



REGIONE LOMBARDIA
CITTÀ DI BERGAMO
COMUNE DI LOVERE

**AGGIORNAMENTO DEL
PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA
E SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE**

Documento: **RELAZIONE GEOLOGICA**

Località: **TERRITORIO COMUNALE DI LOVERE (BG)**

Committente: **AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI LOVERE**

Emissione	Rel. 001_2018
Data	DICEMBRE 2024
Riferimenti	VARIANTE GENERALE PGT

Tecnico estensore

DOTT. GEOLOGO PAOLO GRIMALDI

INDICE

1	PREMESSA	4
2	METODOLOGIA DI INTERVENTO	5
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE.....	6
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	8
5	CARATTERI E DATI METEO-CLIMATICI	11
5.1	CLIMA	11
5.2	DATI CLIMATOLOGICI	11
5.2.1	TEMPERATURA	11
5.2.2	PRECIPITAZIONI	12
5.2.3	NEBBIA	12
5.2.4	MANTO NEVOSO	12
5.2.5	VENTI	13
6	GEOLOGIA.....	15
6.1	ASPETTI GENERALI	15
7	GEOLOGIA E LITOLOGIA	16
7.1.1	FORMAZIONI DEL SUBSTRATO ROCCIOSO	16
7.1.1.1	Calcarei scuri in strati medi/massicci (ANGc)	16
7.1.1.2	Formazione di Wengen (WEN)	16
7.1.1.3	Arenaria di Val Sabbia (SAB)	17
7.1.1.4	Formazione di Gorno (GOR)	17
7.1.1.5	Formazione di San Giovanni Bianco (SGB)	17
7.1.1.6	Formazione di Castro Sebino (CSO)	18
7.1.1.7	Dolomia Principale (DPR)	18
7.1.1.8	Conglomerato di Valle Pernedio (VPR)	19
7.1.1.9	Cepo di Poltragno	19
7.1.2	DEPOSITI SUPERFICIALI	19
7.1.2.1	Sistema di Corno Ceresa (ERE)	19
7.1.2.2	Sistema di Stalle d'Onito (SON)	20
7.1.2.3	Sistema di Prati di Sta (PTT)	20
7.1.2.4	Sistema di Bossico (BOI)	21
7.1.2.5	Sistema di Cedrini (EDR)	21
7.1.2.6	Sistema di Cantù (LCN)	21
7.1.2.7	Depositi glaciali degli apparati locali	22
7.1.2.8	Gruppo del Culmine (CU)	22
7.1.2.9	Supersistema della Colma del Piano (CM)	22
7.1.2.10	Sistema del Po (POI)	22
8	GEOMORFOLOGIA	24
8.1	AREE OMOGENEE.....	26
8.2	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE	40
8.3	FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI.....	43
8.4	FORME CARSICHE.....	45
8.5	FORME DI DUBBIA INTERPRETAZIONE	45
8.6	FORME LACUSTRI.....	46
8.7	FORME DI NATURA ANTROPICA.....	46
9	IDROGRAFIA E IDROLOGIA	48
9.1	GENERALITÀ.....	48
9.1.1	ELEMENTI IDROGRAFICI	48
9.2	RETICOLO IDRICO MINORE	52
10	IDROGEOLOGIA	54
10.1	ASPECTI IDROGEOLOGICI	54
10.1.1.1	SORGENTI	54
11	ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	57
11.1	PREMESSA	57
11.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LOVERE	58
11.3	ANALISI SISMICA DEL COMUNE DI LOVERE - 1° LIVELLO.....	58
11.4	ANALISI SISMICA DEL COMUNE DI LOVERE - 2° LIVELLO.....	60
11.4.1	EFFETTI MORFOLOGICI	60
11.4.2	EFFETTI LITOLOGICI	60
11.4.2.1	Indagini geofisiche per la determinazione delle velocità delle onde sismiche di taglio (Vs)	61

11.4.2.2	Calcolo delle velocità di taglio	62
11.4.2.3	Valutazione del fattore di amplificazione sismica locale (Fa)	62
11.5	ANALISI SISMICA DEL COMUNE DI LOVERE – 3° LIVELLO	66
12	VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO VIGENTI SUL TERRITORIO	67
13	IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	69
13.1	GENERALITÀ	69
13.2	RETICOLO SECONDARIO COLLINARE E MONTANO (RSCM)	71
13.3	AREE COSTIERE LACUALI	72
13.4	VALUTAZIONE DEL RISCHIO SULLE AREE COSTIERE CIRCUMLACUALI	74
14	CARTA PAI - PGRA	80
15	CARTA DI SINTESI	80
16	FATTIBILITÀ GEOLOGICA – PRESCRIZIONI	82
16.1	PREMESSA	82
16.2	VALORI DI FATTIBILITÀ	82
16.3	PRESKRIZIONI GENERALI	83
16.4	PRESKRIZIONI SPECIFICHE PER LE CLASSI DI FATTIBILITÀ	85
16.4.1	Classe di fattibilità 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni	85
16.4.2	Classe di fattibilità 2 – Fattibilità con modeste limitazioni	85
16.4.3	Classe di fattibilità 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni	86
•	Prescrizioni specifiche per aree a rischio idrogeologico PS267/98	86
	Aree ricadenti in ZONA 2	86
16.4.3.1	Sottoclasse 3a - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	87
16.4.3.2	Sottoclasse 3b - Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	87
16.4.3.3	Sottoclasse 3c - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	88
16.4.3.4	Sottoclasse 3d - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	89
16.4.4	Classe di fattibilità 4 – Fattibilità con gravi limitazioni	90
16.4.4.1	Sottoclasse 4a - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	90
•	Prescrizioni specifiche per aree a rischio idrogeologico PS267/98	90
	Aree ricadenti in ZONA 1	91
•	Normativa di riferimento per le aree in dissesto	93
16.4.4.2	Sottoclasse 4b - Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	97
16.4.4.3	Sottoclasse 4c - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	97
16.5	PRESKRIZIONI SPECIFICHE IN FUNZIONE DELL'ANALISI SISMICA	100
17	ALLEGATI	102
18	BIBLIOGRAFIA E SITOGRADIA	103

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Dati climatologici 1961-1990 (Organizzazione Mondiale della meteorologia)	11
Tabella 2. Dati degli eventi significativi (ordine decrescente di portata massima in 24 ore)	50
Tabella 3 Elenco corsi d'acqua del reticolo idrografico del territorio comunale	52
Tabella 5. Scenari di pericolosità sismica locale individuati per il territorio di Lovere (BG)	59
Tabella 4. Soglie individuate in metri – livello lacuale in metri s.l.m.	73
Tabella 8: Classi di fattibilità	82

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Fotografia aerea del Comune di Lovere	7
Figura 2: Temperature medie e precipitazioni	12
Figura 3: Rosa dei venti e velocità	13
Figura 4: Aree RSCM e ACL zona nord con rischio R4 (fonte: Geoportal Regione Lombardia)	72
Figura 5: Aree di pericolosità (fonte: Geoportal della Lombardia)	74
Figura 6: Aree ACL zona sud con rischio R4 (fonte: Geoportal Regione Lombardia)	75

1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Lovere, viene redatta la seguente relazione geologica a commento dell'aggiornamento dello studio della componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto della revisione 2017 del Piano di Governo del Territorio.

L'attuale aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale è stato eseguito in seguito all'attivazione da parte dell'Amministrazione Comunale di Lovere della procedura di revisione del Piano di Governo del Territorio (PGT) ai sensi della legge regionale 11 marzo 2005 n° 12 "Legge per il governo del territorio"; si ricorda che l'articolo 57 stabilisce che lo strumento urbanistico, con particolare riferimento al Documento di Piano, contenga la definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio. Tale caratterizzazione geologica deve essere effettuata secondo precise direttive che la Regione Lombardia ha emanato, in ultimo aggiornamento, con Deliberazione di Giunta Regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616.

L'aggiornamento dello studio geologico si è reso necessario in quanto:

- sono state valutati aspetti di vulnerabilità del territorio comunale in seguito all'emanazione del "Piano di Gestione del Rischio Alluvioni" del distretto idrografico padano (in seguito PGRA), predisposto ai sensi dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e dell'art. 7 del D. Lgs. 49/2010, adottato con Deliberazione n. 4 del 17 dicembre 2015 da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, approvato con Deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del Fiume Po e successivamente dal Presidente del Consiglio dei Ministri con DPCM 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30 in data 6 febbraio 2017. Si evidenzia che la Regione Lombardia, con propria DGR 19/06/2017 n. X/6738, ha provveduto ad emanare disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, con indicazioni da seguire nella redazione degli studi geologici a supporto della pianificazione territoriale

In seguito agli approfondimenti precedentemente citati si è provveduto ad aggiornare anche la carta dei vincoli e la carta di fattibilità geologica delle azioni di piano, elaborati chiave dell'intero studio che deve regolare le trasformazioni del territorio al fine di evitare la creazione di squilibri geologici e di conseguenti situazioni di pericolo per persone e/o cose.

2 METODOLOGIA DI INTERVENTO

L'analisi geologica del territorio comunale di Lovere, si è svolta secondo le seguenti fasi di lavoro:

- analisi di dati bibliografici disponibili;
- analisi della documentazione tecnica disponibile presso l'Ufficio Tecnico comunale e a disposizione dello studio scrivente, in termini di risultati di indagini geotecniche puntuali eseguite sul territorio comunale a supporto di progetti edificatori;
- rilevamento e valutazione di campagna delle situazioni particolari;
- redazione degli elaborati cartografici previsti dalla normativa vigente.

La disponibilità di dati relativi all'area in questione è stata contenuta ad un numero esiguo di pubblicazioni, più a carattere regionale che specifiche della zona, che ha consentito un inquadramento generale del territorio dal punto di vista geologico ed idrogeologico. Tra le fonti consultate occorre ricordare:

- Foglio 34 - "Breno" della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000 e relative note illustrate;
- Foglio 78 "Breno" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 e relative note illustrate (progetto CARG);
- Studio geologico redatto dallo Studio Geo.Te.C. - Geologia Tecnica Camuna dal dott. geologo Zaina e dal dott. geologo Bosio nell'aprile 2001;
- Studi connessi con i dissesti nelle aree di Trello e Cornasola redatti dallo Studio Geo.Te.C. - Geologia Tecnica Camuna del dott. geologo Zaina nell'aprile-maggio 2007;
- Aggiornamento della componente geologica e sismica per la pianificazione urbanistica redatto dallo Studio Geo.Te.C. - Geologia Tecnica Camuna del dott. geologo Zaina e dal dott. geologo Bosio nel febbraio 2009;
- Studi puntuali effettuati sul territorio comunale in genere realizzati a supporto dell'edificazione di opere edili.
- Documentazione di carattere geologico e geomorfologico reperibile sul Geoportale della Regione Lombardia.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Il Comune di Lovere è situato lungo il tratto superiore della sponda occidentale del Lago d'Iseo, poco a valle della foce a lago del Fiume Oglio.

Il territorio comunale è delimitato:

- a sud-ovest dal tratto inferiore della Val Borlezza;
- a sud-est dalla sponda lacustre (quota minima di circa 200 metri s.l.m.);
- a nord-est dalla Val Rescudio;
- a nord-ovest si estende sino ai Monti di Lovere dove, lungo il crinale che insiste sulla Val Supine (situata nel Comune di Costa Volpino), si raggiunge la quota massima del territorio comunale, di poco superiore a 1400 metri s.l.m.

Sulla base degli aspetti morfologici e di versante è possibili distinguere quattro fasce nell'ambito del territorio:

- fascia urbanizzata: fascia posta alle quote inferiori che insiste direttamente sul lago;
- fascia di versante: rivolta a sud est, posta a monte della precedente, che si estende dal settore urbanizzato sino al limite superiore del versante;
- fascia a quote superiori (Monti di Lovere): costituisce una porzione dell'altipiano di Bossico;
- fascia che comprende il tratto inferiore del versante sinistro della Valle Borlezza: delimitata verso ovest dai confini comunali con Pianico, Sovere e Bossico.

Il territorio comunale di Lovere ha una superficie di 7,92 Km² e una popolazione al 01/01/2017 di 5.292 abitanti (fonte: www.tuttitalia.it).

Figura 1. Fotografia aerea del Comune di Lovere



4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'ambito geologico in cui si inserisce il territorio comunale di Lovere, riscontrabile nella successiva figura n. 2, è universalmente noto nella letteratura geologica come Sudalpino o Alpi Meridionali, che in Lombardia, e in particolare nella Provincia di Bergamo, assume dei caratteri particolarmente peculiari nell'ambito della struttura geologica e strutturale della catena alpina



Fig. 2 – Schema tettonico delle Alpi Centrali e delle Alpi Meridionali (Sudalpino). La cornice indica la posizione del Foglio 078-Breno. (Oetztal-Silvretta-Tonale-Grosina: Austroalpino Superiore, Ortles-Campo: Austroalpino Medio, Margna e Sella e Err-Bernina: Austroalpino Inferiore, B: Basamento Metamorfico Sudalpino, C: Coperture Sudalpine Parautoctone, UCA: Unità Carbonatiche Sudalpine Alloctone, ZA: Zona delle anticlinali orobiche, FF: Fascia della Flessura Frontale o Flessura Pedemontana, Flysch: Cuneo clastico del Cretacico Superiore, GO: Cuneo clastico Oligo-Miocenico della Gonfolite e cunei successivi più orientali, Bergell: Plutone Terziario omonimo, Adamello: Batolite dell'Adamello, BRS: Plutone terdo-ercinico di Ivigna-Bressanone, MC: Plutone tardo-ercinico di Monte Croce, CA: Plutone tardo-ercinico di Cima d'Asta).

I primi studi geologici sul territorio sudalpino lombardo risalgono alla fine dell'800 (Taramelli, 1890, 1896; Cozzaglio, 1892, 1894), e sono poi proseguiti nella prima metà del secolo successivo (Cacciamali, 1906, 1913a, 1913b, 1930; Caffi, 1923; Cozzaglio, 1927, 1937; Desio, 1929). Nel ventennio che precedette la seconda guerra mondiale, va invece segnalata la comparsa di un nuovo modello tettonico ad opera della Scuola di Leida, noto in letteratura col nome di tettonica gravitativa, che troverà la sua enunciazione definitiva nel lavoro di De Sitter & De Sitter Koomans (1949). Gli ultimi

contributi significativi a queste nuove interpretazioni furono pubblicati successivamente da De Jong (1967, 1979). Ma negli anni successivi queste teorie vennero abbandonate, e si ritornò ad interpretazioni più conformi ai modelli tettonici classici che si rifanno alle spinte tangenziali (si veda per esempio Gaetani & Jadoul, 1979).

Infatti l'idea di base di Argand (1916) della monoclinale si è dimostrata valida, poiché è emerso che le strutture prevalenti, tutte S-vergenti, sono rappresentate da una molteplicità di embrici, seppure circoscritti, o da locali ricopimenti caratterizzati da spostamenti limitati, mentre i fasci di pieghe sono subordinati e meno continui alla scala regionale. In ogni caso, queste strutture sono molto meno imponenti di quelle del settore nordalpino, e il loro sviluppo non è omogeneo né spazialmente, né temporalmente; la loro età è molto più giovane delle strutture nordalpine, ed è essenzialmente tardo-alpina. La limitatezza dei movimenti non ha peraltro impedito che il loro cumulo determinasse un ampio raccorciamento trasversale della catena. Questa presa di coscienza si è appoggiata sull'utilizzo corretto dei dati stratigrafici, i quali si sono basati sul canovaccio delineato primariamente da Asereto & Casati (1965).

Nell'arco di una ventina d'anni, l'ossatura geometrica venne ben definita attraverso una cospicua serie di lavori strutturali che, oltre ai citati Gaetani & Jadoul (1979), videro come autori Laubscher (1985), Bersezio & Fornaciari (1988), Forcella (1988), Milano *et alii* (1988), Gelati *et alii* (1988, 1991), Ravagnani & Rodeghiero (1989), Siletto (1990), Berra *et alii* (1991), Schönborn (1992), Roeder (1992), Bersezio *et alii* (1992), Bersezio *et alii* (1993), Albini *et alii* (1994), Cadel *et alii* (1996), Carminati *et alii* (1997), Forcella & Jadoul (2000), Forcella & Siletto (2001), e Spalla *et alii* (2009). Per il sottosuolo padano resta fondamentale il lavoro di Pieri & Groppi (1981), sebbene alcuni elementi risultino notevolmente semplificati per la tutela dei dati minerari. Un recente lavoro che lega la geologia lombarda di superficie con quella del sottosuolo ha visto come Autori Fantoni *et alii* (2004).

Dal punto di vista strutturale, il Sudalpino Lombardo si configura come segue (Fig. 2). A settentrione, è presente una potente fascia allungata in senso E-W di Basamento Metamorfico ercinico, limitata a meridione da superfici di *thrust* immergenti a N, le quali individuano due mega-strutture, il Thrust Orobico a W, il Thrust della Gallinera a E.

Questi *thrust* S-vergenti sovrascorrono una cintura di anticlinali regionali (Anticlinali Orobiche *l.s.*), ad asse poco inclinato, orientate WSW-ENE. Esse sono disposte en-échelon destro, ossia la più occidentale (Anticlinale Orobica *s.s.*) situata più a N, e la più orientale (Anticlinale di Cedegolo) situata più a S; tra le due compare l'Anticlinale di Trabuchello. Queste anticlinali coinvolgono sia il Basamento Metamorfico, sia le coperture permo-triassiche inferiori. I fianchi meridionali delle Anticlinali Orobiche sono ricoperti da varie pile di sequenze triassiche (UCA) che riposano sopra piani di sovrascorrimento molto ripidi immergenti a S, come il sistema di 'faglie' Valtorta-Valcanale, ad andamento WSW-ENE.

Ad occidente, in prossimità del Lago di Como, il *belt* delle anticlinali si ferma contro la Faglia della Valsassina. A W di tale 'faglia' si posiziona la pila carbonatica triassica delle Grigne. Secondo Laubscher (1985), tale pila rappresenterebbe il settore più meridionale e più alto del *Thrust Orobico*.

A meridione delle anticlinali orobiche, compaiono dei *thrust* costituiti da terreni del Triassico medio-superiore, i quali formano una fascia orientata WSW-ENE delimitata a N dalla linea Valtorta-Valcanale, e a S dalla 'Faglia di Clusone' e dall'articolata fronte di sovrascorrimento Corna Mozza - Corna Rossa - Borno - Ossimo - Malegno - Breno. Queste unità costituiscono il complesso delle Unità Alloctone Carbonatiche. Dopo uno iato in corrispondenza dell'alto bacino del Brembo, la fascia delle unità alloctone trova un corrispondente occidentale nelle unità alloctone delle Grigne. La storia geologica di queste unità è complessa in quanto, nel settore orientale, esse hanno cominciato a muoversi verso S in età antica, antecedente alla messa in posto dell'Adamello, come dimostrato dall'intersezione dei piani di sovrascorrimento ad opera di alcuni filoni terziari. Tuttavia, la parte preponderante di queste unità ha preso posto in età post-Adamello. Geologicamente peculiare è la natura della 'Faglia di Clusone', la cui immersione a S sotto il Parautocono bergamasco sembrerebbe suggerire un sovrascorrimento delle assise meridionali su quelle settentrionali. Ma secondo Laubscher (1985), questa situazione geometrica è stata determinata non già da un sorpasso verso settentrione dei terreni del Parautoctono, ma piuttosto dalla insinuazione dei *thrust* delle Unità Carbonatiche Alloctone al di sotto del Parautoctono Bergamasco. Tale ipotesi è stata convalidata dalla presenza di una foliazione duttile nel Triassico medio dei *thrust*, testimonianza di una deformazione sotto 'carico' (Albini *et alii*, 1994). Per questi piani di *thrust* determinati dall'incuneamento di anticlinali rovesciate entro complessi antistanti, e dal loro divaricamento (*split-apart-system*), l'Autore introdusse il termine di faglie di incuneamento (*wedging fault*). Per semplicità di lettura, nello schizzo di Fig. 2 i sovrassegni di sovrascorrimento sono stati puntati verso N, al fine di far capire che le UCA stanno in alto rispetto al Parautoctono.

A meridione della fascia dei *thrust* costituenti le Unità Carbonatiche Alloctone compare il Parautoctono, il quale è diviso in due parti sensibilmente diverse dal solco vallivo inferiore dell'Oglio: il Parautoctono Bergamasco e quello affiorante nella Culminazione Camuna. In entrambi i settori, le unità appaiono solo limitatamente smembrate da fenomeni di sovrascorrimento; l'unico di una certa rilevanza è costituito dal sovrascorrimento della Val Trompia, il quale porta a giorno il Basamento Metamorfico. I precedenti domini sono seguiti a meridione dalla zona della Flessura Frontale (Desio, 1929), con andamento WNW-ESE, la quale raccorda la catena con la Omoclinale Pedalpina (Pieri & Groppi, 1981), detta anche *Milano Belt* (Laubscher, 1988). Tale

omoclinali, pliocenica, si propaga nel sottosuolo padano fino ad incontrare, a N dell'asse del Fiume Po, le strutture simmetriche N-vergenti dell'orogene appenninico.

5 CARATTERI E DATI METEO-CLIMATICI

5.1 CLIMA

Il bacino del Fiume Oglio è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo continentale, con massimi estivi e minimi invernali. La superficie del bacino imbrifero sotteso alla sezione d'imposta dell'opera di regolazione del Lago d'Isio è di 1816 km².

In Lovere si trova un clima caldo e temperato. Sul territorio in esame si riscontra una piovosità significativa durante l'anno. Anche nel mese più secco viene riscontrata molta piovosità. In accordo con Köppen e Geiger la classificazione del clima è Cfa (Clima temperato umido in tutte le stagioni con estate molto calda). La temperatura media annuale di Lovere è 12.8 °C, mentre 1244 mm è il valore di piovosità media annuale.

5.2 DATI CLIMATOLOGICI

Nella Tabella 1 sono riportati i dati climatologici sulla base della media trentennale di riferimento (1961-1990) elaborati dall'Organizzazione Mondiale della Meteorologia.

Tabella 1. Dati climatologici 1961-1990 (Organizzazione Mondiale della meteorologia)

BERGAMO Lovere	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Temperatura media massima (°C)	7	8	12	16	21	25	28	28	23	18	12	8
Temperatura media minima (°C)	1	1	3	6	11	14	16	16	13	10	5	2
Piogge (mm)	79	65	80	128	121	98	75	83	110	150	163	92

5.2.1 TEMPERATURA

L'elaborazione dei dati ha evidenziato temperature elevate nei mesi estivi, con un picco della temperatura media nei mesi di luglio e di agosto di circa 28°C. Le temperature minime, invece, si localizzano nei mesi invernali e la temperatura media dei mesi più freddi, ovvero gennaio e febbraio, si attesta attorno a 1°C. L'escursione termica annua è di circa 27°C.

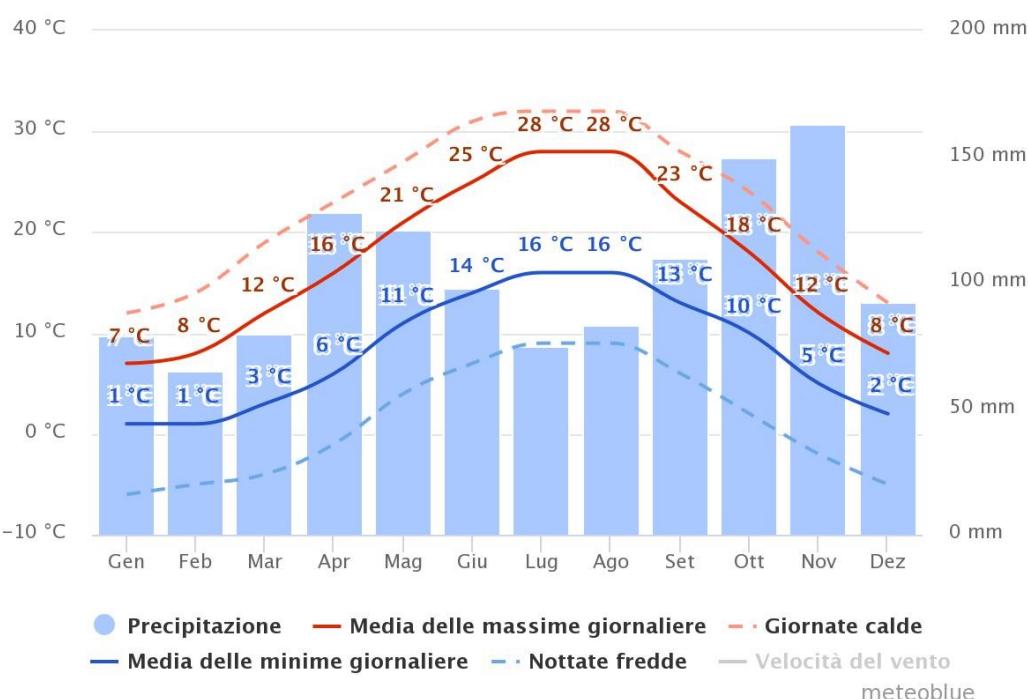
La differenza di temperatura fra mesi successivi rileva una vicinanza di valori mensili limitatamente ai mesi più freddi e quelli più caldi (intervalli dicembre-gennaio e giugno-agosto), mentre nei periodi intermedi le variazioni sono più significative, soprattutto nei mesi marzo-maggio e settembre-novembre.

5.2.2 PRECIPITAZIONI

Le precipitazioni registrate nella stazione meteorologica più prossima a Lovere si distribuiscono in due periodi di massima piovosità: uno primaverile registrato nel mese di aprile ed uno autunnale nel mese di novembre. Le precipitazioni minime si registrano nel mese di febbraio.

Le precipitazioni medie annue sono superiori ai 1200 mm. La frequenza media dei giorni piovosi è pari a circa 157 giorni.

Figura 2: Temperature medie e precipitazioni



5.2.3 NEBBIA

Questo fenomeno atmosferico interessa soprattutto la pianura bergamasca, non si evidenzia in modo particolare nel territorio comunale di Lovere.

5.2.4 MANTO NEVOSO

I dati nivologici analizzati sono relativi alla stazione di rilevamento meteo-climatico di Bergamo: i valori si riferiscono ad un periodo di osservazione compreso tra il 1958 e 1987.

I maggiori apporti a caratteri nevoso si hanno nell'ultima decade del mese di dicembre e di gennaio, mediamente sono risultati coperti da neve 18 giorni dell'anno.

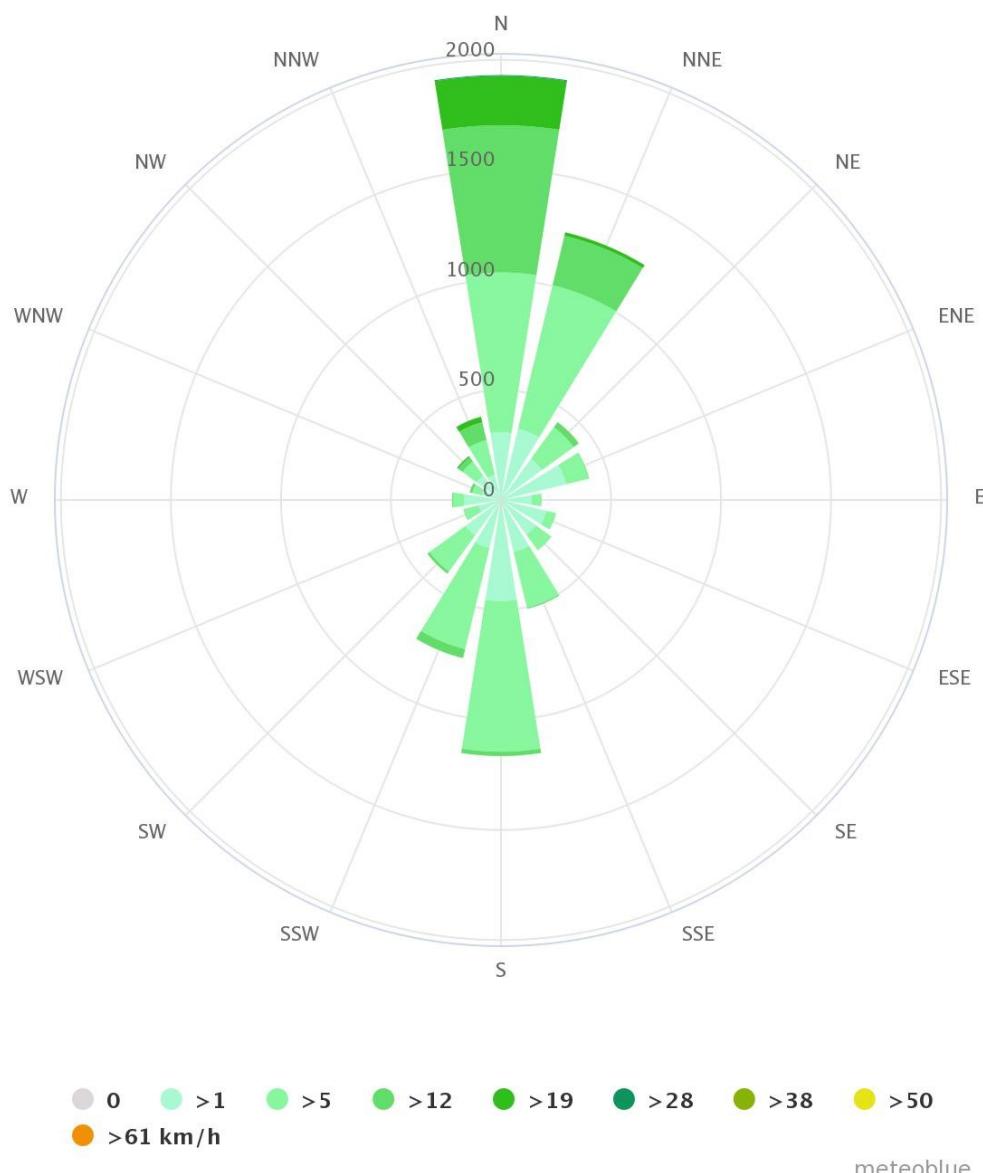
5.2.5 VENTI

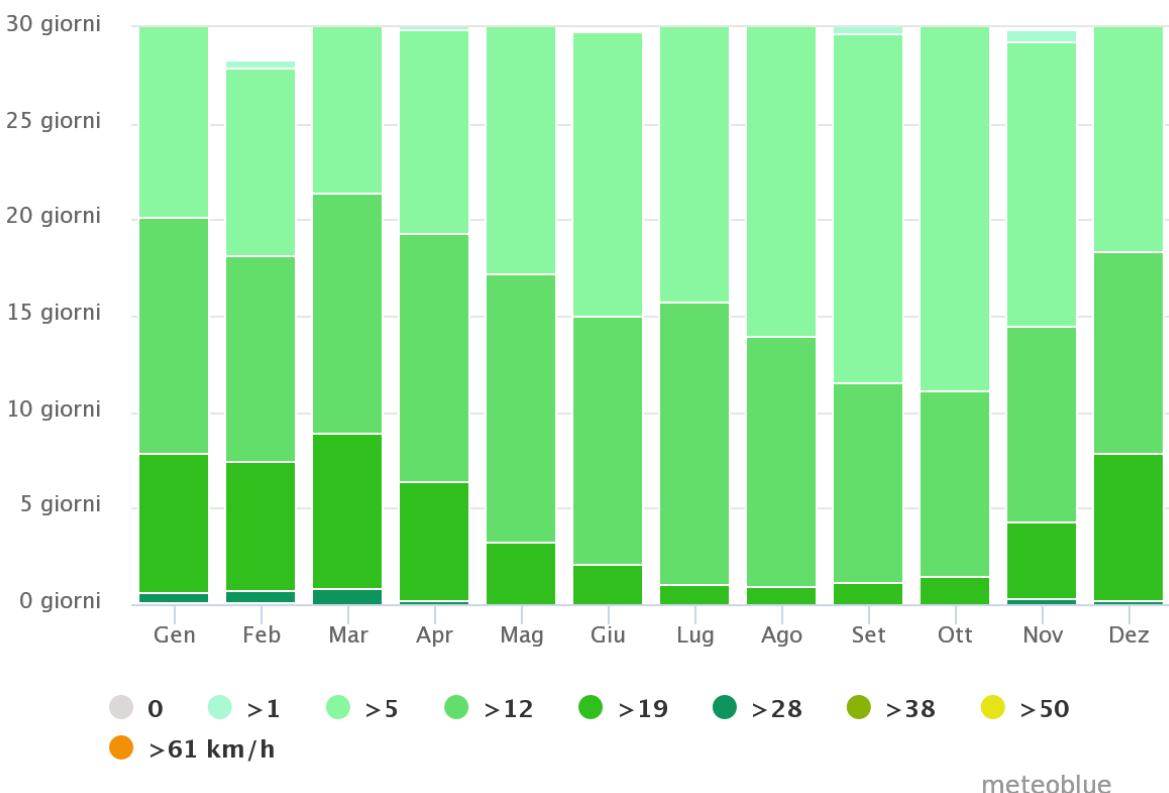
Nell'ambito del territorio comunale di Lovere sono stati reperiti dati che mostrano come i venti prevalenti soffino da N a velocità prevalenti compre tra 5 e 10 km/h

Si riporta in

Figura 3 la rosa dei venti caratteristica per il territorio comunale e le velocità relative ai vari mesi dell'anno.

Figura 3: Rosa dei venti e velocità





6 GEOLOGIA

6.1 ASPETTI GENERALI

Dal punto di vista geologico, il territorio comunale di Lovere è caratterizzato dall'affioramento di formazioni rocciose di natura carbonatico-marnosa ed evaporitica del periodo triassico, dislocate da una serie di faglie subverticali orientate NNW-SSE e separate da un piano di sovrascorrimento suborizzontale.

Il piano di sovrascorrimento è posto nella parte alta del versante (Passo delle Croci – loc. Ceratello) ed ha portato all'accavallamento delle formazioni rocciose poste a monte sulle formazioni poste a valle; tale piano presenta inoltre uno sdoppiamento nella zona del Monte Cala, che comporta la formazione di un tetto secondario isolato. Le faglie subverticali orientate NNW-SSE sono evidenti nella porzione inferiore del versante (posta al di sotto del piano di sovrascorrimento), dove separano zone caratterizzate da diverso assetto litostratigrafico e strutturale. Nella porzione superiore del versante tali faglie si chiudono anche se la dislocazione ad esse legata interessa anche il piano di sovrascorrimento.

Alla luce di tale assetto strutturale, il territorio in esame può essere suddiviso in differenti settori e zone:

- settore sommitale del versante (Altopiano di Bossico – zona del Monte di Lovere) caratterizzato dalla presenza del corpo roccioso sovrascorrente, costituito da litotipi appartenenti alla Formazione della Dolomia Principale e alla Formazione di Castro immersi mediamente verso NW con 45° di inclinazione;
- settore inferiore del versante (fascia dal Passo delle Sette Croci e loc. Ceratello al Lago d'Iseo) caratterizzato dalla presenza del corpo roccioso sovrascorso, all'interno del quale si possono distinguere tre diverse zone separate dalle citate faglie aventi direzione NNW-SSE:
- la zona Occidentale nella quale affiorano litotipi appartenenti alla Formazione della Dolomia Principale e alla Formazione di Castro (unitamente ad estese coperture superficiali) immersi mediamente verso W con inclinazione di 45° - 65°; tale zona è delimitata verso E dalla prima delle faglie subverticali (posta in prossimità delle Cave di Gesso) che mette a contatto la Formazione di Castro con la Formazione di San Giovanni Bianco. Nel tratto di versante posto in prossimità del Lago d'Iseo la continuazione di tale faglia non è visibile perché coperta dalla coltre dei depositi superficiali.
- La zona Centrale compresa fra le due faglie subverticali principali, nella quale affiorano litotipi appartenenti alle Formazioni del Ladinico Superiore e del Carnico

Inferiore; in particolare in questa zona è presente la lente di evaporiti (gessi e anidriti) della Formazione di San Giovanni Bianco. La giacitura degli strati è mediamente subverticale con andamento NNE-SSW. All'interno di questa zona le formazioni sono interessate dalla presenza di pieghe e faglie minori aventi la stessa direzione di quelle principali.

- La zona Orientale, delimitata verso Ovest dalla faglia impostata nell'impluvio della Val Rescudio, all'interno della quale affiora la serie stratigrafica locale compresa fra il Calcare di Angolo e la Formazione di San Giovanni Bianco; la giacitura degli strati, che in questa zona si mantiene abbastanza regolare, è rivolta mediamente verso W con inclinazione media di 45°.

7 GEOLOGIA E LITOLOGIA

Di seguito si riporta una breve descrizione delle formazioni del substrato roccioso che si riscontrano sul territorio di Lovre (fonte: Note illustrative Foglio 78 Breno – Progetto Carg). La carta geologica (Tav. 1) illustra nel dettaglio la dislocazione delle unità stratigrafiche di seguito descritte e l'assetto strutturale riscontrabile sul territorio comunale

7.1.1 FORMAZIONI DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

7.1.1.1 *Calcaro scuri in strati medi/massicci (ANGc)*

Si tratta di calcari da grigi a grigio-scuri alla frattura, grigi in alterazione, da micritici a debolmente laminati, localmente micacei, in strati da planari a ondulati di spessore da decimetrico fino a metrico ove gli strati si presentino amalgamati. Sono sovente percorsi da vene di calcite bianca, tanto che alcune cave di "nero venato", usualmente impostate nel calcare di Pratotondo, sfruttano anche questi lito tipi. Età: Anisico inferiore-medio.

7.1.1.2 *Formazione di Wengen (WEN)*

La Formazione di Wengen è costituita da arenarie grigio-verdastre a cemento calcareo, alternate a siltiti e subordinate argilliti da debolmente a francamente calcaree, laminate, a stratificazione da decimetrica a indistinta. Le arenarie sono localmente conglomeratiche con clasti argillitici scuri o, in prossimità del passaggio al calcare di Esino, possono presentare elementi di calcari "esinoidi". L'ambiente di sedimentazione è interpretabile come bacini intrapiattaforma, delimitati dalle piattaforme carbonatiche ladiniche e riempiti da sedimenti prevalentemente terrigeni con una importante componente vulcanoclastica. Età: Ladinico superiore-Carnico inferiore.

7.1.1.3 Arenaria di Val Sabbia (SAB)

Si tratta di siltiti e arenarie vulcanoclastiche a cemento debolmente calcareo, di colore grigio verdastro, stratificate in grossi banchi, con laminazioni parallele e incrociate, ma in generale le strutture sono poco evidenti in affioramento. L'analisi in sezione sottile evidenzia trattarsi di litareniti con litici vulcanici, feldspato e subordinato quarzo. L'ambiente è tipico di un delta; in tale area è presente la sua porzione distale, sempre subacquea e/o intertidale; infatti prevalgono colori grigio verdastri ed è elevata la porzione calcareo-marnosa. Età: Carnico inferiore-medio.

7.1.1.4 Formazione di Gorno (GOR)

La formazione di Gorno è costituita da calcari, calcari-marnosi e marne di colore grigio-nerastro alla frattura e grigio-giallastro in alterazione, in strati da centimetrici a pluridecimetrici, alternati a livelli di marne e argilliti nere. Gli strati marnosi sono ricchi di bivalvi. Calcare oolitico grigio chiaro con associate laminazioni algali sono stati osservati anche sulla strada Flaccanico-Ceratello a monte di Lovere: sia inferiormente che superiormente passano a calcari marnosi fossiliferi e a calcareniti marnose con laminazione incrociata e chiusura a pinch out. La formazione è ben esposta sul versante destro camuno. Il limite inferiore è costituito dal Calcare Metallifero Bergamasco o dal membro dell'Annunciata, il limite superiore dal membro di Campolungo o dalla formazione di San Giovanni Bianco. L'unità appare troncata sia per erosione sia per elisione tettonica. In generale l'ambiente della formazione di Gorno è una laguna a sedimentazione mista in cui prevalgono condizioni di bassa profondità e in genere di bassa energia (Gnaccolini & Jadoul, 1988). Età: Carnico inferiore-medio.

7.1.1.5 Formazione di San Giovanni Bianco (SGB)

Alle frazioni di Lovere vi sono indizi di un contatto tettonico del limite di tetto. La irregolarità degli affioramenti è dovuta sia alla presenza di spesse coltri di suolo sviluppate su questi litotipi, sia, soprattutto, alla elisione tettonica subita da tale formazione che, a causa delle sue caratteristiche reologiche, ha costituito quasi ovunque l'orizzonte preferenziale di scollamento dei sovrascorimenti. La formazione di San Giovanni Bianco è caratterizzata da una estrema variabilità di facies, quali evaporiti, facies dolomitico-pelitiche e facies arenacee, le quali rappresentano ambienti diversi, che passano da lagunari alla base - e che indicano una rapida trasgressione che porta al soffocamento della piattaforma della Formazione di Breno - ad ambienti intertidali o sopratidali, fino a sabkha. Età: Carnico medio-superiore.

- Litofacies arenacea (SGBa)

Si tratta di alternanze di arenarie e siltiti da grigie a verdi. Le arenarie sono da fini a grossolane, in strati centimetrico decimetrici, solo localmente laminate; le arenarie più

grossolane sono alterate in colori ferruginosi e non reagiscono all'acido. Età: Carnico medio-superiore.

- Evaporiti (SGBc)

Comprendono gessi e carniole.

7.1.1.6 Formazione di Castro Sebino (CSO)

Nel Foglio Breno la Formazione di Castro Sebino si presenta in due litofacies. La "Facies tipica" (Litofacies superiore) è costituita da due litotipi: (a) brecce calcaree massicce intraformazionali: brecce carbonatiche sinsedimentarie, eterometriche e caotiche, ricristallizzate, di colore da grigio a nocciola con caratteristiche screziature marroncine quelle calcaree e grigio-scuro quelle dolomitiche. (b) brecce dolomitiche intraformazionali in banchi massicci: sono in generale subordinate rispetto a quelle calcaree e affiorano in modo sporadico sul Monte di Lovere. Le "Brecce dolomitiche" con locali intercalazioni od olistoliti di dolomie scure laminate. Età: Carnico superiore – Norico inferiore.

7.1.1.7 Dolomia Principale (DPR)

All'interno di questa unità sono stati distinti il membro inferiore (DPR5), la litofacies di piattaforma marginale (DPRa) e la facies tipica costituita da dolomie peritidali stratificate (DPRb).

- Membro Inferiore (DPR5)

Il membro inferiore della Dolomia Principale (Jadoul et alii, 1992b) forma una fascia pressoché continua tra la Val di Tede, la Val di Frucc e il Monte di Lovere. Esso è caratterizzato da prevalenti dolomie marnose e dolomictiti in strati dello spessore variabile da 10-15 cm fino ad un metro ed oltre. Questa rappresenta una delle caratteristiche macroscopiche distinctive rispetto al membro superiore della Dolomia Principale, costituito invece da dolomie massicce divise da giunti discontinui e non sempre seguibili lateralmente. Spessore massimo: 200-300 m. Età: Carnico superiore? - Norico inferiore.

- Dolomie peritidali stratificate (DPRb)

Questa litofacies, definita anche 'facies tipica' da Jadoul (1986), costituisce buona parte della Dolomia Principale affiorante nell'area. La sua parte medio-inferiore è costituita dalla sovrapposizione di cicli shal-lowing-upward, dello spessore medio di 1,5 - 2,0 m, costituiti, dal basso verso l'alto, dalle seguenti facies: (a) un livello, dello spessore di pochi cm, di breccioline a clasti di dimensioni variabili dal millimetro al centimetro; questo livello, non sempre presente, viene interpretato come lag basale del ciclo; (b) dolomie massive, di colore variabile da grigio chiaro a grigio scuro, talora contenenti modelli interni di gasteropodi e megalodonti in posizione di vita, che costituiscono la

parte preponderante del ciclo shallowing; questa facies viene riferita ad un ambiente subtidale in cui organismi limivori avrebbero bioturbato ed omogeneizzato completamente il sedimento; (c) facies peritidali caratterizzate dalla presenza di livelli decimetrici di lamine algali planari e crenulate (stromatoliti), con fenestrae e sheet-crack riempiti di cementi. Localmente presenti strutture a tepee, che costituiscono la classica facies di tetto-ciclo. Spessore massimo: 900-1000 m. Età: Norico.

- Litofacies di piattaforma marginale (DPRa)

Questa facies affiora lungo il versante idrografico destro della Val Borlezza, nelle ripide incisioni comprese fra il M. Fogarolo a nord e la Corna Lunga a sud. Essa compare al tetto della Dolomia Principale e nelle aree ai margini delle piattaforme prossime ai solchi intra-piattaforma norici. È costituita da build-up di dimensioni metriche a serpulidi, porostromata, gasteropodi, bivalvi nonché piccoli bivalvi e bioclasti avvolti da laminazioni algali scure di tipo stromatolitico (microbialiti) che possono assumere geometria variabile da planare a cupoliforme. Spessore massimo: 280-300 m. Età: Norico.

7.1.1.8 Conglomerato di Valle Pernedio (VPR)

Conglomerati in strati suborizzontali, a supporto clastico e matrice arenacea, clasti arrotondati silicei e carbonatici (depositi alluvionali). Litificati, con clasti carbonatici discolti entro l'ammasso. Placche residuali in posizione di cresta. Lembi isolati lungo le creste in destra idrografica della Val Borlezza, al monte Torrione e sul Monte di Lovere. Età: Neogene, sulla base dell'alterazione nonché della posizione geometrica e stratigrafica.

7.1.1.9 Ceppo di Poltragno

Conglomerati ben cementati a clasti spigolosi dolomitici.

7.1.2 DEPOSITI SUPERFICIALI

7.1.2.1 Sintema di Corno Ceresa (ERE)

Sono diamicton pedogenizzati con silicoclasti residuali; diamictiti a supporto di matrice e sparsi clasti arrotondati, litificate; erratici sparsi (depositi glaciali). Il profilo di alterazione con limite inferiore a organi geologici sulla diamictite o sulle sottostanti dolomie noriche, colore della matrice 5YR, clasti carbonatici assenti, clasti silicei con cortex di spessore pluricentimetrico. Morfologia non conservata. Talvolta denominato Complesso del Monte di Lovere, unità di Brugai (Ferliga et alii, 2000); Alloformazione di Corno Ceresa (Ferliga & Bini, 2007). I depositi glaciali hanno spessori sino a 10 m di diamicton massivo a supporto di matrice argilloso-limosa, clasti da centimetrici sino a 60 cm, arrotondati, silicatici residuali; diamictiti massive a supporto di matrice fine nocciola con sparsi clasti calcarei arrotondati, cementazione ottima sino a completa litificazione;

coperture discontinue di erratici sino a plurimetrici. La morfologia non è conservata; placche di depositi glaciali in posizione di cresta e nettamente troncate dai versanti attuali. Esse testimoniano una o più avanzate antiche di un grande ghiacciaio alimentato dai quadranti settentrionali - forse diffluente in corrispondenza dell'attuale spartiacque Presolana-Scanapà-Pora, in una fase anteriore all'apertura della Val Borlezza e al modellamento della fisiografia attuale. Età: Gelasiano.

7.1.2.2 Sintema di Stalle d'Onito (SON)

Costituito da diamicton massivi pedogenizzati con silicoclasti camuni da friabili a arenizzati, colore matrice 5YR, clasti carbonatici assenti, morfologie poco conservate (depositi glaciali). Diamicton massivi e ghiaie con clasti da subangolosi a subarrotondati carbonatici, profilo di alterazione plurimetrico, colore matrice 7.5YR, carbonati da friabili a argillificati, morfologie solo parzialmente conservate (depositi alluvionali locali e di debris-flow). Detta anche Alloformazione di Stalle d'Onito (Ferliga & Bini, 2007). Affiorano fra il Monte di Lovere e la Valle dei Matti (depositi glaciali). L'unità comprende depositi glaciali di alimentazione camuna: diamicton massivi a supporto di matrice argilloso-limosa con ciottoli e blocchi silicatici residuali di provenienza camuna. Età: Pleistocene medio.

7.1.2.3 Sintema di Prati di Sta (PTT)

Definita da diamicton pedogenizzati e diamictiti massive a supporto di matrice arenacea con clasti carbonatici e silicoclasti camuni (depositi glaciali); conglomerati con clasti arrotondati (depositi fluvioglaciali); cementazione ottima, ove presente; profilo d'alterazione troncato, a organi geologici sui conglomerati, decarbonatazione sino a profondità maggiore di 2 m su till, colore della matrice fra 7.5 e 5YR. Ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e clasti arrotondati, diamicton massivi a supporto di matrice con clasti eterometrici subangolosi; clasti carbonatici; profilo di alterazione sino a 2 m con clasti arenizzati e colore della matrice 7.5YR (depositi locali alluvionali e da debris-flow). Morfologie ben conservate, in erosione. Detta anche Alloformazione di Prati di Sta (Ferliga & Bini, 2007). I depositi glaciali sono formati da diamicton massivi pedogenizzati, a supporto di matrice limoso-argillosa con silicoclasti residuali alimentati dall'alta Val Camonica, mal selezionati, da centimetrici sino a blocchi metrici, da subarrotondati a arrotondati. I depositi fluvioglaciali sono conglomerati grossolanamente stratificati a supporto clastico con abbondante matrice arenacea, clasti mal selezionati, arrotondati e di forma irregolare; conglomerati in corpi stratoidi, supporto clastico, matrice scarsa o assente, con clasti ben selezionati, ben arrotondati, di forma allungata o appiattiti. La cementazione è buona; clasti carbonatici della successione triassica e silicoclasti permiani e del basamento cristallino camuno. I depositi alluvionali e di debris-flow sono invece costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e clasti

arrotondati a selezione discreta, centimetrico-decimetrici; diamicton massivi in banchi sino a plurimetrici, a supporto di matrice con clasti eterometrici subangolosi, da centimetrici sino a blocchi metrici in alcuni livelli; clasti di alimentazione locale, dalla successione norica, con sporadici elementi carbonatici ladinico-carnici e da conglomerati più antichi. Età: Pleistocene medio.

7.1.2.4 Sintema di Bossico (BOI)

Per definizione si tratta di diamicton massivo pedogenizzato a supporto di matrice limoso-sabbiosa con clasti eterometrici arrotondati, carbonatici e silicoclasti camuni (till d'ablazione); diamicton massivo a supporto di matrice limosa sovraconsolidata con clasti striati (till d'alloggiamento). Profilo di alterazione troncato, silicoclasti arenizzati, colore della matrice 7.5YR-5YR. Morfologie ben conservate, in erosione. Detto anche Alloformazione di Bossico (Ferliga & Bini, 2007). Età: Pleistocene medio.

7.1.2.5 Sintema di Cedrini (EDR)

Sono diamicton e diamictiti massive a supporto di matrice limoso-sabbiosa, clasti arrotondati mal selezionati, carbonatici e silicatici camuni (till d'ablazione). Locale cementazione. Profilo di alterazione troncato, carbonati assenti, silicoclasti arenizzati, colore della matrice tra 7.5YR e 5YR. Morfologie ben conservate, in erosione. Detta anche Alloformazione di Cedrini (Ferliga & Bini, 2007). Affiora sui versanti della Val Borlezza. Età: Pleistocene medio.

7.1.2.6 Sintema di Cantù (LCN)

Il sintema è costituito da depositi glaciali e di contatto glaciale.

- Till d'alloggiamento: diamicton massivi a supporto di matrice limosa sovraconsolidata, con sparsi clasti da centimetrici a metrici subarrotondati, sagomati e spesso striati.
- Till d'ablazione: diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa o sabbioso-limosa con abbondanti clasti mal selezionati, da centimetrici a metrici, da subangolosi a subarrotondati.
- Depositi di contatto glaciale: limi argillosi massivi nocciola, con rari clasti da subangolosi a subarrotondati, di dimensioni massime decimetriche; intercalate lenti di diamicton massivi a supporto di matrice con sparsi clasti.
- Depositi da trasporto in massa: diamicton massivi a supporto di matrice con clasti della successione anisico-carnica locale, e sparsi esotici rielaborati da depositi glaciali precedenti. Clasti alimentati dall'alta Val Camonica, con litotipi della successione permotriassica in percentuale crescente spostandosi verso

meridione, a scapito dei litotipi del basamento metamorfico e di subordinate magmatiti dal corpo intrusivo dell'Adamello.

7.1.2.7 Depositi glaciali degli apparati locali.

Durante l'ultimo massimo glaciale piccole lingue locali erano annidate nelle valli laterali, ove hanno lasciato ben riconoscibili depositi con morfologie ben conservate. In particolare nelle valli affluenti di sinistra sono state riconosciute le seguenti unità:

- sistema di Val Gabbia: una lingua glaciale scendeva lungo la Valgabbia sino attorno a quota 1500 m s.l.m.; piccole morene relative alle fasi di ritiro sono riconoscibili sino alle quote più elevate entro la testata della valle. Ridotte placche di depositi glaciali non alterati si trovano anche alla testata della Valle Bonina, testimoniando la presenza di ridotte lingue locali.

7.1.2.8 Gruppo del Culmine (CU)

Conglomerati clinostratificati a supporto clastico e matrice arenacea, clasti angolosi con selezione da scarsa a buona; diamictiti massive clinostratificate, a supporto di matrice e abbondanti clasti angolosi eterometrici (depositi di versante e di trasporto in massa). Clasti carbonatici alimentati dal versante soprastante. Cementazione da ottima sino a completa litificazione. In continuità morfologica col versante di alimentazione a monte, sospesi rispetto al fondovalle attuale. La superficie limite inferiore erosionale sulla successione triassica locale o su conglomerati continentali neogenici; superficie limite superiore erosionale, coincidente con la superficie topografica; troncati verso valle e sospesi rispetto agli alvei attuali. Età: Pleistocene.

7.1.2.9 Supersistema della Colma del Piano (CM)

Costituito da Diamicton e diamictiti a clasti eterometrici (depositi glaciali). Conglomerati, ghiaie, sabbie stratificate (depositi alluvionali). Limi e argille laminate (depositi lacustri). Superficie limite superiore, polifasica e poligenica; profilo di alterazione sviluppato, di spessore variabile. L'unità raduna un'estrema varietà di litosomi, spesso organizzati in singole successioni coerenti a scala locale, ma non sempre cartografabili separatamente alla scala della carta; vengono quindi descritti separatamente, prendendo in considerazione l'asse della valle principale nonché i grandi bacini laterali, ove siano presenti corpi sedimentari con caratteristiche distintive ma non correlabili fra loro a livello regionale. Età: Pleistocene, anteriormente all'ultima avanzata glaciale.

7.1.2.10 Sistema del Po (POI)

Costituito da diamicton e ghiaie con clasti angolosi (depositi di versante, di frana e di debris-flow). Ghiaie e sabbie stratificate (depositi alluvionali). Limi laminati, argille, torbe

(depositi lacustri e di torbiera). L'unità comprende tutti i depositi continentali formatisi dopo le fasi di ritiro dell'ultima avanzata glaciale.

In allegato è presente la tabella di confronto tra la unità cartografate nel Foglio Breno n°78 10K-50K.

8 GEOMORFOLOGIA

La carta geomorfologica (Tav. 2) estesa a tutto il territorio comunale di Lovere mette in evidenza le forme di superficie suddivise in funzione della loro origine (tipologia) e del loro stato di attività.

Le forme sono state suddivise in funzione dell'agente morfodinamico principale che le ha generate: non si esclude tuttavia la contemporaneità di agenti differenti. In tal caso viene attribuita una classificazione sulla base dei principali indizi osservati; quando l'attribuzione dell'origine risulta difficile oppure quando si ritiene siano intervenuti più agenti di modellazione senza un preciso ordine prioritario, viene attribuita alla forma un'origine complessa.

Le forme sono state inoltre distinte in ragione dello stato di attività osservato o desunto da implicazioni morfogenetiche: sono state considerate inattive quelle forme e quei depositi riferibili a condizioni morfodinamiche e climatiche differenti dalle attuali, la cui evoluzione si ritiene completata o di impossibilità nel continuare ad evolversi; sono state considerate quiescenti le forme ed i depositi per i quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di funzionamento nell'attuale sistema morfoclimatico; sono state considerate attive le forme ed i depositi legati a processi in atto e o ricorrenti a ciclo breve.

Sulla base degli agenti principali che hanno influito sulla dinamica morfologica, il territorio comunale di Lovere può essere suddiviso in settori, affrontando in tal modo le singole problematiche che riguardano il territorio:

- il settore nord occidentale (Altipiano di Bossico) è caratterizzato da forme dolci, collegabili ai processi glaciali sovrapposti ad una morfologia paracarsica (in particolare tectocarsica);
- il tratto inferiore del versante sinistro della Valle Borlezza è caratterizzato da una serie di rotture di pendenza collegabili alle diverse fasi di approfondimento del corso d'acqua;
- lungo il versante che dal Monte Cala insiste sul Lago, si possono individuare e distinguere forme collegate direttamente alle condizioni geologico stratigrafiche e tettoniche, nonché all'attività antropica: il tratto sud-orientale del versante a monte dell'abitato presenta morfologie aspre tipiche dei processi erosivi di origine carsica, con avvallamenti e depressioni allineate secondo linee tettoniche;
- la porzione meridionale dell'abitato di Lovere, a sud ovest della faglia posta presso la Cava di Gesso, si sviluppa su un tratto di versante con evidenti interruzioni della regolarità del declivio, con forme che si sviluppano ad anfiteatro, da collegare a processi di sprofondamento delle masse litiche e detritiche presenti

originariamente sul versante; i movimenti supposti presentano anche una componente orizzontale rivolta verso la sponda lacustre. In tale settore i processi di modellamento sono da collegare principalmente ad un'attività carsica ipogea favorita dalla presenza di rocce solubili (evaporiti, dolomie e calcari dolomitici) e da una tettonica distensiva (con aumento della permeabilità verticale e definizione delle linee di deflusso preferenziale). Nell'attuale fase d'indagine non sono stati considerati gli effetti dei trascorsi glaciali del settore sull'attività di dissoluzione. Le manifestazioni carsiche, in ragione delle loro dimensioni e per lo sviluppo antropico che ha mascherato le forme originarie (urbanizzazione ed attività estrattive) sono morfologicamente evidenti alla scala topografica degli allegati. La dinamica evolutiva del versante, supposta sulla base delle osservazioni morfologiche di superficie, sembra essere confermata dagli aspetti stratigrafici rilevati dalle indagini geognostiche effettuate all'interno dell'abitato. Le conoscenze attuali dei fenomeni di dissoluzione chimica delle rocce ed in particolare l'assenza di indagini specifiche nel territorio di Lovere, non consentono di esprimere con certezza considerazioni in merito al grado di attività delle forme rilevate.

- Le informazioni derivanti della realizzazione della Galleria "Lovere" della variante della Strada Statale 42 "del Tonale e della Mendola" e le conseguenze dello scavo, hanno messo in evidenza come la continuità litologica osservata in superficie non si riproponga in profondità; durante lo scavo della galleria sono state riscontrate cavità di rilevante estensione laterale (soprattutto all'altezza della faglia) con riempimenti di materiale detritico e collegamenti (camini) con la superficie. Gli "sfornellamenti" in galleria hanno determinato sprofondamenti in superficie, in prossimità di settori di per sé già depressi per la presenza di doline.
- il versante insistente sul Lago di Iseo (zona di Cornasola) presenta evidenti indizi di fenomeni legati a processi di espandimento laterale, che ha favorito l'innescarsi di fenomeni gravitativi con direzione di movimento preferenziale verso il bacino lacustre;
- Le attività di sfruttamento dei depositi evaporitici presenti nel settore a monte dell'abitato di Lovere, lungo il tratto di versante posto ad Ovest della Val Vendra, hanno determinato l'attuale morfologia dello stesso, costituita da gradonate di cava e fronti aperti; a monte di tale settore si sviluppano allineamenti morfologici collegati a depressioni di origine gravitativa. Testimonianze storiche riportano come nel settore di cava fosse in passato presente un avvallamento, che raccoglieva le acque di un bacino imbrifero che si sviluppava a monte, conducendole a lago attraverso un percorso all'interno dell'attuale abitato (come riportato nell'allegato grafico).

8.1 AREE OMOCENE

Il territorio comunale è suddiviso in aree omogenee per problematiche e distribuzione geografica, assegnando ad ogni area toponimi desunti dalla cartografia; di seguito si riporta una descrizione di dettaglio delle aree definite e degli ulteriori elementi ritenuti significativi per la ricostruzione di dettaglio del quadro geologico – geomorfologico.

- La Galleria Lovere lungo la SS42 “del Tonale e della Mendola”

Il tratto di Strada Statale compreso fra la progressiva 3754.44 e 6575.83 del tracciato è realizzato in galleria; questa si sviluppa per una lunghezza complessiva di 2821 m secondo una sezione trasversale ad unico centro, di raggio all'intradosso di 6.23 m, con piano viario a quota di circa 255-260 m s.l.m..

- Versante sinistro della Val Borlezza

Il tratto inferiore del versante sinistro della Val Borlezza è caratterizzato da una serie di rotture di pendio; le più evidenti corrispondono ad orli di scarpata d'erosione legati all'approfondimento del Torrente Borlezza nel tratto a monte della forra prima dello sbocco a lago. Le ulteriori rotture di pendio sono di origine antropica e spesso sono sostenute da muretti a secco. La quota attuale dell'alveo del torrente è tale da ritenere inattive le forme osservate. Il tratto inferiore del versante in esame è caratterizzato dalla presenza di depositi quaternari (fluvioglaciali e glaciali) cementati che ricoprono talora con coltri di ridotta potenza le litologie della Formazione di Castro. Affioramenti rocciosi costituiscono porzioni superiori del versante, con pareti interessate da fenomeni di crollo che alimentano falde detritiche di limitata estensione e potenza. La linea spartiacque, dalla località *Fornelli* sino alla forra rocciosa, è caratterizzata dalla presenza di gradini morfologici, tratti relativamente ripidi e depressioni allungate disposte perpendicolarmente alla linea di cresta: tale assetto morfologico è da collegare a fenomeni di abbassamenti delle porzioni di versante a lago, per fenomeni gravitativi e di espandimento laterale. All'altezza dei tratti meno acclivi (*Monte Cala, Prato della Sposa, Dossello e Villaggio Borlezza*) alle forme di origine gravitativa si sono sovrapposte morfologie carsiche con la formazione di depressioni. A valle del Villaggio Borlezza è presente una depressione aperta verso l'esterno del versante riconducibile ad una forma legata all'attività carsica ipogea; la scarpata di tale depressione appare in continuità con la scarpata di erosione legata all'attività del Torrente Borlezza. In località *DOSSELLO*, in corrispondenza del crinale che divide la Valle Borlezza dal versante insistente direttamente sul Bacino Sebino, è presente una cavità verticale di discreta estensione laterale (riportata in bibliografia con il nome di “*Laca di San Maurizio*”) impostata nella Dolomia Principale per una profondità di oltre 65 metri; la cavità (esplorata e rilevata dal Gruppo CAI di Lovere) si sviluppa in direzione nord-sud prevalente ed appare legata all'attività carsica impostata lungo un sistema di fratture. In superficie l'elemento indicato è evidenziato da una depressione lineare, di larghezza variabile ma sempre superiore a

1 - 2 metri, che verso nord tende a chiudersi perché ricoperta da depositi detritici in corrispondenza della scarpata legata ad uno sprofondamento di origine carsica che insiste sull'abitato di Lovere. Ad est della depressione, in prossimità del ripiano morfologico quotato 345,50, sono state individuate due piccole depressioni di forma pressoché circolare, sempre collegabili a sprofondamenti per fenomeni di dissoluzione (doline). È possibile individuare un allineamento della depressione citata con le ulteriori forme presenti nel territorio in esame. Verso sud l'allineamento morfologico si spegne in corrispondenza del versante insistente sulla Val Borlezza, forse perché coperto da depositi detritici cementati. In corrispondenza del settore di versante ed in particolare del crinale (Località Dossello), si possono individuare dei settori relativamente pianeggianti, a quote differenti, separati da degli avvallamenti (meno evidenti della Laca S. Maurizio). A tali avvallamenti possono essere in prima misura collegati dei lineamenti tettonici con direzione sudvest-nordest. L'assenza di una rete di drenaggio del tratto di versante è da collegare alle caratteristiche di permeabilità del substrato. Il limite occidentale del territorio in esame è definito dall'alveo di un piccolo corso d'acqua a carattere temporaneo. Nella porzione inferiore l'alveo è definito da una incisione relativamente profonda, spinta nei terreni depositi dallo stesso al raggiungimento dell'originario fondovalle. L'approfondimento ha dato origine a delle scarpate d'erosione in fase di degradazione; nel suo tratto inferiore, appena a monte della strada che taglia il versante a monte della strada provinciale, le periodiche acque di deflusso superficiale sono costrette in un alveo completamente interrato. Immediatamente a monte della strada secondaria l'alveo è occupato dall'accumulo di materiale detritico (inerti) di varia pezzatura e natura. Le "frane non fedelmente cartografabili" riportate in carta e rilevate appena a monte della carreggiata della Strada Provinciale n° 53 si riferiscono a locali crolli dei muretti a secco presenti nel settore; la loro presenza non è dunque da collegare ad una reale propensione al dissesto del settore interessato ma è indicativa dello stato di abbandono in cui versano le opere di sostegno e della possibile ulteriore evoluzione delle intere opere. Si sottolinea inoltre come i terreni sostenuti, vista l'origine dei depositi e le caratteristiche dei litotipi d'origine, possano presentare granulometria fine prevalente. Il tratto mediano del versante della Valle Borlezza è percorso da un canale coperto che porta le acque in esso raccolte alla vasca di carico in muratura presente nel tratto orientale del versante in esame. Dalla vasca di carico, attraverso una condotta forzata in superficie, le acque raggiungono la centrale idroelettrica posta sul fondovalle. Tali strutture antropiche sono state riportate in carta in quanto ritenute potenziali elementi di pericolo, soprattutto se l'attività di convogliamento delle acque a cui sono preposti non è seguita da una periodica attività di controllo delle strutture, atta a garantire la tenuta e la stabilità delle opere.

- Località Cornasola

Lungo il tratto di versante che insiste sul Porto Cornasola, a partire da Via San Maurizio (Convento dei Frati), affiorano i conglomerati del “ceppo”. Tale litologia è caratterizzata dalla presenza di fratture subverticali ed avvallamenti, aventi direzione parallela al versante: l'origine di tali forme è da collegare alla fratturazione del conglomerato (che ha comportamento meccanico di tipo rigido) in seguito a fenomeni di espandimento laterale. Il conglomerato poggia infatti direttamente su litologie della lente di evaporiti della Formazione del San Giovanni Bianco. Talora, l'approfondimento di tali discontinuità per effetto dell'azione delle acque di infiltrazione e degli agenti meteorici, ha portato alla formazione di vere e proprie cavità a sviluppo prevalentemente verticale denominate *laghe*, tra le quali sono da segnalare: “*Laga Via Ex Tranviaria*”, “*Laga nel Convento dei Frati*”, “*Laga di Villa Nichetti*”, “*Grotta Ville Rosse*”, “*Bus dei Lader*”. Il grado di pericolosità dei fenomeni di espandimento laterale risulta relativamente elevato, in quanto in fase di continua evoluzione come testimoniato dalla presenza di lesioni diffuse negli edifici ed in alcune opere murarie lungo il tratto di versante in esame: rimangono delle perplessità per quanto riguarda l'entità dei fenomeni e lo sviluppo temporale. Al comportamento meccanico del conglomerato del ceppo, assimilabile a quello di una roccia, sono da ricondurre i fenomeni di crollo potenziale rilevati nel tratto di versante a valle della Via Ex - Tranviaria. La mancanza di informazioni di dettaglio sul quadro stratigrafico e sulla dinamica dei processi in atto non consente di esprimere considerazioni sulle possibili evoluzioni dei fenomeni. Valutata l'entità e la diffusione delle lesioni, si ritiene opportuno effettuare un approfondimento delle conoscenze allo scopo di individuare adeguate procedure di intervento per la messa in sicurezza degli edifici esistenti o le idonee metodologie realizzative.

- Trello

Ricadono nella “Zona Trello” le aree comprese nella depressione presente nel settore meridionale dell'abitato, percorse da Via II Giugno e Via IV Novembre. Alla luce delle informazioni di carattere geologico - geomorfologico riportate in precedenza, il settore in esame rappresenta una depressione legata ad uno sprofondamento di origine carsica. Nel settore meridionale della depressione era in passato presente una sorgente (Sorgente “Biff”) collegata all'acquedotto comunale nonostante l'elevata concentrazione di ione solfato (SO_4^{2-}) che la caratterizzava. Il troppo pieno della sorgente, che ha subito una sensibile riduzione delle portate in seguito alla realizzazione della citata Galleria sulla variante alla SS42 (dopo lo sfornellamento registrato in galleria alla progressiva 400 metri dall'imbocco ovest), dava origine ad un rigagnolo che intubato raggiungeva il lago (il cui tracciato è riportato in carta). La sorgente è rimasta attiva sino al marzo 1986, quando lo scavo della galleria ha interferito con la falda alimentante. Attualmente, il bottino di presa della sorgente è stato sostituito da un

bacino di raccolta annesso all'acquedotto e le acque di troppo pieno (con portate relativamente inferiori rispetto alle condizioni originarie) scorrono entro l'alveo intubato. Alcune delle abitazioni presenti nel settore presentano vistose fessurazioni nelle murature esterne, testimonianza di cedimenti differenziali delle strutture: le cause dei dissesti debbono essere ricercate sia in erronei dimensionamenti delle opere di fondazioni in relazione alle caratteristiche meccaniche dei terreni, sia in possibili sprofondamenti o spostamenti del sottosuolo successivi alla realizzazione delle opere, e non ultimo per l'abbassamento piezometrico a seguito dello scavo della galleria. Nelle aree in esame sono state recentemente realizzate delle costruzioni (palestra e nuova urbanizzazione) precedute da approfondite indagini geognostiche. Le indagini geognostiche (sondaggi meccanici a carotaggio continuo, prove penetrometriche, prospezione sismica) effettuate nell'area ("Studio geologico e geologico tecnico dei terreni interessati dalla costruzione di una palestra in Comune di Lovere" e "Indagine geotecnica - Piano di lottizzazione in Via Trello") mettono in evidenza un quadro stratigrafico complesso, con il substrato roccioso raggiunto ad una profondità di 7.5 - 10.0 metri dal piano campagna nel settore centrale (a sud di Via 2 Giugno), mentre la stratigrafia del sondaggio eseguito nel settore più esterno della depressione è stato spinto sino ad una profondità di 25 metri e riporta la presenza di una coltre detritica a granulometria fine prevalente e con mediocri caratteristiche meccaniche. In particolare, nelle indagini si sottolinea la presenza di lenti e croste travertinose molto solubili in acqua. Per quanto riguarda il quadro idrogeologico, sempre limitatamente all'area sottoposta ad indagine di dettaglio, la relazione consultata sottolinea come il settore è caratterizzato da una notevole circolazione idrica, in continua evoluzione per fenomeni di soluzione, che avviene per linee e condotti ad andamento irregolare. Nella relazione geologica e geotecnica esaminata viene consigliata l'esecuzione di fondazioni speciali (pali trivellati) per ovviare alla presenza di terreni a caratteristiche meccaniche scadenti. L'idoneità degli interventi adottati in merito ai cedimenti possibili, potrà essere valutata nel tempo.

- Monte Cala

Viene indicato con questo nome il tratto di versante relativamente ripido e con morfologia aspra compreso fra il Monte Cala e l'abitato di Lovere, all'altezza della località Trello. All'altezza del settore pianeggiante superiore (Passo delle Croci – Monte Cala – Santuario di San Giovanni) sono presenti delle forme carsiche, evidenti come depressioni subcircolari od allungate. La parete rocciosa a valle di San Giovanni è interessata da fenomeni di crollo attivi che vanno ad alimentare la falda detritica presente lungo il versante: gli ammassi rocciosi, appartenenti alla Formazione di Castro, hanno comportamento meccanico scadente sia per le caratteristiche litologiche proprie della formazione sia per i processi tettonici che li hanno interessati. Inoltre, come testimoniato dalla presenza dei pinnacoli a valle di San Giovanni, le rocce in posto sono

interessate da processi carsici. Le traiettorie di caduta dei blocchi rocciosi sono condizionate dagli elementi morfologici presenti (canali ed avvallamenti), evidenti soprattutto nelle porzioni superiori. Nel tratto inferiore del versante, a monte di Via Gerone/Via Donatori di Sangue, sono state in passato realizzate delle opere di difesa dai crolli, costituite da un sistema vallo - rilevato - rete elastica. Gli interventi, rappresentati in carta, sono stati eseguiti in tempi successivi e sono impostati all'altezza del Castelliere Gallico ad una quota di circa 330 m s.l.m. A valle delle opere di difesa, lungo il versante sono presenti depositi di falda cementati, con tratti interessati da terrazzamenti antropici: nel settore mediano si riconosce un avvallamento perpendicolare alle isoipse percorso in passato da blocchi da crollo. La depressione, allineata con gli elementi morfologici distinti nel settore superiore del versante (compreso fra i pinnacoli di maggior dimensione), è evidente dal vallo sino a Via Gerone. All'altezza dell'incrocio fra Via Gerone e Via Donatori di Sangue sono presenti in superficie blocchi ciclopici (con volumi compresi fra 50 e 200 mc), legati a crolli dalle porzioni superiori del versante: i blocchi sono tutt'oggi inglobati nel settore urbanizzato e disposti in asse all'avvallamento citato in precedenza.

Gli elementi morfologici descritti, sia lungo il versante che nelle aree prossime all'abitato, mettono in evidenza la pericolosità del settore per la potenzialità del verificarsi di crolli (s.l.) coinvolgenti volumi rocciosi elevati, paragonabili a quelli dei blocchi indicati in cartografia (vedasi foto). Valutato l'assetto strutturale del versante ed il comportamento meccanico degli affioramenti rocciosi a valle del Monte Cala, si ritiene possibile il verificarsi di ulteriori distacchi di volumi rocciosi difficilmente contenibili dalle opere di difesa realizzate in passato. La mancanza di dati progettuali riguardanti le opere presenti non consente di esprimere considerazioni attendibili in merito alla loro adeguatezza anche per cadute di blocchi di volumetrie contenute.

In via cautelativa, attenendosi alle considerazioni sopra espresse, a valle del Monte Cala, è stata delimitata un'area potenzialmente a rischio per fenomeni di crollo: per una corretta definizione delle aree e per il riconoscimento dell'effettivo grado di rischio, si rimanda ad un analisi di dettaglio che preveda rilievi strutturali e geomeccanici, valutazione delle massime volumetrie di distacco, definizione delle traiettorie di caduta.

- Versante Villa Pincio

Viene indicato con questo toponimo il tratto di versante che insiste sulla strada sterrata che collega la Località Ausonia con la Frazione di Carassone. La cresta è definita dall'allineamento *La Tesa - Villa Pincio - Villa Quattro Venti*: È possibile suddividere il versante in tratti, uniformi sia per quote che per acclività. Il tratto superiore è caratterizzato da elevata acclività ed è interessato da processi attivi che coinvolgono sia la copertura detritica (scivolamenti superficiali) e gli ammassi rocciosi (crolli, fenomeni carsici). È possibile inoltre riconoscere dei veri e propri avvallamenti entro i quali sono

presenti masse detritiche che possono originare colate a seguito di apporti meteorici di particolare entità. Il tratto mediano, all'altezza del tornante lungo la mulattiera che collega il Monte Cala alla località Foppello, presenta un'acclività modesta ed è delimitato dai settori adiacenti più acclivi. Il versante non è interessato da processi attivi ma risulta potenzialmente coinvolto dalle dinamiche dei processi che avvengono nelle altre porzioni di territorio in esame circostanti. Alla quota di 670 metri circa (rottura di pendio) sono evidenti delle scarpate che delimitano settori ribassati di forma semicircolare, impostati nella copertura detritica (glaciale e di falda) e con evidenze di scivolamenti in atto. L'evoluzione di tali elementi (che possono essere direttamente collegati agli avvallamenti presenti immediatamente a nord-est e descritti di seguito) può determinare l'innesto di scivolamenti di volumi detritici lungo il versante. L'impluvio principale (che sfocia lungo la strada sterrata all'altezza del punto quotato 371.20) è potenzialmente sede di fenomeni di colata detritica, alimentati sia dalle forme descritte in precedenza sia dai diffusi dissesti lungo le scarpate del canalone. All'altezza dello spartiacque con la Val Vendra, a monte della rottura di pendio che definisce le scarpate principali alimentanti la falda detritica che insiste su Carassone, sono presenti tre trincee che si estendono in direzione SE-NW per circa 50 metri, con larghezze in superficie dell'ordine di una decina di metri e con profondità non valutabile, interpretate come fessure di rilascio tensionale impostate nel substrato roccioso. Difficoltosa risulta l'interpretazione dei possibili sviluppi dei fenomeni ad esse connesse: l'esame delle forme non può prescindere dall'esame della dinamica dell'intero versante e della Val Vendra.

- **Villaggio Ausonia e Località Oregia**

La località "Oregia" comprende un'area posta nel settore superiore dell'abitato di Lovere, a nord ovest del Villaggio Ausonia, ad una quota compresa fra 320 e 330 metri s.l.m.; l'area è rappresentata da una depressione di forma ellittica aperta verso sud-est. Tale depressione è collegata a fenomeni di dissoluzione in seno al substrato.

- **Cava di Gesso e Centro storico**

Il tratto di versante a monte dell'abitato di Lovere è stato in passato interessato da attività legata alla coltivazione della lente di gesso e anidrite (conosciuta in letteratura come lente di Lovere); l'attività estrattiva si è protratta sino agli anni Settanta. Come riportato in carta, dal punto di vista geologico il settore in esame è caratterizzato dalla presenza della faglia con direzione NNW-SSE, che mette in contatto la Dolomia Principale con la lente di gesso della Formazione di San Giovanni Bianco; ai lati della faglia si individuano ammassi rocciosi a comportamento meccanico scadente per effetto dell'intenso grado di fratturazione. Sia nel complesso calcareo dolomitico che nelle litologie evaporitiche, si rilevano in superficie avvallamenti con direzione sub-parallelia alla linea di faglia: a sud di quest'ultima, nella dolomia, gli stessi sono rappresentati da fratture beanti associate a rocce intensamente fratturate. Nelle

evaporiti gli avvallamenti sono per lo più legati a sprofondamenti (per dissoluzione?) lungo linee preferenziali, occupati in parte da terreni di varia origine (glaciali, di riempimento di cavità carsica etc.). Nel quadro idrogeologico generale, la linea di faglia presente nel settore assume una particolare importanza come imposizione delle linee di deflusso preferenziale; se associata inoltre all'elevata solubilità delle rocce a contatto, si desume come il settore possa essere effettivamente interessato da attività carsica. Si deve comunque valutare l'evoluzione del settore in merito alla presenza e posizione di acque aggressive (sorgenti solforose). Allontanandosi dalla linea di faglia, le litologie affioranti (con giacitura subverticale ed immersione verso sud est) presentano un miglioramento delle caratteristiche meccaniche complessive: sulla base delle informazioni raccolte in situ, in corrispondenza del piano di faglia è impostato un avvallamento che raggiungeva il settore abitato e lo sfruttamento ha interessato il solo versante sinistro. Gli affioramenti di gesso ad est dell'area di cava - non interessati dalle attività di coltivazione - presentano un potente orizzonte di alterazione. I versanti relativamente ripidi dei gradoni di cava presentano localizzati fenomeni di crollo, in relazione all'insieme delle condizioni di esposizione dei versanti e della giacitura delle discontinuità.

La Sorgente Reme era caratterizzata da un'elevata concentrazione di ione solfato ($\text{SO}_4^{=}$); al termine delle attività estrattive, l'area è stata oggetto di indagini mirate allo sfruttamento a scopo termale delle acque solforose, che a seguito del prosciugamento della sorgente, ha previsto l'escavazione di un pozzo la cui stratigrafia ha permesso di verificare la presenza di una coltre di circa 80 metri nel settore antistante la cava. Tali terreni, di origine non definita, ricoprivano il substrato costituito da gesso. Le modificazioni apportate dall'attività di cava e la mancanza di informazioni di dettaglio in merito all'originaria morfologia del settore, non consentono di definire l'assetto stratigrafico e le condizioni idrogeologiche della zona in esame.

Nel settore antistante l'area di cava sono stati individuati edifici ed opere in muratura con lesioni collegabili a cedimenti differenziali; a nord di Piazzale Bonomelli le due aree attualmente adibite a parcheggio erano in passato occupate da edifici abitativi che in seguito all'acuirsi di fratture e lesioni delle murature sono stati abbattuti. Valutato il quadro geologico d'insieme, per risalire alle cause delle lesioni appare necessario effettuare un approfondimento in merito a:

- assetto stratigrafico, differenziando con attenzione gli accumuli antropici (cava) dai depositi originari;
- ricostruzione del quadro idrogeologico;
- valutazione delle strutture di fondazione;
- ricostruzione cronologica dei dissesti.

Infatti, se in prima approssimazione le lesioni possono essere imputabili all'apertura della galleria (con gli stessi effetti ipotizzati per la località "Oregia"), con cedimenti dunque destinati ad esaurirsi nel tempo, non si escludono carenze in merito alle condizioni strutturali degli edifici. Valutata la presenza in passato di acque solforose (tipicamente aggressive per il calcestruzzo) non si esclude un indebolimento delle strutture per azione corrosiva, senza trascurare la presenza gli orizzonti di anidrite nella lente evaporitica.

La Chiesa dedicata alle Sante Gerosa e Capitanio realizzata tra il XIX - XX secolo nel settore di versante a ridosso della galleria lungo la ex linea tranviaria, in prossimità del tornante a quota 215,0 metri s.l.m. lungo Via G. Oprandi, è da molto tempo oggetto di interventi mirati al contenimento dei cedimenti in atto, che si manifestano con lesioni alle strutture murarie. Le indagini geognostiche effettuate dall'interno dell'edificio, hanno individuato il substrato roccioso ad una profondità di circa 80 metri dall'attuale piano campagna, ad una quota dunque nettamente inferiore rispetto all'attuale batimetria del Lago d'Iseo. Tale informazione, in accordo con quanto individuato in superficie nel tratto di versante a monte dell'edificio (piccola depressione per dissoluzione carsica) e del quadro geologico generale, fa ipotizzare come la chiesa sia stata realizzata in corrispondenza di un condotto carsico riempito da depositi di varia natura. Non è stato possibile reperire le informazioni derivanti dalle indagini e dagli studi, nonché quelle relative agli interventi realizzati per il consolidamento dell'edificio.

Dalle osservazioni sopra evidenziate ed illustrate negli allegati fotografici, prima di realizzare interventi nei settori ricadenti nelle aree di cava sarà necessario realizzare un piano di recupero particolareggiato, che affronti nel complesso le problematiche legate sia al quadro litologico e morfologico, che indichi adeguate metodologie di intervento per la messa in sicurezza dei settori, la salvaguardia delle acque captate in galleria ed ogni accorgimento per la realizzazione degli interventi.

Per il settore del piazzale di cava, lo sviluppo urbanistico è vincolato alla conoscenza del quadro stratigrafico e idrogeologico del sottosuolo, allo scopo di riconoscere le cause dei fenomeni in atto (che comportano lo sviluppo di fessure nelle opere civili) e ogni idoneo intervento atto a mitigare gli effetti di tali fenomeni nelle costruzioni da realizzare.

- La Val Vendra e rami secondari

La Val Vendra rappresenta il corso d'acqua che insiste sull'abitato di Lovre – Centro Storico; è costituito da un'asta principale (Val Vendra) e da due rami secondari, entrambi denominati Val Marino (est ed ovest). La confluenza è posta immediatamente a monte dell'apice del conoide, sul quale si sviluppa l'abitato. Il collettore principale nel settore a valle di Carassone risulta in genere ben inciso, soprattutto nel tratto inferiore, ed ha una direzione prevalente NNW-SSE, parallela alle linee tettoniche principali. Il

bacino idrografico sotteso alla sezione all'altezza dell'apice del conoide ha un'estensione pari a circa 1,1 kmq e raggiunge la rottura di pendio all'altezza del Monte di Lovere. Sulla base del quadro idrogeologico generale del territorio è possibile che lo spartiacque superficiale non coincida con quello sotterraneo; è possibile vi siano infiltrazioni dal settore superiore (Altopiano di Bossico) lungo percorsi definiti dalle linee di fratturazione. A monte di Carassone il bacino idrografico si amplia ed i versanti sono sede di una falda detritica attiva, parzialmente colonizzata ed a tratti non colonizzata, alimentata dalle pareti rocciose impostate nella *Formazione di Castro*: gli affioramenti si presentano da molto a mediamente fratturati, con settori a volte milonitizzati. Sono diffuse evidenze di processi di dissoluzione carsica, che hanno portato alla formazione di pinnacoli. Lungo le falde detritiche sono presenti settori interessati da processi erosivi diffusi e/o lineari ed inoltre, a valle delle rientranze principale delle pareti rocciose, sono presenti veri e propri impluvi che in occasione di rilasci detritici sono sede del percorso di colate. Diffusi nella falda sono i solchi d'erosione, che sono percorsi dai blocchi di crollo. L'asta torrentizia (interessata dal deflusso superficiale solo in occasione di eventi meteorici) è talvolta ridotta ad un semplice solco d'erosione entro il quale sono stati impostati sentieri e mulattiere. Lungo i settori di fondovalle, nei tratti meno acclivi, sono stati riconosciuti depositi legati a colate detritiche, ritenuti potenzialmente riattivabili in occasione di eventi meteorici estremi. La direzione dell'asta principale devia verso ovest di circa 90 gradi a quota 660 m circa: il tratto superiore del bacino, che si estende a monte dell'orlo della scarpata del Monte di Lovere nel tratto compreso fra Villa Esquilino e Villa Caprera, è impostato in roccia ed è interessato da fenomeni gravitativi ed erosivi diffusi, che spesso coinvolgono la coltre colluviale. Il settore superiore è impostato direttamente alla quota dell'altipiano del Monte di Lovere, ed in particolare interessa le depressioni di origine carsica presenti fra Villa Caprera e Villa Esquilino: le depressioni sono aperte nella direzione dell'impluvio ed i bordi esterni sono soggetti a fenomeni di degradazione, con evidenze di processi gravitativi attivi, che possono dare origine a colate detritiche lungo l'impluvio. Sulla base delle evidenze di terreno sono state verificate le condizioni affinché lungo il corso d'acqua si sviluppino fenomeni di colata detritica (debris flow). I valori delle magnitudo massime, intese come la volumetria mobilizzabile per eventi parossistici, stimate con le formule disponibili in letteratura e confrontate con gli elementi di terreno, sono dell'ordine di 15.000-20.000 mc. Le colate detritiche possono raggiungere le aree di conoide ed espandersi nel centro abitato.

I rami secondari sono caratterizzati da bacini sensibilmente inferiori rispetto alla Val Vendra, non presentano un alveo ben definito (a volte è ridotto a semplice solco) e le condizioni di dissesto sono localizzate; diffusa è comunque la copertura detritica che ricopre i versanti, la cui stabilità è legata alla presenza di opere di terrazzamento artificiali (con o senza muri di sostegno). L'asta principale del ramo orientale si presenta incisa nel tratto mediano e ridotta a solco nei tratti superiori ed inferiori. In particolare, all'altezza di

Davine, sono state verificate le condizioni affinché il corso d'acqua, in occasione di eventi alluvionali, possa abbandonare l'alveo e disperdersi lungo la strada comunale di Davine oppure divagare nelle aree circostanti. Il tratto di fondovalle medio superiore presenta una serie di salti di fondo: i principali sono impostati direttamente nel substrato roccioso, dando origine a settori di valli sospese. Solamente le porzioni superiori del bacino sono interessate da fenomeni di dissesto che coinvolgono i terreni della copertura detritica e sono potenzialmente sede di innesco di colate detritiche, che tendenzialmente non superano il terrazzo superiore. Lungo il ramo orientale, in asse all'impluvio a quota 473 m s.l.m., è presente l'opera di captazione annessa all'acquedotto di Lovere (Sorgente Val Marino).

- Conoide della Val Vendra

Al raggiungimento del settore superiore dell'abitato il corso d'acqua della Val Vendra è costretto entro un condotto completamente interrato sino allo sbocco nel Lago d'Iseo. Il tracciato del condotto interrato segue il tratto superiore di Via Valvendra, la scalinata che collega la stessa con Via Filippo Martinoli e la Chiesa di S. Maria in Valvendra e Via F.lli pellegrini e Via XX Settembre.

I versanti che insistono sull'ultimo tratto dell'alveo della Val Vendra sono caratterizzati da una serie di rotture di pendio a volte assorbite nell'agglomerato urbano e testimoni delle diverse fasi di approfondimento del corso d'acqua entro l'originaria coltre detritica (alluvionale e/o glaciale) la cui potenza è testimoniata dalla quota dell'orlo di terrazzo principale, prossima a 289.0 metri s.l.m. Sulla base degli aspetti geologici e geomorfologici del bacino idrografico ed in particolare del tratto lungo l'asta principale, è possibile affermare la potenzialità dello svilupparsi lungo l'asta torrentizia di fenomeni di trasporto solido che per volumi ed entità possono evolvere in colate detritiche (debris flow o debris flood), come anche sottolineato dalla previsione della forma di trasporto proposta da d'Agostino et al. (1996) e valida per conoidi morfologicamente ben definite. In allegato viene riportata una valutazione della magnitudo (massimo volume dei detriti mobilizzabili lungo il corso d'acqua) attenendosi alle metodologie riportate in bibliografia: l'esame dei risultati nel quadro geomorfologico del bacino consente di affermare come lungo l'asta torrentizia, in occasione di eventi meteorici estremi, possano mobilitarsi da 15 a 20.000 m³ di materiale detritico. I volumi possono facilmente raggiungere i settori apicali del conoide, ostruire l'imbocco del tombotto, aggirare la vasca di sedimentazione e distribuirsi nel settore superiore del centro abitato. La massa detritica e le acque di piena tendono a defluire lungo la rete stradale esistente. Attenendosi a *“Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in Regione Lombardia”* della Regione Lombardia – Territorio e Urbanistica, è stata effettuata una delimitazione speditiva della pericolosità lungo il conoide.

Particolare interessante riguardo alle condizioni idrogeologiche del conoide alluvionale del Torrente Val Vendra, costituisce un'analisi fatta dal prof. Ardito Desio nel 1957 a seguito di *“cedimenti del suolo con lesioni più o meno diffuse dei fabbricati nella zona dell'abitato di Lovere in corrispondenza del settore settentrionale della conoide di deiezione del corso d'acqua che bagna la Val Vendra”*; *“Un fatto importante,....., è rappresentato dalla presenza di correnti d'acqua sotterranea nella zona retrostante l'area dei sedimenti, correnti messe anche allo scoperto in occasione dello scavo di fondazione di edifici. Tali acque scorrono presso il contatto fra la roccia in posto e le alluvioni ghiaiose, o le morene, che la ricoprono e pare siano abbastanza diffuse nella zona. Inoltre, al piede del muro che sostiene la strada statale, sotto la Villa Milesi, si vedono sgorgare delle sorgenti di una certa portata anche all'epoca della visita ch'era in periodo di prolungata siccità.”*

Non si esclude come le lesioni registrate all'altezza di Villa Milesi possano essere ricondotte al quadro stratigrafico del settore ed alla presenza nel primo sottosuolo di terreni di origine lacustre a comportamento meccanico scadente.

- Davine e la Valle di Rescudio

Lovere confina a nord-est con il Comune di Costa Volpino ed il limite amministrativo è definito dall'alveo del Torrente Rescudio. Il corso d'acqua, a carattere torrentizio e con bacino che si estende sino al settore superiore del versante (località MONTE DI LOVERE), si presenta con un'unica asta torrentizia, priva di ramificazioni e con deviazioni ad angolo retto in quanto impostato secondo piani di fratturazione o di faglia. A tale caratteristica è da associare il regime torrentizio non permanente, con le acque di portata normale che si infiltrano facilmente nel substrato. L'alveo ben definito dà origine ad una evidente incisione che si può seguire lungo l'intero versante, con ripide scarpate a tratti asimmetriche e dissimili anche per caratteristiche litologiche. All'altezza della Frazione Davine di Lovere, il corso d'acqua è impostato in roccia, costituita dalle litologie calcareo arenacee della Formazione di Gorno; affioramenti rocciosi sono presenti in sinistra idrografica (in territorio di Costa Volpino), all'altezza di Flaccanico. In destra idrografica il substrato è ricoperto da una estesa coltre di depositi detritici che nella parte più interna sono rappresentati da conglomerati fluvioglaciali cementati, mentre a ridosso dell'alveo i terreni sono costituiti dalle alluvioni di conoide antiche con grossi blocchi arrotondati che emergono in superficie o inglobati nei muri a secco, depositi dal torrente quando il fondovalle aveva una quota prossima a quella del terrazzo morfologico in corrispondenza del quale è posto Flaccanico/Davine. La relativa acclività delle sponde dell'alveo e le caratteristiche geologiche del settore di versante (presenza di coltri detritiche e substrato accidentato), comportano l'impostarsi, lungo alcuni tratti delle stesse, di scarpate di degradazione, con processi franosi innescati anche per erosione al piede. Tali fenomeni vanno ad incrementare il trasporto solido del torrente principale. Il

versante insistente direttamente sulla valle principale è caratterizzato dalla presenza di una serie di terrazzamenti artificiali (muretti a secco) volti al miglioramento delle condizioni di stabilità per lo sfruttamento agricolo. Appena a monte del tombotto entro il quale il torrente è costretto per un breve tratto, per consentire l'attraversamento della strada che collega Flaccanico a Davine, lungo l'alveo è presente una piccola briglia selettiva, con gaveta trapezia provvista di griglia in metallo. La briglia è ormai riempita dagli apporti del torrente (apporti in massa durante eventi meteorici di particolare intensità) e attualmente il corso d'acqua tende ad inciderli. Il tratto inferiore della Valle di Rescudio è impostato in roccia e solo nel tratto a ridosso del piazzale antistante il cimitero presenta scarpate impostate nei propri depositi alluvionali rimaneggiati; al raggiungimento del limite del piazzale presso Via Gobetti, le acque vengono captate da una griglia e costrette in una tubazione interrata sino alla loro immissione a lago. Il tratto inferiore dell'impluvio presenta una serie di opere di regimazione trasversali (briglie). Sulla base del quadro geologico e geomorfologico generale del bacino, lungo l'asta possono verificarsi dei fenomeni di trasporto solido, del tipo debris load (trasporto di fondo). Il materiale detritico preso in carico dalla corrente di piena è alimentato dagli scivolamenti di detrito lungo le pareti solo nel tratto di forra rocciosa. Per la presenza di restringimenti di sezione e tratti intubati nei settori superiori dell'asta, gli eventi di piena e i fenomeni di trasporto solido che si sviluppano per alimentazione lungo il tratto superiore del bacino idrografico (a monte di Davine) vengono ostacolati nel deflusso lungo l'alveo e tendenzialmente esondano e defluiscono lungo le strade esistenti (la strada di Davine e quella all'interno di Flaccanico). In seguito al verificarsi di fenomeni alluvionali di particolare entità lungo il tratto inferiore dell'asta, è possibile che la corrente di piena raggiunga il piazzale antistante il cimitero. Sulla base dei dati storici non è stato rilevato alcun riferimento ad eventi calamitosi lungo il tratto terminale dell'asta torrentizia. Si riporta in allegato una foto che mette in evidenza il tratto terminale dell'asta alla fine degli anni Trenta, in particolare il tombotto originario lungo la strada Lovere – Costa Volpino.

- Monte di Lovere

Le porzioni di territorio del comune di Lovere poste alle quote maggiori (Monte di Lovere) sono poste immediatamente a Nord dell'Altopiano di Bossico. Il settore, in accordo con quanto anticipato nella descrizione del quadro geologico generale, è definibile come un campo di doline, caratterizzato da una morfologia relativamente dolce, derivante dal sovraimporsi dell'azione glaciale (alla quale sono collegate le morene glaciali di Bossico) sui fenomeni di dissoluzione carsica. Si osservano infatti degli avvallamenti più o meno incisi, con direzione definita dai set di frattura dominanti (vengono riprese le linee di frattura rilevate lungo il versante) a volte chiusi su una depressione carsica di forma allungata e a volte aperti verso valle costituendo delle "valli

secche"; all'atto del rilievo non sono state rilevate forme collegabili al deflusso concentrato di acqua superficiale ma solo delle incisioni che convergono alle doline. Il settore è interessato da edifici sparsi e collegati da strade talora sterrate e comunque disposte lungo i tratti in rilevato. Il Monte di Lovere, in accordo con il quadro geologico generale in precedenza descritto, ed in particolare l'Altopiano di Bossico, rappresenta il settore posto a quote superiore di un sistema carsico ("zona di dissoluzione superficiale, nella quale prevalgono lo scorrimento e la penetrazione dell'acqua piovana" Castiglioni G.B. – *Geomorfologia* - ed. UTET, Torino 1979), delimitato verso il lago da un versante relativamente ripido con forme (pinnacoli e torri, morfologia aspra) testimoni dell'attività carsica. Le depressioni rappresentano dunque la manifestazione superficiale di condotti sotterranei (concentrati lungo le linee tettoniche) potenzialmente collegati ai settori inferiori del versante. Non si esclude inoltre che le acque che si infiltrano in tali aree raggiungano e vadano ad alimentare le sorgenti presenti nel settore di abitato. L'area interessata da potenziale urbanizzazione rappresenta un settore compreso fra aree edificate poste sul versante rivolto a sud di un avvallamento chiuso con direzione sudest-nordovest, la cui porzione inferiore è definita da una dolina. A sud la depressione si raccorda blandamente con un avvallamento aperto sul versante che insiste sulla Valle Borlezza. L'intero settore è caratterizzato da una diffusa copertura detritica di origine glaciale o eluviale; solo localmente affiora la Dolomia.

- Località Foppello

Viene indicato con tale toponimo la porzione del territorio di Lovere posta in prossimità del confine comunale con Bossico, a quote comprese fra 800 e 900 m s.l.m., nel settore a valle del tratto di strada che collega Bossico con la Località Monte di Lovere. Dal punto di vista morfologico, il settore è costituito da una depressione di forma semicircolare, aperta a sud: tale evidenza e le ulteriori osservazioni di dettaglio di seguito descritte consentono di ritenere il settore una dolina, con orlo di scarpata a quota 890 m s.l.m. Il fondo della dolina ha una quota compresa fra 820 e 840 metri ed al suo interno si riconoscono delle depressioni riconducibili a doline attive. La morfologia carsica sembra sovrapposta ad elementi glaciali come testimoniato dalle caratteristiche dei depositi presenti.

- Il lungolago

Vengono fatte ricadere in questa porzione di territorio le aree poste a quote prossime a quelle della sponda lacustre: in relazione al quadro geologico, nel primo sottosuolo di tali aree si ritiene siano presenti terreni di origine lacustre a comportamento meccanico scadente. I settori sono inoltre interessati da fenomeni legati alla dinamica del bacino lacustre, ossia ai fenomeni di esondazione (durante gli eventi alluvionali) ed all'azione erosiva esercitata dalle correnti lungo la sponda. Ad ovest della Val Vendra, i terreni lacustri sono posti a contatto con la lente di gesso.

La mancanza di dati adeguatamente distribuiti lungo il settore non consente di ricostruire con dettaglio la stratigrafia del settore; vengono comunque riportati i dati di due indagini significative, la cui ubicazione è stata riportata in carta:

- **Area industriale**

L'area industriale del territorio comunale di Lovere è posta sul conoide che il Torrente Borlezza ha formato nel suo riversarsi a lago, all'altezza del confine comunale con Castro. Tale conoide è da considerarsi inattivo (fossile) in quanto la dinamica del corso d'acqua si esaurisce a monte della forra del Tinasso in cui il corso d'acqua è costretto prima della sua immissione a lago. L'ultimo tratto di alveo rappresenta un condotto carsico, con sviluppo lineare. L'area si estende oltre la linea di costa per circa 400 metri e presenta un'alta densità di insediamenti industriali. I depositi presenti nell'area sono caratterizzati da una irregolare alternanza ed interdigitazione di depositi alluvionali e depositi lacustri. La consultazione dei dati stratigrafici ottenuti dalla campagna di indagini condotta nel Novembre 1989 nel settore, ha permesso di riconoscere il seguente quadro stratigrafico:

- da 0 a 1-3 m da p.c.: materiale di riporto;
- da 3 a 8.0-10.0 m da p.c.: depositi di conoide (Ghiaia e ciottoli con sabbia limosa)
- da 10.0 a 25 m da p.c.: alternanze di livelli a granulometria fine prevalente (Sabbia fine limosa) con potenze anche superiori al metro, e livelli di Ghiaia con livelli sabbiosi limosi.

La superficie piezometrica della falda è regolata dalle oscillazioni del livello del bacino lacustre.

- **Area interessata dal progetto RESIDER II**

Viene indicata come tale la porzione di territorio interessato dal progetto **“RECUPERO SITI SIDERURGICI DISMESSI E RISTRUTTURAZIONE IN LOCALITÀ PORTO DI LIDO CORNASOLA IN LORE. REINSERIMENTO NEL CONTESTO URBANO E RICONVERSIONE FUNZIONALE AD ATTREZZATURE PUBBLICHE PER TURISMO SPORT E TEMPO LIBERO”**. Il progetto è stato approvato dalla Regione Lombardia ed è in fase di esecuzione. A corredo degli elaborati di progetto è stata redatta un'indagine geotecnica (n. 60 in bibliografia) che ha previsto l'esecuzione di una campagna di indagine comprensiva di sondaggi geognostici, prove penetrometriche dinamiche, prove di laboratorio su campioni indisturbati, analisi acque, rilievi batimetrici.

Per i giudizi di fattibilità sull'area si rimanda pertanto alle indagini eseguite ed alle osservazioni riportate dalla Regione Lombardia.

8.2 FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE

- **Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana.** I fenomeni fransosi sono costituiti dal movimento, verso il basso e verso l'esterno, di masse di terra o di roccia formanti un pendio. La nicchia di frana rappresenta la superficie di distacco delle masse interessate dal fenomeno. Le modalità di distacco e di moto delle masse coinvolte possono essere piuttosto varie in funzione soprattutto delle caratteristiche dei materiali. In questa voce della legenda sono state inserite solamente le nicchie di frana che presentano una larghezza maggiore di 30 m, ovvero quelle riferite agli eventi di maggiore entità, e legate a fenomeni di scorimento, planare o rotazionale, di colata o alle frane complesse. Nell'area in esame le frane per scorimento, per colata e le frane complesse coinvolgono soprattutto i depositi superficiali, la porzione superficiale alterata del substrato oppure ammassi rocciosi molto fratturati. Vengono comprese sotto questa voce le pareti rocciose interessate da fenomeni di crollo.
- **Trincee o fessure.** Sono delle interruzioni della continuità delle unità litologiche, evidenti in superficie come veri e propri avvallamenti, che si sviluppano in profondità con un andamento rettilineo prevalente. Sono da collegare a fenomeni di rilascio tensionale oppure ad espandimenti laterali; le forme sono successivamente evolute in cavità con il progredire degli effetti di dissoluzione carsica, divenendo forme caratteristiche del territorio. In relazione all'unità entro la quale si sviluppano, sono distinte in *lache* (nei conglomerati cementati) oppure in *gane* (nella dolomia Norica). Le forme sono concentrate nel settore di versante compreso fra il Lido di Cornasola ed il Monte Cala: lo sviluppo risulta in genere parallelo alla direzione del versante. I fenomeni che hanno generato tali forme sono da ritenersi in evoluzione attiva, come testimoniato dalle numerose lesioni negli edifici e nelle opere murarie presenti nel settore.
- **Fessure di trazione.** Presentano le stesse caratteristiche delle forme precedenti; sono state distinte in relazione alla loro posizione (a quote superiori) ed alla vicinanza ai bordi di scarpate particolarmente rilevanti dal punto di vista morfologico. L'origine delle forme è stata pertanto collegata direttamente a fenomeni di rilascio tensionale. Particolarmente evidenti sono le depressioni presenti a monte delle scarpate della Val Vendra, caratterizzate da estensione e sviluppo notevole. Difficile risulta l'attribuzione del grado di attività dei fenomeni che le hanno generate; il loro rilevamento è significativo per il ruolo che tali forme hanno nell'evoluzione della scarpata di degradazione posta a valle.
- **Avvallamenti collegabili a movimenti gravitativi profondi.** Vengono intesi come "deformazioni gravitative profonde" i fenomeni riconducibili a movimenti di volumi considerevoli di masse rocciose lungo superfici di movimento poste in profondità; nelle aree in esame, non sono stati distinti i corpi in movimento ma solamente le

probabili testimonianze dei fenomeni presenti nei settori superiori del versante. Il grado di attività dei processi è di difficile attribuzione per mancanza di informazioni di dettaglio. Si sottolinea inoltre come l'attribuzione dell'origine delle forme sia stata effettuata sulla sola base morfologica, nel quadro generale del territorio.

▪ **Area interessata da soliflusso generalizzato e/o da creep.** Il soliflusso ed il creep rappresentano dei movimenti lenti che, sotto l'azione della forza di gravità, coinvolgono i depositi detritici che ricoprono i versanti. Il soliflusso coinvolge in particolare i depositi caratterizzati da matrice limoso-argillosa prevalente che possono imbibirsi di acqua e diventare plastici, fluendo sotto l'azione della gravità. Questo fenomeno si può verificare anche su pendii a debole inclinazione. Il movimento è relativamente lento, dell'ordine di qualche decimetro l'anno, e determina il formarsi di lobi e ondulazioni sulla superficie dei versanti. Il creep o reptazione è invece un movimento dovuto all'assestamento delle singole particelle che costituiscono i depositi ed avviene anch'esso molto lentamente, con spostamenti dell'ordine di pochi centimetri all'anno, e con velocità decrescenti dalla superficie verso le parti più interne del terreno. Le cause dell'assestamento delle singole particelle sono da ricercare nei cicli di gelo e disgelo, di umidificazione ed essiccazione, di dilatazione e contrazione termica, nell'azione delle radici dei vegetali oppure nell'azione degli animali che scavano il terreno. Può essere provocato anche dall'azione degli animali da pascolo o da attività antropiche come l'aratura. Questo fenomeno si manifesta con piccole scarpentine e decorticazioni del manto vegetale e può causare la crescita di alberi ricurvi che cercano di mantenere una posizione verticale opponendosi all'inclinazione provocata dal movimento del terreno. Sia il soliflusso che il creep possono, in situazioni particolari, evolversi in forme di maggior intensità determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali. Evidenze del verificarsi del fenomeno sono diffuse nel territorio di Lovere soprattutto lungo i tratti di versante degli impluvi in cui si verificano le seguenti condizioni: discreta acclività, medio spessore della coltre detritica, mancanza di manutenzione delle aree boscate o dei terrazzamenti, circolazione d'acqua al contatto copertura – substrato e presenza di fenomeni carsici attivi impostati nel substrato.

▪ **Falda detritica.** Le falde di detrito sono forme di deposito legate all'azione della gravità che derivano dall'accumulo, in forma di fasce continue poste alla base delle pareti rocciose, dei frammenti prodotti dalla degradazione dei versanti. Sono pertanto depositi legati alla presenza di un'area di alimentazione abbastanza omogenea ed estesa linearmente oppure generati dalla coalescenza di due o più coni di detrito. Il materiale che si accumula alla base delle pareti si distribuisce in funzione del proprio peso: i clasti più grossolani raggiungono facilmente il piede dell'accumulo mentre i clasti minori si fermano alla sua sommità. L'inclinazione della

superficie dell'accumulo dipende dal reciproco incastro dei clasti ovvero dalla loro forma e dalle loro dimensioni relative; la successiva caduta di materiale dalla parete di alimentazione può causare l'instabilità dell'accumulo provocando dei fenomeni di franamento. Le falde detritiche più evidenti sono quelle poste alla base delle pareti rocciose del Monte Cala (dove costituiscono un elemento di pericolo per l'abitato) e quelle lungo la Val Vendra (che ne alimentano il trasporto solido).

- **Corpo di frana per colamento.** Le caratteristiche mineralogiche e lo stato di fratturazione dei litotipi costituenti alcune pareti favoriscono l'accumulo di detriti a frazione fine prevalente (limoso sabbiosa), il cui comportamento meccanico è legato alle condizioni di saturazione. Fenomeni meteorici caratterizzati da apporti concentrati o di lunga durata, possono portare all'innescio di colate detritico fangose che si incanalano lungo gli impluvi esistenti (con la formazione di lobi e coni) oppure si accumulano nei tratti meno acclivi. Accumuli di questo tipo sono presenti lungo la Val Vendra e la Val Marino; oltre a testimoniare l'effettivo stato di attività di tali fenomeni, la presenza di tali corpi di colata costituisce un indice di pericolosità anche in relazione alla possibile rimobilizzazione delle masse detritiche costituenti gli accumuli.
- **Piccola frana non fedelmente cartografabile.** In questa voce sono state inserite le manifestazioni morfologiche relative ad eventi fransosi, dovuti a scorrimento o colata di terra o detrito, di piccole dimensioni, con una nicchia avente larghezza inferiore a 30 m, che pertanto non potevano essere cartografate fedelmente alla scala del rilievo.
- **Crolli localizzati di blocchi rocciosi.** I fenomeni fransosi inseriti in questa voce sono rappresentati dalla tipologia di crollo intesa in senso lato come il distacco di volumi di materiale roccioso dalle pareti. Si tratta quindi sia di fenomeni di crollo vero e proprio che di fenomeni di ribaltamento e, in alcuni casi, di scorrimento planare. Questi fenomeni sono condizionati, nel loro sviluppo e nella loro entità, da un lato dai caratteri litologici dei materiali coinvolti e dall'altro dalle caratteristiche strutturali degli ammassi rocciosi interessati, ovvero dalla presenza di discontinuità, dalla loro geometria e dal loro comportamento meccanico. I crolli sono favoriti dall'alterazione e dall'azione disgregatrice degli agenti esogeni che provocano un deterioramento progressivo delle caratteristiche meccaniche del materiale roccia e delle superfici di discontinuità. Condizioni favorevoli al verificarsi di crolli localizzati e pareti interessate da crolli rocciosi (inglobate nella prima voce della legenda) sono stati riconosciuti lungo tutte le principali pareti rocciose presenti nel territorio comunale.
- **Blocchi da crollo inglobati nell'urbano.** A valle del versante sottostante il Monte Cala, sono stati riconosciuti alcuni singoli blocchi rocciosi di volumi considerevoli (50-200 mc) derivanti da fenomeni di crollo, oggi inseriti nelle aree urbanizzate. La

presenza di tali elementi risulta significativa della tendenza evolutiva e delle caratteristiche di pericolosità della parete rocciosa; non si esclude che i blocchi rappresentino pinnacoli caduti a valle.

8.3 FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

- **Orlo di scarpata d'erosione torrentizia.** L'azione erosiva esercitata dalle acque incanalate si verifica non solo nei confronti del fondo dell'alveo (erosione di fondo), ma anche nei confronti delle sponde; in tal caso si parla di erosione laterale. Questa azione provoca l'asportazione di materiale dalle sponde con la formazione di scarpate di erosione. In corrispondenza delle scarpate l'attività può essere continua oppure episodica e legata al succedersi delle fasi di piena e di magra del corso d'acqua. L'erosione esercitata al piede delle sponde può a volte provocare, a causa della rimozione di materiale e quindi della mancanza di sostegno, l'instaurarsi di condizioni di instabilità con conseguente franamento delle sponde. I corsi d'acqua presenti nel territorio comunale risultano particolarmente incisi, con alveo impostato in roccia e tratti in forra (Valle Rescudio). In evidenza sono le scarpate d'erosione impostate lungo la porzione inferiore del versante sinistro della Val Borlezza, indicative delle fasi di approfondimento del corso d'acqua.
- **Valle incisa.** Con tale simbologia vengono indicati i tratti di corso d'acqua con alveo ben definito, lungo i quali non sono ritenuti possibili fenomeni di esondazione di particolare entità.
- **Conoide alluvionale.** I conoidi alluvionali (o di deiezione) rappresentano le forme deposizionali che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione del gradiente topografico che provoca una diminuzione della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente. Questa situazione si verifica soprattutto alla base dei versanti vallivi alla confluenza dei corsi d'acqua laterali. Questi elementi presentano una tipica forma a ventaglio e le dimensioni del materiale deposto diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Lungo i conoidi la posizione dell'alveo dei corsi d'acqua risulta relativamente instabile perché il materiale deposto in corrispondenza dell'apice durante una piena può provocare una diversione del corso d'acqua all'arrivo della piena successiva. Per il prevalente carattere torrentizio dei corsi d'acqua presenti nell'area in esame e per le condizioni geomorfologiche dei relativi bacini, la dinamica di queste forme è più legata al succedersi di episodi di trasporto in massa, sotto forma di colate, piuttosto che ad una continuità d'azione di correnti trattive. In relazione alle condizioni geologiche del bacino di alimentazione i conoidi presenti nell'area rilevata sono caratterizzati dal verificarsi di episodi di trasporto in massa particolarmente violenti che coinvolgono

grosse quantità di materiale trasportato e che sono spesso accompagnati da fenomeni di esondazione. Il tempo di ritorno di questi fenomeni è in genere dell'ordine di qualche decina di anni e pertanto molti conoidi apparentemente inattivi sono da ritenersi invece quiescenti. Il conoide più evidente nel territorio è rappresentato da quello della Val Vendramin, intensamente urbanizzato; il corso d'acqua, dall'apice del conoide sino alla confluenza a lago, è stato completamente tombinato.

▪ **Area interessata da ruscellamento diffuso.** Le tracce di ruscellamento diffuso rappresentano le forme erosive dovute allo scorrimento superficiale delle acque meteoriche non incanalate. Le acque piovane che non si infiltrano direttamente nel terreno iniziano infatti a scorrere sulla superficie in forma di lame, rappresentate da una fitta rete di filetti d'acqua che, per precipitazioni intense o prolungate, a causa dell'aumento di portata e della velocità, si concentrano in rivoli lungo vie di scorrimento preferenziale. Lo scorrimento dell'acqua provoca lo svilupparsi di fenomeni erosivi che interessano la superficie dei versanti ricoperti da depositi sciolti determinando la locale asportazione del materiale. Questi fenomeni si manifestano con intensità differente a seconda della pendenza del versante e della presenza o meno di copertura vegetale e delle sue caratteristiche.

In condizioni particolari questi fenomeni possono assumere un carattere areale coinvolgendo porzioni di versante via via più estese.

▪ **Solco di erosione concentrata.** I solchi di erosione concentrata sono fenomeni erosivi legati all'azione delle acque di scorrimento superficiale che tendono a concentrarsi lungo linee preferenziali. Queste forme erosive possono interessare sia i versanti ricoperti da depositi superficiali sciolti che i versanti privi di copertura costituiti da rocce poco coerenti. Con il procedere dell'attività erosiva le incisioni si possono approfondire e presentare un progressivo arretramento della testata che spesso si verifica con la creazione di nuove ramificazioni.

▪ **Solco di erosione concentrata percorso da blocchi di crollo.** I solchi di erosione concentrata presenti lungo le falde detritiche, sviluppati come forme erosive legate allo scorrimento concentrato delle acque superficiali, hanno subito un progressivo approfondimento in quanto interessati dal percorso di blocchi rocciosi provenienti dalle pareti superiori ed incanalati dalla conformazione del versante.

▪ **Cascata o gradino vallivo.** Lungo alcuni impluvi, prevalentemente nella parte alta del versante, sono presenti dei gradini che lungo il profilo longitudinale del corso d'acqua; l'origine di tali forme è da ricercarsi nell'alternarsi di rocce a differente grado di resistenza all'erosione all'interno dell'alveo.

▪ **Forra rocciosa.** Le forre sono rappresentate da incisioni vallive strette e molto approfondite, con pareti direttamente impostate nel substrato roccioso; costituiscono

pertanto delle forme lineari legate all'azione erosiva di fondo dei corsi d'acqua. La notevole attività erosiva esercitata da parte dei corsi d'acqua in corrispondenza delle forre è stata in genere facilitata dalla presenza di zone di relativa debolezza del substrato roccioso, rappresentate da faglie o fratture. In molti casi queste forme si sono sviluppate in conseguenza dell'erosione lineare regressiva lungo i corsi d'acqua secondari le cui incisioni vallive sono rimaste sospese, rispetto al fondo delle valli principali, in seguito al ritiro dei ghiacci.

8.4 FORME CARSICHE

- **Dolina.** La dolina è una conca chiusa, un bacino che si riempirebbe d'acqua se le pareti ed il fondo fossero impermeabili; l'acqua viene invece assorbita attraverso vie sotterranee. La forma in pianta può essere circolare, ellittica o irregolare; la sezione verticale presenta sviluppi in altezza molto variabili in rapporto al diametro. Le doline rappresentano la manifestazione superficiale di fenomeni carsici di dissoluzione delle rocce che avvengono in profondità. La disposizione delle doline permette di rilevare degli allineamenti che corrispondono a sistemi di fratture o faglie; tali allineamenti morfologici comportano talora la formazione di avvallamenti. La disposizione delle doline presenti nell'area in studio mette in evidenza come l'attività carsica nel territorio di Lovere sia da collegare al quadro tettonico e/o di fratturazione del substrato roccioso. Il Monte di Lovere può essere definito come un campo di doline per l'elevata concentrazione delle forme presenti.
- **Orlo di scarpata carsica.** Vengono compresi in tale tipologia i cigli superiori delle scarpate derivanti da collasso del soffitto di cavità sotterranee in cui si sviluppano i processi di dissoluzione (doline). Le scarpate, relativamente ripide rispetto ai territori adiacenti, hanno in genere una disposizione planimetrica curvilinea, a volte semiellittica, con un lato aperto generalmente verso valle. Le scarpate possono essere impostate in depositi di copertura oppure nelle rocce del substrato. Nel territorio comunale preso in esame, sono state riconosciute diffusamente tali forme, sia nei settori urbanizzati (zona Trello), sia nelle aree lungo il versante (Località Fornello, Davine, Alta Val Rescudio).

8.5 FORME DI DUBBIA INTERPRETAZIONE

- **Pinnacolo.** Picco roccioso delimitato da processi erosivi e di degradazione che hanno agito selettivamente in aree caratterizzate dalla presenza di rocce a scadenti caratteristiche meccaniche. Diffusi picchi, evidenti per dimensioni e forme, sono presenti lungo il versante del Monte Cala, nell'alta Val Vendra e Val Marino, ed in

prossimità del ciglio della scarpata del Monte di Lovere all'altezza della testata della Val Rescudio.

- **Orlo di terrazzo morfologico.** Vengono indicate con tale simbologia i cigli di scarpate che interrompono la continuità morfologica del versante, dei quali non è stato possibile risalire con certezza alla genesi. Tale limitazione è legata essenzialmente alla mancanza di indizi certi oppure al sovrapporsi di più dinamiche evolutive senza che una abbia il sopravvento; sono state fatte ricadere in tale tipologia anche quelle forme evolute per processi differenti da quelli iniziali d'origine. La scarpata che insiste sull'abitato è da collegare alla concomitanza di fenomeni gravitativi profondi e processi carsici; successivamente la scarpata è arretrata per processi di degradazione. Nei settori a quote inferiori, sono state fatte ricadere in tale tipologia le scarpate che insistono a lago. La scarpata compresa fra la Val Vendra e la Val Rescudio a quota 330 m circa, potrebbe essere collegata alle fasi di approfondimento glaciale.
- **Cordone in rilevato.** Vengono indicati con tale simbologia gli elementi in rilevato, di forma allungata e di particolare evidenza morfologica. Cordoni sono presenti nel settore del Monte di Lovere e derivano dall'approfondimento delle aree centrali.

8.6 FORME LACUSTRI

- **Sponda lacustre soggetta a processi erosivi.** Il tratto di sponda lacustre compresa fra il Lido di Cornasola ed il limite comunale con Costa Volpino è interessata da fenomeni erosivi, per l'azione delle correnti lacustri, legate anche alla dinamica dell'immissario (fiume Oglio). Tali processi erosivi si manifestano nei terreni di fondazione.

8.7 FORME DI NATURA ANTROPICA

- **Tracciato della Galleria “Lovere” lungo la SS42.** In carta è stato riportato il tracciato della galleria “Lovere” lungo la SS42, realizzata nel periodo 1985—1991. L'opera risulta di particolare importanza per le informazioni di carattere stratigrafico riportate e per gli effetti registrati in superficie durante le fasi di scavo.
- **Depressioni in superficie legate a sfornellamenti nella fase di scavo della galleria.** Durante le fasi di scavo della galleria, si sono registrati degli sfornellamenti con formazione di depressioni in superficie e apertura di lesioni agli edifici.
- **Orlo di scarpata di cava.** Fino agli anni '70, all'interno dell'abitato di Lovere e nelle porzioni di versante immediatamente a monte, era attiva una cava per l'estrazione del gesso dalla lente delle evaporiti nella Formazione di San Giovanni Bianco. A seguito dell'interruzione dell'attività, porzioni del piazzale di cava sono state

interessate da urbanizzazione. Nei settori superiori sono ancora evidenti i fronti di scavo, le opere accessorie (strade) all'escavazione ed alcuni piazzali in completo abbandono.

- **Edificio lesionato.** All'interno delle aree urbanizzate, numerosi sono gli edifici che presentano vistose lesioni alle opere murarie esterne; tali lesioni sono da ricondurre all'evoluzione dei fenomeni carsici nella lente di gesso, a fenomeni di dissoluzione nei depositi presenti nelle depressioni, all'apertura di fratture nel ceppo (*lache*), a fondazioni non adeguatamente dimensionate, a circolazioni idriche profonde ed a possibili interferenze con l'abbassamento del livello piezometrico della falda acquifera a seguito dell'apertura della galleria.
- **Area terrazzata artificialmente.** Nell'area esaminata i versanti sono localmente interessati dalla presenza di terrazzamenti artificiali realizzati per diminuire localmente l'originaria pendenza e recuperare in questo modo aree coltivabili. Il diffuso abbandono delle attività agricole ha spesso determinato un progressivo degrado di queste aree, testimoniato dall'invasione della vegetazione infestante. La conseguente mancanza di manutenzione in tali aree potrebbe essere occasionalmente la causa del verificarsi di fenomeni franosi superficiali.
- **Vasca di sedimentazione.** Nel settore apicale del conoide della Val Vendra, prima del tratto tombinato del corso d'acqua, è stata realizzata una piccola vasca di sedimentazione atta a contenere il trasporto solido. Le dimensioni e le caratteristiche tipologiche dell'opera di difesa risultano non adeguate (in particolare si ritiene che siano sottostimate) rispetto alle potenzialità di trasporto solido del corso d'acqua.
- **Briglia.** Lungo il tratto inferiore dell'asta della Valle di Rescudio è presenta un'opera trasversale al corso d'acqua atta a ridurre la pendenza del fondo.
- **Vallo e rete paramassi.** Nel tratto inferiore del versante sottostante il Monte Cala, sono state realizzate in passato delle opere di difesa dell'abitato, dai fenomeni di crollo che si possono verificare lungo le pareti rocciose sovrastanti. Le opere consistono in un sistema vallo - rilevato con rete paramassi.

9 IDROGRAFIA E IDROLOGIA

9.1 GENERALITÀ

Le caratteristiche idrologiche del territorio comunale di Lovere sono state illustrate nella tavola 3 – Carta idrogeologica. Dal punto di vista idrogeologico non si sono apportate modifiche alla tavola dello studio geologico precedente in quanto non si sono riscontrati cambiamenti significativi.

Con riferimento alla tematica dell'idrologia sono state inserite anche le tematiche relative alle aree allagabili, con particolare riferimento alle individuazioni connesse con il recente Pianto di Gestione dei Rischi alluvioni (PGRA). Si veda comunque, per una trattazione più approfondita, l'apposito capitolo dedicato.

Dal punto di vista idrografico, l'elemento dominante nel territorio comunale di Lovere è senza dubbio costituito dal Bacino Sebino. L'abitato di Lovere sorge alla base di un versante caratterizzato da un sistema idrografico non sempre ben definito caratterizzato dalla non continuità dei deflussi lungo le aste torrentizie. Sulla base degli elementi desunti dalla cartografia esistente e da quanto osservato durante la fase di rilievo diretto di terreno, è emersa una sostanziale incuria della rete idrografica esistente sul territorio. La rete risulta costituita da due linee drenanti principali (l'asta della Val Vendra e della Valle di Rescudio) ed una serie di rami secondari (Val Marino), il cui percorso non è sempre ben definito.

In relazione all'elevata permeabilità del territorio (sia per le caratteristiche proprie dei terreni di copertura e delle rocce del substrato, che per la presenza di fenomeni carsici) il deflusso superficiale lungo le aste torrentizie è limitato ai periodi in cui si verificano fenomeni meteorici di particolare intensità o durata. A tale quadro idrologico ed idrogeologico è da imputare una sostanziale mancanza di sensibilità civile alla rete idrografica: infatti gli alvei sono a volte ostruiti da detriti, vegetali o da opere antropiche, o costretti in condotti non in grado di sopportare gli eventi di piena che comportano in alcuni casi la mobilitazione di ingenti volumi detritici.

9.1.1 ELEMENTI IDROGRAFICI

Di seguito si procede alla descrizione dei principali elementi idrografici; si riportano in allegato alcune valutazioni sui volumi mobilizzabili (magnitudo) lungo i bacini idrografici in occasione di eventi estremi. La mobilizzazione dei detriti può evolvere in colate detritiche che raggiungono tendenzialmente le aree di conoide: l'evoluzione di tali fenomeni non può essere tralasciata nella pianificazione territoriale. Tali valutazioni sono ritenute valide per i soli corsi d'acqua lungo i cui bacini idrografici sono state rilevate condizioni favorevoli all'innesto di frane.

▪ TRATTO INFERIORE DEL VERSANTE SINISTRO DELLA VALLE BORLEZZA

Il Torrente Borlezza ha un bacino idrografico pari a 136 kmq, che si estende oltre i limiti comunali, condividendo lo spartiacque con il Fiume Serio, la Val Supine e il Lago d'Endine. Il torrente nasce nelle vicinanze del Passo della Presolana e sfocia nel Lago d'Iseo nei pressi dell'abitato di Castro. Nel tratto inferiore, il corso d'acqua scorre in una incisa forra ed è sbarrato artificialmente. Dallo sbarramento sino allo sbocco a lago il corso d'acqua defluisce lungo una stretta forra con tratti in galleria. Eventi di piena provocano l'intasamento della forra (Forra del Tinazzo) con conseguenti allagamenti dei settori di piana alluvionale posti a monte.

Il tratto di versante sinistro della Valle Borlezza compreso entro i limiti comunali di Lovere è privo di una significativa rete drenante superficiale: solamente lungo il limite occidentale si riconosce un piccolo impluvio, solo periodicamente percorso dalle acque; lungo il tratto inferiore del versante, a monte della Strada Provinciale n° 53, tale corso d'acqua scorre in una stretta incisione in roccia. Allo sbocco dell'incisione il corso d'acqua viene intubato sino alla confluenza con il torrente Borlezza.

▪ BACINO VERSANTE A LAGO

Viene intesa con questa denominazione la porzione di territorio delimitato ad est dal bacino della Val Vendra ed ad Ovest dal tratto terminale della Valle del Borlezza; essa comprende pertanto la zona di Cornasola, il versante sud est del Monte Cala, la località Foppello e la zona della Cava di Gesso. Il territorio è strato raggruppato in un unico settore in quanto privo di una rete idrografica sviluppata: in esso, sono favoriti i fenomeni di infiltrazione sia per le caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali sia per la presenza di discontinuità nel substrato. Nel settore superiore è presente una serie di doline che favoriscono l'infiltrazione delle acque; non si esclude la presenza di condotti carsici che raggiungono direttamente i settori a lago.

▪ BACINI VAL VENDRA E VALLI MARINO

La porzione settentrionale dell'abitato di Lovere si è sviluppata in corrispondenza del conoide alluvionale della Val Vendra, che costituisce l'accumulo dei materiali presi in carico dal corso d'acqua nel suo tratto superiore. All'apice del conoide, il corso d'acqua, a regime temporaneo e con portata dipendente da intensità e durata degli eventi meteorici, scorre in un'incisione impostata in roccia ed al raggiungimento del centro abitato viene costretto in un condotto interrato sino alla confluenza al bacino lacustre. All'altezza dell'imbocco del condotto è stata in passato realizzata una vasca di sedimentazione di limitate dimensioni; la vasca è facilmente aggirabile dalla corrente in sinistra idrografica, con potenziale deflusso lungo la rete stradale.

Le dimensioni della vasca di accumulo risultano ridotte in relazione alla potenzialità di trasporto solido lungo l'asta torrentizia: tale affermazione è determinata dalle condizioni di dissesto registrate lungo il tratto superiore del bacino idrografico. Oltre alla presenza

di scarpate di degradazione che alimentano le falde detritiche ai piedi delle pareti, sono infatti presenti accumuli detritici già mobilizzati ed evidenze di fenomeni erosivi delle acque correnti superficiali. Si rimanda ai paragrafi relativi all'esame della carta geomorfologica di dettaglio per maggiori precisazioni sul quadro geomorfologico del bacino idrografico e per la valutazione della pericolosità lungo il conoide.

- **IL LAGO D'ISEO**

Il volume medio del lago d'Iseo varia da circa 80 a 58 milioni di m³, per una superficie di circa 60 kmq; la quota media del pelo libero è di 185 m s.l.m. La quota dello sbarramento artificiale che regola il deflusso presso Sarnico corrisponde a 186.25 m s.l.m.

Le *Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi nel Bacino dell'Oglio, Autorità di Bacino del Fiume Po, 1997* riportano come il massimo livello idrometrico del Lago d'Iseo alla stazione di Sarnico (186,25 m s.l.m.), per effetto di una portata di piena a frequenza cinquantennale, sia dell'ordine di 1,8 metri. Nel periodo non regolato (1852-1932) si sono verificati 6 colmi con livello superiore a 1,8 metri, mentre nel periodo regolato (1932-1994) i colmi si sono ridotti a 2.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva degli eventi significativi registrati dal 1933 ad oggi; per ogni evento vengono riportati i valori di:

- portata di afflusso a lago (del Fiume Oglio) rispettivamente per 24 ore e 1 ora di durata dell'evento;
- altezze idrometriche massime in regime regolato e quota massima che avrebbe raggiunto in condizioni naturali;
- portate defluenti dal bacino lacustre.

Tabella 2. Dati degli eventi significativi (ordine decrescente di portata massima in 24 ore)

ANNO	INIZIO	AFFLUSSO A LAGO		ALTEZZE LACUALI		EROGAZIONE
		Portata max di 24 ore	Portata max di 1 ora	regolate	naturali	
		mc/s	mc/s	cm	cm	
1960	15/09	780.0	1170.0	182.5	198.4	413.0
1997	26/06	655.7	752.3	140.5	166.5	407.6
1942	28/09	575.4	870.0	92.0	149.3	272.5
1980	17/10	536.0	1070.0	58.0	111.3	176.3
1981	27/05	525.6	830.0	141.7	122.9	336.1
1993	08/10	513.4	803.0	127.5	194.3	403.3
1993	01/10	506.4	779.0	107.0	128.6	394.5
1952	28/10	493.7	790.0	92.5	129.0	254.0
1983	22/05	451.4	704.0	122.9	163.2	340.2

1939	12/06	448.0	760.0	125.0	125.3	299.7
1976	15/09	430.0	742.0	123.0	127.1	292.3
1935	05/10	429.2	615.0	88.0	127.0	200.8
1976	03/10	426.1	706.0	127.0	152.0	299.7
1937	19/09	424.9	760.0	150.5	153.6	266.4

9.2 RETICOLO IDRICO MINORE

Il Comune di Lovere ha adottato lo studio “Individuazione Del Reticolo Idrico Minore e delle Fasce Di Rispetto” (ai sensi della d.g.r. n. 7/7868 del 25.01.2002. L’indagine è comprensiva della relazione tecnica, del regolamento di polizia idraulica, della tabella riportante l’elenco dei corsi d’acqua individuati e le relative tavole.

Di seguito si riporta la tabella dei corsi d’acqua esistenti sul territorio comunale di Lovere.

Tabella 3 Elenco corsi d’acqua del reticolo idrografico del territorio comunale

N°	NOME O LOCALITA'	QUOTA INIZIO	QUOTA FINE
1	TORRENTE BORLEZZA-TINAZZO 156 - n. iscr. El. AAPP: 608/IV	BG EST (250)	235
2	VIA VALLE SERIANA	EST (378)	250
3	PRATO SPOSA	438	341
4	LE CORNE 1	492	350
5	LE CORNE 2	422	350
6	LE CORNE 3	474	370
7	NORD EST DI MONTE CALA 1	640	380
8	NORD EST DI MONTE CALA 2	594	550
9	NORD EST DI MONTE CALA 3	550	450
10	NORD EST DI MONTE CALA 4	510	450
11	CARASSONE 1	550	440
12	VAL VENDRA	966	186
13	VILLA CAPRERA	940	774
14	NORD DI CARASSONE	550	446
15	CARASSONE 2	790	388
16	VAL MARINO OVEST	645	270
17	VAL MARINO EST	1006	266
18	VILLA GLORI	1012	722
19	OVEST DI CERATELLO 1	1000	668
20	OVEST DI CERATELLO 2	1034	856
21	OVEST DI CERATELLO 3	1064	1009
22	VAL RESCUDIO	960	186

23	MONTE DI LOVERE 1	1144	1023
24	MONTE DI LOVERE 2	1146	1120
25	MONTE DI LOVERE 3	1108	1062
26	MONTE DI LOVERE 4	EST (1165)	1001
27	MONTE DI LOVERE 5	EST (1192)	1158
28	MONTE DI LOVERE 6	1190	1098
29	MONTE DI LOVERE 7	1016	1001
30	VALLE PERNEDIO	EST (1190)	1018
31	MONTE DI LOVERE 9	1002	991
32	MONTE DI LOVERE 10	994	967
33	SORGENTE BIFF	239	186

10 IDROGEOLOGIA

10.1 ASPETTI IDROGEOLOGICI

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici del territorio comunale (descritti sempre nella tavola 3 – Carta idrogeologica>), si sottolinea innanzitutto la marcata permeabilità delle formazioni rocciose di natura dolomitica e calcarea, legata all'elevato grado di fratturazione ed alla presenza di condotti carsici; ne deriva dunque che le acque meteoriche che si raccolgono nelle aree poste alle quote maggiori (Monte Di Lovere, Altopiano Di Bossico), tendono facilmente ad infiltrarsi e raggiungere i settori posti a quote inferiori, lungo percorsi preferenziali definiti dalle linee tettoniche e di fratturazione. Il complesso norico risulta sede di un acquifero, sostenuto dal tetto dell'orizzonte gessifero. L'originario livello piezometrico della falda di versante che versava le acque nel bacino del Sebino, intersecava l'abitato di Lovere nella sua porzione superiore, come testimoniato dalla presenza in passato di numerose sorgenti (spesso mineralizzate e ricche di solfati) poste in corrispondenza di rotture di pendio (scarpate di dolina). La realizzazione della Galleria "Lovere" lungo la SS42, con tracciato disposto pressoché parallelamente alla direzione del versante partendo dal versante sinistro della Valle Borlezza (Imbocco Poltragno) e mantenendosi ad una quota prossima a quella del limite superiore dell'abitato, ha determinato l'inaridimento delle venute idriche presenti; la galleria costituisce infatti una linea di drenaggio preferenziale delle acque sotterranee. L'effetto drenante dello scavo è testimoniato dalle copiose venute idriche registrate durante la realizzazione della galleria stessa, oggetto di opere di captazione per l'alimentazione dell'acquedotto di Lovere. Si sottolinea come tali venute idriche si siano concentrate in corrispondenza dell'intersezione fra la galleria e le linee tettoniche come rappresentate in superficie. Allo stato attuale permangono alimentate (direttamente dagli apporti meteorici) solo delle piccole emergenze a carattere temporaneo. La marcata concentrazione di ione solfato nelle acque che in passato venivano raccolte all'interno dell'abitato e talora annesse all'acquedotto comunale (sorgente "Biff"; sorgente "Le Reme"), consente di ipotizzare come le stesse possano essere state collegate anche ad un acquifero diverso da quello carsico superficiale, con condizioni tali da consentire la mineralizzazione delle acque stesse per effetto della lisciviazione al contatto diretto con le formazioni evaporitiche.

10.1.1.1 SORGENTI

Nella Tavola 3 "Carta Idrologica e Idrogeologica" sono state rappresentate le sorgenti idriche presenti nel territorio comunale, siano esse attive e/o captate, oppure disseccate a seguito dell'apertura della galleria lungo la SS42. di seguito viene riportata una breve descrizione delle sorgenti, come ricavato dai dati esistenti (Comunità

Montana Sebino Bergamasco - Studio Idrogeologico Del Territorio, Geocam, 1979), integrando le informazioni con dati recenti.

Da un primo esame della carta si osserva come il regime idrico di tutte le sorgenti poste a sud del tracciato della galleria abbia risentito della realizzazione dello scavo; quindi, rispetto alle sorgenti poste a quote superiori (con regime idrico variabile e direttamente collegato agli apporti meteorici), in prima approssimazione la loro alimentazione era da ricondurre ad un acquifero più profondo.

- **Sorgente REME**

Ubicata sul piazzale di Cava a quota 215 m s.l.m., in seguito ai lavori di realizzazione della Galleria Lovere lungo la SS42 si è progressivamente disseccata: l'afflusso idrico è captato in galleria e collegato all'acquedotto comunale. L'alimentazione è da collegare ad una falda con deflusso relativamente profondo concentrato lungo la faglia che disloca la Dolomia Principale. Non si escludono interferenze con il circuito superficiale (infiltrazioni dalla zona del Monte di Lovere). In origine, alla sorgente di superficie, la portata era di circa 15-30 l/s ed era caratterizzata da un'elevata concentrazione di ione solfato ($\text{SO}_4^{=}$)

Nella fase terminale dell'attività estrattiva della Cava di Gesso (anni '70), l'area è stata oggetto di indagini mirate allo sfruttamento a scopo termale delle acque solforose, che a seguito del prosciugamento della sorgente, ha previsto l'escavazione di un pozzo.

- **Sorgente VAL MARINO. Superficiale; Captata.**

È posta a quota 477 m s.l.m., lungo l'alveo della Val Marino. È annessa all'acquedotto comunale ed è provvista di bottino di presa. Di seguito si riportano i dati chimici risultanti dall'analisi svolta dall'USSL n. 20 in data 29.03.90:

T (°C)	pH	Cond. ($\mu\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$)	Oss. (mg di O_2)	D (°F)	NH_4^+ (mg/l)	Cl^- (mg/l)	$\text{SO}_4^{=}$ (mg/l)	Ca^{++} (mg/l)	Mg^{++} (mg/l)	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)
10	8,0	625	0,1	38,2	5	5	182	124,8	17,0	5,7	0,7

Dai dati sopra riportati si può osservare che si tratta di un'acqua medio-minerale e di un'acqua dura; il valore di concentrazione dello ione solfato è indicativo di un percorso relativamente profondo, con contatti nelle evaporiti. In relazione alle concentrazioni elevate dello ione rilevate alla sorgente Biff, non si escludono possibili diluizioni dell'originaria acqua di falda sotterranea con acque superficiali; il valore relativamente basso del rapporto Mg/Ca può essere interpretato come indicativo di percorsi lungo condotti carsici.

Un approfondimento della conoscenza dei percorsi delle acque delle sorgenti (importante per individuare le aree di protezione) potrebbe essere svolto sulla base di una serie di analisi chimiche e in base alla conoscenza più dettagliata del regime delle sorgenti.

- *Sorgente Punterola*

La sorgente è relativamente effimera, ed è rappresentata da una scaturigine in asse alla Val Rescudio mediano: in relazione alle condizioni geologiche del bacino, non si esclude un circuito breve e superficiale legato all'infiltrazione nella coltre detritica superficiale. La sorgente alimenta l'acquedotto comunale di Costa Volpino. Per tale sorgente è stata individuata la fascia di rispetto con criterio geometrico, prevista dal D. Lgs

- *Sorgente BIFF. Parzialmente disseccata*

È ubicata sulla strada di Trello a quota 235 m s.m.l.; in passato era annessa all'acquedotto comunale e rappresentava una delle principali fonti di approvvigionamento idrico. A seguito dell'apertura della Galleria Lovere (vedasi sfornellamento alla progressiva 400 m da imbocco ovest) ha subito una sensibile riduzione della portata. Attualmente viene captata non a scopo idropotabile ma per alimentazione della piscina in quanto i valori di concentrazione di alcuni parametri non erano conformi al DPR 236/88. Di seguito si riportano i dati chimici come riportati nell'analisi svolta dal USSL n. 20 in data 22.03.90:

T (°C)	PH	Cond. ($\mu\Omega^{-1}cm^{-1}$)	Oss. (mg di O ₂)	D (°F)	NH ₄₊ (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO ₄₋₋ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
12	7.5	915	0.1	58.7	6	7	428	186.4	29.4	4.5	0.8

Nella Tavola 3 sono ubicate altre sorgenti ad oggi non utilizzate perché disseccate e/o non più sfruttate anche a seguito dei lavori di realizzazione della galleria.

A sud del territorio comunale, al confine con il comune di Castro, sono presenti sorgenti a scopo idroelettrico.

11 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

11.1 PREMESSA

Le procedure per la valutazione della pericolosità sismica applicate al territorio di Lovere sono dettate dalla normativa regionale, nello specifico dall'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 n° IX/2616 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12".

Si deve evidenziare che il Comune di Lovere aveva già provveduto a dotarsi di uno studio geologico già comprensivo della componente sismica. La nuova normativa ha tuttavia rivisto gli scenari di pericolosità sismica locale.

La metodologia di valutazione del pericolosità sismica prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione per tutti i comuni del territorio lombardo (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza, come meglio specificato nel testo della direttiva), mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostri l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Il livello 3° è obbligatorio per legge (L.R. 12/2005) soltanto in fase di progettazione di costruzioni ritenute strategiche il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

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

Rientra tra le normative considerate in questo lavoro e finalizzata alle nuove costruzioni il recente D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" nel quale sono state riviste e innovative le normative tecniche in materia di progettazione antisismica.

La nuova normativa è conforme ed in vista di prossimo adeguamento con quella in corso di adozione dall'Unione Europea, denominata EC8, che è armonizzata con quella

dei Paesi a più alta attività sismica, quali USA, America del Sud, Cina, Giappone ed Asia del Sud-Est.

Per quanto riguarda le scale e le modalità di restituzione degli elaborati, si sono considerate le indicazioni fornite dall'allegato 5 dei "Criteri ed Indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 12/2005" con relative successive integrazioni (Integrazioni all'Allegato 5, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Febbraio 2006).

In definitiva è stata scelta la restituzione sull'intero territorio comunale in scala 1: 10.000.

11.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI LOVERE

Il territorio comunale di Lovere è classificato in Classe di Sismicità 3.

11.3 ANALISI SISMICA DEL COMUNE DI LOVERE - 1° LIVELLO

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

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Lo studio attuato è consistito nell'analisi dei dati esistenti a disposizione dello scrivente studio già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica e carta geomorfologica), nella valutazione di indagini geotecniche e geofisiche reperite presso gli uffici comunali, e nella redazione di un'apposita cartografia rappresentata nella Tavola 4 "Carta della pericolosità sismica locale (PSL)", derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo che sono state riscontrate per il territorio comunale di Lovere (Tabella 4) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

La legenda della carta PSL è conforme nelle sigle e nella numerazione a quella individuata dalla normativa di settore; sono state pertanto omesse le zone non riscontrate nel territorio in studio.

Tabella 4. Scenari di pericolosità sismica locale individuati per il territorio di Lovere (BG).

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	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc.)	Cedimenti
Z3a	Zone di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, etc.)	
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	Amplificazioni topografiche
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	Amplificazioni litologiche e geometriche
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-mecccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

- il 2° livello permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici; in particolare si tratta di stimare la risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree i cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali). Per le aree in cui si riscontra il fattore di amplificazione superiore al valore soglia, si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo

superiore. Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche, morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

- Il 3° livello permetterà sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1 e Z2). Esso si applica in fase progettuale agli scenari quantitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello.

Non è necessaria la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Questa considerazione non vale per il territorio di Lovere in quanto non sono note faglie attive che possano portare alle valutazioni quantitative di cui sopra.

11.4 ANALISI SISMICA DEL COMUNE DI LOVERE - 2° LIVELLO

11.4.1 EFFETTI MORFOLOGICI

Gli scenari di zona di ciglio (Z3a) e di zona di cresta rocciosa/cucuzzolo (Z3b) presenti sul territorio comunale non necessitano di un approfondimento di analisi di 2° livello in quanto la loro localizzazione non interferisce con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

11.4.2 EFFETTI LITOLOGICI

L'analisi di secondo livello per la valutazione dell'amplificazione sismica per effetti litologici proposta dalla normativa richiede la conoscenza di alcuni dati di tipo litologico stratigrafico e geofisico sui siti da investigare; fra questi, i principali sono costituiti dalla litologia prevalente nel sito e dal profilo di velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) fino al raggiungimento di valori pari o superiori ad 800 m/s (valore che identifica il "bedrock" sismico), o almeno nei primi trenta metri di profondità. Sull'insieme delle aree possibili di amplificazione litologica individuate con il primo livello di approfondimento rappresentate nella carta della pericolosità sismica locale sono stati individuati degli ambiti geologico- geomorfologici omogenei, che si ritiene siano caratterizzati da

parametri litologico stratigrafici e geofisici relativamente costanti. All'interno di ciascun ambito sono stati individuati uno o più siti rappresentativi nei quali, dopo la determinazione dei parametri geologici e geofisici necessari, è stata effettuata l'analisi di secondo livello.

Per la caratterizzazione stratigrafica e litologica dei siti ci si è basati sulla conoscenza geologico-geomorfologica del territorio in esame.

Sono stati esaminati i seguenti ambiti:

- AREA CAVE
- TRELLO
- CORNASOLA
- CONOIDE VILLA MILESI
- FASCIA A LAGO.

11.4.2.1 Indagini geofisiche per la determinazione delle velocità delle onde sismiche di taglio (Vs)

Per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs) nel sottosuolo sono stati analizzati i risultati di indagini geofisiche di superficie tipo "ReMi" (Refraction Microtremor).

La tecnica d'analisi del sottosuolo mediante l'uso di microtremori (Refraction Microtremor) fornisce una caratterizzazione semplificata di volumi relativamente ampi del sottosuolo in profili verticali 1D sino alla profondità di 30 metri. I dati di campagna sono acquisiti con un equipaggiamento standard di sismica a rifrazione, usando geofoni ad alta frequenza per stendimenti corti. La fonte d'energia delle onde di superficie per il ReMi è il rumore ambientale o di fondo. L'analisi e l'interpretazione ReMi viene eseguita utilizzando un software appropriato prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA) che fornisce direttamente il valore di Vs30 e la categoria della classificazione del suolo. L'elaborazione del segnale consiste nello sviluppo di una trasformata bidimensionale "slownessfrequency" (p/f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico. In quest'immagine risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi d'onde (onde di pressione, suono, rumore incoerente). Dal grafico ottenuto, sulla base dell'esperienza personale ed in relazione al quadro geologico del settore, viene eseguito un picking attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o 1/velocità di fase) per talune frequenze. Questi valori vengono plottati su un

diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione (e l'ottimizzazione di un modello diretto).

11.4.2.2 Calcolo delle velocità di taglio

Sulla base dei dati sismici desunti dalle indagini disponibili è stato determinato il parametro “Vs30” (velocità di taglio nell'ambito dei primi trenta metri di sottosuolo) e determinazione della categoria di suolo di fondazione secondo quanto definito nel D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove:

h_i = spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;

V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $g < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;

N = numero strati nell'ambito dei primi 30 metri di sottosuolo.

11.4.2.3 Valutazione del fattore di amplificazione sismica locale (Fa)

Il secondo livello d'approfondimento previsto nella d.g.r. consente di quantificare il fattore d'amplificazione sismica locale (Fa), che deve essere confrontato con il valore soglia definito dalla Regione Lombardia per ogni singolo Comune.

Il fattore di amplificazione sismica locale Fa è stato determinato in ognuno dei siti rappresentativi presi in considerazione applicando la metodologia proposta nell'allegato 5 alla d.g.r. n° 8/7374.

La metodologia permette di valutare se l'applicazione della normativa sismica vigente con il d.m. 14 gennaio 2008, che per il Comune di Lovere prevede l'utilizzo dei parametri associati alla zona sismica 4, sia da considerarsi rappresentativa degli effetti di amplificazione sismica legati alla situazione litologica del sito.

Il valore di Fa deve essere confrontato con i “valori soglia” definiti dalla Regione Lombardia per il comune di Lovere:

Fa - VALORI SOGLIA		
categoria suolo di fondazione	periodo 0,1-0,5 s	periodo 0,5 -1,5 s
SUOLO A	1.6	2.2
SUOLO B-C-E	2.2	3.4

SUOLO D	2.3	5,6
---------	-----	-----

Secondo le indicazioni della normativa il periodo compreso fra 0,1 e 0,5 secondi è rappresentativo di fabbricati bassi, regolari e piuttosto rigidi, aventi altezza indicativamente inferiore a 5 piani, mentre l'intervallo 0,5 - 1,5 s si riferisce a strutture più alte e flessibili.

Nel seguito vengono esposti i passi d'applicazione del metodo.

1. Scelta della scheda di riferimento. La stratigrafia del sottosuolo è costituita da un'alternanza litologica, la scelta della scheda di valutazione si è basata sul confronto fra il profilo di velocità delle onde S ricavato tramite la prova Re.Mi. ed i profili delle Vs delle schede attualmente disponibili nell'ambito della normativa.

Inoltre, secondo quanto riportato nelle integrazioni al citato allegato, in presenza di una litologia non contemplata nelle schede di valutazione esistenti, nel caso di alternanze litologiche e nel caso in cui in cui esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda, può essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quello riscontrato nell'indagine.

In accordo con tali indicazioni, nell'ambito dei siti esaminati, la scelta della scheda di valutazione è stata fatta in fase preliminare in riferimento a dati litologico-stratigrafici desunti dalla dinamica morfologica dei siti, con successiva verifica basata sul confronto fra il profilo di velocità delle onde S ricavato tramite le prove ReMi e i profili delle Vs delle schede attualmente disponibili nell'ambito della normativa.

2. Determinazione del valore di T (periodo proprio del sito). In base alle indicazioni della normativa, il valore di T (periodo proprio del sito espresso in secondi), è calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore delle velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente relazione:

$$T(s) = \frac{4 \times \sum_{i=1,N} h_i}{\sum_{i=1,N} h_i \times V_{Si}} \frac{1}{\sum_{i=1,N} h_i}$$

Dove:

h_i = spessore (m) dello strato i-esimo;

V_{Si} = velocità (m/s) delle onde di taglio dello strato i-esimo;

N = numero strati.

Sulla base del quadro stratigrafico sismico si procede all'individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale, in base ai quali si sceglie all'interno della scheda di valutazione la curva di correlazione T-Fa più appropriata fra le tre disponibili.

L'ultimo passo permette di determinare il valore di Fa lungo le curve di correlazione T-Fa in base al valore di T, sia per il periodo compreso fra 0,1 e 0,5 s, sia per il periodo compreso fra 0,5 e 1,5 s.

In base alle indicazioni della Normativa il valore di Fa deve essere arrotondato alla prima cifra decimale.

I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella alla pagina seguente.

Dall'esame dei risultati i valori dei Fa soglia risultano inferiori a quelli proposti dalla Regione Lombardia per il Comune di Lovere e pertanto risultano sufficienti alla progettazione sismica degli edifici.

		Zona	Vs30	Categoria suolo	Soglia		Scheda di valutazione	Curva di correlazione	Profondità bedrock (m)	T(s)	Fa soglia 0,1-0,5 s	Fa soglia 0,5-1,5 s
					0,1-0,5	0,5-1,5						
TRELLO	Re.Mi. 01	Z2a	536	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 2	2	18,07	0,16	1,6	1,1
	Re.Mi. 02	Z2a	737	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 1	3	13,7	0,10	1,2	1,0
	Re.Mi. 03	Z2a	555	B	2,2	3,4	Ghiaiosa	3	19,5	0,14	1,3	1,0
AREA CAVE	Re.Mi. 01	Z2a	928	A	1,6	2,2	Ghiaiosa	3	7,9	0,07	1,1	1,0
	Re.Mi. 03	Z2a	847	A	1,6	2,2	Ghiaiosa	3	7,3	0,05	1,1	1,0
	Re.Mi. 04	Z2a	583	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 1	2	8,5	0,09	1,2	1,0
	Re.Mi. 05	Z2a	665	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 2	3	22,8	0,13	1,3	1,1
	Re.Mi. 07	Z2a	573	B	2,2	3,4	Limoso-sabbiosa 1	3	13,05	0,11	1,2	1,0
CORNASOLA	Re.Mi. 01	Z2a	480	B	2,2	3,4	Sabbiosa	3	32,4	0,17	1,4	1,1
	Re.Mi. 02	Z2a	508	B	2,2	3,4	Limoso-sabbiosa 2	2	-	0,28	1,8	1,3
	Re.Mi. 03	Z2a	538	B	2,2	3,4	Limoso-sabbiosa 2	3	60	0,38	1,5	1,4
	Re.Mi. 04	Z2a	555	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 1	2	13,4	0,11	1,3	1,0
	Re.Mi. 05	Z2a	651	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 1	3	7,7	0,08	1,1	1,0
	Re.Mi. 06	Z2a	498	B	2,2	3,4	Limoso-sabbiosa 2	3	37	0,25	1,5	1,2
	Re.Mi. 07	Z2a	389	B	2,2	3,4	Limoso-sabbiosa 2	1	28,2	0,25	2,2	1,2
FASCIA LAGO	Re.Mi. 01	Z2a	518	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 2	2	19	0,14	1,5	1,1
	Re.Mi. 02	Z2a	535	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 2	3	24,8	0,18	1,5	1,1
PARCO MILESI	Re.Mi.	Z4b	492	B	2,2	3,4	Limoso-argillosa 2	2	21,4	0,18	1,7	1,1

11.5 ANALISI SISMICA DEL COMUNE DI LOVERE – 3° LIVELLO

La normativa prevede l'applicazione **in fase progettuale** nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4):
 - 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 presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, sedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici, mentre in zona sismica 4 nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, fermo restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Gli approfondimenti di 2^o e 3^o livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

12 VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO VIGENTI SUL TERRITORIO

Il quadro vincolistico presente sul territorio comunale di Lovere si presenta alquanto complesso in ragione della presenza di situazioni critiche dal punto di vista geomorfologico e idraulico; i vincoli presenti, di seguito commentati, sono riportati graficamente nella Tavola 5 – Carta dei Vincoli.

a) Vincoli di cui al D.Lgs. 152/2006 art.94 - Disciplina le aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano.

Le aree di salvaguardia sono distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto.

La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e dev'essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

b) Vincolo di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 maggio 2001

Sono assoggettate a tale vincolo:

- Le aree interessate da franosità attiva (Fa);
- Le aree interessate da franosità quiescente (Fq);
- Aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Ca)
- Aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Cp)
- Aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (Cn)

Per tutte queste aree vengono obbligatoriamente recepite le relative norme previste dalle norme tecniche del PAI.

Nella d.g.r. n. 7/7365 del 11 dicembre 2001, a seguito dell'emanazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) da parte dell'Autorità di Bacino, la Regione Lombardia definisce esonerato il comune di Lovere in merito alla posizione all'adeguamento della normativa geologica ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI.

**c) Vincoli di cui al Piano al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) approvato con
Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 ottobre 2016**

Individua le aree allagabili sul territorio comunale a seconda del manifestarsi di piene con tempo di ritorno di 20 anni (alluvioni frequenti P3/H), 200 anni (alluvioni poco frequenti P2/M) e 500 anni (alluvioni rare P1/L) riferite al fiume Adda. Sono state individuate inoltre le aree di rischio R4 per le quali si è proceduto a valutare le condizioni di pericolosità e rischio locali nei precedenti paragrafi. Le zone allagabili non sostituiscono le fasce fluviali, ma ne rappresentano un'integrazione e un aggiornamento. Fino all'adozione di una specifica variante del PAI, entrambe le perimetrazioni PAI e PGRA restano in vigore, e in caso di sovrapposizione, va sempre applicata la normativa più restrittiva. Si evidenzia che l'analisi delle condizioni di pericolosità delle zone R4 porterà ad una classificazione cautelativa di alcune aree ai fini della tutela dal rischio esondazione.

**d) Vincoli di cui alla legge 3 agosto 1968 n. 267 - PS267; Piano straordinario per le aree a
rischio idrogeologico molto elevato**

Il Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267) si connota come strumento che affronta in via di urgenza, secondo una procedura più rapida che deroga da quanto previsto per la pianificazione ordinaria, le situazioni più critiche nel bacino idrografico, in funzione del rischio idrogeologico presente. Sono assoggettate a tale vincolo le aree interessate dal dissesto Trello-Cornasola

e) Vincoli di polizia idraulica

Ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni, sono state riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore con parere positivo da parte della Sede territoriale regionale competente.

o

13 IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

13.1 GENERALITÀ

La Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010, ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione del rischio di alluvioni, che il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) deve attuare, nel modo più efficace. Il PGRA, introdotto dalla Direttiva per ogni distretto idrografico, dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), predisposto in attuazione del D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni"), è stato adottato con deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4, approvato con Deliberazione 3 marzo 2016, n. 2 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017).

Il Piano ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. A tal fine nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree "allagabili", individuate le "Aree a Rischio Significativo (ARS)" e impostate misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata.

La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe di pericolosità, la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti è rappresentata nelle mappe di rischio. Entrambe le mappe sono pubblicate sul sito di Regione Lombardia nonché sul sito dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Le mappe, redatte nella prima versione nel 2013 e aggiornate al 2015, a seguito delle osservazioni pervenute nella fase di partecipazione, contengono la delimitazione delle aree allagabili per diversi scenari di pericolosità:

- aree P3 (H nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- aree P2 (M nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- aree P1 (L nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare;

Le aree allagabili individuate, per quanto concerne la Regione Lombardia, riguardano i seguenti "ambiti territoriali":

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe di rischio classificano secondo 4 gradi di rischio crescente (R1 - rischio moderato o nullo, R2 - rischio medio, R3 - rischio elevato, R4 - rischio molto elevato) gli elementi che ricadono entro le aree allagabili. Le categorie di elementi esposti che la Direttiva 2007/60/CE, il D. Lgs. 49/2010 e gli indirizzi operativi del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare (MATTM) hanno chiesto di classificare sono: zone urbanizzate (residenziale, produttivo, commerciale), strutture strategiche e sedi di attività collettive (ospedali, scuole, attività turistiche), infrastrutture strategiche principali (vie di comunicazione stradali e ferroviarie, dighe, porti e aeroporti), insediamenti produttivi o impianti tecnologici potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale (impianti allegato I D.L. 59/2005, aziende a rischio di incidente rilevante, depuratori, inceneritori, discariche), beni culturali vincolati, aree per l'estrazione delle risorse idropotabili.

La Regione Lombardia con propria DGR 19/06/2017 n. X/6738 ha provveduto a fornire le indicazioni operative per l'applicazione delle misure di tutela previste dal PGRA: per quanto riguarda il Comune di Lovere, le disposizioni della sopra citata deliberazione regionale attuativa del PGRA riguardano:

- Il reticolo secondario collinare e montano (RSCM)
- Le aree lacuali costiere (ACL)

Nella cartografia allegata al presente studio (Carta PAI-PGRA, Carta dei Vincoli) sono dettagliatamente riportati le individuazioni delle aree di interesse previste dal PGRA in termine di aree di pericolosità. Nel seguito della presente trattazione si provvederà ad effettuare le valutazioni previste dalla DGR X/6738/2017 di cui ai punti 3.2.3 (aree interessate dal RSCM) e 3.4.4 (aree ACL) al fine di adeguare lo studio geologico alle prescrizioni in essa contenute.

Si sottolinea che il Comune di Lovere rientra tra i comuni dell'Allegato 2 della DGR X/6738/2017, che identifica i comuni lombardi con l'indicazione degli ambiti territoriali di riferimento, della presenza di aree allagabili e della loro tipologia.

Lovere è identificato come:

- comune con aree allagabili nell'ambito RSCM e tenuto all'aggiornamento dell'Elaborato 2 del PAI da DGR VII/7365/2001
- comune con aree allagabili in ambito ACL.

13.2 RETICOLO SECONDARIO COLLINARE E MONTANO (RSCM)

L'ambito territoriale di riferimento è quello corrispondente alla parte montana e collinare del territorio regionale già oggetto, a seguito dell'approvazione del PAI, all'obbligo di effettuare le verifiche di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI e proporre aggiornamenti all'Elaborato 2 del PAI.

Tale adempimento si ritiene svolto dal momento che il precedente studio geologico aveva provveduto all'effettuazione degli adempimenti di cui all'articolo 18 delle NTA del PAI, con conseguente aggiornamento dell'Elaborato 2 del PAI, e individuazione di un preciso quadro dei dissesti, recepito nella “Carta dei dissesti con legenda uniformataPAI”.

Le aree allagabili presenti nelle mappe del PGRA per l'ambito territoriale RSCM corrispondono infatti in gran parte alle aree già classificate come Ca, Cp, Cn nell'Elaborato 2 del PAI aggiornato dai Comuni tramite la procedura di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI, nonché alle aree a rischio idrogeologico molto elevato di tipo idraulico che ricadono in tale territorio.

L'individuazione delle aree di rischio R4 di cui al PGRA viene evidenziata nella figura seguente, e riguarda gli assi centrali dei conoidi dei torrenti Valvendra e Rescudio, situati nella parte settentrionale del territorio comunale. Si evidenzia che le aree di pericolosità sono state riportate nella Tavola 5 – Carta dei Vincoli e nella Tavola 7 – Carta PAI – PGRA.

Per tali aree l'analisi del rischio si ritiene già effettuata nel corso della precedente redazione dello studio geologico del territorio comunale, redatto a supporto della PGT approvato e vigente: in tale fase le attuali zone di rischio elevato sono state classificate in classe di fattibilità 4, classificazione peraltro che non si intende modificare nell'ambito del presente studio.

Si evidenzia che in tali aree, in conformità con quanto disposto nel punto 3.2.3 della DGR X/6738/2017, si continuano ad applicare le norme di cui all'articolo 9 comma 7 (aree Ca), comma 8 (aree Cp) e comma 9 (aree Cn) delle NTA del PAI.

Si sottolinea che gli ambiti interessati da tali fattori di rischio risultano completamente urbanizzati e al loro interno non sono individuate modificazioni delle destinazione urbanistiche che possano comportare nuovi e importanti processi edificatori: a tal proposito il Comune, se necessario, dovrà aggiornare il Piano di Emergenza Comunale secondo le indicazioni fornite al paragrafo 7 della DGR X/6738/2017 “Disposizioni integrative rispetto a quanto contenuto nella DGR VIII/4732/2007 relative all'attuazione della variante normativa al PAI nel settore della Pianificazione dell'emergenza a scala comunale”.

Nel presente studio geologico non vengono proposte modifiche alle aree allagabili relativa all'ambito RSCM.

Figura 4: Aree RSCM e ACL zona nord con rischio R4 (fonte: Geoportal Regione Lombardia)



13.3 AREE COSTIERE LACUALI

L'ambito territoriale Aree Costiere Lacuali (ACL) corrisponde al territorio che circonda i grandi laghi e che può essere influenzato, o che lo è già stato in passato, da esondazioni del lago medesimo.

Nelle mappe di pericolosità del PGRA sono state delimitate le aree allagabili relative al Lago d'Iseo.

I dati relativi al solo periodo regolato, forniti dagli enti regolatori, sono stati elaborati da ARPA Lombardia con la distribuzione GEV (Generalized Extreme Value) e sono poi state individuate le soglie corrispondenti ai tempi di ritorno di 15 e 100 anni.

Per individuare il massimo storico registrato sono stati invece considerati anche i dati del periodo preregolazione, in un'ottica cautelativa. I valori ottenuti sono stati sommati alle quote

dello zero idrometrico corrispondente quotato da ARPA Lombardia (geoide di riferimento: Italgeo 1999) al fine di ottenere i livelli lacuali corrispondenti:

Tabella 5. Soglie individuate in metri – livello lacuale in metri s.l.m.

Lago (idrometro)	Quota zero idrometrico in metri s.l.m. (geoide Italgeo 1999)	Soglie individuate in metri – livello lacuale in metri s.l.m.		
		TR 15	TR 100	massimo storico registrato
ISEO (Sarnico)	185,335	1,35 – 186,685	1,67 – 187,005	1,975 – 187,310

13.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO SULLE AREE COSTIERE CIRCUMLACUALI

Nelle figure seguenti si riportano le configurazioni originarie delle aree di pericolosità e di rischio individuate per le zone lacuali sul territorio comunale di Lovere.

Figura 5: Aree di pericolosità (fonte: Geoportal della Lombardia)



In blu scuro sono riportate le aree circumlacuali allagabili con piena frequente (P3/H) mentre in azzurro le aree con piena poco frequente (P2/M).

Non sono riportate le aree con piena rara (P1/L) in quanto coincidenti con le aree interessate dalle piene precedenti.

La successiva figura 6 illustrano invece le aree di rischio R4 molto elevato (in violetto) e di rischio R3 elevato della zona costiera del territorio comunale di Lovere.

Figura 6: Aree ACL zona sud con rischio R4 (fonte: Geoportale Regione Lombardia)



Il punto 3.4.4. della D.G.R. X/6738/2017, relativamente alle aree circunlacuali allagabili per la piena frequente (P3/H), poco frequente (P2/M) e rara (P1/L) rappresentate nelle mappe del PGRA, prevede quanto segue:

1. i Comuni **applicano, da subito** le limitazioni e prescrizioni sopra descritte qualora il proprio strumento urbanistico non contenga disposizioni coerenti o maggiormente cautelative e aggiornano conseguentemente i Piani di Emergenza Comunali secondo le indicazioni fornite al paragrafo 7 “Disposizioni integrative rispetto a quanto contenuto nella d.g.r. VIII/4732/2007 relative all’attuazione della variante normativa al PAI nel settore della Pianificazione dell’emergenza alla scala comunale”;
2. entro le aree che risultano classificate come R4 – rischio molto elevato e R3 – rischio elevato i Comuni **sono tenuti a effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali** con le finalità descritte al paragrafo 4 “Disposizioni relative all’edificato esistente esposto al rischio” Tale valutazione deve essere trasmessa a Regione Lombardia che la utilizzerà sia nell’ambito dei previsti riesami e aggiornamenti delle mappe e del PGRA sia ai fini del monitoraggio delle misure di prevenzione del rischio previste nel PGRA. Fino al recepimento nello strumento urbanistico comunale della suddetta valutazione del rischio si applicano, anche all’interno degli edificati esistenti, le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M definite per questo ambito specifico;
3. i Comuni sono tenuti, entro e non oltre i termini stabiliti dall’art. 5 della l.r. 31/2014 per l’adeguamento del Piano di Governo del Territorio (PGT), qualora necessario, ad adeguare i loro PGT recependo le perimetrazioni e associando a tali aree una norma adeguata e coerente alle indicazioni fornite nel presente documento;
4. i Comuni possono, in occasione dell’adeguamento del Piano di Governo del Territorio (PGT), tracciare le aree allagabili per le tre piene di riferimento alla scala dello strumento urbanistico locale facendo riferimento ai tre valori di quota per le tre piene di riferimento utilizzati nelle mappe di pericolosità del PGRA (e riportati in Allegato 4 alla DGR X/6738/2017) ma utilizzando la base topografica del PGT;
5. il tracciamento alla scala locale dei limiti delle aree allagabili, da effettuarsi sulla medesima base topografica del PGT, sarà consegnato a Regione nell’ambito delle procedure di pubblicazione degli strumenti urbanistici comunali attraverso la carta PAI-PGRA descritta al Paragrafo 5. “della DGR X/6738/2017 e allegata al presente studio come Tavola 6.

Il presente studio commenta la proposta di adattamento delle aree allagabili alla topografia delle zone interessate, in conformità con i precedenti punti 4 e 5 :

Lo strumento utilizzato per l’analisi è “Topo to Raster” di ESRI ArcGIS Desktop. È un metodo di interpolazione studiato appositamente per la creazione di modelli digitali di elevazione (denominati DEM) idrologicamente corretti. Il metodo è basato sul programma ANUDEM

sviluppato da Michael Hutchinson (1988, 1989, 1996, 2000, 2011). Le applicazioni dei DEM alla modellizzazione ambientale sono discusse in Hutchinson e Gallant (2000) e Hutchinson (2008). Ulteriori sviluppi di ANUDEM sono discussi in Hutchinson et al. (2009, 2011). La versione corrente di ANUDEM utilizzata in ArcGIS è la 5.3.

Lo strumento “Topo to Raster” interpola i valori di elevazione per un raster mentre impone vincoli che garantiscono una struttura di drenaggio e la rappresentazione corretta di creste e ruscelli.

La procedura di interpolazione è stata progettata per sfruttare i tipi di dati di input comunemente disponibili e le caratteristiche note delle superfici di elevazione. Questo metodo utilizza una tecnica di interpolazione a differenze finite iterative. È ottimizzato per avere l'efficienza computazionale dei metodi di interpolazione locali, come l'interpolazione a distanza inversa (IDW), senza perdere la continuità di superficie dei metodi di interpolazione globale, come Kriging e Spline. Si tratta essenzialmente di una tecnica di spline (Wahba, 1990) per cui la penalità di rugosità è stata modificata per consentire al DEM montato di seguire bruschi cambiamenti nel terreno, come ruscelli, creste e dirupi.

L'acqua è la principale forza erosiva che determina la forma generale del terreno caratterizzato da molti punti collinari (massimi locali) e pochi pozzi (minimi locali), ottenendo un modello di drenaggio. Il metodo “Topo to Raster” utilizza questa conoscenza delle superfici e impone vincoli sul processo di interpolazione che si traduce in una struttura di drenaggio collegata e nella corretta rappresentazione di creste e ruscelli. Questa condizione di drenaggio imposta produce superfici con maggiore accuratezza. La quantità di dati di input può essere fino a un ordine di grandezza inferiore a quella normalmente richiesta per descrivere adeguatamente una superficie partendo dalle curve di livello. La condizione di drenaggio globale elimina virtualmente qualsiasi necessità di editing o post-elaborazione per rimuovere i pozzi nella superficie generata.

Il programma comunque agisce in modo conservativo nella rimozione dei pozzi e non imporrà le condizioni di drenaggio in posizioni che potrebbero contraddirsi i dati di elevazione inseriti in input. Lo scopo del processo di drenaggio è di rimuovere tutti i punti depressivi nel DEM di output che non sono stati identificati come tali nei dati di input. Il programma presume che tutti i pozzi non identificati siano errori, poiché i pozzi sono generalmente rari nei paesaggi naturali (Goodchild e Mark, 1987).

Per determinare il modello digitale di elevazione, denominato DEM, sono stati utilizzati come dati di input le informazioni derivanti dal Database topografico comunale rilevato nel 2008 all'interno del progetto “Comuni montani bergamaschi 2007”. I dati presi in esame sono:

- curve di livello
- punti quotati
- breakline

- corsi d'acqua
- laghi
- confine comunale

Le curve di livello (con passo 2 metri) e i punti quotati sono stati utilizzati per determinare inizialmente la superficie digitale di elevazione. Le breakline, i corsi d'acqua e il lago sono stati utilizzati per determinare le creste, i ruscelli e le aree piatte all'interno del modello. La superficie del lago è stata posta alla quota zero riferita all'idrometro di Sarnico 185,335 metri sul livello del mare (m.s.l.m.). Infine, si è definita l'area interna di analisi ricadente nel confine comunale.

Ottenuto il DEM, attraverso le modalità sopracitate, sono state calcolate le curve di livello poste rispetto alla quota zero dell'idrometro di Sarnico a: +1,35 metri per la pericolosità P3/H; +1,67 metri per la pericolosità P2/M; +1,98 metri per la pericolosità P1/L. I valori delle curve di livello ottenuti sono quindi: 186,685 m.s.l.m.; 187,005 m.s.l.m; 187,315 m.s.l.m..

Alle curve di livello coincidenti con le tre aree di pericolosità ACL è stato applicato un procedimento di normalizzazione attraverso lo strumento di ESRI ArcGIS Desktop "Smooth line", le curve di livello normalizzate sono state confrontate in mappa con i punti quotati per rimuovere eventuali incongruenze.

Gli adattamenti delle aree allagabili sono stati riportati nella cartografia allegata al presente studio geologico e, in particolare:

- 1) Nella tavola 05 - Carta dei vincoli
- 2) Nella tavola 06 - Carta PAI-PGRA
- 3) Nella tavola 07 – Carta di sintesi

Le decisioni finali, relativamente a quanto riportato nella carta di fattibilità geologica, sono relative alle risultanze delle seguenti considerazioni in merito alle condizioni di rischio presenti sul territorio comunale, anche alla luce dell'adattamento proposto:

- **Arene di rischio R4:** tali aree corrispondono sostanzialmente alle aree rivierache a ridosso del lago, in cui lo specchio d'acqua può esondare:
 - con un tempo di ritorno di 15 anni raggiungendo la quota 186,685 m.s.l.m. (+1,35 m rispetto alla quota zero idrometrico di Sarnico pari a 185,335 m.s.l.m.).
 - con un tempo di ritorno di 100 anni raggiungendo la quota 187,005 m.s.l.m. (+1,67 m rispetto alla quota zero idrometrico di Sarnico pari a 185,335 m.s.l.m.).

Non vi sono variazioni sostanziali tra quanto proposto dal PGRA originario (figura 6) e l'adattamento valutato nel presente studio. La zona allagata partendo, da nord, interessa sostanzialmente la viabilità del territorio comunale di Lovere, con particolare riferimento alla ex SS n. 42, interessata ad oggi ancora da valori importanti di traffico veicolare. Tale aspetto dovrà pertanto essere attentamente valutato in fase di adeguamento del Piano di Emergenza Comunale, dal momento che l'eventuale interruzione della viabilità sull'allineamento

compreso tra l'incrocio tra la EX SS 42 e la EX SS 369 a sud e il confine comunale con Costa Volpino a nord determinerebbe senza dubbio notevoli disagi.

Si evidenzia anche l'interessamento negli episodi esondativi:

- della Piazza XIII Martiri, sede del porto turistico e passeggeri di Lovere;
- della zona del porto nuovo a sud immediatamente prospiciente al lago
- di un edificio industriale facente parete dell'insediamento Lucchini;

L'adattamento delle aree esondabili ha evidenziato l'interessamento di edifici nelle aree di esondazione con TR di 15 anni e di 100 anni, situati nella zona settentrionale e posti immediatamente in riva al lago. E' inoltre coinvolta negli scenari esondativi descritti parte dell'impianto natatorio di Lovere.

- **Arene di rischio R3:** tali aree interessano zone in cui lo specchio d'acqua può raggiungere il massimo storico registrato, cioè +1,975 m rispetto alla quota zero idrometrico di Sarnico pari a 187,310 m.s.l.m.

Anche in questo caso non vi sono variazioni sostanziali tra quanto proposto dal PGRA originario (figura 6) e l'adattamento valutato nel presente studio. Oltre alla viabilità e agli ambiti precedentemente descritti, risultano interessati nello scenario esondativo:

- Parte dell'insediamento industriale Lucchini;
- La zona del Porto Cornasola, compresi gli insediamenti commerciali e industriali in esso presenti
- L'Accademia Tadini
- La Piazza Garibaldi e gli insediamenti che si affacciano su di essa
- L'intera Piazza XII Martiri e parte del centro storico ad essa prospiciente
- La Villa Milesi, sede municipale

Alla luce di quanto descritto si deve comunque puntualizzare che nessuno degli ambiti territoriali interessati dalle fasce esondative è interessato, nella variante al PGT a cui tale studio si riferisce, da espansioni urbanistiche e quindi dalla creazione di nuovi centri di rischio che possano essere interessati dalle situazioni di pericolo che si possono delineare in seguito ad innalzamenti del livello del lago.

Appare pertanto logico che la situazione descritta debba essere regolata da altri strumenti di pianificazione, in particolare quelli destinati alla gestione delle situazioni di emergenza e di protezione civile.

14 CARTA PAI - PGRA

In accordo con la D.G.R. 19/06/2017 n. X/6738, è stata redatta la Tavola 6 – Carta PAI-PGRA, in cui sono riportate:

- Dissesti idraulici ed idrogeologici
 - Aree interessate da frane attive (Fa)
 - Aree interessate da frane quiescenti (Fq)
 - Aree interessate da frane attive non perimetrate
- Trasporto di massa su conoidi
 - Aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Ca)
 - Aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Cp)
 - Aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (Cn)
- Aree a rischio idrogeologico molto elevato
 - Area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso – Zona 1
 - Area potenzialmente interessate 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 – Zona 2
- Le aree allagabili P1/L, P2/M, P3/H (si rimanda a tal proposito al precedente paragrafo 13):
 - Ambito territoriale: Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)
 - Ambito territoriale: Aree Costiere Lacuali (ACL)

15 CARTA DI SINTESI

Nella Tavola 7 – Carta di Sintesi sono riportate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che le genera.

Tale carta è costituita da una serie di poligoni ognuno dei quali definisce una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di potenziale vulnerabilità idrogeologica. La sovrapposizione di più ambiti determina poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti.

Tale elaborato cartografico fornisce una visione d'insieme delle problematiche presenti nel territorio in oggetto, consentendo di evidenziare in un unico colpo d'occhio i rischi presenti.

La delimitazione dei poligoni viene fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni.

Nel territorio comunale è stata riscontrata la presenza di:

- Forme e processi gravitativi di versante:
 - Orla di scarpata di degradazione e/o di frane
 - Fessure e trincee
 - Avvallamenti legati a movimenti gravitativi profondi
 - Soliflusso e/o creep
 - Aree di frana
 - Conoidi
- Forme e processi per acque correnti superficiali:
 - Ruscellamento diffuso o solchi d'erosione concentrati
 - Impluvi
 - Inghiottitoi
- Sorgenti e loro derivazioni
- Forme carsiche (doline e zone subsidenti per carsismo)
- Forme lacustri
- Aree esondabili: sono le zone costiere lacustri del Lago d'Iseo e del reticolo secondario collinare e montano su cui insiste l'inviluppo delle previsioni del PAI e del PGRA
- Forme antropiche (gallerie, cave)
- Aree scadenti dal punto di vista geomeccanico.

16 FATTIBILITA' GEOLOGICA – PRESCRIZIONI

16.1 PREMESSA

La carta di fattibilità è stata redatta alla scala 1:2.000 sul territorio individuato nella carta di sintesi, ovvero su tutto il territorio comunale, avendo individuato alcune problematiche estese all'intero areale di Lovere.

La carta di fattibilità, compilata secondo quanto previsto dalla direttiva regionale approvata con D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio in attuazione dell'art. 57 comma 1, della L.R. 11 Marzo 2005 n. 12, approvati con D.G.R. 22 Dicembre 2005 n. 5/1566", ha attribuito un valore di fattibilità a ciascuna area individuata nella carta di sintesi, secondo i criteri stabiliti dalla suddetta D.G.R.

Le problematiche individuate sul territorio comunale sono talora presenti contemporaneamente: non essendoci interazione fra tali problematiche, all'interno di queste aree coesistono i due valori di fattibilità attribuiti.

Nel caso di coesistenza di più classi di fattibilità geologica, si applica la normativa riferibile a tutte le classificazioni.

16.2 VALORI DI FATTIBILITÀ'

L'attribuzione dei valori di fattibilità alle differenti aree omogenee individuate nella carta di sintesi, ha tenuto conto delle indicazioni riportate nella D.G.R. N° 9/2616/2011, in particolare è stata considerata la Tabella 1 del punto 3.2 come valore di fattibilità di "ingresso", modificandolo, dove ritenuto necessario, alla situazione del territorio comunale.

Di seguito si riporta uno schema indicante la classe di fattibilità attribuita a ciascuna area omogenea individuata nella carta di sintesi, differenziandole secondo le problematiche riscontrate:

Tabella 6: Classi di fattibilità

Arearie pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	
Aree soggette a crolli di massi	4a
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4a
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4a
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4a
Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprese di aree di distacco ed accumulo)	4a
Aree in erosione accelerata (ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4a
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	4a
Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4a
Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3a
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3a

Arearie vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	
Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree con emergenza della falda)	4b
Aree interessate da carsismo profondo (caratterizzate da inghiottitoi e doline)	4b
Arearie vulnerabili dal punto di vista idraulico	
Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4c
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3c
Aree soggette ad esondazioni lacuali	3c
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4c
Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3c
Arearie che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	
Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante	3d
Aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali	3d
Aree con riporti di materiale, aree colmate	3d

16.3 PRESCRIZIONI GENERALI

Per tutto il territorio comunale valgono le seguenti norme di carattere generale:

- **Per tutto il territorio comunale con qualsiasi fattibilità geologica** sono fatte salve le disposizioni di cui alle NTC 2018 e conseguenti alle disposizioni della DGR 5001/2016 concernente il deposito sismico dei progetti strutturali. Di conseguenza qualsiasi progetto che preveda la realizzazione delle strutture di cui alle NTC 2018 deve essere corredata da relazione geologica e geotecnica in cui venga data una precisa caratterizzazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica del sito a cui il progetto si riferisce. Le modalità di esecuzione delle indagini sismiche e geotecniche sono di competenza dei singoli progettisti, che nel valuteranno l'entità a seconda della tipologia di opera. Sono fatte salve comunque le prescrizioni specifiche delle successive sottoclassi di fattibilità.
- **Lo smaltimento dei reflui liquidi di qualsiasi natura** deve essere sempre conforme alle disposizioni del Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n° 156 e successive modifiche ed integrazione e dei regolamenti regionali n° 3 e n° 4 del 24 marzo 2006. In particolare, per scarichi idrici sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo la cui autorizzazione sia di competenza comunale, l'istanza di autorizzazione dovrà essere corredata da una relazione geologica firmata da un geologo abilitato, all'interno della quale venga valutata la permeabilità del terreno in cui avviene lo scarico e venga effettuato il dimensionamento dei manufatti per lo smaltimento dei reflui liquidi.
- **Gli scarichi nei corsi d'acqua costituenti il reticolto idrico minore di competenza comunale** devono ottenere il nulla-osta idraulico da parte della struttura delegata del

Comune stesso. L'ottenimento di tale nulla-osta è subordinato alla presentazione di una relazione idraulica firmata da un tecnico abilitato che dimostri la compatibilità della portata dello scarico idrico con la capacità idraulica del corso d'acqua. A tutti i corsi d'acqua del reticolo idrografico minore si applicano comunque le disposizioni contenute nel regolamento di polizia idraulica. Si ricorda che il vincolo impostato riguarda fasce di 10 metri dalle sponde del corpo d'acqua.

- Le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 3, 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa. Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle Norme tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.
- L'approfondimento e le modalità d'indagine dovranno essere commisurati all'importanza dell'opera da realizzare.
- L'indagine geologico-tecnica diventa parte integrante del progetto e gli elaborati grafici esecutivi dovranno riportare con dettaglio ogni eventuale opera di mitigazione del rischio (sia esso legato agli aspetti idrogeologici, geotecnici, oppure a fenomeni gravitativi ed alluvionali) in conformità alla indagine stessa.

16.4 PRESCRIZIONI SPECIFICHE PER LE CLASSI DI FATTIBILITÀ'

16.4.1 Classe di fattibilità 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni

La classe comprende quelle aree che non presentano limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto nelle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI, di cui alla normativa nazionale.

Si applicano le prescrizioni generali a seconda della casistica prevista dal progetto.

Sul territorio comunale di Lovere non sono presenti aree in classe di fattibilità 1.

16.4.2 Classe di fattibilità 2 – Fattibilità con modeste limitazioni

In tali zone qualsiasi intervento edilizio in conformità con la normativa urbanistica è in genere ammesso; la realizzazione di nuove costruzioni è subordinata alla presentazione di una relazione geologica in conformità con quanto dettato dal punto 6.2.1 delle N.T.C. 2018.

La relazione geologica dovrà avere anche contenuti geotecnici, con indicazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni derivanti da eventuali prove in situ (sondaggi o prove penetrometriche) stabilite dai tecnici progettisti di concerto con un geologo abilitato.

Le stesse prescrizioni si applicano per i piani urbanistici attuativi dello strumento urbanistico, anche in variante mediante gli strumenti concessi dalla legge.

Sono fatte salve per le realizzazioni nella classe di fattibilità 2 tutte le prescrizioni generali di cui al paragrafo "Prescrizione generali".

Sul territorio comunale di Lovere non sono presenti aree in classe di fattibilità 2.

16.4.3 Classe di fattibilità 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Gli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettera a) della L.R. 12/05 possibili nelle aree in Classe 3, sono ammessi senza integrazioni di tipo geologico.

- ***Prescrizioni specifiche per aree a rischio idrogeologico PS267/98***

Le aree di Trello e Cornasola sono comprese nel Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ai sensi della L267/98 ed indicate con il codice 027 LO BS.

Nella CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA riportata in allegato è recepita la perimetrazione adottata dalla Regione Lombardia ed inserita nella cartografia PAI al Titolo IV: gli ambiti assoggettati a tale perimetrazione ricondenti in classe di fattibilità 3 sono indicati come ZONA 2.

In tali aree il comune di Lovere non può rilasciare concessioni, autorizzazioni e nulla osta relativi ad attività di trasformazione d'uso del territorio che siano in contrasto con le prescrizioni di cui agli articoli 5 e 6 delle Norme di attuazione del PS 267.

Arearie ricadenti in ZONA 2

Per queste aree valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dalle Norme di Attuazione del PAI contenute nel Titolo IV e successivi aggiornamenti dell'art. 50 comma 3, riferite alle aree a rischio molto elevato in ambiente collinare e montano. **Per gli interventi ammessi inoltre si applicano le prescrizioni previste dalla sottoclassi 3 in cui le aree sono classificate.** Oltre agli interventi indicati per la Zona 1 (classificata in classe di fattibilità 4) in tali aree sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti dall'art. 27, comma 1, lettera d) della l.r.12/05;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-funzionale, ove necessario, per il 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.

Gli interventi saranno progettati e realizzati conformemente alle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI di cui al D.M. 20 FEBBRAIO 2018, in vigore dal 22 marzo 2018.

16.4.3.1 Sottoclasse 3a - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

In questa sottoclasse rientrano le aree a nord del territorio comunale, interessate da una buona acclività dei versanti e l'area di cava.

La realizzazione degli interventi ammissibili dalla pianificazione del territorio dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica e geomorfologica delle porzioni di versante che possono determinare condizioni di pericolosità per le aree interessate, la cui estensione dovrà essere valutata dal tecnico incaricato; nella relazione dovranno essere inoltre riportate analisi di stabilità (qualora siano ritenute necessarie e significative dal professionista) e proposti gli interventi di mitigazione del rischio. Tali interventi dovranno essere riportati negli elaborati di progetto, con forme e dimensioni in accordo con le indicazioni contenute nell'indagine geologico tecnica.

16.4.3.2 Sottoclasse 3b - Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

In questa sottoclasse rientrano le fasce di rispetto delle sorgenti presenti sul territorio comunale.

Si ritiene opportuno far precedere ad ogni intervento una fase d'indagine mirata alla verifica nel dettaglio delle condizioni idrogeologiche delle aree d'interesse; l'approfondimento, l'estensione e le modalità d'indagine dovranno essere commisurate all'importanza dell'opera da realizzare. Alla luce del quadro desunto dovranno essere valutate le interferenze con le opere in progetto. Nell'indagine dovranno essere riportati con adeguata accuratezza gli elementi idrogeologici e/o di scorrimento superficiale delle acque, con indicazione delle linee di deflusso prima e a seguito delle opere. In relazione alle problematiche individuate, nelle aree del centro urbanizzato si ritiene necessario evitare gli scarichi diretti nel sottosuolo.

Con tale sigla sono state identificate le **arie di rispetto delle sorgenti** per le quali valgono le limitazioni riportate nel DLGS 152/2006. L'attuazione degli interventi o delle attività elencate nel citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferrovie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una riperimetrazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico (come da D.G.R. n.6/15137 del 27 giugno 1996) o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

In particolare, nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni 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;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) 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;
- h) gestione di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- k) pozzi perdenti;
- l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti o le attività precedentemente citate (a-l), preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

Le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture o attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
- d) pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del precedente elenco.

In assenza dell'individuazione da parte delle regioni o delle province autonome della zona di rispetto ai sensi del comma 1, la medesima ha un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione.

16.4.3.3 Sottoclassificazione 3c - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Sono indicate con tale sigla le aree considerate a rischio per fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua superficiali (accompagnata o meno dal trasporto solido) e quelle interessate dalle possibili evoluzioni di tali fenomeni.

Allo scopo di verificare le reali condizioni di rischio è richiesto un approfondimento degli aspetti idraulici dei corsi d'acqua che insistono direttamente sulle aree oppure la cui evoluzione (dinamica morfologica) può essere causa di pericolo per le singole aree. Nella fase di analisi non dovranno essere trascurate le potenzialità del verificarsi di eventuali fenomeni di trasporto solido (nelle forme di debris flow e/o bed load).

Alla luce delle informazioni desunte dall'indagine di dettaglio potranno essere suggeriti gli accorgimenti ritenuti più opportuni per la mitigazione del rischio o la realizzazione di opere di bonifica. Gli interventi ipotizzati dovranno essere riportati in elaborati di progetto, con forme e dimensioni in accordo con le indicazioni contenute nell'indagine geologico tecnica.

Nelle aree a rischio esondazioni, ogni intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine mirata alla definizione del comportamento meccanico dei terreni al fine di determinare la capacità portante e gli eventuali cedimenti, considerando i terreni completamente saturi; dovrà inoltre essere valutata l'eventuale necessità di realizzare fondazioni profonde, anche in relazione all'azione erosiva esercitata dalle correnti del lago.

Sono fatte salve, per quanto riguarda le zone di conoide classificate Cp e Cn, i disposti dell'articolo 9 commi 8 e 9 delle NTA del PAI, riportate nel seguito della presente relazione.

16.4.3.4 Sottoclasse 3d - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Sono rappresentate in questa sottoclasse quelle aree in cui si ritiene siano presenti (in superficie o nel primo sottosuolo) terreni a comportamento meccanico mediocre o scadente.

Ogni intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine mirata alla definizione del comportamento meccanico dei terreni, siano essi interessati dai carichi trasmessi dalle fondazioni che dalla realizzazione di operazioni di scavo con fronti di altezza rilevante. Nel primo caso l'analisi dovrà essere mirata alla definizione della capacità portante ed alla stima degli eventuali cedimenti in seguito all'applicazione dei carichi, nonché alla valutazione della necessità di realizzare fondazioni profonde; nel secondo caso l'indagine dovrà essere comprensiva di opportune analisi di stabilità a lungo e breve termine (dopo e durante le fasi di scavo). Le opere dovranno essere verificate in accordo con le condizioni desunte dall'indagine stessa.

Rientrano in questa sottoclasse anche le aree dove sono presenti **gessi e/o anidriti**. Ogni intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine mirata all'identificazione dell'effettiva presenza del gesso ed alla definizione di opere di fondazione adeguate, tali da non risentire di eventuali cedimenti differenziali. Inoltre le metodologie d'intervento dovranno prevedere l'utilizzo di elementi di fondazione resistenti agli acidi. Per gli edifici e le opere esistenti si ritengono opportuni interventi di monitoraggio ed approfondimento di studi, allo scopo di studiare nel dettaglio il fenomeno e sviluppare idonee metodologie d'intervento.

16.4.4 Classe di fattibilità 4 – Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettera a), b), c) della L.R.12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa sismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità dell'intervento con la situazione di grave rischio idrogeologico.

16.4.4.1 Sottoclassificazione 4a - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

La realizzazione degli interventi dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica e geomorfologica delle porzioni di versante che possono determinare condizioni di pericolosità per le aree interessate, la cui estensione dovrà essere valutata dal tecnico incaricato; nella relazione dovranno essere inoltre riportate eventuali analisi di stabilità (qualora siano ritenute necessarie e significative dal professionista) e proposti gli interventi di mitigazione del rischio. Tali interventi dovranno essere riportati negli elaborati di progetto, con forme e dimensioni in accordo con le indicazioni contenute nell'indagine geologico tecnica.

- Prescrizioni specifiche per aree a rischio idrogeologico PS267/98**

Le aree di Trello e Cornasola sono comprese nel Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ai sensi della L267/98 ed indicate con il codice 027 LO BS.

Nella CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA riportata in allegato è recepita la perimetrazione adottata dalla Regione Lombardia ed inserita nella cartografia PAI al Titolo IV: gli ambiti assoggettati a tale perimetrazione classificati in classe di fattibilità 4 sono indicati come ZONA 1.

In tali aree il comune di Lovre non può rilasciare concessioni, autorizzazioni e nulla osta relativi ad attività di trasformazione d'uso del territorio che siano in contrasto con le prescrizioni di cui agli articoli 5 e 6 delle Norme di attuazione del PS 267.

Aree ricadenti in ZONA 1

Per queste aree valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dal Titolo IV delle Norme d'attuazione del P.A.I e successivi aggiornamenti dell'Art. 50, riferite alle aree a rischio molto elevato in ambiente collinare e montano, nelle quali sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti dall'art. 27, comma 1, lettera a), b), c) della l.r.12/05, senza aumenti di superficie e volume, salvo gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge;
- le azioni volte a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti 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 di 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 dello stato di dissesto in essere.

Per gli edifici ricadenti nella 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.

Gli interventi dovranno essere progettati e realizzati conformemente alle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI di cui al D.M. 20 FEBBRAIO 2018, in vigore dal 22 marzo 2018.

Art. 50. Aree a rischio molto elevato in ambiente collinare e montano

1. 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, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b), c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume, salvo gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge;

- le azioni volte a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti 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 di 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 dello stato di dissesto in essere.
2. Per gli edifici ricadenti nella 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.
 3. Nella porzione contrassegnata come ZONA 2 delle aree di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano 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, n. 457;
 - gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-funzionale, ove necessario, per il 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.

Art. 52. Misure di tutela per i complessi ricettivi all'aperto

1. Ai fini del raggiungimento di condizioni di sicurezza per i complessi ricettivi turistici all'aperto esistenti, nonché per le costruzioni temporanee o precarie ad uso di abitazione nelle aree a rischio idrogeologico molto elevato, i Comuni sono tenuti a procedere a una verifica della compatibilità rispetto alle condizioni di pericolosità presenti. A seguito di tale verifica l'Amministrazione comunale è tenuta ad adottare ogni provvedimento di competenza atto a garantire la pubblica incolumità.

Art. 53. Misure di tutela per le infrastrutture viarie soggette a rischio idrogeologico molto elevato

1. Gli Enti proprietari delle opere viarie nei tratti in corrispondenza delle situazioni a rischio molto elevato, di cui un primo elenco è riportato nell'Allegato 4 alla Relazione generale del PS 267,

procedono, entro 12 mesi dalla data di approvazione del presente Piano, tramite gli approfondimenti conoscitivi e progettuali necessari, alla definizione degli interventi a carattere strutturale e non strutturale atti alla mitigazione del rischio presente.

2. Per tutto il periodo che intercorre fino alla realizzazione degli interventi di cui al precedente comma, gli stessi Enti pongono in atto ogni opportuno provvedimento atto a garantire l'esercizio provvisorio dell'infrastruttura in condizioni di rischio compatibile, con particolare riferimento alla tutela della pubblica incolumità. In particolare, definiscono: - le condizioni di vigilanza, attenzione, allertamento ed emergenza correlate alla tipologia degli eventi idrologici e idrogeologici che possono comportare condizioni di rischio sull'infrastruttura;
 - le eventuali attrezzature di misura necessarie per l'identificazione delle condizioni di cui al comma precedente e la conseguente attuazione delle misure di emergenza;
 - le operazioni periodiche di sorveglianza e ispezione da compiere per garantire la sicurezza del funzionamento dell'infrastruttura;
 - le segnalazioni al pubblico delle condizioni di rischio presenti, eventualmente opportune per la riduzione dell'esposizione al rischio.
3. Tale elenco può essere integrato ed aggiornato, su proposta delle Regioni territorialmente competenti o dagli Enti interessati, con deliberazione del Comitato Istituzionale

Art. 54. Norma finale

1. Le norme di cui al presente Titolo resteranno in vigore fino all'adeguamento dello strumento urbanistico ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, anche con riferimento alla realizzazione delle azioni di mitigazione del rischio.

- ***Normativa di riferimento per le aree in dissesto***

Nelle aree in dissesto valgono le limitazioni e disposizioni contenute nelle Norme di Attuazione del PAI, delle quali si riporta di seguito un estratto.

Art. 9. Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico

1. Le aree interessate da fenomeni di dissesto per la parte collinare e montana del bacino sono classificate come segue, in relazione alla specifica tipologia dei fenomeni idrogeologici, così come definiti nell'Elaborato 2 del Piano:

- frane:

Fa, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata),

Fq, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata).

- esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:

Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,

Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata.

- trasporto di massa sui conoidi:

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),

2. 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 alla lettera a) dell'art. 27 della L.R. 12/05;
- 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 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 o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro 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 sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

3. Nelle **aree Fa**, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 27 della L.R. 12/05, senza aumenti di superficie e volume;
- 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 validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata 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 a 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. 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 e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 27 della L.R. 12/05;
- 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 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;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché 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 e 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 e relativi impianti, 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'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue; • l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso 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 a 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.

6bis. Nelle **arie 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 anche conto delle indicazioni dei programmi di 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 validato dall'Autorità competente.

7. 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 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. 27 della L.R. 12/05;
- 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 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;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché 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 e 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 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'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

8. Nelle aree Cp, oltre agli interventi di cui al precedente comma 7, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 27 della L.R. 12/05, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

9. Nelle aree Cn 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 in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

12. Tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti commi, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

16.4.4.2 Sottoclasse 4b - Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Nelle aree indicate in questa sottoclasse sono state riscontrate condizioni tali da ipotizzare un assetto idrogeologico - stratigrafico che può incidere sulla destinazione d'uso e sulle modalità realizzative delle opere in progetto.

Si ritiene opportuno far precedere ad ogni intervento una fase d'indagine mirata alla verifica nel dettaglio delle condizioni idrogeologiche delle aree d'interesse; l'approfondimento, l'estensione e le modalità d'indagine dovranno essere commisurate all'importanza dell'opera da realizzare. Alla luce del quadro desunto dovranno essere valutate le interferenze con le opere in progetto. Nell'indagine dovranno essere riportati con adeguata accuratezza gli elementi idrogeologici e/o di scorrimento superficiale delle acque, con indicazione delle linee di deflusso prima e a seguito delle opere. In relazione alle problematiche individuate, nelle aree del centro urbanizzato si ritiene necessario evitare gli scarichi diretti nel sottosuolo.

16.4.4.3 Sottoclasse 4c - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Sono indicate con tale sigla le aree considerate a rischio per fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua superficiali (accompagnata o meno dal trasporto solido) e quelle interessate dalle possibili evoluzioni di tali fenomeni.

Allo scopo di verificare le reali condizioni di rischio è richiesto un approfondimento degli aspetti idraulici dei corsi d'acqua che insistono direttamente sulle aree oppure la cui evoluzione (dinamica morfologica) può essere causa di pericolo per le singole aree. Nella fase di analisi non dovranno essere trascurate le potenzialità del verificarsi di eventuali fenomeni di trasporto solido (nelle forme di debris flow e/o bed load).

Alla luce delle informazioni desunte dall'indagine di dettaglio potranno essere suggeriti gli accorgimenti ritenuti più opportuni per la mitigazione del rischio o la realizzazione di opere di bonifica. Gli interventi ipotizzati dovranno essere riportati in elaborati di progetto, con forme e dimensioni in accordo con le indicazioni contenute nell'indagine geologico tecnica.

Nelle aree a rischio esondazioni, ogni intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine mirata alla definizione del comportamento meccanico dei terreni al fine di determinare la capacità portante e gli eventuali cedimenti, considerando i terreni completamente saturi; dovrà inoltre essere valutata l'eventuale necessità di realizzare fondazioni profonde, anche in relazione all'azione erosiva esercitata dalle correnti del lago.

In questa sottoclassificazione sono comprese anche le **fasce di rispetto del reticolo idrografico principale e minore**: sono state inserite le aree situate all'interno delle fasce di rispetto di ampiezza pari a 10 metri da entrambe le sponde dei corsi d'acqua del reticolo principale e minore, identificate peraltro nello studio di dettaglio già redatto e a disposizione dell'Amministrazione Comunale.

Tali aree sono inserite in classe di fattibilità 4 a causa della presenza del vincolo previsto dall'articolo 96 del Testo Unico sulle Opere Idrauliche – Regio Decreto 25 luglio 1904 n° 523. Si riporta il testo completo dell'articolo 96, evidenziando il vincolo di inedificabilità di cui al comma f:

Sono lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti:

- a) *La formazione di pescaie, chiuse, petraie ed altre opere per l'esercizio della pesca, con le quali si alterasse il corso naturale delle acque. Sono eccettuate da questa disposizione le consuetudini per l'esercizio di legittime ed innocue concessioni della pesca, quando in esse si osservino le cautele od imposte negli atti delle dette concessioni, o già prescritte dall'autorità competente, o che questa potesse trovare conveniente di prescrivere;*
- b) *Le piantagioni che s'inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringerne la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque;*
- c) *Lo sradicamento o l'abbruciamento dei ceppi degli alberi che sostengono le rive dei fiumi e dei torrenti per una distanza orizzontale non minore di nove metri dalla linea a cui arrivano le acque ordinarie. Per i rivi, canali e scolatori pubblici la stessa proibizione è limitata ai piantamenti aderenti alle sponde;*
- d) *La piantagione sulle alluvioni delle sponde dei fiumi e torrenti e loro isole a distanza dalla opposta sponda minore di quella nelle rispettive località stabilita, o determinata dal prefetto, sentite le amministrazioni dei comuni interessati e l'ufficio del genio civile;*
- e) *Le piantagioni di qualunque sorta di alberi ed arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini, loro banche e sotto banche lungo i fiumi, torrenti e canali navigabili;*
- f) *Le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi;*
- g) *Qualunque opera o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso, a cui sono destinati gli argini e loro accessori come sopra, e manufatti attinenti;*

- h) Le variazioni ed alterazioni ai ripari di difesa delle sponde dei fiumi, torrenti, rivi, canali e scolatori pubblici tanto arginati come non arginati, e ad ogni altra sorta di manufatti attinenti;
- i) Il pascolo e la permanenza dei bestiami sui ripari, sugli argini e loro dipendenze, nonché sulle sponde, scarpe e banchine dei pubblici canali e loro accessori;
- j) L'apertura di cavi, fontanili e simili a distanza dai fiumi, torrenti e canali pubblici minore di quella voluta dai regolamenti e consuetudini locali, o di quella che dall'autorità amministrativa provinciale sia riconosciuta necessaria per evitare il pericolo di diversioni e indebite sottrazioni di acque;
- k) Qualunque opera nell'alveo o contro le sponde dei fiumi o canali navigabili, o sulle vie alzaie, che possa nuocere alla libertà ed alla sicurezza della navigazione ed all'esercizio dei porti natanti e ponti di barche;
- l) I lavori od atti non autorizzati con cui si venissero a ritardare od impedire le operazioni del trasporto dei legnami a galla ai legittimi concessionari.
- m) Lo stabilimento di molini natanti.

I progetti delle opere di sistemazione idraulica e idraulico-forestale dei corsi d'acqua dovranno essere corredati da relazione geotecnica e idraulica, supportata da adeguate indagini in situ, necessarie per una caratterizzazione geotecnica o geomeccanica del sito, che attesti la compatibilità delle opere con il regime idraulico del corso d'acqua nonché l'idoneità dei terreni di fondazione a supportare le opere senza innescare meccanismi di cedimento con conseguente instabilità.

È fatta salva comunque, all'interno delle fasce di rispetto del reticolo idrografico minore, l'applicazione del regolamento di polizia idraulica approvato dal Comune di Lovere unitamente all'individuazione del reticolo idrografico minore, nonché il parere dello S.T.E.R. competente per gli interventi ammessi all'interno delle fasce di rispetto del reticolo idrografico principale.

In questa sottoclasse sono presenti anche le **aree costiere lacuali** (ACL) a cui si applicano le seguenti prescrizioni:

- gli eventuali interventi edilizi dovranno essere subordinati dalla realizzazione di uno studio di compatibilità idraulica, che l'Amministrazione comunale è tenuta ad acquisire in sede di rilascio del titolo edilizio, finalizzato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al livello di esposizione locale con specifico riferimento ai valori di quota della piena indicati dal PGRA per diversi laghi e per i diversi scenari, così come riportati in Allegato 4 della DELIBERAZIONE N° X/6738 del 19/06/2017. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza);

- garantire l'applicazione di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare e non peggiorare la capacità ricettiva del sistema idrogeologico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio;
- vietare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione e idonei accorgimenti edili;
- nei piani interrati o seminterrati, dotati di sistemi di autoprotezione e idonei accorgimenti edili dimensionati sulla base degli esiti dello studio compatibilità idraulica, vietare un uso che preveda la presenza continuativa di persone;
- progettare e realizzare le trasformazioni consentite in modalità compatibili, senza danni significativi, con la sommersione periodica per più giorni consecutivi, e tenendo conto delle oscillazioni piezometriche tipiche di un territorio pericolacuale;
- progettare gli interventi in modo da favorire il deflusso/infiltrazione delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

16.5 PRESCRIZIONI SPECIFICHE IN FUNZIONE DELL'ANALISI SISMICA

Per tutti gli interventi edili posti all'interno dell'area presa in considerazione nell'analisi sismica di secondo livello del presente studio, a partire dalle indicazioni contenute nella carta di pericolosità sismica locale sarà necessario valutare nel dettaglio, in sede di relazione geologico-tecnica associata al progetto di ogni singolo intervento, l'effettiva presenza o meno di situazioni passibili di effetti di instabilità.

Per gli interventi relativi a tipologie edilizie con periodo proprio compreso fra 0,1 e 0,5 secondi (cioè basse, regolari e piuttosto rigide, indicativamente inferiori a 5 piani) ricadenti entro settori soggetti ad amplificazione per effetti topografici o litologici (Z3, Z4), o nel caso di interventi relativi a tipologie edilizie con periodo proprio compreso fra 0,5 e 1,5 secondi ricadenti entro scenari soggetti ad amplificazione per effetti litologici (Z4), in fase progettuale è quindi necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

In relazione alle problematiche di carattere geologico riscontrate in Comune di Lovere (aree carsiche con possibili crolli di cavità nel sottosuolo indotte da fenomeni sismici; fenomeni di espandimento laterale nella Formazione del Ceppo) si ritiene opportuno sottolineare la necessità di approfondimenti di carattere geologico e sismico (III° Livello) per la realizzazione di edifici di importanza strategica e/o comunque di altezze significative.

Per gli interventi posti all'esterno dell'area di applicazione dell'analisi sismica di secondo livello del presente studio, a partire dalle indicazioni contenute nella carta di pericolosità sismica locale alla scala 1:5.000 sarà necessario valutare nel dettaglio, in sede di relazione geologico-tecnica associata al progetto di ogni singolo intervento, l'effettiva presenza o meno di situazioni possibili di amplificazione sismica ovvero la presenza di cigli di scarpate (Z3a), creste (Z3b) o di depositi superficiali con spessore superiore a 5 m (Z4a). Sarà inoltre necessario valutare l'effettiva incidenza di tali fenomeni con le analisi specifiche definite di "secondo livello" nella d.g.r. 22 dicembre 2005 n° 8/1566 o con le analisi definite di "terzo livello" dalla medesima normativa.

Sempre a partire dalle indicazioni contenute nella carta di pericolosità sismica locale alla scala 1:5.000, sarà inoltre necessario verificare nel dettaglio, in sede di relazione geologico-tecnica associata al progetto di ogni singolo intervento, la presenza o meno di effetti di instabilità ovvero di fenomeni di instabilità di versante (Z1), la presenza di terreni particolarmente scadenti o possibili di liquefazione (Z2), e la presenza di contatti fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5). Qualora venisse appurata la presenza di tali situazioni, sarà inoltre necessario valutarne l'effettiva incidenza con le analisi specifiche definite di "terzo livello" secondo la d.g.r. 22 dicembre 2005 n° 8/1566.

17 ALLEGATI

CARTOGRAFIA

- TAV. 1 – CARTA GEOLOGICA
- TAV. 2 – CARTA GEOMORFOLOGICA
- TAV. 3 – CARTA IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA
- TAV. 4 – CARTA PSL (1° LIVELLO)
- TAV. 5 – CARTA DEI VINCOLI
- TAV. 6 – CARTA PAI-PGRA
- TAV. 7 – CARTA DI SINTESI
- TAV. 8 – CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

ALLEGATI

- ALL. 1 – CONFRONTO UNITÀ GEOLOGICHE 10K-50K
- ALL. 2 – DOSSIER INDAGINI

18 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Studio geologico redatto dallo Studio Geo.Te.C. - Geologia Tecnica Camuna dal dott. geologo Zaina e dal dott. geologo Bosio nell'aprile 2001;
- Studi connessi con i dissesti nelle aree di Trello e Cornasola redatti dallo Studio Geo.Te.C. - Geologia Tecnica Camuna del dott. geologo Zaina nell'aprile-maggio 2007;
- Aggiornamento della componente geologica e sismica per la pianificazione urbanistica redatto dallo Studio Geo.Te.C. - Geologia Tecnica Camuna del dott. geologo Zaina e dal dott. geologo Bosio nel febbraio 2009;
- Studi puntuali effettuati sul territorio comunale in genere realizzati a supporto dell'edificazione di opere edili.
- AA.VV., Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000
- Foglio 34 - "Breno" della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000 e relative note illustrate;
- Foglio 78 "Breno" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 e relative note illustrate (progetto CARG);
- Normativa tecnica del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico
- Documentazione di carattere geologico e geomorfologico reperibile sul Geoportale della Regione Lombardia.
- www.arpalombardia.it