. Indagini di sismica passiva	71
12. Amplificazione Sismica locale	94
13. Quadro dei vincoli normativi	97
14. Carta di Fattibilità delle azioni di piano	110

ALLEGATI CARTOGRAFICI E DI CALCOLO

➤ Carta Geologica Generale (Tav. 01)	1: 5 000
➤ Carta Geomorfologica (Tav. 02)	1: 5 000
➤ Carta Idrogeologica (Tav. 03)	1: 5 000
➤ Carta litotecnica (Tav. 04)	1: 5 000
➤ Carta dei Vincoli esistenti (Tav. 05)	1: 5 000
➤ Carta di sintesi della pericolosità geologica (Tav. 06)	1: 2.000
➤ Carta di pericolosità sismica (Tav. 07)	1: 5 000
➤ Carta di fattibilità e delle azioni di piano (Tav. 08)	1: 5 000
	1: 2.000

- Amplificazione sismica locale – schede effetti morfologici
- Amplificazione sismica locale – schede effetti litologici

Roè Volciano, 30 settembre 2008

1. Premessa

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Limone sul Garda si è eseguito lo studio geologico riguardante il territorio comunale ai fini della stesura del Piano di Governo del Territorio, svolto in ottemperanza e secondo le direttive della D.G.R. n° 8/1566 del 22 dicembre 2005 e successivi aggiornamenti, Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r.11 marzo 2005, n°12.

Principali normative di riferimento, in materia geologica geotecnica, idrologica e sismica:

- *Norme tecniche per le costruzioni (ex D.M. 14/09/2005 – D.M. 14/01/2008);*
- *Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni;*
- *D.M. LL.PP. 11.03.1988 e successive istruzioni applicative "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*
- *LEGGE REGIONALE del 12 dicembre 2003 n. 26 "Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche";*
- *Decreto legislativo 3 aprile 2006, n°152 – Norme in materia ambientale;*
- *Regolamento regionale 24 marzo 2006, n°2, Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione all'art.52 comma 1, lettera c, della legge regionale 12 dicembre 2003, n.26;*

- *Regolamento regionale 24 marzo 2006, n°3, Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie, in attuazione dell'art.52 comma 1, lettera a, della legge regionale 12 dicembre 2003, n.26;*
- *Regolamento regionale 24 marzo 2006, n°4, Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art.52 comma 1, lettera a, della legge regionale 12 dicembre 2003, n.26;*
- *D.g.r. 10 aprile 2003 – n°7/12693 – Decreto legislativo 11 maggio 1999, 152 e successive modifiche, art. 21, comma 5 – Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano;*

Il lavoro si è articolato secondo differenti fasi generali:

- - ricerca storica e bibliografica;
- - approfondimento e integrazione;
- - analisi e valutazione degli effetti sismici di sito - fase di acquisizione ed analisi strumentale- microzonazione sismica del territorio;
- - valutazione e proposta di zonazione del territorio in funzione del grado di pericolosità geologica-geomorfologica, idrogeologica e sismica.

Struttura dello studio

Fase 1 - Analisi e rielaborazione critica della documentazione cartografica e tecnica a disposizione

La prima fase del lavoro è consistita nella raccolta di documentazione tecnica inerente il territorio comunale mediante la consultazione dei seguenti elaborati cartografici e pubblicazioni specialistiche:

- Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico del Garda - Sergio Venzo 1957;
- Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico frontale del Garda dal Chiese all'Adige - Sergio Venzo 1965;
- Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della regione Lombardia - *Direzione Generale Territorio e Urbanistica - Struttura Rischi idrogeologici, consultazione Sistemi informativi tematici - GEOIFFI;*
- Piano per l'Assetto Idrogeologico - *Autorità di Bacino del Fiume Po;*
- Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo (1891-1990) - *Regione Lombardia - Direzione Generale Territorio ed Edilizia Residenziale;*
- *Clima di Salò - Microclima del Lago di Garda 1884-2006;*
- Carta tettonica delle Alpi Meridionali - *CNR - Progetto finalizzato geodinamica;*
- Documentazione tecnica inerente problematiche e dissesti idrogeologici di competenza dell'Amministrazione Comunale
- Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brescia
- I suoli dell'area morenica gardesana settore bresciano - Progetto carta pedologica - Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia;

L'acquisizione della documentazione tecnica a disposizione e la collaborazione dell'Ufficio tecnico comunale hanno consentito la ricostruzione cronologica degli eventi occorsi e l'approfondimento della conoscenza del territorio.

Fase 2 - *Approfondimento e integrazione dei dati contenuti nella documentazione acquisita.*

Si è proceduto quindi secondo uno schema articolato come segue:

- Rilevamento geomorfologico volto all'individuazione e all'analisi dei differenti fenomeni geomorfici agenti sul territorio;
- Stesura delle carte tematiche di inquadramento alla scala 1: 5.000 (Carta Geologica Generale, Carta della dinamica geomorfologica, Carta idrogeologica e Carta Litotecnica con elementi geologico applicativi);
- Acquisizione dello Studio del reticolo Idrico Minore del territorio comunale organizzato in n°6 carte tematiche: carta di inquadramento (Zona N e Zona S), Carta del reticolo idrico minore, Carta delle fasce di rispetto idraulico alla scala 1:5.000, su base catastale;
- Rilevamento geologico-tecnico di dettaglio alla scala 1:2.000 delle aree urbanizzate e di un intorno significativo delle stesse;
- Analisi ortofoto aeree disponibili del territorio comunale;
- Raccolta dati tecnici (presso Enti pubblici e privati) e sopralluoghi in campagna relativamente ai punti di captazione delle acque sotterranee a scopo idropotabile;
- Stesura relazione geologica generale;

Fase 3 - *analisi e valutazione degli effetti sismici di sito - acquisizione ed analisi strumentale - microzonazione sismica del territorio comunale.*

- *Analisi di 1° livello - approccio qualitativo mediante applicazione di un metodo empirico basato sull'osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti; permette l'individuazione, sulla base di tutti i dati a disposizione, delle zone (scenari di rischio sismico) ove i diversi effetti sopraccitati siano omogeneamente prevedibili - redazione della **Carta di pericolosità sismica locale** su tutto il territorio comunale alla scala 1: 5.000.*
- Esecuzione di indagini geofisiche di sismica passiva in array e a stazione singola, con array digitale a 16 canali (*SoilSpy Rosina*, Micromed spa) e un

tromografo (*Tromino*[®], Micromed spa), dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, ai fini della misura del periodo proprio e stima delle velocità sismiche di alcuni siti (alcuni scenari di rischio sismico individuati nella fase precedente) ai fini della valutazione semiquantitativa del coefficiente di amplificazione sismica locale (Fa);

- Analisi di 2° livello approccio semiquantitativo - permette la caratterizzazione degli effetti di amplificazione sismica attesi al sito, con individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione Z3 e Z4, la presenza di eventuali aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a tenere in considerazione gli effetti dell'amplificazione sismica; redazione della **Carta di amplificazione sismica** alla scala 1:2.000 relativa agli ambiti urbanizzati;

Fase 4 – Valutazione e proposta finale

Nella fase finale si è giunti alla:

- Redazione della **Carta dei vincoli** (vincolo di polizia idraulica e PAI, ex L.267/98);
- Redazione della cartografia di **Sintesi della pericolosità geologica** (scala 1:5.000) rappresentante le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologica, geomorfologia ed idraulica;
- Redazione della Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano, a scala 1:2.000 (porzione urbanizzata e zone contermini e 1:5.000 coprente tutto il territorio comunale (utilizzando come base la Carta Tecnica Regionale), in cui il territorio comunale viene classificato secondo 4 classi di fattibilità. Tale elaborato tecnico-cartografico costituisce lo strumento finale per la pianificazione territoriale del comune e rappresenta il risultato conclusivo globale dello studio geologico in oggetto.

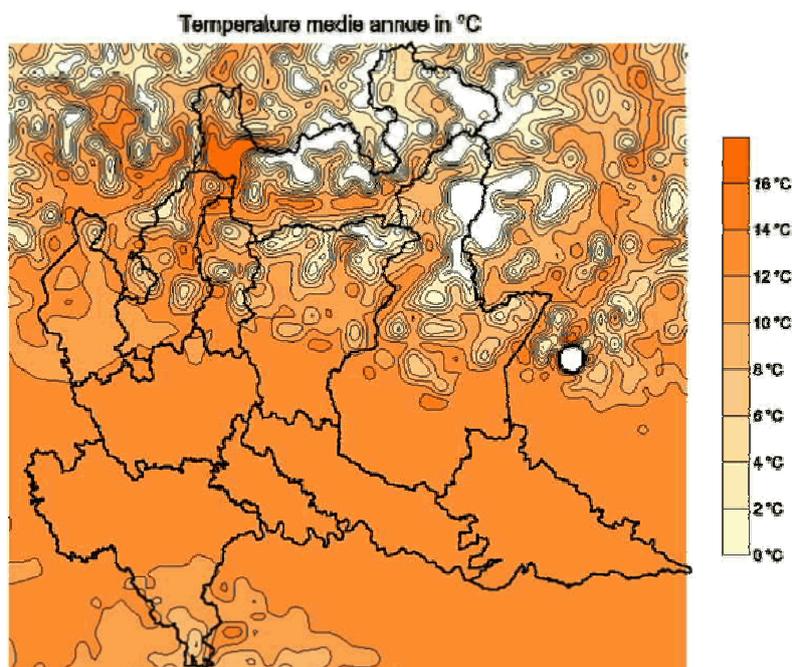
2. Climatologia

Il comprensorio comunale di Limone si colloca in un'area condizionata a grande scala da una complessa orografia che determina una spiccata variabilità delle diverse componenti atmosferiche quali l'altitudine, esposizione dei versanti ed i rapporti sussistenti tra correnti aeree di diversa provenienza.

In particolare, la presenza del gruppo dell'Adamello a nord, in cui vengono convogliate le perturbazioni provenienti dalla Valtellina, e del lago di Garda a sud-est, portano nelle area allo sviluppo di due diversi tipi di mesoclima, uno insubrico, caratteristico della regione dei laghi, ed uno di tipo alpino.

Temperature

Nella figura seguente (tratta da Climi e Suoli lombardi, Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia, ERSAL) si riporta la carta delle isoterme medie annuali nell'area di interesse.

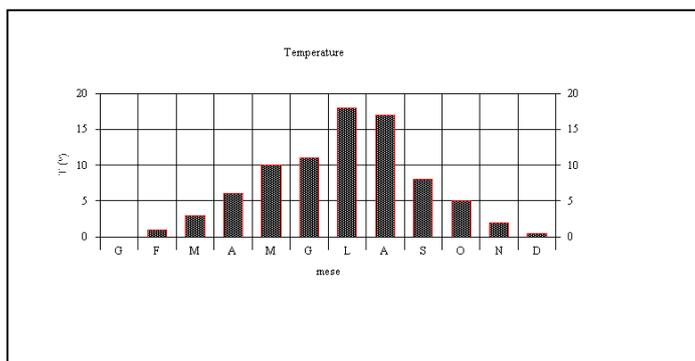


L'isoterma dei 12°C, delimita l'area pedemontana a mesoclima insubrico, propria a tutto il centro sud del lago di Garda, mentre il settore Nord occidentale del comune di Limone , ricade nell'isoterma dei 6°C., propria di un mesoclima alpino.

In questa fascia di clima, il mese mediamente più freddo risulta essere gennaio e quello più caldo luglio, con un tipico effetto di sfasamento dei minimi e massimi della radiazione solare.

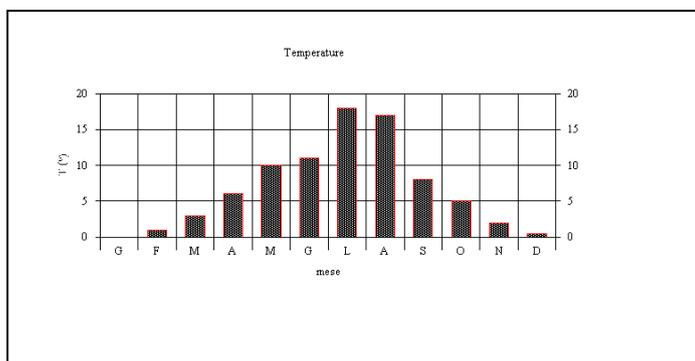
Valori tipici delle temperature della fascia a mesoclima alpino sono:

mese	T (°C)
gennaio	0
febbraio	1
marzo	3
aprile	6
maggio	10
giugno	11
luglio	18
agosto	17
settembre	8
ottobre	5
novembre	2
dicembre	1
Media annuale	6,7



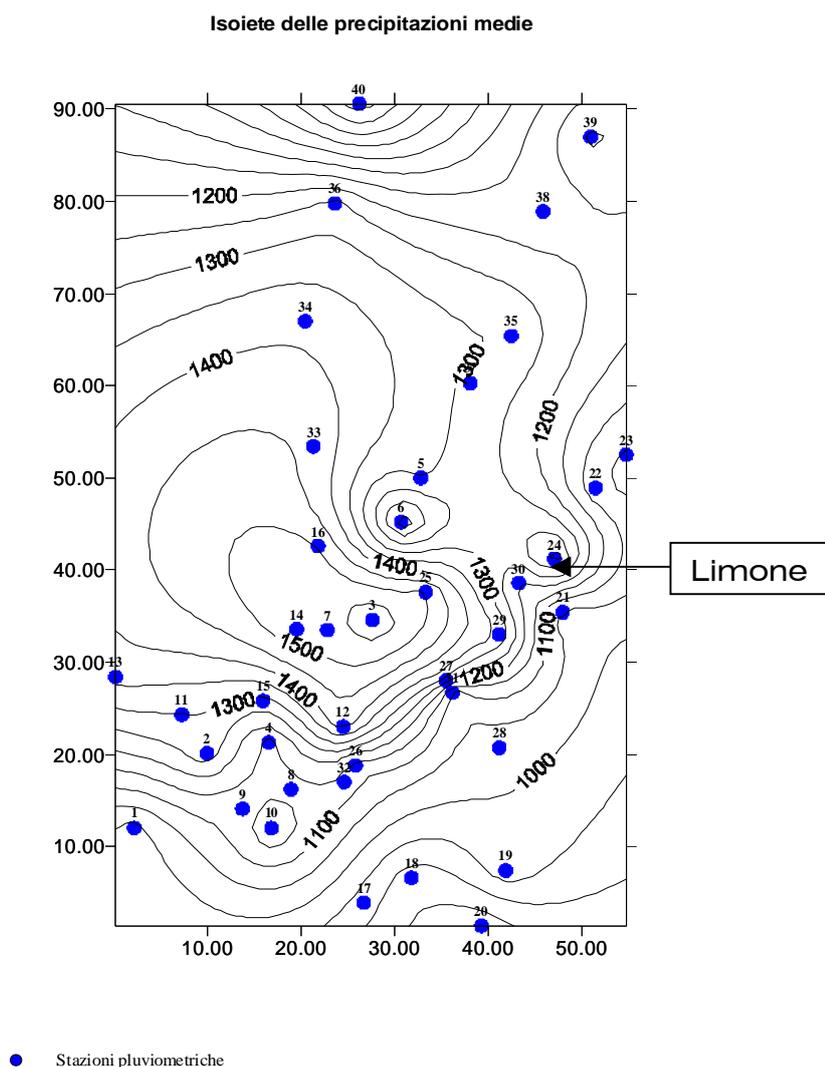
a cui possono raffrontarsi i valori tipici della fascia a clima insubrico:

mese	T (°C)
gennaio	1,2
febbraio	1,3
marzo	9,0
aprile	5,2
maggio	14,2
giugno	19,9
luglio	24,5
agosto	21,4
settembre	18,0
ottobre	12,9
novembre	5,6
dicembre	4,0
Media annuale	11,4



Precipitazioni

Per avere un quadro quanto più completo del regime pluviometrico legato all'orografia di tutta l'area, si sono rielaborati i dati di pioggia di 40 stazioni per ottenere una carta dell'andamento delle precipitazioni medie annue, il cui risultato di sintesi è dato nella figura seguente:



Studio Associato di Geologia Applicata e Ambientale - Bogliaco [Bs]

La precipitazione media annuale nel comune di Limone risulta pari a 1.390 mm. circa.

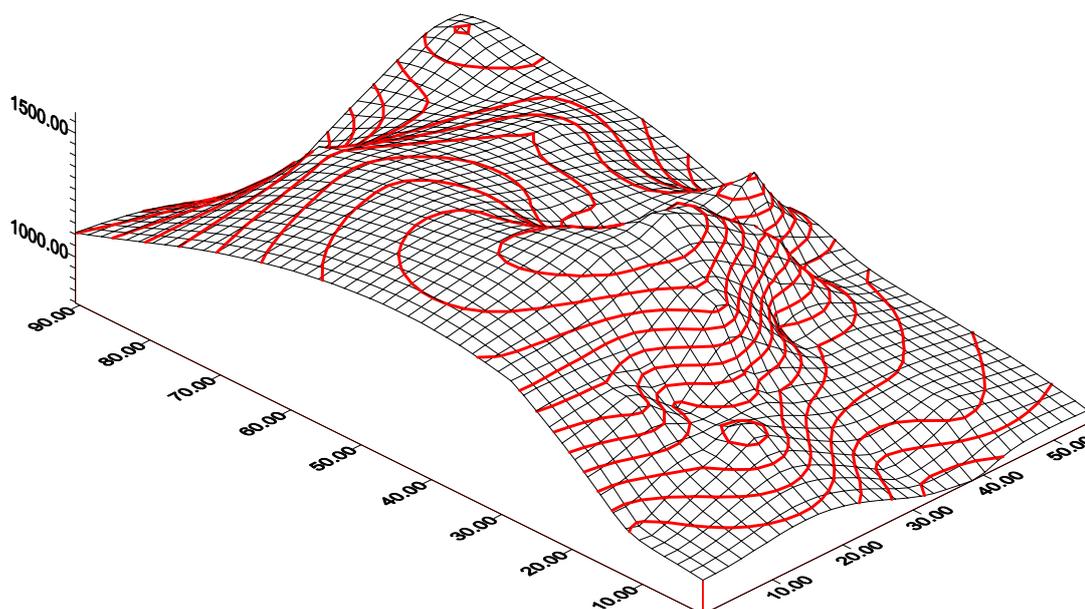
L'elenco delle stazioni di riferimento, il cui numero relativo è riportato in carta, è riportato di seguito:

(Fonte dei dati: Regione Lombardia: Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo (registrate nel periodo 1891 – 1990), a cura di Ceriani M. e Carelli M.)

Numero d'ordine	Stazione
1	Brescia
2	Caino
3	Capovalle
4	Concesio
5	Condino
6	Storo
7	Idro
8	Gavardo
9	Serle
10	Prevalle
11	Lumezzane
12	Vobarno
13	Gardone V.T.
14	Lavenone
15	Preseglie
16	Bagolino
17	Desenzano
18	Sirmione
19	Lazise
20	Peschiera
21	Malcesine
22	Riva del Garda
23	Arco
24	Limone
25	Magasa
26	Salò
27	Sasso di Gargnano
28	San Zeno
29	Tignale
30	Vesio
31	Villa di Gargnano
32	Villa di Salò
33	Gaver
34	Lago d'Arno
35	Tione
36	Lago d'Avio
37	Roncone
38	Pinzolo
39	Madonna di Campiglio
40	Ponte di Legno

Visualizzando le isoiete in forma tridimensionale:

**Isoiete delle precipitazioni medie
Vista 3D**

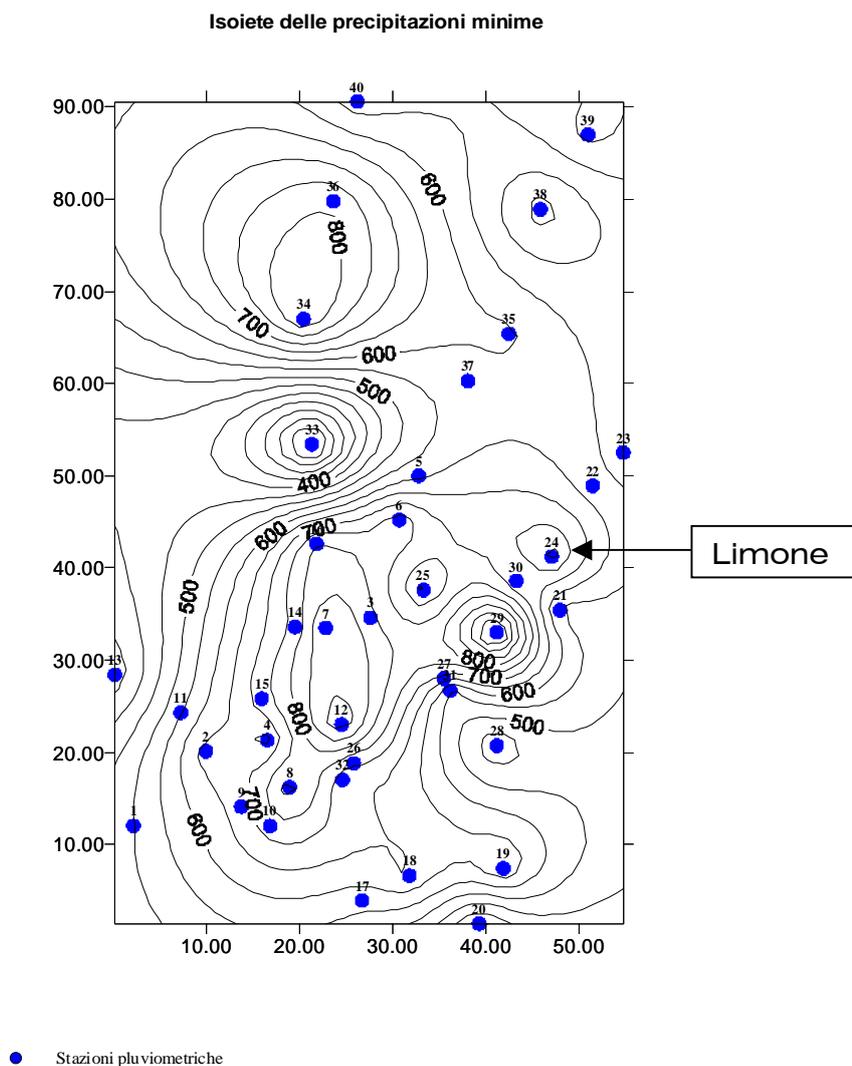


Studio Associato di Geologia Applicata ed Ambientale - Bogliaco [Bs]

e analizzando la restituzione tridimensionale, risulta evidente il rapido passaggio dal mesoclima alpino al mesoclima insubrico nella fascia sud, l'influenza del massiccio dell'Adamello nel mantenere un livello di precipitazione elevate in una larga fascia del territorio, l'influenza della Val Canonica nel diminuire le precipitazioni annue a causa della sua ampiezza trasversale maggiore rispetto alle altre valli principali e del corridoio della

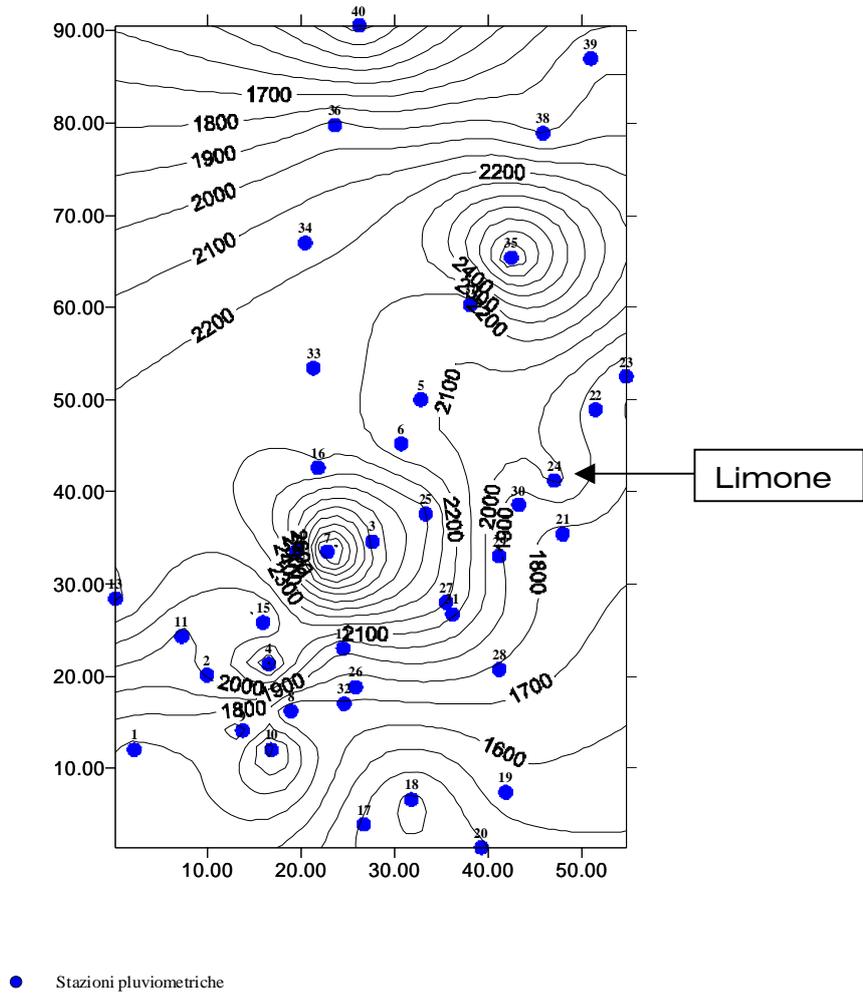
valle di Corteno verso la Valtellina, la depressione maggiore in corrispondenza di Storo, dovuta probabilmente all'influenza delle correnti provenienti dall'alto Garda attraverso la Val di Ledro.

Dai dati delle stazioni indicate si sono inoltre estratti i valori minimi e massimi assoluti:



Studio Associato di Geologia Applicata e Ambientale - Bogliaco [Bs]

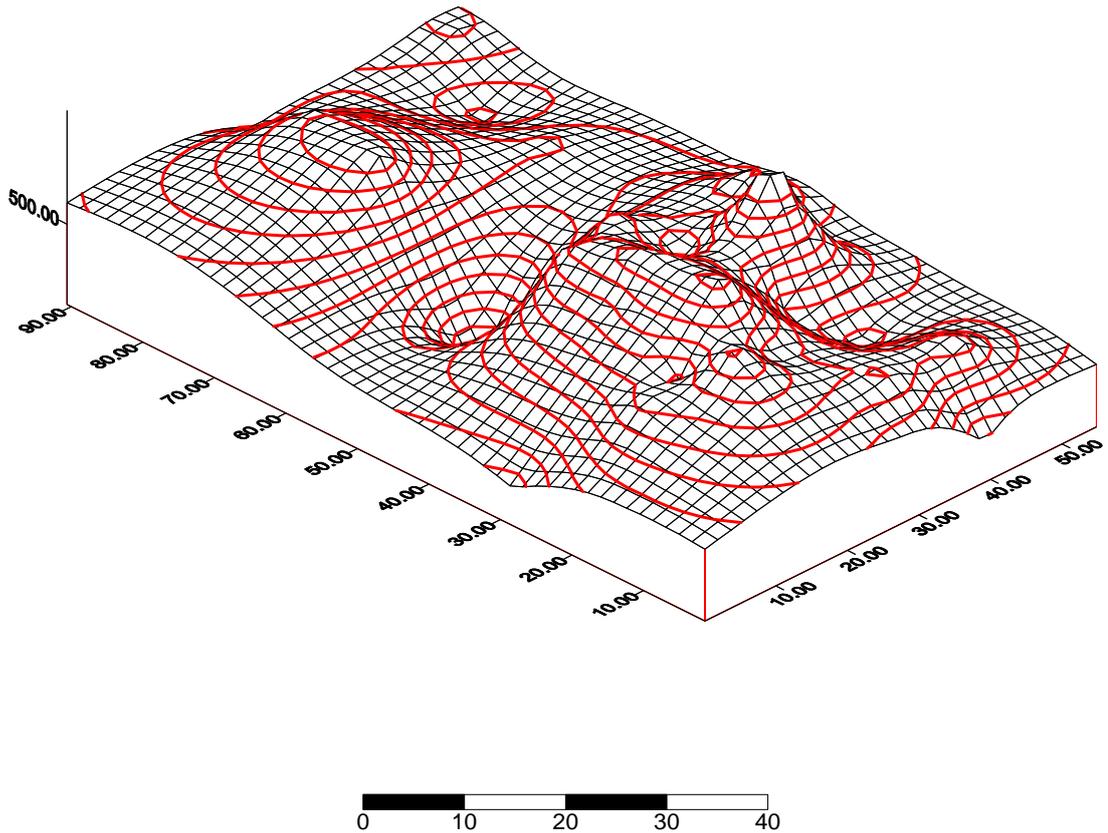
Isoiete delle precipitazioni massime



Studio Associato di Geologia Applicata e Ambientale - Bogliaco (Bs)

La restituzione tridimensionale per i valori minimi:

Isoiete delle precipitazioni minime
Vista 3D

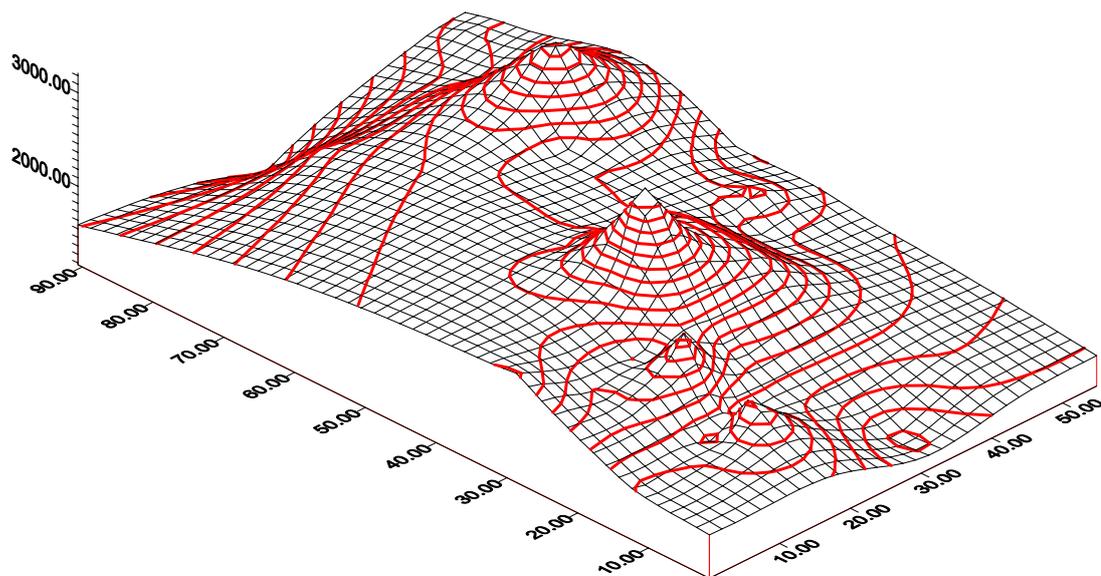


Studio Associato di Geologia Applicata ed Ambientale - Bogliaco [Bs]

ribadisce l'influenza della Val Camonica sulla diminuzione delle precipitazioni e l'effetto di attenuazione dovuto alla Val Giudicarie ed al corridoio del Val di Bondo, nonché l'influenza del versante meridionale del Lago di Garda, più accentuato nella sponda orientale.

Analogamente, la restituzione tridimensionale dei valori massimi:

**Isoiete delle precipitazioni massime
Vista 3D**



Studio Associato di Geologia Applicata ed Ambientale - Bogliaco [Bs]

evidenzia ancora la diminuzione dei massimi di precipitazione dovuti alla Val Camonica verso la Valle del Tonale, l'influenza massima del gruppo dell'Adamello ed un picco nella zona del lago d'Idro.

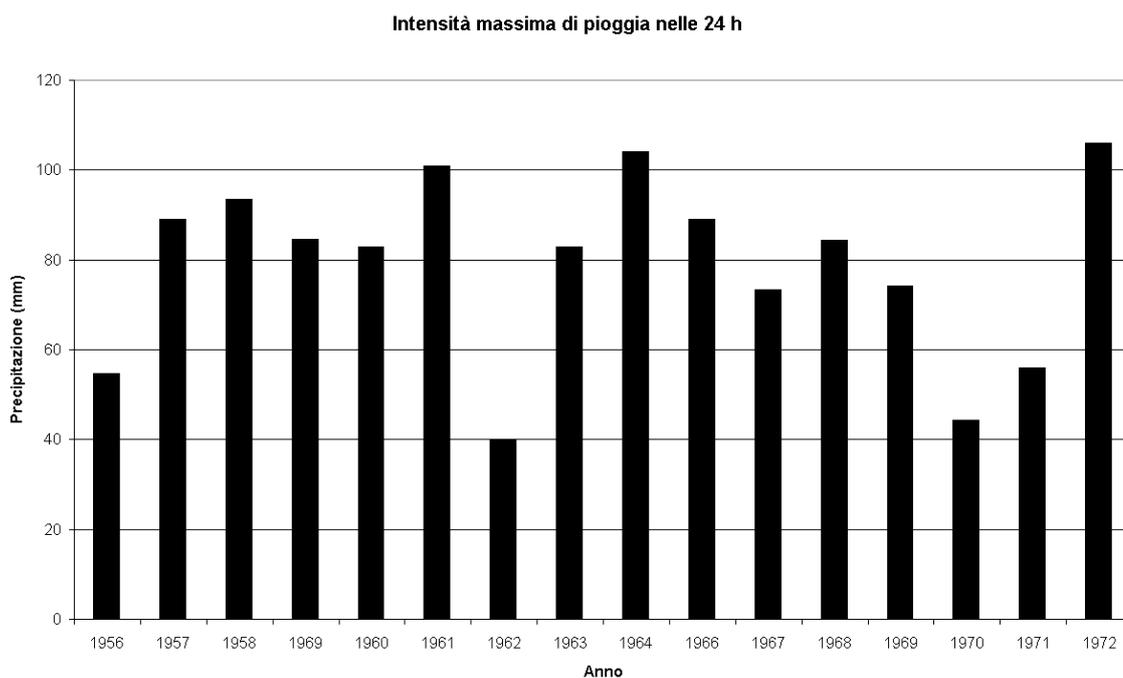
Le isoiete massime nella zona del Garda meridionale diventano più uniformi, decrescendo come valori in modo uniforme, fino a raggiungere un minimo verso Desenzano.

A grande scala si conferma che i minimi assoluti si trovano in corrispondenza di aree con medie annue più basse e viceversa per i massimi assoluti.

Sembra opportuno sottolineare che il modello di kriging adottato nella restituzione dei modelli, pur di tipo lineare, a causa della larghezza della griglia di calcolo adottata, non è stato in grado di evitare effetti di tipo “bull eyes” (ad anelli concentrici), senza però inficiare la correttezza dei risultati.

Di sicuro interesse idrologico è la stima delle precipitazioni cumulate nelle 24 ore.

Di seguito si riporta la ricostruzione storica per tale dato sulla base della documentazione disponibile:



3. Inquadramento generale e geologico strutturale

Il territorio comunale di Limone sul Garda copre una fascia di territorio pari ad una superficie di circa 26.20 km² e si ubica sulla sponda occidentale del Lago di Garda nella estrema fascia orientale della Lombardia e della Provincia di Brescia al limite con quella di Trento.

Nel dettaglio esso confina con la provincia di Trento in corrispondenza della dorsale della valle dei Larici a nord con il lago ad est ed il comune di Tremosine a sud e ovest.

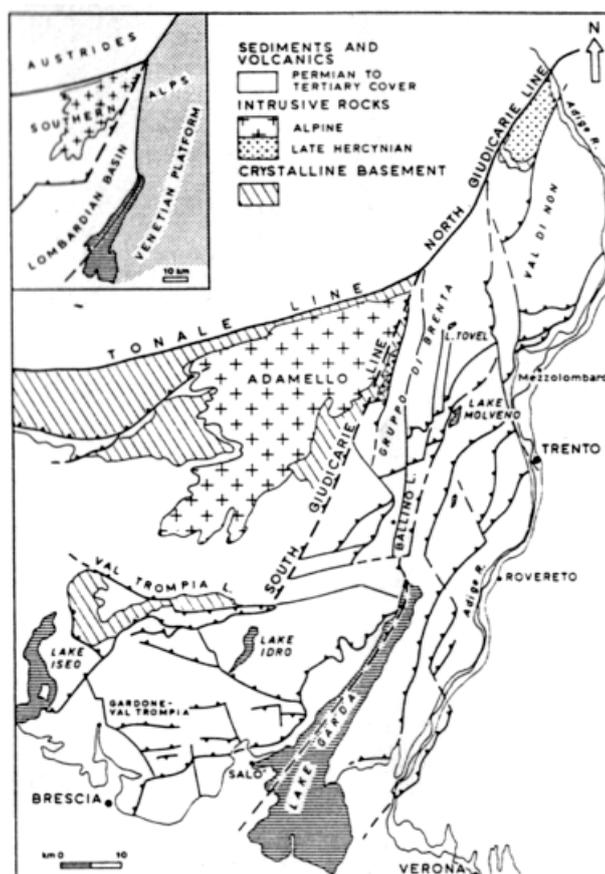
L'area è limitata nella porzione interna, da sud verso ovest, dalla dorsale che collega il Monte Bestone (m. 915.5) alla Cima Sospiri/Punto della Brosa (m. 1288), Corno Nero –Corna Vecchia M.te Traversole (m. 1443), e a nord dall'allineamento di Bocca dei Fortini, Punta di Mois, Monte Guil (m.1321), Monte Palare e Punta dei Larici (m. 906).

Dal punto di vista cartografico è compresa nelle Sezioni E4c4 –Limone sul Garda e E4c5 – Pieve di Tremosine, della carta Tecnica Regionale C.T.R. - Scala 1: 10.000.

Il paesaggio è quello tipico montano con massicci dolomitici spesso imponenti e pendii che si elevano da quote di circa 600 m s.l.m. fino ad oltre i 1000 metri di altitudine alternati da fondivalle incassati e incisi da corsi d'acqua a regime per lo più torrentizio. Nella porzione orientale si nota una fascia pedemontana con versanti mediamente acclivi costituiti da conoidi di deiezione e falde detritiche raccordanti al lago.

I principali elementi fisiografici sono condizionati dalla storia geologica della valle, dai successivi agenti morfogenetici e dalla più recente fase erosiva fluviale. Sotto il profilo altimetrico le quote variano da un minimo di 65 m s.l.m. costituente il livello locale di base del lago di Garda, ad un massimo di 1443 m. s.l.m. in corrispondenza delle culminazioni del M.te Traversole.

Il quadro geologico generale vede il territorio di Limone inserito nel sistema del Bacino lombardo orientale, posizionato, a livello regionale (Figura seguente da Castellarin & Picotti, 1990), fra la direttrice della Linea delle Giudicarie Sud e la Linea di Ballino - Garda.



**Quadro sintetico dei lineamenti tettonici attorno al Lago di Garda
(da Castellarin & Picotti, 1990)**

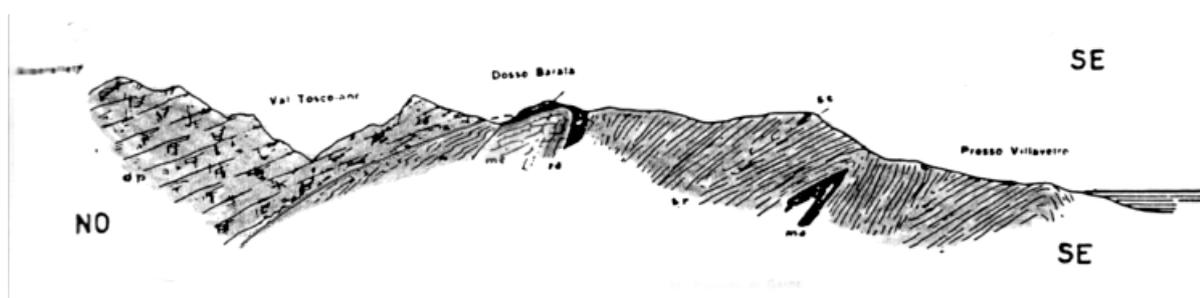
A grande scala, procedendo da nord-ovest verso sud-est, è infatti possibile individuare tre domini geologico-strutturali differenti:

- area di affioramento del Basamento cristallino (il sistema è rappresentato dal “Massiccio delle valli bresciane” ed è costituito dalle intrusioni magmatiche dell’Adamello e la sua copertura vulcanica)
- monoclinale dolomitica sovrascorsa costituita da un esteso “piastrone” di dolomie noriche e retiche a grande scala a comportamento rigido;
- Fronte di accavallamento Tremosine Tignale e fascio di pieghe frontali ad esso associato.

Studi strutturali accreditati sono concordi nel ritenere il lineamento Tremosine-Tignale ad andamento ENE-WSW un sovrascorrimento sud-est vergente con inclinazione di pochi gradi verso NW, espressione di una tettonica compressiva esplicitasi nelle differenti fasi dell'orogenesi Alpina.

Essa si estende da Limone fino a Toscolano sviluppandosi a grande scala parallelamente alla sponda del lago, non interessando direttamente l'area oggetto di studio. E' infatti possibile rilevare il contatto tettonico lungo la strada provinciale Gargnano Magasa (S.P. n°9) in loc. Verzellina.

Tale struttura ha preso origine in seguito al sollevamento e alla deriva verso sud est delle formazioni dolomitiche costituenti il "piastrone" citato, sovrascorse sulle più recenti successioni giurassico cretacee, come è ben evidenziato dalla sezione seguente:



**Sezione stratigrafica ad orientamento NW-SE
da M.te Alberello a Villavetro di Gargnano**

La differente litologia e competenza delle formazioni presenti al tetto e al letto del sovrascorrimento ha comportato a livello reologico una risposta deformativa differenziata all'applicazione dello stress: mentre le formazioni giurassico-cretacee, costituenti il footwall del sovrascorrimento e più duttili hanno reagito piegandosi e creando fasci più o meno serrati di piegamenti con assi paralleli alla sponda del lago, le formazioni dolomitiche più competenti al tetto, caratterizzate da un comportamento più rigido, sono traslate verso sud frammentandosi.

Il sovrascorrimento sopraccitato nel territorio comunale non affiora direttamente ma comincia a rientrare dal lago poco a sud del limite comunale in territorio di Tremosine.

L'andamento geotettonico fa ipotizzare che la linea frontale del ricoprimento si localizzi con un andamento parallelo alla costa al di sotto dei depositi di conoide e lacustri a profondità rilevanti, e si colleghi successivamente alla struttura Limone -Lago di Ledro (N120/300).

Nella porzione nord occidentale è quindi presente l'ammasso dolomitico estremamente competente (rigido), che durante la dislocazione si è deformato con un comportamento di tipo fragile in una ampia struttura anticlinalica con immersione verso N, interessata da sistemi di dislocazione e faglie in numero rilevante ricollegabili sostanzialmente allo stato di tensione cui sono state sottoposte durante il loro avanzamento verso S.

Nel dettaglio, le principali direttrici tettoniche presenti sul territorio comunale si distinguono per le differenti orientazioni, e principalmente la lineazione della Valle del Pura (orientamento valsuganese) con associate fasce estremamente cataclamate che hanno dato origine ad imponenti depositi detritici di versante nell'alta valle, lineazione NW-SE linea della Valle del Singol (trend dinarico) lineazione NE-SW / NNE-SSW della valle Scaglione, Valle della Fucina (trend giudicariense - parallele alla fascia frontale del sovrascorrimento Tremosine-Tignale).

4. Geologia e stratigrafia generale

Le caratteristiche litologiche generali e i lineamenti strutturali principali del territorio comunale sono illustrati nella *Carta Geologica generale con lineamenti tettonici* alla scala 1 : 5 000 (Tav.01- 1/3).

Per la redazione della tavola suddetta sono stati utilizzati come riferimento i dati della letteratura geologica esistente e la documentazione cartografica a disposizione (riportati in bibliografia), opportunamente verificati con controlli in campagna e integrati con rilevamenti originali che hanno permesso l'approfondimento della conoscenza del territorio mediante la redazione delle carte tematiche (litotecnica ed idrogeologica) .

E' stata infine effettuata l'analisi delle fotografie aeree disponibili da cui sono stati estrapolati i dati principali relativi al quadro strutturale dell'areale in oggetto.

La carta geologica generale riporta principalmente le caratteristiche stratigrafiche del substrato roccioso, con la distinzione dei depositi di copertura e delle unità litostratigrafiche affioranti/subaffioranti.

I rapporti geometrici tra le formazioni rocciose sono spesso di difficile interpretazione perché nascoste dalle estese coltri dei depositi di copertura (di natura alluvionale, detritica o di alterazione).

SUCCESSIONE STRATIGRAFICA PREQUATERNARIA

La stratigrafia del territorio comprende le litologie marine e terrigene ascrivibili ad un intervallo temporale interamente compreso nel Trias.

La successione, dalla più antica alla più recente, può essere così schematizzata:

DOLOMIA PRINCIPALE (Norico-Retico)

La Dolomia principale è costituita da una successione ciclica di dolomie originatesi in ambiente di mare basso (qualche metro) tipico delle piane tidali soggette alla sommersione e successiva emersione ad opera delle acque marine. Durante questi periodi si creavano in corrispondenza della piattaforma tidale differenti ambienti di sedimentazione che alternavano rispettivamente deposizione di organismi marini (molluschi), a formazione di strutture da emersione come essiccamento della superficie, birds eyes, teepee e ricoprimento ad opera di tappeti algali (stromatoliti).

La lenta subsidenza cui è stata sottoposta la piana tidale suddetta, che nel Norico si estendeva in corrispondenza delle Alpi meridionali dalla Lombardia alla ex-Iugoslavia, ha consentito l'accumulo di un imponente successione di sedimenti che raggiunge secondo alcuni Autori potenze anche di 1500 m. La successione, nella sua facies caratteristica e maggiormente conosciuta, si compone di dolomie e calcari dolomitici, massicce o a grandi bancate (1-2 m di spessore), di colore prevalentemente grigio, giallastro, biancastro e rosate, mentre i calcari dolomitici in prevalenza da grigio chiari a grigio scuri o nocciola brunastro e nocciola. Localmente sono presenti livelli di dolomia straterellata con breccioline e pisoliti o brecce grossolane ad elementi calcareo dolomitici e cemento poco coerente, in specialmodo nella porzione basale. Per ciò che concerne la distribuzione areale, essa è presente nella gran parte della porzione montana del territorio comunale dal M.te Bestone a sud ovest, al M.te Palaer e Punta dei larici a nord est.

DOLOMIA SUPERIORE (presumibilmente Retico sup. - Lias inf.)

Consta di prevalentemente di dolomie chiare, grigio rosato, a tessitura cristallina a detritica, con sporadici livelli brecciati, organizzate in strati poco evidenti, spesso farinosi. E' in generale organizzata in strati di spessore compreso tra 10 e 60 cm e in banchi di spessore fino a 2 m circa; localmente la formazione appare ben stratificata, con strati di 10 - 20 cm di spessore.

I limiti inferiore e superiori non sono ben chiari e non si possono osservare con continuità, ma si ipotizza per il primo il calcare di Zu e per quello superiore con una formazione affine al medolo; la potenza è stata stimata in circa 300 m. E' presente solo nella porzione nord occidentale del territorio in una fascia parallela alla sponda lacustre dal Corno di Reamol al limite regionale.

CALCARE DI ZU (Retico inf. - medio)

La formazione è costituita da calcari e calcari marnosi di colore prevalentemente da grigio nocciola, a grigio-neri, organizzati in strati generalmente di spessore medio, frequentemente con bancate massicce. Sono presenti intercalazioni di marne e argilliti anche di spessore cospicuo di colore bruno scuro.

Il calcare di Zu si sviluppa limitatamente alla fascia nord orientale del territorio comunale, e corre parallelamente al limite regionale da Monte Guil a Bocca dei Fortini. Superiormente è delimitata dalla Dolomia Superiore (regione del Lago di Garda) ed inferiormente con la Dolomia Principale. Lo spessore totale della successione raggiunge il suo massimo di circa 1000 m in corrispondenza della sezione tipo, e si riduce a valori esigui lontano dal territorio in esame, in vicinanza di Lumezzane.

DEPOSITI QUATERNARI E RECENTI

DEPOSITI FLUVIOGLACIALI

Sono depositi di origine glaciale costituiti da sedimenti prevalentemente ghiaioso sabbiosi ove si possono riconoscere isorientazione o embriciatura dei clasti in forza al meccanismo di messa in posto ad opera dell'azione trattiva delle correnti idriche; localmente si può riconoscere anche una gradazione delle classi granulometriche. Si tratta in generale di materiali incoerenti differenziati in ghiaie sabbiose, ghiaie limose e sabbiose e ghiaie e sabbie, organizzate in livelli ed orizzonti.

Nel territorio comunale di Limone gli affioramenti sono molto limitati e confinati nella porzione montana, porzione nord orientale (da quota 880 a 840 m s.l.m. circa) a testimonianza della potenza raggiunta dal ghiacciaio in questa porzione; un lembo di modesta estensione si sviluppa a cavallo della loc. Dalco per circa un chilometro.

DEPOSITI MORENICI

Sono depositi di origine glaciale costituiti da sedimenti massivi privi di orientazione degli elementi litoidi in forza al meccanismo di messa in posto; si tratta in generale di terreni misti costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli e trovanti di natura poligenica, molto addensate.

All'interno del territorio comunale di Limone gli affioramenti sono molto limitati e confinati nella porzione montana (quota 740 m s.l.m. circa) anche in questo caso a testimonianza della potenza raggiunta dal ghiacciaio in questa porzione; piccoli lembi si ritrovano in loc. Valacco appena a valle del dosso Ravizzola.

DEPOSITI COSTIERI E RIMANEGGIATI

Si tratta di depositi localizzati nella fascia costiera parallela alla sponda lacustre con presenza di terreni a granulometria variabile che geneticamente passano da interdigitazioni fra depositi lacustri ed alluvionali (conoidi) a depositi tipicamente da rimaneggiamento dall'azione ondosa. E' possibile quindi rinvenire depositi sabbioso limosi a limoso argillosi (ad es. lungolago) e materiali più grossolani ghiaioso sabbiosi (alluvionali o materiali detritici di versante – foce T. S.Giovanni e foce T. Pura); il rimaneggiamento continuo del moto ondoso risulta evidente laddove si rinvengono clasti appiattiti ed arrotondati. Localmente, non differenziati in cartografia nei depositi costieri, sono presenti superficialmente rimaneggiamenti antropici dei materiali autoctoni o materiali di riporto di natura eterogenea; anche le potenze risultano differenziate e da valutare puntualmente.

DETRITO DI VERSANTE E FALDE E CONI DI DETRITO

I depositi detritici in generale sono molto sviluppati coprendo una buona superficie areale sia nella porzione nord occidentale che orientale; essi sono per lo più dovuti allo smantellamento dei rilievi rocciosi ed al successivo trasporto e deposito ad opera della gravità e localmente delle acque superficiali. La cartografia geologica e geomorfologia generale differenzia, anche se di analoga genesi i depositi detritici in generici dalle falde e coni di detrito che si sviluppano estesamente e con una ben determinata geometria a cono o a coni coalescenti alle pendici dei rilievi rocciosi. Sono costituiti da materiali granulari, ghiaioso sabbiosi, in minor misura limosi, con elementi litoidi appartenenti alle litologie affioranti a monte (dolomie e calcari dolomitici), in cui si possono riconoscere le classazioni granulometriche dovute alla gravità. Granulometricamente non sono rare ghiaie grossolane e trovanti sia all'interno dei depositi che in appoggio sulla superficie topografica.

CONOIDI DI DEIEZIONE

All'interno del territorio comunale i maggiori depositi di conoide sono identificati dal conoide del Torrente S. Giovanni e dal Torrente Pura, su cui si è comunque sviluppata la maggior parte dell'agglomerato urbano di Limone sul Garda. Tali depositi assumono la tipica forma a ventaglio/cono coprendo un dislivello considerevole dall'apice che si attesta a circa 160 m s.l.m. (T.S.Giovanni) e 220 m s.l.m. (T.Pura)

Da un punto di vista litologico questi risultano, in generale, costituiti da alternanze di orizzonti e lenti prevalentemente ghiaiose e/o sabbiose con ciottoli e trovanti con basso grado di arrotondamento, in generale con valori dell'addensamento medio o medio alto.

ALLUVIONI RECENTI

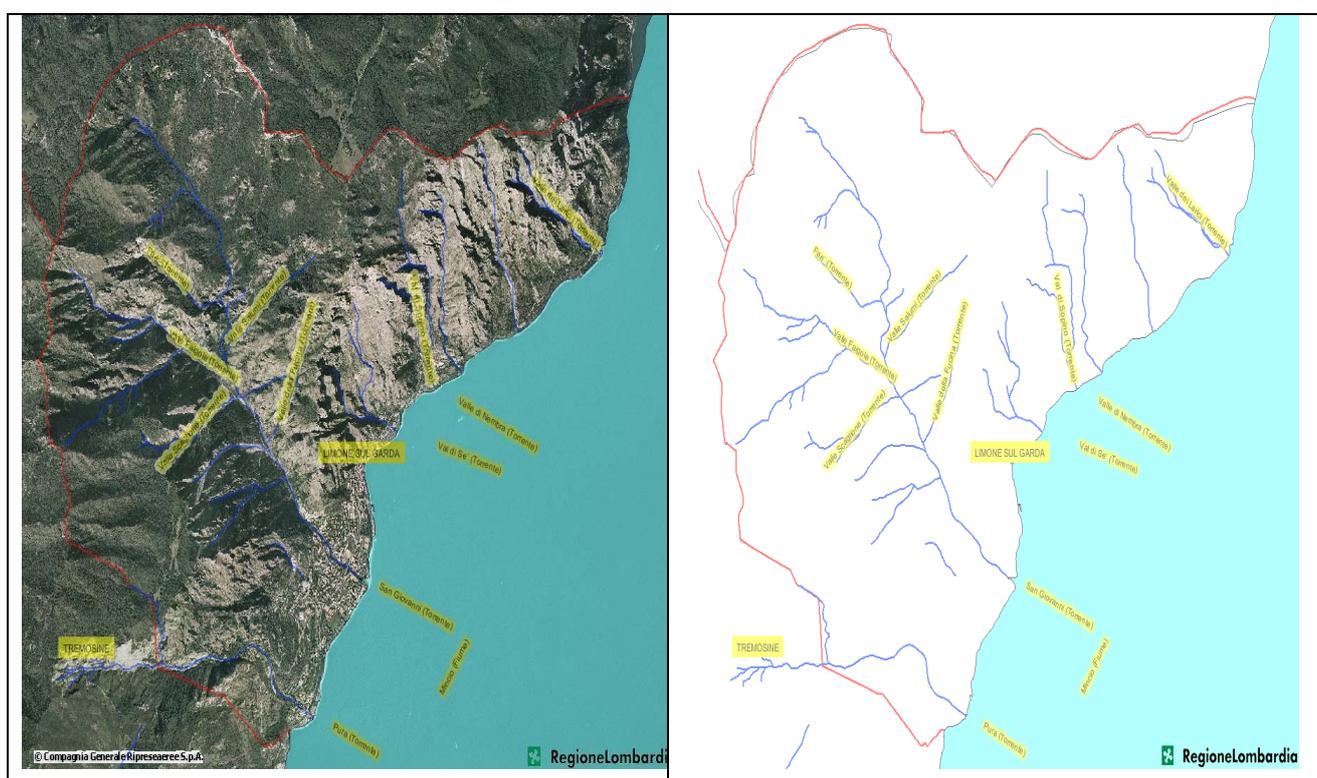
Si rinvencono nei fondovalle dei principali corsi d'acqua ed in minor misura anche nei corsi minori quale ad esempio il Rio Sé.

Litologicamente sono rappresentate principalmente da materiali grossolani, ghiaie sabbiose con ciottoli con una percentuale bassa di limi, sono sciolti, con clasti di natura litologica rispecchiante il bacino di alimentazione (dolomie).

5. Idrografia superficiale con elementi di morfometria

I principali bacini idrografici riconoscibili all'interno del territorio comunale sono rappresentati da ovest a est rispettivamente da quello del Torrente Pura, Torrente S. Giovanni, Rio Sè, Torrente Sopino, la Nua e del Rio della Valle di Reamòl e di Valle Larici.

Tutti questi confluiscono direttamente nel Lago di Garda disegnando un reticolo idrografico principale nel complesso poco sviluppato:

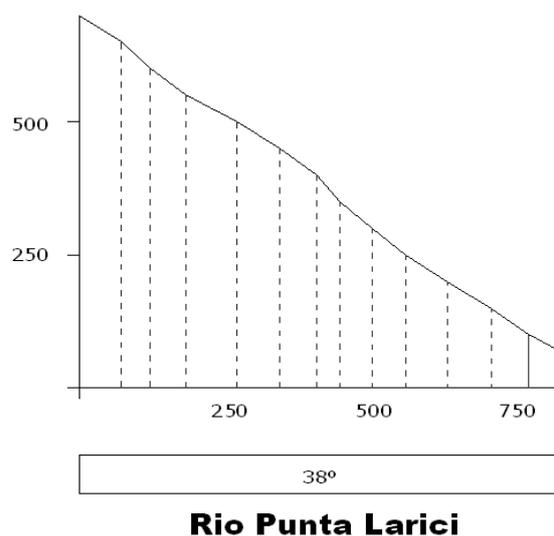


Vista del sistema idrografico superficiale del comune di Limone - (Immagini tratte dal Portale della Regione Lombardia)

Per le finalità e gli scopi del presente studio si è preferito analizzare puntualmente le singole aste che concorrono a formare nel territorio il reticolo idrografico e di cui segue la descrizione in ordine di afflusso al Lago di Garda da nord a sud.

Rio Punta dei Larici

Poco ad est della Punta dei Larici, a quota 730 m s.l.m. si forma un torrentello, il cui bacino è poco sviluppato:

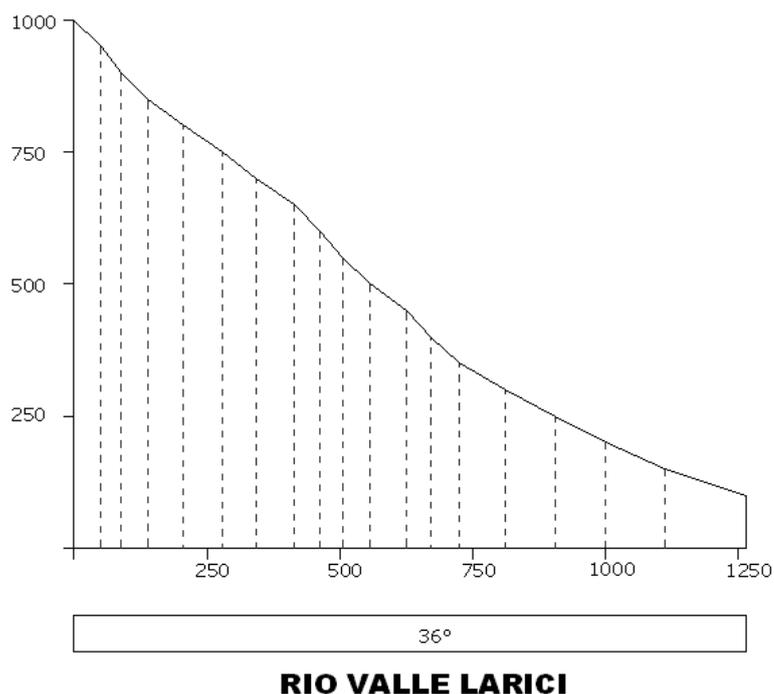


Le sue caratteristiche morfometriche sono:

Livello di base locale (m.s.l.m.)	Area (Km²)	Lunghezza asta principale (m)	Lunghezza tributari (m)	Pendenza media (%)
65	0.21	857	1085	38

Rio di Valle Larici

Nasce dalle pendici del Monte Palaer a quota 1030 m.s.l.m. e si sviluppa lungo la Valle Larici da dove prosegue incanalato fra le pendici rocciose che sboccano a lago all'altezza del Corno di Reamòl:



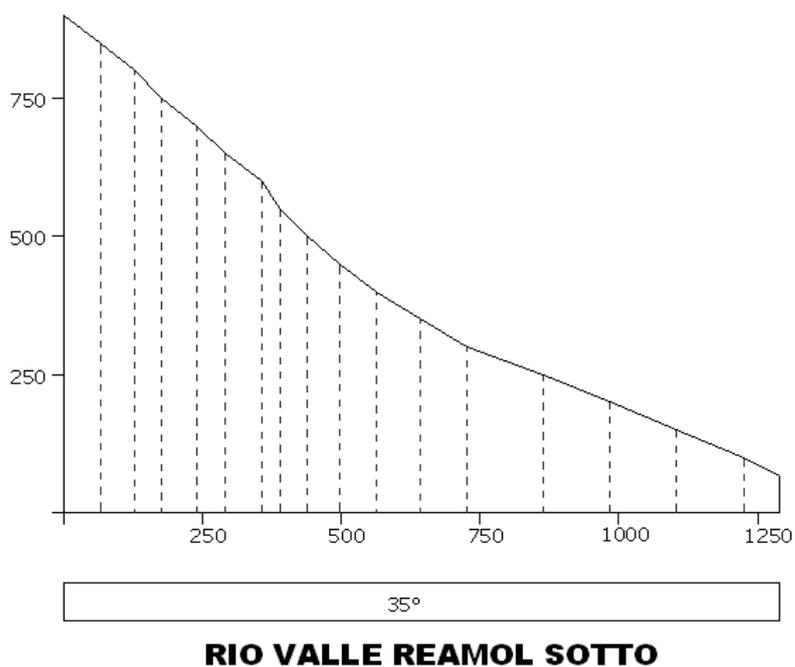
Il canale di deflusso è leggermente dissimetrico.

Le sue caratteristiche morfometriche sono:

Livello di base locale (m.s.l.m.)	Area (Km²)	Lunghezza asta principale (m)	Lunghezza tributari (m)	Pendenza media (%)
65	0.42	1386	2681	36

Rio della Valle di Reamol sotto

Nasce dalla confluenza di una serie di torrenti che si originano nel bacino individuato poco a sud della dorsale che collega Cima del Monte Palaer al passo della Rocchetta, successivamente prosegue incanalato nella Valle di Reamol fino a lago:

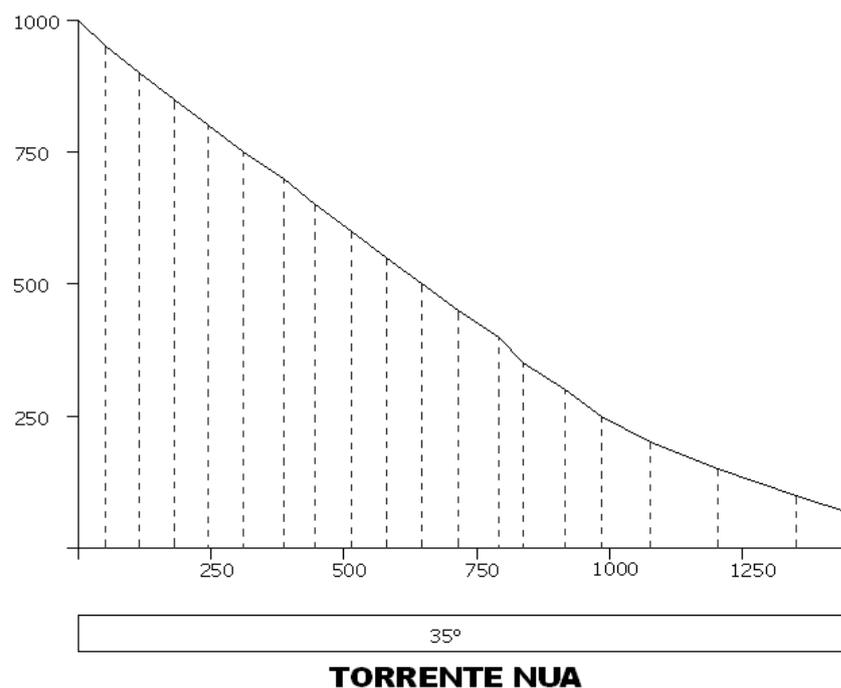


Le sue caratteristiche morfometriche sono:

Livello di base locale (m.s.l.m.)	Area (Km²)	Lunghezza asta principale (m)	Lunghezza tributari (m)	Pendenza media (%)
65	0.44	1460	3856	35

Torrente La Nua

La testata del modesto bacino è individuato ad oriente di Punta Camino (1008 m.s.l.m.) da cui si origina un'asta torrentizia pressochè rettilinea che dopo un percorso di circa 1400 m. sbocca a lago in località La Nua.



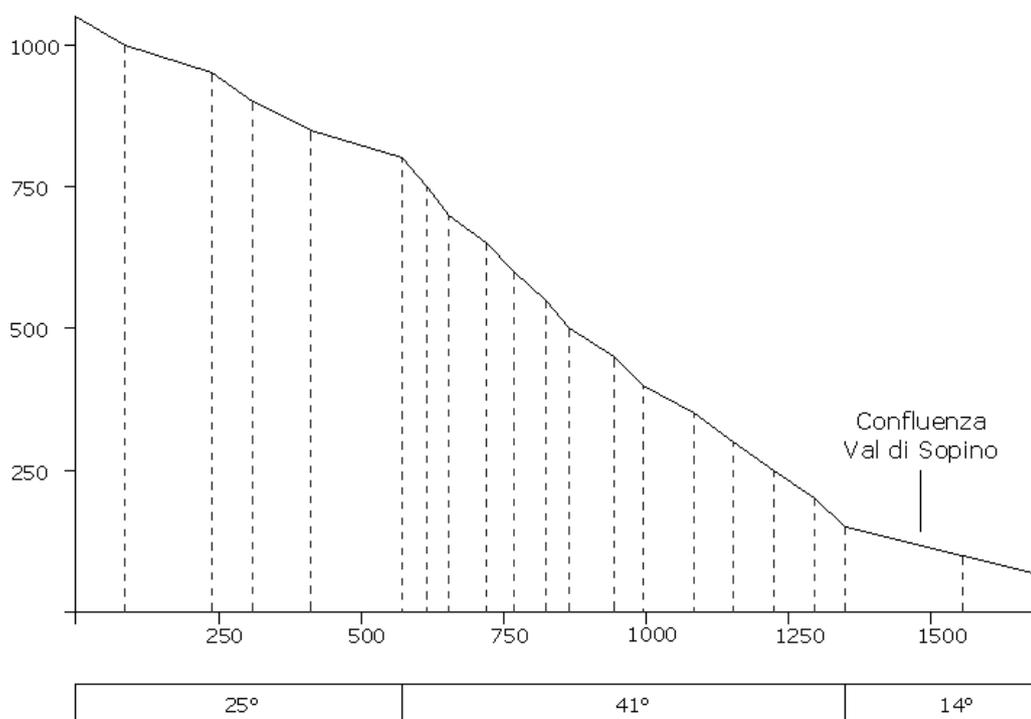
Le sue caratteristiche morfometriche sono:

Livello di base locale (m.s.l.m.)	Area (Km²)	Lunghezza asta principale (m)	Lunghezza tributari (m)	Pendenza media (%)
65	0.22	1417	245	35

Torrente Sopino

Nasce dai rilievi di Cima di Mughera (1020 m. s.l.m.), Roccolo di Nembra e Monte Guil a quota 1278,8 m s.l.m. ricevendo nel suo corso i contributi di alcuni rii attraverso la confluenza destra con la Valle di Sopino poco a valle della località Villaggio Limonaia.

Il profilo longitudinale si caratterizza per essere mediamente acclive nella sua parte iniziale per poi seguire la valle di Nembra con pendenze molto acclivi prima di tornare su valori modesti all'altezza della conoide a lago:



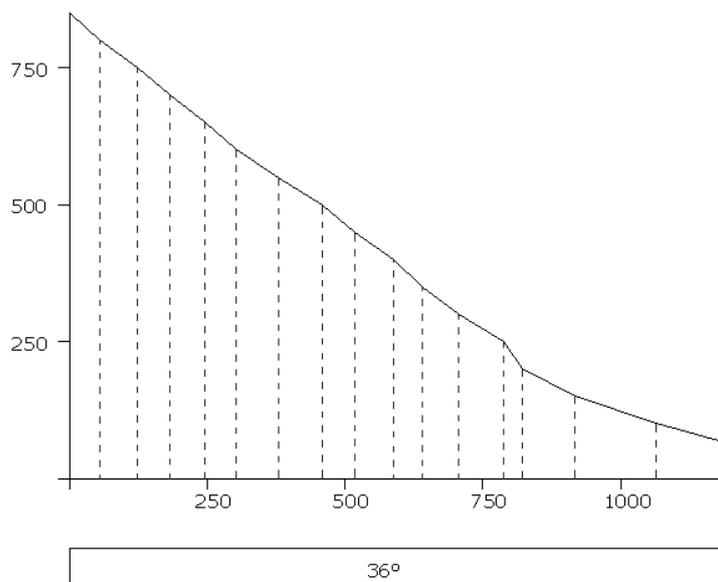
TORRENTE SOPINO

Le sue caratteristiche morfometriche sono:

Livello di base locale (m.s.l.m.)	Area (Km²)	Lunghezza asta principale (m)	Lunghezza tributari (m)	Pendenza media (%)
65	0.95	1918	3442	26,6

Rio Val di Sè

Caratterizzato da 11 canali naturali di prima formazione il corso d'acqua percorre la Val di Sé che sbocca a lago in località San Rocco.



RIO VAL DI SE'

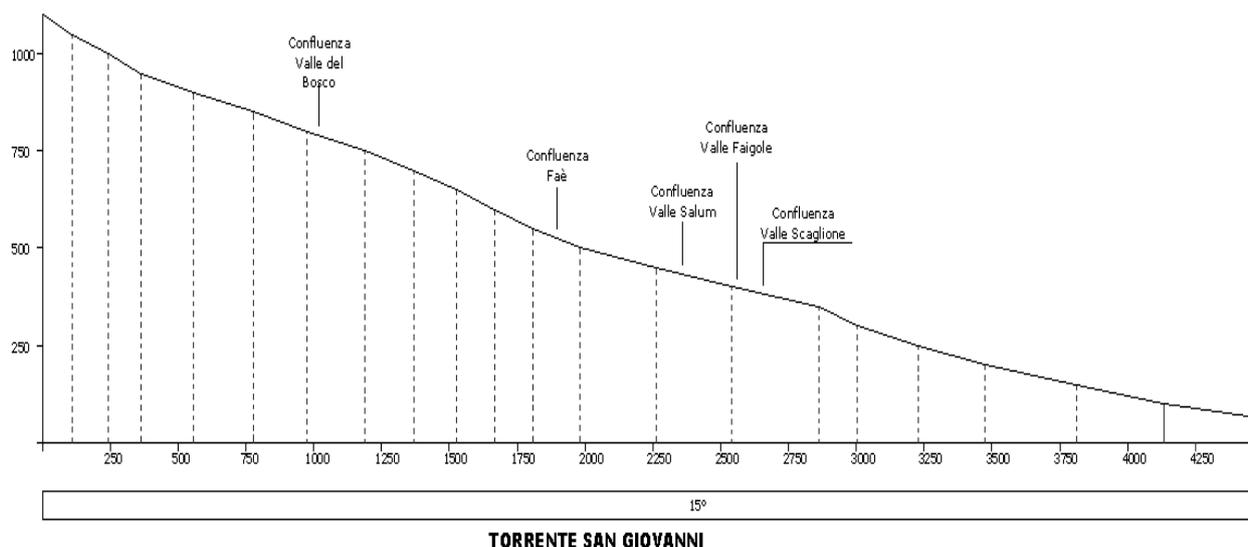
Il reticolo di drenaggio è anche qui del tipo a traliccio.

Le sue caratteristiche morfometriche sono:

Livello di base locale (m.s.l.m.)	Area (Km²)	Lunghezza asta principale (m)	Lunghezza tributari (m)	Pendenza media (%)
65	0.38	1212	1740	36

Torrente San Giovanni

Separato dal Torrente Pura ad occidente dallo spartiacque del Roccolo Pelus e il Corno Nero, nasce alla confluenza della Valle del Bosco e Val Piana a quota 809 m s.l.m., si incanala nella Valle del Singol ricevendo gli apporti torrentizi del Torrente della valle Scaglione, della Valle di Fucina e della valle Salum.:



Il bacino nel suo complesso è caratterizzato dalla maggiore estensione areale del territorio comunale con 124 canali naturali di prima formazione e l'asta principale che costituisce un ramo di quarto ordine. Degno di nota è il fatto che nella parte centrale del bacino la densità di drenaggio aumenta notevolmente, indicando quindi una differenza nella stratificazione e nella fratturazione dei litotipi sui cui il reticolo è impostato.

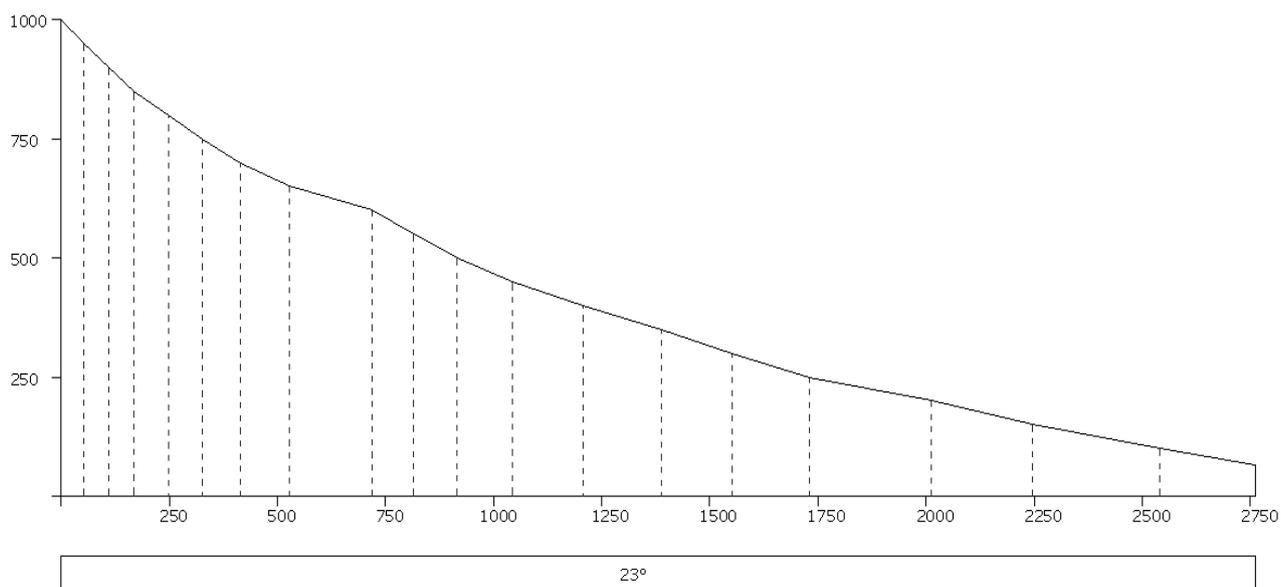
Le caratteristiche morfometriche sono riassunte di seguito:

Livello di base locale (m.s.l.m.)	Area (Km²)	Lunghezza asta principale (m)	Lunghezza tributari (m)	Pendenza media (%)
65	8	4.438	43.314	15

Torrente Pura

Il bacino, impostato a cavallo tra il comune di Limone sul Garda e Tremosine, è delimitato a sud dal Monte Bestone mentre ad ovest dalla dorsale costituita da Cima di Selva, Cima Sospiri e Dalvra Alta.

Il torrente è caratterizzato da una modesta pendenza longitudinale:



TORRENTE PURA

Le caratteristiche morfometriche del bacino sono:

Livello di base locale (m.s.l.m.)	Area (Km²)	Lunghezza asta principale (m)	Lunghezza tributari (m)	Pendenza media (%)
65	3,5	2762	6337	23

Considerazioni sulla genesi del reticolo idrografico

Solo nelle porzioni più elevate del Torrente San Giovanni si riscontra la presenza di un reticolo dendritico, indice della prevalenza di un substrato caratterizzato da valori medio bassi di conducibilità idraulica.

Come illustrato precedentemente, la quasi totalità dei sottobacini analizzati è caratterizzata da un reticolo a graticcio, proprio di reticoli impostati su linee e strutture tettoniche (faglie, fratture, pieghe).

Lo sviluppo delle aste principali segue l'orientamento delle faglie e delle fratture con buona concordanza, a testimonianza che l'assetto strutturale ha fortemente influenzato lo sviluppo del reticolo idrografico.

Numeri d'ordine e Rapporto di biforcazione nei singoli sottobacini

Sui singoli sottobacini (fino alla stazione di chiusura del Lago di Garda) si sono calcolati per ogni asta i numeri d'ordine relativi secondo la metodologia proposta da Melton.

Per tale metodologia, tutti i tributari più piccoli vengono indicati come ordine 1; dove due aste di ordine 1 si uniscono si forma un'asta di ordine 2, dove due aste di ordine 2 si incontrano si forma un'asta di ordine 3 e così via.

Il ramo finale dell'asta attraverso cui tutte le portate defluiscono è quindi il segmento di ordine più alto. E' ovvio che il numero di aste di ogni dato ordine sarà inferiore al numero di aste di ordine inferiore e superiore al numero di aste di ordine superiore.

Il rapporto fra il numero dei segmenti di un dato ordine N_u con il numero di segmenti di ordine superiore N_{u+1} è noto come Rapporto di biforcazione R_b .

Il rapporto di biforcazione non è lo stesso per ogni ordine ma tende comunque ad essere costante per una serie. Questa osservazione è la base della legge di

Horton che ipotizza che il numero di segmenti di ogni ordine forma una sequenza geometrica inversa con il numero d'ordine:

$$N_u = R_b^{k-u}$$

Quando il logaritmo del numero di segmenti è messo in relazione in un grafico cartesiano con l'ordine di appartenenza, molti reticoli di drenaggio presentano una relazione lineare. Il calcolo del valore medio di R_b per un reticolo idrografico può quindi essere eseguito determinando la pendenza della retta di regressione.

Il valore del Rapporto di biforcazione è un utile indicatore sia geologico che idrologico. E' infatti noto che valori di R_b compresi tra **3** e **5** appartengono a bacini in cui le strutture geologiche non hanno disturbato la formazione della rete di drenaggio mentre valori superiori sono tipici della presenza di disturbi tettonici che hanno influenzato la formazione del reticolo.

Analogamente, bacini con basso valore di R_b indicano la formazione di un idrogramma di piena caratterizzato da un brusco picco, mentre alti valori di R_b indicano la formazione di un idrogramma di piena più basso ma più esteso.

Di seguito si danno i risultati delle elaborazioni sui singoli sottobacini:

Rio Punta Larici

Ordine	n.	Equazione della retta di regressione	Coefficiente di correlazione R	R_b
1	8	$\text{Log}(N_u) = 1,36 - 0,451 b$	0,999	2.85
2	3			
3	1			

Rio Valle Larici

Ordine	n.	Equazione della retta di regressione	Coefficiente di correlazione R	R_b
1	13	$\text{Log}(N_u) = 1,69 - 0,557 b$	0,998	3.62
2	4			
3	1			

Rio Reamol sotto

Ordine	n.	Equazione della retta di regressione	Coefficiente di correlazione R	R _b
1	14	$\text{Log}(N_u) = 1,50 - 0,383 b$	0,996	2.4
2	5			
3	2			
4	1			

Rio la Nua

Ordine	n.	Equazione della retta di regressione	Coefficiente di correlazione R	R _b
1	4	$\text{Log}(N_u) = 0,80 - 0,301 b$	0,866	4.0
2	1			

Rio Sopino

Ordine	n.	Equazione della retta di regressione	Coefficiente di correlazione R	R _b
1	11	$\text{Log}(N_u) = 1,55 - 0,521 b$	0,998	3.4
2	3			
3	1			

Rio Se

Ordine	n.	Equazione della retta di regressione	Coefficiente di correlazione R	R _b
1	11	$\text{Log}(N_u) = 1,59 - 0,52 b$	0,996	3.37
2	4			
3	1			

Torrente San Giovanni

Ordine	n.	Equazione della retta di regressione	Coefficiente di correlazione R	R _b
1	124	$\text{Log}(N_u) = 2,83 - 0,7 b$	0,998	5.1
2	30			
3	6			
4	1			

Torrente Pura (Tributari di sinistra)

Ordine	n.	Equazione della retta di regressione	Coefficiente di correlazione R	R _b
1	8	$\text{Log}(N_u) = 1,36 - 0,451 b$	0,999	2.83
2	3			
3	1			

Dall'analisi dei valori di R_b si può dedurre:

1. da un punto di vista geologico: la quasi totalità dei reticoli idrografici non ha subito disturbi tettonici susseguenti alla loro messa in posto (a parte il Torrente Pura, il Reamol sotto ed il Rio Punta dei Larici);
2. da un punto di vista idrologico: i valori di R_b indicano idrogrammi caratterizzati da un picco abbastanza accentuato nelle portate di piena, in particolare il reticolo secondario che si sviluppa sotto il Monte Palaer, che, con un valore di R_b prossimo al valore minimo teorico di 2, fa prevedere portate di piena caratterizzate da un picco molto accentuato.

Densità del reticolo

La densità del reticolo di drenaggio "D" è il rapporto tra la somma delle lunghezze dei segmenti fluviali del bacino e l'area del bacino stesso.

I valori di tale rapporto sono tanto più elevati quanto più i terreni costituenti i bacini sono impermeabili, erodibili, scarsamente protetti dalla vegetazione e quanto meno avanzata è l'evoluzione morfologica.

Dalle analisi portate a termine risulta:

Bacino	D [Km/Km²]
Rio Punta Larici	9,2
Rio Valle Larici	10
Rio Valle Reamòl sotto	12
Torrente Nua	7,56
Torrente Sopino	5,64
Rio Val di Se	7,7
Torrente S. Giovanni	6,5
Torrente Pura	2,5

Rapporto di Circolarità

In accordo con Miller, si è calcolato il valore del rapporto di circolarità R_c , definito come il rapporto tra l'area del bacino e l'area di un cerchio avente lo stesso perimetro del bacino.

Risulta:

Bacino	Perimetro del bacino [Km]	R_c
Rio Valle Larici	2,13	0,6
Rio Valle Reamòl sopra	3,18	0,49
Rio Valle Reamòl sotto	3,84	0,37
Torrente Nua	2,82	0,35
Torrente Sopino	4,3	0,65
Rio Val di Se	4,33	0,26
Torrente S. Giovanni	18	0,31
Torrente Pura	10,2	0,42

I valori di R_c calcolati sono tipici di bacini impostati su dolomie (Miller) e indicano la tendenza nei piccoli bacini di drenaggio, in materiale geologicamente uniforme, a mantenere la similarità geometrica. I valori di R_c compresi tra **0,6 e 0,8** sono inoltre, secondo Schumm, indicatori di un rilievo accentuato caratterizzato da versanti acclivi.

	Perimetro del bacino [Km]	Area (Km ²)	Densità [Km/Km ²]	R _c	L aste m	L tributari m
Rio Punta Larici	2,13	0,21	9,2	0,6	857	1085
Rio Valle Larici	3,18	0,40	10	0,49	1386	2681
Rio Valle Reamòl sotto	3,84	0,44	12	0,37	1460	3856
Torrente Nua	2,82	0,22	7,56	0,35	1417	245
Torrente Sopino	4,3	0,95	5,64	0,65	1918	3442
Rio Val di Se	4,33	0,38	7,7	0,26	1212	1740
Torrente S. Giovanni	18	8	6,5	0,31	4438	43314
Torrente Pura	10,2	3,5	2,5	0,42	2762	6337

Tabella riassuntiva degli elementi morfometrici

Conclusioni

Sulla base dei sopralluoghi e rilievi eseguiti è stato possibile formulare alcune considerazioni. In generale, nel corso degli anni, considerevoli interventi antropici sono stati realizzati a carico dei corpi idrici preminentemente nel loro basso corso ed in corrispondenza delle aree edificate dove buona parte dei corsi d'acqua minori è stato intubato e localmente ne è stato modificato il tracciato.

Di pari passo la modifica dell'utilizzo del territorio ha comportato un incremento delle superfici impermeabilizzate e di quelle scolanti con un incremento del carico idrico complessivo. Conseguentemente, i rii ed i torrenti presenti sul territorio assumono una elevata importanza sia in termini di deflusso in occasione di determinati eventi meteo climatici sia in termini di fenomeni morfologici.

Le caratteristiche geomorfologiche dei bacini imbriferi, la natura dei corsi d'acqua e le opere presenti in alveo consigliano, oltre alla regolare periodica manutenzione delle griglie, delle sponde e dei talweg, una verifica puntuale degli attraversamenti e dei tratti intubati.

6. Geomorfologia

L'analisi dei dati raccolti congiuntamente alle informazioni derivate dai rilievi di campagna, hanno condotto all'elaborazione della CARTA GEOMORFOLOGICA, prodotta alla scala 1:5.000 per tutto il territorio comunale, che visualizza la distribuzione areale degli elementi geomorfologici caratteristici del territorio mediante la rappresentazione grafica di tutte quelle forme e processi legati alla dinamica dei versanti, ai processi fisico-chimici, all'azione delle acque e all'intervento antropico.

La configurazione del paesaggio attuale è il risultato delle varie fasi morfogenetiche che si sono succedute sul territorio a carico delle successioni rocciose e dei depositi continentali. E' evidente, comunque, come l'assetto geologico e geostrutturale dei corpi affioranti costituisca l'elemento di base su cui si sviluppano i successivi processi di rimodellamento.

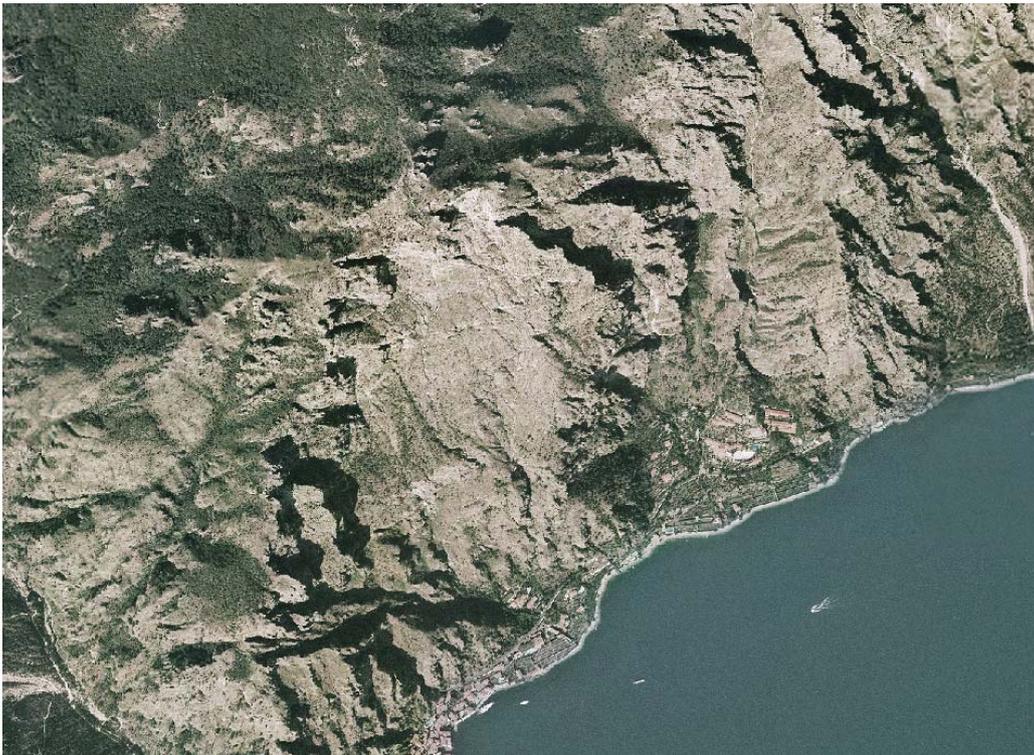
Geomorfologia generale e domini geomorfologici

Da un punto di vista prettamente geomorfologico nel Comune di Limone si possono distinguere principalmente due domini differenti: quello montano e quello di conoide e costiero.

L'elemento che contraddistingue e condiziona l'assetto morfologico degli ambiti presenti è rappresentato fondamentalmente dalla combinazione fra i tipi litologici e i rapporti strutturali e stratigrafici esistenti fra loro.

Dominio montano

Gran parte del territorio comunale nella fascia dell'entroterra è costituita da rilievi rocciosi a morfologia aspra ed accidentata, che localmente si protendono fino a lago. Le principali dorsali si identificano da sud verso nord con Monte Bestone di cui nel comune di Limone sono comprese le pendici meridionali, la cima del M.te Corno Nero, Corna Vecchi, M.te Traversole,



Pareti rocciose che sovrastano loc. S. Rocco e la conoide del Rio Sé

I principali fenomeni geomorfologici di cui si ha evidenza all'interno di tale dominio sono legati, per quanto concerne gli elementi esogeni, all'azione chimico fisica degli agenti atmosferici ed alla forza di gravità.

Forme e processi legati alla gravità - Fenomeni di crollo e caduta massi

In generale gli ammassi rocciosi sono altamente disturbati dalle vicende tettoniche, interessati come precedentemente anticipato da lineazioni strutturali e sistemi di fratturazione, che isolano elementi rocciosi di dimensioni variabili tra pochi dm³ e fino ad alcuni m³ e quindi interessate da una forte fratturazione che li

rende attivi da un punto di vista della dinamica geomorfologia; tale stato di attività è testimoniato dalla presenza di potenti accumuli detritici, sia in forma di coni e falde alla base delle pareti stesse, con differente grado di attività.

Parte del territorio esaminato è potenzialmente interessato da fenomeni di scoscendimento massi dove in generale, tali fenomenologie (fase di distacco) si localizzano prevalentemente in seno alle pareti rocciose verticali/subverticali, nelle aree sottese da forme rocciose morfologicamente isolate ed affioramenti sempre rocciosi localizzati lungo i versanti (Monte Bestone fino ai rilievi circostanti la Valle dei Larici).

Le formazioni rocciose coinvolte sono costituite per la stragrande maggioranza dalla Dolomia Principale, dal Calcere di Zu e dalla Dolomia Superiore.

Queste forme di instabilità interessanti una estesa area della fascia dell'entroterra comunale, interessano, ad eccezione di alcune porzioni che non incombono sulla fascia rivolta a sud est, direttamente zone abitate e infrastrutture viarie (SS 45 e strade comunali), - studio di *Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico - Aree a rischio molto elevato secondo la L.267/98*, - cfr. Tavola dei vincoli - Tav.05-3 e Tav. 05-2) individuata nella Tavola "023 - LO - BS (1 di 4)" dell'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 del PAI.

In generale, si riconoscono:

- zone di distacco comprese fra quote che variano da oltre 800-1000 m s.l.m. fino a 100-200 m s.l.m., costituite da creste pinnacoli ed affioramenti rocciosi interessati da un forte grado di fratturazione, con una propensione al distacco di singoli elementi rocciosi e/o di porzioni di ammasso stesso;
- zone di transito ed arresto costituite da pendii regolari sviluppantesi con inclinazioni medie sui 35°-45° con una copertura variabile da substrato roccioso affiorante, copertura detritica (Sopino, Reamol), boschiva-arbustiva (Monte Preals) e a prato (pendici M.te Bestone);

- zone di transito ed arresto rappresentate o da porzioni distali caratterizzate da basse inclinazioni ($<30^\circ$) o identificate con le fasce alla base delle pareti rocciose.

Da un punto di vista giaciturale nell'ambito del territorio comunale si nota una variabilità che differenzia la porzione meridionale da quella centrale e settentrionale con il passaggio da una copertura dolomitica monoclinale della porzione a sud con dolomie a bancate e zonate che passano, in forza dell'assetto geostrutturale del territorio, da una giacitura a franappoggio fino a reggipoggio.

Nel dettaglio il sistema a franappoggio risulta ben evidente in corrispondenza del massiccio del M.te Bestone le cui pendici orientali e settentrionali (verso il Torrente Pura) rientrano nel territorio comunale, analoga giacitura mostra il blocco dolomitico sviluppatosi a monte della loc. Preone. Tale area è già stata in passato interessata da fenomeni di scoscendimento massi, in seguito al quale è stato realizzato un intervento di difesa con opere di tipo passivo (barriere paramassi) a mitigazione del rischio.

L'orientazione degli strati vede, in quest'area immersioni comprese all'incirca $N28^\circ-45^\circ$ ed inclinazioni medie sui 40° con picchi fino a $70^\circ-75^\circ$.

In tutto il resto del territorio comunale, da immediatamente a nord della valle del Pura, a M.te Preals, seppure con inclinazioni variabili si presentano preminentemente a reggipoggio ad eccezione dell'estrema porzione orientale (loc. a nord di Capo Reamol) in cui la Dolomia Superiore, organizzata in strati abbastanza regolari, presenta giaciture a franappoggio con immersione verso est ($N70-90^\circ$).

Nella fascia compresa tra loc. S.Rocco – Sopino – Reamol, le giaciture in generale presentano un'immersione abbastanza regolare verso NW, $N300^\circ-N340^\circ$, ed inclinazioni variabili principalmente nell'intervallo $30^\circ-50^\circ$ in un contesto morfologico caratterizzato da pareti subverticali che si susseguono per oltre 500 m di dislivello.

Lo stile morfologico è caratterizzato da forme aspre e frastagliate articolate in creste, cenge, dossi e costoni localmente interrotti da modesti impluvi subparalleli.

Per quanto attiene, la delimitazione areale del fenomeno di scoscendimento massi, sono stati interamente recepite le delimitazioni della perimetrazione delle aree a rischio molto elevato "023 - LO - BS (1 di 4)" dell'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 del PAI. Tale limite è stato peraltro confermato nell'ambito del Progetto esecutivo per la "Realizzazione di ulteriori difese passive per crolli sulla S.S. 45 bis in loc. Sopino, di cui alla legge 3 agosto 1998, n° 267, programma 2001 e successive modificazioni, secondo lotto funzionale sub A - anno 2005".

Nell'ambito del presente studio del Piano di Governo del Territorio si è delimitata l'area di influenza interessata potenzialmente dal fenomeno di scoscendimento massi, che, sulla base di valutazioni preliminari (da DGR n°1566/2005) lambisce altimetricamente la quota 130-135 m s.l.m. localmente 110 m s.l.m.. in località pendici alla base del Monte Preals.

Forme e processi legati alla gravità - Frane di scivolamento superficiale

I fenomeni franosi identificati sul territorio comunale sono molteplici e principalmente sviluppati in corrispondenza dei ripidi versanti delle valli del Torrente S. Giovanni e del Torrente Pura.

Tali fenomenologie di dissesto sono classificabili come scivolamenti rotazionali coinvolgenti gli estesi depositi detritici potenti anche decine di metri che ammantano quasi con continuità le pendici rocciose presenti.

Gli elementi predisponenti tale stato di degrado diffuso sono lo sfavorevole assetto del substrato roccioso, l'azione erosiva delle acque superficiali di ruscellamento e di quelle al piede (localmente del torrente), l'elemento scatenante è rappresentato presumibilmente da forti intense precipitazioni che sono in grado di mobilitare anche grandi quantità di materiale.

Nella valle del Singol, i più significativi si sono sviluppati in destra idrografica a quote variabili di 290 m s.l.m. e 190-200 m s.l.m.

La pericolosità di tali fenomeni risiede anche nel fatto che gli accumuli di materiale in alveo vengono rimobilizzati e potenzialmente presi in carico andando a generare fenomeni di debris flow.

Dominio pedemontano - ambiti di conoide

Il territorio comunale compreso fra le pareti rocciose precedentemente citate e la fascia lacustre si identifica nelle conoidi di deiezione ed i coni di detrito. Tali corpi in generale si sviluppano dallo sbocco delle valli principali e, disponendosi a ventaglio, vanno a lambire con le porzioni distali la fascia costiera.

Le principali sono le conoidi coalescenti del Torrente Pura e del S. Giovanni, Reamol sotto e Reamol sopra, e quelle minori del Rio Sé e loc. La Nua.



Ambito di conoide - Conoidi del Torrente Pura e S. Giovanni

Di quelle citate, le prime quattro (Conoide torrente Pura, S .Giovanni Reamol sotto e Reamol sopra) sono state classificate dall'Autorità di Bacino nel Piano di Assetto idrogeologico PAI art. 18 (N.T.A. delibera n°18 del 26/04/01) come **CA - aree di conoide attive o potenzialmente attive non protette da opere di difesa e di sistemazione** - pericolosità molto elevata. Queste sono successivamente state ripериметrate ai sensi della Legge 267/98 e secondo le direttive PAI e della L.R. 41/97e DGR n°7365 del 11/12/2001 (Cfr Tavola dei vincoli).

Il corso del Torrente Pura e del S. Giovanni, dall'anno 2005 sono oggetto di Studi e Progetti per la sistemazione idraulica, già parzialmente attuati all'atto della stesura del presente studio (in particolare la zona di foce di entrambi ed il tratto intermedio del S. Giovanni sono già stati oggetto di esecuzione di opere di sistemazione nell'ambito del Progetto per la realizzazione di interventi urgenti per la mitigazione del rischio idrogeologico, sostenuto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti).

Conoidi del torrente Pura e S. Giovanni

Entrambe le conoidi si sviluppano nella porzione meridionale del territorio comunale coprendo un dislivello globale di circa 170.0 m. nel primo e 80.0 m. nel secondo caso; tale porzione di territorio, in special modo la conoide del T. Giovanni, è interamente colonizzata dall'abitato di Limone.

Morfologicamente, la conoide del T. Pura è rappresentata da un corpo deposizionale con forma grossomodo a ventaglio e zona apicale collocata a quota circa 250 m s.l.m. (loc. Campaldo) allo sbocco della Val Pura e quota minima 65 m s.l.m. (quota lago) avente una superficie di circa 0.36 kmq, lunghezza massima di circa 840 m e larghezza massima circa 560 m.

Analogamente la conoide del T. S.Giovanni è rappresentata da un corpo deposizionale con forma grossomodo a ventaglio e zona apicale collocata a quota circa 120 m s.l.m. (loc. la Milanese) allo sbocco della Valle del Singol e

quota minima 65 m s.l.m. (quota lago) avente una superficie di circa 0.42 kmq, lunghezza massima di circa 700 m e larghezza massima circa 1.100 m.

Conoidi di Reamol sotto e Reamol sopra

Le suddette conoidi si localizzano nella porzione nord orientale del territorio comunale fino al confine regionale e sono state classificate (Studio della ripermimetrazione P.A.I. delle conoidi) come debris flows fans (conoidi da colate detritiche secondo la Classificazione di Marchi et Alii).

Morfometricamente, sono rispettivamente caratterizzate da una superficie di circa 0.1 e 0.06 kmq, lunghezza massima da 480 m e 300 m e larghezza massima 590 e 410 m, con apice posizionato a quota di circa 300 m e 180 m s.l.m. .

Caratteri comuni a tutte le aste che originano le conoidi suddette, sono l'abbondante materiale in alveo derivato da fenomeni di dissesto localizzati in seno ai versanti laterali e nelle zone di testata, potenzialmente rimobilabile che può dare origine a colate detritiche (l'ultima riattivazione della conoide Reamol risale al 18-19 luglio 2001).

In generale nei bacini di alimentazione sono poco diffuse le coperture boschive, i versanti sono generalmente rocciosi o denudati o con una rada copertura arbustiva; tale mancanza di copertura favorisce la degradazione fisico chimica dell'ammasso roccioso, già localmente cataclasato e fratturato, aumentando l'apporto detritico alle sottostanti aste idriche.

Forme e processi legati alla dinamica delle acque superficiali. Potenziali percorsi di colata detritica, percorsi di colata detritica quiescente e percorsi di colata detritica attiva.

Da un primo esame della carta geomorfologia ed idrologica si deduce come le forme ed i processi legati alla dinamica delle acque superficiali siano piuttosto sviluppate mediamente su tutto il territorio comunale.

Tra le forme rilevate si osservano erosioni lineari e/o avvallamenti di sponda ubicati lungo le incisioni e i canali evidenziati nella Carta Geomorfologica.

Nei riguardi dei percorsi di colata detritica ritenuti *attivi*, gli elementi morfologici che hanno permesso la loro identificazione sul terreno, comprendono piccoli impluvi o incisioni rettilinee impostati su versanti molto acclivi che fungono da collettori e canali di scarico di materiale detritico. Tali depositi sono alimentati in modo pressochè continuativo sia da frane in roccia localizzate preferibilmente in seno alle zone di testata delle vallette sia dalle prospicienti pareti subverticali che caratterizzano le porzioni sommitali dei versanti.

Nei percorsi di colata attivi rientrano le aste idriche o i percorsi in s.s. afferenti alle conoidi del Torrente S.Giovanni, Pura, Reamol di sotto e sopra, perimetrata ai sensi della normativa PAI, unitamente ad altre aste che manifestano i caratteri tipici del fenomeno e/o sono state interessate da eventi di debris flow; sono stati classificati fra questi il Rio Punta dei Larici, Rio La Nua (riattivatosi nel luglio del 2010), un tratto del Rio Sopino e il Rio Tesol.

Nei percorsi di colata, riconosciuti come *quiescenti*, rientrano tronchi d'alveo che mostrano lungo il loro decorso longitudinale tracce di eventi pregressi. E' da rimarcare, tuttavia, come spesso l'insufficienza di precisi markers morfologici quali barre laterali e forme di accumulo unitamente alla natura stessa del fenomeno (che si esplica, soprattutto, entro la rete idrografica di primo ordine, associando l'agente gravitativo a quello idrodinamico) non consenta all'interno del territorio studiato di distinguere in modo univoco i fenomeni torrentizi parossistici dai percorsi di colate detritiche in senso stretto. In questo gruppo sono stati classificati un tratto del Rio Sopino ed il Rio Sé, nonché numerosi tratti presenti nell'entroterra montano.

7. Inquadramento idrogeologico

La distribuzione delle unità idrogeologiche presenti nel territorio esaminato è evidenziata nella Carta idrogeologica alla scala 1: 5 000 (Tav.03-1, 03-2, 03-3), ove sono inoltre riportate le emergenze sorgentizie e le opere di captazione presenti sul territorio ed altri elementi direttamente collegati ai sistemi idrogeologici.

Per la redazione della tavola suddetta come riferimento sono state utilizzate: Carta idrogeologica della parte meridionale delle prealpi bresciane – scala 1 : 50.000 – CNR e ASM, Carta delle grotte e delle sorgenti delle prealpi bresciane alla scala 1 : 50.000 edita da SSI e ASM.

Nell'analisi si è fornita una valutazione generale circa il grado di permeabilità delle successioni litologiche del substrato roccioso e separatamente dei depositi quaternari.

CARATTERISTICHE DELLE UNITA' IDROGEOLOGICHE		
LITOLOGIA	PERMEABILITA' DELL'ACQUIFERO	SIGNIFICATO IDROGEOLOGICO
Substrato roccioso		
Dolomia principale	Alta principalmente per fessurazione e localmente carsismo	Circolazione idrica sviluppata, con locali decrementi dei valori di permeabilità in corrispondenza di fasce cataclasate
Calcare di Zu	Media per fessurazione	Circolazione idrica mediamente sviluppata ma in considerazione degli circoscritti affioramenti riveste ad ampia scala un ruolo idrogeologicamente non determinante nel territorio
Dolomia superiore	Alta principalmente per fessurazione	Circolazione idrica sviluppata, con locali decrementi dei valori di permeabilità in corrispondenza di fasce cataclasate
Depositi superficiali		
Detrito di versante e falde di detrito	Elevata per porosità	Circolazione idrica da molto a sviluppata, in relazione alla granulometria grossolana caratterizzante il deposito
Deposito di conoide e alluvioni recenti	Elevata per porosità	Circolazione idrica molto sviluppata, variabile solo localmente in relazione al contenuto di matrice fine eventualmente presente

Depositi costieri	Media per porosità	Circolazione idrica mediamente sviluppata con locali decrementi fino a ridotta, le variazioni sono legate all'eterogeneità dei depositi (sabbie e ghiaie/ limi/ depositi antropici)
Depositi fluvioglaciali	Medio- alta per porosità	Circolazione idrica mediamente sviluppata, con locali decrementi in dipendenza del contenuto di matrice fine
Depositi morenici	Ridotta per porosità	Circolazione idrica poco sviluppata in ordine alla abbondante componente limose costituente la matrice

Secondo i dati a disposizione, sotto il profilo dell'approvvigionamento idrico ad uso idropotabile, il comprensorio del comune di Limone sul Garda è servito (con sistema acquedottistico comunale) sia da captazioni superficiali in alveo (T.S.Giovanni) che con pozzi perforati in alveo.

L'Amministrazione comunale, come previsto dall'ATO, ha affidato la gestione del servizio idrico integrato all'Azienda GARDA UNO SPA.

Nella tabella seguente sono riportate le emergenze captate ad uso acquedottistico:

Denominazione	Portata (l/s)	Regime
Presa Singol (Torrente S.Giovanni)	22	-
Galleria Singol	2	perenne
Pozzo Val Pura	4	perenne
Sorgente Sass (Balot)	3	perenne
Sorgente Erminia	3	perenne

L'approvvigionamento maggiore avviene ad opera della presa Singol, ubicata ad una quota di circa 320 m s.l.m., capta l'acqua direttamente dal Torrente S.Giovanni, la galleria drenante è posta nelle vicinanze e drena l'adiacente parete rocciosa, tutte le acque vengono successivamente trattate presso l'impianto di potabilizzazione del Singol posto a quota 308 m s.l.m..

Analogo iter subiscono le acque captate dal Pozzo Pura che vengono convogliate nell'impianto ubicato nelle vicinanze e successivamente distribuite in rete.

Per le captazioni ad uso idropotabile sono state riportate le aree di salvaguardia (come da normativa vigente), definite come le porzioni di territorio immediatamente circostanti il punto di captazione in cui vengono imposti dei vincoli e limitazioni d'uso del territorio finalizzati alla tutela delle acque dall'inquinamento.

Si distinguono la zona di tutela assoluta, zona di rispetto e zona di protezione; per la normativa e le prescrizioni a cui sono assoggettate tali zone si rimanda al capitolo "Quadro dei vincoli normativi – Cap.13".

In merito alla **circolazione idrica sotterranea** e quindi all'assetto del sistema o dei sistemi idrogeologici caratterizzanti il comprensorio comunale, avendo a disposizione una quantità esigua di dati, si sono potute delineare solo le caratteristiche principali.

Come evidenziato in tabella, all'interno del territorio comunale si distinguono unità a permeabilità primaria per porosità (depositi quaternari e superficiali di copertura-conoidi falde di detrito) e unità a permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo (ammassi rocciosi principalmente di Dolomia principale e superiore).

I litotipi incoerenti della prima unità giacciono in discordanza angolare e erosiva sui termini prequaternari con una separazione imperfetta dalli complessi idrogeologici sottostanti.

L'analisi geologica e geologico-strutturale, unitamente ai risultati dell'analisi delle acque delle sorgenti in generale permette di localizzare l'acquifero principale nella porzione settentrionale in corrispondenza dei rilievi calcarei permeabili per fessurazione dell'esteso massiccio dolomitico (Dolomia principale) non se conosce tuttavia la profondità di soggiacenza (presumibilmente potrebbe essere a grande scala collegato al livello del lago); qui, in dipendenza del grado di fratturazione degli ammassi rocciosi, avvengono i principali processi di infiltrazione e di immagazzinamento della risorsa idrica del territorio, pertanto nella porzione non satura del massiccio gli acquiferi sono discontinui e di estensione limitata.

Tali acquiferi minori sono localmente comunicanti o delimitati ad opera di aquicludi presenti nella successione stratigrafica o da limiti geologici impermeabili; analogamente i sistemi/fasce di faglia possono essere drenanti o costituire limiti a deflusso nullo.

In relazione a questo assetto e alle condizioni idrogeologiche generali, si rileva sul territorio la presenza di diffuse emergenze sorgentizie con portate piuttosto costanti ma generalmente inferiori a 5 l/s, nella porzione a monte (da substrato roccioso).

In tale fascia, vengono a giorno infatti le emergenze sorgentizie principali (alcune anche sfruttate a scopo idropotabile) localizzate in quota, che nella Valle del Singol fra i 210–230 m s.l.m. e nella Valle del Pura a circa quota 290 slm; si tratta principalmente di gruppi di sorgenti con emergenze di tipo lineare di trappola tettonica che fuoriescono da fasce fratturate o fratture singole nella Dolomia principale, le principali con regime perenne ed in alcuni casi una buona portata.

Immediatamente a sud est, si individuano inoltre i corpi delle conoidi del Torrente Pura e del S.Giovanni, piuttosto che le falde di detrito poste più nord ovest (Sopino, Reamol) rappresentati dai corpi acquiferi caratterizzati da permeabilità primaria per porosità con valori piuttosto elevati, data la distribuzione granulometrica dei sedimenti; presumibilmente il livello della prima falda è collegato direttamente al livello del lago.

In corrispondenza di tali corpi si è osservato localmente, livelli più fini, una circolazione idrica subsuperficiale che vengono a giorno principalmente per troncatura topografica.

Dai dati a disposizione, nonostante l'assetto del territorio sia molto complesso, l'assetto idrogeologico può essere considerato abbastanza semplice e costituito a grande scala da un unico acquifero pressochè continuo che comprende sia il massiccio dolomitico che i termini quaternari con il livello di equilibrio finale (base) delle acque coincidente con il lago.

8. Carta Litotecnica

La carta Litotecnica e di inquadramento di dettaglio, redatta alla scala 1:5.000 permette l'identificazione delle differenti configurazioni di tipo geologico presenti sul territorio e rappresenta un valido aiuto ad una prima valutazione dei potenziali fenomeni di amplificazione sismica associati ai diversi scenari.

A fine di conseguire una zonizzazione litotecnica del substrato roccioso e dei depositi superficiali presenti sul territorio comunale sono stati distinti e raggruppati in differenti categorie litotecniche mediante l'accorpamento delle differenti unità geologiche (rocce e terreni) con caratteristiche fisiche e litologiche analoghe e simile comportamento geotecnico.

In particolare si è operata la seguente suddivisione:

SUBSTRATO ROCCIOSO

- Successioni dolomitiche massicce : Dolomia Principale
- Successioni carbonatico dolomitiche a banchi : Dolomia Principale - Calcare di Zu
- Successioni carbonatico dolomitiche stratificate : Calcare di Zu e Dolomia superiore

DEPOSITI DI COPERTURA

- Accumuli detritici da attivi a colonizzati
- Depositi costieri
- Depositi di conoide
- Depositi morenici
- Depositi fluvioglaciali

**CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE E GEOTECNICHE DI MASSIMA
DEI LITOTIPI AFFIORANTI**

SUBSTRATO ROCCIOSO

Le caratteristiche di resistenza intrinseca del substrato roccioso sono globalmente migliori delle coperture, tuttavia, in presenza di particolari condizioni di alterazione, di dissoluzione chimica delle formazioni calcaree, di fratturazione e di giacitura dei piani di discontinuità, anche le proprietà geomeccaniche degli ammassi possono sensibilmente decrescere.

Mediante l'utilizzo di metodi di rilievo speditivi e la rielaborazione critica di dati a disposizione, si è effettuata una valutazione di massima circa le qualità degli ammassi rocciosi per i diversi litotipi affioranti indicando il valore di RMR secondo la Classificazione di Bieniawski e una stima dei valori dei principali parametri geotecnici. I parametri riportati per il substrato roccioso si riferiscono sempre all'ammasso roccioso e non al materiale roccia intatto.

I valori di RMR riportati sono indicativi e orientativi di una classe di valori; resta inteso come tali valori siano da verificare nel dettaglio per ogni indagine puntuale.

SUCCESSIONI CALCAREO-DOLOMITICHE MASSICCE

DOLOMIA PRINCIPALE - CALCARE DI ZU - DOLOMIA SUPERIORE

Le formazioni sono costituite da dolomie e calcari dolomitici a stratificazione indistinta organizzati in banchi di potenza metrica. Sono comprese nella presente classl rilievi eseguiti hanno fornito i seguenti risultati:

In generale appartenenza alla **Classe II e III** della Classificazione geomeccanica di Bieniawsky con **RMR base 63 - 70** e con qualità dell'ammasso roccioso da discreta a buona.

Le caratteristiche geotecniche indicative attribuite all'ammasso roccioso:

RMR	c(kPa)	ϕpicco
63-70	320-380	39° - 43°

SUCCESSIONI CALCAREO-DOLOMITICHE A BANCHI :

DOLOMIA PRINCIPALE - CALCARE DI ZU

Le formazioni sono costituite da dolomie e calcari organizzati in banchi di potenza metrica .

I rilievi eseguiti ed i dati a disposizione hanno fornito i seguenti risultati:

Zona meridionale del territorio comunale – Pendici M.te Bestone / Valle Pura

In generale appartenenza alla **Classe II e III** della Classificazione geomeccanica di Bieniawsky con **RMR 57 - 60** e con qualità dell'ammasso roccioso da discrete e buone.

Le caratteristiche geotecniche indicative attribuite all'ammasso roccioso:

RMR	c(kPa)	ϕpicco
57-60	250-350	30° - 36°

Zona nord orientale – Sopino – Valle dei Larici

In generale appartenenza alla **Classe III** della Classificazione geomeccanica di Bieniawsky con **RMR 48-52** e con qualità dell'ammasso roccioso da discrete e buone.

Le caratteristiche geotecniche indicative attribuite all'ammasso roccioso:

RMR	c(kPa)	ϕpicco
48-52	110-230	29° - 34°

SUCCESSIONI CALCAREO DOLOMITICHE STRATIFICATE :

CALCARE DI ZU – DOLOMIA SUPERIORE

Gli ammassi sono costituiti da calcari dolomitici stratificati; le caratteristiche dipendono dalla fratturazione, dalle condizioni delle discontinuità e dall'assetto giaciturale e tettonico.

I rilievi e le rielaborazioni eseguite hanno fornito i seguenti risultati:

In generale l'appartenenza per la seconda formazione alla **Classe III** della Classificazione geomeccanica di Bieniawsky con **RMRbase 48-65** e con qualità dell'ammasso roccioso discreta.

Le caratteristiche geotecniche indicative attribuite all'ammasso roccioso sono:

RMRbase	c(kPa)	ϕpicco
48-65	250-300	34° - 39°

Depositi superficiali

ACCUMULI DETRITICI da attivi a colonizzati

All'interno di questa categoria sono stati raggruppati i depositi grossolani afferenti al detrito di versante con differente grado di stabilizzazione (più o meno attivi) non prendendo in considerazione le coperture superficiali eluviali/colluviali che generalmente sono esigue.

Si tratta di materiali incoerenti costituiti in generale da ghiaie sabbiose, ghiaie e ciottoli e blocchi, eterogenei morfometricamente e con basso grado di arrotondamento; derivando principalmente dallo smantellamento di pareti dolomitiche litologicamente sono monogenici (dolomia principale).

I terreni sopra descritti possono essere classificati, principalmente come, GM, GM-GW, secondo la classificazione USCS e A-1a e A-1b e A-2 secondo la CNR UNI 10006.

Si tratta in generale di terreni con buona- ottima capacità drenante in dipendenza del contenuto sabbioso, qualità portanti da discrete a buone.

Si riassumono di seguito i valori dei principali parametri geotecnici:

Terreno	γ (t/mc)	ϕ' (°)	c
Ghiaie sabbiose Ghiaie e sabbie	1.80-2.10	32-38	0

DEPOSITI COSTIERI

All'interno di questa categoria sono stati raggruppati i depositi costieri ed in genere riporti di natura eterogenea.

Si tratta per i primi di materiali incoerenti differenziati in ghiaie sabbiose, ghiaie limose e sabbiose e ghiaie e sabbie (alluvionali e di conoide distale rimaneggiati dall'azione delle onde), passanti a limi sabbiosi e sabbie.

I terreni sopra descritti possono essere classificati, principalmente come, GW, GP e GM passanti a ML – MH secondo la classificazione USCS e A-1a e A-1b, in misura minore A-2 e A- 4 secondo la CNR UNI 10006.

Si tratta in generale di terreni con buona ottima capacità drenante, qualità portanti discrete – buone, compressibilità nulla, per quelli granulari, e discrete mediocri qualità di portanza per le componenti più fini.

Si riassumono di seguito i valori dei principali parametri geotecnici:

γ (kN/mc)	ϕ' (°)	C' kPa	Nspt
18 - 19.5	29-37	0	5-30

Per i riporti antropici la distinzione e classificazione granulometrica risulta più ardua essendo caratterizzati da estrema eterogeneità in ordine alla natura e distribuzione delle frazioni granulometriche.

DEPOSITI DI CONOIDE

All'interno di questa categoria sono stati raggruppati tutti i terreni costituenti i corpi di conoide (principalmente Pura e S.Giovanni).

Si tratta di materiali incoerenti costituiti da ghiaie sabbiose, ghiaie limose e sabbiose e ghiaie e sabbie, organizzate in livelli ed orizzonti con clasti isorientati ed embricati ad opera dell'azione trattiva delle correnti.

I terreni sopra descritti possono essere classificati, principalmente come, GW, GP e GM secondo la classificazione USCS e A-1a e A-1b, in misura minore A-2 secondo la CNR UNI 10006.

Si tratta in generale di terreni con buona ottima capacità drenante, qualità portanti discrete – buone, compressibilità nulla.

Si riassumono di seguito i valori dei principali parametri geotecnici:

γ (kN/mc)	ϕ' (°)	C' kPa	Nspt
18 - 19.5	32-37	0	10-30

DEPOSITI MORENICI

I depositi morenici in generale sono costituiti da terreni misti, massivi, rappresentati da ghiaie sabbiose con ciottoli e trovanti di natura poligenica, immersi in matrice limosa sovraconsolidata con basso indice di plasticità ($IP < 10\%$); il grado di addensamento è globalmente da medio ad elevato con valori da Nspt che tipicamente vanno a rifiuto spesso anche a deboli profondità.

I terreni sopra descritti possono essere classificati, principalmente come, GM, GM-ML, GC-CL secondo la classificazione USCS e A-2 e A-4 secondo la CNR UNI 10006.

Si tratta in generale di terreni con mediocre-scarso capacità drenante in dipendenza del contenuto sabbioso, qualità portanti buone.

Si riassumono di seguito i valori dei principali parametri geotecnici:

γ (kN/mc)	ϕ' (°)	C' kPa	Nspt
19-20	34-40	0-20	>15-18

DEPOSITI FLUVIOGLACIALI E ALLUVIONALI

All'interno di questa categoria sono stati raggruppati i depositi fluvio-glaciali ed in genere alluvionali di natura prettamente incoerente.

Si tratta di materiali incoerenti differenziati in ghiaie sabbiose, ghiaie limose e sabbiose e ghiaie e sabbie, organizzate in livelli ed orizzonti con clasti isorientati ed embricati ad opera dell'azione trattiva delle correnti.

I terreni sopra descritti possono essere classificati, principalmente come, GW, GP e GM secondo la classificazione USCS e A-1a e A-1b, in misura minore A-2 secondo la CNR UNI 10006.

Si tratta in generale di terreni con buona ottima capacità drenante, qualità portanti discrete – buone, compressibilità nulla.

Si riassumono di seguito i valori dei principali parametri geotecnici:

γ (kN/mc)	ϕ' (°)	C' kPa	Nspt
18 - 19.5	32-37	0	10-30

9. Carta di Sintesi della Pericolosità geologica

L'elaborazione di tutte le conoscenze geologiche reperite sul territorio, unitamente all'analisi dettagliata dei dati geologico-tecnici e geomorfologici, ha consentito la redazione della cartografia di Sintesi della pericolosità geologica (Tav. 6-1/6-2/6-3/ e 6-4 alla scala 1:2.000). Scopo di tale analisi è quello di effettuare una zonazione del territorio per aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologica relativamente ad uno specifico fenomeno.

L'elaborato cartografico deriva dallo sviluppo organico degli elementi ricavati dalle analisi generale e di dettaglio, quali: genesi dei depositi, litologia, giaciture di strato, utilizzo del suolo, grado di fratturazione, assetto tettonico, processi geomorfici legati alla gravità ed alle acque superficiali.

Si riportano di seguito i principali fenomeni di pericolosità geologica di cui si è riscontrata la presenza a differente scala nel territorio comunale di Limone. Nella tabella sono indicati inoltre i possibili effetti di amplificazione sismica attesa al suolo.

N°	Elementi di pericolosità riscontrati
1	Aree con elevata acclività e potenzialmente interessate dal distacco di massi
2	Aree di influenza distale delle pareti potenzialmente interessate da fenomeni di crollo
3	Versanti acclivi potenzialmente soggetti a fenomeni di dissesto (acclività > del 35%)
4	Zone di ciglio interessate da fenomeni di instabilità
5	Aree con terreni caratterizzati da scadenti caratteristiche geotecniche o a bassa soggiacenza della falda (Lago)
6	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (a differente pericolosità derivate dallo studio per la ripermetrazione delle conoidi)
7	Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione (Fasce di rispetto del Reticolo idrico minore)
8	Zone di rispetto e di tutela assoluta delle captazioni a scopo idropotabile

Per la descrizione dettagliata di ogni singolo fenomeno si rimanda al paragrafo dell'inquadramento geomorfologico e litotecnico ed al Quadro dei vincoli Normativi.

Di seguito si riassumono sinteticamente i criteri adottati al fine della delimitazione dei fenomeni di cui al punto 2 e al punto 6.

Nel dettaglio, nella carta di pericolosità viene visualizzata ai piedi delle pareti potenzialmente interessate da caduta di massi, **una fascia potenzialmente interessata dal transito e arresto degli stessi** (punto 2).

Si è utilizzato, in via speditiva, il criterio suggerito dalle "Procedure per la valutazione della pericolosità da frana" contenute nella Delibera regionale di riferimento per la componente geologica, che ha permesso una distinzione della fascia stessa in due sottozone a minore grado di pericolosità (evidenziate nella Carta di fattibilità e delle azioni di piano – Tav.8).

Secondo le valutazioni condotte, unitamente ad accurati rilievi geomorfologici di campagna, il limite di valle della fascia di influenza distale considerata (pendici M.te Preals – zona esterna all'area a pericolosità idrogeologica molto elevata), andrebbe a lambire altimetricamente la quota 130-135 m s.l.m. e localmente 110 m s.l.m.

Per quanto attiene le aree a vulnerabilità idraulica, si sono recepite le zone di pericolosità idraulica scaturite dallo Studio di Riperimetrazione delle Conoidi del Torrente S. Giovanni, Pura, Reamol di sotto e di sopra.

La procedura seguita dall'autore dello studio ha concorso alla delimitazione delle seguenti classi di pericolosità. Queste sono state successivamente accorpate ai fini della determinazione della fattibilità delle azioni di piano.

- **Pericolosità molto bassa (H1):** area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto;
- **Pericolosità bassa (H2):** area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto;
- **Pericolosità media (H3):** area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazioni) e ad erosione di sponda. In particolare si possono avere deflussi di altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso ghiaiosi;
- **pericolosità alta (H4):** area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto di massa e/o trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti;
- **Pericolosità molto alta (H5):** comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.

10. Carta della Pericolosità sismica locale

L'elaborazione delle conoscenze geologiche globali reperite sul territorio, unitamente all'analisi dettagliata dei dati geologico-tecnici e geomorfologici, ha consentito la redazione della cartografia della pericolosità sismica locale (Tavv.07-1 / 07-2 e 07-3).

Scopo di tale analisi è quello di effettuare una zonazione del territorio per aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologica e del rischio sismico.

L'elaborato cartografico deriva dallo sviluppo organico degli elementi ricavati dalle analisi generali e di dettaglio, quali: genesi dei depositi, litologia, utilizzo del suolo, processi geomorfici legati alla gravità ed alle acque superficiali, morfologia del terreno e tutte le combinazioni degli elementi sopraesposti che possano indurre fenomeni di amplificazione sismica locale.

In ottemperanza alla D.G.R. VII/1655 del 22/12/05 si è operata inoltre l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito, applicando le procedure definite dalla Delibera regionale stessa.

La procedura prevede, essendo il Comune di Limone sul Garda ricadente nella **Zona sismica 3** (ex Ordinanza PCM 3274, DM 14/09/05 e DM 15/01/08) con accelerazione $a_{max}=0.15 g$, l'analisi del sito:

- sia con l'applicazione dell'approccio di **1° livello**, mediante la redazione della carta di pericolosità sismica con riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base di osservazioni geologiche geomorfologiche e geotecniche generali (obbligatorio per tutti i comuni);
- sia con l'applicazione dell'approccio di **2° livello**, mediante una caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica;

Per l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale si è fatto riferimento alla Tabella 1 di cui all'Allegato 5 della D.g.r. 8/1566 sotto riportata.

Sigla	SCENARIO 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	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
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: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali 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	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

(da Allegato 5 - DGR n°VII/1655 del 22/12/05)

In base alla tabella precedente sono state riconosciuti per il territorio di Limone sul Garda i seguenti scenari di pericolosità sismica locale (PSL) riferibili a:

Sigla	Scenario	Effetti
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	Instabilità
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
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
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali 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)	

2° livello - Procedura semplificata per effetti litologici

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fa (fattore di amplificazione).

Il valore di Fa è stato calcolato sulla base di amplificazioni litologiche o topografiche per tipologie edilizie con periodo proprio compreso nell'intervallo di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, in alcune aree campione o considerate di importanza strategica o di sicurezza o aree di futura espansione.

Il valore di Fa calcolato con i differenti metodi viene poi utilizzato al fine di valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della Normativa sismica

vigente (D.M. 2008 - Norme tecniche per le costruzioni) confrontandolo con il valore di Fa di soglia calcolato per il Comune di Limone sul Garda.

I dati utilizzati nelle analisi ai fini del calcolo del coefficiente di amplificazione sismica locale Fa sono dati a disposizione da analisi di laboratorio, dati di analisi indirette S.C.P.T. e da indagini di sismica passiva originali, di questi si forniscono, come da delibera regionale, differenti gradi di attendibilità.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Alta	Da prove in sito e analisi di laboratorio
Stratigrafici	Media	Da indagini indirette (prove S.C.P.T.)
Geofisici	Alta	Da indagini di sismica passiva (stazione singola e array bi-dimensionali)

11. Indagini di sismica passiva¹

Nel comune di Limone si è eseguita un'indagine sismica passiva per la caratterizzazione degli effetti sismici di sito con i seguenti obiettivi:

- a. *ricostruire la stratigrafia sismica del sottosuolo,*
- b. *stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire indicazione della categoria di suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008), ex DM 14/09/2005,*
- c. caratterizzare le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo.

¹ L'indagine e l'elaborazione dei dati è stata condotta in collaborazione con la Dott.ssa Geol. Silvia Castellaro di Bologna

A tali fini si sono effettuati:

- 1) 2 array sismici passivi bi-dimensionali;
- 2) misure di microtremore sismico ambientale a stazione singola in 5 siti, di cui 3 non esplorati dall'indagine in array e 2 in prossimità dei siti selezionati per gli array.

Cenni sull'oggetto della misura di sismica passiva e sulla teoria di base della tecnica a stazione singola impiegata sono dati in Appendice.

Strumentazione impiegata

Per la sismica passiva in array: si è impiegato un array digitale a 16 canali (*SoilSpy Rosina*, Micromed spa), collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5 Hz. La digitalizzazione del segnale avviene direttamente sui geofoni, il che elimina la possibilità di fenomeni di cross-talk lungo il cavo, migliorando il rapporto segnale-rumore.

Le acquisizioni sono state condotte per 10 min circa, a frequenza di campionamento di 512 Hz.

Per la sismica passiva a stazione singola: le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento (*Tromino*[®], Micromed spa, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz.

Definizioni

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Ubicazione delle misure

I punti di misura a stazione singola e gli stendimenti sismici 2D sono stati ubicati nei tabulati di calcolo del valore di F_s riportati in allegato. Le misure a stazione singola sono state effettuate ponendo il nord strumentale secondo il nord magnetico.

MISURE IN CAMPO LIBERO IN ARRAY

I risultati delle indagini in array vengono trattate per prime in quanto queste forniscono il vincolo per l'inversione delle curve H/V derivanti dalle prove a stazione singola.

Le registrazioni ottenute dagli stendimenti passivi sono stati analizzate secondo due approcci:

a) tecnica ReMi (Refraction Microtremor, Louie, 2001) applicata alla *parte lineare* di ciascun array:

- 1) la traccia originaria di 10 min di durata viene suddivisa in finestre di 10 s,
- 2) su ciascuna finestra viene eseguito lo slant-stack per diversi valori di V_s e la trasformata di Fourier, ottenendo così un diagramma velocità di fase dell'onda di Rayleigh vs. frequenza il cui massimo energetico indica la curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh. Poiché la direzione prevalente (se esiste) delle sorgenti di microtremore non è individuabile in modo univoco da uno stendimento lineare, per evitare di restituire una velocità apparente il picking della curva di dispersione nei grafici a contouring va effettuato al di sotto della fascia di massima energia.

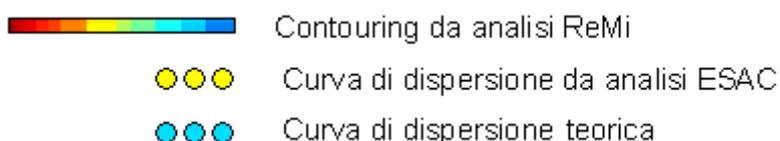
3) Si conservano le sole finestre utili (eliminando quindi le finestre in cui non compaiono chiare curve di dispersione e quelle in cui compaiono eventualmente solo modi superiori),

4) e si produce una curva di dispersione media che può essere invertita tramite confronto con una curva di dispersione teorica derivante da un modello di sottosuolo che va modificato fino ad ottenere una buona somiglianza tra curva sperimentale e teorica.

b) tecnica ESAC (Extended Spatial Autocorrelation Method, Ogori, 2002, Chavez-Garcia, 2006) applicata all'intero array bidimensionale. Tale tecnica produce una curva di dispersione a partire da qualsiasi configurazione di array (non strettamente lineare come nell'indagine ReMi) e non necessita di picking. La tecnica è comunque sensibile ad eventuali maggiori contenuti energetici dei modi superiori, che vanno pertanto riconosciuti prima di ogni interpretazione.

L'inversione delle curve di dispersione viene effettuata congiuntamente a quella delle curve H/V, pertanto il modello di Vs per ciascun sito sarà quello che dà il miglior *fit con* le curve di dispersione da tecnica ReMi, ESAC ed H/V.

Nella legenda sottostante riportiamo i simboli usati nei grafici degli spettri di velocità per le tre curve di dispersione citate.



ARRAY 1: PURA

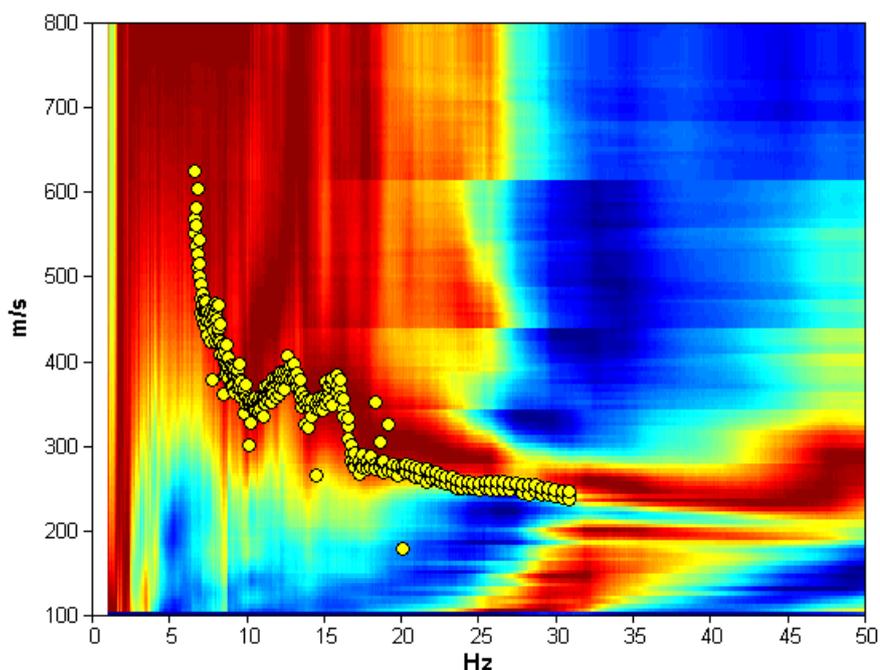
Il primo array è stato eseguito in vicinanza dell'attraversamento del Torrente Pura della SP 38; sono stati dispiegati 14 geofoni ad intervalli di 3 m secondo uno stendimento lineare con una copertura totale di 39 m ed il microtremore sismico ambientale è stato campionato lungo la linea per 10 min alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'esito dell'analisi frequenza-velocità (ReMi) è rappresentato dal contouring a colori in figura.

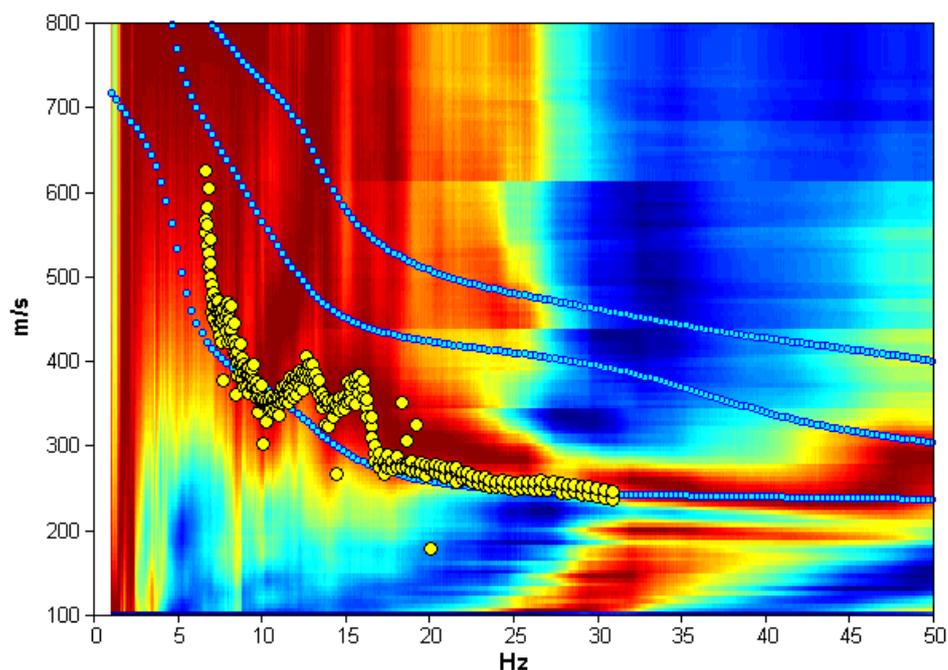
La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta visibile nell'intervallo tra 7 e 50 Hz. A partire dalla legge fisica $\lambda v = V$ si ricava che la massima lunghezza d'onda λ esplorata dall'array è di $V / v = 500 \text{ m/s} / 7 \text{ Hz} \sim 71 \text{ m}$.

L'esito dell'analisi ESAC è sovrapposto nella stessa figura ed illustrato dai pallini gialli. La curva di dispersione ESAC risulta visibile nell'intervallo 6-50 Hz, dove segue il modo fondamentale.

La curva di dispersione sintetica che meglio approssima le curve ESAC e ReMi è sovrapposta in blu in ed è stata ottenuta per il modello di sottosuolo illustrato.



Spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh derivanti dall'analisi ReMi. Ad essi è sovrapposta in giallo la curva ottenuta dall'analisi ESAC. In ordinata è la velocità di fase delle onde di Rayleigh, in ascissa la frequenza.



Spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh derivanti dall'analisi ReMi. Ad essi è sovrapposta in in giallo la curva ottenuta dall'analisi ESAC e in blu i primi 3 modi della curva di dispersione teorica per il sito in esame. In ordinata è la velocità di fase delle onde di Rayleigh, in ascissa la frequenza.

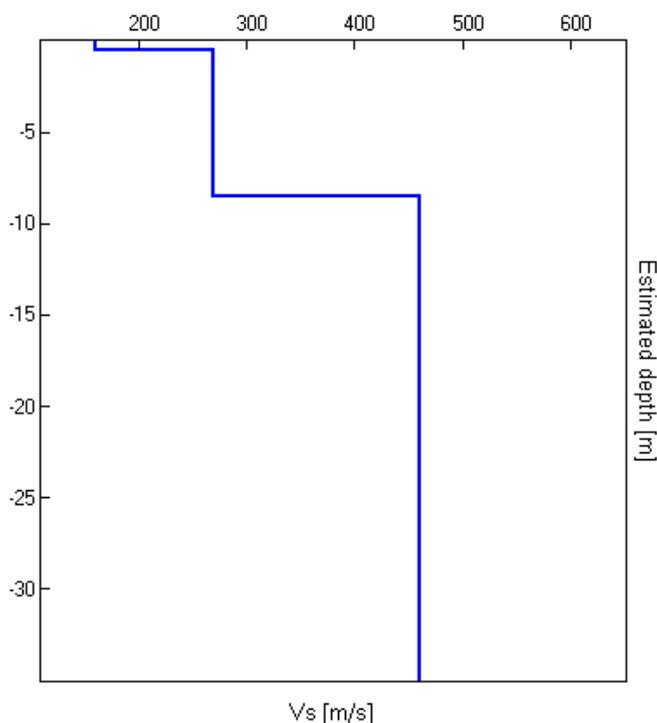
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Modulo di Poisson
0.50	0.50	160	0.35
8.50	8.00	270	0.35
38.50	30.00	460	0.35
inf.	inf.	800	0.35

Modello di sottosuolo e valore di Vs30 per il sito ottenuto dalle indagini in array.
Vs30 = 377 m/s

La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno si calcola, ai sensi di legge (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, ex DM 14/09/2005) con la seguente formula:

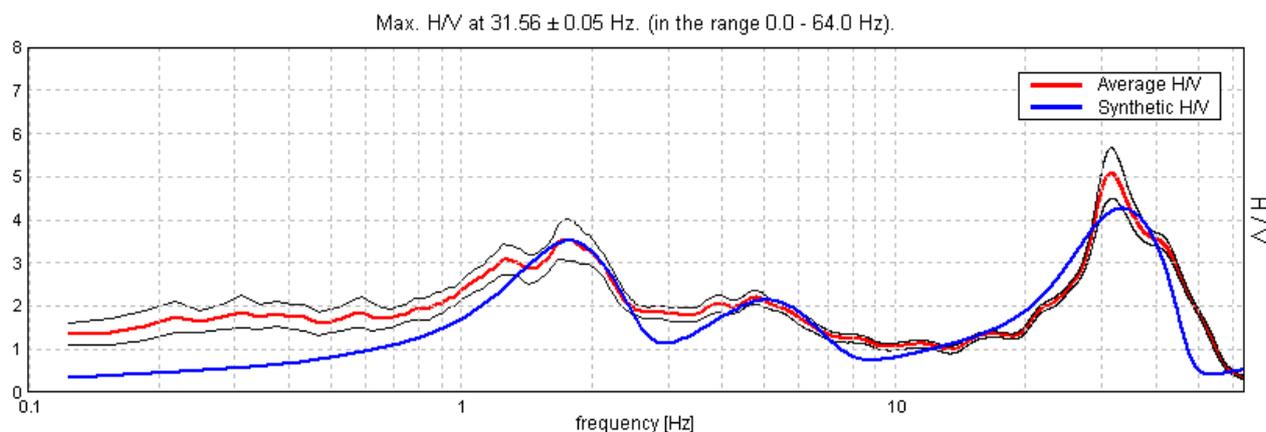
$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

dove h_i e Vs_i sono spessori e velocità dei singoli strati. Dall'indagine in array si ottiene per questo sito un valore $Vs_{30} = 377$ m/s (incertezza 1σ dell'ordine del 15%). Il bedrock sismico è oltre i 30 m di profondità.



Profilo di Vs relativo alla tabella precedente

Nella figura seguente è messa a confronto la curva H/V (vd. pag. 84) sperimentale registrata al centro dello stendimento (rosso) con quella teorica (blu) per un modello di sottosuolo simile a quello fornito dall'indagine in array. La curva H/V mette in evidenza 3 frequenze di risonanza significative, rispettivamente a 1.5-1,8 Hz, 4.5 Hz e 31 Hz.



Confronto tra la curva H/V sperimentale (media in rosso, intervallo di confidenza al 95% in nero) registrata al centro dello stendimento e curva H/V teorica ottenuta per il modello di sottosuolo illustrato nella tabella .

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.80	0.80	100
12.80	12.00	260
-	-	500

Modello di sottosuolo nei primi 30 m valore di Vs30 per il sito ottenuto dall'indagine a stazione singola. Vs30 = 339 m/s

La **categoria di suolo di fondazione** per il sito in esame è **B** secondo l'indagine in array e C secondo l'indagine a stazione singola.

Le incertezze sperimentali di misura suggeriscono che si tratti di una situazione in cui il valore di Vs30 si colloca esattamente a cavallo delle due classi.

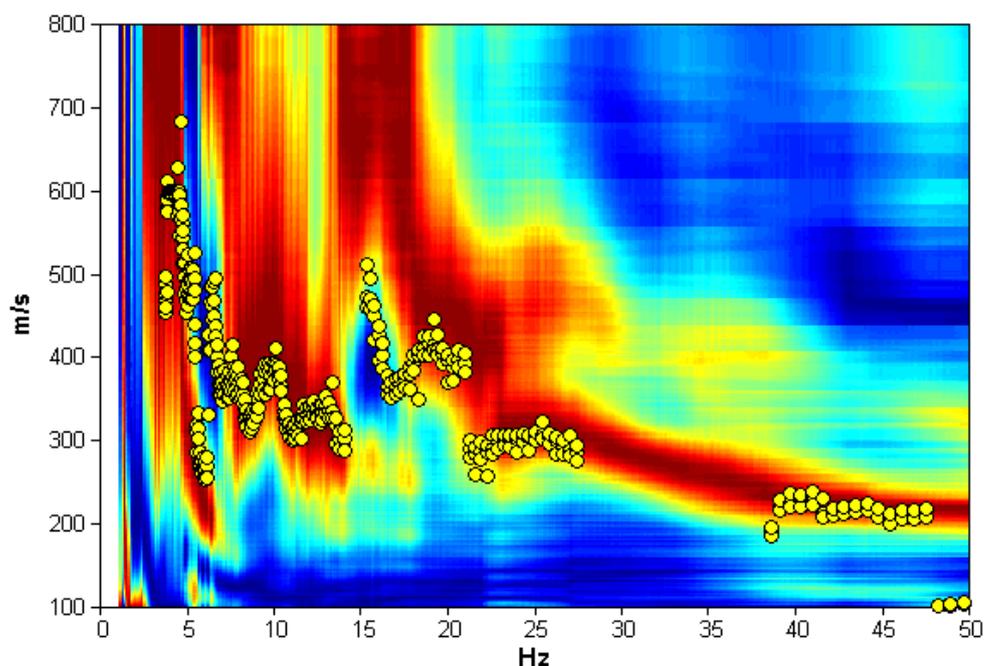
La presenza nella curva H/V di due marcate risonanze a valori di frequenza di interesse ingegneristico suggerisce di classificare C l'area indagata nel caso in cui siano previste costruzioni con frequenza propria prossima ai su citati valori riscontrati nel sottosuolo, che potrebbe generare fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura in caso di terremoto.

ARRAY 2: MUNICIPIO

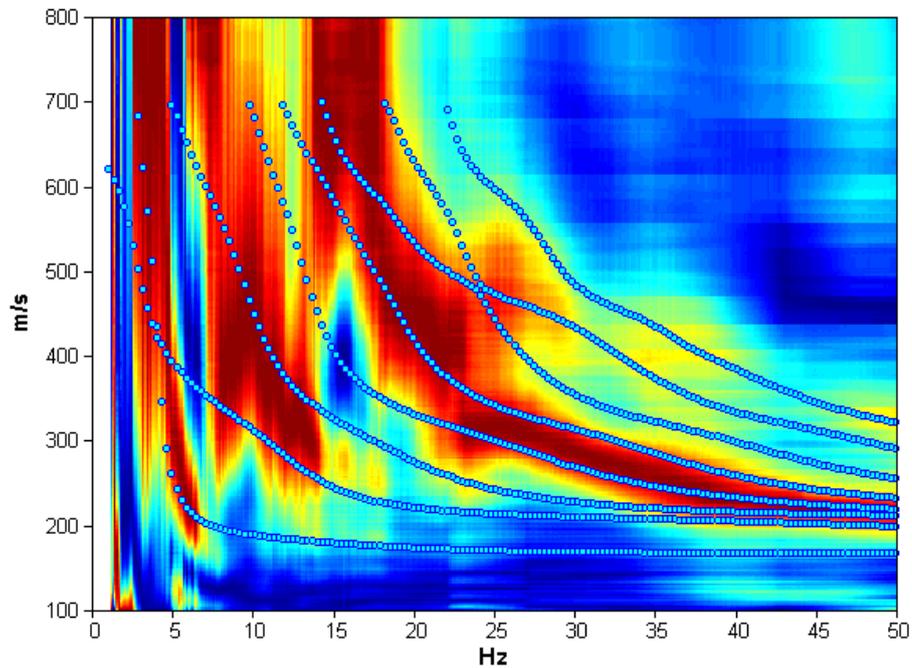
Nel sito in esame sono stati dispiegati 14 + 3 geofoni ad intervalli rispettivamente di 3 m (lato lungo) e 4 m (lato corto) secondo una geometria ad “L” per una copertura totale di 47 m ed il microtremore sismico ambientale è stato campionato lungo la linea per 10 min alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L’analisi dei dati effettuati secondo le specifiche descritte in precedenza dà i risultati illustrati nelle figure seguenti. L’esito dell’analisi frequenza-velocità (ReMi) è rappresentato dal contouring a colori, l’esito dell’analisi ESAC è sovrapposto alla stessa figura ed illustrato dai pallini gialli. La curva di dispersione sintetica che meglio approssima le curve ESAC e ReMi è illustrata in blu ed è stata ottenuta per il modello di sottosuolo illustrato.

Dagli spettri di velocità si osserva che la curva di dispersione sperimentale si può seguire solo in piccoli intervalli di frequenza e per modi diversi: il modo fondamentale pare essere visibile solo tra 5 e 6 Hz, il primo modo superiore tra 7 e 15 Hz e altri modi sono visibili sopra questa frequenza. Per questa ragione in figura sono riportate le curve teoriche relative ai primi 8 modi di vibrare.



Spettri di velocità di fase dell’onda di Rayleigh derivanti dall’analisi ReMi. Ad essi è sovrapposta in giallo la curva ottenuta dall’analisi ESAC. In ordinata è la velocità di fase delle onde di Rayleigh, in ascissa la frequenza.

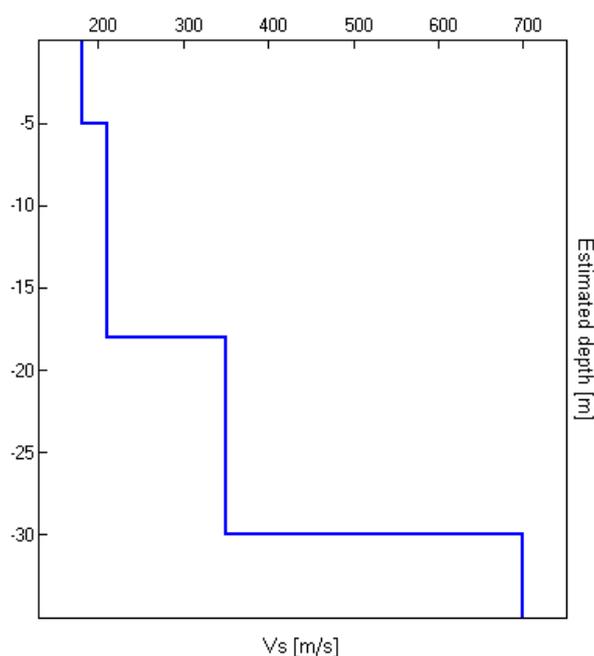


Spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh derivanti dall'analisi ReMi. Ad essi sono sovrapposti in blu i primi 8 modi della curva di dispersione teorica per il sito in esame. In ordinata è la velocità di fase delle onde di Rayleigh, in ascissa la frequenza.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Modulo di Poisson
5.00	5.00	180	0.35
18.00	13.00	210	0.35
30.00	12.00	350	0.35
inf.	inf.	700	0.35

Modello di sottosuolo e valore di Vs30 per il sito ottenuto dalle indagini in array.

Vs30 = 242 m/s

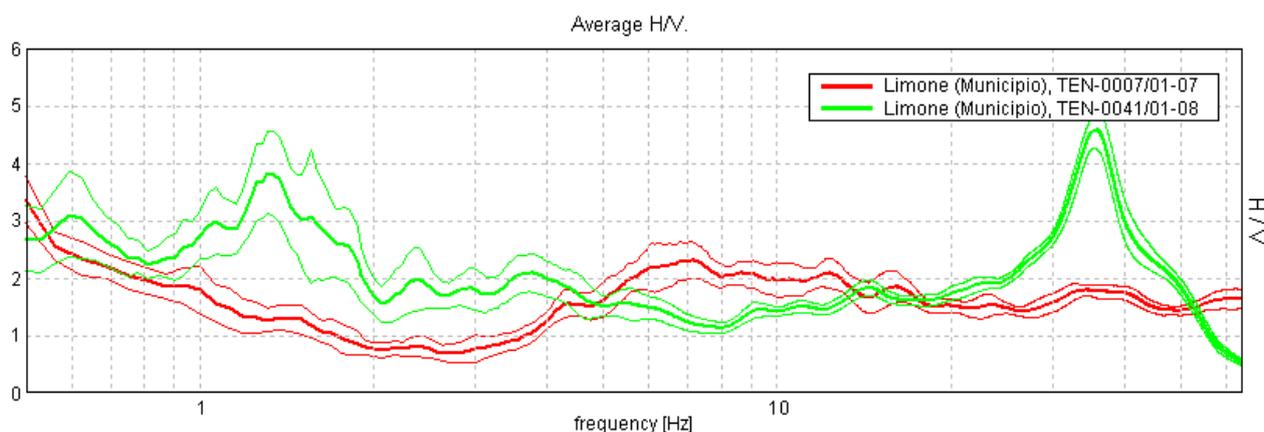


Profilo di Vs relativo alla tabella precedente (ottenuto da indagine in array).

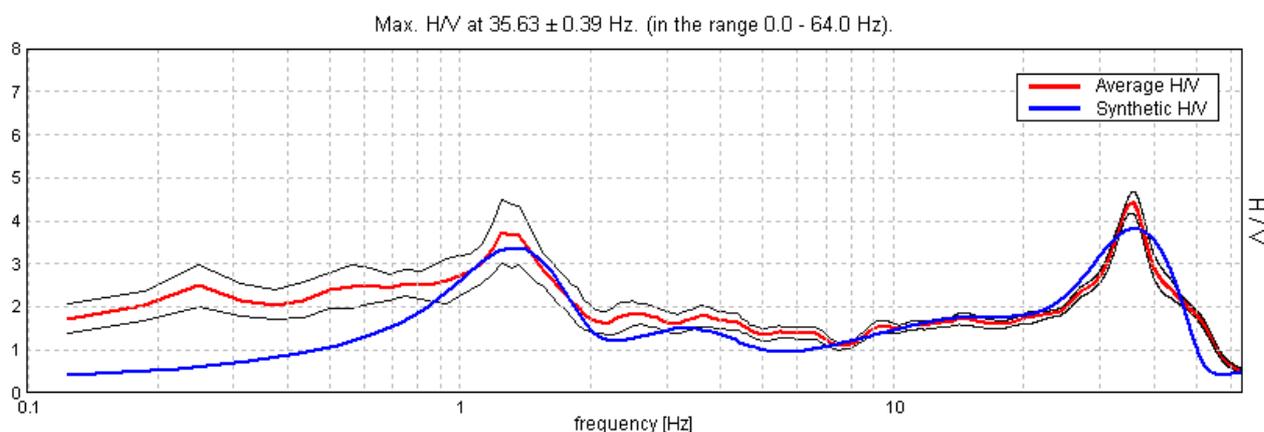
Nella figura seguente sono messe a confronto due curve H/V (stazione singola) registrate nell'area in cui è stato effettuato lo stendimento.

Si osserva una grande differenza tra le due curve, riconducibile ad un sottosuolo con natura non 1D. In questi contesti è normale attendersi una differenza anche sostanziale tra i risultati delle indagini in array e quelle a stazione singola, poiché non sono soddisfatti gli assunti su cui si basano i modelli per ottenere curve teoriche.

In figura si dà il confronto tra una curva H/V sperimentale ottenuta nel sito e quella teorica ottenuta per il modello di velocità di riportata in tabella.



Confronto tra due curve H/V registrate a poche decine di metri di distanza nell'area dello stendimento sismico. Si osserva una grande differenza tra le due curve, riconducibile ad un sottosuolo con natura non 1D. In questi contesti è normale attendersi una differenza anche sostanziale di risultati tra le indagini in array e quelle a stazione singola.

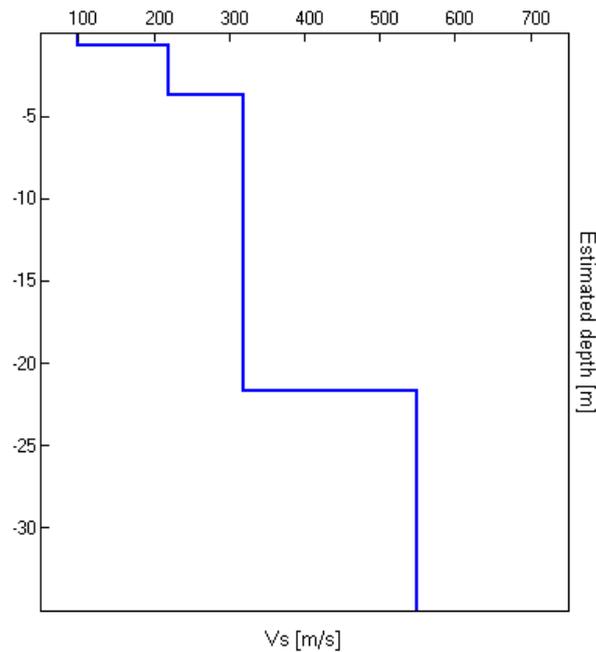


Confronto tra la curva H/V sperimentale (media in rosso, intervallo di confidenza al 95% in nero) registrata in testa allo stendimento e curva H/V teorica ottenuta per il modello di sottosuolo in tabella.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.60	0.60	80
3.60	3.00	200
21.60	18.00	280
86.60	65.00	450
inf.	inf.	850

. Modello di sottosuolo e valore di Vs30 per il sito ottenuto dall'indagine a stazione singola.

Vs30 = 284 m/s



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu) ottenuta per il modello di sottosuolo riportato nella tabella.

I valori di Vs30 ricavati dall'indagine in array e a stazione singola sono, rispettivamente, 242 m/s e 284 m/s. La categoria di suolo di fondazione in entrambi i casi è C (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, ex DM 14/09/2005).

MISURE IN CAMPO LIBERO A STAZIONE SINGOLA

Procedura di analisi dati per stazioni singole H/V

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:

- ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- ⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- ⇒ rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

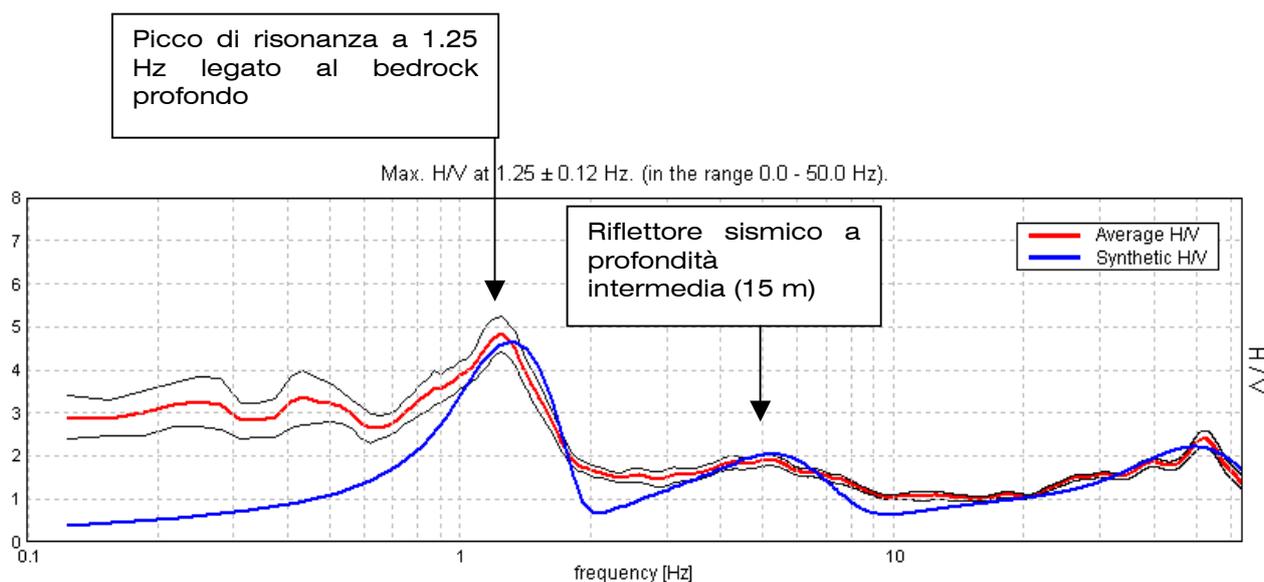
Le curve H/V possono esser convertite dal dominio H/V-frequenza al dominio Vs-profondità tramite inversione vincolata (Castellaro e Mulargia, 2008). Nel caso presente il vincolo è fornito dalla Vs del primo strato inserita dalle indagini in array.

Più in generale il vincolo è costituito dalla profondità di un riflettore sismico noto tramite prove dirette (sondaggio/penetrometria/geofisica indipendente) il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V.

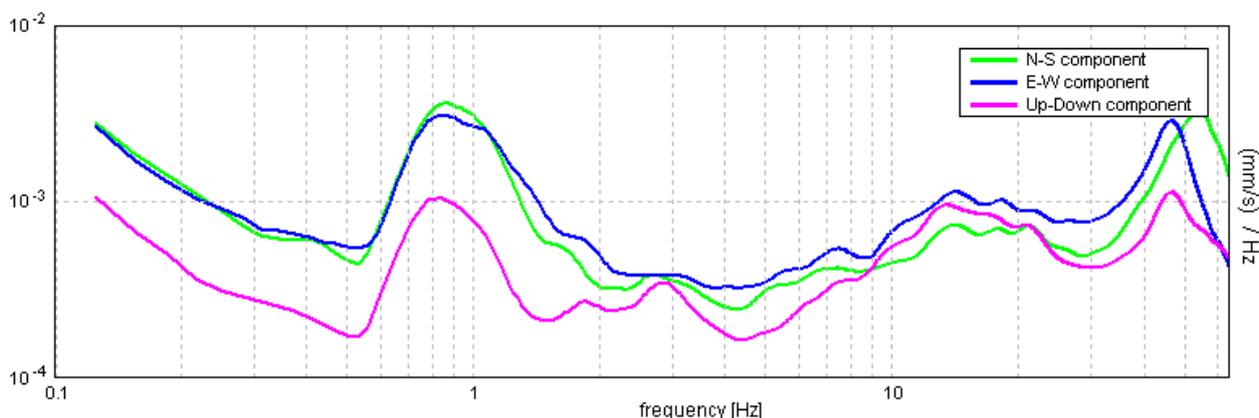
A partire da questo elemento noto si genera una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato) e considerando per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

SITO COSTA (Lungolago)

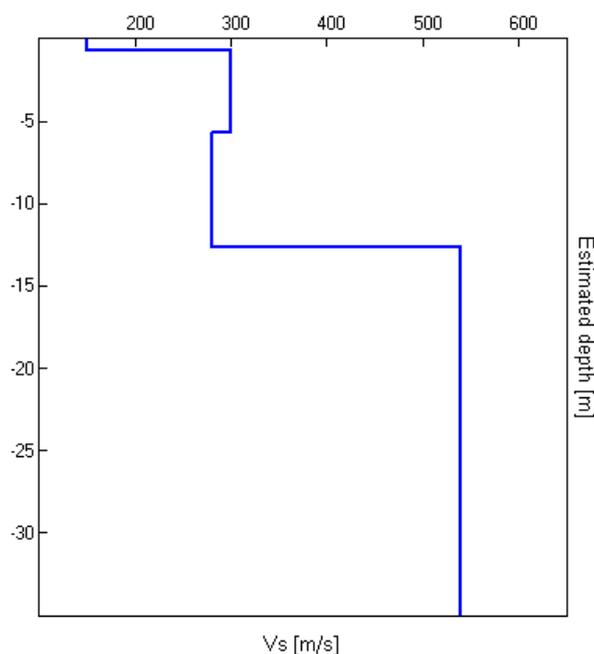
La curva H/V registrata presso il sito denominato *Costa* mostra un picco fondamentale di risonanza a 1.25 Hz che appare significativo dal punto di vista della microzonazione sismica. Il profilo di Vs stimato per il sito in esame è dato nella tabella seguente e la curva H/V teorica derivante da detto modello di sottosuolo è sovrapposta in blu a quella sperimentale in figura.



Curva H/V media sperimentale (rosso) e intervallo di confidenza al 95% (nero). Curva H/V teorica per il modello blu.



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto.



Profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) stimato per il sottosuolo sulla base del fit vincolato della curva H/V.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]
0.70	0.70	150
5.70	5.00	300
12.70	7.00	280
112.70	100.00	540
inf.	inf.	1300

Modello di sottosuolo per il sito inferito dall'indagine a stazione singola. $V_{s30} = 383$ m/s

Il fit vincolato della curva H/V fornisce $V_{s30} = 383$ m/s.

Il sito ricade pertanto in **categoria B** secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008).

Nella tabella seguente è riportata a titolo di esempio l'analisi di significatività del picco principale di risonanza del sito a 1.25 Hz (SESAME, 2005). Il picco supera tutti i test proposti dalle linee guida SESAME (2005).

Max. H/V a 1.25 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 62.5 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Devono essere tutti soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1350.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 61 times	OK	

Criteri per una picco H/V chiaro

[Devono esserne soddisfatti almeno 5 su 6]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.84 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04854 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06068 < 0.125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2067 < 1.78$	OK	

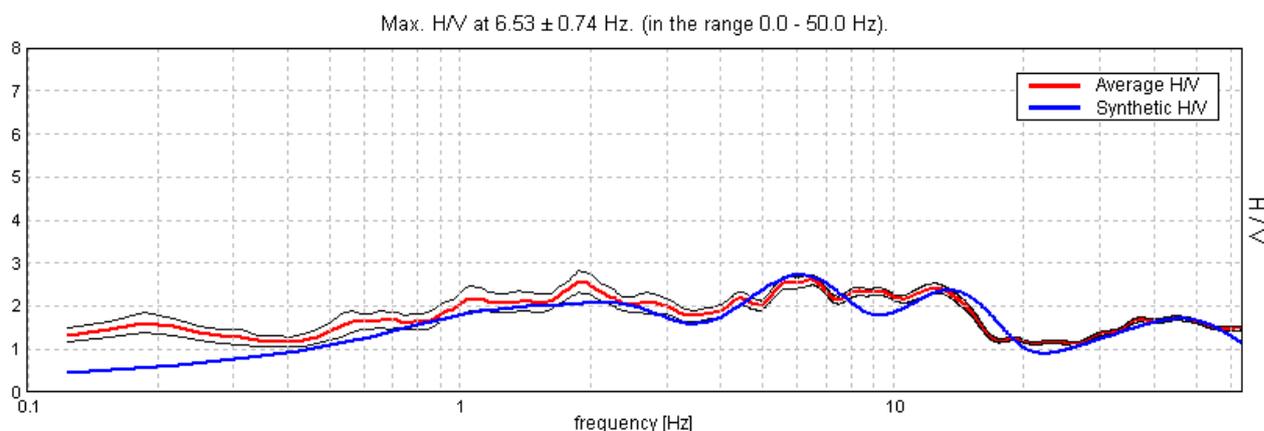
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

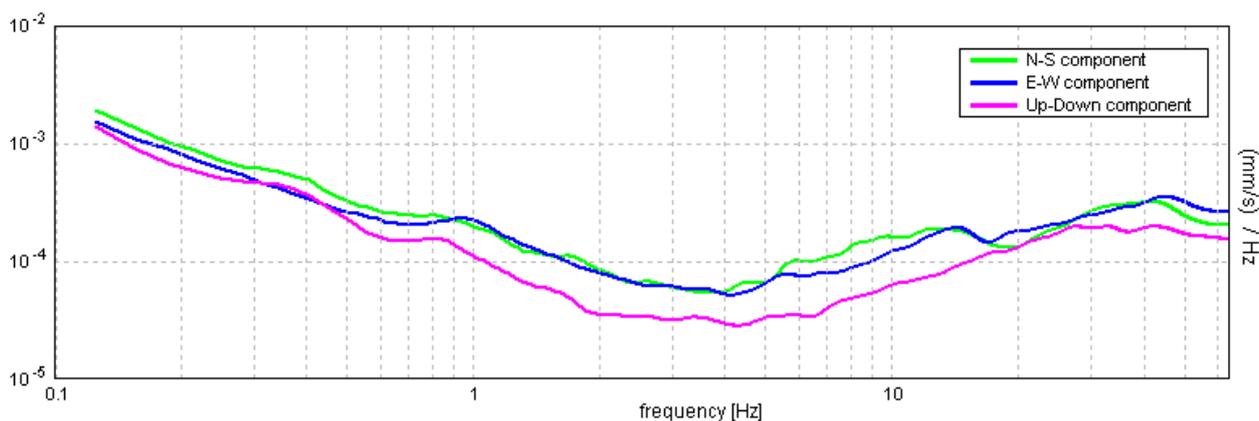
SITO SPIAGGIA

La prova sismica a stazione singola effettuata presso il sito denominato *Spiaggia* mostra una curva H/V amplificata in tutto l'intervallo di frequenze da 1 a 15 Hz, con deboli massimi relativi tra 1 e 2 Hz a 6 Hz e 15 Hz.

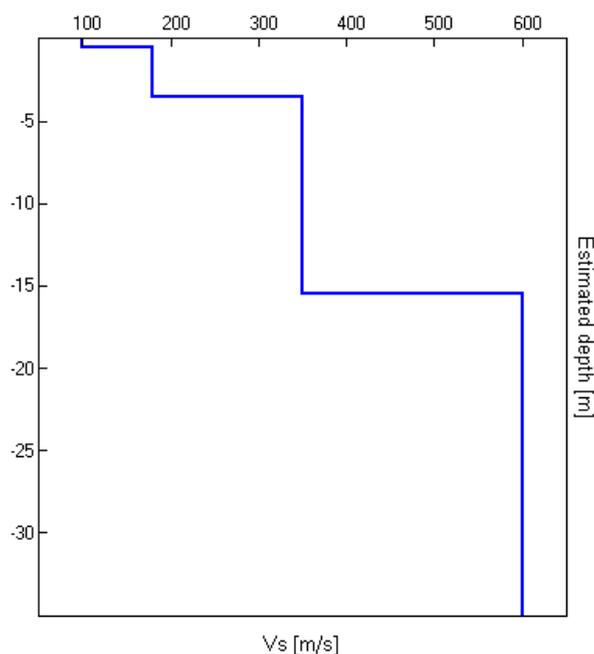
Le curve H/V sperimentale e teorica ottenute per il modello di sottosuolo della tabella seguente sono date in figura:



Curva H/V media (rosso) e intervallo di confidenza al 95% (nero). Curva H/V teorica per il modello blu.



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto.



Profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) stimato per il sottosuolo sulla base del fit vincolato della curva H/V.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]
0.50	0.50	100
3.50	3.00	180
15.50	12.00	350
70.50	55.00	600
220.50	150.00	950
inf.	inf.	1200

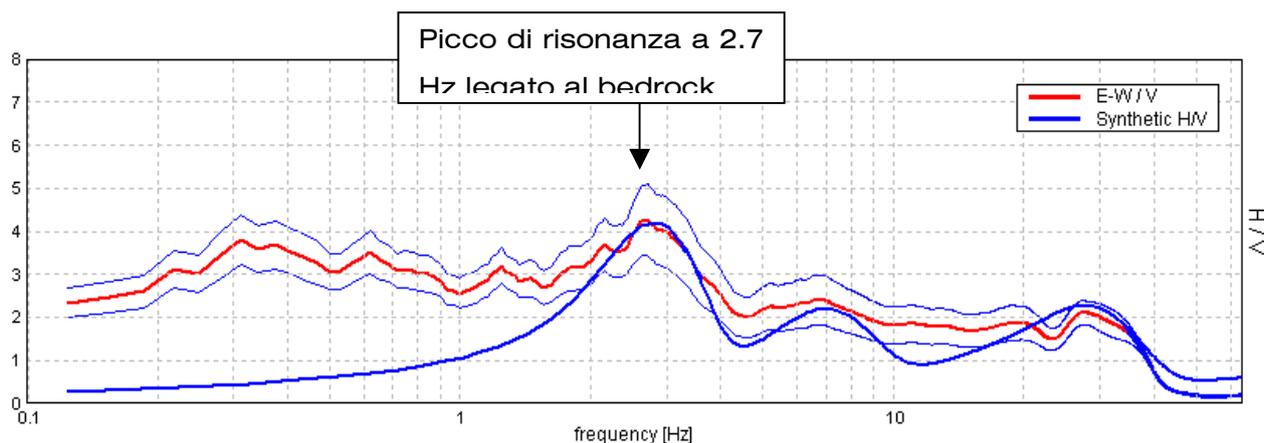
Modello di sottosuolo per il sito inferito dall'indagine a stazione singola. $V_{s30} = 374$ m/s

Il fit vincolato della curva H/V fornisce $V_{s30} = 374$ m/s.

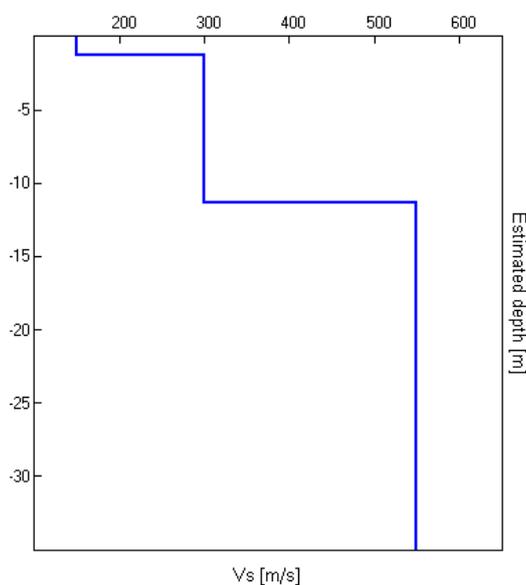
Il sito ricade pertanto in **categoria B** secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008).

SITO DORSALE (Detrito)

Il sito denominato *Dorsale* presenta un picco fondamentale di risonanza a 2.7 Hz. Il profilo di Vs stimato per il sito in esame è dato nelle figure di seguito e la curva H/V teorica derivante da detto modello di sottosuolo è sovrapposta in blu a quella sperimentale in figura:



Curva H/V media (rosso) e intervallo di confidenza al 95% (blu).
Curva H/V teorica per il modello seguente (blu).



Profilo della velocità delle onde di taglio (Vs) stimato
per il sottosuolo sulla base del fit vincolato della curva H/V.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.30	1.30	150
11.30	10.00	300
53.30	42.00	550
inf.	inf.	1150

Modello di sottosuolo per il sito riferito dall'indagine a stazione singola. Vs30 = 395 m/s

Il fit vincolato della curva H/V fornisce Vs30 = 395 m/s.

Il sito ricadrebbe pertanto in categoria B secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) ma si sottolinea che risultano potenti risonanze del sottosuolo a 2.7 Hz e 7 Hz. Per edifici con frequenze di vibrazione proprie attese per questi valori si suggerisce di declassare il sito da B a C.

Considerazioni conclusive

Nella tabella seguente si riassumono i caratteri sismici principali dei siti indagati nel comune di Limone e le incertezze sulle stime effettuate.

Sito	Vs30 ² - categoria di suolo [m/s]		Risonanze del terreno misurate nel solo campo di interesse ingegneristico <i>standard</i> [1-10 Hz]
	Da indagine in array	Da H/V vincolato	Frequenza [Hz] ³
PURA	377 - B	339 - C	1.5-1.8 e 4-5
MUNICIPIO	242 - C	284 - C	1.3
COSTA		383 - B	1.2
SPIAGGIA		374 - B	1-2 e 6
DORSALE		395 - B	2.7

Riassunto dei valori di Vs30, della categoria di suolo di fondazione e delle frequenze di risonanza misurate (non calcolate) nei vari siti all'interno del campo di frequenze di interesse più comune in ingegneria (1-10 Hz). Le incertezze sperimentali nella misura dei parametri sono descritte nelle note a piede pagina.

² Gli errori sperimentali nelle stime del Vs30 sono quantificabili nel 15% a 1σ.

Si rileva che nonostante la maggior parte dei siti ricada in categoria di suolo B (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008) o al margine tra categoria B e C, esistono in ogni sito delle risonanze solitamente molto marcate a frequenze di interesse ingegneristico standard.

Cautela deve pertanto essere posta nei vari siti in funzione delle tipologie di strutture che ospitano o ospiteranno ai fini di evitare fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura in caso di terremoto.

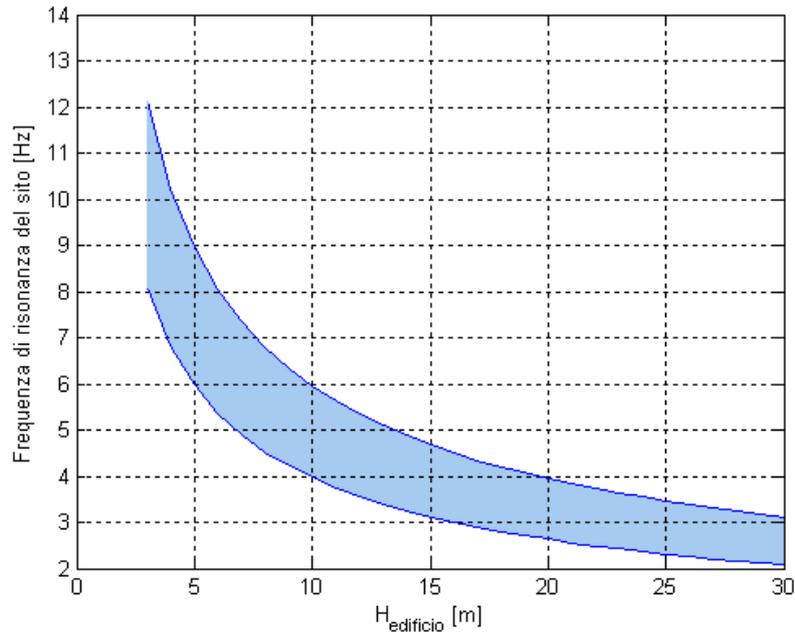
Per strutture con frequenze proprie attese o misurate prossime a quelle del sottosuolo si suggerisce di declassare i siti da B a C.

L'analisi congiunta di questa figura e dei risultati esplicitati in tabella permette di ottenere una indicazione degli edifici maggiormente a rischio per fenomeni di doppia risonanza.

Si sottolinea tuttavia che i modi principali di vibrare di un edificio si possono misurare con tecniche passive molto rapide simili a quelle descritte in questo studio e che la misura diretta è raccomandabile rispetto al calcolo da modello o alla stima tramite relazioni standard in quanto esiste una notevole variazione da struttura a struttura.

³ Gli errori sperimentali nella misura della frequenza di risonanza sono riportati nel testo, nelle sezioni dedicate ai rispettivi siti. Si tratta mediamente di errori di pochi punti percentuali.

Nella figura seguente è stata riportata la relazione tipica tra altezza di un edificio standard italiano in c.a. (Masi *et al.*, 2007) e sua frequenza di risonanza.



Fascia di vulnerabilità per fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura. Le frequenze fondamentali delle strutture si possono misurare agevolmente con tecniche passive simili a quelle impiegate in questo studio. I valori tipici per edifici in c.a. assunti per disegnare questa figura sono stati ricavati dallo studio di Masi *et al.* (2007).

12. Amplificazione Sismica locale

Ai fini del calcolo semiquantitativo del fattore di amplificazione sismica F_a si è utilizzata la procedura descritta nella Delibera regionale (Allegato 5 – Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio) pervenendo a valori del coefficiente stesso F_a calcolato per i differenti siti individuati confrontati con il **valore soglia** calcolato per il Comune di Limone sul Garda.

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori di amplificazione sismica di soglia e quelli calcolati. In allegato si riportano i tabulati grafici illustranti la procedura seguita.

Valori soglia di amplificazione sismica (da Regione Lombardia)

Zona sismica	periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
3	0.1-0.5 s	1.4	1.8	2.2	2.0
3	0.5-1.5 s	1.7	2.4	4.2	3.1

Effetti litologici

Valori di amplificazione sismica F_a calcolati

Sito	Categoria di suolo	Coefficiente di amplificazione sismica F_a	
		Per T - 0.1 - 0.5 s	Per T - 0.5 - 1.5 s
PURA	B	2.11	1.38
MUNICIPIO	C	2.35/2.17	1.54
COSTA	B	1.61	1.54

SPIAGGIA	B	2.31	1.45
DORSALE	B-C	2.09	1.42

Le valutazioni sono state effettuate considerando la presenza di una copertura superficiale a bassa impedenza sismica quando superiore ai 2.0 m di potenza.

Il confronto con i valori di amplificazione sismica ***Fa soglia*** a disposizione per il comune di Limone sul Garda permette di evidenziare come per periodi ***T*** compresi fra ***0.1-0.5 s*** tutti i valori calcolati siano superiori al valore soglia, diversamente, per i valori ***T*** compresi nell'intervallo ***0.5-1.5 s i valori calcolati*** siano sempre inferiori al valore soglia.

Effetti morfologici

Valori di amplificazione sismica ***Fa*** calcolati

Analogamente al calcolo dell'amplificazione sismica per effetti litologici, si è seguita la procedura per la valutazione dell'amplificazione sismica locale a causa di effetti morfologici legati alla conformazione topografica.

A tale scopo si sono tracciate e ricostruite una serie di sezioni, riconoscendo solo in un caso le geometrie riconducibili a scenari di amplificazione topografica; negli allegati cartografici di calcolo è riportata tale sezione.

Sezione	Tipologia morfologica	Coefficiente di amplificazione sismica <i>Fa</i>
1- 1/ S. Giovanni	Scarpata	1.1

Il valore ottenuto è inferiore al valore soglia $Fa = 1.2$ al valore soglia della Normativa Nazionale D.M. 14/01/2008 e quindi sufficiente a tenere in considerazione effetti dovuti all'amplificazione topografica.

Considerazioni conclusive

Alla luce dei risultati raggiunti si conclude pertanto che, in generale per le valutazioni strumentali fatte e lo spettro stabilito dalla normativa di settore (Norme per le costruzioni 2005-2008) per il comune di Limone sul Garda è da considerarsi **non sufficiente** a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica (per periodi $T=0.1-0.5$ s).

Nell'ambito degli studi di dettaglio, si dovrà riapplicare per il sito esaminato il metodo di II livello al fine di verificare il superamento del coefficiente di amplificazione (sulla base del progetto di dettaglio) eseguendo, in caso positivo, **studi di III livello** (come da prescrizioni seguenti) o applicando lo spettro di risposta previsto dalla Normativa categoria di suolo superiore, secondo il seguente schema:

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

13. Quadro dei vincoli normativi

La classificazione e la cartografia inerente il territorio comunale che sintetizzano le conoscenze aggiornate emerse nella fase di analisi sono illustrate nelle Tav. 5-1, 5-2 e 5-3 nella *Carta dei vincoli*.

Nella Carta dei vincoli, sono stati riportati i limiti delle aree sottoposte a vincolo, da riferirsi sia a normative nazionali che regionali e comunali di seguito sintetizzate.

La descrizione delle aree interessate da una particolare categoria di fenomeno o di vincolo che le caratterizza sono riportate di seguito, il riferimento alle peculiari, se esistenti, problematiche geologiche corrispondenti ed alle prescrizioni è esplicitato nelle note alla carta di fattibilità geologica.

AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

La normativa di riferimento nazionale è il **D.Lgs. 3 aprile 2006, n°152** “Norme in materia ambientale” che disciplina e norma le aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano (art. 93) definendo le zone di tutela assoluta e la zona di rispetto dei pozzi e delle sorgenti.

Si sintetizzano di seguito i tratti salienti della normativa in ordine alla disciplina delle aree citate.

- *La zona di tutela assoluta* è costituita dall'area immediatamente circostante a captazioni; deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio dal punto di captazione stessa, deve essere adeguatamente protetta (recinzione) ed adibita esclusivamente a opere di captazione e a infrastrutture di servizio.
- *La zona di rispetto* è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta, da sottoporre a vincoli tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata. In relazione alla vulnerabilità e

rischio della risorsa può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata.

Nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- ✓ dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- ✓ accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi,
- ✓ spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- ✓ dispersione nel sottosuolo di acque provenienti da piazzali e strade;
- ✓ aree cimiteriali,
- ✓ apertura di cave che possano essere in connessione con la falda;
- ✓ apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica,
- ✓ gestione di rifiuti,
- ✓ stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- ✓ centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- ✓ pozzi perdenti,
- ✓ pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 kg/ettaro di azoto presente negli affluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti e le attività precedenti, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

La regione disciplina all'interno della zona di rispetto, le seguenti strutture o attività:

- fognature
- edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione
- opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
- pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione precedentemente citati;

Le zone di protezione devono essere delimitate secondo le indicazioni della regione per assicurare la protezione al patrimonio idrico. In esse si possono adottare misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, turistici, produttivi, agro-forestali e zootecnici da inserirsi negli strumenti urbanistici comunali, provinciali regionali sia generali che di settore.

Ai fini della protezione delle acque sotterranee, anche quelle ancora non utilizzate per l'uso umano, la regione individua e disciplina all'interno delle zone di protezione, le seguenti aree: aree di ricarica della falda, emergenze naturali e artificiali della falda, zone di riserva;

La normativa regionale di riferimento per la disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano è la **D.G.R. 10 aprile 2003 n°7/12693** .

PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI)

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Fiume Po, redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi della legge 18 maggio 1989 n°183, è entrato in vigore con D.P.C.M del 24 maggio 2001 (Delibera di adozione del Piano Stralcio del Comitato istituzionale n°18 del 26 aprile 2001).

Con la pubblicazione del D.P.C.M di approvazione della G.U. n°183 del 8 agosto 2001 il Piano è entrato definitivamente in vigore.

Frane

In base all'art.9 delle Norme tecniche di attuazione del PAI, sono definite le seguenti aree:

- **Fa** - aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata)
- **Fq** - aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata)
- **Fs** - aree interessate da frane stabilizzate - (pericolosità media o moderata)

Ogni area è regolamentata da specifiche regole e norme di uso (N.T.A. del Pai art. 9, punti 2,3,4):

Fatto salvo quanto previsto dall'art.3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n°279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n°365, nelle aree **Fa** sono esclusivamente consentiti:

- Gli interventi di demolizione senza ricostruzione,
- Gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alle lettere a), dell'art.31 della L.5 agosto 1978, n° 457⁴
- Gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e di volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- Gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- Le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- Le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- La ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la

⁴ Cambiato in : a), b) c), dell'art.3 D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni di dissesto in essere;

Nelle aree **Fq**, oltre agli interventi di cui al precedente comma sono consentiti:

- Gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere b), e c) dell'art.31 della L.5 agosto 1978, n° 457⁵
- Gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- Gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art.18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- La realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente valicato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero di rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero rifiuti, così come definiti dal D.leg.5/02/1997, n°22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso decreto 22/1997 (o per le quali sia stata data comunicazione di inizio attività nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art.31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti e tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art.6 del suddetto decreto legislativo.

⁵ Cambiato in : a), b) c), dell'art.3 D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

Nelle aree **Fs** compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L.24 febbraio 1992, n°225. Gli interventi ammissibili devono essere in ogni caso soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni di dissesto validato dall'Autorità competente.

Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio (debris flows)

In base all'art.9 delle Norme tecniche di attuazione del PAI, sono definite le seguenti aree:

- **Ee** - aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata
- **Eb** - aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata
- **Em** - aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata

Ogni area è regolamentata da specifiche regole e norme di uso (N.T.A. del Pai art. 9, punti 5,6,6bis):

Fatto salvo quanto previsto dall'art.3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n°279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n°365, nelle aree **Ee** sono esclusivamente consentiti:

- Gli interventi di demolizione senza ricostruzione,
- Gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alle lettere a),b) e c) dell'art.31 della L.5 agosto 1978, n° 457⁶
- Gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e di volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- Gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- Le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;

⁶ Cambiato in : a), b) c), dell'art.3 D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

- I cambiamenti delle destinazioni colturali, purchè non interessanti una fascia di ampiezza di 4m da, l ciglio della sponda ai sensi del R.D.523/1904;
- Le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- La ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- L'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 05 febbraio 1997, n.22 (o per le quali sia stata data comunicazione di inizio attività nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art.31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti e tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art.6 del suddetto decreto legislativo.

Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5 sono consentiti:

- Gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art.31 della L.5 agosto 1978, n° 457⁷
- Gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- La realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- Il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quando esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di

⁷ Cambiato in : art.3 D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art.19 bis.

Nelle aree Em compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto conto anche delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L.24 febbraio 1995, n°225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

Trasporto di massa su conoidi

In base all'art.9 delle Norme tecniche di attuazione del PAI, sono definite le seguenti aree:

- **Ca** - aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità molto elevata)
- **Cp**, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità elevata)
- **Cn**, aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa - (pericolosità media o moderata)

Ogni area è regolamentata da specifiche regole e norme di uso (N.T.A. del Pai art. 9, punti 7,8,9):

Fatto salvo quanto previsto dall'art.3 del D.L. 12 ottobre, n°279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n°365, nelle aree **Ca** sono esclusivamente consentiti:

- Gli interventi di demolizione senza ricostruzione,
- Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b), e c) dell'art.31 della L.5 agosto 1978, n° 457⁸

⁸ Cambiato in : a), b) c), dell'art.3 D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

- Gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e di volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativi;
- Gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- I cambiamenti delle destinazioni colturali, purchè non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- Gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati ed alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- Le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- La ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente valicato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- L'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti delle acque reflue;

Nelle aree **Cp**, oltre agli interventi di cui al precedente comma sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, cos' come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L.5 agosto 1978,457, senza aumenti di superficie e di volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

Nelle aree **Cn** compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, regolamentare le attività consentite, i

limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi previsione e prevenzione ai sensi della L.24 febbraio 1992, n.225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto valicato dall'Autorità competente.

AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO

Le aree a rischio idrogeologico molto elevato, sono delimitate nella cartografia di cui all'allegato 4.1 dell'elaborato 2, del Piano di assetto idrogeologico e comprendono le aree a rischio idrogeologico molto elevato, denominato PS 267 approvato ai sensi del dell'art.1, comma 1-bis del D.L. giugno 1998, n°180, convertito con modificazioni della L. 3 agosto 1998, n°267 (Aree 023-LO-BS e 028-LO-BS).

In base all'art.49 delle Norme tecniche di attuazione del PAI, sono definite le seguenti aree:

- **Zona 1** - *area instabile o che presenta un elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso;*
- **Zona 2** - *area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti.*

Ogni area è regolamentata da specifiche regole e norme di uso (N.T.A. del Pai art. 50, comma 1,2,3):

Nella porzione contrassegnata come ZONA 1 delle aree di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano, sono esclusivamente consentiti:

- Gli interventi di demolizione senza ricostruzione,
- Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b), e c) dell'art.31 della L.5 agosto 1978, n° 457⁹, senza aumenti di superficie e di volume, salvo gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge;

- Le azioni volte mitigare la vulnerabilità degli edifici ed degli impianti esistenti e a e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, con riferimento alle caratteristiche del fenomeno atteso. Le sole opere consentite sono quelle rivolte al consolidamento statico dell'edificio o alla protezione dello stesso;
- Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria relativi alle reti infrastrutturali;
- Gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi del D.Lgs. 29 ottobre 1999, n°490 e successive modifiche e integrazioni, nonché quelli di valore storico culturale così classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;
- Gli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico e idraulico presente e per il monitoraggio dei fenomeni;
- La ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente valicato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;

Per gli edifici ricadenti in ZONA 1 già gravemente compromessi nella stabilità strutturale per effetto dei fenomeni di dissesto in atto sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli temporanei volti alla tutela della pubblica incolumità.

Nella porzione contrassegnata come ZONA 2, sono esclusivamente consentiti, oltre agli interventi di cui ai precedenti commi:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L.5 agosto 1978,457, senza aumenti di superficie e di volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico funzionale, ove necessario, per il

⁹ Cambiato in : a), b) c), dell'art.3 D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

- la realizzazione di nuove attrezzature e infrastrutture rurali compatibili con le condizioni di dissesto presente; sono comunque escluse le nuove residenze rurali;
- Gli interventi di adeguamento e ristrutturazione delle reti infrastrutturali.

POLIZIA IDRAULICA – RETICOLO IDRICO MINORE

In adeguamento alla DGR n. 7/7868 del 25 gennaio 2002, modificata ed integrata dalla dgr n°7/13950 del 1 agosto 2003 e successive (dgr n. 8943 del 3 agosto 2007), i comuni sono tenuti alla individuazione del reticolo idrico minore di loro competenza, alla definizione delle relative fasce di rispetto ed alla stesura del Regolamento di Polizia Idraulica, così come indicato al punto 3 dell'Allegato B della delibera citata.

Tale strumento tecnico deve essere oggetto di apposita variante allo strumento urbanistico, a seguito di espressione del parere tecnico vincolante da parte della Sede Territoriale Regionale competente.

Il comune di Limone sul Garda è dotato di tale studio, aggiornato dallo Studio di Geologia Applicata ed ambientale di Gargnano nell'estate del 2010, che è stato interamente recepito nell'ambito del presente Studio geologico, riportandolo, non senza difficoltà di sovrapposizione, sulla nuova Cartografia Aerofotogrammetrica.

L'aggiornamento sopraccitato ha riguardato alcune aste idriche della porzione a lago.

L'elaborato tecnico è costituito da una parte cartografica con individuazione del reticolo idrico minore superficiale:

- “Carta del reticolo idrografico e delle fasce di fasce di rispetto” alla scala 1:5.000 e 1:2.000;
- Relazione generale (Studio del 2002)
- Regolamento di Polizia idraulica (aggiornato dallo studio del 2010);

La parte normativa (Regolamento di polizia idraulica) comprende le indicazioni specifiche circa le attività vietate o soggette ad autorizzazione che possano o meno svolgersi o attuarsi all'interno delle fasce di rispetto e sui corsi d'acqua.

A tale elaborato si rimanda per la consultazione e determinazione delle norme specifiche e delle prescrizioni in ordine ai singoli interventi.

Il Torrente S. Giovanni, principale per tutto il suo corso identificato dal numero progressivo BS102 ed iscritto nell'ex registro delle acque pubbliche con il n°326, ed il Torrente Pura, Reamol di Sopra e Reamol di sotto i cui corsi con relativi conoide sono oggetto di perimetrazione PAI, rimangono nello specifico di competenza regionale.

Sulla base di quanto previsto dalle Norme contenute nel Regolamento di Polizia idraulica richiamando l'art. 21 delle norme di Attuazione del PAI, si ricorda come sia necessaria da parte dei soggetti sia pubblici che privati o concessionari la predisposizione di verifiche idrauliche dei tratti di torrenti intubati nel tempo e degli attraversamenti.

A tale proposito si riporta integralmente articolo suddetto tratto dal regolamento di polizia idraulica *“i soggetti pubblici o privati o concessionari predispongono, entro un anno dalla data di pubblicazione dell'atto di approvazione del Piano, una verifica idraulica delle opere di tombinamento dei corsi d'acqua naturali in corrispondenza degli attraversamenti dei centri urbani, sulla base di apposita direttiva emanata dall'Autorità di Bacino. Le Amministrazioni competenti in relazione ai risultati della verifica menzionata, individuano e progettano gli eventuali interventi strutturali di adeguamento necessari, privilegiando ovunque possibile il ripristino di sezioni di deflusso a cielo aperto.”* – *“L'Autorità di Bacino, su proposta delle Amministrazioni competenti e in coordinamento con le Regioni territorialmente competenti, inserisce nei Programmi triennali di intervento di cui all'art. 21 e seguenti della L.18 maggio 1989, n.183, gli interventi di adeguamento di cui al precedente comma, con priorità per le opere che comportano condizioni di rischio idraulico per gli abitanti”*.

14. Carta di Fattibilità delle azioni di piano

La carta di fattibilità, sulla base di una valutazione globale di tutti gli elementi litologici, geomorfologici ed idrogeologici, congiuntamente ai fattori antropici ed ambientali, fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e alle destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici relativamente agli studi e le indagini da effettuare.

La carta di fattibilità è stata redatta alla scala 1:5.000 per tutto il territorio comunale e alla scala 1: 2.000 per l'ambito urbanizzato.

In accordo con quanto previsto dalla Delibera Regionale si sono mantenute 4 classi di fattibilità; poiché all'interno di ciascuna classe si sono tuttavia evidenziati fenomeni di tipo differente, si è scelto di distinguere tali problematiche creando delle sottoclassi che tengano conto della specifica limitazione alla destinazione d'uso.

In relazione a quanto sopra risulta chiaro come un'area possa essere caratterizzata da più di una limitazione. Nella redazione della cartografia specifica, in questi casi si è scelto di evidenziare quella a maggiore gravità, tenendo comunque presente che saranno da prevedere le prescrizioni di ciascuna classe e sottoclasse eventualmente presenti.

Le classi di fattibilità relative alle aree perimetrate PAI delle conoidi citate nel paragrafo precedente sono state attribuite seguendo quanto riportato nello studio di riperimetrazione redatto nell'anno 2002, all'interno del quale ad alcune aree sono state attribuite classi di fattibilità più penalizzanti rispetto a quanto emerso dalla carta di pericolosità redatta nell'ambito dello stesso studio – es. aree in pericolosità H2 attribuzione alla classe 3, o aree in pericolosità H3 attribuzione alla classe 4).

In generale gli elementi che hanno condotto alla classificazione del territorio sono principalmente legati a:

- Problematiche legate alla presenza di pareti rocciose presenti in generale nella porzione nord occidentale del territorio e sovrastanti i nuclei abitativi e/o le porzioni urbanizzate;
 - Giacitura e grado di fratturazione dell'ammasso roccioso;
 - Morfologia ed acclività della superficie topografica (versanti acclivi, dorsali rocciose, cigli di scarpata);
 - Natura e spessore di eventuali depositi superficiali e/o riporti antropici.
-
- Presenza della falda superficiale localmente interessante terreni con qualità geotecniche scadenti (fascia costiera);
 - Zone con problemi di natura idraulica in adiacenza ai principali corsi d'acqua;

Resta inteso come lo studio geologico a supporto Piano di Governo del Territorio rappresenti un'analisi generale del territorio comunale avente la finalità di individuare le problematiche presenti (geologiche, geotecniche, idrologiche e sismiche) e di orientamento urbanistico generale.

Esso pertanto non costituisce, e non può sostituire, lo studio particolareggiato effettuato ai fini delle singole opere progettuali e dei singoli interventi, redatto secondo i dettami del DM 14 gennaio 2008.

In tutte le aree, gli interventi laddove previsti, dovranno essere preceduti da indagini e da studi geologici e geotecnici di dettaglio in ottemperanza alla normativa vigente e seguendo le prescrizioni indicate nelle pagine seguenti, ed in particolare riferendosi:

- all'area a pericolosità sismica locale (PSL) corrispondente, da verificare nella Tav. n°7 (Carta di pericolosità sismica locale);
- alla Classe di fattibilità corrispondente, da verificare nella Tav. 8 (Carta di fattibilità e delle azioni di piano);

Gli interventi indicativamente soggetti a tale normativa possono essere considerati quelli di cui ai punti b), c), d) ed e) dell'art.27 della L.R. 11/03/2005, n°12 e successive modificazioni.

NORME TECNICHE E PRESCRIZIONI PER LE AREE A PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

All'interno delle zone PSL individuate, per tutti gli interventi edificatori la progettazione dovrà essere condotta definendo le azioni sismiche di progetto adottando i criteri antisismici di cui a D.M. 14 gennaio 2008.

Infatti, dal punto di vista della normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, dal 5 marzo 2008 è in vigore il D.M.14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n°29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente D.M.14/09/2005, fatto salvo il periodo di monitoraggio di 18 mesi, di cui al comma 1 dell'art.20 della L. 28/02/2008, n°31.

Durante tale periodo, fino al 30 giugno 2009, si possono utilizzare per la progettazione sia le norme del DM 14/01/2008, sia le norme precedenti, elencate al comma 2 del sopraccitato art.20 della L.28/02/2008, n°31.

Fanno eccezione le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici e alle opere infrastrutturali di cui al decreto del Capo del Dipartimento della Protezione civile 21 ottobre 2003, per le quali si applicano da subito le disposizioni del DM 14/01/2008.

Dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici sarà regolata dal DM 14/01/2008.

Nell'ambito degli studi di progettazione di dettaglio, si specifica che, ai sensi della nuova normativa, la determinazione delle azioni sismiche non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'allegato B al citato d.m.; la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi del opcm 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria.

Dovrà essere verificato quindi sito per sito il coefficiente di amplificazione sismica riapplicando il metodo di **II livello** della Normativa regionale, al fine di verificare il superamento del coefficiente di amplificazione (sulla base del progetto di dettaglio) eseguendo, in caso positivo, **studi di III livello** (come da prescrizioni seguenti) o applicando lo spettro di risposta previsto dalla Normativa categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

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

In caso di superamento l'analisi quindi dovrà prevedere¹⁰:

- redazione della relazione geologica geotecnica come da prescrizioni inerenti la classe di fattibilità di seguito riportate,
- determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri profondità a partire **dal piano di posa delle fondazioni** previsto a mezzo di indagini geofisiche in foro o di superficie;
- La scelta del tipo di indagine dovrà essere adeguatamente motivata.
- Definizione, con indagini o da bibliografia, del modulo di taglio G e del rapporto di smorzamento D e le curve di decadimento di ogni unità litotecnica individuata,
- Individuazione di almeno 3 differenti input sismici, sottoforma di accelerogrammi attesi al bedrock;

¹⁰ Per le precise procedure da applicare ai fini dello svolgimento delle analisi di 3° livello si rimanda all'Allegato 5 della DGR n°8/7374 del 28 maggio 2008

- Valutazione degli effetti di sito (Fa) con determinazione dell'accelerazione attesa al suolo mediante l'utilizzo di codici di calcolo monodimensionali (per amplificazioni di tipo litologico) o bidimensionali che tengano conto della non linearità del terreno; definizione dello spettro elastico del sito.

L'analisi di dettaglio, ai sensi del DM - Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), in caso di coefficiente di amplificazione inferiore al valore soglia Normativa (da verifica di II° livello) dovrà prevedere:

- redazione della relazione geologica geotecnica come da prescrizioni inerenti la classe di fattibilità di seguito riportate,
- definizione della Categoria di suolo con determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità a partire dal piano di posa delle fondazioni previsto a mezzo di indagini geofisiche in foro o di superficie o per interventi di limitata importanza, con l'utilizzo di correlazioni empiriche di conosciuta validità (da S.P.T. o S.C.P.T.). La scelta del tipo di indagine dovrà essere adeguatamente motivata.
- Definizione della pericolosità sismica di base: per ogni sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le Norme tecniche per le costruzioni, e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e di parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di riferimento rigido e orizzontale, in corrispondenza dei punti di un reticolo (di reticolo di riferimento) i cui nodi di riferimento sono sufficientemente vicini fra loro (distanza più 10 km), per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_r ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni;

- L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie.

NORME TECNICHE E PRESCRIZIONI PER LE CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

CLASSE 2	FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI
-----------------	--

In questa classe (e relative **sottoclassi**) rientrano le zone per le quali sono state riscontrate modeste limitazioni in ordine all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni.

Le aree incluse in questa categoria sono, in generale, caratterizzate da acclività media o bassa e/o da terreni con discrete caratteristiche geotecniche. Possono essere interessate da fenomeni erosivi o gravitativi di ridotta entità.

Nonostante la bassa acclività in queste zone risulta comunque di fondamentale importanza l'accertamento degli spessori delle eventuali coperture colluviali e di riporti antropici.

	CLASSE 2	AREE SUBPIANEGGIANTI CON TERRENI INCOERENTI SUBAFFIORANTI
	Descrizione	Aree caratterizzate da acclività bassa e con terreni subaffioranti con discrete-buone caratteristiche geotecniche.
	Zone	Sono localizzate principalmente in corrispondenza dei corpi delle conoidi dei Torrenti S.Giovanni e Pura.
	PRESCRIZIONI	Si esprime parere favorevole all'edificabilità previa le indagini e gli approfondimenti tecnici di seguito esposti:
	Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione	<i>rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale.</i>
	Progetto definitivo e progetto esecutivo	<i>e relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (almeno scala 1: 2 000), verifica della potenza delle coperture superficiali e caratterizzazione geotecnica (mediante analisi di laboratorio geotecnico e/o indagini geognostiche di tipo diretto/indiretto).</i> <i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti. Valutazione e calcolo degli effetti di amplificazione locale.</i>

	CLASSE 2a	AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA BASSA (STUDIO DELLA RIPERIMETRAZIONE DEI CONOIDI DEI TORRENTI PURA, S. GIOVANNI, REAMOL SOTTO E REAMOL SOPRA
Descrizione	Rientrano in questa classe alcune aree soggette a pericolosità bassa su conoide (H2-Cn conoide protetta) rappresentate da zone in prossimità dei punti critici e zone depresse.	
Zone	Conoide Torrente S.Giovanni e Reamol di sotto.	
PRESCRIZIONI	Si esprime parere favorevole all'edificabilità previa le indagini e gli approfondimenti tecnici di seguito esposti:	
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione	<i>Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale.</i>	
Progetto definitivo e progetto esecutivo	<p><i>Relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (almeno scala 1:2.000), verifica della potenza delle coperture superficiali e caratterizzazione geotecnica (mediante analisi di laboratorio geotecnico e/o indagini geognostiche di tipo diretto/indiretto).</i></p> <p><i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti. Valutazione e calcolo degli effetti di amplificazione locale.</i></p> <p><i>Valutazioni circa la presenza di sezioni critiche a monte dell'area con verifica delle sezioni idrauliche.</i></p>	

	CLASSE 2b	AREE DI INFLUENZA DISTALE DELLE PARETI POTENZIALMENTE INTERESSATE DA DISTACCO DI MASSI
Descrizione	La sottoclasse accorpa quelle aree poste alla base, ma nella zona distale, di pareti rocciose potenzialmente soggette a caduta di massi, contraddistinte da pericolosità bassa – molto bassa.	
Zone	Tale fascia interessa porzioni di centro abitato localizzato sulle conoidi del S.Giovanni, Pura Reamol di sotto e di sopra	
PRESCRIZIONI	Si esprime parere favorevole all'edificabilità previa le indagini e gli approfondimenti tecnici di seguito esposti:	
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione	<i>Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale.</i>	
Progetto definitivo e progetto esecutivo	e	<i>Relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (almeno scala 1:2.000), verifica della potenza delle coperture superficiali e caratterizzazione geotecnica (mediante analisi di laboratorio geotecnico e/o indagini geognostiche di tipo diretto/indiretto).</i> <i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti. Valutazione della stabilità di eventuali scavi (in condizioni sismiche).</i> <i>Valutazione e calcolo degli effetti di amplificazione locale.</i> <i>Stima, in relazione all'entità dell'opera, del grado di rischio rispetto al fenomeno di arrivo di massi nell'area con predisposizione di eventuali opere di difesa passiva.</i>

CLASSE 3	FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI
-----------------	---

In questa classe (e relative **sottoclassi**) rientrano le zone per le quali sono state riscontrate consistenti limitazioni in ordine all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni.

Le problematiche riscontrate sono legate alla presenza di coltri superficiali (e/o terreni di riporto) con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti, su pendii ad inclinazione elevata, alla influenza distale di pareti potenzialmente soggette a caduta di massi, alla presenza di zone di rispetto di opere di captazione di acque sotterranee ad uso idropotabile, o alla vicinanza a cigli di scarpate in erosione, e a criticità derivanti da problemi idraulici (Riperimetrazioni PAI delle conoidi).

	CLASSE 3	AREE MEDIAMENTE ACCLIVI POTENZIALMENTE INTERESSATE DA FENOMENI DI DISSESTO
Descrizione	<p>In questa classe sono state raggruppate quelle aree con acclività superiore al 35% (20° di inclinazione), potenzialmente interessate da fenomeni di dissesto. Le problematiche riscontrate possono essere legate alla presenza di coltri superficiali (e/o terreni di riporto) con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti o da distacchi di blocchi dai depositi glaciali.</p>	
PRESCRIZIONI		
	<p>Si esprime parere favorevole all'edificabilità condizionato alle indagini e gli approfondimenti tecnici di seguito esposti:</p>	
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione	<p><i>rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale.</i></p>	
Progetto definitivo e progetto esecutivo	<p><i>e relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (scala 1: 2 000); esecuzione di indagini geognostiche (di tipo diretto/indiretto).</i></p> <p><i>Classificazione geotecnica dei depositi superficiali e determinazione della loro potenza. Caratterizzazione e classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi presenti eventualmente in sito.</i></p> <p><i>Valutazione della stabilità delle scarpate naturali ed antropiche, in condizioni dinamiche, mediante l'impiego metodi propri della meccanica dei terreni e delle rocce.</i></p> <p><i>Studio dei terreni di appoggio dei piani fondali per appurarne l'omogeneità e la tendenza a produrre cedimenti differenziali. Particolarmente cura sarà rivolta alla individuazione delle granulometrie e alla compressibilità dei terreni. Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti.</i></p>	

CLASSE 3a	AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA MEDIA (STUDIO DELLA RIPERIMETRAZIONI DEI CONOIDI DEI TORRENTI PURA, S.GIOVANNI, REAMOL SOTTO E REAMOL SOPRA.
Descrizione	<p>Rientrano in questa classe le aree soggette a pericolosità media su conoide (H3 - Cp conoide attiva parz.protetta - ed alcune aree H2 del torrente Pura) rappresentate da aree in prossimità dei punti critici e zone depresse, soggette ad alluvionamenti con altezze e velocità idriche ridotte (da Studio di riperimetrazione del PAI).</p> <p>Tali aree sono regolamentate dall'art. 9 comma 8 delle Norme di Attuazione del PAI (cfr. Quadro dei vincoli normativi).</p>
PRESCRIZIONI	<p>Si esprime parere favorevole all'edificabilità per quanto consentito dalla norma suddetta, previa le indagini e gli approfondimenti tecnici di seguito esposti:</p>
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione	<p><i>Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale in prospettiva sismica; studio preliminare delle caratteristiche idrogeologiche del sito.</i></p>
Progetto definitivo e progetto esecutivo	<p><i>Relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (scala 1: 2 000); esecuzione di indagini geognostiche (di tipo diretto/indiretto).</i></p> <p><i>Classificazione geotecnica dei depositi superficiali e determinazione della loro potenza. Caratterizzazione e classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi presenti eventualmente in sito.</i></p> <p><i>Valutazione della stabilità delle scarpate naturali, antropiche, e scavi in corso d'opera in condizioni dinamiche, mediante l'impiego metodi propri della meccanica dei terreni e delle rocce. Indicazione e dimensionamento circa gli interventi di messa in sicurezza eventualmente da porre in opera e breve o a lungo termine. Studio dei terreni di appoggio dei piani fondali per appurarne l'omogeneità e la tendenza a produrre cedimenti differenziali. Particolarmente cura sarà rivolta alla individuazione delle granulometrie e alla compressibilità dei terreni.</i></p> <p><i>Esame dell'assetto idrogeologico generale con particolare riferimento alle condizioni della falda freatica ed alle condizioni di drenaggio.</i></p> <p><i>Proposizione e schematizzazione di interventi di bonifica del terreno e/o di consolidamento, e/o di modifica o consolidazione delle opere fondali.</i></p> <p><i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti.</i></p> <p><i>Rilevamento geomorfologico in alveo ed esecuzione di verifiche idrauliche in corrispondenza del settore considerato (a monte ed a valle).</i></p>

	CLASSE 3b	AREE DI INFLUENZA DISTALE DELLE PARETI POTENZIALMENTE INTERESSATE DA FENOMENI DI CROLLO
Descrizione		In questa sottoclasse sono comprese le fasce distali di territorio alla base di pareti rocciose interessate o potenzialmente interessate da fenomeni di crollo (con pericolosità media).
PRESCRIZIONI		Si esprime parere di riserva per nuove edificazioni e/o interventi di notevole impatto sul territorio (ad es. nuovi impianti alberghieri, attività turistico ricettive e insediamenti residenziali/lottizzazioni)
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione		<i>Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale in prospettiva sismica; studio preliminare delle caratteristiche idrogeologiche del sito.</i>
Progetto definitivo e progetto esecutivo	e	<i>Relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (scala 1: 2 000); esecuzione di indagini geognostiche (di tipo diretto/indiretto).</i> <i>Classificazione geotecnica dei depositi superficiali e determinazione della loro potenza.</i> <i>Caratterizzazione e classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi presenti eventualmente in sito o a monte del sito)..</i> <i>Valutazione della stabilità delle scarpate naturali, antropiche, e scavi in corso d'opera in condizioni dinamiche, mediante l'impiego metodi propri della meccanica dei terreni e delle rocce.</i> <i>Studio dei terreni di appoggio dei piani fondali per appurarne l'omogeneità e la tendenza a produrre cedimenti differenziali.</i> <i>Particolare cura sarà rivolta alla individuazione delle granulometrie e alla compressibilità dei terreni. Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti.</i> <i>Dovrà essere eseguito uno studio accurato di scoscendimento massi (con stima della distanza di influenza) secondo le procedure della Regione Lombardia, relativamente alle pareti rocciose sottese dall'area di intervento anche con ispezioni mirate in parete ai fini della determinazione della pericolosità presente; dovranno inoltre essere indicati e dimensionati preliminarmente gli interventi di difesa (attiva e/o passiva) da porre in opera per la mitigazione del rischio.</i>

	CLASSE 3c	AREE DI PERTINENZA DEI CORSI D'ACQUA APPARTENENTI AL RETICOLO IDRICO MINORE
Descrizione	Tali aree, individuate nell'ambito dello studio del Reticolo idrografico minore comunale ai sensi ed in ottemperanza alla DGR 25 gennaio 2002 n. VII/7868 e successive modifiche sono soggette alle Norme di Polizia Idraulica stabilite nell'ambito dello studio citato e dallo stesso sono quindi regolamentate. Rientrano in questo gruppo le aree adiacenti ai corsi d'acqua sia perenni che temporanei.	
Zone	In tale categoria rientrano le fasce di rispetto idraulico e le aste idriche appartenenti al reticolo idrico minore (escluse le fasce ripериметrate, i tratti di corso d'acqua interessati e potenzialmente interessati da colate detritiche ed i corsi d'acqua dello Studio PAI ricadenti nella Classe 4 e 4a).	
PRESCRIZIONI		Ai fini della disciplina delle attività vietate e/o soggette ad autorizzazione all'interno di tali fasce si rimanda alle Norme di Regolamento di Polizia Idraulica Comunale allegato allo studio del Reticolo Idrico Minore. L'edificabilità non è prevista salvo quanto contenuto nelle Norme sopraccitate.
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità	<i>Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare; relazione geologica generale in prospettiva sismica; studio preliminare delle caratteristiche idrogeologiche del sito.</i>	
Progetto definitivo e progetto esecutivo	<i>e Relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico ad indirizzo prevalentemente geomorfologico-idrogeologico geotecnico di dettaglio (almeno alla scala 1: 2 000).</i> <i>Classificazione geotecnica dei depositi superficiali presenti e determinazione della loro potenza attraverso l'analisi di spaccati naturali e/o pozzetti geognostici, sondaggi e/o prove dirette/indirette (in conformità con quanto previsto dalla D.G.R. 7/12693 del 10 aprile 2003).</i> <i>Analisi di laboratorio geotecnico su campioni di terreno rappresentanti la porzione di volume influenzato dall'opera di progetto. Valutazione della amplificazione sismica attesa al sito.</i> <i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti.</i> <i>fondazione con stima dei cedimenti.</i> <i>A seconda del tipo di intervento sul reticolo idrico minore, redazione di studio idrologico - idraulico di dettaglio come prescritto dal Regolamento di Polizia idraulica.</i>	

	CLASSE 3d	ZONE DI RISPETTO DEI POZZI E/O SORGENTI AD USO IDROPOTABILE
Descrizione	<p>Le zone di rispetto delle opere di captazione ad uso idropotabile esistenti sono state riportate mediante il criterio geometrico secondo quanto previsto dal D.P.R. 236/88.</p> <p>Le principali normative di settore sono nel dettaglio rappresentate dal D.LGS 152/06, D.G.R. 7/12693 del 10 aprile 2003, L.R. n°26 del 12 dicembre 2003 e R.R. n°2 del 24/03/2006 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell' <u>articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26</u>. Al loro interno le normative vigenti dispongono che siano effettive le limitazioni e i divieti per l'inserimento di alcune tipologie di nuove attività.</p> <p>Le attività esistenti potenzialmente centri di pericolo, devono essere controllate ed eventualmente regolamentate.</p> <p>Le normative di ultima approvazione dispongono inoltre variazioni in ordine alla metodologia da applicare ai fini della delimitazione delle zone di rispetto per le nuove captazioni ad uso idropotabile.</p>	
Zone	Pozzo T. Pura e Sorgente valle del Singol, Sorgente Erminia e Sorgente Sass.	
PRESCRIZIONI		Si esprime parere favorevole all'edificabilità previa le indagini e gli approfondimenti tecnici di seguito esposti:
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione	<i>Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale in prospettiva sismica; studio preliminare delle caratteristiche idrogeologiche del sito.</i>	
Progetto definitivo e progetto esecutivo	<i>Relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (scala 1:2 000); esecuzione di indagini geognostiche (di tipo diretto/indiretto).</i> <i>Classificazione geotecnica dei depositi superficiali e determinazione della loro potenza.</i> <i>Caratterizzazione e classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi presenti eventualmente in sito.</i> <i>Studio dei terreni di appoggio dei piani fondali per appurarne l'omogeneità e la tendenza a produrre cedimenti differenziali.</i> <i>Particolarmente cura sarà rivolta alla individuazione delle granulometrie e alla compressibilità dei terreni.</i> <i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti.</i>	

	CLASSE 3e	DEPOSITI COSTIERI
Descrizione	<p>In questa classe sono comprese le fasce costiere in cui sono o possono essere presenti materiali costieri, e depositi rimaneggiati e/o riporti antropici dotati di mediocri scadenti caratteristiche geotecniche; in tale contesto, vanno aggiungersi caratteristiche idrogeologiche negative (falda a debole media profondità-livello del lago) .</p>	
PRESCRIZIONI	<p>Si esprime parere favorevole all'edificabilità previa le indagini e gli approfondimenti tecnici di seguito esposti:</p>	
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione	<p><i>Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale in prospettiva sismica; studio preliminare delle caratteristiche idrogeologiche del sito.</i></p>	
Progetto definitivo e progetto esecutivo	<p><i>Relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (scala 1: 2 000); esecuzione di indagini geognostiche (di tipo diretto/indiretto).</i></p> <p><i>Classificazione geotecnica dei depositi superficiali e determinazione della loro potenza (depositi antropici/ riporti).</i></p> <p><i>Esame dell'assetto idrogeologico generale con particolare riferimento alle condizioni della falda freatica (specialmente in classe 3e) ed alle condizioni di drenaggio.</i></p> <p><i>Proposizione e schematizzazione di interventi di bonifica del terreno e/o di consolidamento, e/o di modifica o consolidazione delle opere fondali.</i></p> <p><i>Studio dei terreni di appoggio dei piani fondali per appurarne l'omogeneità e la tendenza a produrre cedimenti differenziali.</i></p> <p><i>Particolarmente cura sarà rivolta alla individuazione delle granulometrie e alla compressibilità dei terreni.</i></p> <p><i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti.</i></p> <p><i>Verifica delle condizioni predisponenti e studio della potenziale liquefacibilità dei terreni presenti.</i></p>	

	CLASSE 3f	FASCE DI CIGLIO DI SCARPATE INTERESSATE DA FENOMENI DI INSTABILITÀ ED EVENTUALI ARRETRAMENTI DEL CIGLIO
Descrizione	Si tratta di zone di una larghezza pari a circa 10 m situate parallelamente a cigli di scarpate interessate da fenomeni di instabilità o soggette ad arretramenti di ciglio.	
PRESCRIZIONI	Si esprime parere favorevole all'edificabilità condizionato alle indagini e gli approfondimenti tecnici di seguito esposti:	
Studi di fattibilità specifica e di compatibilità, piani generali di lottizzazione	Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (alla scala idonea) con o senza una campagna di indagini geognostiche a maglia larga aventi la finalità di verificare il modello geologico preliminare (in dipendenza della entità dell'opera di progetto, o della vastità dell'area in studio); relazione geologica generale in prospettiva sismica; studio preliminare delle caratteristiche idrogeologiche del sito.	
Progetto definitivo e progetto esecutivo	e	<p><i>Relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (scala 1: 2 000); esecuzione di indagini geognostiche (di tipo diretto/indiretto).</i></p> <p><i>Classificazione geotecnica dei depositi superficiali e determinazione della loro potenza.</i></p> <p><i>Caratterizzazione e classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi presenti eventualmente in sito.</i></p> <p><i>Valutazione della stabilità delle scarpate naturali, antropiche, e scavi in corso d'opera in condizioni dinamiche, mediante l'impiego metodi propri della meccanica dei terreni e delle rocce. Indicazione e dimensionamento circa gli interventi di messa in sicurezza eventualmente da porre in opera e breve o a lungo termine.</i></p> <p><i>Studio dei terreni di appoggio dei piani fondali per appurarne l'omogeneità e la tendenza a produrre cedimenti differenziali. Particolarmente cura sarà rivolta alla individuazione delle granulometrie e alla compressibilità dei terreni.</i></p> <p><i>Proposizione e schematizzazione di interventi di bonifica del terreno e/o di consolidamento, e/o di modifica o consolidazione delle opere fondali.</i></p> <p><i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti.</i></p>

CLASSE 4	FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI
-----------------	---

In questa classe (e relative **sottoclassi**) rientrano le zone per le quali sono state riscontrate gravi limitazioni in ordine all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni.

Appartengono a questa classe le aree, individuate all'interno dello studio della ripermimetrazione delle conoidi Pura, S. Giovanni e Reamol sotto e Reamol sopra, interessate da pericolosità idraulica (zona **H4** e **H5** e alcune **H3** con alta probabilità di essere interessate da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto di massa e/o di trasporto solido), le aree di pertinenza dei corsi d'acqua interessati o potenzialmente interessati da dissesti morfologici di carattere torrentizio (debris flows), aree interessate da frane attive, aree caratterizzate da elevata acclività e ed interessate o potenzialmente interessate da distacco di massi (**Classe 4** generica).

Rientrano inoltre in questa classe **le aree perimetrare** a rischio idrogeologico molto elevato secondo la L. 267/98 e le **zone di tutela assoluta** di opere di captazione di acque sotterranee ad uso idropotabile.

Le classi di fattibilità relative alle aree perimetrare PAI sono state attribuite seguendo quanto riportato nello studio di Ripermimetrazione dell'anno 2002 (in alcuni casi sono state attribuite classi più penalizzanti rispetto a quanto emerso dalla carta di pericolosità – es. aree in pericolosità H2 in classe 3, o aree in pericolosità H3 in classe 4).

	CLASSE 4	AREE ESTREMAMENTE ACCLIVI O POTENZIALMENTE INTERESSATE DA FENOMENI DI DISTACCO DI MASSI, e FRANE ATTIVE
Descrizione	In questa classe sono state raggruppate le pareti rocciose molto acclivi, potenzialmente interessate da distacco di massi, le frane attive	
PRESCRIZIONI	Parere non favorevole all'edificabilità per le gravi limitazioni legate al rischio	
TIPO DI INTERVENTO AMMISSIBILE	<p>All'interno delle aree così definite l'edificabilità è preclusa.</p> <p>Sono consentite le opere di sistemazione idraulico-forestali e interventi a favore del loro consolidamento o di mitigazione della pericolosità da frana. Relativamente al patrimonio edilizio esistente sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definito a), b) e c) dell'art.3 D.P.R. 6 giugno 2001 n.380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" senza aumento di superficie o di volume e senza aumento del carico insediativi.</p> <p>Per quanto riguarda le frane attive esse sono normate dall'art. 9 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI.</p>	

	CLASSE 4a	AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA ALTA
Descrizione	<p>Rientrano in questa classe tutte quelle aree ricadenti in H5 su conoide – Ca conoide attiva non protetta, H4 su conoide – Ca conoide attiva non protetta, alcune delle aree H3 su conoide – Cp conoide parz. protetta), coincidenti con le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico soggette a pericolosità molto alta, alta e media riferite allo studio di ripermimetrazione delle conoidi (PAI); rientrano nella medesima classe le aree di pertinenza dei corsi d'acqua soggette a fenomeni di dissesto (debris flow).</p>	
Zone	Conoidi dei Torrenti S.Giovanni, Pura, Reamol di sotto e di sopra.	
PRESCRIZIONI		Parere non favorevole all'edificabilità per le gravi limitazioni legate al rischio idraulico
PRESCRIZIONI PER IL TIPO DI INTERVENTO AMMISSIBILE	All'interno delle aree così definite l'edificabilità è preclusa.	
Studi per progetti di sistemazione e consolidamento	<p>Per zone a rischio relative alle perimetrazione delle conoidi valgono le norme contenute negli art. 9 comma 7.</p> <p>Per le zone/fasce di pertinenza dei corsi d'acqua interessati o potenzialmente interessati da fenomeni di dissesto (debris flows) ancorché non perimetrati (cfr. Tav. 5 -Carta dei vincoli e Tav. 9 – Carta del dissesto con legenda uniformata PAI) valgono le norme contenute nell'art.9 comma 5 delle Norme di Attuazione del PAI.</p> <p><i>Per quanto consentito valgono le seguenti prescrizioni. Relazione geologica geotecnica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico ad indirizzo geomorfologico-idrologico-idrogeologico di dettaglio (almeno alla scala 1: 2 000). Ricostruzione del modello geotecnico del sito e della problematica presente con esecuzione di indagini geognostiche di tipo diretto e/o indiretto e analisi di laboratorio geotecnico su campioni di terreno rappresentativi.</i></p> <p><i>Indicazione e predimensionamento degli interventi di sistemazione e di bonifica proposti.</i></p>	

	CLASSE 4b	AREE PERIMETRATE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO (TITOLO IV DELLE N.d.A. e allegato 4.1 dell'elaborato 2 del PAI)
Descrizione	<p>Rientrano in questa classe le zone comprese nella Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (Codice dell'area 023 - LO - BS e 028 - LO - BS).</p> <p>In quanto alla fattibilità ed alla tipologia delle opere concesse in tali aree si fa riferimento all'articolo 50 delle Norme Tecniche di attuazione del PAI, riportate nel paragrafo 13 Quadro dei Vincoli Normativi.</p>	
PRESCRIZIONI	Parere non favorevole all'edificabilità per le gravi limitazioni legate al rischio	
PRESCRIZIONI PER IL TIPO DI INTERVENTO AMMISSIBILE	<p><u>In relazione alla realizzazione di quanto ev. concesso dalla norma si prescrive:</u></p> <p><i>relazione geologica in prospettiva sismica supportata da un rilevamento geologico geomorfologico di dettaglio (scala 1: 2 000);</i></p> <p><i>Ricostruzione del modello geotecnico del sito e della problematica presente con esecuzione di indagini geognostiche di tipo diretto e/o indiretto e analisi di laboratorio geotecnico su campioni di terreno rappresentativi.</i></p> <p><i>Classificazione geotecnica dei depositi superficiali e determinazione della loro potenza. Caratterizzazione e classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi presenti eventualmente in sito.</i></p> <p><i>Studio dei terreni di appoggio dei piani fondali per appurarne l'omogeneità e la tendenza a produrre cedimenti differenziali. Particolarmente cura sarà rivolta alla individuazione delle granulometrie e alla compressibilità dei terreni.</i></p> <p><i>Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione con stima dei cedimenti.</i></p>	

	CLASSE 4c	ZONA DI TUTELA ASSOLUTA DEI POZZI AD USO IDROPOTABILE
	Descrizione	<p>Le zone di tutela delle opere di captazione ad uso idropotabile esistenti sono state riportate mediante il criterio geometrico secondo quanto previsto dal D.P.R. 236/88. Analogamente alla zona di rispetto sono normate da dal D.LGS 152/06, D.G.R. 7/12693 del 10 aprile 2003, L.R. n°26 del 12 dicembre 2003 e R.R. n°2 del 24/03/2006 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell' <u>articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.</u></p> <p>Al loro interno le normative vigenti dispongono che sia fatto divieto assoluto di esecuzione di qualsiasi attività, diversa dall'utilizzo, la manutenzione dell'opera di presa e la salvaguardia delle acque sotterranee captate.</p>
	Zone	Pozzo S. Giovanni n°1 e n°2, Sorgente T. Pura e Sorgente Singol.
TIPO DI INTERVENTO AMMISSIBILE	Non sono previste attività di qualsiasi natura	

Dott. Geol. Loredana Zecchini