



COMUNE DI LAVENO MOMBELLO

Provincia di VARESE

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
(Art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12)

Relazione geologica illustrativa e norme geologiche di piano

Dott. Geol. Marco Parmigiani

*Studi, consulenze e progetti nel settore della idrogeologia
e geologia ambientale*

Via R. Sanzio, 3 - Tradate (VA) Tel/ Fax 0331 - 810710
e_mail: parmig04@marcoparmigiani.191.it

C.F. PRM MRC 62H07 L319V - P. IVA n.02217070123

Dicembre 2009

**Aggiornamento
Settembre 2011**



COMUNE DI LAVENO MOMBELLO

Provincia di VARESE

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
(Art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12)**

**RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA
E NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

Sommario

1.	PREMESSA ED OBIETTIVI	1
	<i>FASE DI ANALISI</i>	2
2.	INQUADRAMENTO METEO – CLIMATICO	3
2.1	CARATTERI GENERALI	3
2.2	IL MESOCLIMA ALPINO E PREALPINO	4
3.	GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA	7
3.1	GEOMORFOLOGIA	7
3.2	GEOLOGIA DI SUPERFICIE.....	8
3.2.1	UNITÀ GEOLOGICHE DEL QUATERNARIO.....	8
3.2.2	UNITÀ GEOLOGICHE DEL SUBSTRATO PREQUATERNARIO.....	9
3.3	OSSERVAZIONI LITOSTRATIGRAFICHE DI DETTAGLIO	11
4.	IDROGEOLOGIA	14
4.1	CARATTERI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO	14
4.2	CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI SOTTOSUOLO	15
4.3	PIEZOMETRIA DELLA FALDA IDRICA SUPERIORE.....	16
4.4	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO	17
4.5	INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DI RISPETTO DELLE OPERE DI CAPTAZIONE.....	18
4.6	AREE DI INTERESSE ACQUEDOTTISTICO	19

5	VERIFICA DELLA DISPONIBILITÀ IDRICA	20
5.1	PREMESSA	20
5.2	IDENTIFICAZIONE DEL FABBISOGNO IDRICO E BILANCIO ACQUEDOTTISTICO	21
5.2.1	STATO ATTUALE	22
5.2.2	PROIEZIONE IN PREVISIONE DEL COMPIMENTO DELLE AZIONI DI PIANO ..	24
5.3	INDAGINE IMPIANTISTICA	27
5.3.1	SCHEMA DELLA RETE E CARATTERISTICHE DELLE OPERE.....	27
5.3.2	REGIME DEI PRELIEVI.....	31
5.3.3	DISPONIBILITÀ IDRICA EXTRACOMUNALE.....	33
5.3.4	STIMA DELLE PERDITE DELLA RETE DI ADDUZIONE E DI DISTRIBUZIONE ..	33
5.3.5	PUNTI CRITICI DELLA RETE ACQUEDOTTISTICA	34
5.4	ANALISI IDROGEOLOGICA.....	34
5.4.1	ASSETTO IDROGEOLOGICO	35
5.4.2	BILANCIO IDROGEOLOGICO	36
5.5	CONSIDERAZIONI FINALI E PROPOSTE	40
5.5.1	VALUTAZIONI RISPETTO ALLA DOTAZIONE IDRICA ATTUALE.....	40
5.5.2	INTERVENTI IN ATTO O PREVISTI PER LA RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ RISCONTRATE.....	41
5.5.3	MISURE DA ADOTTARE PER IL RISPARMIO IDRICO	42
6.	IDROGRAFIA	43
6.1	TIPOLOGIA DEI CORSI D'ACQUA.....	43
6.2	INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO	46
6.3	INDIVIDUAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO	49
7.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TECNICO.....	51
7.1	PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	51
7.2	SINTESI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	55
8.	IL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON	75
8.1	LA MAPPATURA DEL TERRITORIO LOMBARDO	75
8.2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	76
8.3	RISULTATI PRELIMINARI DELLO STUDIO ARPA	76
8.4	ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI PER LE NUOVE EDIFICAZIONI	77
9.	QUADRO DEI DISSESTI PRESENTI NEL TERRITORIO COMUNALE.....	79
9.1	FORME E PROCESSI LEGATI ALL'EVOLUZIONE MORFOLOGICA DEI TORRENTI	80
9.1.1	AREE DI CONOIDE.....	81
9.2	FORME E PROCESSI LEGATI ALL'EVOLUZIONE MORFOLOGICA DI VERSANTE	83
9.3	PROBLEMATICHE CONNESSE AL REGIME IDRAULICO	85
9.3.1	RISULTATI DEGLI STUDI IDRAULICI DELLA COMUNITÀ MONTANA.....	87

9.4	EVENTI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO CENSITI DALLA C.M. DELLA VALCUVIA	91
10.	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA.....	94
10.1	INDIVIDUAZIONE AREE PERICOLOSITÀ PER FRANA	94
10.2	METODOLOGIA DI ANALISI DELLA STABILITÀ DEI VERSANTI	96
10.2.1	ANALISI DI STABILITÀ DI PENDII IN TERRENI SCIOLTI	96
10.2.2	ANALISI DI ROTOLAMENTO MEDIANTE SIMULAZIONI DI CADUTA.....	98
10.2.3	STIMA DELLA SUPERFICIE DI ESPANSIONE DEI DEBRIS FLOW	100
10.3	ATTESTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DELLE AREE POTENZIALMENTE FRANOSE	100
10.3.1	APPROFONDIMENTO PER LE AREE URBANIZZATE DI MONTEGGIA, MONTECRISTO E BRENA.....	102
10.4	ATTESTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DELLE AREE POTENZIALMENTE ORIGINE DI CROLLI E/O RIBALTAMENTI.....	108
10.5	ATTESTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEI DISSESTI GIÀ CENSITI.....	108
10.6	ATTESTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GENERATA DA DEBRIS FLOW	109
10.7	ATTESTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GENERATA DA CONOIDI.....	110
11.	ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO	112
11.1	ASPETTI NORMATIVI E METODOLOGICI.....	112
11.2	SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E POSSIBILI EFFETTI INDOTTI	114
	<i>FASE DI SINTESI – VALUTAZIONE – PROPOSTA</i>	<i>119</i>
12.	ADEGUAMENTO AL PIANO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.).....	120
12.1	AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO	120
12.2	QUADRO DEI DISSESTI CON LEGENDA PAI	121
12.2.1	AMBITO DELLE CONOIDI	121
12.2.2	AMBITO DELLE FRANE	121
12.2.3	AMBITO DEI TORRENTI	122
13.	QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI VIGENTI SUL TERRITORIO.....	124
13.1	VINCOLI DERIVANTI DALLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE.....	124
13.2	VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA.....	127
13.3	VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO (L. 183/89).....	128
13.4	ALTRI VINCOLI.....	128
14.	SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE.....	129
14.1	AMBITO MONTANO.....	129
14.2	AMBITO COLLINARE	130
14.3	AMBITO DI FONDOVALLE.....	132
14.4	ALTRI ELEMENTI.....	133
15.	CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO	135
15.1	CONSIDERAZIONI GENERALI E METODOLOGICHE	135
15.2	AZZONAMENTO DEL TERRITORIO IN CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E RELATIVE NORME..	137

15.3	NORME ANTISISMICHE	154
15.3.1	NORME DI CARATTERE GENERALE	154
15.3.2	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA LOCALE.....	155
15.3.3	NORME RELATIVE AGLI AMBITI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE	156
15.3.4	SPECIFICHE PER L'ESECUZIONE DELL'ANALISI SISMICA DI LIVELLO 3	157
15.4	NORME GENERALI PER L'ACCERTAMENTO DELLA SALUBRITÀ DEI TERRENI NELL'AMBITO DELLA RICONVERSIONE DI ATTIVITÀ INDUSTRIALI DISMESSE	159
16.	CONCLUSIONI	160
	BIBLIOGRAFIA.....	161

Allegati

- All. 1:** Schema dei rapporti stratigrafici tra le unità geologiche del territorio di Laveno Mombello
- All. 2** Elenco pozzi e sorgenti del Comune di Laveno Mombello
- All. 3** Schede per il censimento dei pozzi pubblici
- All. 4** Schede per il censimento delle sorgenti pubbliche
- All. 5** Stima fabbisogni idrici e bilancio acquedottistico del Comune di Laveno Mombello secondo i criteri del Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A. appendice F)
- All. 6** Schema logico del sistema acquedottistico del Comune di Laveno Mombello, dati delle pompe, regime dei prelievi e volumi fatturati (dati forniti dal comune)
- All. 7** Analisi di stabilità del pendio
- All. 8** Schede per il censimento delle frane
- All. 9** Schede per il censimento delle conoidi
- All. 10** Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (PAI) – All. 4.1 – Area a rischio idrogeologico molto elevato n. 114-LO-VA
- All. 11** Schede per il censimento delle esondazioni storiche
- All. 12** Schede dei corsi d'acqua
- All. 13** Altre frane e dissesti censiti dalla Comunità Montana
- All. 14** Ubicazione, grafici e interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche eseguite in Loc. Monteggia
- All. 15** Restituzione del rilievo topografico di dettaglio eseguito in Loc. Monteggia

Tavole

- Tav. 1** Inquadramento geologico e geomorfologico – scala 1:10.000
- Tav. 2** Inquadramento Idrogeologico e traccia delle sezioni – scala 1:10.000
- Tav. 3** Sezioni idrogeologiche – scala 1:10.000
- Tav. 4** Caratterizzazione geologico – tecnica – scala 1:5.000
- Tav. 5** Quadro dei dissesti e della dinamica morfologica – scala 1:5.000
- Tav. 6** Approfondimento per l'attestazione della pericolosità per frana e attribuzione delle classi di pericolosità – scala 1:5.000
- Tav. 7** Individuazione del reticolo idrografico principale e minore – scala 1:5.000
- Tav. 8** Individuazione delle aree potenzialmente soggette a fenomeni di amplificazione sismica topografica – scala 1:10.000
- Tav. 9** Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5.000
- Tav. 10** Quadro dei dissesti con legenda P.A.I. – scala 1:10.000
- Tav. 11** Sintesi delle conoscenze acquisite – scala 1:5.000
- Tav. 12** Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tav. 13a** Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5.000
- Tav. 13b** Legenda descrittiva della carta di fattibilità geologica
- Tav. 14** Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:10.000

1. PREMESSA ED OBIETTIVI

Il presente lavoro costituisce lo studio geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale secondo quanto previsto dai criteri attuativi delle L.R. 12/05 per il Piano di Governo del Territorio (D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005, aggiornata dalla D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008).

L'organizzazione dello studio, dei rilevamenti diretti sul territorio e delle successive elaborazioni è stata impostata per soddisfare la specifica finalità, analizzando e classificando con adeguato dettaglio l'intero territorio comunale sulla base delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche, con particolare riferimento alle aree di maggior interesse urbanistico ed a quelle ritenute più sensibili all'impatto con lo sviluppo antropico futuro. Lo studio comprende inoltre alcuni specifici approfondimenti tematici che vengono espressamente richiesti dal P.T.C.P. della Provincia di Varese .

La metodologia proposta, secondo quanto previsto dai criteri regionali, si è pertanto fondata sulle seguenti fasi di lavoro:

- fase di analisi, a sua volta suddivisa in fase di ricerca dati e documentazione disponibile, compilazione della cartografia tematica di base e relativi approfondimenti ed integrazioni;
- fase di sintesi, valutazione e proposta, con individuazione delle limitazioni d'uso del territorio e zonazione dello stesso in funzione della pericolosità geologica – tecnica e della vulnerabilità idrogeologica.

L'esito finale dello studio si è concretizzato nella redazione della “carta di fattibilità geologica alle azioni di piano” da utilizzarsi congiuntamente alle “norme geologiche di piano” che riportano le specifiche normative d'uso.

Questi elaborati sintetizzano le principali problematiche di carattere geologico – tecnico ed idrogeologico del territorio, indicando le caratteristiche di ogni area omogenea ed i necessari interventi di salvaguardia da attuare, anche in relazione alla vincolistica ambientale vigente.

I rilevamenti effettuati per il presente lavoro sono stati eseguiti su base fotogrammetrica in scala 1:2.000; le tavole tecniche sono restituite, a seconda degli specifici tematismi esaminati, anche alle scale 1:10.000 e 1:5.000.

Si precisa che alcuni elaborati del presente studio sono aggiornati alla data Settembre 2011 e sostituiscono pertanto i precedenti rispettivi elaborati con data Dicembre 2009.

FASE DI ANALISI

Allegati

- All. 1:** Schema dei rapporti stratigrafici tra le unità geologiche del territorio di Laveno Mombello
- All. 2** Elenco pozzi e sorgenti del Comune di Laveno Mombello
- All. 3** Schede per il censimento dei pozzi pubblici
- All. 4** Schede per il censimento delle sorgenti pubbliche
- All. 5** Stima fabbisogni idrici e bilancio acquedottistico del Comune di Laveno Mombello secondo i criteri del Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A. appendice F)
- All. 6** Schema logico del sistema acquedottistico del Comune di Laveno Mombello, dati delle pompe, regime dei prelievi e volumi fatturati (dati forniti dal comune)
- All. 7** Analisi di stabilità del pendio
- All. 8** Schede per il censimento delle frane
- All. 9** Schede per il censimento delle conoidi
- All. 10** Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (PAI) – All. 4.1 – Area a rischio idrogeologico molto elevato n. 114-LO-VA
- All. 11** Schede per il censimento delle esondazioni storiche
- All. 12** Schede dei corsi d'acqua
- All. 13** Altre frane e dissesti censiti dalla Comunità Montana
- All. 14** Ubicazione, grafici e interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche eseguite in Loc. Monteggia
- All. 15** Restituzione del rilievo topografico di dettaglio eseguito in Loc. Monteggia

Tavole

- Tav. 1** Inquadramento geologico e geomorfologico – scala 1:10.000
- Tav. 2** Inquadramento Idrogeologico e traccia delle sezioni – scala 1:10.000
- Tav. 3** Sezioni idrogeologiche – scala 1:10.000
- Tav. 4** Caratterizzazione geologico – tecnica – scala 1:5.000
- Tav. 5** Quadro dei dissesti e della dinamica morfologica – scala 1:5.000
- Tav. 6** Approfondimento per l'attestazione della pericolosità per frana e attribuzione delle classi di pericolosità – scala 1:5.000
- Tav. 7** Individuazione del reticolo idrografico principale e minore – scala 1:5.000
- Tav. 8** Individuazione delle aree potenzialmente soggette a fenomeni di amplificazione sismica topografica – scala 1:10.000
- Tav. 9** Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5.000

2. INQUADRAMENTO METEO – CLIMATICO

2.1 Caratteri generali

Se consideriamo l'aspetto fisico della regione Lombardia e l'ambito geografico in cui è inserita notiamo una serie di elementi fondamentali ai fini della caratterizzazione climatica del territorio, quali la vicinanza del Mediterraneo, la vicinanza dell'area atlantica e della massa continentale europea e la presenza dell'Arco Alpino e dell'Appennino Settentrionale, barriere in grado di creare notevoli discontinuità nelle masse d'aria.

L'Arco Alpino, che delimita a Nord la Pianura Padana, costituisce una barriera difficilmente valicabile per le perturbazioni Atlantiche, che nel loro moto da Ovest verso Est interessano l'area Europea. Ciò conferisce caratteri di elevata stabilità alle masse d'aria della pianura, il che risulta particolarmente evidente nel periodo invernale ed in quello estivo.

In inverno in particolare si riscontra un'elevata frequenza di nebbie e di gelate associate a fenomeni di inversione termica nei bassi strati, condizioni queste peraltro favorevoli all'accumulo di inquinanti negli strati atmosferici più vicini al suolo.

In estate il tempo è caratterizzato dalla distribuzione relativamente uniforme della pressione (campi a debole gradiente o campi livellati). In tale stagione assistiamo ad elevati accumuli di energia nei bassi strati in forma di vapore per effetto dell'intenso soleggiamento.

Tali accumuli, favoriti dalla presenza di una fitta rete idrica superficiale e di vaste aree a colture irrigue, fanno sì che instabilità di entità relativamente modesta (es. irruzioni di aria più fredda nella media troposfera) possano dar luogo ad attività temporalesca anche intensa, accompagnata da vento forte, rovesci e grandinate.

Prescindendo dall'attività temporalesca estiva possiamo osservare che le principali strutture meteorologiche responsabili delle situazioni di tempo perturbato sull'area sono le saccature (depressioni a forma di V) alimentate dal flusso perturbato atlantico ed i minimi isolati sul Mediterraneo (fra cui rientrano le depressioni del Golfo di Genova). In particolare il maggior contributo alle precipitazioni della Lombardia deriva da condizioni di flusso perturbato meridionale, di norma associate a saccature che nel loro transito da Ovest verso Est interessano il Mediterraneo centro – occidentale.

In tali condizioni è frequente assistere all'isolarsi di minimi depressionari sul Golfo di Genova (ciclogenesi sottovento alle Alpi) che esercitano un

caratteristico effetto volano, determinando il protrarsi delle condizioni di tempo perturbato sulla nostra area; infatti la traiettoria di tali sistemi, di norma verso oriente, fa sì che essi transitino sulla Pianura Padana influenzandone le condizioni meteorologiche prima di esaurirsi in Adriatico.

Un certo effetto sul quadro delle precipitazioni della Lombardia è poi dovuto agli altri tipi di depressioni isolate presenti sul Mediterraneo (es. depressioni africane).

Tutte le situazioni perturbate sopra descritte sono particolarmente frequenti nei periodi autunnale e primaverile ma possono manifestarsi in qualunque periodo dell'anno.

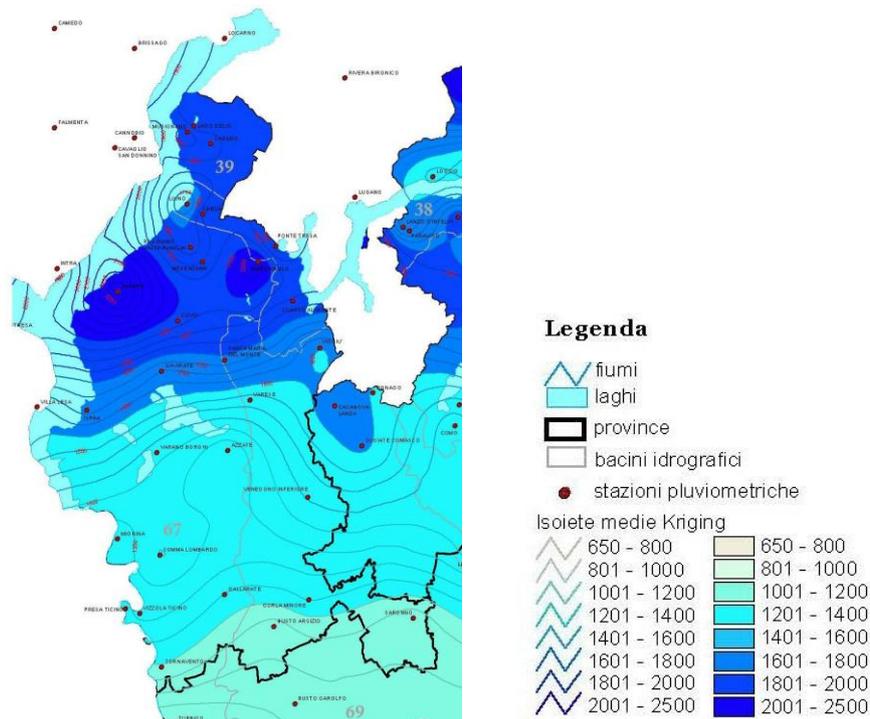
Da ricordare in particolare le perturbazioni intense, note con il nome di tempeste equinoziali, che ad inizio autunno o inizio primavera segnano la "rottura" del tempo al termine delle fasi di maggior stabilità estiva o invernale.

2.2 Il mesoclima alpino e prealpino

Globalmente, per l'area alpina e prealpina, si può parlare di clima continentale, con forti escursioni termiche diurne, piogge piuttosto abbondanti (spesso superiori ai 1000 mm/anno) concentrate soprattutto nel semestre estivo (per esempio nell'Alta Brianza, nell'Alta Val Brembana, nell'Alta Val Seriana, nella Media Valcamonica e nell'Alta Val Trompia le precipitazioni medie annue raggiungono i 1700 – 2000 mm) (Ottone & Rossetti, 1981).

In realtà il clima dell'area varia in modo sostanziale da zona a zona, sia a causa delle diverse altitudini, sia per effetto dell'esposizione, fattore quest'ultimo predominante in questo tipo di orografia. Ne consegue che i versanti rivolti a sud, più lungamente esposti alla radiazione solare, presentano una limitata copertura nevosa e sono più suscettibili di coltivazione, mentre quelli esposti a nord presentano una copertura nevosa molto più abbondante ed una vegetazione costituita in gran parte da boschi e pascoli.

Condizioni climatiche particolari, soprattutto da un punto di vista igrometrico e pluviometrico, si riscontrano nella parte centrale delle Alpi (esempio: Alta Valtellina) che risulta molto asciutta (precipitazioni medie annue inferiori agli 800 mm) manifestando così i caratteri tipici del clima endoalpino. Il fenomeno è da attribuire al fatto che i flussi perturbati tendono a liberarsi della propria umidità in forma di precipitazioni nella parte più esterna del massiccio alpino (Prealpi, aree alpine esterne) giungendo nella parte centrale del massiccio stesso ormai impoveriti di umidità.



Precipitazioni medie – Estratto della Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)

Il Comune di Laveno Mombello si inserisce nel mesoclima collinare della Provincia di Varese, ubicato nella porzione compresa tra i primi rilievi montuosi a Nord di Varese e l’alta pianura.

La presenza dei laghi prealpini nel settore collinare della provincia influisce molto sul clima, sia a livello di precipitazioni, sia a livello termico.

Infatti, in tali aree la temperatura invernale risulta più elevata, in media di circa 2°C, rispetto a quella del settore di pianura, con un ridotto numero di giorni di gelo, mentre in primavera, estate ed autunno, la zona dei laghi risulta in media di 1 – 2°C più fresca rispetto al settore di pianura.

Dal punto di vista precipitativo si osserva che la zona dei laghi presenta un massimo estivo (giugno-luglio) ed uno autunnale molto simili fra loro.

In generale il clima può essere così caratterizzato:

- piovosità annua elevata distribuita in particolare nelle stagioni intermedie, con minimi di piovosità in inverno; piovosità annua di circa 1500 mm, ed in particolare i mesi più piovosi sono maggio e ottobre (circa 170 mm) mentre quelli più “asciutti” sono dicembre, gennaio e febbraio (circa 80 mm);

- la temperatura non raggiunge i valori estremi del clima continentale a causa della mitigazione dei laghi e delle brezze locali;
- l'umidità relativa è elevata in prossimità delle zone lacustri e diminuisce mano a mano che ci si allontana da esse; la ventilazione prevalente è quella delle brezze, il vento caratteristico di queste zone è il Fohn che in alcune giornate può raggiungere anche i 25/30 nodi;
- forte attività elettrica durante i fenomeni temporaleschi.

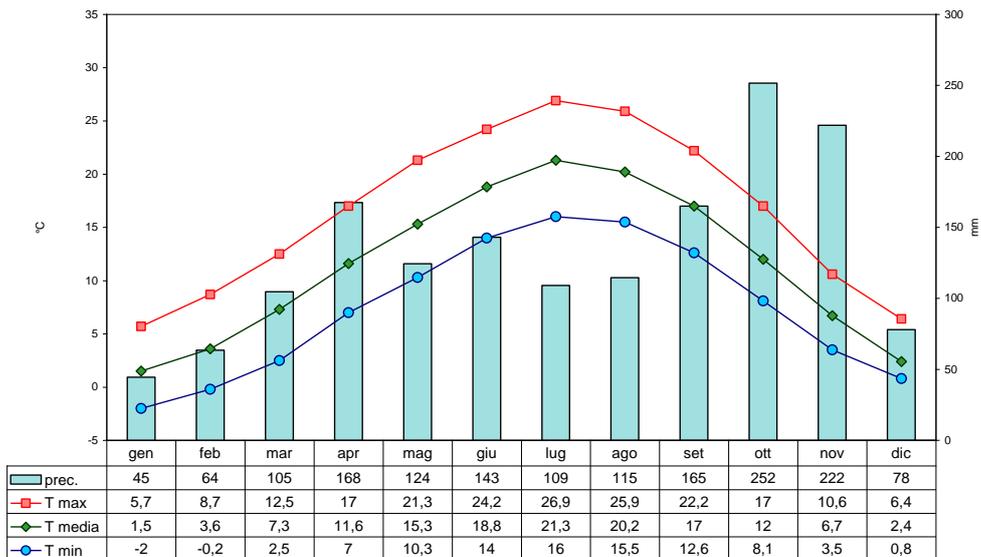


Grafico sull'andamento medio durante l'anno di temperatura e precipitazioni in località Ispra (periodo 1921-1944 e 1959-1972).

3. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA

3.1 Geomorfologia

Il territorio di Laveno Mombello è situato sulla sponda lombarda del Lago Maggiore, allo sbocco della Valle del T. Boesio, in un contesto paesaggistico tipicamente prealpino.

In tale contesto, l'assetto geomorfologico del territorio comunale è suddivisibile in tre settori ben distinti fra loro e con differenti caratteristiche.

Il **settore settentrionale (Montano)** è caratterizzato da una morfologia montuosa in cui l'elemento di spicco è rappresentato dal rilievo del Sasso del Ferro con quota appena superiore a 1000 m s.l.m.

I versanti si presentano generalmente con pendenze elevate e solo localmente la morfologia diviene più dolce con presenza di terrazzamenti e/o cordoni morenici: tale situazione è ben visibile in località Monteggia e soprattutto in località Casere.

Il versante meridionale del Sasso del Ferro presenta un raccordo con il fondovalle caratterizzato dalla presenza di vari ordini di terrazzi. In questo settore si imposta un reticolato idrografico a carattere torrentizio e il corso d'acqua principale è il torrente Riale con decorso NE – SW e andamento rettilineo.

Il **settore centrale (Fondovalle)**, impostato lungo il fondovalle del T. Boesio, è caratterizzato da una morfologia pianeggiante, per la presenza di una vasta piana alluvionale e lacustre, la cui continuità viene interrotta da vari ordini di terrazzi. L'intero settore è percorso dal torrente Boesio, a decorso E – W e andamento relativamente rettilineo.

Il **settore meridionale (Collinare)** è caratterizzato da una morfologia tipica degli apparati glaciali quaternari, con presenza di vari ordini di terrazzi, cordoni morenici e piane sia di contatto glaciale sia fluvioglaciali, nella quale spiccano i rilievi del Monte Brianza, del Monte Sangiano e del colle della Rocca di Laveno Mombello. Questi ultimi sono costituiti dal substrato roccioso che affiora con discontinuità a causa dell'esigua copertura glaciale. L'elemento idrografico principale di questo settore è il torrente Rialto, a decorso E – W, che funge da scolmatore della "Torbiera di Mombello", zona umida di notevole interesse naturalistico caratterizzata da un ampio canneto e da un minuscolo laghetto relitto.

3.2 Geologia di superficie

Il rilevamento geologico del territorio è stato eseguito alla scala 1:10.000, utilizzando i criteri stratigrafici per il Quaternario continentale e i termini formazionali definiti dal Gruppo Quaternario – Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano (Bini, 1987).

L'esame della carta geologica (**Tav. 1**) permette di osservare che il territorio comunale è sostanzialmente suddiviso in due settori. In quello meridionale prevalgono le unità geologiche quaternarie che sono state cartografate distinguendo la facies deposizionale, definita come l'ambiente fisico in cui è avvenuta la deposizione del materiale e che lo ha quindi caratterizzato nella tessitura e nella struttura.

Viceversa nel settore settentrionale affiorano le unità lapidee prequaternarie che costituiscono i massicci prealpini del Monte Sasso del Ferro e dei Pizzoni di Laveno.

Le unità geolitologiche presenti in affioramento sono di seguito elencate e descritte dalla più recente alla più antica (**Tav. 1**).

3.2.1 UNITÀ GEOLOGICHE DEL QUATERNARIO

Unità Postglaciale

L'unità è costituita da depositi fluviali, lacustri e di versante con profilo di alterazione assente e suolo poco sviluppato.

Da un punto di vista litologico, i depositi presentano caratteristiche diverse in funzione della facies sedimentaria di appartenenza e pertanto si riconoscono:

- depositi fluviali: costituiti da ghiaie medio – grossolane a supporto di matrice sabbiosa e da sabbie e ghiaie fini a stratificazione orizzontale;
- depositi lacustri: costituiti da limi e argille a laminazione orizzontale, con torba;
- depositi di versante: costituiti da ciottoli spigolosi a supporto clastico con matrice sabbiosa grossolana.

Alloformazione di Cantù (Würm)

L'unità è costituita da depositi glaciali, fluvioglaciali e glaciolacustri con profilo di alterazione poco evoluto, inferiore ai 2 m, con colore della matrice 10YR (*Munsell Soil Color Charts*).

Da un punto di vista litologico, i depositi presentano caratteristiche diverse in funzione della facies sedimentaria di appartenenza e pertanto si riconoscono:

- depositi glaciali: costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa o limoso argillosa, da normal a sovraconsolidati;
- depositi fluvioglaciali: costituiti da ghiaia e sabbia grossolana a supporto di matrice fino a sabbia fine limosa, generalmente a stratificazione orizzontale;
- depositi glaciolacustri: costituiti da limo e argilla, localmente con piccole lenti di sabbia medio – fine, a laminazione orizzontale.

3.2.2 UNITÀ GEOLOGICHE DEL SUBSTRATO PREQUATERNARIO

Sono state riconosciute sul terreno e cartografate le seguenti unità geologiche prequaternarie:

Maiolica (Titoniano superiore – Barremiano inferiore)

Calcolutiti compatte biancastre con interstrati marnosi, ben stratificate e con noduli di selce. Presenta frattura concoide e abbondanti giunti stilolitici.

Rosso ad Aptici (Oxfordiano – Kimmeridgiano)

Marne e marne calcaree selcifere fittamente stratificate, con noduli di selce. Ricca presenza di fossili come aptici e alcune forme di belemniti. La colorazione predominante è un rosso cupo intenso; frequenti le variegature rosso – violacee e verde – giallastro. Frequenti anche le concrezioni dendritiche di manganese.

Radiolariti (Oxfordiano – Kimmeridgiano)

Selci variegata (colori predominanti sono il rosso e il verde), con interstrati marnosi, sottilmente stratificate.

Formazione di Valmaggione (Toarciano)

Successione torbidityca costituita irregolare alternanza di calcareniti – calcilutiti grigiastre e marne fogliettate con intercalazioni di calcari marnosi.

Calcarea del Domaro (Pliensbachiano)

Calcari marnosi grigiastri, localmente grigio nocciola, con ammoniti o calcari marnosi rosso intenso con crinoidi. La stratificazione è massiva con interstrati marnosi, spesso fogliettati, di spessore crescente verso l'alto.

Calcarea di Moltrasio (Hettangiano – Pliensbachiano inferiore)

Calcari grigio scuri con noduli di selce, ben stratificati e con intercalazioni marnose. Sono presenti strutture di scivolamento sinsedimentario e vere e proprie torbiditi dove si rinvengono fossili quali ammoniti, belemniti e brachiopodi.

Dolomia a Conchodon (Retico superiore)

Banchi di calcarea puro compatto e localmente calcarea magnesiaci di colore da bruno a grigio rosato. Alla base si presenta compatto a stratificazione massiccia, verso l'alto mediamente stratificato.

Dolomia Principale (Norico)

Dolomie cristalline compatte o dolomie calcaree di colore nocciola, con subordinati calcari dolomitici e dolomie siltose. Si presenta con aspetto massiccio e strati di spessore fino ad 1 m.

Marne del Pizzella (Carnico superiore)

Alternanza di marne policrome, rosse o verdi, fogliettate e di dolomie marnose o calcari marnosi di colore rosato o biancastro relativamente compatti.

Formazione di Cunardo (Carnico medio)

Irregolare alternanza di dolomie da debolmente marnose a marnose, di dolomie calcaree e di calcari dolomitici con stratificazione sottile con laminazioni piano parallele millimetriche.

Dolomia del San Salvatore (Anisico – Ladinico)

Dolomie macrocristalline, dolomie calcaree e marnose. Si presenta da ben stratificata a massiccia di colore grigio nocciola.

Lo schema dei rapporti stratigrafici tra le unità quaternarie e le unità litoidi pre – quaternarie è illustrato dallo schema tecnico in **All. 1**.

3.3 Osservazioni litostratigrafiche di dettaglio

Le caratteristiche litologiche di ciascuna delle unità geologiche sono state osservate in aree di affioramento (spaccati naturali ed artificiali), nonché in corrispondenza di sondaggi eseguiti con escavatore (profondità di 3 – 4 metri) e presso scavi edili accessibili.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche riscontrate in ciascuno dei punti di osservazione, l'ubicazione dei quali è riportata in **Tav. 4**.

Affioramento A: Località C.na Piana, Laveno Mombello (Quota 230 m)

0 – 50 cm	Sabbie medio – fini con rari clasti di colore grigio e di piccole dimensioni; i clasti metamorfici sono alterati.
-----------	---

Affioramento B: Località Monte Brianza (Quota 260 m)

0 – 300 cm	Diamicton massivo a supporto di matrice sabbiosa. Clasti eterometrici di natura prevalentemente metamorfica, di cui alcuni molto alterati. Colore della matrice 10YR5/8.
------------	--

Affioramento C: Località “Le Motte” (Quota 290 m)

0 – 150 cm	Diamicton massivo a supporto di matrice costituita da sabbia fine. Clasti eterometrici, poligenici con alcuni micascisti alterati. Colore della matrice 10YR5/8.
------------	--

Affioramento D: Località Vigerà (Quota 280 m)

0 – 150 cm	Diamicton massivo al limite del supporto di clasti con matrice costituita da ghiaia grossolana. Clasti eterometrici e poligenici, con carbonati in parte molto alterati. Il deposito è sovraconsolidato.
------------	--

Affioramento E: Località Torbiera di Mombello (Quota 250 m)

0 – 50 cm	Limi grigiastri a vaga laminazione pianoparallela orizzontale. Rari clasti di micascisto molto alterati.
-----------	--

Affioramento F: Località Bostano (Quota 255 m)

0 – 100 cm	Limo – sabbioso sovraconsolidato con clasti eterometrici e poligenici. Verso il basso si ha limite graduale con limo a laminazione pianoparallela orizzontale.
------------	--

Affioramento G: Località tra Roncaccio e Mirasole (Quota 290 m)

0 – 400 cm	Diamicton massivo a supporto di matrice sabbioso ghiaiosa. Clasti eterometrici costituiti prevalentemente da metamorfici.
------------	---

Affioramento H: Località Monteggia (Quota 377 m)

0 – 200 cm	Diamicton massivo a supporto di matrice sabbioso ghiaiosa. Clasti eterometrici costituiti prevalentemente da metamorfici.
------------	---

Affioramento I: Località tra Via Gattirolo e Via Reno (Quota 236 m)

0 – 300 cm	Diamicton massivo a prevalente sabbia fine e limo sabbioso sovraconsolidato.
------------	--

Affioramento L: Località Via Gorizia (Quota 305 m)

0 – 200 cm	Diamicton massivo a supporto di matrice sabbioso ghiaiosa. Clasti eterometrici costituiti prevalentemente da metamorfici.
------------	---

Affioramento M: Località Ca' Orce' (Quota 240 m)

0 – 150 cm	Ghiaie spigolose localmente cementate formanti brecce di versante.
------------	--

Affioramento N: Località Campo Sportivo (Quota 205 m)

0 – 200 cm	Terreno di coltura e limo argilloso con torba.
------------	--

Affioramento O: Località Prataccio (Quota 211 m)

0 – 50 cm	Terreno di coltura.
50 – 200 cm	Ghiaie in matrice sabbiosa con presenza d'acqua.
oltre 200 cm	Argille grigie plastiche.

Affioramento P: Località Monteggia (Quota 380 m)

0 – 150 cm	Diamicton massivo a supporto di matrice sabbioso ghiaiosa. Clasti eterometrici costituiti prevalentemente da metamorfici.
------------	---

4. IDROGEOLOGIA

4.1 Caratteri idrogeologici del territorio

Il territorio di Laveno Mombello si colloca anche idrogeologicamente alla transizione tra il settore montano prealpino e il settore pedemontano vallivo (Valle del T. Boesio).

Nel settore montano sono impostati sistemi acquiferi non particolarmente produttivi (coprono circa il 10% del fabbisogno idrico), che tuttavia danno luogo a fenomeni sorgentizi captati a scopo acquedottistico per approvvigionare le frazioni montane (Casere e Monteggia).

Lungo il corso del T. Riale sono presenti diverse sorgenti attualmente allacciate alla rete acquedottistica comunale (schede tecniche in **All. 4**). Esse sono in parte di origine carsica e in parte dovute all'infiltrazione delle acque lungo i sistemi di fratture presenti nelle formazioni calcaree del Sasso del Ferro.

Risalendo verso monte, in località Brenna, a quota 365 m s.l.m. sul versante occidentale del Sasso del Ferro, è situata la sorgente n. 4 "Ferrari" le cui portate subiscono molto l'influenza delle variazioni stagionali (media di 0,12 l/s).

Risalendo verso monte il corso del T. Riale, in corrispondenza della confluenza dello stesso con il T. Sassale, si trova la sorgente n. 3 "Valle Riale"; essa è suddivisa in tre captazioni, la 3/1 a quota 445 m s.l.m., in destra orografica del T. Sassale, mentre la 3/2 e la 3/3 (attualmente dismessa) si trovano a quota 465 e 470 m s.l.m. in sponda idrografica sinistra del T. Riale.. Per la sorgente 3/1 sono forniti valori medi di portata di 0,2 l/s.

Nell'alveo del T. Sassale, a quota 560 e 580 m s.l.m., si trova la sorgente n. 2 "Sasso Alto", suddivisa in due captazioni ubicate a pochi metri di distanza fra loro (2/1 e 2/2). Le portate medie sono stimate in circa 0,4 l/s per la 2/1 e 0,2 per la 2/2.

A SE dell'abitato di Casere, in corrispondenza del primo impluvio a partire da W che contribuisce all'origine del Torrente S. Giulio (Cittiglio), è ubicata la sorgente n. 6 "Mora", suddivisa in tre captazioni molto superficiali, le quali nel periodo estivo possono prosciugarsi. I valori di portata stimati sono mediamente nell'ordine di 0,5 l/s (max. 3,5 l/s).

A circa 500 metri a NW dalla precedente, a ridosso del serbatoio nuovo, è ubicata la sorgente n. 7 "Casere", la quale alimenta la frazione di Casere.

Il settore montano costituisce inoltre l'esteso bacino di alimentazione e ricarica di un importante sistema sorgentizio che si trova sul fondovalle in Località Nove Fontane (n. 1), posta all'uscita dell'abitato di Laveno, al piede del versante meridionale del Sasso del Ferro, pochi metri a sud della strada statale, in direzione di Cittiglio.

Con ogni probabilità si tratta dell'emergenza drenante la circolazione idrica ipogea del Sasso del Ferro prodottasi in corrispondenza del contatto tra il substrato roccioso con i sedimenti limoso – sabbiosi della piana del Torrente Boesio.

Tale sistema permette di soddisfare circa il 90% del fabbisogno dell'intero comune in quanto caratterizzato da portate spontanee variabili da 30 l/s e 150 l/s (vedi **Par. 5.3.1**).

La produttività è garantita sia dalla captazione delle acque che emergono spontaneamente che dalle acque emunte tramite due pozzi (n. 4/1 e 4/2 – schede tecniche in **All. 3**) dall'acquifero molto permeabile sottostante la sorgente e da essa alimentato.

Oltre ai sistemi sorgentizi sopra menzionati, in corrispondenza del fondovalle del T. Boesio è presente un sistema acquifero nelle alluvioni quaternarie che offre una significativa produttività in concomitanza dei livelli acquiferi più profondi. I tratti fenestrati di alcuni pozzi privati ad uso industriale sono infatti posti a profondità superiori a 100 m, al di sotto della spessa coltre argillosa.

Nell'**All. 2** sono elencate tutte le opere di captazione (pozzi e sorgenti) presenti sul territorio comunale di Laveno Mombello.

4.2 Classificazione delle unità idrogeologiche di sottosuolo

Sulla base delle caratteristiche litologiche dedotte dalle stratigrafie di pozzi significativi, si riconoscono nel sottosuolo unità idrogeologiche, distinguibili per la loro omogeneità di costituzione e continuità orizzontale e verticale.

La distribuzione delle unità di sottosuolo è sintetizzata nelle sezioni idrogeologiche allegate (**Tav. 3**) e viene di seguito descritta, a partire dall'unità più superficiale:

Unità idrogeologica dei depositi Fluvioglaciali e Glaciali - (B)

L'unità è caratterizzata da depositi con facies variabili da zona a zona: nell'area di Laveno Mombello si distinguono depositi fini lacustri e glaciolacustri ad argille con torbe e limi con ciottoli (**B1**) a cui si intercalano livelli di ghiaie e sabbie, sede di acquiferi confinati, caratterizzati da ridotta

potenzialità idrica. Tali intercalazioni possono essere riferite ad apporti di materiale grossolano da versanti durante le fasi di deposizione lacustre.

Nell'area di Cittiglio, in corrispondenza dello sbocco dei principali corsi d'acqua (T. San Giulio) nella valle del T. Boesio, sono presenti depositi ghiaioso – sabbiosi (**B2**) con locali intercalazioni argillose riferibili a deposizione in ambiente di conoide. Tali depositi sono sede di acquifero di tipo libero.

Unità idrogeologica del Substrato Roccioso - (A)

Affiora diffusamente e con continuità sul versante destro della Valle del T. Boesio a costituire il massiccio del Sasso del Ferro; verso sud è presente in affioramento in settori arealmente più limitati costituendo l'ossatura dei principali rilievi (Monte Sangiano e Rocca di Mombello) separati dalle principali piane lacustri e fluvioglaciali.

In quest'area il substrato roccioso è costituito da unità geologiche di natura carbonatica e marnosa appartenenti alla successione Giurassico – Cretacica delle Prealpi Lombarde Occidentali, generalmente caratterizzate da circolazione idrica per permeabilità secondaria (carsismo).

L'andamento del substrato in profondità è caratterizzato da principali depressioni quali quelle della paleovalle del T. Boesio (quota minima inferiore a 80 m s.l.m. – vedi sezioni) che risultano colmate dai depositi sciolti quaternari di diversa natura e permeabilità.

4.3 Piezometria della falda idrica superiore

La presenza di alcuni pozzi ad uso industriale in corrispondenza della valle del T. Boesio, ha permesso l'effettuazione di misure di livello e l'elaborazione della carta piezometrica di **Tav. 2**.

La morfologia della superficie piezometrica descrive la presenza di una falda limitata ai livelli ghiaiosi che si intercalano in profondità ai depositi argillosi prevalenti. Tale falda ha direzione di flusso verso SW con tendenza allo sbocco verso il Lago Maggiore.

Il gradiente è costante nel settore territoriale esaminato ed è calcolato di circa 8,5%.

4.4 Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

Nell'ambito della presente indagine, anche se non oggetto di una specifica cartografia, si è definito il grado di vulnerabilità degli acquiferi in corrispondenza del territorio comunale.

Il grado di vulnerabilità intrinseca, riferito ad una scala comprendente sei termini (estremamente elevata, elevata, alta, media, bassa, molto bassa), è stato determinato sulla base di una valutazione incrociata tra soggiacenza della falda nel sottosuolo e permeabilità dei depositi a protezione della falda stessa, riferendosi alla "Legenda unificata per le carte della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei", realizzata da M. Civita (1990) per l'UNESCO.

A tale legenda sono state apportate alcune modifiche e affinamenti suggeriti dalla peculiarità delle situazioni idrogeologiche riscontrate.

In sintesi si può affermare che valutando il territorio in settori omogenei, si può descrivere il grado di vulnerabilità delle falde secondo il seguente schema:

Settore montano

Rete acquifera in rocce carbonatiche a carsismo mediamente sviluppato, con coperture discontinue di depositi glaciali. Grado di vulnerabilità assegnato: ELEVATO.

Settore Valle del T. Boesio

Falda acquifera profonda contenuta nei depositi grossolani intercalati ad argille lacustri. Grado di vulnerabilità assegnato: BASSO.

In corrispondenza della sorgente Nove Fontane, la presenza di un acquifero superficiale alimentato dalla sorgente stessa determina una situazione locale con grado di vulnerabilità: ELEVATO.

Settore collinare

Falda acquifera superficiale contenuta nei depositi glaciali con alimentazione locale di fenomeni sorgentizi minori. Grado di vulnerabilità assegnato: ALTO.

4.5 Individuazione delle zone di rispetto delle opere di captazione

Il Comune di Laveno Mombello dispone delle seguenti opere di captazione per l'approvvigionamento idrico del proprio acquedotto comunale:

Pozzo N.	Proprietario	Località	Criterio di delimitazione della ZR
4/1	A.C.	Nove Fontane	geometrico
4/2	A.C.	Nove Fontane	geometrico

Sorgente N.	Proprietario	Località	Criterio di delimitazione della ZR
1	A.C.	Nove Fontane	geometrico
2/1	A.C.	Sasso Alto	geometrico
2/2	A.C.	Sasso Alto	geometrico
3/1	A.C.	Valle Riale	geometrico
3/2	A.C.	Valle Riale	geometrico
4	A.C.	Ferrari	geometrico
6/1	A.C.	Mora - 1	geometrico
6/2	A.C.	Mora - 2	geometrico
6/3	A.C.	Mora - 3	geometrico
7	A.C.	Casere	geometrico
12/1	A.C.	San Giulio - Cittiglio	geometrico
12/2	A.C.	San Giulio - Cittiglio	geometrico
12/3	A.C.	San Giulio - Cittiglio	geometrico
12/4	A.C.	San Giulio - Cittiglio	geometrico
12/5	A.C.	San Giulio - Cittiglio	geometrico
12/6	A.C.	San Giulio - Cittiglio	geometrico

Le zone di rispetto delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano (ZR) sono individuate in **Tav. 2**, dove sono stati riportati gli elementi idrogeologici e ambientali che caratterizzano l'intorno di ciascun pozzo e sorgente, e con maggior dettaglio in **Tav. 12**.

Le Zone di Rispetto sono definite con criterio geometrico sia per i pozzi, sia per le sorgenti: raggio di 200 m dall'asse della captazione per i pozzi e porzione di cerchio di raggio pari a 200 m a monte dell'opera di presa e delimitata a valle dall'isoipsa passante per la captazione.

Il quadro normativo da applicare all'interno di tali aree è riferibile al D.Lgs. 152/06 modificato dal D.Lgs. 4/08 ed integrato dalla D.G.R. 7/12693/03, che definiscono le attività compatibili nelle aree di salvaguardia delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano (cfr. **Cap. 13**).

4.6 Aree di interesse acquedottistico

Al fine di tutelare le risorse idriche sotterranee, la Provincia, all'interno del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.), recepisce quanto già disposto dal Programma di Tutela e Uso delle Acque Regionale (P.T.U.A.) per quanto riguarda le *Aree sensibili, vulnerabili e di salvaguardia*, inoltre identifica e propone alcune *Aree di riserva a scala provinciale*.

Tra queste ultime ricade l'**Idrostruttura della Valcuvia** nella Valle del Boesio tra Gemonio e Laveno Mombello.

La stessa viene riconosciuta come area di interesse prioritaria per lo sviluppo di captazioni di interesse provinciale anche nel recente *Studio idrogeologico ed idrochimico del territorio della Provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili* predisposto dall'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale (AATO) di Varese.

In questo settore, infatti, è presente una struttura idrogeologica molto produttiva rappresentata da una paleovalle del T. Boesio, profonda 50-100 dal p.c., scavata direttamente nel substrato, rappresentato dalla serie carbonatica giurassico – cretacica, e riempita prevalentemente da ghiaie e sabbie localmente molto cementate.

Il sistema acquifero, con caratteristiche idrochimiche discrete, è alimentato dalle precipitazioni e dalle perdite in subalveo dei corsi d'acqua superficiali, rappresentati principalmente dal T. Boesio e dai suoi affluenti di destra, in genere sospesi rispetto alla superficie piezometrica e costituiti da depositi grossolani. Sono inoltre probabili, anche se non accertati, travasi dalle idrostrutture carbonatiche che delimitano l'acquifero poroso (M. Nudo e Sasso del Ferro).

I pozzi presenti in questa struttura sono caratterizzati da elevata produttività (>30 l/s), l'area è discretamente urbanizzata, ma sono ancora presenti porzioni di territorio relativamente naturali.

L'area così individuata è riportata in **Tav. 2** e con maggiore dettaglio in **Tav. 12**.

5 VERIFICA DELLA DISPONIBILITÀ IDRICA

5.1 Premessa

Ai sensi dell'Art. 95 ("Contenimento e governo dei consumi idrici") delle Norme Tecniche di Attuazione del P.T.C.P. di Varese, facendo riferimento alle *LINEE GUIDA – Criteri per la documentazione minima dei PGT*, si è realizzata un'analisi della effettiva disponibilità della risorsa idrica sotterranea nel territorio comunale, soprattutto in previsione della possibile espansione delle aree ad uso residenziale e/o industriale e artigianale.

Tale analisi verifica l'effettiva disponibilità attuale e futura della risorsa idrica e valuta che il suo sfruttamento rientri nei termini di salvaguardia previsti dal P.T.U.A.

A tal fine, lo studio è costituito da tre fasi di analisi, distinte ma allo stesso tempo interdipendenti:

- Identificazione del fabbisogno idrico, cioè un'analisi di natura urbanistica nella quale viene indicato lo stato di fatto e futuro della situazione demografica comunale e la stima dell'incremento del fabbisogno idrico indotto;
- Indagine impiantistica, finalizzata alla valutazione dell'efficienza e della potenzialità della rete di distribuzione dell'acquedotto e l'effettivo tasso di sfruttamento delle risorse captate, per dimostrare la capacità della rete di soddisfare il fabbisogno idrico aggiuntivo connesso allo sviluppo insediativo e alle trasformazioni previste dal PGT;
- Analisi idrogeologica, volta a valutare la consistenza della risorsa idrica disponibile in particolare evidenziando le situazioni di deficit e di surplus rispetto alla disponibilità della falda idrica sotterranea.

Le valutazioni descritte nei paragrafi seguenti sono state condotte per mezzo dei dati forniti dal Comune di Laveno Mombello, in qualità di Ente gestore dell'acquedotto comunale, e di seguito elencati:

- "Relazione geologico idrogeologica da allegare alla richiesta di concessione trentennale per derivazione acqua dalle sorgenti e pozzi ad uso idropotabile" (Studio Tecnico Associato di Geologia, Settembre 2008);
- Schema della rete di adduzione e di distribuzione e schema logico del sistema acquedottistico;

- Caratteristiche tecniche degli impianti di sollevamento, dei serbatoi di accumulo e degli impianti di trattamento;
- Regime dei prelievi dal sistema Nove Fontane dal 2006 al 2009 (quest'ultimo dato aggiornato a Settembre);
- Volumi di acqua fatturati dal 2004 al 2008.

In base ai dati e alla documentazione raccolta, giudicata esaustiva e attendibile, è stato possibile effettuare le analisi e le verifiche necessarie per dimostrare e avvalorare le conclusioni cui si è giunti circa lo stato della disponibilità di risorsa idrica del Comune di Laveno Mombello rispetto agli scenari di P.G.T.

5.2 Identificazione del fabbisogno idrico e bilancio acquedottistico

Per fornire un'analisi dello stato delle risorse idriche del Comune di Laveno Mombello, sono stati innanzitutto valutati i fabbisogni (attuali e futuri) per correlarli successivamente con la disponibilità potenziale complessiva fornita dalle opere di captazione che alimentano l'acquedotto comunale.

In particolare, per questo tipo di analisi occorre tenere in considerazione l'intera dotazione idrica comunale che, nel caso del Comune di Laveno Mombello, è costituita principalmente dal complesso Nove Fontane (sorgente 1 e pozzi 4/1 e 4/2), ubicato ai piedi del versante meridionale del massiccio del Sasso del Ferro, a meno di un km dal limite amministrativo con il Comune di Cittiglio. Il complesso Nove Fontane copre da solo circa il 90% dei fabbisogni idrici comunali; la restante parte è soddisfatta dalle altre sorgenti minori presenti nel territorio comunale.

La stima dei fabbisogni idrici (potabili e produttivi) attuali e futuri comunali è realizzata conformemente ai criteri del P.T.U.A. (*Appendice F*).

Per le seguenti analisi numeriche, si è preso in considerazione un valore di disponibilità idrica annua pari a **1.818.000 m³**, valutato in base ai dati di sollevamento dalla sorgente Nove Fontane, forniti dall'U.T. comunale. Il valore di disponibilità è stato stimato incrementando l'apporto fornito dalla sorgente Nove Fontane, tenendo conto che quest'ultimo rappresenta circa il 90% del sollevamento totale fornito dalle fonti idropotabili comunali. Le sorgenti minori forniscono infatti in media una portata complessiva compresa tra 5 e 5,5 l/s, corrispondenti a circa 160.000/175.000 m³/annui (vedi tabella **Par. 5.3.1**). Tale valore corrisponde a circa il 10% del sollevamento complessivo, come confermato anche dalle valutazioni dell'Acquedotto Comunale. Il dato preso in considerazione è quello risultato più elevato, in quanto maggiormente

rappresentativo della potenzialità teorica delle fonti di captazioni presenti nel territorio di Laveno Mombello.

	Sollewato annuo dalla Sorgente Nove Fontane (m ³)	Stima disponibilita complessiva(m ³)
2006	1.636.197	1.817.997
2007	1.564.739	1.738.599
2008	1.353.104	1.503.449

5.2.1 STATO ATTUALE

Il fabbisogno idrico del Comune di Laveno Mombello è rappresentato dalla somma dei consumi idrici (espressi in l/s) ad uso civile (domestico e pubblico), industriale e agricolo.

- Usa potabile e domestico residenziale

La popolazione residente nel Comune di Laveno Mombello risulta attualmente pari a circa 9.133 abitanti, cui deve essere aggiunta la popolazione stabile non residente (ospiti di ospedali, caserme, collegi ecc), la popolazione fluttuante (ospiti di alberghi, camping, seconde case ecc) e la popolazione senza pernottamento (addetti di attività lavorative, scuole ecc).

I dati del Comune di Laveno Mombello relativi alla popolazione, forniti dall'U.T. comunale, sono riassunti nella tabella seguente

Popolazione residente (dato 2008)	9.133 ab
Popolazione stabile non residente	294 ab
Popolazione fluttuante	5.196 ab
Popolazione senza pernottamento	2.137 ab

La popolazione stabile non residente comprende gli ospiti della casa di riposo "Bassani" (282) e quelli della Caserma dei Carabinieri (10) e del Corpo Forestale dello Stato (2).

La popolazione fluttuante comprende invece gli ospiti di seconde case (stimati dall'U.T. comunale attorno ai 5.000 abitanti, valore approssimativo ricavato anche in base ai consumi idrici) e gli ospiti di alberghi e affittacamere (196).

La popolazione senza pernottamento è invece costituita dagli studenti (835) e dal personale delle scuole (106) e dai lavoratori di industrie e servizi (1196).

- Usi industriali e zootecnici

Per quanto riguarda gli usi produttivi delle attività industriali e zootecniche, il dato preso in considerazione è quello relativo alla superficie delle aree destinate a questo tipo di attività, stimato pari a circa **370.669 m²**.

Il calcolo dei fabbisogni idrici attuali, con l'indicazione delle dotazioni idriche di riferimento, degli indici e dei coefficienti utilizzati, è riportato integralmente in **All.5**.

Il Comune di Laveno non presenta attualmente particolari problematiche dal punto di vista del soddisfacimento dei fabbisogni idrici, essendo riuscito ad essere autosufficiente dal punto di vista idropotabile anche negli anni 2003 – 2006, quadriennio di crisi idrica per la scarsità di precipitazioni.

Ai fini dell'analisi numerica, si è impiegato un valore di disponibilità idrica potenziale pari a **1.818.000 m³ (57,6 l/s)**, in base al quale si è effettuata una vera e propria taratura del modello P.T.U.A., poco adatto alla valutazione dei fabbisogni idrici delle piccole comunità, tendendo spesso a sovrastimare le dotazioni idriche per abitante e di conseguenza gli effettivi fabbisogni del comune. Partendo perciò dal presupposto che attualmente il bilancio disponibilità/fabbisogni di Laveno Mombello risulti pienamente soddisfatto, facendo in modo che i fabbisogni totali del giorno di massimo consumo risultino circa pari alla disponibilità idrica potenziale, si è stimata una dotazione idrica giornaliera per abitante, specifica per il comune in esame, pari a **220 l/abit**. Allo stesso modo sono state modificate le dotazioni idriche giornaliere per abitante per le altre categorie di popolazione, riducendole a **170 l/abit**, per la popolazione stabile non residente e la popolazione fluttuante e a **50 l/abit**, per la popolazione senza pernottamento.

Un'altra lieve modifica applicata al modello riguarda la popolazione fluttuante, per la quale si è adottato un fattore correttivo pari a 0,25, che la riduce da 5.196 a 1.299. La scelta di ridurre di quattro volte è giustificata dal fatto che l'impatto sui fabbisogni idrici di tale categoria di popolazione si ha nei soli fine settimana ed in particolare in tre dei dodici mesi dell'anno. Va inoltre detto che questa seconda modifica è stata apportata solo nelle elaborazioni relative ai consumi medi, mentre il dato di popolazione fluttuante è mantenuto invariato nella stima dei fabbisogni massimi, per valutarne appieno l'impatto.

In base alle considerazioni precedenti, si è perciò valutato che attualmente i fabbisogni potabili medi sono pari a **27,6 l/s** e i fabbisogni produttivi medi pari a **5,5 l/s**, per un totale di **33,2 l/s**. Gli stessi parametri, nel giorno di massimo consumo, risultano essere rispettivamente **52,3 l/s** e **5,5 l/s**, per un totale di **57,8 l/s**.

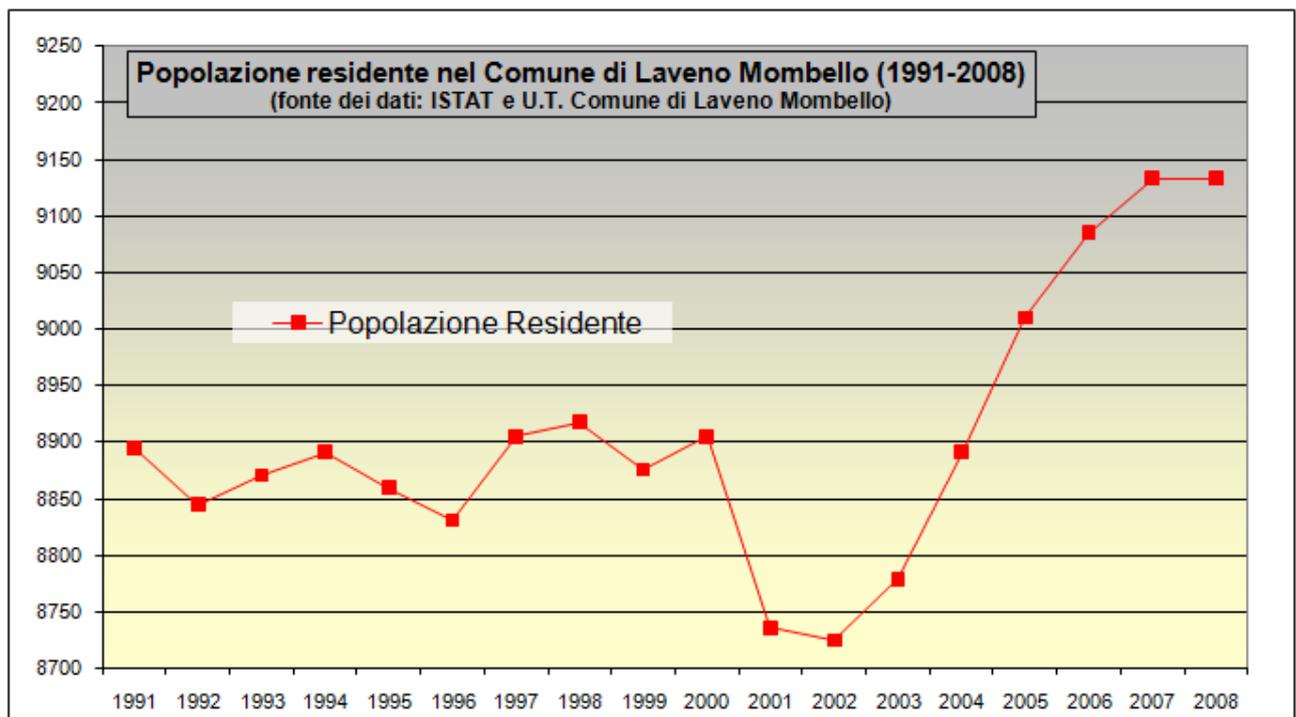
Per quanto riguarda il fabbisogno idrico per usi produttivi, esso risulta maggiore della massima portata erogabile per tali usi dall'acquedotto pubblico, in relazione al limite del 20% indicato dal P.T.U.A..

A tale proposito va precisato che il risultato relativo agli usi produttivi ricavato dal modello del P.T.U.A. rappresenta a tutti gli effetti una sovrastima degli effettivi fabbisogni in tale ambito. Nel calcolo si considera infatti la superficie totale delle attività produttive senza poter escludere le attività dotate di sistemi di approvvigionamento autonomo (pozzi, sorgenti, derivazioni) né le attività dotate di allacciamento assimilabile esclusivamente a civile/potabile (questi ultimi già considerati negli usi potabili sulla base del numero di addetti delle attività produttive).

5.2.2 PROIEZIONE IN PREVISIONE DEL COMPIMENTO DELLE AZIONI DI PIANO

- Usa potabile e domestico residenziale

Di seguito si riporta l'andamento della popolazione residente negli ultimi 18 anni (periodo compreso tra il 1991 e il 2008):



Nel decennio compreso tra il 1991 e il 2000, la popolazione residente risulta perlopiù stabile, oscillando tra gli 8.850 e gli 8.900 abitanti. Tra il 2000 e il 2001 si osserva un significativo calo dei residenti, di circa 170 unità, passando da 8.905 a 8.736 abitanti, valore che diminuisce ulteriormente nel

2002. Nel periodo compreso tra il 2002 e il 2007, si ha invece un'inversione di tendenza e l'andamento della popolazione residente è crescente con un tasso pari a circa il 7,5%. Tra il 2007 e il 2008 tale crescita subisce un nuovo brusco arresto; la popolazione residente in tale biennio si stabilizza attorno alle 9.130 unità.

I tassi di crescita sono stimati con la formula seguente:

$$t_m = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1$$

dove n sono gli anni del periodo considerato, P_n è il numero di abitanti previsti al 2016 e P₀ è la popolazione attuale.

In proiezione futura, l'attuazione delle trasformazioni previste dal P.G.T. porterà ad un aumento nella popolazione residente, la quale si attesterà ad un valore pari a circa 11.118 unità. Tale valore si ottiene considerando gli abitanti previsti per il compimento dei piani attuativi di P.R.G. (774 unità), quelli previsti negli ambiti di trasformazione (804 unità) e quelli previsti per gli interventi di completamento nel tessuto urbano consolidato (191+216 unità).

Per quanto riguarda la popolazione stabile non residente, si prevede un incremento pari a 84 unità, previsti negli ambiti di trasformazione con destinazione ricettivo/socio-sanitaria, mentre per la popolazione fluttuante si ha un incremento di 1.059 unità, previsti negli ambiti di trasformazione con destinazione turistico/ricettivo/sportiva.

Infine, per quanto riguarda la popolazione senza pernottamento, si è mantenuto il valore relativo allo stato di fatto, non avendo indicazioni più precise a riguardo ed essendo tale valore di entità e di incidenza molto contenute.

I dati del Comune di Laveno Mombello relativi alla popolazione (proiezioni stimate al compimento delle azioni di Piano) sono quindi riassunti nella tabella seguente:

Popolazione residente	11.118 ab
Popolazione stabile non residente	378 ab
Popolazione fluttuante	6.255 ab
Popolazione senza pernottamento	2.137 ab

- Usi industriali e zootecnici

Per quanto riguarda gli usi produttivi delle attività industriali e zootecniche, il dato preso in considerazione è quello relativo alla superficie totale delle aree

destinate a questo tipo di attività. Per quanto riguarda il Comune di Laveno Mombello, le aree destinate a tali usi previste dal P.G.T. risultano inferiori alle stesse allo stato attuale, a causa di una riconversione a residenziale di alcune aree dismesse. Il valore impiegato nell'elaborazione, pari a **282.660 m²**, è dato dalle aree produttive attuali attive (270.860 m², non conteggiando quelle dismesse) e dall'incremento delle aree produttive previsto da P.G.T. (circa pari a 11.800 m²).

Il calcolo dei fabbisogni idrici futuri, con l'indicazione delle dotazioni idriche di riferimento, degli indici e dei coefficienti utilizzati, è riportato integralmente in **All. 6**.

Il dato assunto come riferimento per la disponibilità idrica comunale potenziale è ancora quello stimato in relazione allo stato attuale, pari a **57,6 l/s (1.818.000 m³/anno)**, per verificare l'adeguatezza della disponibilità acquedottistica al soddisfacimento dei fabbisogni previsti, non modificando in alcun modo né la gestione né la dotazione.

Impiegando la dotazione idrica giornaliera per abitante ottenuta dalla taratura del modello sulle condizioni attuali, pari a 220 l/abit. (per la popolazione residente), i fabbisogni potabili futuri risultano pari a 33,4 l/s, mentre i fabbisogni produttivi pari a 6,7 l/s, per un totale di **40,0 l/s**. Gli stessi risultati, nel giorno di massimo consumo, diventano rispettivamente pari a 63,3 l/s e 6,7 l/s, per un totale di **70,0 l/s**.

In base a tali considerazioni, il bilancio disponibilità/fabbisogni futuri risulta pienamente soddisfatto per i consumi medi, mentre risulta uno scopenso nelle condizioni di picco.

Occorre comunque specificare che l'acquedotto cittadino può contare su portate di punta significativamente più alte grazie alla riserva idrica attuata mediante accumulo ai numerosi serbatoi appartenenti alle rete acquedottistica, sicuramente in grado di erogare una portata di punta che copra la differenza di 13 l/s.

Infine, anche in questo caso, il fabbisogno idrico per usi produttivi risulta maggiore della massima portata erogabile per tali usi dall'acquedotto pubblico, in relazione al limite del 20% indicato dal PTUA.

A tale proposito, come già precisato nel paragrafo precedente, il risultato relativo agli usi produttivi, ricavato dal modello del P.T.U.A., rappresenta a tutti gli effetti una sovrastima degli effettivi fabbisogni in tale ambito. Nel calcolo si considera infatti la superficie totale delle attività produttive senza poter escludere le attività dotate di sistemi di approvvigionamento autonomo (pozzi, sorgenti, derivazioni) né le attività dotate di allacciamento assimilabile

esclusivamente a civile/potabile (questi ultimi già considerati negli usi potabili sulla base del numero di addetti delle attività produttive).

5.3 Indagine impiantistica

5.3.1 SCHEMA DELLA RETE E CARATTERISTICHE DELLE OPERE

Lo schema della rete acquedottistica del Comune di Laveno Mombello è riportata nella **Tav. 4**, assieme all'ubicazione dei serbatoi che fanno parte della rete, mentre le opere di captazione sono riportate in **Tav. 2**.

Per la descrizione delle sorgenti appartenenti alla rete acquedottistica, di seguito riportata, si è fatto riferimento alla *“Relazione geologico idrogeologica da allegare alla richiesta di concessione trentennale per derivazione acqua dalle sorgenti e pozzi ad uso idropotabile”* (Studio Tecnico Associato di Geologia Carimati – Zaro, Settembre 2008).

Il complesso “Nove Fontane” è la fonte di approvvigionamento principale dell'acquedotto, essendo in grado di coprire da sola circa il 90% del fabbisogno idrico comunale. Tale sistema è costituito da una sorgente naturale (sorgente 1) e da due pozzi (pozzi 4/1 e 4/2), i quali entrano in funzione, integrando gli apporti, solo nei periodi in cui la portata della sorgente si riduce eccessivamente, scendendo al di sotto dei 30 l/s. La captazione delle acque dalla sorgente “Nove Fontane” (per emergenza della falda) è realizzata attraverso un'ampia vasca interrata, suddivisa in tre scomparti comunicanti con fondo in ghiaia. La prima sezione raccoglie le acque dalla parete di monte attraverso un dreno in pietrame a secco e, attraverso le paratie del troppo pieno, le acque passano nella seconda sezione. Il terzo volume è la vasca di decantazione/dissabbiamento/clorazione, nel quale sono convogliate sia le acque sorgive che quelle provenienti dai pozzi e dal quale, dopo il trattamento, sono in seguito sollevate e convogliate, passando per la stazione di sollevamento “XXV Aprile”, in parte al serbatoio “Brianza” e in parte al serbatoio “Rocca”. L'acqua sollevata ai due bacini è successivamente immessa in rete. L'eccedenza defluisce nel Torrente Boesio tramite un canale scolmatore.

Il sistema “San Giulio” è costituito da tre coppie di sorgenti (dalla 12/1 alla 12/6), ubicate nel territorio comunale di Cittiglio, in sponda orografica destra del Torrente San Giulio. Le acque, dai tre bottini di presa, vengono convogliate ad una camera di ripartizione posta a quota 470 m s.l.m., dotata di vasca di decantazione per il deposito dell'eventuale carico in sospensione delle acque; da essa le acque finiscono in un vano antistante nel quale vi sono due stramazzi di diversa ampiezza, tali per cui circa il 80% degli apporti

è immesso nella rete idrica di Laveno e il rimanente 20% in quella di Cittiglio. Le acque provenienti dalle Sorgenti San Giulio sono immesse per gravità direttamente in rete (lungo la Via per Cittiglio) e in parte alimentano anche il bacino "Rocca", passando per la stazione di sollevamento "XXV Aprile".

Il sistema "Sasso Alto" è invece costituito da due sorgenti (sorgenti 2/1 e 2/2), probabilmente carsiche, ubicate sul versante nord-occidentale del Sasso del Ferro, nell'alveo del Torrente Sassale, a quota 560 e 580 m s.l.m. Le acque raccolte dalle rispettive camerette in muratura, prive entrambe di vasca di decantazione, sono convogliate per gravità attraverso una condotta in ferro in un piccolo serbatoio posto qualche decina di metri più a valle della sorgente 2/1. Da tale serbatoio, l'acqua, per gravità, in parte serve la località di Brenna e in parte alimenta il serbatoio Monteggia.

Il sistema "Valle Riale" è costituito da due sorgenti (sorgenti 3/1 e 3/2), situate sul versante nord-occidentale del Sasso del Ferro, in sponda orografica sinistra del Torrente Riale. Le acque raccolte dai bottini di presa sono convogliate per gravità al bacino di raccolta attraverso una tubazione in ferro. Il serbatoio è composto da un vano di valle, nel quale avviene il recapito delle acque dalle sorgenti ed entro il quale è collocato il tubo di mandata alla rete, e da un vano di monte, nel quale sono alloggiati il manometro e la saracinesca.

La sorgente "Ferrari" (sorgente 4) è ubicata sul versante nord occidentale del Sasso del Ferro, a quota 365 m s.l.m., in sponda orografica destra del Torrente Riale. Il bottino di presa è un manufatto in muratura, il cui fondo è costituito da un dreno in pietrame a secco attraverso il quale avviene la filtrazione delle acque sopra il quale è posto un manto ghiaioso con funzione di filtro. Le acque di filtrazione sono raccolte in una doppia vasca di decantazione, dalla quale passano nella condotta in ferro, la quale dopo qualche metro si raccorda a quella proveniente dal sistema "Valle Riale".

Le acque provenienti da questi due sistemi sorgentizi sono sollevate, attraverso la stazione di pompaggio Garibaldine, in parte al serbatoio Monteggia e in parte ai serbatoi Castello.

Il sistema "Fontana Mora" è costituito da tre captazioni distinte (sorgenti 6/1, 6/2 e 6/3), ubicate in corrispondenza della testata di uno dei due rami che alimentano il Torrente San Giulio, che alimentano la frazione montana di Casere. L'acqua, dai bottini di presa, è convogliata per gravità al serbatoio posto a poco più di una cinquantina di metri a valle. Da tale serbatoio, dotato di impianto per la clorazione automatica, misuratore di portata analogico, manometro, scarico di troppo pieno e sensore di livello che invia per telemetria i dati alla sala operativa, le acque sono pompate a un nuovo serbatoio (serbatoio Casere, posto a circa 785 m s.l.m.) costituito da un vano per l'accumulo e da un vano per la sala comandi. Tale serbatoio alimenta poi

per gravità le utenze a quote altimetricamente inferiori, mentre un'autoclave provvede a mantenere in pressione le condotte di alimentazione delle abitazioni poste più a monte.

La sorgente "Casere" (sorgente 7) è ubicata in località Casere, a ridosso del bacino di accumulo che alimenta tale frazione.

La tabella seguente riassume le portate provenienti da alcune delle sorgenti sopraccitate:

Sorgente	Portata media (l/s)
Nove Fontane	Variabile tra 30 e 150
Sasso Alto	0,4 per la 2/1 0,2 per la 2/2
Valle Riale	0,2 per la 3/1
Ferrari	0,12
Fontana Mora	Variabile tra 0,5 e 3,5 (complessiva delle tre sorgenti)
San Giulio	0,4 per la 12/2 0,2 per la 12/3 0,3 per la 12/4

Le caratteristiche tecniche delle opere di captazione sono riportate nelle apposite schede in **AII. 3** e in **AII. 4**.

Come già spiegato precedentemente, i serbatoi della rete acquedottistica sono sei, con funzioni di accumulo e di compenso delle pressioni in rete:

- il serbatoio "Monteggia" (quota 374 m s.l.m.), dotato di una capacità pari a 200 m³ e ubicato nell'omonima località, alimentante prevalentemente le località di Monteggia e Brenna;
- il serbatoio "Casere" (quota 770 m s.l.m.) dotato di una capacità pari a 75 m³, ubicato nell'omonima località e completamente a servizio della rete della stessa;
- il serbatoio "Belvedere" (quota 320 m s.l.m.), dotato di una capacità pari a 500 m³ e ubicato in prossimità dell'omonima via, in località Le Motte, alimentante prevalentemente le località di Cerro e Roccolo;
- il serbatoio "Rocca" (quota 340 m s.l.m.), dotato di una capacità pari a 900 m³ e ubicato nell'omonima località, a servizio della località di Mombello;
- il serbatoio "Brianza" (quota 254 m s.l.m.), dotato di una capacità pari a

900 m³ e ubicato alle pendici dell'omonimo monte, alimentante la rete delle località Acquanegra e Chiso;

- i serbatoi "Castello" (quota 253 m s.l.m.), dotati di una capacità complessiva pari a 1.100 m³, collegati alla rete di Laveno centro.

La presenza dei suddetti serbatoi è di fondamentale importanza sia per supportare il soddisfacimento dei prelievi critici durante le ore di punta giornaliere che per favorire il mantenimento delle adeguate pressioni di rete.

Nel territorio comunale sono inoltre presenti quattro stazioni di sollevamento per lo smistamento dell'acqua dalle sorgenti ai serbatoi e l'alimentazione delle porzioni di rete altimetricamente più elevate.

- Stazione di sollevamento bacino Nove Fontane, che pompa l'acqua dal complesso Nove Fontane, immettendola in parte direttamente in rete e in parte nella stazione di sollevamento "XXV Aprile";
- Stazione di sollevamento "Garibaldine", che riceve l'acqua proveniente dalle sorgenti Sasso Alto (2/1 e 2/2), Valle Riale (3/1 e 3/2) e Ferrari (4), con la quale alimenta in parte i serbatoi Castello, Monteggia e Brianza e in parte le località di Monteggia, Brenna e Laveno centro;
- Stazione di sollevamento "XXV Aprile", che riceve l'acqua dalla stazione di sollevamento del bacino Nove Fontane e in parte alimenta la rete (località di Mombello) e in parte alimenta i serbatoi Brianza e Rocca;
- Stazione di sollevamento Bacino Brianza, che preleva l'acqua dal bacino Brianza e la solleva al bacino Belvedere.

Le caratteristiche tecniche degli organi idraulici sono invece di seguito sintetizzate:

	Tipo di pompa (marca – modello)	Tipo di motore	Potenza (kW)	Prevalenza (m)	Portata (l/s)
Bacino Nove Fontane	KSB ETA 100-50 n.75/11676	Mez Frenstat F225504	37	65	30
	KSB ETANORM G 080/250 n.9970481995	Leroy Somer n.24630/01	45	75	40
	KSB ETANORM G 65- 250/200L n.09410955/1	Leroy Somer n.122472/03	37	75	33,3
Pozzi Nove Fontane	KSB UPA 300-94360				20,5
Stazione Garibaldine	KSB Movitec VF 32-12	n.L053514	22	189,8	7,5
		n.L053515			

	Tipo di pompa (marca – modello)	Tipo di motore	Potenza (kW)	Prevalenza (m)	Portata (l/s)
Stazione XXV Aprile	KSB WKF65/4 n.95/21178/101	KSB Italia DS 225 M2 1304951/95	45	136	20
	IRIS 70/6h n. 765960	Irribloc n.95663/03	45	136	20
	KSB WKS 65/4 n. 2031907609/10	Leroy Somer LS 225 MT n.117377/03	45		
Stazione Bacino Brianza	Caprari NC50	Felm n.HD 09 FM	22		
	Caprari NC250	3790418 e n.HD			
	Caprari NC235	09 FM 3790418			

Per quanto riguarda il trattamento delle acque estratte, il sistema acquedottistico ha i seguenti impianti:

- Sorgente Nove Fontane: impianto per il trattamento delle acque mediante cloro (pompa clororesiduometro);
- Serbatoio Monteggia: impianto per il trattamento delle acque mediante lampade a raggi UV;
- Serbatoio Casere: impianto per il trattamento delle acque mediante cloro (pompa clororesiduometro);

La rete acquedottistica, così complessa in quanto realizzata a servizio di un territorio morfologicamente articolato ed realmente esteso, è gestita in base a rilevazioni dei livelli (vuoto / pieno) nei serbatoi che regolano l'entrata in funzione delle pompe delle opere di captazione e delle stazioni di rilancio. Tale funzionamento è necessariamente controllato e comandato da un sistema informatizzato che mediante telecontrollo gestisce anche le situazioni di allarme per malfunzionamento o guasto. Nel caso specifico il sistema di cui è dotato l'acquedotto di Laveno Mombello risulta particolarmente efficiente ed efficace, consentendo anche l'archiviazione di dati tecnici gestionali (**All. 6**).

5.3.2 REGIME DEI PRELIEVI

La tabella seguente riassume i dati di sollevato dal sistema Nove Fontane (sorgente e pozzi), la quale costituisce la fonte di captazione principale per il Comune di Laveno Mombello, fornendo da sola circa il 90% della disponibilità idrica comunale.

	Sollevato annuo dalla Sorgente Nove Fontane (m ³)
2006	1.636.197
2007	1.564.739
2008	1.353.104
2009	931.144 (*)

(*) dato aggiornato a Settembre 2009

Tale considerazione, confermata anche dalle valutazioni dell'Acquedotto Comunale, ha consentito di fornire una stima approssimativa della disponibilità idrica complessiva annua fornita da tutte le fonti idropotabili. La rimanente parte della disponibilità idrica comunale (circa il 10%) è invece fornita dalle sorgenti minori presenti nel territorio comunale, le quali nei periodi di maggior siccità risultano comunque in secca; il valore indicato in tabella è ottenuto sottraendo alla disponibilità idrica complessiva stimata il sollevato dalla sorgente Nove Fontane. Tali stime risultano comunque veritiere in quanto tali sorgenti forniscono in media 5÷5,5 l/s (rif. tabella del **Par. 5.3.1**), corrispondenti effettivamente a **160.000/175.000 m³ annui**.

	Sollevato annuo dalla Sorgente Nove Fontane (m ³)	Disponibilità idrica complessiva(m ³) (stimato)	Sollevato annuo dalle sorgenti minori (m ³) (stimato)
2006	1.636.197	1.817.997	181.800
2007	1.564.739	1.738.599	173.860
2008	1.353.104	1.503.449	150.345

Il sollevato più consistente è comunque quello relativo al 2006, un anno in generale caratterizzato da scarsità di precipitazioni meteoriche, che ha probabilmente limitato la produttività dei sistemi sorgentizi minori; di conseguenza il sistema Nove Fontane ha dovuto sopperire alla mancanza di contributo da parte delle altre sorgenti.

La Nove Fontane è una sorgente carsica, con fratture e gallerie carsiche che fungono da serbatoi e che dunque continuano ad alimentare il sistema sorgentizio anche in periodi di magra e che riversano parte della portata stessa nell'immediato sottosuolo (pozzi di estrazione 4/1 e 4/2).

I dati forniti dall' U.T. comunale, assieme alla conferma del fatto che negli ultimi anni Laveno non ha mai dovuto affrontare situazioni di grave emergenza idrica, porta a concludere che la sorgente Nove Fontane è caratterizzata da una curva di esaurimento molto lunga e che quindi risente in modo limitato dei regimi delle precipitazioni meteoriche, le quali determinano

effetti limitatamente al regime di portata che emerge naturalmente. In pratica la scarsità delle precipitazioni del 2006, riducendo il carico piezometrico gravante su essa, ha solo determinato una più frequente attivazione dei due pozzi di estrazione 4/1 e 4/2.

5.3.3 DISPONIBILITÀ IDRICA EXTRACOMUNALE

La rete acquedottistica di Laveno Mombello non presenta alcun tipo di interconnessione con le reti dei comuni limitrofi.

L'unica eccezione è rappresentata dal serbatoio di Casere (località nella porzione nord-orientale di Laveno Mombello) per il quale esiste un'interconnessione di soccorso (mediante apertura by-pass) con la rete acquedottistica di Cittiglio, in particolare con la frazione di Vararo (località nella parte nord-occidentale del comune).

Poiché la frazione di Casere è comunque un'entità autonoma dal punto di vista impiantistico, in quanto dotata di pozzi e sorgenti per il proprio sostentamento, questa interconnessione di soccorso non riguarda tutta la rete di Laveno, ma esclusivamente tale località.

5.3.4 STIMA DELLE PERDITE DELLA RETE DI ADDUZIONE E DI DISTRIBUZIONE

La tabella seguente riassume i volumi totali annui immessi in rete (stima) e i volumi totali fatturati dal Comune di Laveno Mombello per il quinquennio 2004 – 2008 (dati forniti dall'U.T. comunale).

	Sollevato totale (m ³)	Fatturato totale (m ³)	Stima perdite apparenti(%)
2004	[-]	748.519	[-]
2005	[-]	685.069	[-]
2006	1.817.997	730.261	59,83
2007	1.738.599	726.886	58,19
2008	1.503.449	681.134	54,70

(*) Per gli anni 2004 e 2005 non si ha a disposizione alcun valore di sollevato dalle fonti.

In generale, le perdite apparenti della rete acquedottistica risultano molto elevate, attestandosi attorno al 55-60%, anche se dal 2006 al 2008 si osserva un decremento progressivo di tale percentuale.

La stima delle perdite mette comunque in evidenza uno dei principali problemi della rete di distribuzione comunale, afflitta da fenomeni di corrosione e rottura generati dalle correnti vaganti di sottosuolo (Ferrovie Nord, Ferrovie dello Stato).

Occorre comunque precisare che nel volume conteggiato come perdita sono compresi, in quanto non fatturati, anche i volumi che alimentano gli idranti e le fontane pubbliche, i volumi sottratti mediante allacciamenti abusivi e i volumi d'acqua effettivamente fornito alle utenze ma non contabilizzati da contatori malfunzionanti o con una bassa sensibilità.

Al contrario i volumi forniti ai servizi e agli utenti pubblici sono fatturati regolarmente e dunque non rientrano nelle perdite di rete.

5.3.5 PUNTI CRITICI DELLA RETE ACQUEDOTTISTICA

Una delle principali problematiche riscontrate in relazione al sistema acquedottistico di Laveno Mombello riguarda essenzialmente la rete di distribuzione e il pessimo stato di conservazione delle condotte e tubazioni. Tale condizione, come già illustrato nel paragrafo precedente, porta ad avere un'elevata percentuale di perdite in rete, anche dell'ordine del 55 – 60 %, e difficoltà nel mantenimento delle pressioni nel sistema.

Attualmente il Comune di Laveno, in qualità di Ente Gestore dell'acquedotto comunale, sta affrontando tale problematica, attuando una serie di interventi volti alla riduzione delle perdite in rete. Alcuni di tali interventi hanno già portato alla riduzione del sollevato giornaliero (sollevato estivo) da 5.000 m³/d a 4.000 m³/d (perdite ridotte di circa il 20%).

Tra i vari interventi promossi dal Comune vi è una campagna di sostituzione dei contatori vecchi con misuratori nuovi più sensibili alle basse portate (in media circa 300 all'anno), che porterà ad una migliore contabilizzazione dei volumi da fatturare e di conseguenza ad una più corretta quantificazione delle perdite. Inoltre si sta provvedendo ad una sostituzione graduale di intere porzioni di rete, danneggiate o comunque in pessimo stato di conservazione, per minimizzare le perdite vere e proprie.

Un altro punto particolarmente critico relativo al sistema acquedottistico riguarda la provenienza di quasi tutta la disponibilità idrica comunale da un'unica fonte idropotabile (la sorgente Nove Fontane) che da sola copre circa il 90% dei fabbisogni idrici della popolazione. Un guasto al sistema o la contaminazione della falda in prossimità dell'opera di captazione potrebbe causare l'instaurarsi di una condizione di emergenza idrica.

5.4 Analisi idrogeologica

Per l'analisi idrogeologica relativa alla sorgente "Nove Fontane" si è fatto riferimento alla "*Relazione geologico idrogeologica da allegare alla richiesta di concessione trentennale per derivazione acqua dalle sorgenti e pozzi ad uso*

idropotabile” (Settembre 2008), realizzato dallo Studio Tecnico Associato di Geologia Carimati - Zaro.

5.4.1 ASSETTO IDROGEOLOGICO

La circolazione delle acque sotterranee risulta fortemente condizionata sia dal locale assetto geologico-strutturale che dalle caratteristiche morfologiche del territorio. A tal proposito si possono pertanto scindere due domini a comportamento idrogeologico completamente differente: l'idrostruttura carsica del Sasso del Ferro e la piana alluvionale del Torrente Boesio.

L'idrostruttura carsica del Sasso del Ferro si configura come un massiccio roccioso a dominante carbonatica (calcari e dolomie), in cui la permeabilità è essenzialmente di tipo secondario, dipendente cioè dal grado e dal tipo di fratturazione della roccia, dalla sua stratificazione, dal grado di alterazione e dalla presenza più o meno sviluppata di carsismo ipogeo, risultando ovviamente variabile e maggiore nei termini calcarei rispetto a quelli dolomitici.

Trattandosi di una struttura in netto rilievo morfologico rispetto alle aree circostanti è verosimile pensare che la sua alimentazione sia legata essenzialmente alle precipitazioni meteoriche, per quanto non possono essere esclusi travasi da idrostrutture adiacenti. L'alimentazione prevalente avviene sotto forma di infiltrazione diffusa (o primaria) degli apporti meteorici e può essere immediata (se legata alle precipitazioni piovose) o ritardata (se connessa allo scioglimento del manto nevoso). La velocità con cui il fenomeno si esplica è variabile, essendo maggiore nelle zone di roccia affiorante rispetto a quelle che presentano copertura di vario tipo, che tende a rallentare l'infiltrazione efficace. Localmente, inoltre, si possono avere processi di infiltrazione concentrata (o secondaria) quando le acque di ruscellamento superficiale, provenienti anche da rocce non carsiche comprese nell'area di alimentazione del sistema, si riversano direttamente in inghiottitoi attivi o semiattivi.

Generalmente, nella porzione corticale, la roccia è caratterizzata da un'intensa fratturazione, che si riduce progressivamente dopo i primi metri che favorisce un rapido assorbimento delle acque meteoriche e il trasferimento in profondità. Nell'ammasso roccioso la circolazione idrica dipende dagli apporti meteorici ed è caratterizzata da un deflusso che avviene generalmente su percorsi verticali, impostati lungo fratture e fessure carsificate. In assenza di apporti diretti dalla superficie, le pareti delle cavità sono ricoperte da sottili veli d'acqua, mentre in seguito ad apporti filtrativi si instaura una circolazione più o meno abbondante. Nella zona satura, cioè nella porzione di ammasso roccioso totalmente sommersa, in cui le acque, in pressione, si spostano con direzioni prevalentemente sub-orizzontali verso le aree di emergenza, si

possono individuare sia collettori principali (condotti carsici maggiori ed interessati da un flusso continuo diretto verso le sorgenti con funzione di vie di drenaggio) sia una capillare rete di discontinuità e condotti minori, più o meno estesi, che rappresentano invece la parte più rilevante del sistema fungendo da serbatoi che ospitano importanti riserve idriche e che, in assenza di apporti diretti, alimentano a loro volta i condotti sorgentizi principali. Lo svuotamento del sistema è in genere lento, a causa delle perdite di carico cui sono soggetti (restringimenti di sezione, riempimenti di depositi a permeabilità ridotta); nei periodi con notevoli apporti, essi tendono a saturarsi mentre al cessare dell'infiltrazione cedono lentamente i volumi accumulati, garantendo al sistema un certo flusso anche dopo periodi piuttosto lunghi in assenza di precipitazioni.

L'area di fondovalle del Torrente Boesio risulta caratterizzata da un materasso di depositi glacio-lacustri e alluvionali che ricoprono con spessori variabili il substrato roccioso. La circolazione idrica sotterranea negli strati acquiferi più superficiali è legata ad una permeabilità primaria per porosità e l'alimentazione dell'idrostruttura avviene per infiltrazione delle precipitazioni meteoriche, per le perdite di subalveo dei corsi d'acqua e per travaso dalle idrostrutture dei rilievi carbonatici circostanti, primo fra tutti quello del Sasso del Ferro, attraverso le sorgenti Nove Fontane. Negli strati profondi la circolazione idrica è legata a sistemi distali e in parte anch'essa a travaso dalle idrostrutture carsiche della zona. I prelievi sono pertanto attuati mediante emungimento attraverso pozzi di diversa profondità.

5.4.2 BILANCIO IDROGEOLOGICO

L'alimentazione della sorgente Nove Fontane è prevalentemente carsica, anche se non sono esclusi limitati apporti dalle alluvioni di fondovalle della piana del Torrente Boesio e dalle falde di detrito.

Sulla base di alcuni studi svolti sulla sorgente ("Indagine idrogeologica del territorio comunale di Laveno Mombello", Reggiori Donatella, ottobre 1990) si evidenzia che la zona di alimentazione deve risultare più estesa rispetto all'area sottesa dal bacino imbrifero, dato che il solo apporto delle precipitazioni meteoriche non è sufficiente per giustificare le portate registrate alla sorgente. Il bacino idrogeologico è probabilmente esteso oltre che al massiccio carbonatico del Sasso del Ferro anche a parte dei Pizzoni di Laveno e del Monte Nudo.

I rapporti tra l'alimentazione e le portate in uscita dalla sorgente sono estremamente complessi e comunque variabili nel corso dell'anno. In particolare la tendenza registrata nei mesi estivi (luglio e agosto) ad un abbassamento del livello piezometrico è legata, oltre che ad un incremento

della richiesta del fabbisogno idrico, anche ad un calo degli apporti dal bacino di alimentazione.

Ciò farebbe presupporre alla presenza di una soglia o di fessure disposte a sifone tali per cui quando la superficie piezometrica scende oltre un certo limite l'acqua non risale completamente a giorno ma continua a permeare nei depositi di fondovalle.

Per il bilancio idrogeologico della sorgente Nove Fontane si è fatto riferimento allo studio "Geologia e Idrogeologia del gruppo del Sasso del Ferro, Pizzoni di Laveno, M. Nudo" (Reggiori Donatella, tesi di laurea, 1978).

Nel suddetto studio è stato effettuato un bilancio idrogeologico al fine di individuare e delimitare il bacino di alimentazione della sorgente Nove Fontane.

Il bilancio idrogeologico è definito dalla relazione

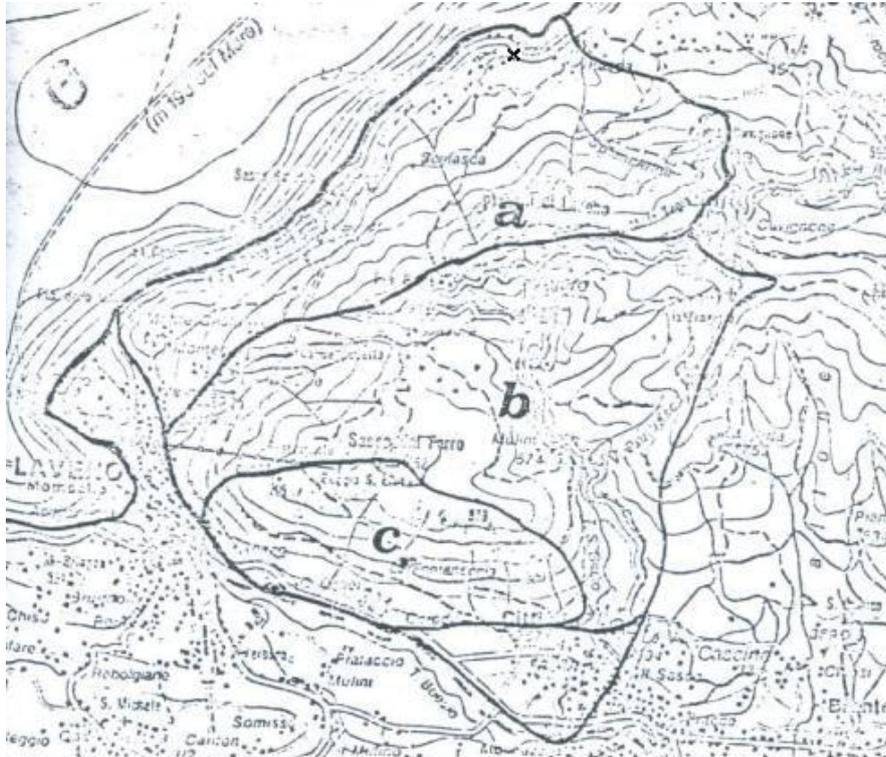
$$P = I + E + S$$

dove P sono le precipitazioni meteoriche annue (mm), I l'infiltrazione annua (mm), E l'evapotraspirazione (mm) e S lo scorrimento superficiale (mm) che include anche il deflusso libero delle sorgenti (aliquota non captata).

L'entità dell'infiltrazione si ottiene dalla differenza

$$I = P - (E + S)$$

Per quanto riguarda l'area di alimentazione, è stata innanzitutto considerata la porzione di territorio racchiusa tra la sponda del lago maggiore (da P.ta delle Olive a Sasso Sciseno) e Molinazzo, comprendente i bacini imbriferi dei torrenti tributari diretti dal lago (da Lavello a V.Sasso) del Torrente Riale, Torrente S. Giulio e delle sorgenti Fontanaccia e Nove Fontane. La superficie dell'area considerata è 14,23 km² (*bacino "a"* in figura).



L'entità delle precipitazioni meteoriche annue è stata valutata dalla carta delle isoiete (Belloni '75) considerando le aree sottese dalle diverse linee di isoprecipitazione

$$P = \frac{\sum P_i A_i}{A'} = 2022,8 \text{ mm/anno}$$

Il valore dell'evapotraspirazione annua è stato valutato con la formula di Turc

$$ET = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}} = 660 \text{ mm/anno}$$

$$L = 300 + 25T_a + 0,05T_a^3$$

dove T_a rappresenta la temperatura media annua, stimata pari a circa 12° .

Lo scorrimento superficiale annuo S , espresso come altezza in mm, è stato ricavato dalla somma delle portate medie annue di tutti i corsi d'acqua presenti nella zona (bacino "a"), incluso il deflusso delle sorgenti (Nove Fontane, Fontanaccia e Sasso Sciseno). La portata complessiva media

annua è stimata pari a circa 300 l/s (corrispondenti a 9.460.800 m³/anno e a 664,8 mm/anno di pioggia defluita).

L'infiltrazione risulta dunque pari a

$$I = 2022,8 - 660 - 664,8 = 698 \text{ mm/anno}$$

pari a un volume di pioggia infiltrato in un anno su tutto il bacino di 9.932.540 m³/anno, ossia in media 315 l/s (pari a 22,13 l/(s km²)). L'infiltrazione rappresenta circa il 34,5% delle precipitazioni meteoriche complessive.

Successivamente è stata considerata un'area più limitata, compresa tra la linea di spartiacque Pizzoni di Laveno – M. La Tegia – Crocione e Pianella – Cereda, escludendo, rispetto al calcolo precedente, la fascia prospiciente al lago e il conoide di deiezione del T. S. Giulio. Tale area ha un'estensione di 8,75 km² (*bacino "b"* in figura).

Le precipitazioni annue P sul territorio considerato ammontano a circa 2004 mm/anno, mentre l'evapotraspirazione E è di 660 mm/anno. Il deflusso superficiale, ricavato dalle portate del T.S. Giulio a Pianella, del T. Riale, delle Nove Fontane e della Fontanaccia, risulta pari a circa 230 l/s (corrispondente a 7.240.666 m³/anno e a 827,5 mm/anno di pioggia defluita).

Di conseguenza, l'entità dell'infiltrazione è

$$I = 2004 - 827,5 - 660 = 516,5 \text{ mm/anno}$$

pari a un volume di pioggia infiltrato in un anno su tutto il bacino di 4.519.375 m³/anno, ossia in media 143,3 l/s (pari a 16,38 l/(s km²)).

Riducendo ulteriormente l'estensione del territorio considerato (versante meridionale del Sasso del Ferro, corrispondente al bacino orografico delle sorgenti Nove Fontane e Fontanaccia, bacino "c" in figura) non è più possibile procedere al calcolo del bilancio idrogeologico, in quanto l'acqua che emerge dalle sorgenti supera l'entità delle infiltrazioni.

Da tali valutazioni emergono le seguenti considerazioni di ordine pratico:

- il bilancio mostra che l'idrostruttura carsica del Sasso del Ferro è attualmente sfruttata al di sotto delle proprie potenzialità complessive, avvalorando l'ipotesi di un consistente travaso negli acquiferi di fondovalle;
- la stessa sorgente Nove Fontane ha quindi ulteriori margini di sfruttamento che, a seguito di studi più accurati, potrebbero essere

ottenuti mediante ottimizzazione gestionale atta a garantire maggiore quantità idrica ed una più elevata portata di punta disponibile;

- una prima ipotesi di ottimizzazione potrebbe essere il potenziamento dello stoccaggio delle acque sorgentizie, riducendo quindi le portate perse dal troppo pieno e defluenti nel T. Boesio; una seconda ipotesi potrebbe riguardare l'incremento delle portate estratte mediante pompaggio dai pozzi.

5.5 Considerazioni finali e proposte

5.5.1 Valutazioni rispetto alla dotazione idrica attuale

Attualmente i fabbisogni idrici del Comune di Laveno Mombello risultano sostanzialmente soddisfatti dalle fonti idropotabili appartenenti all'acquedotto comunale, in particolar modo dal complesso Nove Fontane (sorgente 1 e pozzi 4/1 e 4/2), che da solo soddisfa circa il 90% dei fabbisogni idrici comunali.

Lo sfruttamento di tale risorsa idrica, e di un'altra serie di sorgenti minori presenti nel territorio, ha infatti consentito al Comune negli ultimi anni di fare pienamente fronte ai fabbisogni della popolazione, senza dover mai affrontare situazioni di particolare crisi idrica. Inoltre la presenza di un sufficiente numero di serbatoi di accumulo nel territorio ha finora consentito di rispondere e affrontare situazioni anche critiche di richiesta idrica.

Le previsioni di incremento demografico derivanti dall'attuazione del P.G.T. (da 9.133 a 11.118 unità residenti) determinano un conseguente incremento dei fabbisogni idrici che non provoca comunque uno scompenso nel loro soddisfacimento, almeno per quanto riguarda i consumi medi. Il bilancio disponibilità/fabbisogni massimi futuri mostra invece un leggero squilibrio (di circa 13 l/s), un risultato che comunque non desta particolare preoccupazione in quanto le richieste idriche di punta, come avviene attualmente, sono soddisfatte grazie all'effetto "polmone" attuato appunto dai bacini di accumulo e compenso. A tal proposito, il bilancio idrogeologico conferma comunque l'attuale sottosfruttamento dell'idrostruttura carsica del Sasso del Ferro al di sotto delle proprie potenzialità complessive e la presenza di ulteriori margini di sfruttamento del sistema Nove Fontane conseguibili mediante ottimizzazione gestionale, atta a garantire maggiore quantità idrica ed una più elevata portata di punta disponibile. Tale obiettivo potrebbe essere conseguito, a

seguito di opportuni studi di dettaglio, in primo luogo mediante il potenziamento dello stoccaggio delle acque sorgentizie, riducendo quindi le portate perse dal troppo pieno e defluenti nel T. Boesio, oppure incrementando le portate estratte mediante pompaggio dai pozzi.

Se dal punto di vista della disponibilità idropotabile il Comune di Laveno Mombello non presenta particolari problematiche, per quanto riguarda la distribuzione della risorsa idrica esistono invece alcune criticità, legate soprattutto all'elevata percentuale delle perdite in rete, che si attestano anche attorno al 60%. Tale condizione provoca di conseguenza anche alcune disfunzioni di tipo tecnico, ad esempio nel mantenimento delle pressioni in rete.

Un altro punto critico non trascurabile riguarda la provenienza di quasi tutta la disponibilità idrica comunale da un'unica fonte idropotabile, ossia la sorgente Nove Fontane. Un guasto del sistema o la contaminazione della falda in prossimità dell'opera di captazione potrebbe causare l'instaurarsi di una condizione di emergenza idrica.

5.5.2 Interventi in atto o previsti per la risoluzione delle criticità riscontrate

Il Comune, in qualità di Ente Gestore dell'acquedotto comunale, sta attualmente realizzando interventi volti alla riduzione delle perdite nella rete acquedottistica. Da qualche anno si sta infatti provvedendo alla sostituzione graduale di intere porzioni di rete, danneggiate o in pessime condizioni di conservazione; a tal proposito nel 2008 è stato sostituito un lotto corrispondente a circa 1,7 – 1,8 km di condotte, mentre nel corso del 2009 è stato sostituito un lotto corrispondente a circa 1km (dato aggiornato a luglio 2009).

Un'altra campagna promossa dal Comune riguarda la sostituzione dei vecchi contatori con apparecchi nuovi più sensibili alle basse portate (in media circa 300 all'anno); tale campagna ha lo scopo di affinare la valutazione dell'effettivo fatturato che, aumentando, condurrà ad una conseguente miglior quantificazione delle perdite effettive.

Altri interventi previsti riguardano essenzialmente la manutenzione ordinaria e straordinaria della rete, delle opere di captazione, dei bacini di accumulo e degli impianti.

5.5.3 Misure da adottare per il risparmio idrico

Oltre agli interventi di potenziamento delle fonti, il PGT deve perseguire anche misure di risparmio idrico e corretto utilizzo della risorsa idrica.

Per quanto riguarda il risparmio idrico e le misure da adottarsi in tal senso, si fa riferimento alle disposizioni regionali in materia, R.R. n. 2 del 24/03/2006, art. 6 comma1. A tal fine, successivamente al recepimento di tali disposizioni, risulta necessario l'adeguamento del regolamento edilizio comunale.

Le disposizioni regionali, finalizzate al risparmio e al riutilizzo della risorsa idrica, riguardano in generale i progetti di nuova edificazione e gli interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente. I contenuti del regolamento possono essere riassunti come segue:

- introduzione negli impianti idrico-sanitari di dispositivi idonei ad assicurare una significativa riduzione del consumo d'acqua;
- realizzazione di reti di adduzione duali;
- realizzazione della circolazione forzata dell'acqua calda destinata all'uso potabile al fine di ridurre il consumo dell'acqua non già alla temperatura necessaria (negli edifici condominiali con più di tre unità abitative);
- installazione, per ogni utente finale, di appositi misuratori di volume o portate erogate, omologati a norma di legge;
- adozione di sistemi di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici e realizzazione di vasche di invaso per l'accumulo libero delle stesse (per usi diversi dal consumo umano).

6. IDROGRAFIA

6.1 Tipologia dei corsi d'acqua

I corsi d'acqua compresi nel territorio comunale di Laveno Mombello sono, per la maggior parte, a carattere torrentizio e in continua evoluzione geomorfologica per lo sviluppo di fenomeni di erosione accelerata delle sponde, approfondimento dell'alveo fino al substrato roccioso sepolto e trasporto solido soprattutto in occasione delle piene legate a precipitazioni meteoriche di elevata intensità.

In tali condizioni sono riconoscibili differenti tipologie e comportamenti in relazione al tratto e al settore territoriale considerato:

- nel **settore montano** i corsi d'acqua sono tutti a carattere torrentizio, generalmente con alveo in terreno naturale, spesso rappresentato dal substrato lapideo; in corrispondenza degli eventi meteorici intensi, si sviluppano fenomeni di piena con portate variabili in relazione all'importanza del corso stesso e di trasporto a valle di materiale solido associato ad erosione spondale.

Il corso d'acqua principale è il **T. Riale**, che ha origine sul versante N del Sasso del Ferro, presso località Casere; si sviluppa lungo un percorso di circa 2,4 km, seguendo la direzione della faglia Pizzoni di Laveno. Raccoglie le acque del versante N del Sasso del Ferro e del versante sud dei Pizzoni di Laveno e parte delle acque provenienti da Monteggia, sottendendo un bacino imbrifero di 1,76 kmq (pendenza media 31°); in corrispondenza della stazione della bidonvia il corso d'acqua viene intubato fino allo sbocco nel Lago Maggiore.

- anche nel **settore collinare** i corsi d'acqua sono a carattere torrentizio, soggetti a fenomeni di piena in occasione degli eventi meteorici intensi, trasporto di materiale solido ed erosione spondale per scalzamento al piede; i fenomeni di effettive esondazioni sono rari. Gli alvei sono in terreno naturale ed in qualche caso regimati con opere idrauliche in pietra naturale.

Il corso d'acqua principale è il T. Rialto si origina in corrispondenza dei rilievi collinari di Mombello e sviluppa per circa 1,8 km. In corrispondenza del cimitero di Cerro, riceve in sinistra idrografica le acque dello scolmatore della Torbiera. Il T. Rialto sottende un bacino imbrifero di circa 1,6 kmq (pendenza media 11°). Presso l'abitato di Cerro (P.zza Dante) il corso d'acqua viene intubato fino allo sbocco nel Lago Maggiore.

- il **settore di fondovalle** è dominato dal corso del **T. Boesio**, della **R. Fassora** e del **Fosso del Confine – Pioris**, soggetti a fenomeni di piena in occasione degli eventi meteorici intensi, con innalzamento della quota del pelo libero e formazione di rigurgiti degli affluenti minori (es. Area Manifattura Monterosa). I fenomeni di esondazione diretta con fenomeni di trasporto solido o erosione spondale sono rari. il profilo altimetrico è poco inclinato, gli alvei sono calibrati e regimati mediante opere idrauliche di tipo a scogliera aperta.

Il **T. Boesio** è uno dei corsi d'acqua principali dell'intera Valcuvia, ha una lunghezza totale di circa 11 km e sottende un bacino imbrifero di circa 49 kmq. Si origina nella piana tra Cuvio e Cuveglio (loc. Carreggio), raccogliendo gli apporti di alcuni canali antropici che drenano le acque provenienti dai monti della Valcuvia a Nord e del versante settentrionale del Campo dei Fiori a Sud e, dopo aver percorso tutto il fondovalle della Valcuvia, sbocca nel Lago Maggiore.

La **R. Fassora** è una roggia molinara del T. Boesio: deriva dal Boesio in Cittiglio (loc. Molinazzo) e scorre in sinistra idrografica del medesimo, lungo il limite della piana alluvionale. La roggia si reimmette nel Boesio a Laveno, in loc. Molinetto.

A partire dal 2003 sono stati effettuati diversi interventi idraulici soprattutto lungo la Roggia Fassora, al fine di mitigare il rischio di allagamento delle aree definite dallo studio della C.M. della Valcuvia. Per la completa funzionalità dello scolmatore bypass in loc. Mulini (che collega la Fassora con il T. Boesio) è necessario che siano attuate le misure di completamento previste dallo studio di "verifica di compatibilità idraulica degli interventi di sistemazione realizzati sulla Roggia Fassora" (Ing. Bai – 2008). La realizzazione di tali interventi di completamento consentirà di svincolare definitivamente parte delle aree allagabili per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni (**Tav. 7**).

Il **Fosso del Confine** è un corso d'acqua che interessa solo in parte il territorio di Laveno mombello. Si origina nella porzione meridionale del territorio, presso il confine con Sangiano, raccogliendo le acque provenienti dai rilievi di Mombello e dai versanti del Monte Sangiano. Si sviluppa per circa 1,6 km (bacino di circa 2 kmq con 10° di pendenza media) per poi confluire nel Rio Ballarate a Leggiuno.

L'andamento naturale del reticolo idrico del territorio comunale di Laveno Mombello ha subito nel corso dei decenni continue modifiche e rimaneggiamenti, dovuti allo svilupparsi del tessuto urbano: diversi corsi

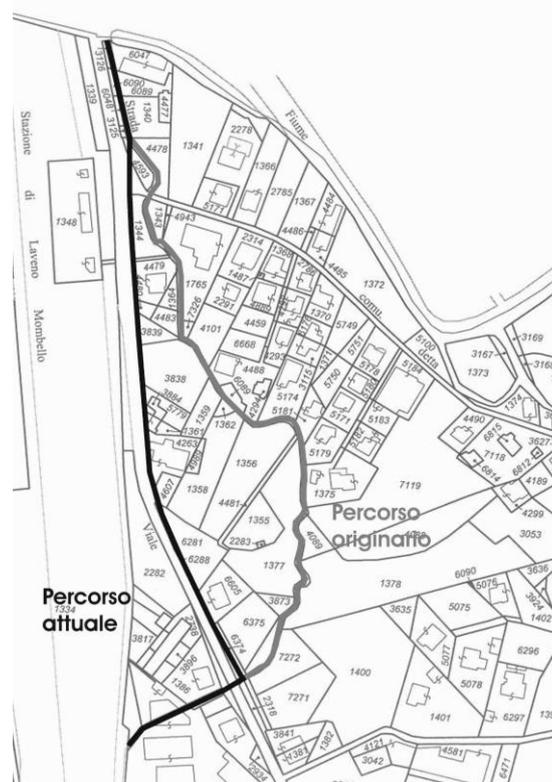
d'acqua superficiali, come ad esempio le Rogge del Gaggetto, sono stati intubati e trasformati in condotti fognari.

I corsi d'acqua che presentano ancora, anche se parzialmente, caratteri naturaliformi, come ad esempio il T. Rianne o il Rio Borgone, sono stati inclusi nel reticolo idrografico.

Viceversa, tutti i corsi d'acqua "dismessi", cioè alterati od obliterati a seguito di azioni antropiche pregresse, attualmente facenti parte della rete fognaria come condotti o scaricatori di acque bianche, sono stati esclusi dal reticolo idrografico.

Nella **Tav. 7** sono individuati sia i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico, che quelli esclusi dallo stesso.

Tra questi va segnalato il caso della roggia del Molinetto: anche se indicato nelle mappe catastali (vedi fig. seguente), il suo corso originale è stato completamente obliterato, tuttavia, in occasione degli eventi meteorici più intensi è causa di allagamenti nella zona (**Tav. 7**).



6.2 Individuazione del reticolo idrografico

Il reticolo è stato individuato in base ai criteri della D.G.R. 1 agosto 2003 n. 7/13950 – "Modifica della D.G.R. 25 gennaio 2002 n. 7/7868 - Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni di polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'Art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000 - Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica" la Regione Lombardia aggiorna e approfondisce le modalità di individuazione del **reticolo idrico principale** e, per differenza, del **reticolo idrico minore** già disciplinate nella precedente delibera del 2002.

La D.G.R. 7/13950/03, inoltre, conferma la delega all'amministrazione comunale per l'individuazione delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua e della relativa regolamentazione con indicazione delle attività vietate o soggette ad autorizzazione e stabilisce il trasferimento ai Comuni, alle Comunità Montane e ai consorzi di bonifica delle funzioni concernenti la manutenzione, la polizia idraulica e l'amministrazione dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore già disposte precedentemente.

Secondo gli elenchi riportati nell'Allegato A – "Individuazione del reticolo principale" della D.G.R. 8/8127 del 01/10/2008, che sostituisce l'analogo allegato alla delibera del 2003, il territorio comunale di Laveno Mombello è interessato dai seguenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale (**Tav. 7**):

Reticolo idrico principale in Comune di Laveno Mombello			
N. progr.	Denominazione	Tratto classificato come principale	N. iscr. EI. AAPP
VA020	<i>Torrente Boesio</i>	dallo sbocco nel Lago Maggiore sino alla confluenza con il Canale Nuovo	169/C
VA029	<i>Fosso del Confine</i>	dallo sbocco nel Rio di Ballarate sino alla confluenza in ciascuno dei rami in cui si divide	182/C

Il T. Boesio rientra nel reticolo principale per tutto il tratto compreso nel territorio comunale di Laveno, mentre il Fosso del Confine solo per un breve tratto in corrispondenza del confine comunale con Leggiuno e Sangiano.

Tutti i restanti corsi d'acqua, indicati in **Tav. 7**, appartengono al reticolo idrico minore e vengono di seguito elencati:

- *Torrente Rianne* o *Ariane*;
- *Valec di can*;
- *Rogge del Bacino Ronchi – Motto – Scaletta*;
- *Corsi d'acqua* sul versante nord – ovest del Sasso del Ferro;
- *Corsi d'acqua* sul versante sud del Sasso del Ferro;
- *Aves del Gaggetto*
- *Corsi d'acqua in loc. Casere*, affluenti del T. S. Giulio di Cittiglio;
- *Torrente Riale* o T. Val Laveno;
- *Affluenti* del T. Riale:
 - ✓ *Torrente dell'Immacolata*;
 - ✓ *Valletto*;
 - ✓ *Sassale*;
- *Roggia Fassora*, o *Jona*, affluente del T. Boesio;
- *Affluenti* della R. Fassora:
 - ✓ *Gaggiolo*;
 - ✓ *Val Grande*;
 - ✓ *Afluente della R. Fassora ad Est del Val Grande*;
 - ✓ *Roggia Molliscia*;
 - ✓ *Rugeta*;
 - ✓ *Funtanin*;
- *Altri affluenti* del T. Boesio:
 - ✓ *Locmagn*;

- ✓ *Torrente Riazzolo;*
- ✓ *Torrente Rebolgiane, affluente del T. Riazzolo;*
- ✓ *Fuset;*
- ✓ *Torrente Fontanelle;*
- ✓ *Rogge della Piana del Pradaccio;*
- *Falcina;*
- *Corsi d'acqua tra Monte Brianza e Cerro;*
- *Torrente Rialto o T. Val di Cerro;*
- *Affluenti del T. Rialto:*
 - ✓ *Rio Cangelli;*
 - ✓ *San Clemente;*
 - ✓ *Vigera;*
 - ✓ *Riaa;*
 - ✓ *Torrente Brugo;*
 - ✓ *Scarperi, affluente del T. Brugo;*
 - ✓ *Immissari del Bacino della Torbiera, affluenti del T. Brugo;*
- *San Defendente;*
- *Ceresolo;*
- *Torrente Cavalese;*
- *Fosso del Confine a monte del tratto definito come principale;*
- *Affluenti del F. del Confine:*
 - ✓ *Torrente Valsorda;*
 - ✓ *Torrente Perlega;*
 - ✓ *Rio Borgone (Burgun), affluente del Perlega;*

- ✓ *Ruscello del Trafan, affluente del T. Perlega;*
- ✓ *Torrente Pioris;*
- ✓ *Campostrii, affluente del T. Pioris;*
- ✓ *Torrente Matilde, affluente del T. Pioris;*
- ✓ *Torrente Tajada, affluente del Campostrii;*
- Tutti gli *affluenti minori* di tutti i corsi d'acqua citati precedentemente.

L'autorità competente per la gestione e l'amministrazione del reticolo idrografico elencato sopra è la Comunità Montana della Valcuvia, alla quale spetta anche la stesura della normativa di polizia idraulica da applicare.

Fino alla definitiva entrata in vigore della suddetta normativa, si applica quanto disposto dal R.D. 523/1904, tra cui il vincolo di inedificabilità assoluta per una distanza di 10 m dalle sponde.

6.3 Individuazione delle fasce di rispetto

In base alle problematiche definite nel corso del presente studio, per tutti i corsi d'acqua, sono state individuate fasce di rispetto relative alle diverse situazioni, ognuna con un diverso grado di tutela (**Tav. 7**).

La distinzione operata è la seguente:

- **Fascia di inedificabilità assoluta estesa per 10 m dagli argini**, in base a quanto già definito nel R.D. 523/1904, che tiene conto dell'accessibilità al corso d'acqua per manutenzione, fruizione e riqualificazione ambientale; in corrispondenza dei corsi d'acqua con sezione d'alveo molto ridotta, dei canali irrigui e delle rogge secondarie è possibile ridurre la fascia da 10 m a 4 m. Per i tratti intubati la fascia di rispetto assoluto viene misurata a partire dal fianco esterno della tubazione, fatte salve le risultanze catastali.
- **Fascia di rispetto assoluto** dei corsi d'acqua **individuata con criterio tecnico** secondo quanto definito dalla D.G.R. 7/13950/03. Essa comprende l'alveo, le sponde e le aree di pertinenza del corso stesso, in continua evoluzione geomorfologica e soggette a fenomeni erosivi, approfondimento dell'alveo e trasporto solido durante le piene. Al suo

interno ricade la fascia di inedificabilità assoluta di cui al punto 1) che, in corrispondenza delle aree urbanizzate e dei tratti intubati, coincide.

- **Fascia di attenzione** comprendente le aree che hanno subito allagamento, che include le aree caratterizzate da morfologia pianeggiante o sub pianeggiante, soggette storicamente (maggio 2002) ad allagamento per esondazione del T. Boesio.
- **Aree soggette ad allagamento** per piene con tempo di ritorno pari a 10 e 200 anni perimetrare in base al modello idraulico effettuato dalla CM della Valcuvia e ai risultati della verifica di compatibilità idraulica degli interventi di sistemazione idraulica realizzati sulla Roggia Fassora (scolmatore bypass).
- **Aree attualmente soggette ad allagamento** per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni, ma **svincolabili** dal rischio esondazione previa realizzazione degli specifici interventi di completamento previsti dallo “studio di verifica di compatibilità idraulica degli interventi di sistemazione idraulica realizzati sulla Roggia Fassora” (Ing. Bai – 2008).
- **Aree soggette a ristagno superficiale delle acque meteoriche** per difficoltà di drenaggio in occasione di intense precipitazioni, perimetrare in base a fenomeni osservati.

Sono state individuate anche le aree a lago soggette ad allagamento per innalzamento del livello dei bacini lacustri.

Ai corsi d’acqua precedentemente esclusi dal reticolo idrico minore non sono state applicate fasce di tutela. Va sottolineato che, nel caso tali corsi d’acqua siano indicati come demaniali nelle carte catastali (es. Roggia del Molinetto), ad essi si applica quanto disposto dal R.D. 523/1904. Tale vincolo è valido fino al completamento dell’istruttoria di vultura (“sdemanializzazione”).

7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TECNICO

7.1 *Prima caratterizzazione geotecnica dei terreni*

La classificazione del territorio su base geologico – tecnica e geopedologica ha seguito le indicazioni della D.G.R. 8/7374/08 che raccomanda l’effettuazione di una prima caratterizzazione geotecnica sulla scorta dei dati disponibili e delle osservazioni dirette.

A tale scopo si sono considerati i dati derivanti dai punti stratigrafici di riferimento quali:

- affioramenti naturali presenti soprattutto nelle zone di impluvio del settore collinare;
- scavi edili presenti nelle aree urbanizzate;
- dati di indagini geognostiche e studi geologici precedenti disponibili presso il Comune (vedi **Par. 7.2**).

Nella **Tav. 4** sono state definite le aree con caratteristiche litologiche, pedologiche e morfologiche omogenee e sono state indicati i punti di osservazione diretta. Le caratteristiche principali di queste aree sono di seguito descritte.

UNITÀ GEOTECNICA A – AREE DI VERSANTE

Assetto geomorfologico: aree di versante generalmente molto acclive, boscato, con impluvi incisi e affioramenti rocciosi subverticali.

Litologia prevalente: substrato roccioso affiorante o subaffiorante costituito prevalentemente da calcari e dolomie (**Unità A1**) o da litotipi marnoso – selciferi (**Unità A2**).

Spessore dei suoli: suoli sottili o assenti (0 – 30 cm).

Caratteri geotecnici principali: l’**Unità A1** è caratterizzata da substrato lapideo affiorante o subaffiorante con discrete caratteristiche geomeccaniche, ma soggetto a distacco di blocchi e massi; comprende strati ad elevata permeabilità che varia localmente in relazione alla giacitura e al carsismo. L’**Unità A2** è caratterizzata da substrato roccioso generalmente a stratificazione sottile o fissile, più facilmente erodibile rispetto alla precedente con caratteristiche geomeccaniche da “roccia debole” (weak rocks); rocce generalmente impermeabili.

Assetto idraulico: aree di alimentazione delle sorgenti carsiche di fondovalle. Nei settori più acclivi generale tendenza al ruscellamento concentrato delle acque meteoriche non regimate, con conseguenti fenomeni di erosione accelerata della copertura e denudamento del substrato roccioso.

UNITÀ GEOTECNICA B – AREE COLLINARI

Assetto geomorfologico: aree collinari con allineamenti di creste moreniche e diversi ordini di terrazzamenti, spesso interrotti o modificati dall'azione antropica ed edificatoria.

Litologia prevalente: sabbie e ghiaie fini in abbondante matrice limosa, inglobanti anche grossi ciottoli e blocchi lapidei.

Spessore dei suoli: suoli sottili o poco profondi (10 – 60 cm).

Caratteri geotecnici principali: terreni eterogenei ed eterometrici, generalmente massivi, da mediamente a ben addensati. In superficie possono tuttavia dar luogo a fenomeni di dissesto (scoscendimenti). Locale presenza di blocchi lapidei che condizionano l'esecuzione di scavi. Permeabilità dei terreni generalmente bassa.

Assetto idraulico: ridotta capacità di infiltrazione delle acque meteoriche e conseguente deflusso delle stesse lungo vie preferenziali ad impluvio, a volte coincidenti con le sedi stradali. Il deflusso è spesso ostacolato e deviato dalle edificazioni esistenti. Frequente presenza di orizzonti saturi nel primo sottosuolo al piede dei versanti.

UNITÀ GEOTECNICA C – AREE PIANEGGIANTI

Assetto geomorfologico: aree pianeggianti e subpianeggianti o debolmente digradanti con blandi terrazzi.

Litologia prevalente: ghiaie e sabbie massive o con strutture da trasporto fluviale in matrice limosa (**Unità C1**) oppure limi e limi argillosi con strati sabbiosi e torbe (**Unità C2**).

Spessore dei suoli: suoli sottili o poco profondi, da un minimo di 10 cm ad un massimo variabile compreso tra 30 cm (**Unità C2**) e 60 cm (**Unità C1**).

Caratteri geotecnici principali: l'**Unità C1** è costituita da terreni granulari medi e fini poco o mediamente addensati, con caratteristiche geotecniche discrete e buone caratteristiche di permeabilità, mentre l'**Unità C2** è costituita da terreni fini coesivi normalmente consolidati con comportamento plastico e permeabilità superficiale bassa.

Assetto idraulico: per l'**Unità C1** il drenaggio delle acque è discreto sia in superficie che in profondità, tuttavia è possibile rinvenire orizzonti saturi nel primo sottosuolo; il deflusso delle acque meteoriche è frequentemente non regimato con conseguente interessamento delle sedi stradali. Per l'**Unità C2**, invece, il drenaggio delle acque è difficoltoso in superficie e nel sottosuolo con frequente presenza di orizzonti saturi nel primo sottosuolo.

UNITÀ GEOTECNICA D – AREE ALLA BASE DEI VERSANTI

Assetto geomorfologico: aree acclivi alla base dei principali versanti rocciosi.

Litologia prevalente: brecce, ghiaie e sabbie grossolane localmente cementate.

Spessore dei suoli: suoli sottili o assenti (0 – 30 cm).

Caratteri geotecnici principali: terreni granulari medi e grossolani gradati e localmente cementati, costituenti falde di detrito alla base dei versanti rocciosi. Possibili fenomeni di instabilità, soprattutto a seguito di scavi in trincea e sbancamenti.

Assetto idraulico: drenaggio delle acque generalmente discreto per l'elevata permeabilità dei depositi.

UNITÀ GEOTECNICA E – AREE DI CONOIDE

Assetto geomorfologico: aree di conoide.

Litologia prevalente: sabbie da medie a fini e rari ciottoli, in abbondante matrice limosa, passanti verso l'apice a ghiaie massive a supporto clastico con matrice sabbiosa e clasti poligenici subarrotondati.

Spessore dei suoli: suoli sottili o poco profondi (10 – 60 cm).

Caratteri geotecnici principali: depositi sciolti, pseudostratificati, con diminuzione della granulometria verso le parti distali dei conoidi. I rischi principali derivano dalla possibilità di esondazioni, anche con colate di materiale, limitatamente all'alveo del corso d'acqua attuale.

Assetto idraulico: drenaggio delle acque generalmente discreto per l'elevata permeabilità dei depositi. Portate idriche variabili in relazione ai cicli meteorici, lungo l'asta del corso d'acqua.

AREE CONNESSE AD IMPLUVI E CORSI D'ACQUA

Assetto geomorfologico: impluvi ed aree connesse agli alvei dei corsi d'acqua.

Litologia prevalente: varia in relazione all'unità litologica su cui è impostato il corso d'acqua.

Spessore dei suoli: suoli assenti.

Caratteri geotecnici principali: alvei con fondo naturale o canali artificiali interessati dal flusso idrico in regime di magra e di piena.

Assetto idraulico: portate idriche variabili in relazione ai cicli meteorici.

I limiti delle zone identificate, avendo come principali caratteri distintivi la costituzione litologica e l'assetto geomorfologico, non coincidono necessariamente con i limiti delle unità geologiche di superficie.

Oltre alle aree sopra descritte, in **Tav. 4** sono state infine cartografati ulteriori elementi di interesse ai fini della pianificazione territoriale quali:

- isoipse del substrato roccioso sepolto (da indagine geofisica della Fondazione Lerici – 1970);
- limite della piana alluvionale del T. Boesio;
- le aree di attività produttiva dismessa, censite dalla Provincia di Varese nell'ambito del progetto "Rilevamento aree dismesse nel territorio della provincia di Varese" (attività previste dalla DGR n. 8/7244/08);
- l'area di cava cessata R96/p/VA - Cava Conca (Catasto Regionale delle cave cessate);
- le ex discariche (non attive), sia di rifiuti industriali che RSU;
- elementi della rete fognaria (tratti della rete esistenti e in progetto, gli scaricatori di piena, gli impianti di sollevamento e gli impianti di depurazione di acque reflue e fognarie);
- elementi della rete acquedottistica (tratti della rete esistenti e in progetto, i serbatoi di accumulo di acque potabili e le centrali di pompaggio).

Di tali elementi che trovano espressione spesso localizzata e puntuale si dovrà tenere conto in quanto possono condizionare in modo sostanziale il tipo di intervento edificatorio programmato su una certa area.

7.2 Sintesi delle indagini geognostiche disponibili

Nel presente paragrafo si descrivono le indagini geognostiche a supporto di specifici interventi edificatori realizzati sul territorio comunale.

L'ubicazione delle indagini (prove penetrometriche ed assaggi esplorativi) è riportata in **Tav. 4**.

Area 1: Relazione geotecnica per nuova palazzina residenziale in Via Cerretti.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni e classificazione condotta sulla base di sondaggi e analisi di laboratorio.

Stratigrafia: 1° livello tra 0 e $-2,9 \div -3,7$ m di profondità: limo sabbioso ghiaioso (densità medio bassa) passante in profondità a sabbia e ghiaia medio fine. 2° livello tra $-3,7$ e $-6,5 \div -7,7$ m di profondità: argilla limosa con tracce di sabbia e ghiaia normalmente consolidati, con bassa resistenza al taglio e alta deformabilità. 3° livello tra $-7,7$ e $-10,6$ m di profondità: limo argilloso poco sabbioso con tracce di ghiaia, discretamente sovraconsolidati, con deformabilità medio bassa. 4° livello tra $-10,6$ e -15 m di profondità (fine sondaggio): argilla limosa con tracce di sabbia e ghiaia normalmente consolidati.

Livello	φ angolo di attrito	Cu coesione totale	Dr densità relativa	OCR rapporto di sovraconsolidazione
1	27 – 29°		45 – 50	
2		10 – 15		1,2
3		60 – 70		4
4		> 20		1

Idrogeologia: Si riscontra acqua sotterranea a partire da $-2,2$ m.

Area 2: Relazione tecnica per la sistemazione del versante in Loc. Monteggia.

Argomento: studio propedeutico alla realizzazione di interventi per la regimazione delle acque meteoriche lungo il versante della Loc. Monteggia.

Stratigrafia: calcari selciferi di Moltrasio affioranti con copertura detritica, depositi morenici ed eluvio – colluviali.

Idrogeologia e idrografia: le conclusioni dello studio riscontrano una scarsa permeabilità del substrato che determina fenomeni di corrivazione delle acque

e flusso concentrato durante gli eventi meteorici. Tali fenomeni sono causa di dissesti di limitata entità ai danni di alcuni manufatti (muri di contenimento) e di erosione degli strati di terreno di copertura superficiale con trasporto di materiale fangoso sulla sede stradale.

Lo studio suggerisce i criteri di intervento per il miglioramento complessivo delle modalità di regimazione delle acque con recapito negli impluvi naturali presenti. In sintesi è prevista: la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche che determinano fenomeni erosivi; il collettamento degli scarichi delle acque piovane delle abitazioni esistenti alle opere di allontanamento; la realizzazione di cunette a lato della strada; la ristrutturazione dei muri di contenimento danneggiati; la separazione delle acque bianche dalle condotte fognarie; la pulizia delle sezioni di alveo e la realizzazione di briglie.

Area 3: Relazione geologica relativa ad un fabbricato civile in Via S. Maria

Argomento: studio geotecnico relativo al fabbricato che è stato oggetto di lavori che hanno interessato il pendio retrostante.

Area 4: Studio dei fenomeni di cedimento di alcuni edifici siti in Via Varese (SS 394 Km 20,2).

Argomento: studio geotecnico e idrogeologico per la comprensione delle cause dell'avvenuta deformazione di alcune strutture poste in prossimità della sorgente "Nove Fontane".

Idrogeologia e idrografia: la sorgente Nove Fontane è alimentata in massima parte da acque provenienti dalla rete carsica del M. Sasso del Ferro e per questo è soggetta a variazioni di portata con minimi estivi. La venuta a giorno delle acque è condizionata da una conformazione a sifone del substrato roccioso che determina il trabocco delle acque in un acquifero molto permeabile che risente di alimentazione di fondovalle ed in parte del subalveo del T. Boesio. La captazione della sorgente avviene sia per restituzione spontanea che per pompaggio tramite due pozzi che vengono attivati nei periodi magra.

Lo studio ha condotto alle seguenti conclusioni: il sottosuolo compreso tra il pozzo 4 e l'area dei cedimenti è costituito da frammenti rocciosi di varia pezzatura compenetrati a depositi vallivi costituiti da limi, limi sabbiosi o torbosi e da ghiaie e sabbie.

I depositi limoso sabbiosi hanno tra 7 e 10 m indice di compressione negativo con resistenze medie che vanno da 0,3 a 0,8 kg/cm². Questi terreni hanno già subito compressione.

La falda idrica che in condizioni statiche drena verso il T. Boesio, in condizioni dinamiche (pozzo 4 in funzione) subisce un notevole abbassamento che determina un aumento dei carichi litostatici che a loro volta determinano un assestamento generale della zona. La situazione si fa precaria anche per la presenza di una conoide detritica su cui giace la strada e altre costruzioni.

Gli Autori ritengono pertanto che le cause dei cedimenti siano imputabili all'abbassamento della falda per il pompaggio; ai carichi laterali trasmessi dal pendio, nonché alle vibrazioni indotte dal traffico pesante della Via Varese ed ai sovraccarichi delle costruzioni esistenti.

Area 5: Relazione preliminare sullo studio dei cedimenti della scuola media di Via M. Ausiliatrice.

Argomento: studio geotecnico con indagini in sito per la determinazione delle cause dei cedimenti e la proposta operativa di intervento.

Stratigrafia: si è individuata una successione di livelli litologici non piano paralleli ma inclinati. 1° livello: limo sabbioso con contenuto organico, cedevole, di limitate capacità portanti ed alta compressibilità; 2° livello: strati sabbioso ghiaiosi piuttosto compatti; 3° livello: basamento roccioso (calcare selcifero).

Idrogeologia e idrografia: elevata variabilità del livello di falda: innalzamenti fino a p.c. durante i periodi piovosi; sensibili abbassamenti nei periodi di magra e siccità.

Caratteri geotecnici principali: le fondazioni trovano condizioni di appoggio non uniformi, i cedimenti sono dovuti principalmente allo strato limoso sabbioso che presenta diverso spessore sotto l'edificio.

I cedimenti si spiegano pertanto per la concomitanza di tre motivi: stato tensionale indotto nel terreno dal carico della costruzione che determina cedimenti non uniformi; possibili deformazioni plastiche viscosi non calcolabili e imprevedibili in quanto lente; variazioni significative del livello di falda e quindi incremento delle sovrappressioni litostatiche.

Area 6: Indagine geognostica sul terreno di fondazione della nuova palestra di Mombello.

Argomento: indagine geotecnica dei terreni di fondazione per la scelta ed il dimensionamento delle fondazioni da adottare.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -1,5 m di profondità: terreno di coltivo. 2° livello tra -1,5 e -4 m di profondità: depositi morenici con presenza d'acqua. 3° livello tra -4 e -5 m di profondità: banco argilloso marnoso, con bassa permeabilità. 5° livello: basamento roccioso (calcare selcifero grigio).

Idrogeologia e idrografia: presenza d'acqua riscontrata a circa -1 m con livello che può risalire fino a p.c.

Caratteri geotecnici principali: il 2° livello presenta portanza da medio bassa a media, mentre il 3° livello ha portanza da medio alta ad elevata.

A monte del corpo in costruzione si consiglia di realizzare una trincea drenante che raggiunga la profondità di 5 m sotto il piano di fondazione.

Area 7: Relazione geologica per la realizzazione di abitazioni civili in Via dei Pioppi.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di scavi esplorativi.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -0,8 m di profondità: terreno di coltivo. 2° livello tra -0,8 e -4 m di profondità: deposito morenico limoso - sabbioso con ghiaia e ciottoli; angolo d'attrito (φ) = 25° - 30°; peso di volume (γ) = 1,7 - 1,9 t/m³.

Idrogeologia e idrografia: al momento delle indagini sul fondo degli scavi non è stata riscontrata presenza d'acqua.

Area 8: Relazione geologica per la realizzazione di fabbricato residenziale in Via Chiso.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di scavi esplorativi e prove penetrometriche dinamiche continue (Scpt).

Stratigrafia: dallo scavo esplorativo è stata desunta la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -0,4 m di profondità: terreno di coltivo. 2° livello tra -0,4 e -1,2 m: sabbia media debolmente limosa con ghiaia e ciottoli.

3° livello tra -1,2 e -1,4 m: sabbia media. 4° livello tra -1,4 e -2,1 m: sabbia media debolmente limosa con ghiaia e ciottoli, con massi in profondità. I risultati delle prove penetrometriche sono riassunti nella seguente tabella:

Livello	Profondità da p.c. (metri)	φ angolo di attrito (gradi)	γ peso di volume (t/m^3)	Dr densità relativa (%)
A – depositi sciolti o poco addensati	0,6 – 1,2	26 – 27	1,5 – 1,7	20 – 30
B – sabbia media mista a ghiaia e livelli limosi	1,2 – 5,7	28 – 30	1,6 – 1,7	30 – 40
C – ciottoli con ghiaia e sabbia – limosa	5,7 – 6,3	30 – 34	1,8 – 1,9	40 – 50

Idrogeologia e idrografia: al momento delle indagini non è stata riscontrata presenza d'acqua.

Area 9: Relazione geotecnica per la realizzazione di nuova costruzione in Via Diaz ang. Via Martiri della Libertà.

Argomento: indagine geognostica per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di carotaggi profondi (10 m).

Stratigrafia: i carotaggi hanno permesso di individuare una successione litologica costituita da due strati al di sotto di un primo livello di coltivo e riporto (fino a -1,6 ÷ 2,0 m da p.c.). Strato A da -2,0 m a -7,0 ÷ 8,0 m: sabbia con ghiaia. Strato B da -7,0 ÷ 8,0 m fino a fondo scavo: argilla e argilla – limosa con sabbia.

Caratteri geotecnici principali: in corrispondenza dello strato A, alle profondità di -3,0 e -8,0 m da p.c., sono state effettuate delle prove SPT, che hanno permesso di caratterizzare il suddetto livello:

Livello	γ peso di volume (t/m^3)	φ angolo di attrito (gradi)	C_u Coesione (kPa)	E Modulo di Young (kg/cm^2)	ν coeff. di Poisson
A	0,9	26	0	35	0,4

Idrogeologia e idrografia: in corrispondenza dei carotaggi sono stati installati dei piezometri per valutare la presenza di acqua nel sottosuolo. È stata rinvenuta la presenza di acque di falda ad una profondità compresa tra -2,8 m e -3,6 m. Tali valori non sono da ritenersi costanti in quanto il livello

piezometrico è influenzato dalla presenza nelle vicinanze sia del T. Boesio che del L. Maggiore.

Area 10: Relazione geotecnica per la realizzazione di nuovo capannone in Via XXV Aprile.

Argomento: indagine geognostica per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di prove penetrometriche dinamiche continue.

Caratteri geotecnici principali: le prove penetrometriche si sono spinte fino a profondità comprese tra $-5,2$ m e $-13,0$ m da p.c. L'analisi dei dati ha permesso di individuare una successione di depositi alluvionali e fluvioglaciali caratterizzata da 3 livelli:

Livello	Profondità (metri)	γ peso di volume (t/m^3)	φ angolo di attrito (gradi)	C_u Coesione (kPa)	D_r Densità relativa (%)
A	0 – 4	1,8	29	0	85
B	3 – 6	1,8	29	0	43
C	> 6	1,8	31	0	59

Idrogeologia e idrografia: presenza d'acqua riscontrata a circa -4 m di profondità da p.c..

Area 11: Relazione geotecnica per la realizzazione di edifici residenziali in Via Molinetto.

Argomento: indagine geognostica per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di prove penetrometriche dinamiche continue.

Stratigrafia: l'area è caratterizzata dalla seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e $-4 \div 5$ m: ghiaia sabbiosa con lenti limoso – argillose e torba (alluvioni del T. Boesio). 2° livello tra $-4 \div 5$ m e $-10 \div 12$ m: alternanza di limo sabbioso e sabbia limosa con torba (depositi alluvionali e lacustri). 3° livello oltre $-10 \div 12$ m: alternanza di limo e limo argilloso con torba (depositi lacustri).

Caratteri geotecnici principali: le prove penetrometriche si sono spinte fino a profondità comprese tra $-10,8$ m e $-14,7$ m da p.c. L'analisi dei dati ha permesso di individuare 4 livelli sovrapposti, le cui caratteristiche sono riassunte nella seguente tabella:

Livello	A terreno di coltivo	B sabbia con ghiaia e limo	C limo - sabbioso	D limo con argilla e sabbia
Profondità (m)	0 – 2	2 – 5	5 – 6	> 6
Consistenza	non consistente	sciolto	poco consistente	da sciolto a poco consistente
peso di volume (kN/m ³)	15	16	17 – 18	18
angolo di attrito (gradi)	15	22 – 23	21 – 22	17 – 18
Coesione (kPa)	0	0	1 – 5	30 – 40
E (kg/cm ²)	1,5	5 – 6	3	2,5 – 3

Idrogeologia e idrografia: presenza d'acqua riscontrata a circa –0,5 m di profondità con livello che può risalire fino a p.c..

Area 12: Relazione geotecnica a supporto della progettazione di fabbricati residenziali in Via Puccini.

Argomento: indagine geognostica per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di prove penetrometriche dinamiche continue.

Caratteri geotecnici principali: l'analisi dei dati delle prove penetrometriche ha permesso di individuare 4 livelli sovrapposti, le cui caratteristiche sono riassunte nella seguente tabella:

Livello	A	B	C	D
Litologia	coltivo e sabbia fine	sabbia con ghiaia e ciottoli	Sabbia	Ciottoli con ghiaia e sabbia
Profondità (m)	0 – 3,6	3,6 – 5	5 – 6	> 6
Addensamento	sciolto	mediamente addensato	leggermente addensato	addensato
peso di volume (t/m ³)	1,5	1,7	1,65	1,8
angolo di attrito (gradi)	25 – 28	32	30	34
Densità relativa (%)	10 – 30	35 – 40	70 – 80	70

Idrogeologia e idrografia: al momento delle indagini non è stata riscontrata presenza d'acqua.

Area 13: Relazione geotecnica per la realizzazione di civile abitazione in Via Marino.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di scavi esplorativi.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -1,1 m: terreno di coltivo. 2° livello tra -1,1 e -1,6 m: limo sabbioso molto addensato. 3° livello tra -1,6 e -4,0 m: deposito morenico sabbioso e limoso – sabbioso con ghiaia e ciottoli e massi sul fondo.

Caratteri geotecnici principali: i parametri geotecnici stimati per il 3° livello sono: angolo d'attrito (ϕ) = 25° – 30°; peso di volume (γ) = 1,7 – 1,9 t/m³; coesione bassa; capacità portante (Q) = 0,8 – 1,0 kg/cm².

Area 14: Relazione geologico – tecnica a supporto della realizzazione di civile abitazione in Via Olive.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di prove penetrometriche dinamiche continue.

Stratigrafia: sono state riconosciute due unità geotecniche; Unità A da p.c. fino a -1,50 m: strato con stato di addensamento sciolto presumibilmente costituito da limo sabbioso con clasti sparsi; Unità B da -1,50 m fino ad oltre -4,0 m da p.c.: strato addensato presumibilmente costituito da ghiaia fine con ciottoli in matrice limosa.

Caratteri geotecnici principali: i parametri geotecnici stimati sono riassunti nella seguente tabella:

	profondità (m)	quota (m s.l.m.)	Nspt medio (num. colpi)	Nspt equiv (num. colpi)	densità relativa (%)	angolo attrito (gradi)
Unità A	da 0 a 1,5	superiore a 301	2	4	40	30
Unità B	oltre 1,5	inferiore a 301	36	72	100	41

Idrogeologia e idrografia: al momento delle indagini non è stata riscontrata presenza d'acqua.

Area 15: Relazione geologica a supporto della progettazione di villetta in Via Rossini.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di scavi esplorativi.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e $-0,3 \div 0,4$ m: terreno vegetale sabbioso – limoso. 2° livello da $-0,3 \div 0,4$ a fondo scavo ($-2,8 \div 3,0$ m): sabbia limosa con ciottoli e blocchi, ascrivibile ai depositi in facies glaciale dell'Alloformazione di Cantù.

Idrogeologia e idrografia: al momento delle indagini non è stata riscontrata presenza d'acqua.

Area 16: Relazione geotecnica a supporto della progettazione di capannoni in Via per Cittiglio (P.E. 29/2003).

Argomento: indagine geognostica per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di prove penetrometriche dinamiche continue.

Caratteri geotecnici principali: le prove penetrometriche si sono spinte fino a $-10,4$ m da p.c. L'analisi dei dati ha permesso di individuare 5 livelli sovrapposti, le cui caratteristiche sono riassunte nella seguente tabella:

livello	profondità (m)	addensamento	peso di volume (kN/m^3)	angolo di attrito (gradi)	densità relativa (%)
A	0 ÷ 2	sciolto	14 ÷ 15	19 ÷ 20	15
B	1 ÷ 2,4	mediamente addensato	17 ÷ 18	25 ÷ 30	30 ÷ 40
C	2 ÷ 6	sciolto	14 ÷ 15	19 ÷ 20	15
D	6 ÷ 7,8	da sciolto a mediamente addensato	17 ÷ 18	22 ÷ 27	25 ÷ 30
E	> 7,6	mediamente addensato	17 ÷ 18	22 ÷ 23	30 ÷ 44

Idrogeologia e idrografia: in corrispondenza dei punti prova sono stati installati dei piezometri per valutare la presenza di acqua nel sottosuolo. È stata rinvenuta la presenza di acque di falda ad una profondità compresa tra $-1,1$ m e $-1,6$ m.

Area 17: Relazione geotecnica per la costruzione di palazzina residenziale in Via Filzi.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di scavi esplorativi e prove penetrometriche dinamiche continue (Scpt).

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici:

1° livello tra 0 e -1,1 ÷ 2,6 m da p.c.: terreno di coltivo;

2° livello tra -1,1 e -3,5 m da p.c.: terreno limoso – argilloso di riporto;

Strato A tra -3,4 e -6,3 m da p.c.: limo – argilloso e argille limose;

Strato B tra -6,3 e -9,3 m da p.c.: limo – argilloso;

Strato C tra -9,3 e -12 m da p.c.: limo – argilloso;

Strato D tra -12 e -13 m da p.c.: cappellaccio di alterazione;

Strato E da > 13 m da p.c.: substrato roccioso;

Caratteri geotecnici principali: l'analisi dei dati delle prove penetrometriche ha permesso di individuare le caratteristiche dei livelli suddetti:

livello	peso di volume (g/cm ³)	angolo di attrito (gradi)	densità relativa (%)	coesione (kPa)
A	1,7			0,1 – 0,15
B	1,8			0,2 – 0,25
C	1,9			0,3 – 0,4
D	2	31 – 36	60 – 75	0,6 – 1,7

Idrogeologia e idrografia: presenza d'acqua riscontrata a circa -3,5 m di profondità.

Area 18: Perizia geologica per la costruzione di civili abitazioni in Via Marino.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione a mezzo di scavi esplorativi.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -2,0 m: deposito eluvio – colluviale costituito da sabbia e limo sabbioso con ghiaia. 2° livello da -2,0 a -3,0 ÷ 4,0 m: depositi morenici

costituiti da sabbia e ghiaia in matrice argillosa con ciottoli, massi e trovanti.
3° livello da a $-3,0 \div 4,0$: substrato roccioso con cappellaccio di alterazione.

livello	peso di volume (t/m^3)	angolo di attrito (gradi)	coesione (kPa)
1	1,8	28	0
2	1,9	32	0
3	2,2 – 2,7	38 – 42	

Area 19: Indagine di approfondimento geognostico – geotecnico relativa al piano di lottizzazione in loc. Montecristo

Argomento: indagini integrative di carattere geologico – tecnico sulle modalità di scavo in roccia, verifiche di stabilità dei versanti e raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, finalizzate alla prevenzione del dissesto. Caratterizzazione geologico tecnica dei terreni tramite 6 prove penetrometriche e quattro scavi esplorativi.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e $-0,5$ m: terreno di coltivo limoso e limoso – sabbioso. 2° livello da $-0,5$ a $-1,8 \div 2,4$ m: depositi ghiaiosi con ciottoli e blocchi in matrice sabbioso – limosa. 3° livello oltre $-1,8 \div 2,4$: substrato roccioso calcareo.

Lo studio suggerisce di impostare le fondazioni in corrispondenza del substrato roccioso al fine di garantire stabilità all'intero comparto interessato dall'intervento.

Idrogeologia e idrografia: l'indagine ha individuato la necessità di realizzare 8 pozzi disperdenti per smaltire le acque meteoriche nel sottosuolo, viste le portate da smaltire in occasione di intense precipitazioni.

Area 20: Indagine geomeccanica a supporto della progettazione di capannone in Via per Cittiglio (P.E. 30/2002).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite prove penetrometriche dinamiche continue.

Stratigrafia: i terreni sono costituiti da depositi fluvioglaciali a diverso stato di addensamento.

Caratteri geotecnici principali: L'analisi dei dati delle prove penetrometriche ha permesso di individuare le caratteristiche dei livelli seguenti:

Livello	profondità (m da p.c.)	stato di addensamento	peso di volume (t/m ³)	angolo di attrito (gradi)	densità relativa (%)
1	0 – 1	sciolto	1,5	20	15
2	1 – 3	medio	1,6 – 1,8	25 – 30	35 – 40
3	3 – 4	sciolto	1,5	22 – 23	22 – 30
4	4 – 5,5	addensato	1,6 – 1,9	25 – 32	35 – 55
5	> 5,5	sciolto	1,5 – 1,8	22 - 28	30 – 40

Idrogeologia e idrografia: in corrispondenza dei punti prova sono stati installati dei piezometri per valutare la presenza di acqua nel sottosuolo. È stata rinvenuta la presenza di acque di falda da –1 ÷ 1,5 m da p.c..

Area 21: Indagine geognostica per la realizzazione di fabbricato residenziale in Via Mazzini.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite prove penetrometriche dinamiche continue.

Caratteri geotecnici principali: l'analisi dei dati delle prove penetrometriche ha permesso di individuare le caratteristiche dei livelli seguenti:

livello		profondità (m da p.c.)	peso di volume (t/m ³)	angolo di attrito (gradi)	coesione (kPa)	densità relativa (%)
A	riporto	0 – 1,1	1,68		0,06	
B	dep. glaciali	1,1 – 5,6	1,7 – 1,9	30	0,19	42,5
C	sub. roccioso	> 5,6	2,15	42,4		85

Area 22: Relazione geologica per la sistemazione di area in Via Buonarroti.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni dissestati tramite rilevamento geologico di dettaglio.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e –0,15 m: terreno di coltivo. 2° livello da oltre –0,15 m: diamicton con sabbia e limo intercalato a lenti sabbiose; presenza di ciottoli.

Caratteri geotecnici principali: le caratteristiche geotecniche dei terreni sono sintetizzate nella seguente tabella:

Livello	peso di volume (kN/m ³)	angolo di attrito (gradi)	coesione (kPa)	densità relativa (%)
1	15	20 – 22	0	30 – 35
2	19	31 – 32	0	75

Area 23: Indagine geognostica per la realizzazione di fabbricato ad uso produttivo in Località Via Sauro – Via Toti.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite prove penetrometriche dinamiche continue e scavo esplorativo.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -0,80 m: suolo sommitale e sabbia fine limosa color nocciola asciutta. 2° livello da -0,80 a -1,50 m: sabbia grigia con ghiaia, asciutta superiormente e con venute d'acqua alla base dello strato. 3° livello da -1,50 a -1,75 m: argilla plastica grigia con livelli di torba. 4° livello da -1,75 a oltre -2,50 m: sabbia e sabbia fine con ciottoli ghiaiosi sparsi alternata a straterelli centimetrici di limo e/o limo argilloso con abbondanti venute d'acqua.

Caratteri geotecnici principali: le caratteristiche geotecniche dei terreni sono sintetizzate nella seguente tabella:

Livello	profondità (m da p.c.)	stato di addensamento	peso di volume (kN/m ³)	angolo di attrito (gradi)	densità relativa (%)
A	tra 0 e 6,6 - 6,9	Da molto sciolto a sciolto	16	28 - 29	44
B	tra 6,6 - 6,9 a oltre 13,2	medio	18	32	64 – 75

Idrogeologia e idrografia: all'interno dello scavo si è rilevata presenza d'acqua a partire da 1,5 m dal piano campagna, particolarmente abbondante oltre 1,75 m. L'acqua ha generato l'allagamento dello scavo in pochi secondi determinando il franamento delle pareti dello stesso.

Area 24: Indagine geologica di supporto alla progettazione di una villetta di civile abitazione in Loc. Mombello, Mapp. 8054 – foglio 6 (P.E. 542/06).

Argomento: caratterizzazione litologica dei terreni di fondazione a mezzo di scavo esplorativo.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -0,3 m: terreno vegetale a matrice sabbioso debolmente limosa, mediamente addensato; rarissimi clasti eterogenei sparsi con diametro

massimo pari a 1 cm. 2° livello da -0,30 a -2,50 m: sabbia medio-grossolana debolmente limosa giallastra con ciottoli e blocchi non alterati e con grado di diverso arrotondamento.

Idrogeologia e idrografia: durante la realizzazione e la descrizione della trincea esplorativa non sono state rinvenute venute d'acqua.

Area 25: Indagine geognostica per la realizzazione di nuovo edificio residenziale in Via Bellorini, Località Mombello (P.E. 368/2006).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite una prova penetrometrica dinamica continua.

Stratigrafia: si è ipotizzata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -4,20 m: limo prevalente con sabbia fine e sparuti ciottoli. 2° livello da -4,20 a -6,60 m: limo prevalente con sabbia fine e sparuti ciottoli. 3° livello da -6,60 a -10,80 m: ciottoli in matrice sabbiosa e limosa.

Caratteri geotecnici principali: le caratteristiche geotecniche dei terreni sono sintetizzate nella seguente tabella:

Livello	profondità (m da p.c.)	stato di addensamento	N ₃₀
A	tra 0 e 2,10	molto sciolto	1-2
B	tra 2,10 – 4,20	sciolto	2-3
C	tra 4,20 – 6,60	Da sciolto a medio	4-10
D	Tra 6,00 e 10,80	Da medio a denso	9-28

Idrogeologia e idrografia: nel foro della prova penetrometrica dinamica S.C.P.T. è stato messo in opera un piezometro costituito da un tubo in P.V.C. fessurato Φ 1,5 cm, il livello freatico è stato individuato a -1,80 m da p.c. in data 29/05/2006.

Area 26: Indagine geognostica per la realizzazione di nuovo edificio residenziale in Via Puccini (P.E. 8/2005).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite due prove penetrometriche dinamiche continue.

Stratigrafia: si è ipotizzata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -3,40 m: limo argilloso con rari ciottoli. 2° livello da -3,40 a -4,20 m: cappellaccio del substrato roccioso costituito da livelli di ciottoli con limo. 3° livello da -4,20 m: substrato roccioso o trovante.

Caratteri geotecnici principali: le caratteristiche geotecniche dei terreni sono sintetizzate nella seguente tabella:

Livello	profondità (m da p.c.)	Consistenza	N ₂₀
A	tra 0 e 3,40	soffice	1-3
B	tra 3,40 – 4,20	Medio-sciolto	2-13
C	da 4,20	Duro (rifiuto)	50

Area 27: Relazione geologico - tecnica per la caratterizzazione di un terreno in Località Chiso (P.E. 545/2005).

Argomento: caratterizzazione dei terreni tramite prove penetrometriche dinamiche continue.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -0,10 m: strato coltivo. 2° livello da -0,10 a -1,60 ÷ 1,90 m: ciottoli con ghiaia e sabbia. 3° livello da -1,70 ÷ 1,90 m a -2,20 ÷ 3,70 m: roccia alterata “facilmente asportabile con una benna di un escavatore”. 4° livello da -2,20 ÷ 3,70 m: substrato roccioso.

Idrogeologia e idrografia: limitatamente alla profondità investigata (3,80 m da p.c.) non sono state rilevate venute d’acqua.

Area 28: Indagine geognostica su area interessata da Piano di Lottizzazione Angolo Via Gorizia e Via Rossini (P.E. 242/2004).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite sei prove penetrometriche dinamiche continue e nove scavi esplorativi.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici (scavo S2): 1° livello tra 0 e -0,50 m: coltivo limoso – sabbioso con apparati radicali, colore bruno-marrone. 2° livello da -0,50 a -1,50 m: sottocoltivo limoso sabbioso, colore marrone. 3° livello da -1,50 m a -3,40 m: limo sabbioso, umido, debolmente argilloso con ghiaia, colore nocciola ocraceo. 4° livello da -3,40 m a -4,70 m: blocchi calcarei in abbondante matrice limosa debolmente argillosa, colore nocciola avana.

Caratteri geotecnici principali: le caratteristiche geotecniche dei terreni sono sintetizzate nella seguente tabella:

Livello	SCPT	SPT	Peso di volume (t/m ³)	Φ angolo di attrito (°)	C (coesione)
Orizzonte intermedio	8-18	9-20	1,8	27-32	0
Livello di fondo	$\geq 20-30$	22-34	1,9	≥ 33	0

Idrogeologia e idrografia: durante l'esecuzione degli scavi non sono stati rinvenuti ingressi idrici sotterranei.

Area 29: Studio geologico-tecnico di area in vincolo idrogeologico interessata da mutamenti di destinazione d'uso, Via Profarè (P.E. 150/2004).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni tramite due prove penetrometriche dinamiche continue.

Caratteri geotecnici principali: le caratteristiche geotecniche dei terreni sono sintetizzate nella seguente tabella:

Livello	N _{spt}	Peso di volume (t/m ³)	D _r (%)	Φ angolo di attrito (°)	E (kg/cm ²)
A	3	1,5	30-35	22-24	55-65
B	25-30	1,8	75-80	30-34	140-160
C-D	14-20	1,7	60-65	27-29	120-135
E	>50	1,9	80-85	33-36	170-190

Area 30: Indagine geologica a supporto del progetto per la realizzazione della nuova caserma del Corpo Forestale dello Stato – Terreno in Via Roma P.za Prof. Pullè (P.E. 444/2005).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite quattro prove penetrometriche dinamiche continue e un sondaggio esplorativo.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici (sondaggio S1): 1° livello tra 0 e -0,10 m: humus. 2° livello da -0,10 a -0,40 m: ciottoli poco alterati (scisti) con sabbia. 3° livello da -0,40 m a -1,50 m: sabbia fine e media. 4° livello da -1,50 m a -6,40 m: sabbia media fine con

qualche ciottolo mediamente alterato, anche di grosse dimensioni (trovanti). 5° livello da -6,40 m a -7,40 m: livello a supporto clastico costituito da grossi ciottoli con diam. > 20 cm, da mediamente a molto alterati, in matrice limoso-sabbiosa e limosa. 6° livello da -7,40 m a -8,50 m: livello costituito da limo argilloso con poca sabbia fine. 7° livello da -8,50 m a -9,50 m: ciottoli con limo argilloso e poca sabbia. 8° livello da -9,50 m a -10,50 m: grossi ciottoli con sabbia grossolana. 9° livello da -10,50 m a 12,00 m: sabbia grossolana con ghiaia e qualche ciottolo.

Idrogeologia e idrografia: il livello costituito da limo argilloso, presente da 7,40 a 8,50 m da piano campagna, funge da base per una piccola falda sospesa. Le prove presentano, infatti, tracce d'acqua ad una profondità variabile tra i 5-8 m da piano campagna.

Area 31: Relazione geologica per verifica fattibilità costruttiva di un edificio residenziale bifamiliare in Via Giusti, Località Somisso (P.E. 18/2004).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni tramite tre prove penetrometriche dinamiche continue.

Stratigrafia: si è ipotizzata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 e -0,20 ÷ 0,40 m: coltivo. 2° livello da -0,20 ÷ 0,40 m a -0,60 ÷ 2,80 m: terreno di origine glaciale. 3° livello da -0,60 ÷ 2,80 m a -1,40 ÷ 3,20 m: substrato roccioso alterato (cappellaccio).

Area 32: Indagine geognostica per la realizzazione di nuovo edificio residenziale in Via Rebolgiane (P.E. 401/2005).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni tramite due prove penetrometriche dinamiche continue.

Le prove sono state spinte fino ad una profondità massima di 7,50 m da piano campagna. Durante la prova 1 si è verificata la condizione di "rifiuto", non si è verificato un abbassamento a fronte di un elevato numero di colpi, per cui la prova si è interrotta a 6,60 m di profondità da p.c.

Area 33: Indagine geognostica per la realizzazione di fabbricati commerciali e residenziali in Via Martiri della Libertà (P.E. 354/2006).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni tramite sei sondaggi e otto prove penetrometriche dinamiche continue.

Le prove sono state spinte fino ad una profondità massima di 12 m da piano campagna (Scpt1 fino a 10,2 m da p.c.). Durante la prova SCPT2 si è verificata la condizione di “rifiuto”, non si è verificato un abbassamento a fronte di un elevato numero di colpi, per cui la prova si è interrotta a 8,70 m di profondità da p.c. La prova Scpt8 è stata ripetuta tre volte, spostando leggermente il punto di indagine, poiché a prof. di 3,9 e 4,2 m da p.c. si è andati a “rifiuto”; al terzo tentativo si è raggiunta la profondità di -12 m da p.c.

Area 34: Indagine geognostica per la realizzazione di due fabbricati residenziali in Via Mottarone (P.E. 181/2006).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni tramite due prove penetrometriche dinamiche continue.

Durante entrambe le prove si è verificata la condizione di “rifiuto”, non si è verificato un abbassamento a fronte di un elevato numero di colpi, per cui le due prove si sono interrotte rispettivamente a 2,4 m e a 4,20 m da piano campagna.

Area 35: Indagine geognostica per la realizzazione di due edifici di civile abitazione sul Lotto D del P.L. detto di Ronco – T.C. Cerro (P.E. 599/2006).

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni tramite due prove penetrometriche dinamiche continue.

Le prove sono state spinte fino ad una profondità massima di 3,8 m da piano campagna.

Area 36: Indagine geognostica per certificare congruità appoggi strutture con portanza terreno su area manifestazioni di Via Molinetto.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni tramite tre scavi esplorativi e quattro prove penetrometriche dinamiche continue.

Nel maggior ambito dell’area investigata sono presenti terreni di riporto localmente costituiti, in spessore complessivo di 4 metri circa, da prevalentemente materiale eterogeneo con isolati e subordinati elementi di R.S.U. frammisti allo stesso a differenti profondità. In posizione laterale all’ammasso di riporto sono presenti terreni in situ litologicamente diversificati in relazione ai differenti ambiti deposizionali.

Caratteri geotecnici principali: in termini di valori mediati di N_{10} lo stato di addensamento risulta da medio a medio alto, fino a compatto, con $N_{10} \geq 10-15$ fino a rifiuto per il terreno di riporto, mentre risulta da sciolto a mediamente compatto, con N_{10} compreso tra 5 e 15-20 per il terreno in situ.

Idrogeologia e idrografia: nell'intorno dell'area investigata è presente, lungo il perimetro esterno a S, a E ed a W, il corso d'acqua del T. Boesio con alveo di deflusso ribassato di 4-5 m circa rispetto al piano dell'area di riporto. Lungo il restante lato settentrionale è presente locale Roggia con alveo ribassato di 3-4 m circa, sempre rispetto al piano dell'area di riporto. All'interno di tutti gli scavi di ispezione sono stati riscontrati ingressi idrici a fondo scavo, alla profondità compresa tra 3 – 4 m: ingressi idrici connessi al deflusso delle acque del Torrente Boesio.

Area 37: Relazione geologico-tecnica per terreno in Via Monteggia - loc. Lazzaretto.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni tramite due sondaggi geognostici spinti sino a 10 m di profondità e un rilievo geologico di dettaglio per proporre la declassificazione dell'area da classe di fattibilità geologica 4 a 3, dato che non vengono ravvisati i presupposti di criticità propri della classe di fattibilità 4.

Stratigrafia sondaggi: si è individuata la seguente successione di livelli litologici (sondaggi S1 e S2): 1° livello tra 0 m e -0,9/1,0 m coltivo limoso sabbioso. 2° livello da -0,9/1,0 m e -10,0 m Calcere di Moltrasio caratterizzato da indice RMR "buono".

Rilievo geologico di dettaglio: sono stati individuati gli orli principali e secondari dei terrazzi glaciali, le aree di affioramento del substrato roccioso, le aree interessate da piccoli dissesti superficiali e le opere antropiche di difesa del suolo (muretti in pietrame a secco, canalette di scolo e reti paramassi).

Area 38: Indagine geognostica su un'area sita in Via Monteggia di proprietà della Società Laveno Gamma S.r.l.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite due prove penetrometriche dinamiche con penetrometro DPSH TG 63/100 al fine verificare la sostanziale stabilità del comparto, che non denota criticità ostative l'eventuale realizzazione di nuova costruzione.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello compreso tra 0 m e -0,3/0,6 m con $3 < N_{scpt} < 7$. 2° livello compreso

tra -0,3/0,6 m e -1,5/1,8 m con $16 < N_{scpt} < 37$. 3° livello compreso tra -1,5/1,8 m e -2,4 m con $30 < N_{scpt} < 50$. Rifiuto alla profondità di -2,4 m.

Area 39: Relazione geologica e geotecnica per la realizzazione di un nuovo edificio prefabbricato situato in Via Pedotti 1.

Argomento: caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tramite due prove penetrometriche dinamiche continue Scpt per il dimensionamento delle fondazioni.

Stratigrafia: si è individuata la seguente successione di livelli litologici: 1° livello tra 0 m e -0,9 m: limo con ghiaia e sabbia. 2° livello da -0,9 a -9,9 m: ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa, limosa e argillosa.

Caratteri geotecnici principali: le caratteristiche geotecniche dei terreni sono sintetizzate nella seguente tabella:

Livello	SCPT	SPT	Peso di volume (t/m^3)	Φ angolo di attrito ($^\circ$)	C (coesione)
Unità litotecnica 1	3-5	3-5,5	1,7-1,9	26,75	0,001-0,2
Unità litotecnica 2	8-15	9-17	1,8-1,9	31,39	0,001-0,2

Idrogeologia e idrografia: durante l'esecuzione degli scavi non sono stati rinvenuti venute idriche sotterranee.

Area 40: Studio geologico per la proposta di riassegnazione della classe di fattibilità geologica di un'area situata in loc. Monteggia.

Argomento: studio geologico costituito dal reperimento della documentazione tecnica esistente integrata con sopralluoghi e rilievi in sito, con proposta di riclassificazione dell'area di proprietà del Sig. Mario Fre dalla classe 4 alla classe 3 di fattibilità geologica, in quanto ritenuta eccessiva per le reali condizioni di rischio locale.

8. IL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON

8.1 La mappatura del territorio lombardo

Il *radon* è un gas nobile naturalmente radioattivo, che si genera dal decadimento del *radio*, generato a sua volta dal decadimento dell'*uranio*. Il motivo che determina la necessità di mapparne la concentrazione risiede nel fatto che il radon è un gas molto pesante e viene considerato estremamente pericoloso per la salute umana se inalato ed è ritenuto una delle possibili cause di serie patologie polmonari.

La principale fonte di questo gas risulta essere il terreno, dal quale fuoriesce e si disperde nell'ambiente, accumulandosi in locali chiusi ove può diventare pericoloso. Le aree più a rischio sono quelle che presentano formazioni geologiche originatesi da fenomeni di vulcanesimo (lave, pozzolane, tufi, granito e porfido) ma, in ogni caso, si possono ritrovare alte concentrazioni di radon anche in rocce sedimentarie, come i marmi, le marne e i flysh. La risalita in superficie del radon è anche associabile alla presenza di discontinuità tettoniche quali faglie e fratture profonde della crosta terrestre.

Altre fonti possono essere, in misura minore, i materiali di costruzione, specialmente se di origine vulcanica, come il tufo o i graniti.

Uno dei principali fattori di rischio del radon è legato al fatto che tende ad accumularsi all'interno di abitazioni. Il gas migra dal suolo (o dai materiali da costruzione) e penetra all'interno degli edifici attraverso le fessure (anche microscopiche), gli attacchi delle pareti al pavimento, i passaggi dei vari impianti (elettrico, termico, idraulico). Di conseguenza, i livelli di radon sono generalmente maggiori nelle cantine, nei vani seminterrati e nei piani più bassi delle abitazioni.

L'ARPA della Regione Lombardia ha condotto, tra il 2003 e il 2004, una campagna di misura del gas radon in tutto il proprio territorio, al fine di individuare le aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni (*radon prone areas*), come previsto dal D.Lgs 241/00, art. 10-ter, comma 2.

Il piano per la mappatura, condotto da ARPA in collaborazione con le ASL locali, ha visto il territorio regionale suddiviso secondo una griglia a maglie rettangolari, di dimensioni variabili a seconda delle caratteristiche geologiche e morfologiche del suolo, con un infittimento nella zona alpina e prealpina, dove ci si attende concentrazioni di radon più elevate e spazialmente eterogenee.

In ciascuna maglia sono stati individuati da 5 a 10 punti di misura, per un totale di 3600 punti, in 541 Comuni lombardi (1/3 del totale).

Le misure hanno avuto durata annuale e sono state effettuate attraverso l'impiego di dosimetri passivi, posizionati per 2 semestri consecutivi a partire dall'ottobre 2003.

8.2 Riferimenti normativi

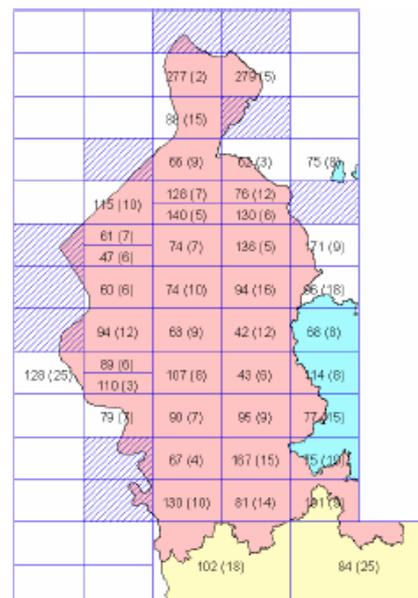
Nel quadro normativo nazionale relativo alla problematica del radon indoor viene prevista la tutela dei lavoratori negli ambienti lavorativi, mentre non viene regolamentata l'esposizione della popolazione nelle abitazioni private. La norma cui si fa riferimento per l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro è il D.Lgs 240/00, art.10, che fissa come livello di riferimento una concentrazione pari a 500 Bq/m³.

Per quanto riguarda invece la regolamentazione dell'esposizione al radon nelle abitazioni private, il più solido riferimento è rappresentato dalla raccomandazione dell'Unione Europea 90/143/EURATOM, che fornisce indicazioni precise circa il valore oltre cui intraprendere azioni di risanamento per le abitazioni esistenti (400 Bq/m³) e l'obiettivo di qualità (200 Bq/m³) per le nuove edificazioni. Tale raccomandazione prevede che, oltre all'indicazione delle misure da adottare per le nuove costruzioni, qualora il limite di riferimento per gli edifici esistenti (400 Bq/m³) sia superato, debbano essere adottati provvedimenti correttivi proporzionali all'entità di superamento del limite.

8.3 Risultati preliminari dello studio ARPA

La figura a lato mostra per la Provincia di Varese la media geometrica dei valori di concentrazione di radon misurati nei punti di campionamenti all'interno della singola maglia, espressa in Bq/m³ (Bequerel per unità di volume), mentre tra parentesi è indicato il numero di misure effettuate all'interno della maglia. Il tratteggio rappresenta maglie dove non vi sono centri urbanizzati di entità rilevante.

Dalle misure effettuate sono state ricavate valutazioni geostatistiche sulle concentrazioni medie annuali attese nelle unità immobiliari



site al piano terra dei vari comuni della provincia.

I risultati relativi al Comune di Laveno Mombello sono i seguenti:

Comune	% delle unità immobiliari esistenti site al pian terreno, che potrebbero superare un valore di concentrazione media annuale di 200 Bq/m ³	% delle unità immobiliari esistenti site al pian terreno, che potrebbero superare un valore di concentrazione media annuale di 400 Bq/m ³
Laveno Mombello	2%	-

L'ARPA sottolinea tuttavia che le stime sopra riportate sono da ritenersi indicative in quanto la concentrazione di radon indoor dipende molto anche dalle caratteristiche costruttive di ogni singolo edificio (materiali utilizzati, modalità di aerazione e ventilazione, ecc.) oltre che dalla zona geografica e quindi dalle caratteristiche geologiche locali.

Poiché in linea teorica il livello di concentrazione di riferimento, pari a 400 Bq/m³, nel Comune di Laveno Mombello non è mai superato, se ne deduce che non risulta necessario adottare provvedimenti urgenti volti alla riduzione della concentrazione di radon per le abitazioni esistenti.

Viceversa il valore limite per le nuove edificazioni, pari a 200 Bq/m³, è oltrepassato, ma solo nel 2% delle unità immobiliari. Tale risultato è pertanto poco indicativo in merito alla effettiva necessità di adottare provvedimenti obbligatori in campo edilizio.

8.4 Accorgimenti costruttivi per le nuove edificazioni

Nonostante i risultati rassicuranti per il Comune di Laveno Mombello, si riportano le raccomandazioni che ARPA propone per le nuove edificazioni allo scopo di minimizzare l'esposizione della popolazione al radon indoor.

Si tratta di alcuni accorgimenti costruttivi da applicare singolarmente o in combinazione tra loro, che possono variare in funzione delle caratteristiche morfologiche e litologiche del sito, nonché dalla tipologia di edificio e dalle specifiche esigenze degli occupanti.

In sintesi si elencano gli accorgimenti ritenuti più efficaci:

- Ventilazione naturale tramite formazione di vespaio aerato;
- Ventilazione meccanica controllata;

- Drenaggio delle fondazioni per l'allontanamento dell'eventuale gas presente nel terreno;
- Sigillatura delle fonometrie per il passaggio di impianti, scarichi e canalizzazioni.

La presenza di collegamento (scale), in una stessa unità immobiliare, fra seminterrato e piani superiori può convogliare il radon, di norma presente in maggiori concentrazioni nel seminterrato, verso i piani superiori.

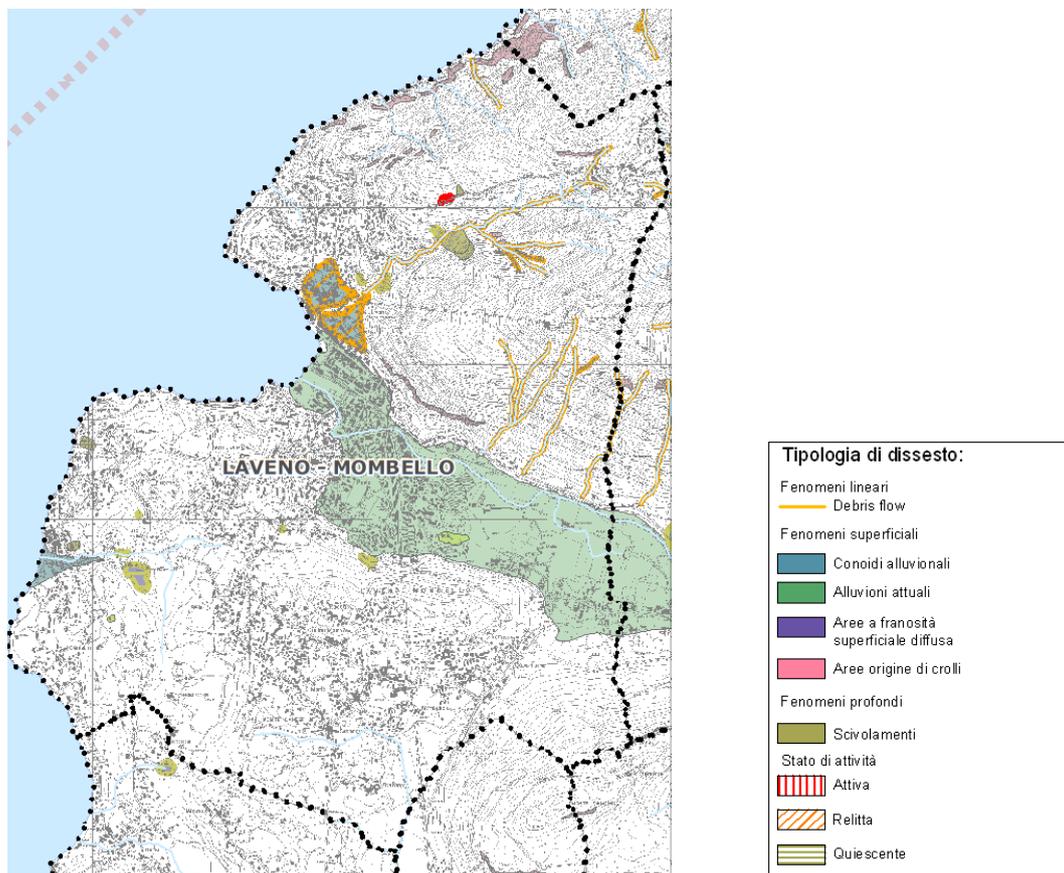
Infine, nei locali di abitazione e particolarmente nelle zone notte, dovrebbe essere evitato l'uso di materiali costruttivi e di finitura contenenti significative concentrazioni di radionuclidi naturali, quali i tufi, i graniti, le sieniti, i basalti, le pozzolane, i cementi contenenti polveri e scorie di altoforno, le calci eminentemente idrauliche.

Si rimanda alla competenza urbanistica la valutazione circa l'eventuale inserimento delle indicazioni fornite da ARPA all'interno del Piano delle Regole o del Regolamento Edilizio.

9. QUADRO DEI DISSESTI PRESENTI NEL TERRITORIO COMUNALE

Il territorio comunale di Laveno Mombello è interessato da una serie di elementi e processi geomorfologici, caratterizzanti il paesaggio e la sua evoluzione, che sono stati riportati nell'elaborato cartografico *Quadro dei dissesti e della dinamica morfologica (Tav. 5)*.

Al fine di descrivere al meglio l'insieme delle forme e dei processi presenti sul territorio, integrando i dati già noti, e definirne lo stato di attività, sono state raccolte tutte le informazioni relative ai dissesti indicate nello *Studio Geologico e Idrogeologico del Piano socio economico di sviluppo della Comunità Montana della Valcuvia*, nell'*Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia (Geolffi)* e nella *Carta Censimento Dissesti (Tav. RIS 2 – P.T.C.P. Varese)*.



Estratto della Tavola RIS 2 "Carta censimento dissesti" del P.T.C.P.

Sono stati identificati 3 gruppi principali, suddividendo i processi e le forme in base all'ambito geomorfologico preponderante:

- forme e processi legati all'evoluzione morfologica dei torrenti;
- forme e processi legati all'evoluzione morfologica dei versanti;
- problematiche connesse al regime idraulico.

Ad essi si aggiungono i lineamenti morfologici legati alla geologia, quali:

- ✓ cordoni morenici, costituenti dossi con forma allungata che contornavano il fronte e i fianchi delle lingue glaciali quaternarie, originati dall'azione di escavazione e di spinta del corpo glaciale nei confronti del substrato e dei depositi incoerenti incontrati lungo il suo percorso;
- ✓ orli di scarpata morfologica e orli di scarpata di erosione fluviale, che delimitano i terrazzi costituiti da depositi fluvioglaciali o alluvionali sospesi sopra gli alvei dei corsi d'acqua o sopra i fondovalle.

9.1 Forme e processi legati all'evoluzione morfologica dei torrenti

L'evoluzione morfologica dei torrenti è legata al substrato sul quale si sono impostati gli alvei degli stessi.

I torrenti che si originano lungo i rilievi montuosi del Sasso del Ferro e del Monte Sangiano presentano alvei molto incisi, talvolta inforrati, interessati da fenomeni di sovralluvionamento, dati dalla deposizione di materiale solido con restringimento della sezione.

Le elevate pendenze (>20°) che caratterizzano tali torrenti consentono lo sviluppo di colate di detrito (o debris flow), cioè trasporto di massa con valanga di materiale che impasta il fluido di circolazione. La Regione Lombardia, nell'Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici, classifica i debris flow presenti sul territorio di Laveno come quiescenti, in quanto le evidenze morfologiche di percorso di colate mostrano una scarsa freschezza morfologica e presenza di vegetazione.

I torrenti che si sviluppano tra gli abitati di Cerro e di Mombello, invece, hanno inciso i depositi glaciali costituiti da ciottoli e blocchi in matrice limoso argillosa; lungo gli argini sono visibili accentuati fenomeni erosivi, i quali provocano la migrazione del corso d'acqua e l'approfondimento del letto stesso.

9.1.1 AREE DI CONOIDE

Nell'*Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici*, la Regione Lombardia indica la presenza di due strutture di conoide, poste ai lati dell'alveo del T. Riale, in corrispondenza dello sbocco dello stesso nel centro abitato di Laveno. Le suddette strutture sono classificate come relitte in quanto sono in fase di smantellamento per erosione incanalata e si presentano sospese di alcuni metri rispetto al fondo valle locale.

La Comunità Montana, nell'ambito della redazione dello *Studio Geologico e Idrogeologico del Piano socio economico di sviluppo della Comunità Montana della Valcuvia*, riconosce due conoidi: un'unica struttura in corrispondenza dello sbocco del T. Riale e un'altra relativa al T. Rialto, in corrispondenza dell'abitato di Cerro.

Nello studio di dettaglio realizzato dalla Comunità Montana della Valcuvia (2000) è stata valutata la pericolosità delle conoidi mediante il metodo di Aulitzky (1982) (metodo contemplato nell'allegato 2 dei criteri regionali), in cui il grado di pericolosità (bassa, media od alta) di una conoide è il risultato della media ponderata dei punteggi assegnati ad ogni particella della stessa, sulla base delle caratteristiche rilevate (pendenza, copertura vegetale, litologia, geomorfologia, ecc.) e mediante l'analisi di diversi parametri, tra i quali gli indici caratteristici dei bacini e dei corsi d'acqua e le quantità dei materiali rimobilizzabili.

Successivi sopralluoghi e l'utilizzo di un supporto cartografico più dettagliato hanno permesso di riportare con adeguato dettaglio sul fotogrammetrico comunale la suddivisione e la classificazione della pericolosità delle conoidi operata dalla Comunità Montana, riconoscendo, relativamente al territorio comunale, la seguente classificazione in base al rischio idrogeologico di sovralluvionamento:

- area di conoide ad alto rischio
- area di conoide a medio rischio
- area di conoide a basso rischio

Nell'**AII. 9** - *Schede tecniche per il censimento delle conoidi* - sono riassunti i dati morfometrici e geomorfologici acquisiti, che hanno permesso la classificazione geomorfologica delle conoidi e di conseguenza anche del grado di pericolosità che le contraddistingue.

Conoide in Laveno - Staz. bidonvia

La struttura è posta in corrispondenza del nucleo storico del centro abitato di Laveno Mombello, allo sbocco verso il Lago Maggiore del T. Riale.

La conoide presenta un'area di circa 77.000 m², con una differenza di quota di 54 m tra l'apice e la base, distribuito su una distanza media di circa 450 m. Il rapporto tra dislivello e superficie è di circa 0,2.

Il bacino alimentatore presenta un'area di circa 1,526 km² (1.525.974 m²), circa due ordini di grandezza in più rispetto alla conoide.

Il T. Riale è un corso d'acqua a regime torrentizio, con alveo in terreno naturale (substrato lapideo e sottili depositi morenici). Lungo le pareti dell'impluvio presenta evidenti fenomeni franosi e, in generale, di dissesto; in corrispondenza degli eventi meteorici intensi, è soggetto a fenomeni di trasporto a valle di materiale solido associato ad erosione spondale.

Fino allo sbocco in fondovalle il Riale scorre in un canale molto inciso, successivamente, fino alla stazione della bidonvia, è regimato con opere di difesa e oltre, fino allo sbocco nel L. Maggiore, scorre intubato.

In base ai dati raccolti, la struttura in questione è stata classificata come *area di conoide ad alto rischio* solo per una stretta fascia (circa 13.500 m²) direttamente connessa all'alveo del T. Riale. Della restante superficie, due fasce di circa 6.500 m² ciascuna, ai lati del tratto intubato del T. Riale sono classificabili come *area di conoide a medio rischio*, mentre i rimanenti 30.000 m² sono classificabili come *area di conoide a basso rischio* (vedi azionamento in **Tav. 5**).

Conoide in Cerro - P.zza Dante

La struttura si colloca in corrispondenza del centro abitato di Cerro, allo sbocco a lago del T. Rialto.

La conoide presenta un'area di circa 38.000 m², con una differenza di quota di 20 m tra l'apice e la base, distribuito su una distanza media di circa 450 m. Il rapporto tra dislivello e superficie è di 0,09.

Il bacino alimentatore presenta un'area di circa 1,490 km² (1.488.655 m²), circa due ordini di grandezza superiore rispetto alla conoide.

Il T. Rialto è un corso d'acqua a regime torrentizio che si sviluppa nel settore sud – occidentale del comune di Laveno Mombello, incidendo i depositi glaciali dell'Alloformazione di Cantù.

Il T. Rialto e i suoi affluenti scorrono in canali molto incisi, meandriiformi. La dinamica dell'alveo è caratterizzata da approfondimento nella zona apicale e mediana e da un sostanziale equilibrio nella zona mediana e distale.

Lungo le pareti dell'impluvio presenta evidenti fenomeni di erosione spondale per scalzamento al piede, in corrispondenza degli eventi meteorici intensi, è soggetto a fenomeni di trasporto a valle di materiale solido.

Dalla loc. Roggia, fino a P.zza Dante, l'alveo del T. Rialto è regimato con opere di difesa spondale, successivamente il corso d'acqua scorre intubato fino allo sbocco nel L. Maggiore.

In base ai dati raccolti, la struttura in questione è stata classificata come: *area di conoide ad alto rischio* solo per una piccola area di circa 2.800 m² sviluppata nei 150 m a monte del tratto intubato e *area di conoide a medio rischio* per una stretta fascia (circa 7.600 m²) direttamente connessa con il T. Rialto. La restante superficie (circa 27.600 m²) è classificabile come area di conoide a basso rischio (**Tav. 5**).

9.2 Forme e processi legati all'evoluzione morfologica di versante

Come per i torrenti, le forme e i processi relativi all'evoluzione dei versanti sono legati all'assetto geomorfologico e litologico di appartenenza: nel settore settentrionale dominano i fenomeni franosi di tipo complesso interessanti i depositi di copertura e i crolli di blocchi dalle pareti rocciose; nel settore meridionale, invece, i depositi morenici sono soggetti ad una costante evoluzione ed arretramento.

Lungo le pendici del Sasso del Ferro i versanti si presentano generalmente con pendenze elevate, causa di fenomeni morfologici dovuti sia a processi gravitativi che all'azione delle acque superficiali.

Le pareti verticali o subverticali in roccia, con morfologia accidentata ed irregolare, bordate localmente alla base da depositi di detrito o coni di detrito, in particolare quelle lungo il versante nord – occidentale del Sasso del Ferro e quelle a ridosso di via Labiena, sono soggette a **fenomeni di distacco e crollo di blocchi**.

Sono state riportate le aree soggette a crolli o ribaltamenti diffusi così come individuate dal GeolFFI della Regione Lombardia e dal PTCP della Provincia di Varese. Tali aree, sono state successivamente meglio dettagliate sulla base degli affioramenti rocciosi e di specifici sopralluoghi.

Sono state inoltre individuate aree interessate da **frane da scivolamento**. Sono frane per le quali si è riconosciuto un movimento lungo una superficie di

rottura anche complessa, arcuata (scivolamento rotazionale) o planare (scivolamento traslazionale). Le frane di scivolamento possono essere sia di grandi dimensioni (frane profonde), con il coinvolgimento di notevoli volumi di materiale, sia di piccole dimensioni (frane superficiali), come nel caso di Laveno Mombello (vedi schede tecniche in **All. 8**).

Queste ultime interessano terreni sciolti e hanno una superficie di scorrimento poco profonda; le volumetrie sono ridotte a poche decine o centinaia di metri cubi e si arrestano dopo brevi tratti, dove la pendenza diminuisce. Se il contenuto d'acqua è elevato e le condizioni morfologiche sono favorevoli, possono facilmente evolvere in colate di fango e detriti.

L'attività della frana è stata stimata in base alla freschezza morfologica del deposito e dell'area di scarpata, alla presenza o meno di vegetazione, alla struttura ed evoluzione della rete di drenaggio locale, e viene definita nel seguente modo:

- *quiescente* – sono evidenziate dalla scarsa freschezza dell'accumulo, dalla presenza di vegetazione e dalla struttura della rete di drenaggio.
- *relitta* – riguarda generalmente grandi frane in cui il fenomeno non può più essere riattivato dalle sue cause originarie. Vi è presenza di forme deboli, con accumulo soggetto a rimodellamento e nicchia spesso poco riconoscibile.

Come per gli accumuli di frana, anche per le aree di distacco del materiale (*nicchia*) è stata definita l'attività, secondo i seguenti criteri:

- *quiescente* – nicchia di frana in cui non sono evidenti sintomi morfologici di attività ma sono riscontrabili evidenze di possibile riattivazione; è presente vegetazione.
- *relitta* – nicchia di frana in cui non sono evidenti sintomi morfologici di attività e non sono riscontrabili evidenze di una sua possibile riattivazione; è presente vegetazione.

Su tutto il territorio comunale di Laveno Mombello sono relativamente pochi i dissesti di dimensioni cartografabili alla scala degli elaborati. Oltre alle zone di crollo e alle frane da scivolamento già descritte, sono presenti aree a **franosità superficiale diffusa**, cioè aree, generalmente localizzate su versanti a prato – pascolo e con poca copertura arborea, nelle quali si sviluppano movimenti franosi (scorrimenti superficiali o colate), di dimensioni limitate, generalmente non cartografabili singolarmente. L'attività (attiva o quiescente) è stata stimata in base alla presenza o meno di vegetazione, ed alla struttura ed evoluzione della rete di drenaggio locale.

Sono state altresì individuate le aree soggette in passato a fenomeni di dissesto idrogeologico, individuate indicativamente sulla base di dati testimoniali, dove agiscono processi di diversa natura, legati sia all'azione gravitativa, sia all'azione delle acque superficiali.

Numerose sono anche le aree interessate da **fenomeni di soliflusso**, cioè fenomeni che interessano i depositi superficiali dei versanti con movimenti lenti ed assimilabili a deformazioni plastiche e/o viscosi; sono movimenti complessi, dovuti essenzialmente alla elevata acclività dei pendii ed alla presenza di roccia subaffiorante, che possono presentare caratteristiche e velocità variabili in relazione ai terreni coinvolti. Raramente la zona di frana presenta limiti netti: il fenomeno tende gradualmente ad esaurirsi nell'ambito di una fascia.

L'azione delle acque superficiali, inoltre, dà origine a **fenomeni di ruscellamento diffuso** e di **erosione concentrata**. Nel primo caso le acque superficiali non incanalate possono dare luogo ad un ruscellamento concentrato limitato con effetto erosivo contenuto dalla presenza di fitta vegetazione sui versanti oltre che ad una debole acclività dell'area interessata. Nel secondo caso, invece, le acque superficiali non incanalate danno luogo ad un ruscellamento concentrato il quale genera solchi sulle falde detritiche o sui versanti, ad alta acclività, costituiti da depositi detritico – colluviali. Questi fenomeni interessano perlopiù i depositi morenici di limitato spessore, a stretto contatto con il substrato roccioso subaffiorante.

Infine, è stata riportata l'area individuata nell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (P.A.I.) come **area a rischio idrogeologico molto elevato (All. 10)**, situata alle pendici del Sasso del Ferro, in corrispondenza di Via Labiena.

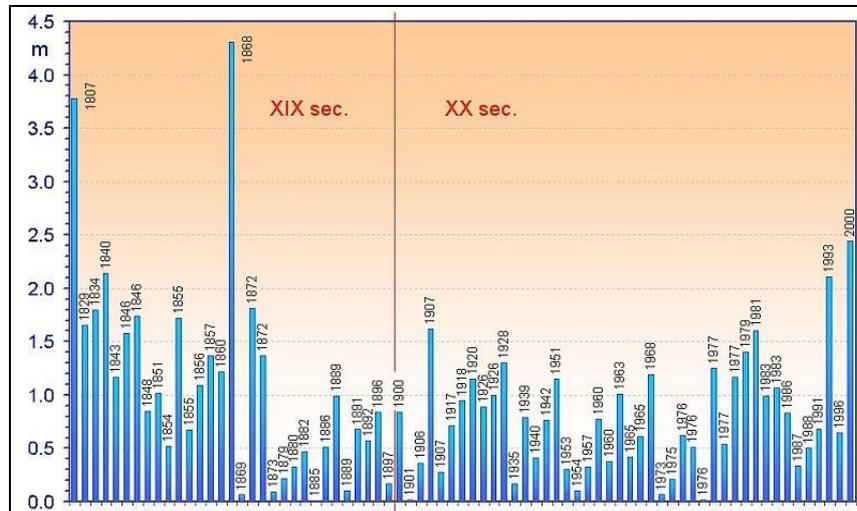
9.3 Problematiche connesse al regime idraulico

Il territorio comunale di Laveno Mombello è caratterizzato dalla presenza di aree soggette ad allagamento periodico. Tali aree, riportate sull'elaborato grafico *Quadro dei dissesti e della dinamica morfologica (Tav. 5)*, sono state perimetrare sulla base di dati testimoniali, sulla base delle risultanze dello studio idraulico realizzato dalla C.M. della Valcuvia e delle successive verifiche di compatibilità idraulica sugli interventi realizzati.

Gli allagamenti sono imputabili a tre cause principali:

- *innalzamento del livello del bacino lacustre*, in corrispondenza del lungolago di Laveno (eventi ottobre 2000) e del lungolago di Cerro. Come è possibile osservare dal grafico seguente (tratto dallo *Studio Geologico e Idrogeologico del Piano socio economico di sviluppo della Comunità*

Montana della Valcuvia), nell'ultimo secolo, la piena di maggior entità è stata osservata nell'anno 2000.



- *esondazione dei corsi d'acqua nel fondovalle*; è stata riportata l'area coinvolta dall'esondazione del T. Boesio durante gli eventi del maggio 2002 (vedi scheda in **Al. 11**).
- *ristagno superficiale delle acque meteoriche* per difficoltà di drenaggio in occasione di intense precipitazioni; tale circostanza si verifica in particolar modo nella zona del Molinetto, tra la Roggia Fassora e il T. Boesio, dove i terreni con elevato grado di saturazione idrica nei primi metri di sottosuolo e la morfologia pianeggiante condizionano lo smaltimento delle acque meteoriche (vedi scheda in **Al. 11**).

All'interno del Parco della Torbiera, è inoltre presente un'area umida ed acquitrinosa, soggetta a periodici allagamenti.

La Comunità Montana della Valcuvia ha realizzato nel 2008 degli interventi di riqualificazione e rinaturalizzazione di tale area. Lo scopo era preservare il biotopo lacustre dalla progressiva scomparsa per interrimento e limitare l'avanzamento della vegetazione nello specchio d'acqua. Gli interventi realizzati sono i seguenti:

- ampliamento ed approfondimento del canale di drenaggio esistente;
- dragaggio del chiaro;
- creazione di un isolino;
- approfondimento mirato del fondo palustre;

- risagomatura delle sponde del canneto nel chiaro;
- rimozione di vegetazione sommersa e galleggiante in aree con substrato poco profondo.

9.3.1 RISULTATI DEGLI STUDI IDRAULICI DELLA COMUNITÀ MONTANA

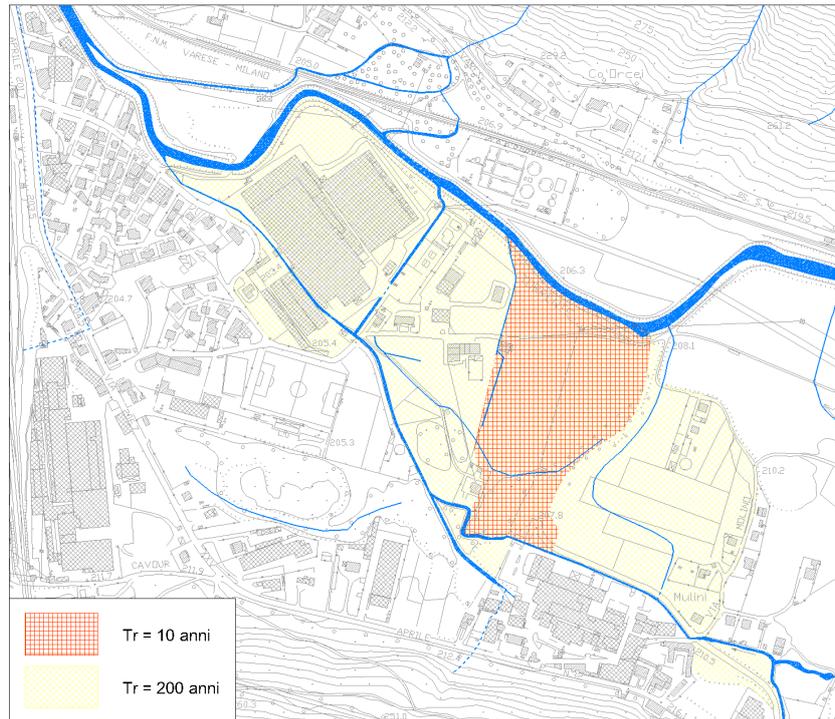
Nell'ambito della redazione dello Studio Geologico e Idrogeologico del Piano socio economico di sviluppo della Comunità Montana della Valcuvia è stato affrontato uno studio idraulico su 39 corsi d'acqua ricadenti nel territorio della comunità stessa.

Di ogni corso d'acqua si è stimato il volume di materiale solido mobilizzabile durante le piene, il deflusso minimo vitale e la portata critica per tempi di ritorno di 10 e 200 anni.

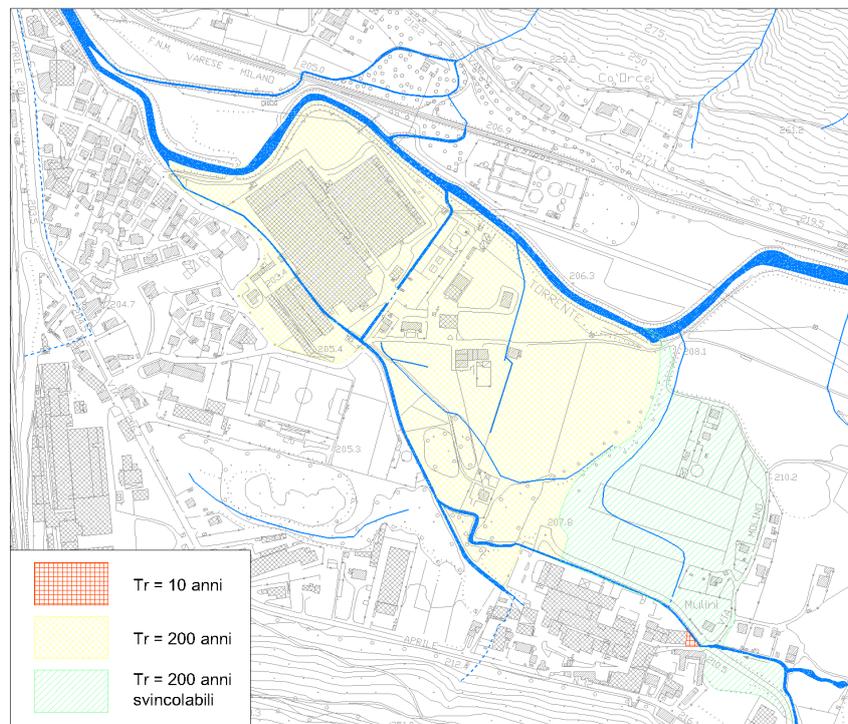
Relativamente al territorio di Laveno Mombello, sono stati studiati tre corsi d'acqua (vedi schede in **All. 12**):

Nome	n. sezioni	Q per Tr=10 anni	Q per Tr=200 anni
Torrente Riale	3	10 m ³ /s	21 m ³ /s
Torrente Rialto	1	12 m ³ /s	23 m ³ /s
Roggia Fassora	2	11 m ³ /s	21 m ³ /s

Dal modello calcolato, il T. Riale non presenta criticità né per piene con tempo di ritorno pari a 10 anni, né per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni. Il T. Rialto presenta un'area di esondazione di limitata estensione relativa alla piena con tempo di ritorno pari a 10 anni. La Roggia Fassora, invece, presenta maggiori criticità: dal modello risulta un'area esondabile di circa 49.000 m², relativa alla piena con tempo di ritorno pari a 10 anni, compresa tra la destra idrografica del corso d'acqua e il T. Boesio, e una seconda zona di maggior estensione (circa 218.500 m²) relativa alla piena con tempo di ritorno pari a 200 anni, compresa tra la loc. Mulini e il T. Boesio in corrispondenza dell'insediamento produttivo della Monterosa.



Successivamente alla redazione dello studio idraulico, tra il 2002 e il 2007 sono stati realizzati alcuni lavori di sistemazione idraulica, tra cui uno scolmatore di bypass che collega la R. Fassora con il T. Boesio a valle di Via Molino, al fine di ridurre le aree potenzialmente soggette ad allagamento.



La verifica di compatibilità idraulica effettuata sui suddetti lavori di sistemazione idraulica ha evidenziato come mediante gli stessi le aree allagabili per piene con tempo di ritorno pari a 10 anni sono state ridotte alla sola area di espansione predisposta in sponda sinistra a valle dell'attraversamento di Via Arioli (**Tav. 5**).

L'area precedentemente individuata come allagabile per piene con tempo di ritorno pari a 10 anni non risulta più a rischio di esondazione diretta da parte della Fassora, ma attualmente rimane a rischio di esondazione indiretta con tempo di ritorno pari a 200 anni a causa della possibilità dei fenomeni di rigurgito lungo il T. Boesio. Per il medesimo motivo, l'area in corrispondenza dell'insediamento produttivo della Monterosa rimane a rischio di esondazione con tempo di ritorno pari a 200 anni (**Tav. 5**).

L'area a valle dell'attraversamento di Via Arioli, in destra idrografica della R. Fassora compresa tra la loc. Mulini e il T. Boesio, infine, potrà essere svincolata dal rischio esondazione una volta completata la realizzazione degli specifici presidi di sicurezza previsti. Attualmente rimane soggetta ad allagamento per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Più recentemente, la Comunità Montana Valli del Verbano (ex C.M. della Valcuvia) ha commissionato la stesura di uno studio di fattibilità idraulica per la valutazione di invasi di laminazione lungo l'asta del T. Boesio con finalità di difesa idraulica e di miglioramento paesistico – ambientale (*"Interventi di laminazione piene e regimazione idraulica del T. Boesio nei comuni di Cittiglio e Laveno Mombello (VA) - Piano integrativo al 1° piano strategico nazionale per la mitigazione del rischio idrogeologico"* - Gibelli e Anselmo Aprile 2009).

Uno degli invasi di possibile realizzazione è previsto su un'area della Comunità Montana in Comune di Laveno (area in prossimità dell'impianto di depurazione). Tale intervento prevede una vasca di laminazione di volume pari a circa 100.000 m³ su una superficie di circa 40.000 m², comprensiva di manufatti di ingresso e restituzione.

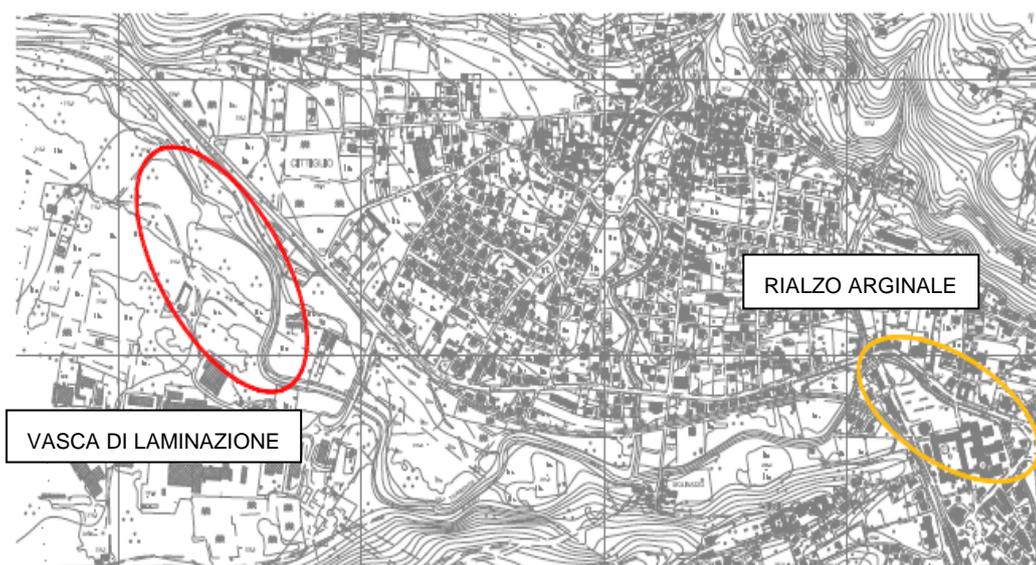
Dalle simulazioni sul comportamento della vasca di laminazione a fronte di un evento meteorico, è stato ricavato quanto segue:

- a) la portata al colmo di eventi di modesta entità (Tr 20 anni) non è influenzata dalla presenza dell'invaso in oggetto (la vasca non entra in funzione);
- b) la portata al colmo di eventi di entità eccezionale (Tr 200 anni) può essere ridotta del 3% in corrispondenza della sezione posta immediatamente a monte dell'abitato di Laveno.

Come appare evidente la realizzazione della sola vasca posta a monte dell'abitato di Laveno non induce una riduzione apprezzabile della portata transitabile nel T. Boesio. Le simulazioni hanno però messo in evidenza che un eventuale intervento di realizzazione di un invaso in prossimità del comune di Cusio (a monte di Laveno) garantirebbe una riduzione delle portate al colmo di piena di eventi eccezionali di circa il 21%; tale valore risulterebbe maggiore (26%) se fossero realizzate entrambe le vasche.

Dallo studio sopra descritto è successivamente scaturita la progettazione di interventi volti principalmente alla riduzione del rischio idraulico presso l'Ospedale di Cittiglio, interessato da fenomeni alluvionali anche nel corso dell'anno 2002 (*"Interventi di laminazione piene e regimazione idraulica del T. Boesio nei comuni di Cittiglio e Laveno Mombello (VA)" - Bai, Carimati e Zaro – Gennaio 2011*).

Il progetto prevede la realizzazione di un innalzamento dell'argine esistente in sponda sinistra del T. Boesio all'altezza dell'Ospedale di Cittiglio, e di un invaso di laminazione a monte della Località del Pradaccio in Comune di Laveno Mombello, per lo smaltimento della portata in eccesso che di fatto provocherebbe il sormonto arginale.



Occorre precisare che l'unico scopo per la realizzazione della vasca di laminazione, consisterebbe nell'invaso temporaneo della sola portata in

eccesso derivante dalla messa in opera del rialzo arginale; pertanto l'incidenza che tale intervento avrebbe sulla diminuzione del rischio idraulico nell'area a valle di Via Arioli compresa tra Loc. Mulini e il T. Boesio in Laveno Mombello, è poco influente.

9.4 **Eventi di dissesto idrogeologico censiti dalla C.M. della Valcuvia**

Nelle tabelle seguenti sono riassunte le informazioni su ulteriori eventi di dissesto fornite dalla Comunità Montana della Valcuvia. Essi sono classificabili come frane non fedelmente cartografabili o dissesti di altra natura, quale erosione di fondo o rottura d'argine.

I suddetti dissesti, a cui corrisponde una numerazione identificativa, sono stati puntualmente ubicati in **Tav. 5**, mentre in **All. 13** sono riportate le schede dissesti redatte dalla Comunità Montana della Valcuvia.

2 - Pendici Sasso del Ferro			
Censito da:	CM della Valcuvia Regione Lombardia	Fonte:	GEDA
Data evento:	***	Data censimento:	04/10/2000
Descrizione:			
Evoluzione regressiva della parete rocciosa subverticale e intensamente fratturata dalla quale si sono verificate nel corso del tempo frane di crollo di diversa entità. Presenza di accumuli di detrito lapideo sciolto suscettibili di rimobilizzazione, fenomeni di ruscellamento diffuso.			

5 - Loc. Via Tinelli - stazione bidonvia			
Censito da:	CM della Valcuvia	Fonte:	GEDA
Data evento:	***	Data censimento:	10/12/2000
Descrizione:			
L'alveo del Riale, nel tratto immediatamente a monte dell'edificio della funivia, presenta una sistemazione a gradinata realizzata attraverso una serie di soglie in cemento; queste opere presentano gradi diversi di dissesto: in particolare le soglie più basse sono in evidente stato di ammaloramento. Dal terrazzo dell'area di imbarco della funivia si può agevolmente osservare, sulla sponda opposta del torrente, la cavità che si è creata al di sotto della soletta della costruzione adibita a garage. Il piede della soglia è stato verosimilmente oggetto d'erosione che, progredendo, ha causato il cedimento del piano in cemento del manufatto; di questo rimane solo uno spezzone sulla destra idrografica del torrente. In corrispondenza della porzione mancante, l'azione erosiva ha raggiunto la base degli edifici che si affacciano, sulla sponda sinistra del Riale. Sul fondo dell'alveo si osserva una quantità significativa di materiale abbandonato dopo l'ultimo episodio di piena, in prossimità dell'attraversamento sotto l'edificio della stazione. In questo punto un pilastro della stazione fonda nel mezzo dell'alveo poggiando sulla roccia affiorante; il plinto, è protetto da un rozzo cuneo spartiacque. Il pilastro divide a metà la luce dell'imbocco dell'attraversamento del Riale sotto l'edificio della funivia.			

13 - Loc. Via Monteggia			
Censito da:	CM della Valcuvia	Fonte:	GEDA
Data evento:	***	Data censimento:	10/01/2001
Descrizione:			
<p>Nel tratto iniziale di via Monteggia, praticamente alla base del versante si segnala un significativo episodio di trasporto sulla sede stradale di materiale sciolto e detriti avvenuto in corrispondenza di un tratto a bosco; permane anche in questo caso la presenza di notevoli quantità di acqua che defluiscono lungo la sede stradale. Anche in questo settore l'urbanizzazione ha cancellato la presenza di una serie di rogge che raccoglievano e facevano defluire l'acqua verso il Torrente Rianne.</p>			

15 - Loc. Via Monteggia			
Censito da:	CM della Valcuvia	Fonte:	GEDA
Data evento:	***	Data censimento:	10/01/2001
Descrizione:			
<p>Dissesto che ha interessato un'area a quota 390; si tratta di due distinti smottamenti nella copertura con materiale eluvio - colluviale e sabbioso-limoso; i distacchi sono avvenuti all'interno di un area gradonata costituente un giardino abbandonato di una villa (anch'essa abbandonata). L'incuria ed il progressivo degrado dell'esistente (a partire dai muretti di ritenuta) sono state le cause che hanno portato, in presenza di piogge abbondanti, agli smottamenti in oggetto. In mancanza di adeguate opere di manutenzione e ripristino, la situazione può soltanto peggiorare ulteriormente, interessando sempre più ampie porzioni del versante e pregiudicando l'attuale assetto della strada, del suo muro di contenimento e delle opere esistenti in quel tratto.</p>			

17 - Loc. Via Molino - Via per Cittiglio			
Censito da:	CM della Valcuvia	Fonte:	GEDA
Data evento:	***	Data censimento:	18/01/2001
Descrizione:			
<p>Il corso d'acqua, nel tratto considerato sostanzialmente pianeggiante, si presenta con una pendenza uniforme e sostanzialmente in equilibrio anche per la presenza di salti in alveo; l'alveo e le opere trasversali si presentano quasi completamente sovralluvionate in ragione della naturale propensione del corso d'acqua alla mobilitazione di quantità di trasporto solido durante le piene; l'aumento del regime delle velocità, durante le piene, ha provocato notevoli fenomeni di dissesto tanto delle sponde quanto degli argini non ancora sistemati; la viabilità e i manufatti esistenti risultano in più punti fortemente vulnerabili; le opere di sistemazione arginale in c.a. e i manufatti di attraversamento esistenti lungo le vie Mulini e Fassora sono insufficienti dal punto di vista idraulico in caso di portate di piena; durante i periodi di forti piogge, la parte coperta al di sotto della ditta Monterosa tende ad uscire dalla canalizzazione e provoca seri problemi; tutt'intorno al corridoio fluviale principale della roggia Fassora si era provveduto, a suo tempo, a raccogliere le acque scolanti dai terreni con canali drenanti recapitanti direttamente nel Fiume Boesio in modo tale da alleggerire il carico idraulico della roggia stessa: a tutt'oggi ne esiste solo uno.</p>			

18 - Roggia Fassora			
Censito da:	CM della Valcuvia	Fonte:	GEDA
Data evento:	***	Data censimento:	18/01/2001
Descrizione:			
<p>Il corso d'acqua, nel tratto considerato sostanzialmente pianeggiante, si presenta con una pendenza uniforme e sostanzialmente in equilibrio anche per la presenza di salti in alveo; l'alveo e le opere trasversali si presentano quasi completamente sovralluvionate in ragione della naturale propensione del corso d'acqua alla mobilitazione di quantità di trasporto solido durante le piene; l'aumento del regime delle velocità, durante le piene, ha provocato notevoli fenomeni di dissesto tanto delle sponde quanto degli argini non ancora sistemati; la viabilità e i manufatti esistenti risultano in più punti fortemente vulnerabili; le opere di sistemazione arginale in c.a. e i manufatti di attraversamento esistenti lungo le vie Mulini e Fassora sono insufficienti dal punto di vista idraulico in caso di portate di piena; durante i periodi di forti piogge, la parte coperta al di sotto della ditta Monterosa tende ad uscire dalla canalizzazione e provoca seri problemi; tutt'intorno al corridoio fluviale principale della roggia Fassora si era provveduto, a suo tempo, a raccogliere le acque scolanti dai terreni con canali drenanti recapitanti direttamente nel Fiume Boesio in modo tale da alleggerire il carico idraulico della roggia stessa: a tutt'oggi ne esiste solo uno.</p>			

20 - Loc. Via Lumaca			
Censito da:	CM della Valcuvia	Fonte:	GEDA
Data evento:	12/2000	Data censimento:	13/12/2000
Descrizione:			
<p>Cedimento puntuale nella strada di accesso all'abitazione. L'osservazione dello stato complessivo del versante permette di evidenziare una situazione in evoluzione con situazioni particolarmente critiche individuabili sia sotto la linea della bidonvia dove si hanno deformazioni nel muro a secco (il cui ulteriore degrado potrebbe coinvolgere il traliccio della bidonvia stessa) e al ciglio del sentiero ove questo descrive il tornante dove si ha presenza di vegetazione in stato di precario equilibrio.</p>			

21 - Loc. Via Buonarroti			
Censito da:	CM della Valcuvia	Fonte:	GEDA
Data evento:	***	Data censimento:	13/07/2000
Descrizione:			
<p>Situazione di vistoso ammaloramento del ponte che è sostenuto da puntoni metallici in più punti.</p>			

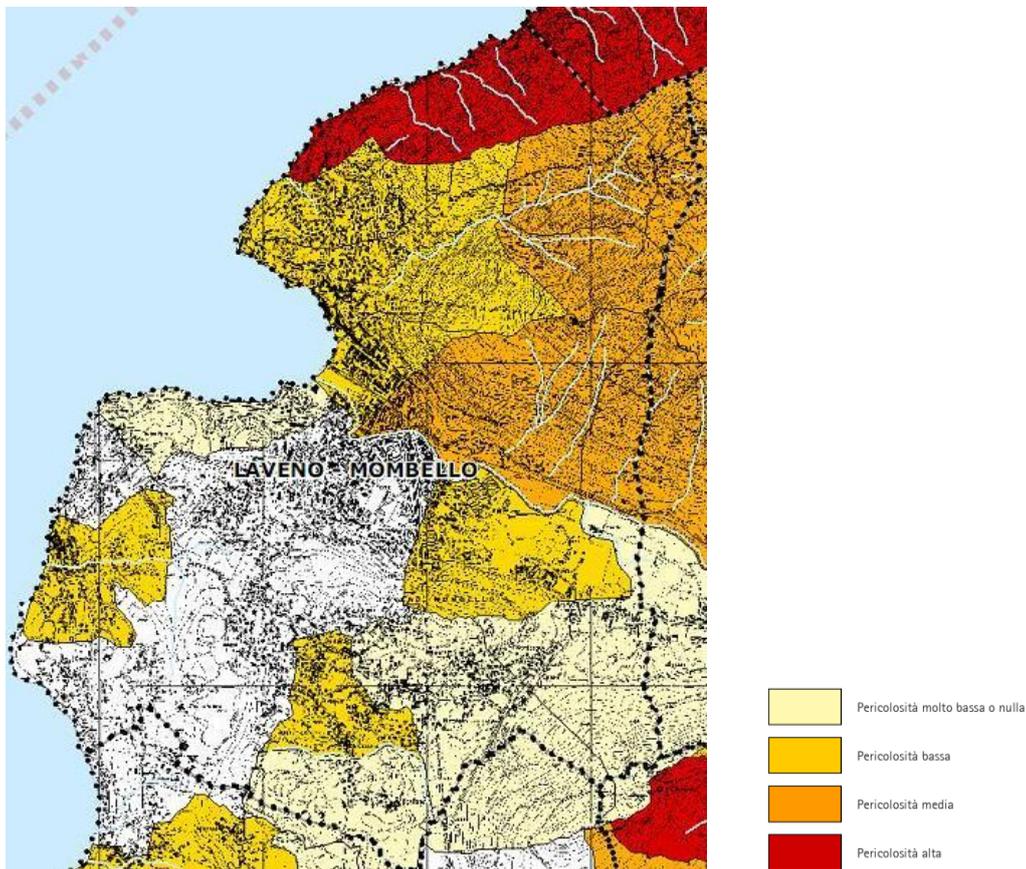
22 - Loc. Bostano			
Censito da:	CM della Valcuvia	Fonte:	GEDA
Data evento:	***	Data censimento:	17/07/2000
Descrizione:			
<p>In prossimità del punto in cui la roggia oltrepassa la linea ferroviaria si osservano evidenti le tracce di spagliamento in occasione di piene. Oltre a processi di erosione di fondo sono attivi quelli di trasporto solido (soprattutto detrito vegetale) con parte del materiale in carico e dell'acqua in eccesso captate da uno scivolo con fondo rivestito in pietrame e scaricate a lato della linea ferroviaria. Al momento del rilievo detto canale era quasi completamente ostruito da detrito vegetale.</p>			

10. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ PER FRANA

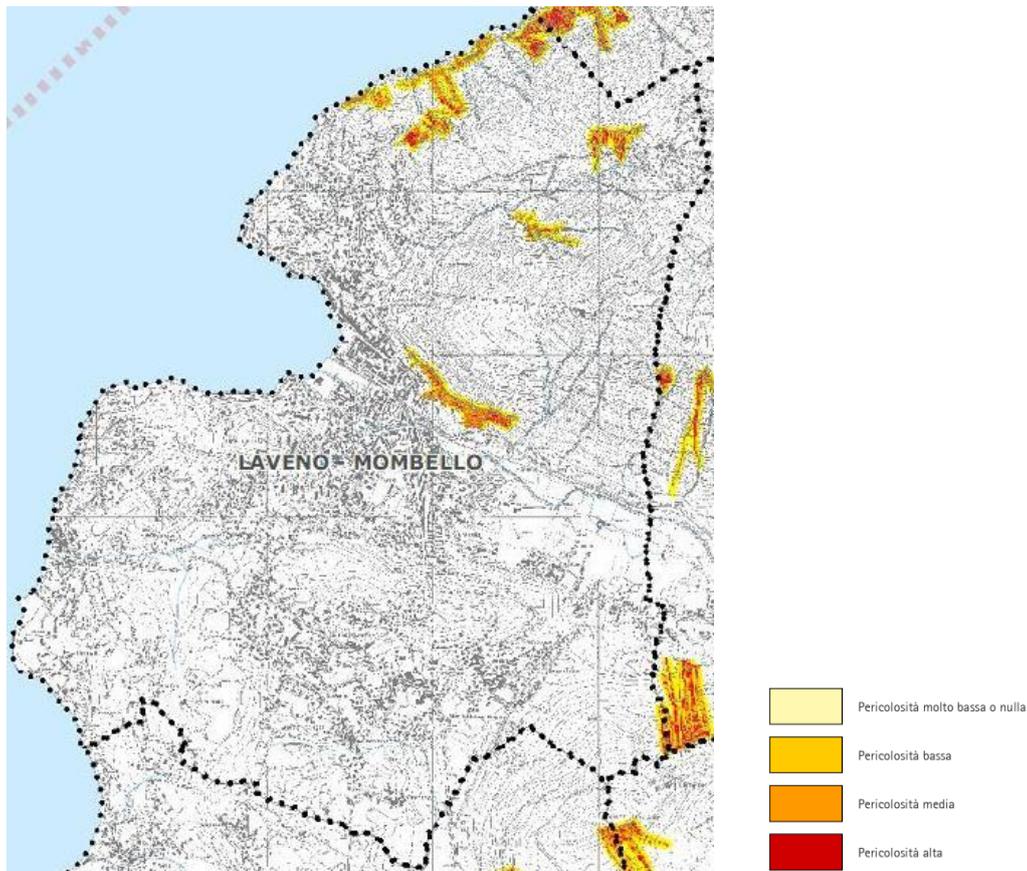
10.1 Individuazione aree pericolosità per frana

Dalla Tavola RIS 3 – Carta della pericolosità frane del P.T.C.P., si osserva come il territorio di Laveno Mombello sia per buona parte identificato come potenzialmente franoso, con aree classificate a pericolosità alta, media, bassa e molto bassa o nulla.

Al contrario, la Tavola RIS 4 – Carta della pericolosità frane di crollo mostra all'interno del Comune la presenza di diverse situazioni critiche, in particolare in corrispondenza del versante nord – occidentale del Sasso del Ferro, a ridosso della Strada Provinciale n. 69 (Via per Luino), e del versante sud, sovrastante la Strada Statale n. 394dir (Via Varese - Via Labiena).



Estratto della Tavola RIS 3 “Carta della pericolosità frane” del P.T.C.P.



Estratto della Tavola RIS 4 “Carta della pericolosità frane di crollo” del P.T.C.P.

Pertanto, ai sensi degli Art. 82 e 84 del P.T.C.P., il territorio comunale è stato sottoposto ad analisi approfondite per l’attestazione dell’effettiva pericolosità delle aree indicate dalla Tavola RIS 3 e dalla Tavola RIS 4.

Una prima discretizzazione, ai fini di tale valutazione, è stata effettuata mediante un’analisi di tipo clivometrico, realizzata mettendo in evidenza le aree del territorio comunale appartenenti alle seguenti classi di inclinazione i

- $i < 20^\circ$
- $20^\circ < i < 35^\circ$
- $i > 35^\circ$

Tali classi fanno riferimento alla letteratura tecnica di settore, in quanto l’inclinazione di 20° è considerata la soglia minima per il possibile sviluppo di dissesti gravitativi in corrispondenza di versanti costituiti da terreni sciolti. Viceversa, l’inclinazione di 35° è considerata una pendenza critica, in valore

assoluto, oltre la quale possono generarsi con più frequenza dissesti franosi o addirittura crolli in corrispondenza dei versanti rocciosi.

Per mezzo di questo tipo di valutazioni, che hanno permesso di suddividere il territorio comunale in zone omogenee, tenendo conto sia della classe di pendenza che di quella litologica, è stato perciò possibile escludere dalle successive analisi di dettaglio vaste aree del territorio di Laveno, tra le quali le aree caratterizzate da substrato affiorante o sub affiorante (di conseguenza buona parte del Sasso del Ferro) e le aree perlopiù pianeggianti in corrispondenza del centro abitato.

A seguito di tale analisi, è stato perciò possibile focalizzare l'attenzione solo su determinate aree del territorio comunale, sulle quali effettuare le verifiche di stabilità per l'attestazione della sussistenza di tale specifica pericolosità.

Per quanto riguarda la valutazione di dettaglio delle condizioni di effettiva pericolosità dei dissesti già censiti, la fase di attestazione della pericolosità è stata preceduta dall'analisi e dal confronto dei dissesti riportati dal Piano socio economico di sviluppo della Comunità Montana della Valcuvia, dall'Inventario frane e dissesti Regione Lombardia (Geolffi) e dalla Carta Censimento Dissesti (Tav. RIS 2 – P.T.C.P. Varese) (**Tav. 5**).

Infine, per i fenomeni di debris flow localizzabili lungo il Sasso del Ferro, è stata effettuata la delimitazione delle aree potenzialmente invase da una colata, alle quali è stato attribuito uno specifico grado di pericolosità in funzione delle dimensioni dell'evento e della prossimità del centro abitato.

10.2 Metodologia di analisi della stabilità dei versanti

10.2.1 Analisi di stabilità di pendii in terreni sciolti

In linea con i criteri regionali, la verifica delle condizioni di stabilità di versante è stata effettuata mediante un'analisi all'equilibrio limite con i metodi di Janbu, Bishop e Spencer, con il supporto di un modello di calcolo dedicato e implementato nel software Slide 5.0 (1998-2008 Rocscience Inc.).

Tale procedura consente di individuare, per differenti masse di terreno, le superfici di scivolamento critiche caratterizzate dal coefficiente di sicurezza più basso, attraverso l'analisi di 5000 superfici geometricamente possibili.

In **Tav. 6** è riportata la traccia delle sezioni geognostiche per le quali è stata realizzata l'analisi di stabilità. Le sezioni si riferiscono alle aree di maggior interesse, all'interno del territorio di Laveno Mombello, dal punto di vista della

pericolosità da frana, ottenute grazie all'analisi geomorfologica effettuata preliminarmente considerando litologia e pendenza.

Il livello di sicurezza (Fattore di Sicurezza FS) è espresso come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio necessaria a garantire l'equilibrio lungo la potenziale superficie di scivolamento. I principali fattori destabilizzanti sono quelli dovuti all'effetto della forza di gravità, all'aumento delle sovrappressioni interstiziali, al peggioramento dei parametri di resistenza al taglio dei terreni e all'incremento delle sollecitazioni esterne (carichi accidentali, azione sismica etc).

Le verifiche di stabilità sono state realizzate in condizioni drenate, in condizioni di parziale saturazione e in corrispondenza di un eventuale evento sismico.

L'analisi di stabilità in condizioni sismiche necessita in ingresso di un valore di accelerazione sismica orizzontale (k_h) e di un valore di accelerazione verticale (k_v). Noti questi parametri, è possibile definire l'azione sismica di progetto ricorrendo ad analisi semplificate per via pseudostatica. Tale metodo consente di schematizzare l'azione sismica come un insieme di forze statiche orizzontali e verticali rappresentative delle forze inerziali prodotte dal passaggio delle onde sismiche nel terreno.

L'entrata in vigore del D.M. 14/01/08 ha fatto in modo che la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica debba essere effettuata direttamente per il sito in esame. I dati relativi allo specifico sito di interesse si ricavano mediante l'interpolazione dei parametri relativi a 4 punti appartenenti al reticolo di riferimento che circondano il punto in esame. I parametri dei punti costituenti il reticolo sono riportati nella Tabella 1 dell'Allegato B del suddetto decreto. Per questo motivo ogni sezione di interesse, anche se all'interno dello stesso comune, risulta caratterizzata da valori di k_h e k_v differenti.

In base a quanto appena detto, i siti corrispondenti alle sezioni in esame sono caratterizzati da un valore di accelerazione massima al suolo a_g pari a 0,054 g, riferito ad una probabilità di superamento non maggiore del 5% in 200 anni, corrispondente ad un tempo di ritorno dell'evento critico di 2475 anni (Stato limite di Collasso).

Considerando la categoria sismica dei terreni, le caratteristiche topografiche del sito e il valore di accelerazione massima è quindi possibile calcolare i valori dei coefficienti di accelerazione sismica orizzontale K_h e verticale K_v , in relazione all'evento sismico simulato, come specificato al punto 7.11.3.5.2 del D.M. 14/01/08.

10.2.2 Analisi di rotolamento mediante simulazioni di caduta

In linea con i criteri regionali (Allegato 2, Par. 2.2.1.) l'analisi di rotolamento, tramite simulazione di caduta massi, ai fini di una zonazione longitudinale delle traiettorie di caduta in classi di pericolosità, è avvenuta mediante l'impiego del software ROCFALL 4.0 (1998 – 2003 RocScience).

Il modello di calcolo implementato in ROCFALL adotta un metodo *lumped mass* che si basa sulle seguenti ipotesi:

- schema piano;
- profilo del pendio assimilabile ad una spezzata costruita da segmenti rettilinei;
- blocco puntiforme;
- resistenza dell'aria trascurabile.

Con queste assunzioni, la traiettoria di caduta risulta funzione esclusivamente dei coefficienti di restituzione e del coefficiente d'attrito al roto-scivolamento dei materiali con i quali il blocco viene a contatto e del profilo topografico, mentre è indipendente dalla massa del blocco.

Di conseguenza, i dati in ingresso nel modello, oltre al profilo topografico del versante, sono i parametri dei materiali con i quali il blocco viene a contatto (coefficienti di restituzione normale e tangenziale e coefficiente di attrito di roto-scivolamento), le condizioni di moto iniziali (velocità orizzontale, verticali e velocità angolare) e la massa del blocco. Quest'ultima, come anticipato precedentemente, non influenza il moto del blocco ma è necessaria per il calcolo dell'energia cinetica del corpo. Un altro parametro che non viene considerato dal software è la forma del blocco, in quanto il metodo implementato modella i corpi in caduta come elementi puntiformi.

Per quanto riguarda il coefficiente di restituzione, esso è definito come

$$e = \frac{|V_{out}|}{|V_{in}|}$$

dove V_{in} è la velocità del corpo prima dell'impatto e V_{out} è la velocità del corpo dopo l'impatto.

I coefficienti di restituzione normale e_n e tangenziale e_t sono le due componenti di e , per i valori dei quali si è fatto riferimento alle tabelle in Allegato 12 ai *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. n. 12 dell'11/3/2005. In particolare, per i versanti in esame è stata impiegata la tabella seguente (Azzoni et al., 1991):

Natura del substrato	e_t	e_n	$tg\delta_r$
Roccia	0.45 – 0.75	0.45 – 0.75	0.97
Detrito fine	0.66	0.3	0.75
Detriti misto a terra	0.66	0.62	0.39
Detrito grossolano	0.80	1	0.88

Tale tabella fornisce anche i valori da letteratura del coefficiente di attrito dinamico al rotolamento ($tg\delta_r$).

Al fine della comprensione del modello concettuale di calcolo, si può immaginare che un materiale particolarmente soffice posto alla base della parete di distacco tenderà ad assorbire le energie d'urto (per una data massa e velocità) e a limitare la distanza percorribile dal blocco in caduta rispetto ad una condizione opposta che si determina in presenza di terreni duri e a comportamento prevalente elastico.

Nel caso di Laveno Mombello, l'analisi è stata effettuata in corrispondenza delle aree indicate dal P.T.C.P. risultate di maggior interesse dal punto di vista urbanistico, in quanto potenzialmente coinvolgibili ambiti urbani (strade e centri abitati). La traccia delle sezioni corrispondenti alle traiettorie sottoposte a verifica è riportata in **Tav. 6**.

Secondo quanto richiesto dai criteri regionali, essendo tale analisi di caduta massi un'analisi probabilistica, realizzata con modelli numerici di tipo stocastico, su ogni profilo di versante potenziale origine di crollo e/o ribaltamento si sono effettuate molteplici simulazioni di caduta (nel caso specifico 1000, come richiesto da normativa regionale) per verificare le possibili distanze di propagazione, con velocità iniziale di 2 m/s nella direzione orizzontale (deviazione standard di 1 m/s) e 1 m/s in quella verticale (deviazione standard di 0.3 m/s). La velocità angolare iniziale è posta pari a 0 rad/s, ma tale grandezza fisica, fondamentale nel moto di un corpo in caduta libera, viene comunque tenuta in conto durante la simulazione del rotolamento dei blocchi. Un altro aspetto da considerare riguarda il fatto che è possibile far variare il coefficiente di restituzione e_n durante la simulazione in funzione della velocità del corpo (e_n diminuisce all'aumentare della velocità di impatto del blocco). La correlazione tra queste due grandezze permette di modellizzare il passaggio dalle condizioni perlopiù elastiche, tipiche delle basse velocità di impatto, alle condizioni altamente non elastiche causate dall'aumento della fratturazione nel blocco impattante a velocità più elevate.

Un ultimo aspetto importante da sottolineare è che tale modello di calcolo non tiene conto dell'eventualità che dalla parete rocciosa in esame non avvenga il distacco di alcun blocco. La simulazione di caduta parte dal presupposto che dalla parete rocciosa si distacchino tutti i blocchi lapidei indicati dall'utente (nel nostro caso 1000 blocchi). Il software utilizzato, di conseguenza, non fornisce alcun tipo di indicazione sull'effettiva predisposizione del versante a fenomeni di crollo.

10.2.3 Stima della superficie di espansione dei debris flow

Tale analisi ha come scopo la valutazione approssimata dell'area di espansione delle colate potenziali presenti all'interno del Comune di Laveno Mombello.

La prima grandezza da stimare è la magnitudo della colata, ossia il volume massimo di materiale detritico rimobilizzabile durante un evento di trasporto di massa o misto. La stima della magnitudo di ogni singolo debris flow è stata realizzata indirettamente mediante uno dei diversi metodi empirici provenienti da letteratura tecnica indicati nei criteri regionali (Allegato 2 – par. 2.2.4.).

Il metodo adottato nello specifico per Laveno è quello di Tropeano & Turconi (1999)

$$M = (0.542 \cdot A_e + 0.0151) \cdot 0.019 \cdot h \cdot \text{tg}\theta$$

dove M è la magnitudo (m^3), A_e è l'area effettiva del bacino (m^2), h è lo spessore medio del materiale rimobilizzabile (m) e $\text{tg}\theta$ è la pendenza media del bacino (-).

Una volta determinata M , ipotizzando uno spessore del deposito pari a 1 m, si è valutata l'estensione areale dell'espansione potenziale delle colate.

10.3 Attestazione della pericolosità delle aree potenzialmente franose

L'analisi di stabilità, condotta con il supporto del modello di calcolo descritto nel **Par. 10.2.1**, è finalizzata all'attestazione della pericolosità nel territorio del Comune di Laveno Mombello, mediante attribuzione delle rispettive classi. L'attestazione della pericolosità avviene in base al seguente criterio:

Fattore di sicurezza	di	Livello di pericolosità
FS > 2.0		H1
1.4 < FS < 2.0		H2
1.2 < FS < 1.4		H3
1.0 < FS < 1.2		H4
FS < 1.0		H5

Il fattore di sicurezza FS, utilizzato come riferimento per l'assegnazione del livello di pericolosità, è quello più basso ottenuto nelle analisi di stabilità in condizioni drenate.

Poiché i livelli di pericolosità sono 5 (H1 – H5) e le classi di pericolosità sono invece 4, si ha che

Classe di pericolosità	Livello di pericolosità
Pericolosità molto bassa o nulla	H1 – H2
Pericolosità bassa	H2 – H3
Pericolosità media	H3 – H4
Pericolosità alta	H4 – H5

per cui, per l'attribuzione delle classi di pericolosità, il criterio adottato è il seguente:

Fattore di sicurezza	di	Livello di pericolosità	Classe di pericolosità
FS > 2.00		H1	Pericolosità molto bassa o nulla
1.7 < FS < 2.0		H2	
1.4 < FS < 1.7		H2	Pericolosità bassa
1.3 < FS < 1.4		H3	
1.2 < FS < 1.3		H3	Pericolosità media
1.1 < FS < 1.2		H4	
1.0 < FS < 1.1		H4	Pericolosità alta
FS < 1.0		H5	

Per ciascuna area omogenea è stata inoltre individuata un'area di possibile ampliamento a valle, alla quale è stata assegnata una classe di pericolosità inferiore di un grado rispetto all'area di origine cui si riferisce. Per la delimitazione di tale zona di ampliamento è stata impiegata la formula empirica seguente

$$L = 46.91 \cdot \log(H + 3) - 22.38$$

GOVI et al.(1985)

dove L è la distanza massima (in m) di arresto dei materiali franati, mentre H rappresenta il dislivello tra il punto di distacco della superficie di scivolamento con FS più basso e il punto di inizio della zona di accumulo. L'ampiezza dell'area stimata con questo metodo è essenzialmente indicativa, perciò il tracciamento vero e proprio della zona di ampliamento è stato realizzato seguendo soprattutto la morfologia dell'area di interesse.

Infine, all'interno del territorio comunale, sono state individuate con criterio geomorfologico diverse aree di per sé stabili, ma con possibile interessamento ed innesco di locali fenomeni di dissesto gravitativo soprattutto a seguito di azioni di scavo e sbancamento non adeguatamente condotti, alle quali è stata attribuita una pericolosità bassa (H2).

Anche alle aree caratterizzate da substrato affiorante o subaffiorante è stata attribuita una generica pericolosità bassa (H2), essendo caratterizzate da copertura detritico – colluviale discontinua e di ridotto spessore soggetta a potenziali scivolamenti di carattere locale.

10.3.1 Approfondimento per le aree urbanizzate di Monteggia, Montecristo e Brena

Per le zone urbanizzate di Monteggia, Montecristo e Brena si è resa necessaria una ridefinizione di maggior dettaglio della pericolosità delle aree potenzialmente franose, a supporto dell'aggiornamento della carta di fattibilità geologica del P.G.T. del Dicembre 2009.

Lo studio di approfondimento richiesto ha previsto l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche in sito consistite in un rilievo topografico e geomorfologico di dettaglio e nell'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche continue.

L'insieme dei dati acquisiti ha permesso di definire con maggior dettaglio le caratteristiche topografiche e geologico tecniche delle sezioni geognostiche utilizzate per le verifiche di stabilità (sezioni già studiate 5, 6 e 7 e nuove sezioni integrative 5a e 5b).

Rilievo topografico e geomorfologico di dettaglio

I profili topografici utilizzati per le verifiche di stabilità sono stati rilevati con l'ausilio di un ricevitore GNSS ad alta precisione. Il rilievo ha permesso di battere le quote topografiche lungo le linee di massima pendenza, compatibilmente con l'accessibilità dei luoghi. L'esito dei rilievi ha permesso di integrare la carta aereo-fotogrammetrica comunale infittendo i punti quotati.

Contestualmente è stato eseguito un rilievo geomorfologico finalizzato ad individuare in dettaglio le zone con substrato roccioso affiorante o sub-affiorante, le opere di difesa idrogeologica esistenti e le eventuali situazioni di dissesto in atto.

Prove penetrometriche dinamiche continue

Al fine di desumere i parametri necessari alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di versante si sono eseguite n. 8 prove penetrometriche dinamiche continue (**Scpt 1 ÷ Scpt 8**).

Le prove sono state eseguite il 9 Febbraio 2011 e sono state ubicate, ove accessibile, nei diversi ambiti morfologici e altimetrici di versante (si veda l'ubicazione delle prove in **All. 14**).

Le prove sono state eseguite mediante penetrometro pesante "Tipo Meardi", con punta conica di diametro pari a 51 mm e conicità di 60°, massa battente del peso di 73 Kg e altezza di caduta pari a 75 cm.

I dati sono stati ottenuti registrando i colpi necessari all'infissione della punta, ogni 30 cm, fino alla profondità massima di 10,0 m dal p.c. attuale, raggiunta nei settori situati al piede del versante. Le prove sono terminate tutte con il rifiuto alla penetrazione pari a 100 colpi/piede, indicando univocamente la presenza a debole profondità del substrato roccioso.

In **All. 14** sono riportati i grafici con l'andamento diagrammato delle prove tramite una linea che definisce la resistenza che il terreno ha opposto all'approfondimento della punta penetrometrica.

Durante l'esecuzione delle prove, fino alla massima profondità investigata, non sono state rinvenute acque sotterranee né sono stati intercettati strati di terreno anormalmente umidi. Si sottolinea che le prove sono state eseguite durante un periodo caratterizzato da scarse precipitazioni meteoriche.

Dati geognostici derivati da altri studi disponibili

Oltre alle indagini geognostiche appositamente condotte per il presente approfondimento, il Comune di Laveno Mombello ha reso disponibili alcuni studi specifici, anch'essi utilizzati per pervenire alla successiva modellazione geologico-tecnica del versante.

Tali studi, descritti al Paragrafo 7.2 della presente relazione ed ubicati in **Tav. 4**, riguardano l'effettuazione di prove penetrometriche, sondaggi geognostici e rilievi geomorfologici di dettaglio.

In particolare, con riferimento all'elencazione riportata al Paragrafo 7.2 ed in **Tav. 4**, si sono considerati i seguenti lavori/studi:

- area 2: Relazione tecnica per la sistemazione del versante in Loc. Monteggia;
- area 19: Indagine di approfondimento geognostico – geotecnico relativa al piano di lottizzazione in loc. Montecristo;
- area 37: Relazione geologico-tecnica per terreno in Via Monteggia - loc. Lazzaretto;
- area 38: Indagine geognostica su un'area sita in Via Monteggia di proprietà della Società Laveno Gamma S.r.l.;
- area 39: Relazione geologica e geotecnica per la realizzazione di un nuovo edificio prefabbricato situato in Via Pedotti 1;
- area 40: Studio geologico per la proposta di riassegnazione della classe di fattibilità geologica di un'area situata in loc. Monteggia.

Modello geologico-tecnico di versante

L'interpretazione dei risultati delle indagini consente di schematizzare il versante con l'adozione delle seguenti unità geologico tecniche:

Depositi di contatto glaciale: terreni normalconsolidati costituiti da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi. Costituiscono le aree al piede del versante lungo Via Luino ed i terrazzi glaciali della fascia altimetricamente inferiore del versante. Presentano spessori variabili massimi sino a circa 5÷10 metri.

Till glaciale: terreni sovraconsolidati costituiti da sabbie limose con ghiaia e ciottoli. Costituiscono le aree dei terrazzi glaciali della fascia altimetricamente superiore del versante (loc. Brena, Montecristo e Monteggia). Presentano spessori molto ridotti dell'ordine di pochi metri.

Substrato roccioso: calcari compatti o debolmente fratturati parzialmente permeabili per carsismo. Affiora estesamente a partire dalla fascia mediana del versante sino ai settori di sommitali.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata eseguita con l'elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche utilizzando un programma di calcolo che, in base alle caratteristiche litologiche e alle correlazioni più comunemente accettate, permette di definire i principali parametri geotecnici.

In **All. 14** sono riportate le correlazioni utilizzate ed i risultati delle elaborazioni effettuate con, in funzione della profondità da p.c., i valori calcolati di densità relativa e angolo di attrito, i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_S ricavati indirettamente dai valori di resistenza alla penetrazione ed i parametri di deformabilità dei terreni.

La determinazione dei parametri geotecnici di riferimento è stata quindi condotta mediante un'elaborazione statistica di tutti i dati disponibili che ha permesso di determinare i valori caratteristici inferiori (frattile 5% come prescritto dall'Eurocodice 7) e medi della popolazione di dati.

Al substrato roccioso ed alle opere di sostegno è stato attribuito un valore del peso di volume pari a 22 KN/m^3 e l'assenza di deformazioni al loro interno (resistenza geomeccanica infinita).

Le prove in sito non hanno rilevato la presenza di acqua sotterranea. La circolazione di acqua è riferibile all'andamento delle precipitazioni meteoriche locali con possibilità che si instauri della circolazione idrica di versante per saturazione a partire dal p.c. o a partire dal substrato roccioso nei settori scarsamente fratturati. Tuttavia non sembrano essere condizioni particolarmente probabili, stante la scarsa permeabilità dei depositi glaciali di copertura e, viceversa, la discreta permeabilità per carsismo del sottostante substrato roccioso.

La possibilità che si inneschino condizioni di saturazione dei depositi superficiali resta tuttavia probabile, stante l'elevato sviluppo delle aree urbanizzate prive di un vero e proprio sistema comprensoriale di governo ed allontanamento delle stesse.

Alla pagina seguente si riportano i risultati della caratterizzazione geotecnica dei terreni:

Depositi di contatto glaciale: terreni normalconsolidati costituiti da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi.

Area di affioramento:	forma le aree al piede del versante lungo Via Luino ed i terrazzi glaciali della fascia altimetricamente inferiore del versante.
Spessore:	massimo 5÷6 m
Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SCPT} medio = 3÷4 colpi/piede
Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SPT} equiv. = 6÷8 colpi/piede
Peso di volume naturale (stima):	$\gamma_n = 18 \text{ KN/m}^3$
Stato di addensamento:	“medio”
Densità relativa:	$D_r = 45\div 50 \%$
Angolo di attrito:	$\phi' = 32^\circ$
Coesione efficace	$c' = 5 \text{ KPa}$

Till glaciale: terreni sovraconsolidati costituiti da sabbie limose con ghiaia e ciottoli.

Area di affioramento:	forma i terrazzi glaciali fascia altimetricamente superiore del versante (loc. Brena, Montecristo e Monteggia).
Spessore:	massimo 1÷2 m
Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SCPT} medio > 20 colpi/piede
Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SPT} equiv. > 40 colpi/piede
Peso di volume naturale (stima):	$\gamma_n = 19 \text{ KN/m}^3$
Stato di addensamento:	“molto addensato”
Densità relativa:	$D_r = 80\div 85 \%$
Angolo di attrito:	$\phi' = 35\div 36^\circ$
Coesione efficace	$c' = 2,5 \text{ KPa}$

Verifiche di stabilità e attestazione della pericolosità

Le verifiche di stabilità sono state effettuate lungo una serie di sezioni sulle linee di massima pendenza, la cui ubicazione è stata ritenuta particolarmente significativa per azionare la pericolosità per frana del versante.

Allo scopo sono state adottate le sezioni di verifica 5 e 6 dello studio del 2009, è stata prolungata a valle la sezione 7 dello stesso studio e sono state tracciate due nuove sezioni denominate 5a e 6b (si veda l'ubicazione in **Tav. 6**).

La metodologia di analisi della stabilità dei versanti corrisponde a quanto già precedentemente illustrato al Paragrafo 10.2.1 della presente relazione. Le verifiche effettuate sono illustrate in **All. 7**, dove sono riportati anche degli ingrandimenti a scala di dettaglio delle sezioni di verifica nei settori di versante meno stabili.

I risultati delle verifiche di stabilità consentono di riconoscere le seguenti aree caratterizzate da diverso livello di pericolosità per frana:

- H2 per l'area dei terrazzi glaciali in località Monteggia e Brena, con $1,4 < FS < 2$;
- H3 per le aree dei terrazzi glaciali che caratterizzano la fascia altimetricamente inferiore del versante, con $1,3 < FS < 1,4$.

Le restanti porzioni del versante sono state azionate seguendo i criteri descritti al Paragrafo 10.3 della presente relazione per aree di possibile ampliamento a valle dei movimenti franosi (H1 e H2), per aree caratterizzate dal possibile interessamento ed innesco di locali fenomeni di dissesto gravitativo soprattutto a seguito di azioni di scavo e sbancamento non adeguatamente condotti (H2) e per aree caratterizzate da substrato affiorante o subaffiorante con copertura detritico – colluviale discontinua e di ridotto spessore soggetta a potenziali scivolamenti di carattere locale (H2).

I risultati dell'approfondimento dello studio della pericolosità per frana permettono di ridefinire le aree classificate come potenzialmente franose da livelli di pericolosità H4/H3 a livelli meno gravosi compresi tra H2/H1.

10.4 Attestazione della pericolosità delle aree potenzialmente origine di crolli e/o ribaltamenti

L'analisi di rotolamento, condotta con il supporto del modello di calcolo illustrato nel **Par. 10.2.2**, è finalizzata all'attestazione della pericolosità da crollo in roccia nel territorio del Comune di Laveno Mombello, mediante attribuzione delle rispettive classi.

In base ai risultati delle analisi di rotolamento su ciascuna traiettoria di caduta, si effettua una zonazione longitudinale in classi secondo il seguente criterio:

Percentuale di transito e arresto	Livello di pericolosità	Classe di pericolosità
Transito e arresto del 70% dei blocchi	H4	Pericolosità alta
Arresto del 95% dei blocchi	H3	Pericolosità media
Arresto del 100% dei blocchi	H2	Pericolosità bassa
Distanza massima raggiungibile	H1	Pericolosità molto bassa

La zonazione delle aree avviene mediante interpolazione dei risultati sulle singole traiettorie.

Inoltre, all'interno del territorio comunale, sono state individuate con criterio geomorfologico aree caratterizzate da substrato roccioso affiorante o subaffiorante con pendenze superiori ai 35°, di per sé stabili, ma potenzialmente soggette a localizzati rotolamenti di materiale lapideo proprio per la pendenza che le caratterizza, alle quali è pertanto attribuita una generica pericolosità bassa (H2).

10.5 Attestazione della pericolosità dei dissesti già censiti

Per quanto attiene la pericolosità dei dissesti già censiti, la fase di attestazione della pericolosità è stata preceduta dall'analisi e dal confronto dei dissesti riportati dall'Inventario frane e dissesti Regione Lombardia (Geolffi), dalla Carta Censimento Dissesti (Tav. RIS 2 – P.T.C.P. Varese) e dallo studio dissesti della Comunità Montana (vedi **Cap. 9**).

Le frane esistenti sono classificate negli elaborati citati, in base alla loro attività, come segue

- frane attive: attualmente in movimento o mossesi nell'ultimo ciclo stagionale;
- quiescenti: riattivabili dalle loro cause originali tuttora esistenti;
- inattive: non più influenzate dalle loro cause originali (ove note);
- relitte: sviluppatasi in condizioni geomorfologiche e climatiche considerevolmente diverse da quelle attuali.

L'analisi delle diverse fonti ha consentito il censimento completo dei dissesti presenti nel territorio comunale, riportati su fotogrammetrico in **Tav. 5**. Tale fase di raccolta dati è stata accompagnata da un'analisi critica dei dissesti, per una corretta definizione, classificazione e una giusta delimitazione cartografica dei dissesti segnalati, effettuata per mezzo di sopralluoghi di rilevamento diretto. Per l'attribuzione del livello e della classe di pericolosità è stato adottato il seguente schema, fornito dai criteri regionali:

Tipologia di frana		Livello di pericolosità	Classe di pericolosità
Relitta		H1	Pericolosità molto bassa o nulla
Inattiva		H2	Pericolosità bassa
Quiescente	Assenza di movimenti negli ultimi 10 anni	H3	Pericolosità media
	Presenza di movimenti negli ultimi 10 anni	H4	
Attiva		H5	Pericolosità alta

10.6 Attestazione della pericolosità generata da debris flow

Dopo la valutazione approssimata, per mezzo di metodi empirici, della superficie di potenziale espansione dei debris flow potenziali individuati all'interno del territorio comunale, è stata realizzata la zonazione, riportando sul fotogrammetrico in **Tav. 6** le aree così calcolate, cercando nel tracciamento di seguire la morfologia del territorio. Alle zone di espansione è stata in generale associata pericolosità bassa (H3), considerata la poco significativa influenza sulle aree urbanizzate. L'unica eccezione è costituita

dall'area di espansione individuata in corrispondenza della zona apicale della conoide di sbocco del T. Riale alla quale, per le problematiche idrauliche associate al trasporto insite nell'area, è attribuita una pericolosità alta (H5).

10.7 Attestazione della pericolosità generata da conoidi

Nella Carta Censimento Dissesti (Tav. RIS 2 – P.T.C.P. Varese) è indicata la presenza di due conoidi alluvionali, una localizzata nel settore settentrionale del territorio comunale, allo sbocco del Torrente Riale e l'altra presso l'abitato di Cerro, allo sbocco del Torrente Rialto.

L'assegnazione dei livelli di pericolosità e delle corrispondenti classi è stata effettuata basandosi su uno studio di dettaglio realizzato dalla Comunità Montana della Valcuvia (2000). Nello studio effettuato dalla Comunità Montana è stata valutata la pericolosità delle conoidi mediante il metodo di Aulitzky (1982) (metodo contemplato nell'allegato 2 dei criteri regionali), in cui il grado di pericolosità (bassa, media od alta) di una conoide è il risultato della media ponderata dei punteggi assegnati ad ogni particella della stessa, sulla base delle caratteristiche rilevate (pendenza, copertura vegetale, litologia, geomorfologia, ecc..) e mediante l'analisi di diversi parametri, tra i quali gli indici caratteristici dei bacini e dei corsi d'acqua e le quantità dei materiali rimobilizzabili.

Successivi sopralluoghi hanno permesso di riportare con adeguato dettaglio sul fotogrammetrico comunale la suddivisione e la classificazione della pericolosità delle conoidi operata dalla Comunità Montana.

Alle aree a differente rischio idrogeologico sono stati quindi associati livelli di pericolosità H1, H2, H3 e H5, corrispondenti rispettivamente a classi di pericolosità molto bassa o nulla, bassa, media e alta, in accordo con i criteri per l'elaborazione degli studi geologici a supporto della pianificazione territoriale (D.G.R. 8/7374/08), come indicato nella tabella a pagina seguente.

Nell'**Al. 9** – *Schede per il censimento delle conoidi* - sono riassunti i dati morfometrici e geomorfologici acquisiti, che hanno permesso la classificazione geomorfologica delle conoidi e di conseguenza anche del grado di pericolosità che le contraddistingue.

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

11. ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

11.1 *Aspetti normativi e metodologici*

Con la pubblicazione sul B.U.R.L. del 12 giugno 2008, 2° supplemento straordinario, della D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374, la Regione Lombardia ha aggiornato le linee guida e le procedure operative per la valutazione degli effetti sismici di sito a cui uniformarsi nella definizione del rischio sismico locale, già definiti nella precedente D.G.R. 8/1566/05.

Nel caso specifico, nell'ambito dei tre livelli di approfondimento previsti dalla suddetta normativa e tenuto conto:

- della classificazione del territorio comunale di Laveno Mombello in **Zona Sismica 4** ai sensi della OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e s.m.i.,
- della D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 *Disposizioni preliminari per l'attuazione della OPCM n. 3274 del 20/03/2003*;
- del D.M. 14 gennaio 2008 *Norme tecniche per le costruzioni*,

l'analisi del rischio sismico è stata condotta adottando la **procedura di I livello** che, a partire dalle informazioni territoriali di base disponibili, consente di individuare le zone caratterizzate da specifici scenari di pericolosità sismica locale (*PSL*).

La procedura di I livello (obbligatoria per tutti i comuni lombardi) rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, per la caratterizzazione semi-quantitativa (II livello) o quantitativa (III livello) degli effetti di amplificazione sismica attesi.

Per i comuni ricadenti in Zona sismica 4 come Laveno Mombello, l'applicazione dei livelli di approfondimento sono così regolati (D.G.R. 8/7374/08):

- *livello II*: si applica in fase pianificatoria solo per edifici strategici e rilevanti¹ di nuova previsione (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n.

¹ costruzioni 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 le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

19904/03) nelle zone di pericolosità sismica locale suscettibili di amplificazioni topografiche e/o litologiche (PSL Z3 e Z4);

- *livello III*: si applica in fase progettuale nelle aree indagate con il livello II quando il fattore d'amplificazione calcolato supera il fattore soglia comunale e nelle zone di pericolosità sismica locale suscettibili di effetti di instabilità o cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1 e Z2) solo per edifici strategici e rilevanti.

Per l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale si è fatto riferimento alla *Tabella 1* di cui all'Allegato 5 alla D.G.R. n. 8/7374/08, riportata di seguito.

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, etc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Ai fini dell'individuazione dei possibili scenari di pericolosità sismica locale elencati in tabella, si sono analizzati criticamente i dati geologici e geotecnici acquisiti nell'ambito del presente studio e descritti nei capitoli precedenti.

11.2 Scenari di pericolosità sismica locale e possibili effetti indotti

Come già accennato, l'esame della documentazione analitica di base (geologia, geomorfologia, tettonica, caratteri geologico – tecnici, etc.) e l'osservazione dettagliata dell'assetto topografico del territorio consente di individuare gli scenari di pericolosità sismica locale (*PSL*) descritti di seguito.

La distribuzione delle aree di pericolosità sismica locale individuate all'interno del territorio esaminato è mostrata nella **Tav. 9** redatta in scala 1:5.000.

Z1 – Zone con potenziali effetti di instabilità

Le aree comprese in tale classe potrebbero mostrare comportamenti potenzialmente instabili nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese.

Z1 – Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi (Z1a) o quiescenti (Z1b)

Nel territorio di Laveno Mombello sono localizzate alcune aree interessate da movimenti franosi attivi o quiescenti, potenzialmente instabili nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese.

La perimetrazione di tali aree è stata effettuata in base alle risultanze dell'analisi di stabilità effettuata nel presente studio (**Cap. 10**).

Z1 – Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana (Z1c)

In tale ambito sono state inserite:

- le aree caratterizzate da pareti verticali o subverticali in roccia, con morfologia accidentata ed irregolare, bordate localmente alla base da depositi di detrito o coni di detrito, soggette a fenomeni di distacco e crollo di blocchi;
- le aree soggette a transito e arresto dei blocchi, definite in base alle risultanze dell'analisi di stabilità effettuata (cfr. **Tav. 6** e **Cap. 10**);
- le aree di versante potenzialmente franose con grado di pericolosità basso, medio e alto, in base alle risultanze dell'analisi di stabilità effettuata (cfr. **Tav. 6** e **Cap. 10**);
- le aree di frana relitta (cfr. **Tav. 6** e **Cap. 10**).

Z2 – Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili) - Zone con depositi granulari fini saturi

Nell'ambito di tale classe sono state inserite le aree pianeggianti con depositi fluvioglaciali e lacustri del Torrente Boesio. Tale zona è costituita da terreni che presentano scadenti caratteristiche geotecniche quali:

- depositi limoso argillosi con torbe molto compressibili;
- frequenti aree interessate da saturazione idrica dei primi metri di sottosuolo e da ridotta permeabilità superficiale.

Nelle suddette aree potrebbero, quindi, innescarsi fenomeni di addensamento in occasione dell'evento sismico atteso con conseguenti prevedibili fenomeni di cedimento differenziale e di liquefazione, in funzione della tipologia dei materiali di riempimento utilizzati e del loro grado di addensamento e di saturazione.

Z3 – Zone con potenziali effetti di amplificazione topografica

Nell'ambito di tale classe sono state inserite le zone che delimitano le scarpate di origine naturale che bordano la valli del Torrente Rialto e dei principali rilievi morenici e le zone di cresta che caratterizzano il Sasso del Ferro e il Monte Sangiano nel settore orientale del territorio comunale, i rilievi alle spalle del quartiere Somisso nel settore centrale ed infine il Monte Brianza e le Motte nella porzione occidentale.

Le aree potenzialmente interessate da fenomeni di amplificazione sismica in prossimità delle scarpate e delle creste sono state perimetrare in base ai parametri riportati nelle apposite schede di valutazione dell'All. 5 della D.G.R. n. 8/7374/08 (vedi profili topografici esemplificativi riportati in **Tav. 8**).

Z3a – Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, etc.)

Sono state considerate scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un pendio con inclinazione maggiore o pari a 10° e un dislivello minimo di 10 m;
- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15 – 20 m;

- un fronte superiore con inclinazione (β) inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale (per $\beta > 1/5\alpha$ la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpata in contropendenza (per $h > 1/3H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

L'estensione dell'area di influenza delle linee di scarpata è stata determinata in funzione dell'altezza della scarpata in accordo alle indicazioni di cui all'All. 5 alla D.G.R. n. 8/7374/08, basate su considerazioni relative alla modalità di propagazione delle onde di taglio nel sottosuolo, come riportato nella seguente tabella:

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$A_i = 3/4 H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$A_i = 2/3 H$

In tali zone, estese fino alla base del pendio sotteso al ciglio di scarpata, sono prevedibili effetti di amplificazione della sollecitazione sismica al suolo conseguenti a fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione tra l'onda incidente e l'onda diffratta.

Z3b – Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate

Sono state considerate creste solo quelle situazioni che presentano:

- un pendio con inclinazione maggiore o pari a 10° ;
- un dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo dal dislivello altimetrico massimo (H).

In tali zone, estese fino alla base del pendio sotteso alla linea di cresta, sono prevedibili effetti di amplificazione della sollecitazione sismica al suolo conseguenti a fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione tra l'onda incidente e l'onda diffratta.

Z4 – Zone con potenziali effetti di amplificazione litologica

Le aree potenzialmente interessate da fenomeni di amplificazione litologica sono localizzate in corrispondenza delle coperture superficiali quaternarie, caratterizzate da presenza di substrato roccioso a debole profondità.

Tale situazione litostratigrafica influenza l'amplificazione del moto sismico in superficie per effetti di risonanza, quando le frequenze del moto sismico sono prossime alle frequenze di risonanza dei sedimenti; e di "intrappolamento" delle onde sismiche all'interno del deposito sedimentario, quando aumenta il contrasto di impedenza tra sedimenti e bedrock.

Tale situazione litostratigrafica pone le condizioni per l'innescò di significativi fenomeni di amplificazione del segnale sismico atteso in superficie, connessi al marcato contrasto di rigidità dei mezzi a contatto.

Z4a – Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali granulari

In tale ambito è stata inserita parte della piana alluvionale del T. Boesio e parte della piana alluvionale del Fosso del Confine, caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie massive o con strutture da trasporto fluviale in matrice limosa.

Z4b – Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre

In tale ambito ricadono le due strutture di conoide rilevate sul territorio di Laveno Mombello (cfr. **Cap. 9** e **Cap. 10**).

Z4c – Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)

In tale ambito ricadono le aree collinari caratterizzate dalla presenza di depositi glaciali costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa o limoso argillosa.

Z5 – Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse

Le zone Z5 sono state individuate in corrispondenza del lineamento tettonico Pizzoni di Laveno presente nella parte settentrionale del territorio comunale. In tali zone, con ampiezza assunta pari a 20 m, sono prevedibili comportamenti difforni tra i due lati della linea di contatto con possibile innescò di cedimenti differenziali e distorsioni angolari.

Sono state inoltre considerate anche le aree in corrispondenza del contatto tra substrato roccioso affiorante e i depositi morenici o di fondovalle presenti nell'area investigata. Anche in queste zone l'ampiezza dell'area interessata da possibili comportamenti differenziali dovuti al contatto tra litotipi con caratteristiche geotecniche diverse è stata assunta pari a 20 metri.

FASE DI SINTESI – VALUTAZIONE – PROPOSTA

Allegati

- All. 3** Schede per il censimento dei pozzi pubblici
- All. 4** Schede per il censimento delle sorgenti pubbliche
- All. 8** Schede per il censimento delle frane
- All. 9** Schede per il censimento delle conoidi
- All. 10** Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (PAI) – All. 4.1 – Area a rischio idrogeologico molto elevato n. 114-LO-VA
- All. 11** Schede per il censimento delle esondazioni storiche
- All. 12** Schede dei corsi d'acqua
- All. 13** Altre frane e dissesti censiti dalla Comunità Montana

Tavole

- Tav. 10** Quadro dei dissesti con legenda P.A.I. – scala 1:10.000
- Tav. 11** Sintesi delle conoscenze acquisite – scala 1:5.000
- Tav. 12** Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tav. 13a** Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5.000
- Tav. 13b** Legenda descrittiva della carta di fattibilità geologica
- Tav. 14** Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:10.000

12. ADEGUAMENTO AL PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

12.1 Aree a rischio idrogeologico molto elevato

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato il 26 aprile 2001 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001, identifica nel territorio comunale di Laveno Mombello la presenza di aree a rischio idrologico molto elevato.

Tali aree, individuate sulla base della valutazione dei fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, della relativa pericolosità e del danno atteso, ricomprendono le aree del Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS 267) approvato con deliberazione n. 14/99. Esse tengono conto sia delle condizioni di rischio attuale sia delle condizioni di rischio potenziale anche conseguente alla realizzazione delle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica.

Nel territorio comunale di Laveno Mombello tali aree, evidenziate da apposito segno grafico nelle tavole appartenenti al piano stralcio (**All. 10**), sono perimetrate secondo i seguenti criteri di zonizzazione:

ZONA 1: area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso;

ZONA 2: area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti.

I limiti delle suddette zone a cui applicare le norme specifiche sono quelle rappresentate in **Tav. 10** e in **Tav. 12**.

Per ognuna delle aree suddette esistono speciali obblighi e divieti definiti nelle Norme di Attuazione del PAI, rispettivamente ai seguenti articoli:

- **Titolo IV, articoli: 50,52,53,54.**

Ad essi si rimanda in quanto norma di legge e si intendono recepiti nello strumento urbanistico quale norma sovrimposta, con le eccezioni introdotte dalla specifica normativa geologica comunale riportata nel presente documento.

12.2 Quadro dei dissesti con legenda PAI

Nel corso del presente lavoro, le aree soggette a dissesto e quelle ricadenti nelle fasce di rispetto fluviale, definite rispettivamente in **Cap. 9** e **Cap. 10** e in **Cap. 6**, sono state classificate secondo le indicazioni presenti negli Art. 8 e 9 delle N.T.A. del P.A.I. (**Tav. 10**), stabilendo così un collegamento con la regolamentazione da applicare in tali aree secondo le N.T.A. dello stesso P.A.I.

12.2.1 AMBITO DELLE CONOIDI

Sul territorio comunale di Laveno Mombello sono state individuate due strutture di conoide, già riportate dall'Inventario frane e dissesti Regione Lombardia (Geolffi), dalla Carta Censimento Dissesti (Tav. RIS 2 – P.T.C.P. Varese) e dallo studio dissesti della Comunità Montana della Valcuvia.

Alle aree a differente rischio idrogeologico, individuate in tale studio, sono stati associati livelli di pericolosità H2, H3 e H5, corrispondenti rispettivamente a classi di pericolosità bassa, media e alta.

Nell'**Al. 10** - *Schede per il censimento delle conoidi* - sono riassunti i dati morfometrici e geomorfologici acquisiti, che hanno permesso la classificazione geomorfologica delle conoidi e di conseguenza anche del grado di pericolosità che le contraddistingue.

In accordo con le definizioni del P.A.I., è stata stabilita la seguente classificazione:

- **Ca:** *area di conoide attivo o potenzialmente attivo non protetto da opere di difesa e di sistemazione a monte*

Per quanto attiene l'area classificata come Ca, si fa riferimento alla porzione di conoide caratterizzata da pericolosità alta (H5).

- **Cn:** *Aree di conoide non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa – (pericolosità media o moderata)*

Per quanto riguarda infine le aree classificate come Cn, si fa riferimento alle aree intermedie, caratterizzate da pericolosità media (H3) e alle aree periferiche, caratterizzate da pericolosità bassa (H2).

12.2.2 AMBITO DELLE FRANE

Per l'individuazione dei fenomeni franosi sul territorio di Laveno Mombello è stata effettuata un'analisi basata sul confronto dei dissesti riportati dall'Inventario frane e dissesti Regione Lombardia (Geolffi), dalla Carta

Censimento Dissesti (Tav. RIS 2 – P.T.C.P. Varese) e dallo studio dissesti della Comunità Montana.

A seguito di tale fase di analisi delle diverse fonti bibliografiche, per ciascun dissesto è stata verificata l'effettiva pericolosità (**Cap. 10**). I risultati della valutazione della pericolosità per frana hanno permesso l'identificazione di fenomeni franosi quali scivolamenti traslativi a diverso grado di attività (attivo, quiescente, inattivo e relitto).

I fenomeni sono stati così classificati:

- classe **Fa**, aree di frana attiva per i fenomeni definiti come *attivi*; in tale classe sono comprese anche le aree coinvolgibili da fenomeni di distacco e crollo di blocchi, così come risultano dallo studio di stabilità condotto;
- classe **Fq**, aree di frana quiescente per i fenomeni definiti come *quiescenti*; in tale classe sono comprese anche le aree potenzialmente franose, con grado di pericolosità medio (H3) o alto (H4), così come risultano dallo studio di stabilità condotto;
- classe **Fs**, aree di frana stabilizzata per i fenomeni definiti come *relitti*.

Si è ritenuto opportuno non considerare, ai fini classificazione dei dissesti P.A.I., le situazioni di dissesto citate come “Dissesti superficiali caratterizzati da modesti volumi movimentati”, per via delle ridotte dimensioni delle stesse.

Nell'**All. 8 – Schede tecniche per il censimento delle frane** – sono riassunti i dati morfometrici e geomorfologici acquisiti, che hanno permesso la classificazione geomorfologica delle aree di frana più significative e del relativo stato di attività.

12.2.3 AMBITO DEI TORRENTI

Per quanto attiene il rischio di dissesto lungo le aste dei torrenti, nel corso del presente lavoro si è stabilita una classificazione in accordo con le definizioni del P.A.I.

Come già descritto nel **Par. 6.1**, i corsi d'acqua presenti sul territorio comunale sono per la maggior parte, a carattere torrentizio e in continua evoluzione geomorfologica per lo sviluppo di fenomeni di erosione accelerata delle sponde, approfondimento dell'alveo fino al substrato roccioso sepolto e trasporto solido soprattutto in occasione delle piene legate a precipitazioni meteoriche di elevata intensità. Le problematiche riscontrate sono differenti, in relazione al corso d'acqua considerato ed eventualmente ad un tratto specifico dello stesso.

La suddetta corrispondenza può essere così descritta:

- in generale, le fasce di pertinenza dei corsi d'acqua, così come definite al punto 2) di **Par. 6.3**, sono definibili come aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata (Eb); fa eccezione la fascia individuata sul T. Riale e suoi affluenti, definita come area coinvolgibile da fenomeni con pericolosità molto elevata (Ee);
- gli alvei e gli argini dei corsi d'acqua, invece, sono definibili come aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata (Ee);
- le aree soggette ad allagamento perimetrato in base al modello idraulico effettuato dalla C.M. della Valcuvia, per piene con tempo di ritorno pari a 10 anni sono definibili come aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata (Ee), mentre per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni sono definibili come aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata (Eb);
- le aree soggette storicamente (maggio 2002) ad allagamento per esondazione del T. Boesio e le aree soggette a ristagno superficiale delle acque meteoriche sono definibili come aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata (Eb).

13. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI VIGENTI SUL TERRITORIO

Il quadro dei vincoli in materia ambientale, geologico, idrogeologico e di difesa del suolo esistenti sul territorio comunale di Laveno Mombello è da riferirsi sia a normative nazionali che a direttive e regolamenti regionali.

Nella *Carta dei vincoli* (**Tav. 12**) sono rappresentati i limiti degli ambiti territoriali sottoposti a limitazioni d'uso secondo quanto previsto dalla D.G.R. 8/7374/08.

I vincoli geologico – ambientali in vigore sul territorio di Laveno Mombello sono di seguito elencati con particolare riferimento alle specifiche tecniche previste dalla normativa.

13.1 Vincoli derivanti dalle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Le aree di salvaguardia delle opere di captazione per acque sotterranee sono porzioni territoriali prestabilite per forma ed estensione, con lo scopo di proteggere le risorse idriche da contaminazioni di origine antropica.

Il **D.Lgs. 152/06** disciplina le aree di salvaguardia con diverso grado di tutela:

- *Zona di Tutela Assoluta*: è l'area immediatamente adiacente all'opera di captazione (comprende un intorno di 10 m di raggio dal pozzo o dalla sorgente) recintata e adibita esclusivamente ad opere di presa e a costruzioni di servizio;
- *Zona di Rispetto*: è la 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; essa è definita con criterio geometrico (raggio = 200 m) per tutte le opere di captazione del territorio (D.G.R. 15137/96).

In particolare nella Zona di Rispetto, in base all'art. 94 del D.Lgs. 152/06, sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) *la dispersione di fanghi ed 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 della 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;*
- l) *centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
- m) *pozzi perdenti;*
- n) *pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 kg/ettaro di azoto presente negli affluenti, 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 suddette, 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.

Nella direttiva **D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693** sono descritti i criteri e gli indirizzi in merito alla realizzazione di strutture e all'esecuzione di attività ex novo nelle zone di rispetto delle opere di captazione esistenti; in particolare, all'interno dell'All. 1 – punto 3 della detta delibera, sono elencate le direttive per la disciplina delle seguenti attività all'interno delle zone di rispetto:

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

Per quanto riguarda la realizzazione di fognature (punto 3.1) la delibera cita le seguenti disposizioni:

- i nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono:
 - costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;
 - essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e opere di sollevamento.

- nella Zona di Rispetto di una captazione da acquifero non protetto:

- non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;
 - è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia.
- per tutte le fognature nuove (principali, secondarie, allacciamenti) insediate nella Zona di Rispetto sono richieste le verifiche di collaudo.

Per quanto riguarda la realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione (punto 3.2), nelle zone di rispetto la delibera dispone:

- per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;
- le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata [...].

In tali zone, inoltre, non è consentito:

- la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo;
- l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;
- l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini [...].

Nelle zone di rispetto è consentito l'insediamento di nuove infrastrutture viarie e ferroviarie, fermo restando che:

- le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda [...];
- lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose;
- lungo gli assi ferroviari non possono essere realizzati binari morti adibiti alla sosta di convogli che trasportano sostanze pericolose.

Nei tratti viari o ferroviari che attraversano la Zona di Rispetto è vietato il deposito e lo spandimento di sostanze pericolose, quali fondenti stradali, prodotti antiparassitari ed erbicidi, a meno di non utilizzare sostanze che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non dovranno interferire con l'acquifero captato.

Nelle zone di rispetto è inoltre vietato lo spandimento di liquami e la stabulazione, l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi e di fanghi di origine urbana o industriale (punto 3.4).

Al fine di tutelare il patrimonio idrico regionale, su tutto il territorio comunale vigono le prescrizioni individuate nel **TITOLO V** delle **N.T.A. del P.T.U.A. regionale**.

13.2 Vincoli di polizia idraulica

Le attività di "polizia idraulica" riguardano il controllo degli interventi di gestione e trasformazione del demanio idrico e del suolo in fregio ai corpi idrici, allo scopo di salvaguardare le aree di espansione e di divagazione dei corsi d'acqua, al fine della moderazione delle piene, e mantenere l'accessibilità al corso stesso.

I riferimenti normativi fondamentali per la determinazione delle attività vietate o soggette ad autorizzazione sono:

- R.D. n. 523 del 25/07/1904 - Testo unico sulle opere idrauliche ;
- D.Lgs. 152/2006, modificato dal D.Lgs. 4/2008;
- N.T.A. del P.A.I., approvate con D.P.C.M. 24/05/2001;
- D.G.R. n. 7/7868 del 25/01/2002;
- D.G.R. n. 7/13950 del 01/08/2003;
- D.D.G. n. 8943 del 03/08/2007;
- D.G.R. n. 8127 del 01/10/2008.

Nella carta sono riportati i limiti delle fasce di rispetto individuate sul reticolo idrico principale e minore, definite come:

- Fascia di rispetto assoluto estesa a 4 o 10 m dagli argini;
- Fascia di pertinenza dei corsi d'acqua;
- Fascia delle aree che subiscono allagamento.

La gestione del reticolo idrico minore di Laveno Mombello è di competenza della Comunità Montana della Valcuvia.

Per la regolamentazione dell'attività di polizia idraulica si rimanda dunque alla specifica normativa elaborata dalla C.M. secondo i criteri della D.G.R. 7/7868/2002, aggiornata dalla 7/13950/2003.

Fino all'approvazione vige comunque il vincolo di inedificabilità assoluta per una distanza di 10 m dalle sponde di cui al R.D. 523/1904.

13.3 Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino (l. 183/89)

In **Tav. 12** sono state riportate alla scala dello strumento urbanistico comunale le **Aree P.A.I. a rischio idrogeologico molto elevato** e il **Quadro del Dissesto con legenda P.A.I.**

Per la normativa ad essi correlata si rimanda al **Cap. 12**.

13.4 Altri vincoli

- **D.G.R. 7/14106/03 (Elenco dei proposti Siti di Importanza Comunitaria ai sensi della direttiva 92/43/CEE):** pone un vincolo ecologico per la salvaguardia dello stato di conservazione e dell'integrità degli habitat.

Sul territorio di Laveno sono individuate due proposti SIC: **Monte Sangiano**, cod. IT2010018, e **Monti della Valcuvia**, cod. IT2010019.

In territorio di Laveno esiste infine **l'area di interesse naturalistico della Torbiera**, individuata come area umida di particolare valenza naturalistica.

14. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE

La sintesi degli elementi conoscitivi ha permesso di perimetrare zone del territorio comunale che presentano omogenee caratteristiche generali, geologiche e geomorfologiche, all'interno delle quali si differenziano aree con aspetti particolari o aree su cui insistono specifici vincoli.

La classificazione del territorio che sintetizza le conoscenze emerse dalla fase di analisi è illustrata in **Tav. 11 – Sintesi delle conoscenze acquisite**; la descrizione dei caratteri di ciascuna area è di seguito riportata con riferimento alla macrosuddivisione del territorio in tre ambiti: Montano, di Fondovalle e Collinare.

14.1 Ambito Montano

Fanno parte dell'ambito montano quelle zone omogenee del settore settentrionale del territorio comunale, pertinenti i rilievi montuosi del Sasso del Ferro e dei Pizzoni di Laveno. Le zone cartografate sono le seguenti:

ZONA M1 – SUBSTRATO LAPIDEO CARBONATICO

Caratteristiche: zona appartenente al settore montano le cui caratteristiche fisiche sono controllate dalla presenza del substrato roccioso affiorante o a debole profondità (calcarei e dolomie); su di esso poggiano sedimenti glaciali (sabbie in matrice limosa con ciottoli e blocchi) con spessore massimo di circa 5 m.

Problematiche e peculiarità: zona ad elevato grado di naturalità e di valenza ambientale; in parte costituisce area di ricarica della falda idrica sotterranea anche di fondovalle. Le caratteristiche geomeccaniche sono generalmente discrete; si individuano tuttavia problemi localizzati di dissesto connessi alla elevata acclività dei versanti che si accentuano in condizioni di giacitura degli strati rocciosi a franapoggio (inclinazione degli strati concorde all'inclinazione del pendio) o di fessurazione. Per quanto attiene i terreni glaciali esiste la predisposizione a fenomeni di dissesto idrogeologico in corrispondenza delle aree più acclivi (erosione accelerata) localmente accentuati da fenomeni di ruscellamento concentrato delle acque meteoriche.

ZONA M2 – DEPOSITI MORENICI

Caratteristiche: zona appartenente al settore montano, ma costituita da prevalenti depositi di origine glaciale (sabbie in abbondante matrice limosa con ciottoli e blocchi).

Problematiche e peculiarità: terreni a bassa permeabilità e attitudine allo sviluppo di fenomeni di scivolamento e dissesti superficiali di modesta entità che si possono verificare nelle aree più acclivi in occasione di eventi meteorici intensi, sia per azione diretta (ruscellamento con erosione al piede) che indiretta (aumento del grado di saturazione). Detti fenomeni si innescano soprattutto in aree soggette ad interventi antropici (scavi, sbancamenti e modellamenti morfologici) che riducono lo stato di addensamento dei terreni e predispongono vie preferenziali di drenaggio concentrato e infiltrazione.

ZONA M3 – DEPOSITI DI VERSANTE

Caratteristiche: zona appartenente al settore montano costituita da prevalenti depositi sciolti di deposizione gravitativa (ghiaie, ciottoli e blocchi), localmente cementati (breccie).

Problematiche e peculiarità: fenomeni di rotolamento a valle di blocchi lapidei e fenomeni franosi di modesta entità che tuttavia possono interessare la sede stradale ed alcune aree edificate. Nelle aree di apparente stabilità sono comunque possibili fenomeni franosi che si innescano soprattutto a seguito di interventi antropici (scavi, sbancamenti e modellamenti morfologici).

ZONA M4 – CORSI D'ACQUA

Caratteristiche: impluvi e aree connesse ai principali corsi d'acqua, generalmente con alveo in terreno naturale, spesso rappresentato dal substrato lapideo.

Problematiche e peculiarità: portate variabili e fenomeni di piena in corrispondenza degli eventi meteorici intensi, con determinazione di trasporto a valle di materiale solido ed erosione spondale.

14.2 Ambito Collinare

Fanno parte dell'ambito collinare quelle zone omogenee del settore meridionale del territorio comunale, pertinenti i rilievi collinari di origine morenica di Mombello e Cerro, e la porzione di Laveno tra il lago Maggiore e le pendici del Sasso del Ferro e i Pizzoni di Laveno. Le zone cartografate sono le seguenti:

ZONA C1 – SUBSTRATO LAPIDEO CARBONATICO

Caratteristiche: zona appartenente al settore collinare con presenza in affioramento del substrato roccioso sul quale poggiano sedimenti glaciali (sabbie in matrice limosa con ciottoli e blocchi) di limitato spessore.

Problematiche e peculiarità: la zona comprende aree ad elevata acclività con caratteristiche geomeccaniche generalmente buone; si individuano locali problemi di dissesto connessi alla fessurazione e all'acclività che può determinare distacco di ciottoli e blocchi. Difficoltà nella conduzione di scavi profondi in corrispondenza delle aree edificabili.

ZONA C2 – DEPOSITI MORENICI

Caratteristiche: zona costituita da prevalenti depositi di origine glaciale (sabbie in abbondante matrice limosa con ciottoli e blocchi) costituenti i rilievi morenici variamente terrazzati degli abitati di Mombello e Cerro e della parte bassa di Monteggia.

Problematiche e peculiarità: osservati fenomeni di scivolamento e dissesti di modesta entità che si verificano nelle aree più acclivi a seguito di eventi meteorici intensi, per azione diretta (erosione al piede) o indiretta (saturazione). Maggiore ricorrenza dei dissesti in aree soggette a scavi, sbancamenti e modellamenti morfologici che riducono lo stato di addensamento dei terreni e predispongono vie preferenziali di infiltrazione e deflusso concentrato. Si riscontra presenza di terreni sovraconsolidati e poco permeabili nelle zone rilevate e terreni poco addensati e saturi colluviati al piede dei rilievi.

ZONA C3 – CORSI D'ACQUA E TORBIERA

Caratteristiche: aree dei principali corsi d'acqua del settore collinare e area della Torbiera con profilo idraulico che presenta frequenti cambi di pendenza. Alvei in terreno naturale ed in qualche caso regimati con opere idrauliche in pietra naturale.

Problematiche e peculiarità: portate dei corsi d'acqua variabili e soggette a fenomeni di piena in occasione degli eventi meteorici intensi, con determinazione di trasporto a valle di materiale solido ed erosione spondale per scalzamento al piede. Rari i fenomeni di effettive esondazioni.

ZONA C4 – AREE A LAGO SOGGETTE AD ALLAGAMENTO

Caratteristiche: zone del contesto perilacuale nel settore collinare.

Problematiche e peculiarità: zone subpianeggianti con possibile formazione di allagamento e ristagno idrico per innalzamento delle quote lacustri durante gli eventi meteorici intensi con situazioni di piena a scala di bacino.

14.3 Ambito di Fondovalle

Fanno parte dell'ambito di fondovalle quelle zone omogenee del settore centrale del territorio comunale, pertinenti la piana alluvionale e lacustre del T. Boesio e del Fosso del Confine. Le zone cartografate sono le seguenti:

ZONA F1 – AREE PIANEGGIANTI CON DEPOSITI FINI SUPERFICIALI

Caratteristiche: zona con depositi fluvioglaciali e lacustri della piana alluvionale del T. Boesio, del F. del Confine e delle aree adiacenti in genere caratterizzata dalla presenza in superficie di depositi fini poco permeabili.

Problematiche e peculiarità: zona costituita da terreni che presentano scadenti caratteristiche geotecniche quali: depositi limoso argillosi con torbe molto compressibili; frequenti aree interessate da saturazione idrica nei primi metri di sottosuolo e da ridotta permeabilità superficiale. L'andamento pianeggiante condiziona lo smaltimento delle acque meteoriche.

ZONA F2 – AREE PIANEGGIANTI E AREE A LAGO CON PROBLEMATICHE DI ALLAGAMENTO

Caratteristiche: zone connesse alla piana di esondazione del T. Boesio alla confluenza con la R. Fassora, zone interessate da allagamento e ristagno idrico o innalzamento della superficie lacustre.

Problematiche e peculiarità: zone caratterizzate da terreni con elevato grado di saturazione idrica nei primi metri di sottosuolo e da morfologia sostanzialmente pianeggiante che condiziona pertanto lo smaltimento delle acque meteoriche. Sono state perimetrare in particolare le aree in cui sono stati osservati fenomeni di allagamento e/o esondazione in occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi e innalzamento della quota lacustre per intense precipitazioni a scala di bacino.

ZONA F3 – CORSI D'ACQUA

Caratteristiche: aree connesse ai principali corsi d'acqua di fondovalle (T. Boesio, R. Fassora e F. del Confine) con profilo altimetrico poco inclinato e alveo calibrato e regimato mediante opere idrauliche di tipo a scogliera aperta.

Problematiche e peculiarità: portate dei corsi d'acqua variabili e soggette a fenomeni di piena in occasione degli eventi meteorici intensi, con innalzamento della quota del pelo libero e formazione di rigurgiti degli affluenti minori (Area Manifattura Monterosa). In rari casi fenomeni di esondazione diretta con fenomeni di trasporto solido o erosione spondale.

14.4 Altri elementi

In aggiunta al suddetto azzonamento, l'elaborato riporta alcuni elementi areali e puntuali di interesse, quali:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti:
 - aree caratterizzate da substrato roccioso affiorante o subaffiorante con pendenze superiori ai 35° e pertanto potenzialmente soggette a localizzati rotolamenti di materiale lapideo, alle quali è pertanto attribuita una generica pericolosità bassa;
 - aree a pericolosità bassa individuate con criterio geomorfologico, generalmente stabili ma con possibile interessamento ed innesco di locali fenomeni di dissesto gravitativo soprattutto a seguito di azioni di scavo e sbancamento non adeguatamente condotti;
 - aree potenzialmente franose e relative aree d'espansione;
 - aree di affioramento roccioso soggette a crolli e ribaltamenti lapidei;
 - aree potenzialmente soggette a transito e arresto blocchi lapidei;
 - aree interessate da frane superficiali diffuse;
 - aree di conoide;
 - percorsi di debris flow quiescente e relative aree d'espansione.

- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico:
 - aree soggette ad allagamento per piene con tempo di ritorno pari a 10 anni; perimetrare in base al modello idraulico effettuato dalla CM della Valcuvia e ai risultati della verifica di compatibilità idraulica degli interventi di sistemazione idraulica realizzati sulla Roggia Fassora (scolmatore bypass);
 - aree soggette ad allagamento per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni; perimetrare in base al modello idraulico effettuato dalla CM della Valcuvia e ai risultati della verifica di compatibilità idraulica degli interventi di sistemazione idraulica realizzati sulla Roggia Fassora (scolmatore bypass);
 - aree attualmente soggette ad allagamento per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni, ma svincolabili dal rischio esondazione previa realizzazione degli specifici presidi di sicurezza previsti dallo studio di verifica di compatibilità idraulica degli interventi di sistemazione idraulica realizzati sulla Roggia Fassora;

- aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa;
 - tratto di alveo che presenta accentuati fenomeni erosivi lungo le sue sponde che provocano una migrazione del corso d'acqua;
 - tratto di alveo sovralluvionato;
 - alveo con tendenza all'approfondimento.
- Altro:
 - limite morfologico della piana alluvionale del T. Boesio.

15. CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO

15.1 Considerazioni generali e metodologiche

Sulla base dell'analisi effettuata nella prima fase del presente studio e dell'azonamento di sintesi, ad ogni area omogenea del territorio comunale è stata proposta una classe di **fattibilità geologica** delle azioni di piano e delle **norme geologiche** di piano.

Le 4 classi di fattibilità geologica sono qui di seguito riassunte, riprese direttamente dalla D.G.R. 8/7374/08:

Classe 1 (bianca) - Fattibilità senza particolari limitazioni

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle "Norme tecniche per le costruzioni", di cui alla normativa nazionale.

Classe 2 (gialla) - Fattibilità con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico - costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Classe 3 (arancione) - 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.

Classe 4 (rossa) - 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 esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'Art. 27, comma 1, lettere 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 antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili.

Le classi di fattibilità geologica, individuate su base fotogrammetrica a scala 1:2.000, sono state rappresentate nella **Tav. 13a** alla scala 1:5.000 e nella **Tav. 14** alla scala 1:10.000, utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, al fine di consentire l'aggiornamento della banca dati del SIT – Regione Lombardia.

Il conferimento delle classi di fattibilità avviene attraverso l'attribuzione a ciascun poligono della carta di sintesi di un valore di ingresso, seguendo le prescrizioni della Tabella 1 della D.G.R. 8/7374/08, che in seguito può essere modificato in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito.

Per l'intero territorio comunale sono risultate prioritarie nell'azonamento della carta della fattibilità geologica le caratteristiche geomorfologiche, geologico – tecniche ed idrogeologiche delle aree omogenee individuate.

La legenda descrittiva (**Tav. 13b**) che correda la tavola della "fattibilità geologica" è strutturata tipo "matrice azioni – risorse", ponendo in relazione le principali caratteristiche di ogni area, il parere geologico sulla edificabilità e entità – tipologie di intervento edificatorio.

Per ciascuna area inoltre sono state definite ed indicate le indagini geognostiche di approfondimento che in alcuni casi si ritengono necessarie preventivamente alla progettazione e realizzazione di interventi od opere, a loro volta suddivise in 6 grandi categorie:

TIPOLOGIA DELLE AZIONI EDIFICATORIE E OPERE AMMISSIBILI (IN RELAZIONE AL CONTESTO GEOMORFOLOGICO)	
Tipo 1	edilizia singola di limitata estensione o fabbricati accessori
Tipo 2	edilizia intensiva pianificata (es. PL con edifici uni – bifamiliari, isolati o a schiera)
Tipo 2	edilizia plurifamiliare o strutture edilizie consistenti
Tipo 3	edilizia produttiva e commerciale di significativa estensione areale (> 500 mq)
Tipo 4	opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche con lavori che prevedano escavazione o sbancamento
Tipo 5	interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche

In attuazione del DM 14/01/2008, per ogni tipo di azione edificatoria, in relazione al contesto geologico locale, dovranno essere programmati approfondimenti geologici e geotecnici così strutturati:

APPROFONDIMENTI ED INDAGINI MINIME NECESSARIE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE	
IGT	caratterizzazione geologica e geotecnica da eseguirsi con rilievi ed indagini geognostiche commisurate alla tipologia e all'entità delle opere in ottemperanza al D.M. 14/01/2008
SV	valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo, in ottemperanza al D.M. 14/01/2008
VRE	valutazione locale del rischio di trasporto in massa su conoide secondo la normativa P.A.I.
VCI	valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio secondo la normativa P.A.I.
VCA	valutazione della compatibilità ambientale nei riguardi degli obiettivi di tutela della falda idrica sotterranea destinata all'approvvigionamento idropotabile (ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i. e dei R.R. n. 2, 3 e 4 del 24/03/06)

Analogamente, ogni azione edificatoria necessita di interventi da prevedere già in fase progettuale così suddivisi:

INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE	
DR	opere per il drenaggio delle acque sotterranee che si potrebbero rinvenire a debole profondità e che potrebbero interferire con le fondazioni e i vani interrati
RE	opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque superficiali e meteoriche in quanto il deflusso naturale è ostacolato da cause geomorfologiche/geolitologiche
DS	opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati in quanto gli interventi potrebbero alterare le condizioni di equilibrio e innescare situazioni di dissesto
CO	collettamento, allontanamento o trattamento delle acque reflue in fognatura, in conformità ai R.R. n. 3 e n. 4 del 24/03/06
CA	predisposizione di sistemi di controllo ambientale per insediamenti a rischio di inquinamento da definire in dettaglio in relazione alla tipologia dell'intervento al fine di monitorarne gli effetti
SR	adozione di tecniche di scavo in roccia

Le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità individuate nel presente studio (classe 2, 3 e 4 limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi, in quanto propedeutici alla pianificazione e alla progettazione degli stessi.

Nel caso di Piani Attuativi potrà essere presentata per l'approvazione urbanistica una relazione geologica preliminare che attesti la compatibilità del piano con le classi di fattibilità definite dallo studio. Nel qual caso, tale approfondimento preliminare non sostituisce, anche se può comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008, comunque da eseguirsi a supporto della progettazione.

Le singole classi di fattibilità geologica riconosciute e perimetrare sul territorio comunale di Laveno Mombello hanno le caratteristiche descritte nel seguente paragrafo.

15.2 Azzonamento del territorio in classi di fattibilità geologica e relative norme

CLASSE 2 – PIANA ALLUVIONALE ESTERNA

Principali caratteristiche

Zona pianeggiante con depositi fluvioglaciali e lacustri delle piane alluvionali esterne del T. Boesio, del Fosso del Confine e delle aree di contorno. I terreni possono presentare localmente caratteristiche geotecniche scadenti (limi e argille con torbe) con occasionale saturazione idrica nel primo sottosuolo. L'andamento pianeggiante condiziona lo smaltimento delle acque meteoriche.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Favorevole con modeste limitazioni di carattere geotecnico ed idraulico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

È ammissibile qualunque tipologia di opera edificatoria.

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE), opere di drenaggio delle acque del sottosuolo (DR) e il collettamento e allontanamento degli scarichi idrici in fognatura (CO). Per opere di tipo 4 è da prevedere la predisposizione a sistemi di controllo ambientale (CA).

Note

Sulla base delle indagini locali andrà prevista l'impermeabilizzazione delle strutture interrato (anche parzialmente) e delle fondazioni nelle aree soggette a saturazione idrica del sottosuolo. È da prevedere inoltre l'eventuale necessità di fondazioni indirette o speciali (palificazioni, platee ecc.) nelle aree con terreni di scadenti caratteristiche geotecniche.

CLASSE 3A – PIANA ALLUVIONALE INTERNA

Principali caratteristiche

Zona pianeggiante con depositi fluvioglaciali e lacustri nell'ambito della piana alluvionale attuale del T. Boesio individuata con criterio geomorfologico. I terreni possono presentare localmente caratteristiche geotecniche scadenti (limi e argille con torbe) con occasionale saturazione idrica nel primo sottosuolo. L'andamento pianeggiante condiziona lo smaltimento delle acque meteoriche.

In tale zona è altresì inclusa l'area individuata lungo la SS 394 (area 4 in Tav. 4), in prossimità della sorgente "Nove Fontane", caratterizzata da problematiche geotecniche (cedimenti) causati dall'interazione tra l'abbassamento della falda per il pompaggio e i sovraccarichi delle costruzioni esistenti.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e idraulico che richiedono verifiche locali delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e del rischio di esondazione o allagamento.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

È ammissibile qualunque tipologia di opera edificatoria.

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie indagini geognostiche (IGT), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008, e la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) opere di drenaggio delle acque del sottosuolo (DR) e il collettamento e allontanamento degli scarichi idrici in fognatura (CO). Per opere di tipo 4 è da prevedere la predisposizione a sistemi di controllo ambientale (CA).

Note

Sulla base delle indagini locali andrà preferita la realizzazione di fabbricati che non contemplano vani interrati (anche parzialmente), inoltre per le strutture a piano terreno si dovrà comunque considerare la possibilità che si verifichino allagamenti. Saranno quindi da prevedere opere di regimazione delle acque superficiali e di difesa dell'edificato mediante impostazione del piano abitabile almeno 50 cm sopra la quota attuale del terreno. È da prevedere inoltre l'eventuale necessità di fondazioni indirette o speciali (palificazioni, platee ecc.) nelle aree con terreni di scadenti caratteristiche geotecniche.

CLASSE 3B – AREE DI VERSANTE CON SUBSTRATO LAPIDEO

Principali caratteristiche

Zona di versante con presenza del substrato roccioso affiorante o subaffiorante con copertura detritico - colluviale discontinua e di ridotto spessore soggetta a potenziali scivolamenti di carattere locale (pericolosità bassa - H2). La zona comprende inoltre aree ad elevata acclività con pendenze superiori ai 35° potenzialmente soggette a localizzati rotolamenti di materiale lapideo

(pericolosità bassa - H2). In generale si ravvisano difficoltà nella conduzione di scavi profondi di fondazione che condizionano la realizzazione di opere edificatorie e la posa di sottoservizi.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere geologico e geomorfologico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili tutte le tipologie di edilizia residenziale (tipo 1, 2 e 3), opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche e interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (tipo 5 e 6).

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie indagini geognostiche (IGT), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento, e la valutazione della stabilità dei fronti di scavo (SV) in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Ogni nuovo intervento presenta l'eventualità di scavo di fondazione in roccia e pertanto dovrà essere valutata la stabilità dei fronti (DS) nonché la tecnica più adeguata alla conduzione degli stessi (SR). Si dovranno inoltre prevedere accorgimenti per il ripristino morfologico dei fronti di scavo sia in roccia che nei depositi sciolti soprastanti. Sono sempre raccomandabili interventi di difesa del suolo e di regimazione e smaltimento delle acque meteoriche (RE), soprattutto sui versanti più acclivi.

CLASSE 3C – AREE DEI RILIEVI E VERSANTI MORENICI

Principali caratteristiche

Zona dei rilievi e dei versanti con terreni morenici variamente terrazzati, in corrispondenza dei quali si osservano fenomeni di dissesto idrogeologico di modesta entità (scivolamenti e scoscendimenti) che interessano le aree più acclivi in occasione di eventi meteorici intensi, sia per azione diretta (erosione al piede) che indiretta (saturazione del terreno). Sono comprese le aree potenzialmente franose per le quali è stata valutata con studio specifico una pericolosità bassa (H3 - H2). Maggiore ricorrenza dei dissesti in aree soggette a scavi, sbancamenti e modellamenti morfologici che riducono lo stato di addensamento dei terreni e predispongono vie preferenziali di infiltrazione e

deflusso concentrato delle acque meteoriche. Si riscontra presenza di terreni sovraconsolidati e poco permeabili nelle zone rilevate e terreni poco addensati e saturi, colluviati al piede dei rilievi.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per il possibile sviluppo di dissesti a seguito di interventi antropici non adeguatamente progettati.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili tutte le tipologie di edilizia residenziale (tipo 1, 2 e 3), opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche e interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (tipo 5 e 6).

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie indagini geognostiche (IGT), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento, e la valutazione della stabilità dei fronti di scavo (SV) in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Ogni nuovo intervento dovrà prevedere la valutazione della stabilità dei fronti di scavo, per i quali dovranno essere previsti accorgimenti per il ripristino morfologico finale e la difesa del suolo (DS). È necessario predisporre opere di drenaggio delle acque di sottosuolo (al piede dei rilievi morenici) e di regimazione delle acque meteoriche soprattutto sui versanti più acclivi (DR-RE).

Note

È raccomandabile la realizzazione degli interventi di sistemazione idrogeologica e di regimazione delle acque meteoriche in Loc. Casere e in Loc. Monteggia.

CLASSE 3D – AREE DI CONOIDE RELITTA

Principali caratteristiche

Aree stabili appartenenti al contesto di conoide non recentemente riattivatasi (Cn), per le quali si ravvisa una pericolosità geologica latente di grado basso (H2) e quindi con alcune limitazioni al cambio di destinazione d'uso del suolo.

La localizzazione pedemontana non esclude la presenza di terreni sciolti o di strati saturi nel primo sottosuolo.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere di edilizia residenziale (tipo 1, 2 e 3), opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche e interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (tipo 5 e 6).

Più specificatamente in queste aree sono esclusivamente consentiti gli interventi così come definiti dall'art. 9, comma 9 delle N.T.A. del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.).

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la valutazione locale del rischio di trasporto di massa su conoide secondo normativa P.A.I. (VRE).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di drenaggio delle acque del sottosuolo (DR), opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS).

CLASSE 3E – AREE SOGGETTE AD ESONDAZIONE LACUALE

Principali caratteristiche

Zona perilacuale con aree subpianeggianti soggette ad occasionale allagamento e ristagno idrico per innalzamento delle quote lacustri in occasione degli eventi meteorici intensi a scala dell'intero bacino.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere idraulico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

È ammissibile qualunque tipologia di opera edificatoria.

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie indagini geognostiche (IGT), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008, e la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di drenaggio delle acque del sottosuolo (DR), opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e il collettamento e allontanamento degli scarichi idrici in fognatura (CO). Per opere di tipo 4 è da prevedere la predisposizione a sistemi di controllo ambientale (CA).

Note

Sulla base delle indagini locali andrà preferita la realizzazione di fabbricati che non contemplano vani interrati (anche parzialmente), inoltre per le strutture a piano terreno si dovrà comunque considerare la possibilità che si verifichino allagamenti. In caso di opere infrastrutturali o posa di linee di servizio (acquedotto, gasdotto, fognatura ecc.), dovrà essere attentamente valutata la compatibilità idraulica mediante opportune e approfondite indagini.

CLASSE 3F – AREE DI ATTENZIONE

Principali caratteristiche

Zona di attenzione alla base dei versanti costituita da materiali sciolti per il possibile rotolamento a valle di blocchi lapidei fino alla sede stradale di Via Labiena.

Comprende l'area a rischio idrogeologico molto elevato classificata in ZONA 2 dal P.A.I. Zone di espansione delle aree potenzialmente franose per le quali è stata valutata con studio specifico una pericolosità bassa - H2.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere geologico e geomorfologico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere di edilizia residenziale di tipo 1 e 2, opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche e interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (tipo 5 e 6).

Più specificatamente in queste aree sono esclusivamente consentiti gli interventi così come definiti dall'art. 50, comma 3 delle N.T.A. del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.).

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie indagini geognostiche (IGT), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento, e la valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo (SV) in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS).

Note

È raccomandabile la messa in sicurezza e la protezione degli edificati esistenti e dei tratti più esposti al rischio di rotolamento di ciottoli e blocchi.

CLASSE 4A – AREE DI VERSANTE CON SUBSTRATO LAPIDEO

Principali caratteristiche

Zone di versante caratterizzate dal substrato roccioso affiorante o a debole profondità, ad elevato grado di naturalità e di grande valenza ambientale, che localmente costituiscono area di ricarica della falda idrica captata dalle sorgenti dell'acquedotto. Il substrato presenta caratteristiche geomeccaniche discrete con locali problemi di dissesto e distacco di blocchi per elevata acclività dei versanti e fessurazione degli strati. L'area comprende inoltre zone di versante costituite da materiali sciolti depositi per azione gravitativa alla base delle pareti rocciose e pertanto soggette a rotolamento a valle di blocchi lapidei e fenomeni franosi di modesta entità. Predisposizione a fenomeni di dissesto idrogeologico dei terreni glaciali soprastanti, accentuati dall'acclività e dal ruscellamento concentrato delle acque meteoriche.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Non favorevole per la sussistenza di problematiche geotecniche di varia natura e di problematiche ambientali legate alla salvaguardia delle sorgenti di versante e di fondovalle.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 6); sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'Art. 27, comma 1, lettere a), b), c), della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie un'indagine geognostica (IGT) e la valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo (SV), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Inoltre è necessario valutare la compatibilità ambientale delle opere (VCA) nei riguardi degli obiettivi di tutela della falda idrica sotterranea destinata all'approvvigionamento idropotabile (ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i. e dei R.R. n. 2, 3 e 4 del 24/03/06).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE), opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS) e l'adozione di tecniche di scavo in roccia (SR).

Note

È raccomandabile la realizzazione degli interventi, di sistemazione idrogeologica e di regimazione delle acque meteoriche al fine di acquisire più ampie garanzie di sicurezza e salvaguardia idrogeologica all'edificato esistente verso la Loc. Brena e la Loc. Monteggia.

CLASSE 4B – AREE SOGGETTE A POSSIBILE DISTACCO E CADUTA BLOCCHI

Principali caratteristiche

Aree caratterizzate da pareti rocciose in esposizione soggette a fenomeni di dissesto gravitativo che determina rotolamento a valle di ciottoli e blocchi lapidei che possono interessare le sedi stradali (Via Labiena) ed alcune aree edificate.

Comprende sia le aree origine dei crolli (per le quali è stata valutata con studio specifico una pericolosità alta - H4) sia le aree soggette a transito ed arresto dei blocchi. Fenomeni possibili anche in aree di apparente stabilità a seguito di interventi di scavo, sbancamento e modellamento morfologico. Comprende parte delle aree in dissesto per frana attiva (Fa) e l'area a rischio idrogeologico molto elevato classificata in ZONA 1 dal P.A.I.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi specifiche limitazioni geologiche e geomorfologiche.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 6); sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

Più specificatamente in queste aree va applicato l'art. 9, comma 2 delle N.T.A. del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.). Pertanto, a differenza delle altre classi 4 di fattibilità geologica, in tali aree sono esclusivamente consentiti gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici e gli interventi di demolizione senza ricostruzione, così come definiti dalla lettera a) della L.R. 12/05, di conseguenza non sono ammissibili gli interventi di cui alle lettere b) e c) della stessa legge.

Nella ZONA 1 a rischio idrogeologico molto elevato sono valide le medesime limitazioni più restrittive rispetto allo specifico art. 50 delle N.T.A. del P.A.I. in quanto tale area viene equiparata alle aree di frana attiva (Fa).

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie un'indagine geognostica (IGT) e la valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo (SV), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS).

Note

È raccomandabile la messa in sicurezza e la protezione degli edificati esistenti e dei tratti più esposti al rischio di rotolamento dei blocchi. Ogni intervento, anche di ristrutturazione, dovrà escludere la formazione di scavi e sbancamenti che possono innescare fenomeni di instabilità anche in aree di apparente stabilità.

CLASSE 4C – AREE SOGGETTE A DISSESTO IDROGEOLOGICO

Principali caratteristiche

Aree potenzialmente franose caratterizzate dalla presenza di terreni di origine glaciale soggette a scivolamenti per le quali è stata valutata con studio specifico una pericolosità media (H3) o alta (H4) e aree in dissesto per frana quiescente (Fq - H3).

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi limitazioni geologiche e geotecniche.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 6); sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

Più specificatamente in queste aree sono esclusivamente consentiti gli interventi così come definiti dall'art. 9, comma 3 delle N.T.A. del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.).

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie un'indagine geognostica (IGT) e la valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo (SV), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS).

Note

Per qualsiasi intervento sono raccomandabili interventi di consolidamento e prevenzione del dissesto idrogeologico. Saranno sempre da prevedere interventi rivolti allo smaltimento delle acque meteoriche che non potrà avvenire sul versante senza opportune opere che annullino il rischio di innescare erosione accelerata o dissesto, nonché opere e accorgimenti per la difesa del suolo.

CLASSE 4C1 – AREE DI FRANA ATTIVA

Principali caratteristiche

Aree caratterizzate da dissesti superficiali diffusi attivi e aree in dissesto per frana attiva (Fa - H5) nei terreni di origine glaciale.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi limitazioni geologiche e geotecniche.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 6); sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

Più specificatamente in queste aree va applicato l'art. 9, comma 2 delle N.T.A. del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.). Pertanto, a differenza delle altre classi 4 di fattibilità geologica, in tali aree sono esclusivamente consentiti gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici e gli interventi di demolizione senza ricostruzione, così come definiti dalla lettera a) della L.R. 12/05, di conseguenza non sono ammissibili gli interventi di cui alle lettere b) e c) della stessa legge.

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie un'indagine geognostica (IGT) e la valutazione di stabilità dei versanti e dei

fronti di scavo (SV), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS).

Note

Per qualsiasi intervento sono raccomandabili interventi di consolidamento e prevenzione del dissesto idrogeologico. Saranno sempre da prevedere interventi rivolti allo smaltimento delle acque meteoriche che non potrà avvenire sul versante senza opportune opere che annullino il rischio di innescare erosione accelerata o dissesto, nonché opere e accorgimenti per la difesa del suolo.

CLASSE 4D – AREE DI CONOIDE ATTIVA

Principali caratteristiche

Aree appartenenti al contesto di conoide attiva (Ca), per le quali si ravvisa una pericolosità geologica intrinseca di grado alto (H5) e quindi con gravi limitazioni al cambio di destinazione d'uso del suolo.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi limitazioni determinate dall'interessamento di queste aree da trasporto solido in massa.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 6); sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

Più specificatamente in queste aree sono esclusivamente consentiti gli interventi così come definiti dall'art. 9, comma 7 delle N.T.A. del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.).

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità

dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la valutazione locale del rischio di trasporto di massa su conoide secondo normativa P.A.I. (VRE).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS).

Note

Per qualsiasi intervento sono raccomandabili interventi di consolidamento e prevenzione del dissesto idrogeologico.

CLASSE 4E – AREE SOGGETTE AD ALLAGAMENTO E RISTAGNO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Principali caratteristiche

Zone pianeggianti connesse alla piana di esondazione del T. Boesio alla confluenza con la R. Fassora e zone interessate da allagamento o ristagno delle acque superficiali, nonché aree a rischio individuato dalla C.M. della Valcuvia sulla base di modello idraulico. Terreni con elevato grado di saturazione idrica nei primi metri di sottosuolo e morfologia pianeggiante che condiziona lo smaltimento delle acque meteoriche.

Comprendono parte delle aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata (Eb del P.A.I.).

Le aree indicate con 4e* potrebbero essere riclassificate in classe 3a una volta realizzati gli specifici presidi di sicurezza previsti dallo studio di verifica di compatibilità idraulica degli interventi di sistemazione idraulica realizzati sulla Roggia Fassora.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Non favorevole per le specifiche gravi limitazioni idrogeologiche determinate dal sistematico interessamento di queste aree da parte di acque di esondazione o ristagno di acque meteoriche.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 6);

sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie indagini geognostiche (IGT), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008, e la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di drenaggio delle acque di sottosuolo (DR) e di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE).

Note

Anche per gli interventi di ristrutturazione si dovrà tenere in considerazione la possibilità che si verifichino allagamenti di queste aree. In caso di opere infrastrutturali o posa di linee di servizio (acquedotto, gasdotto, fognatura ecc.), dovrà essere attentamente valutata la compatibilità idraulica mediante opportune e approfondite indagini.

CLASSE 4F – AREE CONNESSE AI CORSI D'ACQUA

Principali caratteristiche e problematiche generali

Aree direttamente connesse agli impluvi dei corsi d'acqua del reticolo idrico, soggetti a fenomeni di piena in occasione degli eventi meteorici intensi e conseguente trasporto a valle di materiale solido ed erosione spondale per scalzamento al piede, nei settori montano e collinare, e rigurgiti degli affluenti minori per il T. Boesio e la R. Fassora.

Comprendono parte delle aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata ed elevata (Ee ed Eb del P.A.I.).

L'area indicata in **Tav. 13a** e in **Tav. 14** da apposito sovrassegno (★) potrà essere adibita a installazioni temporanee per manifestazioni pubbliche previa acquisizione di parere idraulico favorevole.

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico e idrogeologico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 6); sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

Oltre agli aspetti urbanistici, per la gestione delle fasce fluviali si rimanda alla specifica normativa di polizia idraulica elaborata dalla C.M. della Valcuvia secondo i criteri della D.G.R. 7/7868/2002, aggiornata dalla 7/13950/2003. Fino all'approvazione vige comunque il vincolo di inedificabilità assoluta per una distanza di 10 m dalle sponde di cui al R.D. 523/1904.

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie un'indagine geognostica (IGT) e la valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo (SV), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio (VCI) secondo la normativa P.A.I.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS).

Note

Sono raccomandabili unicamente gli interventi di regimazione idraulica e opere per la difesa dell'esistente.

CLASSE 4G – AREE ADIACENTI AI CORSI D'ACQUA

Principali caratteristiche e problematiche generali

Aree adiacenti ai corsi d'acqua, direttamente coinvolgibili dai fenomeni di dissesto con pericolosità elevata, estese per 10 m dagli argini e ridotte a 4 m ove le condizioni locali lo consentono per sezione d'alveo molto ridotta, da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa.

Comprendono parte delle aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata ed elevata (Ee ed Eb del P.A.I.).

Parere geologico sulle modifiche di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico e idrogeologico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 6). Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente 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 comma 1 della L.R. 12/2005, in ogni caso ad eccezione degli interventi di modifica delle destinazioni d'uso e rinnovo degli elementi costitutivi degli edifici, in quanto concettualmente non compatibili con il R.D. 523/1904. Sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (Tipo 5).

Oltre agli aspetti urbanistici, per la gestione delle fasce fluviali si rimanda alla specifica normativa di polizia idraulica elaborata dalla C.M. della Valcuvia secondo i criteri della D.G.R. 7/7868/2002, aggiornata dalla 7/13950/2003. Fino all'approvazione vige comunque il vincolo di inedificabilità assoluta per una distanza di 10 m dalle sponde di cui al R.D. 523/1904.

Approfondimenti ed indagini minime e necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie indagini geognostiche (IGT), commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008, e la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche (RE) e opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati (DS).

Note

Sono raccomandabili unicamente gli interventi di regimazione idraulica e opere per la difesa dell'esistente. In caso di necessità di attraversamento dell'alveo da parte di linee di servizio (acquedotto, gasdotto, fognatura, linee elettriche e telefoniche, ecc.), anche aeree, dovranno essere attentamente valutati gli aspetti di compatibilità idraulica e di salvaguardia idrogeologica mediante opportune e approfondite indagini geognostiche.

15.3 Norme antisismiche

15.3.1 NORME DI CARATTERE GENERALE

Su tutto il territorio comunale gli interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione edilizia, di restauro e risanamento conservativo e di manutenzione ordinaria/straordinaria così come definiti all'Art. 27 comma 1 della L.R. n. 12 dell'11/03/2005 "*Legge per il Governo del Territorio*" dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 14/01/2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*".

Tale decreto indica che per qualsiasi opera/intervento interagente con i terreni e le rocce deve essere prevista la caratterizzazione geologica e la modellazione geotecnica dei terreni ottenuta per mezzo di studi, rilievi, indagini e prove commisurate all'importanza ed estensione dell'opera in progetto e alle conseguenze che gli interventi possono produrre sull'ambiente circostante.

Le relazioni geologiche e geotecniche previste dal D.M. 14/01/2008 hanno lo scopo di valutare la fattibilità delle opere, garantire la stabilità e la sicurezza dei manufatti limitrofi e l'idoneità delle scelte progettuali ed esecutive. Pertanto esse dovranno comprendere:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni delle opere da realizzare;
- definizione della categoria del suolo di fondazione sulla base valore di V_{S30} calcolato sulla base del profilo di V_S ottenuto a mezzo di indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole), indagini geofisiche di superficie (SASW – *Spectral Analysis of Surface Waves* –, MASW – *Multichannel Analysis of Surface Waves* – o REMI – *Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity* –) o attraverso correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica e, responsabilmente, attraverso la correlazione e l'estrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo e definizione dello spettro di risposta elastico di progetto.

La scelta della metodologia di indagine dovrà essere commisurata all'importanza dell'opera e in ogni caso dovrà essere adeguatamente motivata.

A tale proposito, in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, il D.M. 14/01/2008 suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso così definite:

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

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

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

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

15.3.2 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA LOCALE

A titolo orientativo, fatte salve le condizioni per cui il D.M. 14/01/2008 ammette l'applicazione di metodi di progetto – verifica semplificati, la tipologia di indagine da adottare per la caratterizzazione sismica locale è definibile in base alla suddivisione in classi d'uso del D.M. 14/01/2008 (**Par. 15.3.1**) ed è riassunta nella seguente tabella:

Tipologia opere	Indagine minima
Classe I	Correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica integrate in profondità con estrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo.
Classe II (edifici residenziali di piccole dimensioni, singoli edifici industriali e opere infrastrutturali di minore importanza)	
Classe II (complessi residenziali ed industriali strutturalmente consistenti e opere infrastrutturali di maggiore importanza, anche se non ricadenti nel D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904)	indagini geofisiche di superficie: SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) o REMI (Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity).
Classe III	indagini geofisiche preferibilmente in foro (down-hole o cross-hole) oppure di superficie (come sopra).
Classe IV	

15.3.3 NORME RELATIVE AGLI AMBITI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

L'analisi della sismicità effettuata sul territorio di Laveno Mombello ha permesso di individuare di diversi scenari di Pericolosità Sismica Locale (**Cap. 11 e Tav. 9**):

- **Z1** – Zone con possibili effetti di instabilità
- **Z2** – Zone con possibili fenomeni di cedimento e/o liquefazione
- **Z3** – Zone con possibili effetti di amplificazione topografica
- **Z4** – Zone con possibili effetti di amplificazione litologica
- **Z5** – Zone con possibili comportamenti differenziali.

Fermo restando l'applicazione del D.M. 14/01/2008 su tutto il territorio comunale, all'interno dei suddetti ambiti di amplificazione sismica, la documentazione di progetto delle opere rientranti nelle seguenti classi d'uso:

- **Classe II** (limitatamente ai complessi residenziali ed industriali strutturalmente consistenti e opere infrastrutturali di maggiore importanza),
- **Classe III**,
- **Classe IV**,

nonché delle opere classificabili come:

- **“strategiche” o “rilevanti”** rientranti nelle definizioni del D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904 (opere il cui uso prevede affollamenti significativi, edifici industriali 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 e con funzioni sociali essenziali),

dovrà comprendere la definizione degli effetti di amplificazione sismica attesi per i singoli scenari.

Pertanto, più in dettaglio, la documentazione di progetto dovrà comprendere:

Nelle zone Z3 e Z4:

- la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 2 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08),

e nel caso in cui il fattore di amplificazione calcolato risulti superiore ai valori soglia della normativa nazionale:

- la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08) oppure l'adozione dello spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore².

Nelle zone Z1 e Z2:

- la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08).

Nelle zone Z5:

dovrà essere evitata la costruzione a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione potrà essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

15.3.4 SPECIFICHE PER L'ESECUZIONE DELL'ANALISI SISMICA DI LIVELLO 3

La definizione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08) dovrà comprendere i seguenti approfondimenti:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, in termini di caratteristiche granulometriche e di plasticità e di parametri di resistenza e deformabilità, spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni dell'opera da realizzare;
- determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità al di sotto del prescelto piano di posa delle fondazioni ottenibile a mezzo di indagini geofisiche dirette.
- definizione del modello geologico – geotecnico di sottosuolo a mezzo di un congruo numero di sezioni geologico – geotecniche atte a definire compiutamente l'assetto morfologico superficiale, l'andamento dei limiti

² Lo schema è il seguente: 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.

tra i diversi corpi geologici sepolti, i loro parametri geotecnici, l'assetto idrogeologico e l'andamento della superficie piezometrica;

- definizione (anche sulla base di dati di letteratura) del modulo di taglio G e del fattore di smorzamento D dei terreni di ciascuna unità geotecnica individuata e delle relative curve di decadimento al progredire della deformazione di taglio φ ;
- individuazione di almeno sette diversi input sismici relativi al sito, sotto forma di accelerogrammi attesi al bedrock;
- valutazione della risposta sismica locale consistente nel calcolo degli accelerogrammi attesi al suolo mediante codici di calcolo bidimensionali o tridimensionali in grado di tenere adeguatamente conto della non linearità del comportamento dinamico del terreno e degli effetti di amplificazione topografica di sito; codici di calcolo monodimensionali possono essere impiegati solo nel caso in cui siano prevedibili unicamente amplificazioni litologiche e si possano escludere amplificazioni di tipo topografico;
- definizione dello spettro di risposta elastico al sito ossia della legge di variazione della accelerazione massima al suolo al variare del periodo naturale;
- valutazione degli indici di stabilità dei singoli movimenti franosi in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche all'interno degli **ambiti suscettibili di amplificazione sismica locale Z1**;
- valutazione dei fenomeni cedimento/liquefazione in condizioni sismiche all'interno degli **ambiti con possibili fenomeni di cedimento e/o liquefazione Z2**;
- esecuzione di analisi di stabilità del complesso opere/pendio nelle condizioni finali di progetto comprensive delle azioni sismiche di progetto determinate ai sensi del D.M. 14/01/2008, in corrispondenza degli **ambiti suscettibili di amplificazione sismica locale Z3**.

15.4 Norme generali per l'accertamento della salubrità dei terreni nell'ambito della riconversione di attività industriali dismesse

Sulla base dei contenuti della Delibera Regionale D.G.R. n. 6/17252 del 01 Agosto 1996 "standard di qualità dei suoli" vanno sottoposte a verifica per la tutela ambientale del territorio:

- le discariche incontrollate di rifiuti speciali e/o tossico-nocivi e/o rifiuti solidi urbani e assimilabili;
- le attività industriali dismesse;
- le aree su cui si abbia fondata ragione di ritenere che vi sia un'alterazione della qualità del suolo in seguito a sversamenti o spandimenti incidentali o volontari, ricadute da emissioni in atmosfera o a seguito dell'attività mineraria condotta sull'area.

Per tali aree, l'accertamento delle condizioni di salubrità del suolo deve seguire i criteri tecnici dettati dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. (e relativi allegati tecnici) e pertanto si dovranno prevedere opportune indagini ambientali "preliminari" e/o di "caratterizzazione" e successivamente, nel caso si ravvisassero superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione, i necessari interventi di "bonifica" o "messa in sicurezza" opportunamente progettati e supportati con "analisi di rischio".

Sempre secondo il citato decreto, ognuno dei suddetti passaggi tecnico amministrativi necessita di approvazione da parte del Comune che dovrà acquisire parere della Conferenza di Servizi (Regione, Provincia, ARPA).

In particolare, per le attività industriali dismesse, l'accertamento della salubrità del suolo deve essere condotta in previsione di un riutilizzo futuro dell'area, sia esso ancora di tipo produttivo/commerciale che di tipo residenziale, facendo riferimento alle rispettive concentrazioni soglia di contaminazione imposte dal decreto.

16. CONCLUSIONI

Il presente studio geologico è stato condotto a supporto della pianificazione urbanistica del Comune di Laveno Mombello con la specifica finalità di fornire un quadro conoscitivo dei caratteri fisici del territorio comunale ed orientare le scelte di pianificazione territoriale. L'attività svolta ha consentito la redazione degli elaborati in linea con i riferimenti metodologici ed i criteri attuativi delle L.R. 12/05 per il Piano di Governo del Territorio (D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005 e D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008).

Date le specifiche finalità, lo studio ha privilegiato gli aspetti pratico – applicativi che hanno condotto alla redazione di elaborati cartografici tematici facilmente rapportabili agli interventi attuabili sul territorio ed alla loro possibile interazione con suolo e sottosuolo.

Il quadro conoscitivo di base dello stato fisico del territorio è descritto dalle cartografie redatte in fase di "analisi".

Nella successiva fase di "sintesi, valutazione e proposta" l'esame d'insieme degli elementi conoscitivi ha quindi permesso la redazione della carta di sintesi, con rappresentate le aree omogenee in funzione della pericolosità geologico – geotecnica e della vulnerabilità idrogeologica.

L'elaborazione finale, specificatamente finalizzata alla pianificazione territoriale, è stata comunque l'attribuzione delle classi di fattibilità geologica alle aree omogenee riconosciute. La *carta di fattibilità geologica alle azioni di piano* esprime le principali limitazioni agli interventi edificatori attuabili sul territorio ed è stata redatta secondo le indicazioni della D.G.R. n. 8/7374/08 indicante i criteri relativi alla componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.

La legenda descrittiva della tavola stessa fornisce indicazioni sulle principali caratteristiche di ogni area esprimendo un parere geologico sulla edificabilità ed indicando le indagini minime necessarie e gli interventi da prevedere in fase progettuale. In sovrapposizione sono state individuate le zone di amplificazione sismica locale dipendenti da caratteristiche litologiche e/o geometrico – topografiche.

La suddetta classificazione deve essere utilizzata congiuntamente alle "norme geologiche di piano" che ne riportano la relativa normativa d'uso (cfr. **Cap. 15**). Tale documentazione deve costituire parte integrante del Piano delle Regole ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d) della L.R. 12/05.

Il presente studio geologico deve invece essere contenuto complessivamente nel Documento di Piano del P.G.T. ai sensi dell'art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/05.

Il Tecnico
Dott. Geol. Marco Parmigiani

BIBLIOGRAFIA

ARPA LOMBARDIA (2001) – Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia 2001

BAI A. (2006) – Roggia Fassora in Località Mulini Comune di Laveno Mombello – Studio di compatibilità idraulica.

BAI A. (2008) – Roggia Fassora in Località Mulini Comune di Laveno Mombello – Interventi di sistemazione idraulica in Via Arioli – Verifica di compatibilità idraulica.

BAI A., CARIMATI R., ZARO G. (2011) – Interventi di laminazione piene e regimazione idraulica del torrente Boesio nei comuni di Cittiglio e Laveno Mombello (VA) – Progetto definitivo ed esecutivo.

BINI A.(1987) - L'apparato glaciale Wurmiano di Como. - Tesi di Dottorato, AA. 1987, Università di Milano

CERIANI M., CARELLI M. – REGIONE LOMBARDIA (1990): Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)

CESTARI F. (1990) - Prove geotecniche in sito

CIVITA M. (1990) - Legenda unificata per la carta della vulnerabilità intrinseca dei corpi idrici sotterranei/ Unified legend for the aquifer pollution vulnerability maps. Pitagora Edit., Bologna, 13 p.

CIVITA M. (1991) - La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. - Atti 1° Convegno Nazionale "Protezione e gestione delle acque sotterranee: Metodologie, Tecnologie ed Obiettivi". Marano s.P., 3, 39-86

CNR - G.N.D.C.I - FRANCANI V, CIVITA M.(1988) - Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee.

COMUNITÀ MONTANA DELLA VALCUVIA (2000) – Piano socio economico di sviluppo della Comunità Montana - studio geologico e idrogeologico corredato da cartografia numerica.

COMUNITÀ MONTANA MEDIO VERBANO (1982): La Torbiera di Mombello.

DA ROLD O.(1991) - L'apparato glaciale del Lago Maggiore, settore orientale. - Tesi di Dottorato, AA.1990, Università di Milano

ERSAL Servizio Meteorologico Regionale (1998): I° programma regionale di previsione e prevenzione, Meteorologia e Clima

FUNARI E., BASTONE A., VOLTERRA L. (1992) - Acque potabili, Parametri chimici, chimico - fisici e indesiderabili.

GIBELLI M. G., ANSELMO V. (2009) – Interventi di laminazione piene e regimazione idraulica del torrente Boesio nei comuni di Cittiglio e Laveno Mombello (VA) – Piano integrativo al 1° piano strategico nazionale per la mitigazione del rischio idrogeologico.

IDROGEA SERVIZI S.R.L. (2010) – Progetto PLIS Torbiera di Mombello – Relazione descrittiva e Schema direttore.

MAESTRELLO H, RIGAMONTI, I, UGGERI A. (1996): Carte della vulnerabilità intrinseca in ambiente di anfiteatro morenico: due esempi dalla Brianza comasca. - Atti II Convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze.

ING. A.SAVI (1998): Indagine idrografica sul territorio di Laveno Mombello - Recupero Ambientale. (Comune di Laveno Mombello).

LANCELOTTA R. (1987) – Geotecnica

PARMIGIANI M. (2000) – Indagini geologico tecniche di supporto alla pianificazione territoriale e alle varianti del Piano Regolatore Generale (L.R. 41/97 e D.G.R. 6/37918/98)

PARMIGIANI M. (2004) – Indagini geologico tecniche di supporto alla variante generale del Piano Regolatore comunale ai sensi della L.R. 41/97 (D.G.R. 7/6645/01 - D.G.R. 7/7365/01 - D.G.R. 7/13950/03)

REGIONE LOMBARDIA (2002): Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia.

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA CARIMATI E ZARO (1999): Analisi dei principali dissesti idrogeologici presenti sul territorio comunale. (Comune di Laveno Mombello).

Sono stati consultati inoltre studi geologici e indagini geognostiche, eseguiti per committenti privati e per il Comune di Laveno Mombello, depositati presso l'U.T. del comune medesimo.