

**Parte XI**  
**Il quadro dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico**  
*(a cura di Vincenzo Giovine)<sup>1</sup>*

## 1. Premessa

La presente relazione geologica, redatta su incarico dell'Amministrazione comunale di Limbiate con determinazione d'incarico del Settore Territorio, Servizio Urbanistica e Ambiente del 16 aprile 2012, n. 3/104 integra e aggiorna, ai sensi Dgr. 30 novembre 2011 n° IX/2616 lo studio geologico redatto a supporto del Prg comunale nel 2004.

L'analisi condotta sugli aspetti geologici, idrogeologici, geotecnici e sismici ha portato alla stesura della Carta della pericolosità sismica locale contenente l'individuazione delle diverse situazioni in grado di determinare effetti sismici locali, della Carta dei vincoli, della Carta di sintesi e di fattibilità geologica delle azioni di piano.

Lo scopo del lavoro è quello di consentire, all'estensore del Piano di governo del territorio, la valutazione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche delle diverse parti del territorio comunale e fornire una base progettuale su cui compiere le necessarie scelte per l'adeguata gestione e pianificazione del territorio stesso. Il presente documento costituisce, quindi, lo studio geologico completo da inserire integralmente nel Documento di piano del Piano di governo del territorio ai sensi dell'art. 8, c. 1, lett. c) della Lr. 12/05 e nel Piano delle regole (art. 10, c. 1, lett. d) per le parti relative alla sintesi e fattibilità geologica.

Si sottolinea che gli studi e le elaborazioni cartografiche prodotte hanno carattere generale e non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini di dettaglio per la soluzione di problemi geotecnici e idrogeologici puntuali, prescritte dal D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" (GU 4 febbraio 2008, n. 29, Suppl. Ordinario n. 30).

## 2. Inquadramento geografico

Il territorio comunale di Limbiate ha un'estensione di 12.4 km<sup>2</sup> ed è ubicato nel settore ovest della Provincia di Monza Brianza; i Comuni confinanti, partendo da nord, in senso orario sono: Bovisio Masciago, Varedo, Paderno Dugnano (Mi), Senago (Mi), Cesate (Mi) e Solaro (Mi); topograficamente l'altezza media, rispetto al livello del mare, è di circa 194 m e le quote topografiche diminuiscono procedendo da nord verso sud con una pendenza pari a circa lo 0.88% e da ovest verso est con una pendenza dello 0.6%; Limbiate è attraversato dalla S.S. 527 "Bustese" ed è contenuto nei fogli B5b4, B5b5, B5a4 e B5a5 della Carta Tecnica Regionale 1:10.000.

## 3. Inquadramento meteo - climatico

Per lo studio del regime pluviometrico si sono utilizzati i dati relativi alle precipitazioni medie mensili del periodo 1981 - 1991 ottenuti interpolando i valori misurati nei pluviometri delle stazioni di rilevamento di Milano e Cantù; per quanto riguarda il 1988, in mancanza dei dati della stazione di Cantù, si riportano solo i valori della stazione di Milano e, nel seguito, si fornisce l'andamento annuale con le precipitazioni totali calcolate per l'area di Limbiate.

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
<b>Gen.</b>	2	10.1	1.9	27.6	131.1	136	23.6	203*	3.4	34.5	69.7
<b>Feb.</b>	4.2	46.1	23.8	68	6.7	71.6	173.6	20.6*	91.6	14.7	17.2
<b>Mar.</b>	85.4	87.2	146.5	100.2	195.9	31.4	27.2	81.4*	37.1	19.2	87.4
<b>Apr.</b>	60.1	19.1	123.7	124.2	38.5	190.1	61.7	65*	288.6	194	59.2

<sup>1</sup> Relazione geologica ex Dgr. 30 novembre 2011, n. IX/2616: la componente geologica, idrogeologica e sismica del Pgt.

<b>Mag.</b>	149.4	71.3	167	360.8	214.9	113.8	103.5	95.9*	17.4	104.6	108.8
<b>Giu.</b>	78.3	63.8	47.4	72.5	83.4	73.5	76.8	169.8*	82.3	120	61
<b>Lug.</b>	149.9	61.1	35.4	4.5	28.3	76.8	77	80.6*	121.7	54.1	59
<b>Ago.</b>	53.2	166.2	96.8	112.3	58.4	61.1	233.8	79.4*	66.6	43	9.6
<b>Set.</b>	189.9	76.6	25.1	61.5	37.3	57.3	62.2	10.8*	90.7	11	148.9
<b>Ott.</b>	119	154.8	39.6	89	41.6	5	158.4	174.8*	7.3	205.7	110.6
<b>Nov.</b>	1.9	156.1	2.2	119.9	115.7	71.8	93.6	0.2*	58	68.2	74.3
<b>Dic.</b>	119.2	38.8	150.9	68.5	66.2	8.8	35.5	69.2*	23.9	64.9	3.4
<b>Mm. tot.</b>	<b>1012.5</b>	<b>999.7</b>	<b>860.3</b>	<b>1209.3</b>	<b>1017.8</b>	<b>897.2</b>	<b>1126.9</b>	<b>1050.7*</b>	<b>888.6</b>	<b>933.9</b>	<b>809.1</b>

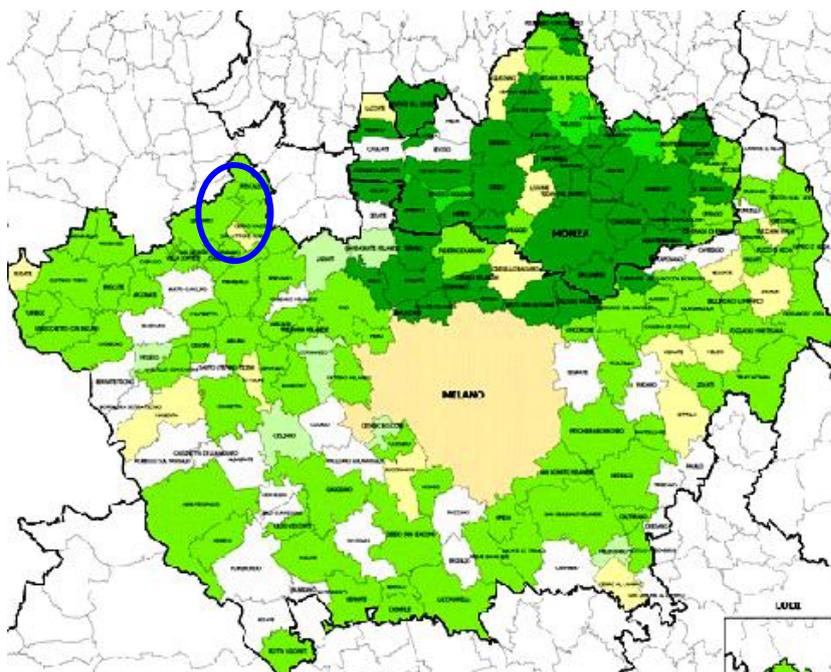


Figura 1: mappa dei comuni della Provincia di Monza Brianza col territorio di Limbiate (cerchio blu)



Figura 2: estratto della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000

La precipitazione media totale è, nel periodo analizzato, pari a 975.5 mm, con un picco massimo di 1209 mm registrato nel 1984 e uno minimo di 860 mm verificatosi nel 1983; circa lo studio termometrico, sono stati utilizzati sia i dati della stazione di Milano Brera che i dati E.R.S.A.L. della Stazione di Milano Due; dall'analisi dei dati disponibili risulta una temperatura con valore medio annuo di 12.5 °C; l'escursione termica media fra il mese più caldo (luglio) e quello più freddo (gennaio) è pari a 21.7 °C: pertanto il clima, dal punto di vista termico, viene inquadrato come "continentale"; sotto, si indica la ripartizione mensile delle piogge (in mm) e delle temperature (in °C) relative al periodo in esame.

	<i>Temperatura media</i>	<i>Temperatura massima</i>	<i>Temperatura minima</i>	<i>Precipitazioni (mm)</i>
<i>Gennaio</i>	1.3	4.1	- 1.4	70.26
<i>Febbraio</i>	3.9	7.9	- 0.1	76.06
<i>Marzo</i>	8.2	13.1	3.2	71.71
<i>Aprile</i>	12.4	17.8	7.1	100.46
<i>Maggio</i>	16.9	22.3	11.4	114.02
<i>Giugno</i>	20.7	26.2	15.2	72.39
<i>Luglio</i>	23	28.8	17.2	71.96
<i>Agosto</i>	22	27.5	16.5	90.91
<i>Settembre</i>	18.6	24	13.3	80.85
<i>Ottobre</i>	12.9	17.7	8.2	125.46
<i>Novembre</i>	7.2	10.5	3.8	83.17
<i>Dicembre</i>	2.3	5.1	- 0.5	51.89
<b><i>Totale</i></b>	<b>12.5</b>	<b>17.1</b>	<b>7.9</b>	<b>1013</b>

Dal diagramma successivo (climogramma di Pèguy) si nota un trend annuo degli apporti meteorici con due massimi, uno tardo primaverile (mesi di aprile e maggio) e uno autunnale (mese di ottobre) e due minimi, uno estivo (mese di luglio) e uno invernale (mesi di dicembre e gennaio): è un regime pluviometrico, tipico del settentrione e, in particolare, della Pianura Padana, definito come "regime prealpino" per differenziarlo da quello appenninico che presenta un minimo principale estivo e un massimo autunnale: secondo la classificazione di Köppen modificata, l'andamento evidenziato nella tabella è tipico dei climi mesotermici, che presentano la temperatura del mese più freddo compresa tra i 2 °C e i 15 °C, e in particolare dei climi temperato - freschi continentali, in un dominio climatico localizzato entro una fascia compresa tra i 40° e i 60° di latitudine e caratterizzato da inverni rigidi ed estati calde con elevata umidità e piovosità intorno ai 1000 mm annui.

Dal sottostante climogramma derivante dalla precedente tabella s'individuano sette mesi temperati col mese di giugno, però, prossimo alla fascia caldo - umida e quello di novembre prossimo alla fascia freddo - umida e, inoltre, con tre mesi freddo - umidi (da dicembre a febbraio) e due mesi caldo - umidi (luglio e agosto), e infine col mese di luglio prossimo alla fascia relativa ai mesi aridi.

#### 4. Aspetti relativi ai corsi d'acqua

##### 4.1. Canale Villoresi

Il Canale Villoresi nasce dall'idea di E. Villoresi come canale irriguo e viene realizzato tra il 1881 e il 1891. Il canale trae le sue acque dal fiume Ticino presso Somma Lombardo (VA) e, con andamento ovest - est, termina nell'Adda passando sotto il Naviglio Martesana, dopo un percorso di 86 Km. Attualmente il Villoresi permette la distribuzione di acqua in un'area di pianura di circa 85.000 ettari per mezzo d'una fitta rete di canali a diversa gerarchia che, in complesso, raggiungono circa 3000 km di lunghezza; i canali secondari, con sviluppo di 115 km, si aprono direttamente sul canale principale

diretti, in prevalenza, in senso nord – sud. A loro volta i secondari subiscono l’inserimento di 256 canali terziari il cui sviluppo complessivo è di circa 1200 km. Da questi ultimi, in modo capillare, dipartono i cavi minori a completare il reticolo<sup>2</sup>.

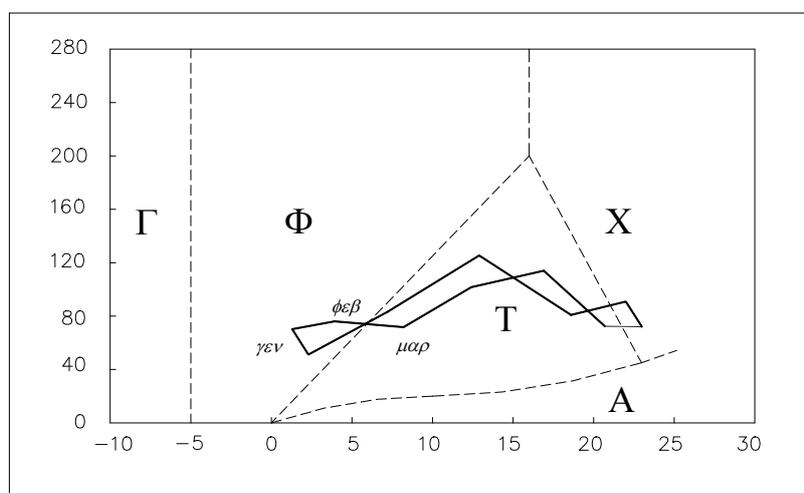


Figura 3: climogramma di Péguy (anni 1966 – 1997 – medie mensili)

Il Villoresi svolge un ruolo importante nell’approvvigionamento idrico a scopo industriale ed è caratterizzato da una discreta regolarità di funzionamento e da una portata che raggiunge i 70 mc/s.

L’elevata efficienza e le caratteristiche tecniche adeguate rendono, inoltre, minimi i valori delle perdite di rete, in genere inferiori al 15% dei volumi idrici.

Facendo riferimento ai dati di portata rilevati con cadenza stagionale nel 1990 e 1992 dalla Provincia di Milano nella stazione di Nova Milanese, ubicata a est di Limbiate e più vicina geograficamente rispetto alle stazioni di Parabiago e Cassano D’Adda, si nota una relativa costanza, a conferma di quanto detto, nei valori ovvero:

07.06.90	14.12.90	09.06.92	16.12.92
6.62 (mc/s)	3.45 (mc/s)	10.85 (mc/s)	2.84 (mc/s)

#### 4.2. Torrente Cisnara

Il torrente Cisnara scorre con direzione circa nord/nordovest – sud/sudest attraversando la porzione più occidentale del comune di Limbiate; nasce all’interno del terrazzo “Groane” nel territorio di Ceriano Laghetto e procede verso sud, solcando il pianalto, attraversando i comuni di Solaro, Limbiate e Senago dove confluisce nel torrente Lombra; nel suo corso tende a incassarsi all’interno dei sedimenti mindeliani delle Groane realizzando, morfologicamente, una valle incisa con alveo a profondità media di circa 4 ÷ 5 m rispetto al piano di campagna; a valle di Limbiate è in gran parte tombinato.

#### 4.3. Torrente Lombra

Il torrente Lombra attraversa in senso nord – sud il territorio comunale di Limbiate scorrendo anch’esso all’interno dei terreni di competenza del pianalto mendeliano; per un breve tratto il suo corso delimita il territorio comunale segnando il confine nordoccidentale col territorio di Solaro, nascendo in comune di Cogliate e attraversando nel suo percorso i comuni di Ceriano Laghetto, Bovisio Masciago, Solaro e Senago dove riceve le acque della Cisnara; poi, attraversando Bollate arriva a Mi-

<sup>2</sup> Negli allegati geologici, all. 5, foto nn. 1, 2, riportate alcune fotografie del Canale Villoresi in corrispondenza di alcuni punti del suo percorso attraverso il territorio comunale.

lano costituendo un affluente dell'Olonà; in corrispondenza della frazione abitata a sud del villaggio Brollo, in comune di Solaro, riceve le acque d'un affluente minore di destra; nell'attraversamento del territorio comunale l'alveo risulta incassato all'interno dei sedimenti del terrazzo delle Groane, caratterizzato da sponde molto acclivi, depresse una decina di metri rispetto al piano campagna. Le sponde, talora, risultano soggette a erosione in corrispondenza dei meandri (cfr. allegato 5 – Foto n. 4).

#### 4.4. Torrente Garbogera

Il torrente Garbogera scorre in senso nord – sud attraversando il centro abitato di Limbiate, nascendo in comune di Cesano Maderno per poi attraversare lungo il suo corso i comuni di Bovisio Masciago, Limbiate, Senago, Bollate, Novate Milanese e Milano, dove si getta nell'Olonà; si snoda solo in parte all'interno dei sedimenti mindeliani dell'alto morfologico del terrazzo delle Groane svolgendo per la maggior parte il suo percorso all'interno del livello fondamentale della pianura. Tuttavia, per la parte iniziale l'alveo risulta profondamente incassato in una valle fluviale relativamente ampia (60 m circa), con pareti scoscese e profonde con dislivello di circa 20 m rispetto al piano campagna, situazione visibile nella porzione nord del comune in corrispondenza della S.S. 527 nei pressi del villaggio Brollo (cfr. allegato 5 – Foto n. 3); facendo riferimento ai dati di portata rilevati nel 1990 e 1993 dalla Provincia di Milano nella stazione di Limbiate si nota una relativa costanza nei valori ovvero:

09.02.90	27.07.90	09.02.93	27.07.93
0.20 (mc/s)	0.13 (mc/s)	0.18 (mc/s)	0.11 (mc/s)

#### 4.5. Qualità delle acque superficiali

Nell'ambito del Piano di risanamento delle acque, la Provincia di Milano ha messo in atto una serie di indagini sulla qualità delle acque superficiali. I dati riportati, che si riferiscono alle acque del Canale Villoresi e del torrente Garbogera, sono tratti dallo studio effettuato nel 1993 dalla Provincia di Milano mentre, per quel che riguarda i torrenti Cisnara e Lombra, le analisi sono state estrapolate da uno studio eseguito dalla U.S.S.L. 32 di Garbagnate nel 1995 (cfr. allegato 1); in questo lavoro i corpi idrici vengono classificati nelle seguenti classi di uso multiplo (P.R.R.A.):

Classe A ⇒ approvvigionamento idrico potabile di classe 1, conservazione dell'ambiente naturale e idoneità a tutti gli usi;

Classe B ⇒ approvvigionamento idrico potabile di classe 2, pesca di classe 1, conservazione dell'ambiente naturale, balneazione e altri usi;

Classe C ⇒ approvvigionamento idrico potabile di classe 3, pesca di classe 2, balneazione, conservazione dell'ambiente naturale, uso irriguo, industriale;

Classe D ⇒ pesca di classe 2, uso irriguo, industriale e assenza di tossicità acuta alla vita acquatica.

#### *Canale Villoresi*

La qualità delle acque del Canale Villoresi è stata verificata mediante prelievi effettuati in tre stazioni site in comune di Parabiago, Nova Milanese e Cassano d'Adda. Dalle analisi, è emerso che il corso d'acqua presenta una buona qualità delle acque in cui il ritrovamento di inquinanti in concentrazioni elevate è attribuibile a eventi sporadici. In genere i valori ricadono all'interno del limite di classe D con concentrazioni eccedenti solo sporadicamente, per un totale inferiore all'8% dei casi totali, i parametri di riferimento. In particolare le sostanze presenti in eccesso risultano i tensioattivi e i coliformi fecali. Solo in corrispondenza della stazione di Nova Milanese si notano dei picchi di concentrazione elevata di metalli pesanti (piombo). L'inquinamento, prevalentemente di tipo civile, non pregiudica, comunque, l'utilizzo delle acque sia per scopi agricoli che industriali.

### *Torrente Garbogera*

Il programma di monitoraggio sulla qualità delle acque del torrente Garbogera è stato effettuato nella stazione di Limbiate in località Pinzano. Dalle indagini eseguite è emersa la consistente e costante presenza di fenomeni di inquinamento legati, soprattutto, a concentrazioni elevate sia dei nitriti che dei parametri biologici che superano costantemente (100%) i limiti di classe D. Per quanto riguarda ammoniaca e tensioattivi si hanno valori prossimi in genere alla soglia di classe D con percentuali di superamento del limite inferiore ai metalli pesanti (zinco, mercurio, piombo e rame) che eccedono lo stesso limite con una percentuale, in miglioramento negli ultimi campionamenti, del 28% contro il precedente 35%, e con fenomeni di inquinamento imputabili all'immissione di scarichi sia civili che industriali (metalli pesanti).

Nel complesso, la percentuale totale di dati che eccedono i limiti della classe di qualità meno esigente è risultata notevole; pertanto, la possibilità d'uso delle acque dal punto di vista irriguo dovrebbe essere valutata in relazione al tipo di coltura e di produzione.

### *Torrente Lombra*

Il programma di monitoraggio sulla qualità delle acque del Torrente Lombra è stato effettuato nelle stazioni di Limbiate ubicate nelle vie Oberdan, Mascagni e Giotto.

Nell'ambito di competenza del comune di Limbiate il torrente riceve le acque di n. 2 collettori fognari e n. 2 scolmatori di piena. Per quanto riguarda i valori emersi durante le analisi chimiche tutti i parametri eccedono la classe di qualità D per cui si sconsiglia l'uso delle acque per scopo irriguo.

### *Torrente Cislara*

Il programma di monitoraggio sulla qualità delle acque del Torrente Cislara è stato effettuato presso le stazioni dei comuni di Cesate, Garbagnate e Bollate. Questi punti di controllo risultano ubicati a ovest e a sud ovest di Limbiate.

Per quanto concerne i valori emersi durante le analisi chimiche i parametri relativi ai tensioattivi, metalli pesanti e fosforo eccedono la classe di qualità D indicando una contaminazione da scarichi produttivi industriali prevalenti su quelli civili.

Sulla base di quanto emerso dall'analisi della qualità delle acque superficiali, si può affermare che le acque derivanti dal Canale Villoresi e dal Torrente Garbogera hanno caratteristiche chimiche e biologiche da rientrare, mediamente, nella classe D del P.R.R.A. Per quanto riguarda i torrenti Lombra e Cislara la situazione è fortemente negativa indicando una grave forma di inquinamento delle acque.

Le conclusioni si prestano, quindi, caratterizzate da duplice lettura: da una parte (canale Villoresi e torrente Garbogera), la qualità può essere di conforto per gli operatori agricoli e manifatturieri mentre dall'altra (torrenti Lombra e Cislara), deve mettere in allarme riguardo alla possibile contaminazione dell'acquifero sottostante.

## **5. Geologia**

L'evoluzione plioquaternaria della Pianura Padana si può ricondurre fondamentalmente a tre fasi:

- a) fase di regressione marina con sedimentazione continentale fluviolacustre che ha interessato il settore occidentale fino all'area lombarda (Pliocene sup. – Pleistocene inf.);
- b) fase glaciale (Pleistocene)
- c) fase post – glaciale con erosione e sedimentazione alluvionale (Olocene).

Tali fasi hanno subito diverse interruzioni testimoniate dalla presenza di paleosuoli e sono durate tanto a lungo da poter permettere ai lenti processi pedogenetici di svilupparsi.

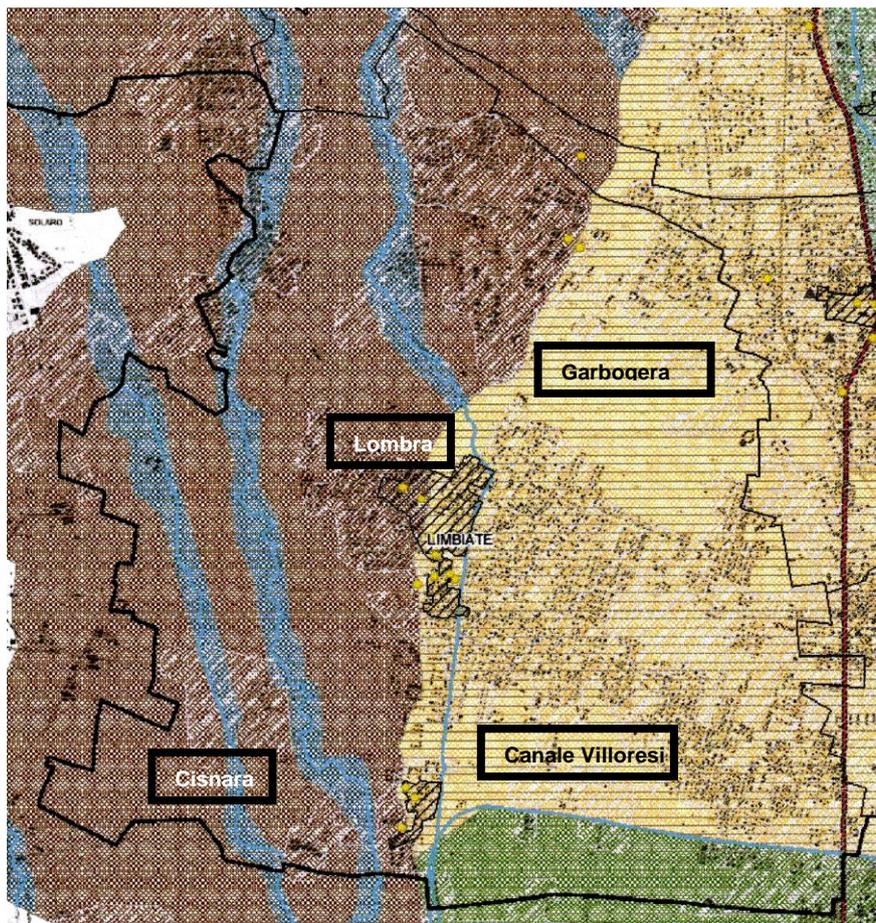


Figura 4: rete idrografica

Si possono così riconoscere una serie di unità distinte in base alle loro caratteristiche idrogeologiche e stratigrafiche, in sequenza stratigrafica dal basso verso l'alto:

**a. SUBSTRATO INDIFFERENZIATO**

Comprende varie formazioni con età che vanno dal Paleozoico al Terziario.

Le formazioni più esterne sono la Gonfolite e i Flisch. La deposizione della Gonfolite (Oligocene – Miocene inf.), precede la prima delle tre fasi e testimonia una cospicua erosione dell'area sudalpina. Si tratta di un deposito clastico di ambiente continentale costituito in particolare da ciottoli di natura cristallina. Sotto la Gonfolite troviamo i Flisch, successioni arenacee con intercalazioni pelitico – marnose. Entrambe costituiscono orizzonti a bassa o scarsa permeabilità che isolano idrogeologicamente le unità sottostanti.

**b. ARGILLE SOTTO IL CEPPO**

Litologicamente sono argille con intercalazioni grossolane (sabbie, ghiaie e ciottoli), che localmente possono formare acquiferi sfruttabili. Queste unità passano verso l'alto a sedimenti sabbioso – argillosi che nella zona di Milano testimoniano la transizione da un ambiente marino (litozona argillosa del Calabriano) a un ambiente continentale (litozona sabbioso – argillosa) (Martinis e Robba, 1978). Queste unità sono state sottoposte, dopo la loro deposizione, a un sollevamento nel corso del quale la parte superiore è stata erosa e profondamente incisa. Nelle incisioni così create, si sono depositate ghiaie e sabbie di notevole spessore. Nell'area in esame le argille del Villafranchiano non sono state raggiunte dalle perforazioni per il normale approvvigionamento idrico.

**c. CEPPO**

Unità conglomeratica, precedente i depositi fluvio-glaciali del Mindel, formatasi in un ambiente fluviale a canali anastomizzati nel Pliocene sup. (?) – Pleistocene inf. (Orombelli, 1979). È costituito da conglomerati eterogenei a cemento carbonatico con intercalazioni lentiformi di arenaria, sabbia e argilla.

Il Ceppo ha un rilevante interesse idrogeologico poiché, dove la cementazione è meno marcata, è sede di potenziali acquiferi. Nei livelli maggiormente cementati presenta a volte una permeabilità secondaria per fratturazione.

#### d. DEPOSITI GLACIALI

Comprendono tutte le unità che costituiscono gli apparati morenici, dei quali i più antichi affiorano in posizione più esterna. La parte inferiore, che poggia direttamente sul Ceppo, risale al fluvioglaciale del Mindel. Litologicamente sono molto eterogenei passando dalle argille alle ghiaie grossolane. La loro matrice, abbondantemente limosa, ne abbassa la permeabilità. Lo spessore di questi depositi può superare i 40 metri.

#### e. DEPOSITI TERRAZZATI CON "FERRETTO"

Comprendono i depositi fluvioglaciali che costituiscono i ripiani più elevati della pianura. Si raccordano con le cerchie moreniche a monte e con il livello fondamentale della pianura, tramite dei terrazzi, a valle. Superficialmente sono alterati in ferretto, che presenta la tipica colorazione rossastra e uno spessore variabile dai 2 agli 8 metri. Litologicamente sono costituiti da elementi arrotondati, di diametro variabile, che presentano una matrice sabbioso – argillosa. Si ritiene che immergano a sud sotto il livello della pianura, passando poi a termini più fini nella base della litozona ghiaioso – sabbiosa.

#### f. DEPOSITI LACUSTRI

Caratterizzano la parte interna degli apparati morenici e sono costituiti da sabbie fini limose e argille varvate. Sono la testimonianza di numerosi bacini lacustri intramorenici. La loro importanza deriva dal fatto che rappresentano delle estese aree impermeabili.

#### g. DEPOSITI DEL LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA

Sono depositi di origine fluvioglaciale e alluvionale, incisi solo dagli alvei dei fiumi, costitutivi della superficie della pianura e distinti tessituralmente da nord a sud con fasce granulometriche decrescenti:

- zona a ghiaie prevalenti: costituita da ghiaie da fini a grossolane, mescolate a sabbie subordinate.
- zona a ghiaie e sabbie: presenta, a differenza della zona precedente, una maggiore concentrazione in sabbie. Questa tipologia di depositi superficiali caratterizza i terreni dell'area oggetto di studio (cfr. Tav. 4).
- zona a sabbie prevalenti: si ritrova nei settori più meridionali. I livelli ghiaiosi sono subordinati.
- zona ad argille prevalenti: si ritrova in aree limitate ed è dovuta probabilmente alla formazione di conche palustri o a esondazioni.

#### h. ALLUVIONI ATTUALI E RECENTI

Costituite da ghiaie prevalenti nel settore settentrionale e da termini più fini verso meridione, si rinvengono negli attuali alvei dei fiumi (a es. alveo del T. Garbogera) e sono importanti giacché consentono, per la loro composizione granulometrica, l'alimentazione degli acquiferi.

Di seguito in figura sono riportati la legenda e lo stralcio della Carta Geologica della Regione Lombardia a scala 1:250.000 –

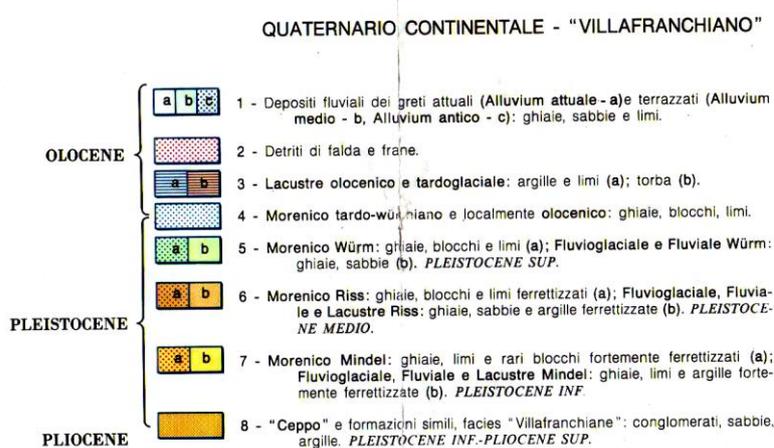


Figura 5: legenda della Carta Geologica

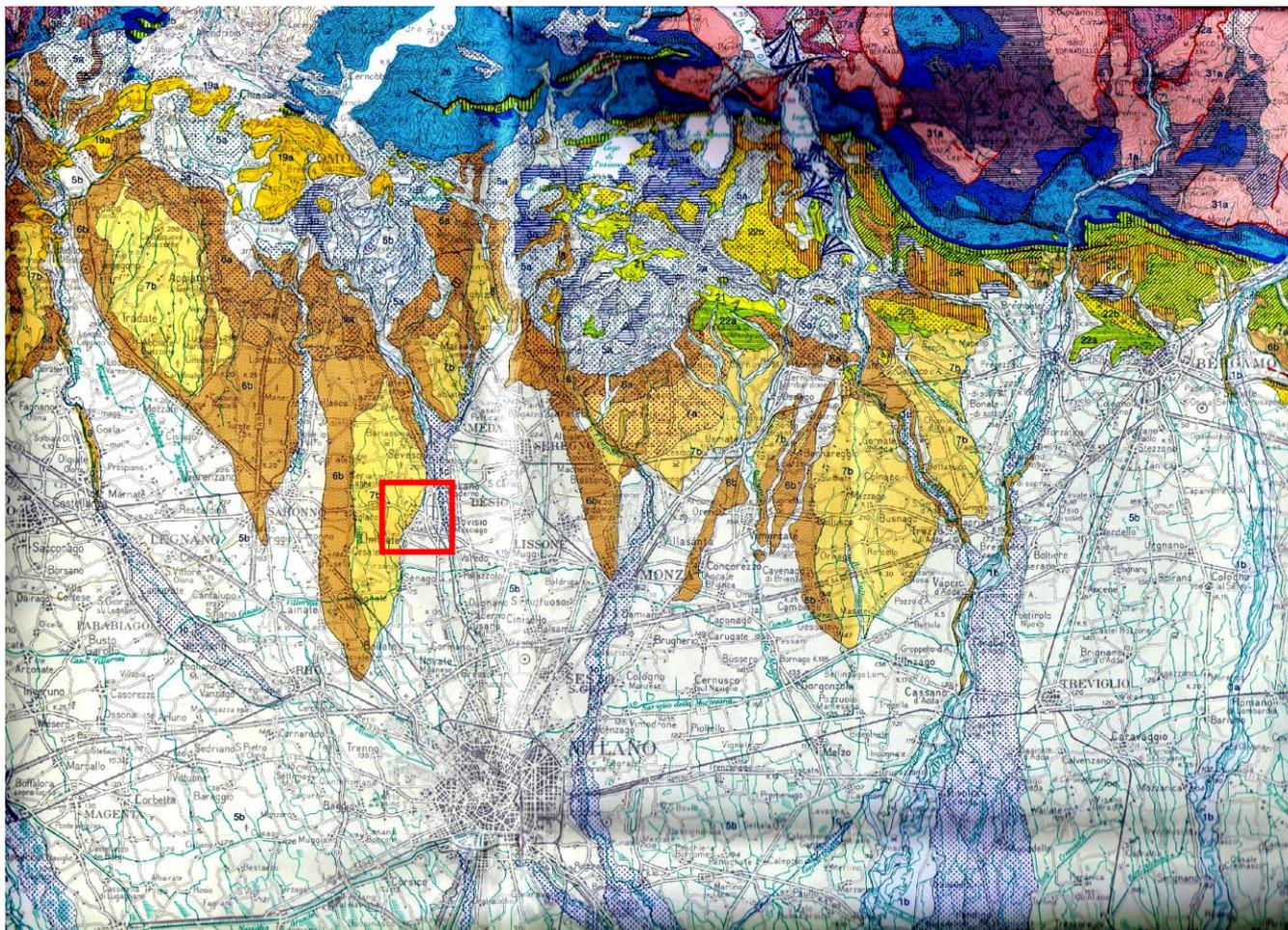


Figura 6: Carta Geologica con ubicazione del comune di Limbiate

## 6. Geomorfologia e geopedologia

Il territorio comunale di Limbiate rientra nel settore centrale della pianura milanese settentrionale e risulta compreso tra i torrenti Nirone a ovest e Seveso a est.

I terreni facenti parte di tale comprensorio sono attribuibili alle litologie appartenenti a due Unità:

- a) al cosiddetto *"Livello fondamentale della Pianura"*, nella porzione centro orientale della superficie comunale,
- b) ai depositi terrazzati rilevati del *"morenico Mindel"*, nella porzione centro occidentale.

I depositi del *"Livello fondamentale della Pianura"* del Pleistocene superiore, di origine fluvio-glaciale e alluvionale costituiscono, in generale, una estesa e uniforme pianura compresa tra i terrazzi alluvionali del Fiume Ticino a ovest e del Fiume Adda a est, la cui continuità risulta essere interrotta da alvei di dimensioni minori quali, a esempio, i Fiumi Lambro e Olona, e da una fitta rete di paleoalvei in parte oramai cancellati dalla crescente urbanizzazione.

Lo strato superficiale di alterazione tipico di questi depositi fluviali e fluvio-glaciali, ridotto per spessore, in media, 40 – 50 cm, risulta essere mal conservato per intervento antropico. Infatti, anche nelle zone agricole, l'attività dell'uomo ha condotto a un rimaneggiamento scomposto di questo livello, venendo così a produrre una generale commistione con la coltre humica superiore e i livelli sabbioso-ghiaiosi inferiori.

All'interno di questa superficie si distinguono, dal punto di vista tessiturale (procedendo da nord verso sud), delle fasce a granulometria decrescente che passano dalle ghiaie prevalenti verso nord, alle

argille e sabbie verso sud in relazione alla diminuzione dell'energia idraulica (e quindi della capacità di trasporto) dei corsi d'acqua che formavano la pianura per aggradazione verticale.

I depositi terrazzati, anch'essi di origine continentale, costituiscono le aree rilevate morfologicamente rispetto al "Livello fondamentale della Pianura". I sedimenti che caratterizzano queste aree, di natura colluviale ed eolica, sono litologicamente dei limi e argille "ferrettizzate" di colore rossastro sovrastanti ghiaie a clasti alterati in matrice sabbioso limosa.

Lo strato superficiale di alterazione tipico, denominato "Ferretto", presenta uno spessore variabile in media da 2.50 a 3.00 cm.

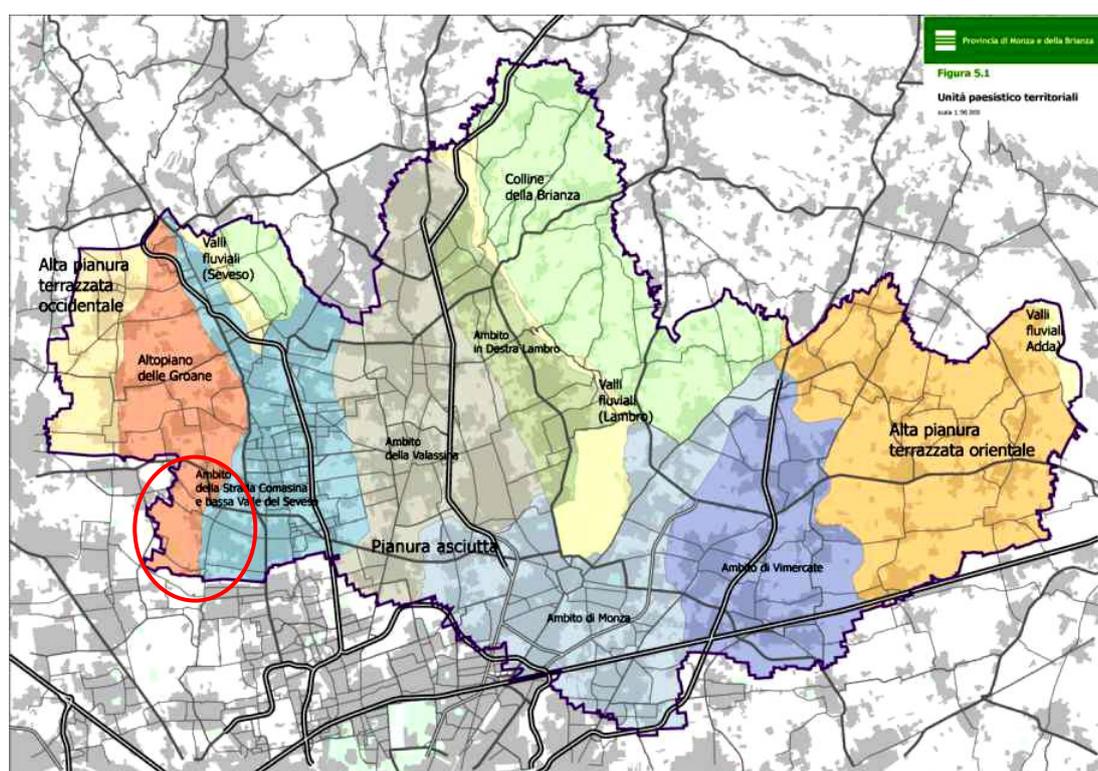


Figura 7: Unità paesaggistico territoriali (Ptcp della Provincia di Monza Brianza 2011)

Topograficamente l'area terrazzata si presenta come un pianalto ovvero un territorio subpianeggiante o lievemente ondulato raccordato alla pianura circostante da una scarpata più o meno acclive. Tale zona rilevata risulta solcata e incisa, da torrenti e corsi d'acqua. Il territorio comunale di Limbiate è caratterizzato dal terrazzo delle "Groane".

Dal punto di vista pedologico, il territorio comunale di Limbiate è caratterizzato da suoli con drenaggio generalmente moderato o scarso, a eccezione delle aree fluviali che solcano il pianalto delle Groane. I terreni di copertura delle aree pianeggianti, a ovest il settore del terrazzo altimetricamente più elevato (circa 200 m s.l.m.) a est l'area pianeggiante del livello fondamentale della pianura (circa 180 m s.l.m.) sono caratterizzati da suoli a tessitura fine poco drenante. Le colture più praticate nel territorio, in accordo con le caratteristiche idrologiche e idrogeologiche, sono a seminativo e a prato.

### 6.1. Carta geomorfologica e geopedologica

Dal punto di vista geomorfologico l'area in studio è caratterizzata da due ambiti territoriali ben distinti: a ovest il terrazzo delle "Groane" e a est lo spazio generato dei sedimenti del "livello fondamentale della pianura".

A livello altimetrico la quota media generale comunale è di 194 m s.l.m, passando da una quota massima di 214 m s.l.m. a nord alla quota minima di 176 m s.l.m. a sud, con un dislivello medio di 38 m. La pendenza media del territorio è di circa lo 0.88%.

Analizzando nel dettaglio la situazione altimetrica del comune appare evidente un aumento delle quote topografiche muovendosi, oltre che in senso nord – sud, anche in senso ovest – est con diminuzione dei valori da ovest a est. In particolare, a ovest, si riscontra un'altezza media di 202 m s.l.m. che passa, spostandosi verso est, a 182 m s.l.m. con un dislivello medio di 20 m e una pendenza media dello 0.60% circa.

Considerando la corografia del paesaggio emerge, inoltre, come la pendenza media calcolata in senso ovest – est non sia costante ma subisca una brusca variazione in corrispondenza del passaggio geologico – geomorfologico dei sedimenti mindeliani terrazzati ai sedimenti wurmiani del livello fondamentale della pianura.

Dall'analisi della carta (cfr. Tav. 1), il territorio in esame presenta una serie di morfologie dovute a interventi di origine antropica od all'azione di elementi naturali modellanti.

A livello morfologico, l'azione antropica si evidenzia, soprattutto, nella porzione centro – orientale del territorio nelle aree di cava per la coltivazione ed estrazione di inerti evidenziando, laddove l'attività è tuttora in atto, delle vere e proprie voragini con profonde pareti verticali o, al contrario, notevoli accumuli di terreno.

A livello naturale si riscontrano la scarpata di raccordo tra il pianalto delle Groane e la pianura e le scarpate, più o meno incise, delle sponde dei Torrenti Cisnara, Lombra e Garbogera. All'interno delle aree di pertinenza fluviale si riscontrano fenomeni di erosione localizzata in corrispondenza dei meandri e, non sempre ben definiti, le scarpate dei terrazzi fluviali.

Riguardo alle caratteristiche geopedologiche dei terreni esaminati, si è fatto riferimento alla cartografia pedologica prodotta dall'E.R.S.A.L, riportando sulla carta in scala 1:10.000 le diverse unità individuate.

In particolare, il territorio del comune di Limbiate rientra in quello che nella classificazione pedologica vengono definiti come Sistema R, Sistema L e Sistema V.

Tali Sistemi sono costituiti, a loro volta, da tre sottoinsiemi: RA, LG, VT.

Le unità rappresentate dai suoli presenti sul territorio esaminato appartenenti, rispettivamente, ai seguenti sottosistemi RA, LG e VT sono: **i)** l'unità RA2, **ii)** le unità LG1 ed LG2, **iii)** le unità VT1 e VT4; come indica la carta allegata, i suoli del territorio comunale appartengono alle seguenti quattro sottounità:

- a) **GRE1**: si estende nella porzione nord e centro – occidentale del Comune con direzione prevalente nord – sud, al confine con il comune di Solaro, Bovisio Masciago e Cesate. Si tratta delle aree laterali della superficie modale del terrazzo delle Groane, caratterizzate da erosione e rimaneggiamento antropico. I substrati sono arrossati e molto alterati (ferrettizzati), con potenti coperture limose indurite. I suoli sono moderatamente profondi con uno spessore di circa 95 cm e drenaggio mediocre.
- b) **COE1**: è presente nelle porzioni centrali del terrazzo delle Groane e descrive la superficie modale ad ampie ondulazioni e fitta rete di colatoi, caratterizzata da degrado antropico legato all'attività di escavazione (laterizi). I substrati sono poco arrossati, alterati con coperture limose indurite, a drenaggio difficoltoso. I suoli sono poco profondi con spessore di 65 cm.
- c) **RSO1**: si estende nella porzione centrale del Comune con direzione prevalente nord – sud e caratterizza la quasi totalità del territorio. Corrisponde alle superfici leggermente ondulate di raccordo morfologico al terrazzo delle Groane, interessate da coperture colluviali o alluvio colluviali su substrati ghiaiosi mediamente poco alterati talora arricchiti da materiale alterato. I suoli sono profondi (circa 200 cm) con un drenaggio buono.
- d) **MOO1**: occupa la porzione orientale del territorio comunale. È caratterizzata da substrati ghiaiosi con suoli aventi profondità variabile di circa 150 cm con drenaggio buono. Si tratta di aree urbanizzate adibite all'estrazione (cave).

- e) **VAE1**: si estende nella porzione occidentale del territorio comunale lungo le valli fluviali dei torrenti Lombra, Cisnara e Garbogera. Rappresenta le porzioni distali, ampie e terrazzate delle valli interne al terrazzo delle Groane. È caratterizzata da suoli distribuiti su substrato ciottoloso aventi profondità variabile e drenaggio buono.
- f) **VFO1 – SUL2**: è ubicata nella zona nordorientale del territorio comunale al confine con il comune di Solaro e Bovisio Masciago. Rappresenta le porzioni iniziali, incise delle valli fluviali interne del terrazzo antico delle Groane con versanti a pendenza medio – alta. È caratterizzata da substrati sabbiosi con suoli aventi spessore di circa 100 cm con drenaggio buono.

Sulla base delle caratteristiche pedologiche sopra indicate, le sottounità presentano tutte una scarsa qualità relativamente alla capacità d'uso dei suoli:

- i) la sottounità GRE1 e COE1 rappresentano suoli con limitazioni molto forti a causa della scarsa fertilità chimica e al mediocre drenaggio che restringono le scelte delle colture praticabili e richiedono una gestione molto accurata,
- ii) le sottounità RSO1 e MOO1 rappresentano suoli con limitazioni forti a causa della scarsa fertilità chimica e alla povertà di acqua,
- iii) la sottounità VAE1 e VFO1 – SUL2 rappresenta suoli con limitazioni dovute, in prevalenza, alla scarsa presenza d'acqua.

In sintesi, per quanto concerne la capacità d'uso dei suoli, le aree poste in corrispondenza del settore occidentale sono idonee alla coltivazione prevalente di prati mentre nel settore orientale si equivalgono, sempre con severe limitazioni, i seminativi e la coltivazione a prato. In corrispondenza delle zone rilevate e delle incisioni fluviali compaiono lembi boscati, talora, di pregio.

## 7. Idrogeologia

La natura del sottosuolo della pianura padana lombarda è nota, fino a grandi profondità, grazie alle esplorazioni sismiche per la ricerca di idrocarburi e ai pozzi perforati sia per indagare le risorse idriche profonde, sia per l'approvvigionamento idrico.

Questi studi hanno portato alla definizione di tre litozone (Martinis e Mazzarella 1971) con caratteristiche granulometriche decrescenti dall'alto verso il basso.

Con il termine di litozona si indica, nella terminologia litostratigrafica informale, l'insieme di più unità riconosciute o di significative parti di esse che presentano caratteri litologici riconducibili al medesimo ambiente deposizionale.

Si distingue a tal proposito una litozona ghiaioso sabbiosa più superficiale, una litozona sabbioso – argillosa intermedia e una litozona argillosa più profonda.

### 7.1. Tipologia degli acquiferi – Litozone

#### 7.1.1. *Litozona ghiaioso – sabbiosa*

Questa litozona comprende i depositi fluviali e fluvioglaciali che vanno dal Pleistocene ai giorni d'oggi (conosciuti come depositi del livello fondamentale della pianura e depositi terrazzati con ferretto) e il ceppo.

Si può quindi ritenere costituita in prevalenza dagli elementi più grossolani (ghiaie e sabbie con limi e argille subordinati) con notevoli variazioni granulometriche sia da nord verso sud che dall'alto verso il basso a testimoniare la presenza di un ambiente continentale fluviale, fluvioglaciale ad alta energia. Localmente ghiaie e sabbie furono cementate da carbonato di calcio deposto dalle acque circolanti e trasformate rispettivamente in conglomerati e arenarie.

La litozona ghiaioso sabbiosa costituisce un sistema acquifero di tipo libero, conosciuto con il nome di "acquifero tradizionale", talvolta parzialmente protetto, nel settore settentrionale della provincia,

dalle sequenze sommitali (suoli, loess) che si ritrovano a tetto dei depositi pleistocenici e che possiede elevata permeabilità primaria, localmente accentuata dalla presenza di canalizzazioni carsiche.

L'acquifero in oggetto viene considerato monostrato a scala regionale, mentre a scala locale può essere considerato un multistrato per la presenza di diaframmi semipermeabili.

Recentemente, secondo alcuni autori (Avanzini et al. 1995) la litozona ghiaioso – sabbiosa viene suddivisa al di sotto del territorio milanese in tre unità:

- a) unità ghiaioso – sabbiosa più superficiale costituita dai depositi fluvioglaciali grossolani
- b) unità ghiaioso sabbioso – limosa del Pleistocene medio più profonda
- c) unità a conglomerati e arenarie basali (Ceppo).

Per la ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale di Limbiate, ci si è basati sulle stratigrafie degli 8 pozzi a uso idropotabile presenti e del pozzo privato di Via Laghetto (cfr. allegato 2), utilizzate anche per la realizzazione delle sezioni idrogeologiche (cfr. allegato 3). Poiché Limbiate si colloca all'interno dell'alta pianura lombarda la successione stratigrafica sottoriportata, pur sempre valida in via generale, risulta leggermente differente per il territorio studiato.

Dall'esame di queste stratigrafie emerge che la litozona ghiaioso sabbiosa si estende fino a circa 60 ÷ 70 m di profondità; al suo interno prevalgono i depositi grossolani costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa e ciottoli; sono anche presenti orizzonti cementati conglomeratici aventi spessore variabile con continuità laterale, sviluppata, soprattutto nella porzione nordoccidentale facente parte del pianalto delle Groane.

In tale settore si nota, in generale, una maggiore cementazione dei materiali ghiaiosi.

All'interno della litozona ghiaioso sabbiosa risultano scarse le lenti di argilla (10% circa) dell'intero spessore che presentano una continuità laterale limitata. Al di sotto dei 60 ÷ 70 m di profondità inizia la litozona sabbioso argillosa, in cui si alternano i litotipi argillosi e sabbiosi percentualmente distribuiti in modo uniforme con spessori medi variabili tra 10 ÷ 20 m.

### 7.1.2. *Litozona sabbioso – argillosa*

È anch'essa di natura continentale ed è costituita da sabbie, argille e limi con intercalazioni di torbe.

L'ambiente di sedimentazione era probabilmente lacustre o deltizio caratterizzato da depositi argillosi, limosi e torbosi, solcati da una rete di canali nei quali si deponivano i sedimenti più grossolani (le sabbie). Presenta anch'essa uno spessore dell'ordine del centinaio di metri. Al suo interno sono presenti potenti lenti sabbiose che costituiscono spesso acquiferi sfruttabili che presentano però produttività idriche inferiori a quelle dell'acquifero tradizionale. Nei termini di transizione può contenere dei fossili. Nella zona di Limbiate è possibile identificare tale acquifero nella zona orientale del territorio caratterizzata dai sedimenti alluvionali della pianura.

### 7.1.3. *Litozona argillosa*

È la litozona più profonda e quasi mai raggiunta dalle perforazioni per il normale approvvigionamento, costituita da sedimenti marini del Quaternario (Calabriano), che vanno dalle argille ai limi con intercalazioni di sabbie. È in continuità sia lateralmente che verso l'alto con la litozona sabbioso – argillosa. Presenta al suo interno fossili tipicamente marini che testimonierebbero una transizione dal basso verso l'alto, da un ambiente di acque profonde a uno di acque costiere. La scarsa presenza di informazioni sulla sua profondità e il suo spessore non ne rendono possibile la ricostruzione areale.

## 7.2. Modalità di alimentazione degli acquiferi

Le falde della pianura milanese si alimentano principalmente grazie all'infiltrazione delle acque sulla superficie di un vasto territorio comprendente buona parte del settore prealpino fra Como e Valmadrera, con le valli del Seveso del Lambro del Lura e dell'Olona e i loro antichi alvei. Le acque che si

raccogliono negli acquiferi di questa regione prealpina defluiscono poi verso sud raggiungendo l'area milanese.

Per quanto riguarda il territorio dell'alta pianura e, più in generale, la zona dei pianalti antichi e le aree pianeggianti limitrofe di raccordo, l'alimentazione dell'acquifero ospitato nei depositi più superficiali avviene, prevalentemente, per dispersione nel sottosuolo dei corsi d'acqua. L'apporto dovuto alle precipitazioni meteoriche risulta poco efficace a causa della bassa permeabilità superficiale e allo scarso drenaggio dovuto alla tessitura fine dei sedimenti superficiali.

La situazione descritta viene oltremodo complicata dalla presenza dei livelli conglomeratici e dal grado di cementazione che, localmente, caratterizza i sedimenti ghiaiosi.

### 7.3. Idrogeologia locale

Il territorio dell'alta pianura lombarda a nord di Milano in cui è ubicata Limbiate, presenta, come descritto in precedenza, una struttura idrogeologica caratterizzata da un acquifero tradizionale avente base a profondità medie di 60 ÷ 70 m dal piano di campagna; oltre tale profondità inizia la litozona sabbioso argillosa. Dalle stratigrafie dei pozzi ubicati in corrispondenza del terrazzo delle Groane, si osserva la presenza di livelli conglomeratici potenti alcuni metri che spezzano la continuità dei sedimenti ghiaioso sabbiosi dell'acquifero tradizionale. La produttività dei pozzi risulta moderata, oltre che dalla presenza dei livelli conglomeratici, anche dalla profondità della falda (soggiacenza variabile in media sui 30 ÷ 35 m) che riduce sensibilmente la resa degli stessi. La discreta soggiacenza della falda fa risentire, inoltre, il suo effetto negativo anche sulla trasmissività.

Il gradiente idraulico è, nel territorio di Limbiate, pari a circa il 4 ‰.

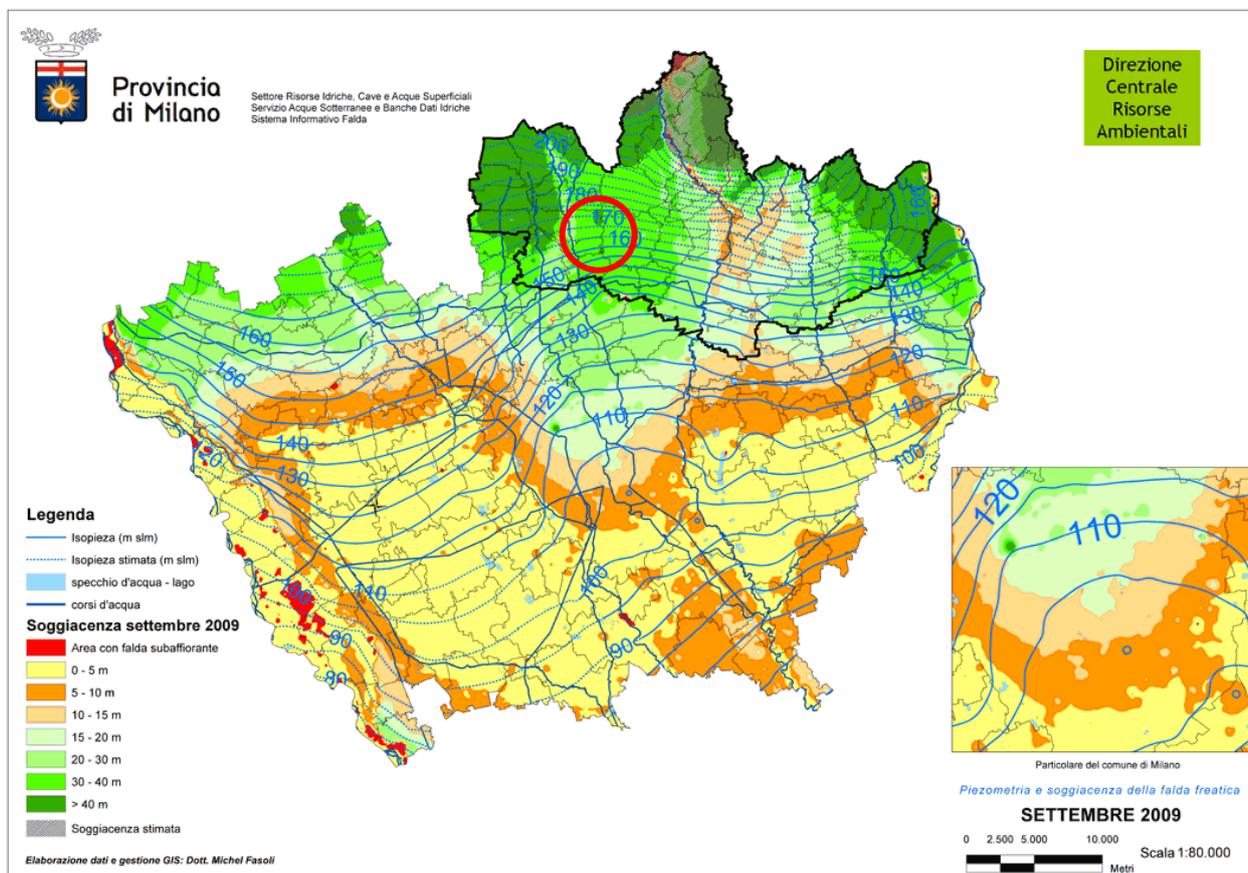


Figura 8: Carta della soggiacenza e della piezometria della Provincia di Monza Brianza (S.I.F. Provincia di Milano 2009)

Dalla valutazione delle linee isopiezometriche si osserva come la direzione di deflusso abbia un andamento nordovest – sudest; dai dati forniti dal Sistema Informativo Falda si possono trarre, inoltre, le seguenti indicazioni:

- a) l'andamento ciclico stagionale della variazione piezometrica risulta, mediamente, di circa 3 m;
- b) la massima soggiacenza si rileva, in genere, nel mese di novembre/dicembre mentre, la minima soggiacenza, si riscontra nel mese di gennaio, immediatamente dopo il picco negativo.

#### 7.4. Parametri idraulici dell'acquifero

Dalle prove di portata eseguite all'atto della messa in opera dei pozzi a uso idropotabile n. 01, 02, 03, 32 e 33 del C.A.P. in comune di Limbiate, si sono ottenuti i seguenti valori di portata specifica:

Pozzo n. 01	portata specifica $Q_s = 10.6 \text{ l/s/m}$
Pozzo n. 02	portata specifica $Q_s = 33.3 \text{ l/s/m}$
Pozzo n. 03	portata specifica $Q_s = 24.33 \text{ l/s/m}$
Pozzo n. 32	portata specifica $Q_s = 4.05 \text{ l/s/m}$
Pozzo n. 33	portata specifica $Q_s = 1.7 \text{ l/s/m}$

Da questi dati si ottiene un valore medio di portata specifica pari a:

$$\text{PORTATA SPECIFICA MEDIA } Q_{sm} = 14.80 \text{ l/s/m}$$

A livello generale, come riportato nella pagina seguente in figura n. 9, il valore di portata specifica calcolato s'accorda coi valori bibliografici riportati in carta mentre, a livello locale, s'individuano nel Comune, due zone a diverso potenziale idrico (in accordo con quanto riportato nello studio idrogeologico della pianura compresa tra Adda e Ticino di Cavallin, Francani, Mazzarella), in particolare:

- a) zona occidentale  $\Rightarrow$  individuata dalla fascia di pertinenza del terrazzo delle Groane con potenziali mediocri e portata specifica  $< 4 \text{ l/s/m}$ , nella quale ricadono i pozzi n. 32 e 33;
- b) zona orientale  $\Rightarrow$  rappresenta la restante parte del Comune ed è caratterizzata da buoni potenziali idrici con valori di portate specifiche compresi tra  $10 \div 30 \text{ l/s/m}$  (pozzi n. 01, 02 e 03).

Quindi, anche i valori di trasmissività variano in funzione dei settori considerati:

$$\text{ZONA OCCIDENTALE - TRASMISSIVITÀ } T \cong 2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{ZONA ORIENTALE - TRASMISSIVITÀ } T \cong 9.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

Tali valori di trasmissività sono stati ottenuti applicando il metodo di Thiem – Dupuit con  $T = 1.22 \times Q_s$ ; nel caso in esame si ottengono valori di permeabilità ( $K = T/H$ ) pari a:

$$\text{ZONA OCCIDENTALE - PERMEABILITÀ } K \cong 5.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$\text{ZONA ORIENTALE - PERMEABILITÀ } K \cong 5.0 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

#### 7.5. Censimento pozzi

Vengono di seguito riportate le caratteristiche dei pozzi privati attivi od inattivi (cementati) presenti nel territorio comunale di Limbiate.

Le notizie risultano, malgrado la ricerca presso la banca dati della Provincia di Monza Brianza, Provincia di Milano e il Consorzio Acqua Potabile, molto frammentarie e lacunose (infatti, di molti pozzi non si conosce né l'ubicazione precisa né la stratigrafia); da una statistica aggiornata all'anno 2000, risultano 11 pozzi attivi e 10 cementati per un totale di 21 pozzi privati (per quanto riguarda i dati certi, circa l'ubicazione si veda la Carta idrogeologica allegata alla presente relazione).

La tabella seguente riporta le informazioni ufficiali ottenute:

<b><i>N. pozzo, ubicazione</i></b>	<b><i>Uso / Proprietari</i></b>	<b><i>Profondità</i></b>	<b><i>Stratigrafia</i></b>	<b><i>Filtri</i></b>
Via Laghetto	Attivo (?) – agricolo	64.00	No	25.00 – 35.00 39.00 – 45.00 54.00 – 64.00
N. 10 – N. 10 Via Monte Grappa	Attivo – industriale Ospedale Antonini	102.00	Si	45.00 – 51.00 54.00 – 58.00 72.00 – 77.00 92.00 – 98.00
N. 11 – N. 11 Via Monte Grappa	Attivo – industriale Ex ospedale Antonini	102.00	No	
N. 12 – N. 12 Via Monte Grappa	Cementato – industriale Ex ospedale Antonini	105.00	No	
N. 13 Via Monte Grappa	Cementato – industriale Ex ospedale Antonini	58.00	No	
N. 14 Via Monte Grappa	Cementato – industriale Ex ospedale Antonini	96.00	No	
N. 14 Via Monte Grappa	Cementato – industriale Ex ospedale Antonini	58.00	No	
N. 16 Via Marconi 19	Attivo – industriale Rubiroid	35.00	No	
N. 17 Via Monte Grappa	Attivo – industriale Ex ospedale Antonini		No	
N. 19 Via Stelvio	Cementato – industriale Fornace Aliberti	68.00	No	
N. 20 Via Monte Bianco	Attivo (?) – industriale Mingardi Ferrara ex Sarter	54.00	No	
N. 21 Via dei Mille, 80	Cementato – industriale Cava Ferrari	25.00	No	
N. 22 Via Manara	Attivo (?) – industriale Cava Manara	50.00	No	
N. 23 Via dei Mille, 80	Attivo (?) – industriale Cava Ferrari		No	
N. 24 Via dei Mille, 80	Attivo (?) – industriale Calcestruzzi Ferrari	50.00	No	

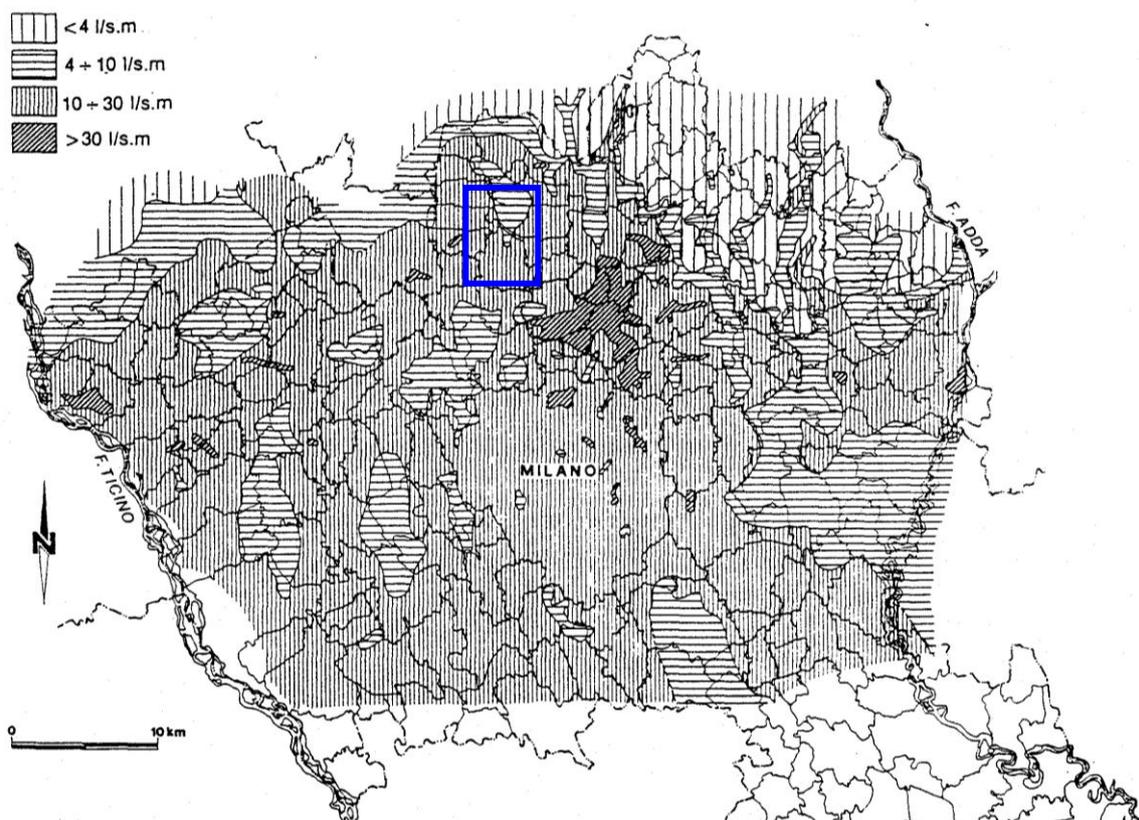


Figura 9: Carta della portata specifica

All'interno del comune di Limbiate sono anche presenti i seguenti n. 8 pozzi pubblici attivi (per stratigrafie cfr. allegato 2):

<b>Pozzo N.</b>	<b>Uso</b>	<b>Profondità</b>	<b>Stratigrafia</b>	<b>Filtri</b>	<b>Qspecif.</b>
N. 1 – Via della Salute	Attivo – idropotabile	105.70	Si	49.00 – 66.07 87.87 – 89.94 96.20 – 101.10	10.60 l/s/m
N. 2 – Viale Lombardia	Attivo – idropotabile	105.00	Si	45.28 – 76.35 89.94 – 92.90 96.97 – 101.10	33.31 l/s/m
N. 3 – Villaggio dei Giovi	Attivo – idropotabile	114.50	Si	43.00 – 63.00 65.00 – 77.40 105.0 – 112.0	24.33 l/s/m
N. 4 – Via Stromboli – Mombello	Attivo – idropotabile	130.00	Si	63.20 – 69.20 83.50 – 84.50 95.00 – 99.00 107.5 – 110.0	=
N. 5 – Via Vittorio Veneto	Attivo – idropotabile	110.00	Si	48.00 – 61.50 93.00 – 97.00 99.90 – 104.00	=
N. 6 – Via Pace	Attivo – idropotabile	122.00	Si	48.00 – 52.00 74.00 – 80.00 83.50 – 87.50 96.00 – 98.00	=

N. 32 – Vie Bellaria, Della Porta	Attivo – idropotabile	122.00	Si	97.00 – 100.00 104.0 – 110.0	4.05 l/s/m
N. 33 – Vie Bellaria, Della Porta	Attivo – idropotabile	174.00	Si	151.0 – 157.0 159.0 – 162.0	1.70 l/s/m

<i>Indirizzo</i>	<i>Codice</i>	<i>Foglio</i>	<i>Mappale</i>	<i>Longitudine</i>	<i>Latitudine</i>
Viale Lombardia (i)	1080270001	29	433	1510015	5049422
Viale Lombardia (ii)	1080270002	29	433	1510015	5049422
Via da Vinci – Giovi	1080270003	39	DC	1510818	5048390
Via Stromboli – Mombello	1080270004	4	64	1509204	5051775
Via Pace – Scuole	1080270005	35	364	1509878	5049031
Via Luciano Manara	1080270006	13	76	1510445	5050860
Via della Porta	1080270033 1080270032	27	16	1509020	5049875
Via Luciano Manara	1080270045	13	84/99	1510440	5050850

Per quanto riguarda il bilancio idrologico del comune di Limbiate, l'entità dei prelievi effettuati sia dai pozzi pubblici che privati, esiste un unico dato, ormai storico, riferito al 1980 edito nello studio relativo al bilancio idrogeologico della Pianura Milanese da Beretta, Cavallin, Francani, Mazzarella e Paggotto pubblicato nel 1985. Il dato che si ricava dallo studio è riportato nella tabella sottostante:

Anni	Prelievo pubblico metri cubi x 1000	Prelievo pubblico metri cubi x 1000	Prelievo privato metri cubi x 1000
1980	4.870	3590	1280

Complessivamente Limbiate è classificato come comune a prelievo idrico medio.

## 7.6. Carta idrogeologica

Contiene informazioni circa il sistema idrografico e idrogeologico del territorio comunale riportando i principali corsi d'acqua artificiali e naturali, i pozzi attivi e non attivi sia pubblici che privati e l'andamento dei principali collettori fognari.

In questa carta vengono poi considerati quelli che sono i vincoli esistenti a livello idrogeologico, ovvero le fasce di rispetto dei pozzi a uso idropotabile, ai sensi della normativa vigente (Dpr. n. 236/1988), le fasce di rispetto e quindi di inedificabilità dall'alveo dei principali corsi d'acqua (R.D. n. 523/04 art.96).

In particolare vengono rappresentate con apposita retinatura le zone di rispetto dei pozzi a uso idropotabile aventi come raggio 200 m e con un cerchio a campitura piena le zone di tutela assoluta con raggio pari a 10 m.

Nella carta idrogeologica redatta in scala 1:10.000 (cfr. Tav. 2), vengono riportate le isopiezometriche con equidistanza di 1 metro, relative al mese di dicembre 1998 e la relativa direzione di deflusso; la loro stesura è stata realizzata partendo dai dati puntuali dei Comuni posti a monte e a valle rispetto a quello in esame.

Si segnala, comunque, per il comune di Limbiate e i comuni confinanti la penuria di punti di rilevazione ufficiali e di misure recenti. La carta redatta si riferisce al dicembre 1998 anno a partire dal quale sono diminuiti i punti di controllo da parte della Provincia di Milano, col conseguente problema di non poter redigere una carta per la scarsità di dati a monte del comune. I dati utilizzati per la redazione della carta, sono di seguito riportati:

<i>Comune</i>	<i>Quota pozzo</i>	<i>Soggiacenza</i>	<i>Quota falda</i>
Barlassina 2	226.71	- 45.8	180.91
Paderno Dugnano 7	163.61	- 31	132.61
Garbagnate Milanese 2	178.19	- 24.4	153.79
Solaro 15	210.9	- 44.6	166.3

### 7.7. Vulnerabilità degli acquiferi. Carta degli elementi di vulnerabilità

Si può definire vulnerabilità intrinseca o naturale di un acquifero “*la suscettibilità delle acque sotterranee a subire un peggioramento della loro qualità a causa dell'inquinamento prodotto da attività antropogeniche*” (Bachmat e Collin, 1987).

La vulnerabilità intrinseca di una zona viene associata alla presenza di centri di pericolo esistenti o di futura realizzazione e alla loro tipologia in relazione alle condizioni idrogeologiche locali (dunque alla pericolosità).

Il concetto di *vulnerabilità integrata* si esprime cartograficamente mediante l'interazione tra la vulnerabilità intrinseca di un sistema idrogeologico caratterizzato e i centri di pericolo effettivamente connessi al sistema stesso, offrendo, in tal modo, al pianificatore una prima valutazione del rischio potenziale di situazioni specifiche.

Per la valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è stato utilizzato il metodo “DRASTIC”, un sistema messo a punto dall'USEPA (l'agenzia per la protezione ambientale degli Stati Uniti) nel 1987 e attualmente tra i modelli più comunemente impiegati; tale modello rappresenta un sistema parametrico (PCSM: Point Count System Model) che si basa sull'attribuzione di “pesi e punteggi” da fornire ai sette parametri che vengono presi in considerazione. I PCSM introducono delle linee di “pesi” e cioè un moltiplicatore a gamma fissa per ciascun parametro di base considerato, che amplifica il punteggio attribuito al parametro stesso in misura preordinata.

Nel caso del DRASTIC, il peso attribuito è diverso a seconda che l'area indagata sia a uso agricolo, e quindi con probabile uso di fitofarmaci, o che sia destinata ad altri usi.

I parametri studiati sono:

- a) soggiacenza;
- b) ricarica attiva;
- c) litologia dell'acquifero;
- d) tipologia del terreno di copertura;
- e) acclività della superficie topografica;
- f) litologia dell'insaturo;
- g) conducibilità idraulica dell'acquifero.

Nella carta della vulnerabilità redatta in scala 1:10.000 (cfr. Tav. 3), l'area del comune di Limbiate è stata suddivisa in maglie di 500 m di lato e, per ogni area individuata, sono stati verificati i parametri sopra citati a cui si è attribuito un punteggio finale che individua il grado di vulnerabilità. Il punteggio complessivo che si può ottenere è compreso tra 26 e 260; tanto più è elevato il valore assegnato, tanto maggiore è la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero.

Se si tiene conto delle caratteristiche prettamente geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche, il comune di Limbiate presenta un grado di vulnerabilità, generalmente, limitato. In particolare considerazione sono state tenute le aree abitate, industriali e agricole (eventuale uso di fitofarmaci). Per quanto riguarda i pozzi pubblici che captano acque a uso potabile è stata considerata nella valutazione del rischio l'area, a monte degli stessi, in cui l'eventuale presenza di siti contaminati (aree attive e/o dismesse o di futura realizzazione e/o la realizzazione di impianti con scarichi fuori norma) comporta un potenziale aumento del fattore di rischio. Quindi, per le zone a monte dei pozzi si consiglia, per le future opere da eseguirsi in quelle zone, l'adozione di particolari provvedimenti (es. allacciamento obbligatorio alla fognatura, evitare l'accumulo in piazzali o altro di materiali dilavabili e poten-

zialmente pericolosi, astensione dalla costruzione di serbatoi interrati ed eventualmente controllo di quelli esistenti, ecc.) atti a mitigare l'influenza dei fattori suelencati.

Nella carta della vulnerabilità sono stati attribuiti, alle maglie individuate, cromatismi diversi indicanti gradi di vulnerabilità crescente passando da colorazioni tenui a marcate per le aree potenzialmente più vulnerabili.

Durante l'analisi sono state distinte tre classi di vulnerabilità:

- a) < 140 bassa – indicata con il colore giallo – marrone,
- b) 140 ÷ 180 media – indicata con il colore ocra,
- c) 180 elevata – indicata con il colore rosa – arancio.

Per la valutazione della vulnerabilità integrata, oltre alle classi di vulnerabilità intrinseca, vengono evidenziati in carta tutti i possibili centri di pericolo presenti sul territorio in esame: attività pericolose distinte per tipologia, corsi d'acqua, rete fognaria principale e strutture cimiteriali.

## 7.8. Qualità delle acque di falda

Le acque sono considerate "potabili" se rientrano negli standard di qualità fissati dalla normativa vigente in materia di acque destinate al consumo umano – il D.Lgs. 31/2001 che recepisce la Direttiva Europea 98/83/CE e che stabilisce le concentrazioni massime ammissibili (C.M.A.) per i parametri organolettici, chimico fisici, microbiologici, nonché quelle concernenti sostanze indesiderabili e sostanze tossiche; laddove non indicate delle C.M.A. imperative, vengono comunque forniti dei valori guida.

Fra i parametri che più frequentemente sono oggetto di determinazione delle acque sotterranee, vengono prescelti, come significativi indicatori di qualità, la durezza, la conducibilità, la presenza di nitrati e di solventi clorurati.

La figura n. 10 a pagina 34 riporta, graficamente, i dati sopraccitati.

### *Distribuzione della durezza*

Il parametro della durezza è molto indicativo in quanto è utile sia alla caratterizzazione idrochimica delle acque per l'individuazione della loro origine, sia per la segnalazione di svariati tipi di contaminazione. Infatti, molti inquinanti, inducono anche un incremento più o meno accentuato dei valori di durezza delle acque.

Vengono considerate quattro classi di durezza, che rispondono rispettivamente a:

- a) tenori medio – bassi (durezza < 15°dF);
- b) tenori medi (15°dF < durezza < 25°dF);
- c) tenori medio – alti (25°dF < durezza < 35°dF);
- d) tenori alti (durezza > 35°dF).

Nella classe superiore sono comprese acque generalmente degradate sotto il profilo qualitativo.

Il settore settentrionale della provincia di Milano, nel quale rientra il comune di Limbiate, è dominato da valori di durezza appartenenti alla classe media, con una distribuzione variegata in rapporto alla differente localizzazione delle aree urbanizzate. La media dei valori si aggira intorno ai 23° dF.

### *Distribuzione della conducibilità*

La conducibilità è un parametro molto significativo per definire l'aspetto qualitativo delle acque, poiché è utile per valutare la presenza di ioni disciolti in tenori superiori alla norma.

Dal momento che molti tipi di contaminazione inducono anche un aumento della conducibilità, questa risulta un indicatore estremamente valido.

Il Dpr. 236/1988, indica un valore guida pari a 400 µS/cm a 20°C; vengono quindi evidenziate quattro classi, che rispondono rispettivamente a:

- a) tenori medio – bassi (conducibilità < 350 µS/cm);
- b) tenori medi (350 µS/cm < conducibilità < 500 µS/cm);

- c) tenori medio – alti ( $500 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{conducibilità} < 650 \mu\text{S}/\text{cm}$ );
- d) tenori alti ( $\text{conducibilità} > 650 \mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Valori di conducibilità entro la classe medio – alta evidenziano un modesto degrado qualitativo, legato per lo più ad aree marginali di zone contaminate, oppure alla sola fase iniziale dell'inquinamento. Invece, tenori alti, sono decisamente riferibili a fenomeni di contaminazione in atto.

Per il comune di Limbiate i valori della conducibilità risultano, dai dati a disposizione della Provincia di Milano, per il biennio 1999/2000 in diminuzione rientrando nell'ordine della classe media con valori intorno ai  $480 \mu\text{S}/\text{cm}$ , evidenziando una discreta condizione.

#### *Distribuzione dei nitrati*

Nelle aree urbane, la presenza dei nitrati nelle acque sotterranee è legata principalmente agli scarichi fognari e all'esistenza di pozzi perdenti, mentre in quelle agricole, è dovuta soprattutto ai liquami dei grandi allevamenti zootecnici.

Per meglio valutare la distribuzione dei nitrati, sono stati suddivisi quattro gruppi di valori:

- a) tenori medio – bassi ( $\text{nitrati} < 15 \text{ mg}/\text{l}$ );
- b) tenori medi ( $15 \text{ mg}/\text{l} < \text{nitrati} < 25 \text{ mg}/\text{l}$ );
- c) tenori medio – alti ( $25 \text{ mg}/\text{l} < \text{nitrati} < 35 \text{ mg}/\text{l}$ );
- d) tenori alti ( $\text{nitrati} > 35 \text{ mg}/\text{l}$ ).

Dai dati della Provincia di Milano, anni 1990/95, si rileva che i settori nord e nord – orientale di Milano sono sicuramente quelli più compromessi dal punto di vista della contaminazione da nitrati (C.M.A.  $50 \text{ mg}/\text{l}$  per il Dpr. 236/1988).

Nel comune di Limbiate, in particolare, la contaminazione media è pari a circa  $26 \text{ mg}/\text{l}$  con punta massima rilevata di  $38 \text{ mg}/\text{l}$  (pozzo n. 003 – 10.08.1994).

Da uno studio pubblicato dalla Provincia di Milano contenente dati aggiornati al 1997, riportati come intervalli di concentrazione su una planimetria dell'area di competenza della provincia milanese, si osserva una conferma dei dati puntuali rilevati nel quinquennio 90/95 con valori nell'ordine dei  $30 \text{ mg}/\text{l}$ . Dagli ultimi dati ufficiali aggiornati al 2000 si conferma il trend degli anni precedenti con valori medi di  $28.67 \text{ mg}/\text{l}$ .

Le concentrazioni, rientranti quindi nel tenore medio – alto, sono sempre comunque sotto la C.M.A. prevista dal Dpr.

#### *Distribuzione dei solventi clorurati*

Rappresentano le sostanze tossiche che maggiormente hanno determinato problemi di inquinamento nella media pianura milanese (la C.M.A. prevista per tale parametro dal Dpr. 236/1988 è pari a  $30 \mu\text{g}/\text{l}$ ). Nel settore settentrionale di Milano, l'inquinamento da solventi clorurati risulta assai diffuso, in particolare, nell'area ubicata tra i comuni di Rho, Garbagnate, Bollate e Bresso i quali presentano valori medi superiori a  $150 \mu\text{g}/\text{l}$ .

Come si evince dallo studio della Provincia di Milano aggiornato al 1997, dall'andamento riportato in carta delle fasce a diversa concentrazione, si osserva dal 1990 al 1996, per il territorio di Limbiate, un incremento nelle concentrazioni dei solventi clorurati, passanti da una media per l'intero territorio compresa tra  $10$  e  $30 \mu\text{g}/\text{l}$  a zone aventi valori superiori a  $50 \mu\text{g}/\text{l}$ .

Nel biennio 1996/1997 le condizioni sono rimaste stabili confermando la fascia a inquinamento maggiore in corrispondenza del settore centro orientale del comune.

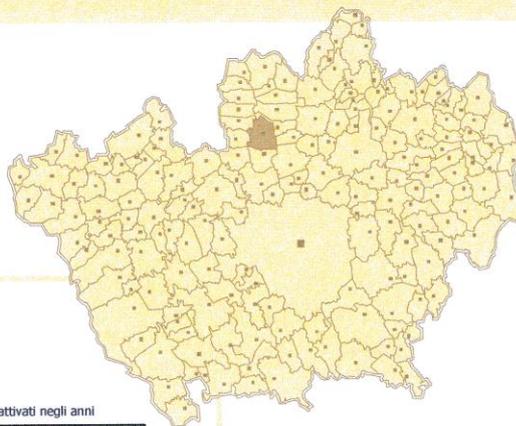
In generale si osserva la seguente distribuzione:

- a) settore settentrionale, con valori compresi tra  $10 \mu\text{g}/\text{l}$  e  $30 \mu\text{g}/\text{l}$  (accettabili, secondo il Dpr.);
- b) settore orientale, con valori compresi tra  $30 \mu\text{g}/\text{l}$  e  $50 \mu\text{g}/\text{l}$ ;
- c) settore centrale, con valori compresi tra  $30 \mu\text{g}/\text{l}$  e  $50 \mu\text{g}/\text{l}$  con punte superiori a  $50 \mu\text{g}/\text{l}$ ;
- d) settore occidentale, con valori compresi tra  $30 \mu\text{g}/\text{l}$  e  $50 \mu\text{g}/\text{l}$ .

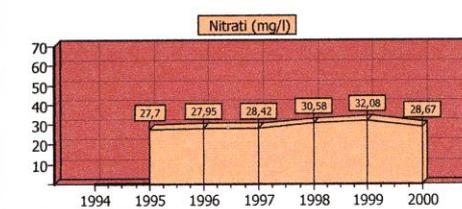
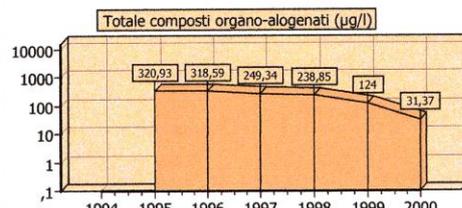
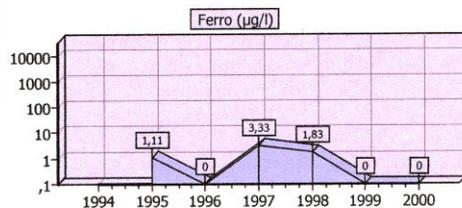
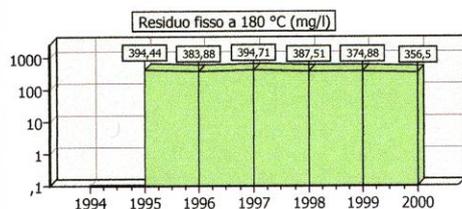
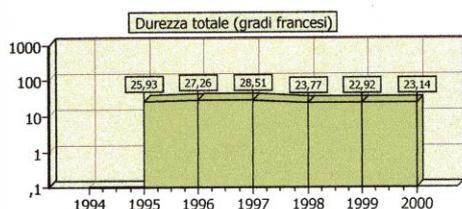
I dati del 2000, calcolati sulla media del territorio comunale, confermano l'abbassamento dei tenori con valori medi intorno ai 31 µg/l.

### Limbiate

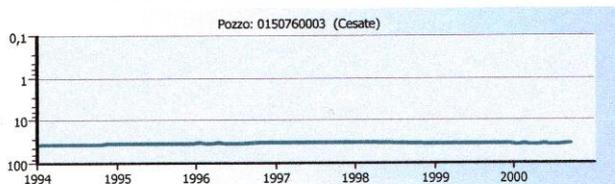
Pozzi pubblici		Pozzi privati	
Attivi	8	Attivi	11
In disuso	0	In disuso	0
Cementati	0	Cementati	10
Stato non definito	0	Stato non definito	0
<b>Totale</b>	<b>8</b>	<b>Totale</b>	<b>21</b>
Attivati nel 2000	0	Attivati nel 2000	3
Posti in disuso nel 2000	0	In disuso nel 2000	0
Cementati nel 2000	0	Cementati nel 2000	3
<b>Piezometri (totale)</b>	<b>7</b>	Piezometri aperti nel 2000	3



#### MEDIE ANNUALI DI ALCUNI DEI PRINCIPALI PARAMETRI IDROCHIMICI

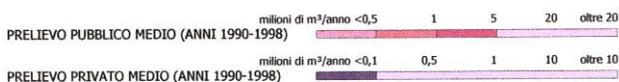
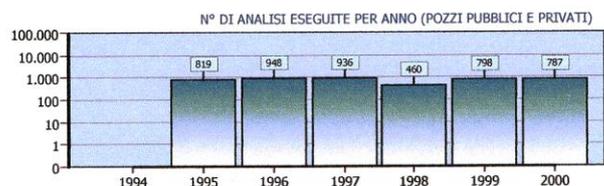


#### PROFONDITÀ DELLA FALDA DAL PIANO CAMPAGNA, in metri



#### Valori medi annui (2000) dei principali indicatori. Prelievi da falda, pozzi pubblici.

Alluminio	- mg/l (0,2)	Manganese	- µg/l (50)
Ammoniaca	0 mg/l (0,5)	Mercurio	- µg/l (1)
Antimonio	- µg/l (10)	Nichel	- µg/l (50)
Argento	- µg/l (10)	Nitrati	27,91 mg/l (50)
Arsenico	- µg/l (50)	Nitriti	0 mg/l (0,1)
Bario	- µg/l	Ossigeno disciolto	- % di sat.
Berillio	- µg/l	pH	7,74 gr. Ioni/l
Boro	- µg/l	Piombo	0 µg/l (50)
Cadmio	0 µg/l (5)	Potassio	- mg/l
Calcio	73,61 mg/l	Rame	- µg/l (1000)
Cianuri	- µg/l (50)	Residuo fisso a 180 °C	356,5 mg/l (1500)
Cloruri	25 mg/l	Selenio	- µg/l (10)
Co2 libera	- mg/l	Silice	- mg/l
Conducibilità a 20 °C	463,65 µS/cm	Sodio	- mg/l (175)
Cromo esavalente	2,27 µg/l (50)	Solfati	28,36 mg/l (250)
Cromo totale	- µg/l (50)	Totale antiparassitari	- µg/l (0,5)
Durezza totale	22,37 gradi franc. °F	Totale composti organoalogenati	19,35 µg/l (30)
Ferro	0 µg/l (200)	Totale idrocarburi aromatici	- µg/l
Fluoro	- µg/l (1500)	Totale idrocarburi policiclici aromatici	- µg/l (0,2)
Fosforo	0 µg/l (5000)	Zinco	- µg/l (3000)
Magnesio	8,36 mg/l (50)		



I dati presentati non si riferiscono all'acqua potabile distribuita ma ai prelievi da falda. In tabella, tra parentesi, sono indicate le CMA per i singoli parametri (Dpr n. 236 del 24 maggio 1988). Le oscillazioni delle medie annuali possono essere conseguenza della chiusura, o apertura, di punti di prelievo negli anni, o di effettive variazioni della composizione delle acque di falda.

Provincia di Milano. Servizio Gestione e Controllo Acque Sotterranee. Sistema Informativo Falda. Riepilogo annuale.

Figura 10: Dati chimico fisici delle acque sotterranee di Limbiate (S.I.F. Provincia di Milano 2000)

## 8. Aspetti geologico – applicativi

Per valutare gli aspetti geotecnici di massima dei terreni che caratterizzano il comune di Limbiate, sono state utilizzate indagini geognostiche eseguite da alcune imprese operanti sul territorio; in particolare, sono stati interpretati e descritti i risultati di prove penetrometriche effettuate in alcune delle aree del Comune, la cui ubicazione è riportata nella carta geologico – applicativa allegata (cfr. Tav. 4); l'individuazione di alcuni cantieri in cui erano ancora presenti scavi aperti ha poi permesso di valutare i terreni analizzati anche da un punto di vista litostratigrafico.

### 8.1. Campagna di indagini geognostiche

Il lavoro comprende alcune prove penetrometriche dinamiche distribuite all'interno del territorio comunale al fine di caratterizzarlo a livello generale; i grafici delle diverse prove penetrometriche sono riportati nella carta geologico – applicativa allegata; tutte le prove sono state spinte a una profondità variabile (da un minimo di 7.5 m sino a rifiuto) ma sufficiente a definire geotecnicamente i terreni per quanto riguarda le caratteristiche di addensamento e compattazione.

Le prove penetrometriche sono state eseguite con penetrometro dinamico standard S.C.P.T. (Standard Cone Penetration Test), modello "Pagani", i cui caratteri tecnici sono rigorosamente conformi alle norme vigenti; in particolare, i principali dati tecnici riguardanti l'attrezzatura utilizzata sono:

- a) punta conica                     $\varnothing$  5.1 cm; conicità 60°
- b) aste                                 $\varnothing$  est 3.4 cm; lunghezza 150 cm
- c) peso del maglio                73 kg
- d) volata di riferimento        75 cm

Tali prove consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica, rilevando il numero di colpi di maglio necessari per approfondimenti costanti di 30 cm. Ad ogni avanzamento della punta segue un analogo affondamento dei tubi di rivestimento, con lo scopo di evitare lo sviluppo dell'attrito tra il terreno e le aste connesse alla punta; in tal modo la resistenza di penetrazione incontrata dalla punta deriva solamente dall'azione che oppongono all'avanzamento i diversi orizzonti detritici attraversati. Si determina, quindi, per via diretta lo stato di addensamento dei terreni di fondazione e indirettamente (dal confronto tra la resistenza alla punta RP e la resistenza laterale RL) la litostratigrafia locale; la prova, a livello teorico, viene interrotta quando la resistenza di avanzamento alla punta (RP) o la resistenza incontrata dal rivestimento (RL) per effetto dell'attrito laterale, superano il valore di 100 (rifiuto). In genere, come nel nostro caso, si sono condotte prove sino alla profondità utile per la caratterizzazione geotecnica utile per lo scopo prefissato: definire una caratterizzazione generale dei terreni.

Nella carta geologico – applicativa sono riportati soltanto i valori di resistenza alla penetrazione della punta, considerando minimo, disponendo di analisi di laboratorio, il contributo derivante dalle informazioni sulla litologia dei terreni provenienti dalla interpretazione dei valori di resistenza al rivestimento.

### 8.2. Interpretazione delle prove S.C.P.T.

Il sistema ancora oggi più pratico ed efficace per utilizzare i dati ricavati dalle prove SCPT (prove penetrometriche dinamiche continue), consiste nella conversione dei valori ottenuti (N<sub>scpt</sub>), in valori equivalenti di prova SPT (prova penetrometrica dinamica non continua), eseguita in foro di sondaggio, con un approccio consigliabile per la gran quantità di correlazioni esistenti in letteratura circa tale tipo di prova, molto diffusa da tempo e ampiamente sperimentata.

I valori N<sub>scpt</sub> ed N<sub>spt</sub> sono sempre stati considerati più o meno equivalenti, con un moderato campo di variazione dipendente soprattutto dal tipo di terreno. Nel caso in esame, con una discreta appros-

simazione, si può ottenere il valore di  $N_{spt}$  equivalente moltiplicando il valore di  $N_{spt}$  per un fattore pari a 1.3.

In via approssimativa un terreno può essere definito (Classificazione di Skempton) come molto sciolto per valori di  $N_{spt}$  inferiori a 4 colpi/30 cm, sciolto per  $N_{spt}$  compreso tra 4 e 10 colpi/30 cm, medio per  $N_{spt}$  compreso tra 10 e 30 colpi, addensato per  $N_{spt}$  compreso tra 30 e 50, e molto addensato per valori superiori a 50 colpi/30 cm.

### 8.3. Indagini di laboratorio

Nel corso della campagna di indagini in sito sono stati prelevati, da scavi eseguiti presso alcuni cantieri, 3 campioni che sono stati sottoposti, poi, ad analisi geotecniche di laboratorio (cfr. allegato 4). L'ubicazione dei punti di prelievo è riportata nella carta geologico applicativa (cfr. Tav. 4).

Sui campioni è stata eseguita l'analisi per setacciatura e sedimentazione per valutare la percentuale delle frazioni passanti ai diversi vagli e ricostruire la curva granulometrica completa ed è stata effettuata, dove possibile, la determinazione dei limiti di Atterberg.

### 8.4. Interpretazione delle indagini di laboratorio

I tre campioni sono stati prelevati a differente profondità dal piano campagna per ottenere una classificazione dei terreni più vasta e uniforme possibile e caratterizzare quanto emerso durante le prove in sito e l'analisi delle sezioni ricostruite osservando gli scavi nei cantieri.

Dal punto di vista granulometrico, le analisi di laboratorio hanno evidenziato tre diverse litologie prevalenti. I campioni risultano rispettivamente per l'A.S.T.M.:

- a) C 1 un limo argilloso,
- b) C 2 una sabbia limosa,
- c) C 3 una ghiaia sabbiosa.

La tabella riportata di seguito visualizza in modo rapido i risultati delle prove classificando i campioni sottoposti ad analisi in accordo con i diversi sistemi di classificazione: la Classificazione A.S.T.M., Classificazione Unificata USCS e la Classificazione C.N. R. - U.N. I. 1006 / HRB - AASHO tipica per definire i materiali a uso stradale.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati delle prove granulometriche.

<i>Campione</i>	<i>Ghiaia (%)</i>	<i>Sabbia (%)</i>	<i>Limo (%)</i>	<i>Argilla (%)</i>	<i>U.S.C.S.</i>	<i>H.R.B. - A.A.S.H.O.</i>
C1 (- 2.0 m)	1.81	9.48	53.73	34.98	CL	A 7 - 5
C2 (- 3.5 m)	22.08	48.99	23.80	5.14	SM	A 3
C3 (- 8.0 m)	59.29	28.80	8.10	3.81	GP - GM	A 1 - a

I risultati evidenziano una netta percentuale delle frazioni medie e grossolane per i campioni C2 e C3 con una frazione ridotta per il campione C3 delle frazioni fini. Il campione C1 si discosta completamente dai risultati degli altri campioni confermando le caratteristiche dei terreni fini del terrazzo delle "Groane" adatti alla produzione di laterizi.

In base alla Classificazione C.N. R. - U.N. I. 1006 / HRB - AASHO usata per definire i materiali a uso stradale, i campioni C2 e C3 mostrano delle buone caratteristiche come materiali da sottofondo stradale, permeabili, con buone caratteristiche di portanza in accordo con la produzione di inerti della zona ovest del territorio comunale. Il campione C1 ricade nel Gruppo A7 - 5. Tale gruppo è caratterizzato da una permeabilità ridotta con scarse caratteristiche di portanza come terreno di sottofondo. Dall'analisi eseguita emerge una preponderanza in percentuale delle frazioni medio fini pari all'89% del passante con, subordinata, la ghiaia al 10%.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati delle prove granulometriche.

Circa la valutazione dei limiti di Atterberg per determinare le caratteristiche di consistenza della frazione fine, l'unico campione su cui è stato possibile eseguire la valutazione è stato il campione C 1. La tabella sottostante riporta i valori dei limiti liquido e plastico e dell'indice di plasticità IP:

<i>Limite liquido (LL) [%]</i>	<i>Limite plastico (LP) [%]</i>	<i>Indice di plasticità (IP) [%]</i>
42.6	16.5	26.1

In sostanza, dai parametri soprariportati, il terreno risulta caratterizzato da una media plasticità della frazione fine confermando moderate caratteristiche geotecniche con una media compressibilità in condizioni naturali.

#### 8.5. Caratteristiche geotecniche del territorio comunale. Carta geologico – applicativa.

Sulla base dei risultati delle indagini in sito, col supporto delle prove di laboratorio, è possibile ricostruire un modello geotecnico del sottosuolo. In generale il territorio comunale di Limbiate risulta costituito, in prevalenza, da una coltre di sedimenti fini limoso argillosi sovrastanti materiali granulari (ghiaie e sabbie) più o meno alterati: Tale orizzonte superficiale fine, dalle caratteristiche geotecniche mediocri, costituisce, per l'area a ovest rilevata morfologicamente (terrazzo delle "Groane"), una vera e propria unità geotecnica avendo uno spessore medio considerevole di 4 – 5 m; a profondità maggiori rispetto ai 4/5 m per l'area ovest e 2/3 m per l'area est pianeggiante si individuano le unità sabbioso ghiaiose geotecnicamente migliori.

Dall'integrazione dei dati ottenuti con la campagna di indagini in sito e in laboratorio e dall'analisi delle sezioni artificiali esistenti (cave e scavi aperti in cantiere) si è proceduto con la caratterizzazione geotecnica dei terreni; lo studio ha permesso di individuare cinque unità geotecniche differenziate tra loro sulla base di caratteristiche litologiche e geotecniche, pur senza definire i parametri del terreno di coltura (primi 80 – 100 cm) poiché esso non presenta interesse geotecnico, non essendo utilizzato come terreno di fondazione per i parametri scadenti e venendo, in ogni caso, sempre interamente asportato.

I principali parametri meccanici del terreno, sia in termini di resistenza sia in termini di deformabilità indicati nel seguito, sono stati ottenuti direttamente o, indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove di laboratorio e delle prove eseguite nel corso della campagna d'indagini in sito. I valori adottati come rappresentativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati sono quelli consigliati da diversi autori (Peck, Hansen e Thornburn, 1953; K.Terzaghi e R.B. Peck, 1976; G. Sanglerat, 1979; J.E. Bowles, 1982).

La carta geotecnica allegata alla presente relazione in scala 1:10.000 riporta e visualizza quanto descritto (vd Tav. 4).

Si tenga però conto che si tratta di conclusioni estrapolate da indagini estremamente localizzate che non devono e non possono sostituire gli accertamenti necessari per ogni singolo progetto, così come richiesto dalla normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

## 9. Pericolosità sismica locale

Con l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 recante "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", pubblicata sulla G.U. 8 maggio 2003, n. 105, Supplemento Ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale.

**ZONA A****Unità A 1 – Limo sabbioso**

Classe USCS:	CL
Profondità:	0.0 ÷ 4.0 m
N'scpt (medio):	< 5 colpi/ 30 cm
N'spt (medio):	< 6 colpi/ 30 cm
Grado di consistenza:	poco consistente
Angolo di attrito:	24°
Coesione non drenata Cu:	60 kPa
Peso di volume naturale $\gamma_s$ :	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Modulo di deformazione:	6 MPa

**Unità A 2 – Sabbia con ghiaia e limo**

Classe USCS:	SM
Profondità:	> 4.0 m
N'scpt (medio):	5 ÷ 15 colpi/ 30 cm
N'spt (medio):	6 ÷ 19 colpi/ 30 cm
Stato di addensamento:	medio
Angolo di attrito:	30°
Coesione c':	0 kPa
Peso di volume naturale $\gamma_s$ :	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Densità relativa Dr:	55%
Modulo di Young E:	25 MPa

**ZONA B****Unità B 1 – Limo sabbioso**

Classe USCS:	ML
Profondità:	0.0 ÷ 2.5 m
N'scpt (medio):	< 5 colpi/ 30 cm
N'spt (medio):	< 6 colpi/ 30 cm
Stato di addensamento:	sciolto
Angolo di attrito:	28°
Coesione c':	0 kPa
Peso di volume naturale $\gamma_s$ :	16.5 kN/m <sup>3</sup>
Densità relativa Dr:	40%
Modulo di Young E:	20 MPa

**Unità B 2 – Sabbia con ghiaia poco limosa**

Classe USCS:	SM
Profondità:	2.5 ÷ 5.0 m
N'scpt (medio):	5 ÷ 20 colpi/ 30 cm
N'spt (medio):	6 ÷ 26 colpi/ 30 cm
Stato di addensamento:	medio
Angolo di attrito:	32°
Coesione c':	0 kPa
Peso di volume naturale $\gamma_s$ :	18.0 kN/m <sup>3</sup>
Densità relativa Dr:	60%
Modulo di Young E:	30 MPa

**Unità B 3 – Ghiaia sabbiosa**

Classe USCS:	GP – GM
Profondità:	> 5.0 m
N'scpt (medio):	> 20 colpi/ 30 cm
N'spt (medio):	> 26 colpi/ 30 cm

Stato di addensamento:	compatto
Angolo di attrito:	34°
Coesione $c'$ :	0 kPa
Peso di volume naturale $\gamma$ :	19.0 kN/m <sup>3</sup>
Densità relativa $D_r$ :	80%
Modulo di Young $E$ :	40 MPa



**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

## Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n.3274, All.1)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ )  
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni  
riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A, All.2, 3.1)

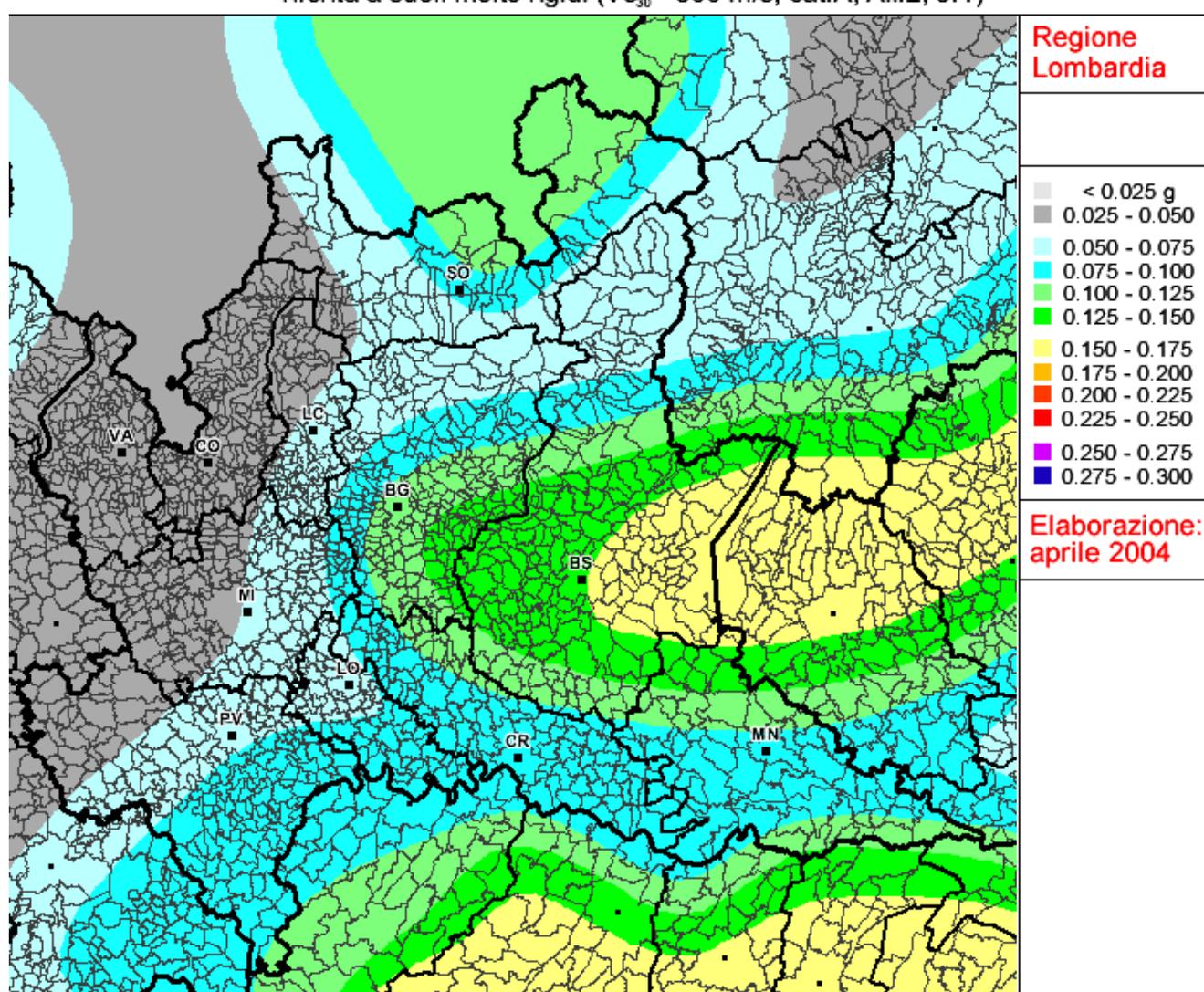


Figura 11: Mapa della pericolosità sismica (INGV)

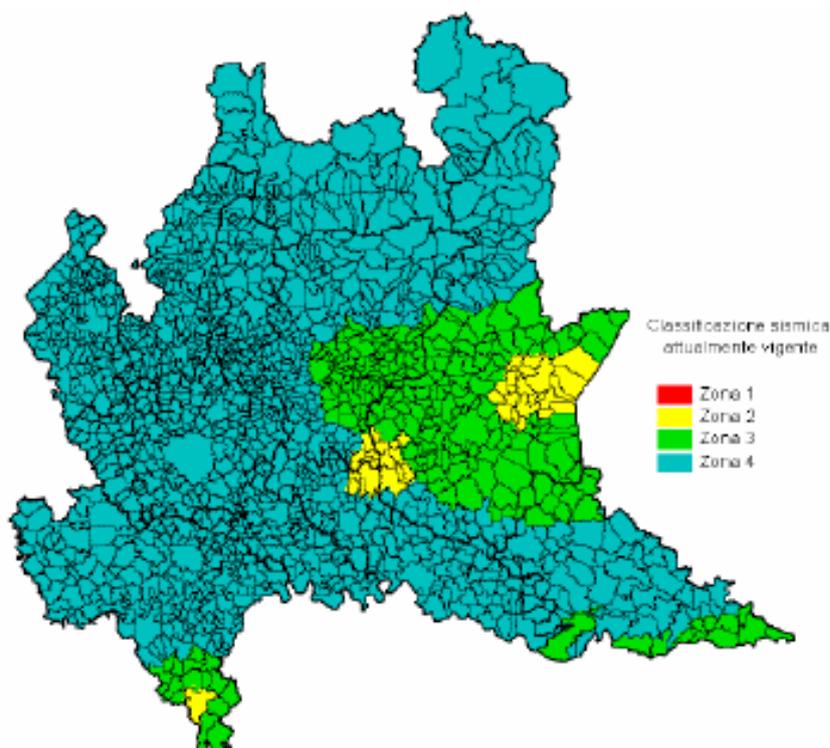


Figura 12: *Mappa della classificazione sismica*

Tale ordinanza, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, è entrata in vigore dal 23 ottobre 2005. La Regione Lombardia ha preso atto con Dgr. n.14964 del 7 novembre 2003; da tale data è entrata in vigore la nuova classificazione sismica del territorio nazionale che prevede la suddivisione di tutto il territorio nazionale in quattro zone: Zona 1, Zona 2, Zona 3 e Zona 4. Il Comune di Limbiate è inserito in Zona sismica 4.

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

Durante tale periodo, fino al 30 giugno 2009, si potevano utilizzare per la progettazione sia le norme del D.M. 14 gennaio 2008, sia le norme previgenti, elencate al comma 2 del sopraccitato art. 20 della L. 28 febbraio 2008, n. 31. Facevano eccezione le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici e alle opere infrastrutturali di cui al decreto del Capo del Dipartimento di Protezione Civile 21 ottobre 2003, per le quali si applicano da subito le disposizioni del D.M. 14 gennaio 2008.

Fino al termine del periodo di monitoraggio (30 giugno 2009), in zona 4, a sensi della Dgr. 14964 del 7 novembre 2003, la progettazione antisismica era obbligatoria esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti, individuati dal d.d.u.o. della Regione Lombardia n. 19904 del 21 novembre 2003 non rientranti nelle tipologie di cui al decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 21 ottobre 2003. Qualora si fosse optato per l'utilizzo della normativa previgente in materia, si dovranno necessariamente considerare le specifiche di "sismicità media" ( $S=9$ ) per i comuni in zona 2 e di "sismicità bassa" ( $S=6$ ) per i comuni sia in zona 3 che in zona 4.

Dal 1 luglio 2009 la progettazione antisismica per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal D.M. 14 gennaio 2008 che consente tra l'altro:

#### **"2.7 VERIFICHE ALLE TENSIONI AMMISSIBILI**

*Relativamente ai metodi di calcolo, è d'obbligo il Metodo agli stati limite di cui al § 2.6.*

*Per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4, è ammesso il Metodo di verifica alle tensioni ammissibili. Per tali verifiche si deve fare riferimento alle norme tecniche*

di cui al D.M. LL. PP. 14.02.92, per le strutture in calcestruzzo e in acciaio, al D.M. LL. PP. 20.11.87, per le strutture in muratura e al D.M. LL. PP. 11.03.88 per le opere e i sistemi geotecnici.

Le norme dette si debbono in tal caso applicare integralmente, salvo per i materiali e i prodotti, le azioni e il collaudo statico, per i quali valgono le prescrizioni riportate nelle presenti norme tecniche.

Le azioni sismiche debbono essere valutate assumendo pari a 5 il grado di sismicità *S*, quale definito al § B. 4 del D.M. LL. PP. 16.01.1996, e assumendo le modalità costruttive e di calcolo di cui al D.M. LL. PP. citato, nonché alla Circ. LL. PP. 10.04.97, n. 65/AA.GG. e relativi allegati.”

Nella Carta della pericolosità sismica locale si devono valutare le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche delle zone che possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi, da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. In particolare si dovranno considerare gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti a instabilità. A tal fine, e secondo gli indirizzi e prescrizioni contenute nella delibera regionale, è stata compilata la Carta della Pericolosità Sismica Locale tavola 5 a scala 1:5000, secondo la seguente tabella.

<b>Sigla</b>	<b>Scenario pericolosità sismica locale</b>	<b>Effetti</b>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riperti poco addensati, altamente compressibili, ecc)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc)	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	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine e-luvio - colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico - meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Figura 13: Tabella degli Scenari di pericolosità sismica locale

Nell'ambito del territorio comunale si individuano i seguenti scenari:

- PSL Z3a** Riguarda gli orli di scarpata antropica delle cave attive sul territorio comunale ( $H > 10$  m e inclinazione media  $> 10^\circ$ ) e le porzioni ubicate in corrispondenza delle aree di raccordo tra i terrazzi morfologici e la pianura di origine fluvioglaciale;
- PSL Z4a** Comprende il territorio contraddistinto dalla presenza di depositi fluvioglaciali e fluviali wurmiani (zona centro orientale) del territorio comunale;
- PSL Z4C** Comprende il territorio comunale centro occidentale caratterizzato dai depositi terrazzati morenici mindeliani.

Ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi a una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'Allegato B al citato D.M.; la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai

sensi dell'O.P.C.M. 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria. I livelli di approfondimento sono 3:

- 1) **1° livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello obbligatorio per tutti i comuni, prevede la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali (Tabella 1 : Scenari di pericolosità sismica locale);
- 2) **2° livello:** caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella Carta di Pericolosità Sismica Locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa). Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4, come Limbiate, tale livello deve essere applicato negli scenari PSL Z3 e Z4 nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o 21 novembre 2003 – n. 19904 del 21 novembre 2003 ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici. Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2 della tabella 1) non è prevista l'applicazione degli studi del 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello. Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse (Zona 5) in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio;
- 3) **3° livello:** definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul Geoportale della regione Lombardia, in cui utilizzo è dettagliato nel relativo allegato di legge (Allegato 5) Tale livello si applica in fase progettuale ai seguenti casi:
  - a) Quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazione morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella1);
  - b) in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (zona Z1 e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici, mentre in zona sismica 4 nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o 21 novembre 2003 – n. 19904 del 21 novembre 2003 ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Nella Tabella seguente sono sintetizzati gli adempimenti e la tempistica per la zona sismica 4, nella quale è inserito il comune di Limbiate.

<b><i>Livelli di approfondimento e fasi di applicazione</i></b>			
	<b><i>1° livello fase pianificatoria</i></b>	<b><i>2° livello fase pianificatoria</i></b>	<b><i>3° livello fase pianificatoria</i></b>
<b><i>Zona sismica 4</i></b>	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/2003)	a) Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale. b) Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici rilevanti e strategici.

Si ricorda che questa normativa vale per la fase di pianificazione mentre per le fasi progettuali si farà riferimento al D.M. 14 gennaio 2008, recante "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".

Di seguito sono elencate le tipologie degli edifici e opere strategiche e rilevanti, identificate nel d.d.u.o. 21 novembre 2003, n. 19904.

**EDIFICI E OPERE STRATEGICHE**

Categorie di edifici di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile:

- A) Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (\*)
- B) Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (\*)
- C) Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (\*)
- D) Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (\*)
- E) Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.)
- F) Centri funzionali di protezione civile
- G) Edifici e opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- H) Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
- I) Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (\*\*)
- J) Centrali operative 118

(\*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza

(\*\*) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza

**EDIFICI E OPERE RILEVANTI**

Categorie di edifici di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso:

- A) Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori
- B) Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere
- C) Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003
- D) Strutture sanitarie e/o socio - assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.)
- E) Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio suscettibili di grande affollamento (\*\*\*)

(\*\*\*) Il centro commerciale viene definito (D.Lgs. n. 114/1998) quale media o grande struttura di vendita in cui più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

**OPERE INFRASTRUTTURALI**

- A) Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade "strategiche" provinciali e comunali non comprese tra la grande viabilità di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate "strategiche" nei piani di emergenza provinciali e comunali
- B) Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane)
- C) Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- D) Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica
- E) Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.)
- F) Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali

- G) Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione)
- H) Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi
- I) Opere di ritenuta di competenza regionale

## 10. Carta di sintesi

Dall'incrocio dei dati, dalla valutazione critica, dalla definizione della pericolosità dei fenomeni, dallo stato di antropizzazione delle aree e dalla definizione dei rischi conseguenti si è redatta la Carta di sintesi (tavola 6), rapp. 1:5.000=.

Gli elementi più significativi evidenziati nella fase di analisi e riportati in carta sono elencati, di seguito, brevemente.

### 10.1. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Zona di rispetto opera di captazione a uso potabile: sono riportate la zona di tutela assoluta e la zona di rispetto, delimitata col criterio geometrico, delle sorgenti a uso potabile ubicate sul territorio comunale.

### 10.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Fascia di rispetto fluviale pari a 10 m (R.D. 523/1904) – Torrente Lombra, Cisnara, Garbogera e Canale Villoresi e aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per garantire accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di eventuali interventi di difesa.

### 10.3. Aree vulnerabili per caratteristiche geologico – tecnico

Dal punto di vista litologico, i terreni di fondazione che caratterizzano il comune di Limbiate sono prevalentemente di natura sabbioso – ghiaiosa. Si possono distinguere tuttavia, come già riportato nella carta geologico tecnica, due ambiti distinti: una porzione occidentale (terrazzo "Groane") e una porzione orientale ("livello Fondamentale della Pianura"). Entrambi risultano caratterizzati da strati di terreno superficiale prevalentemente limosi potenti nella zona terrazzata (suolo a "ferretto").

Le caratteristiche geotecniche dei terreni esaminati evidenziano proprietà meccaniche piuttosto scadenti per i livelli superficiali profondi, in media, 2.0 ÷ 3.0 m nella zona est del territorio, e circa 4.0 ÷ 5.0 m nella zona ovest "Groane"; oltre tali livelli gli strati profondi più addensati presentano caratteristiche geotecniche sensibilmente migliori.

Si sottolinea che, nel complesso, considerata l'omogeneità riscontrata, le qualità del terreno sopra descritte sono ugualmente distribuite su tutto il territorio comunale e, pertanto, non vengono evidenziate aree a particolare rischio geotecnico nella carta di sintesi a eccezione della fascia relativamente acclive avente direzione nordest – sudovest costituente l'orlo di terrazzo.

### 10.4. Aree vulnerabili dal punto di instabilità dei versanti

Area di cava: Fascia di rispetto orlo di scarpata antropico. Tra queste vengono ricomprese in tale categoria le aree ricadenti all'interno dell'A.T.E.g 17 con zone depresse attive, attivabili e dismesse, considerate potenzialmente pericolose (e comunque soggette a eventuali verifiche) in relazione all'instabilità dei versanti.

## 11. Sistema vincolistico. Carta dei vincoli

Come indicato nei “*Criteri attuativi della Lr. 12/05 per il governo del territorio*”, la Carta dei vincoli (tavola 7, scala 1:5.000) deve essere redatta su tutto il territorio comunale e deve riportare le limitazioni d’uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico.

La fase di analisi ha individuato, nel territorio comunale, i seguenti vincoli:

### **Aree estrattive**

Si riportano i perimetri di Ambito Territoriale estrattivo (ATEg17 – Piano Cave Provincia di Milano, approvato con D.C.R. 16 maggio 2006).

Stato	Provincia	Comune	Località	Denominazione
Dismessa	Monza Brianza	Limbiate	Castelletto	ATEg17 (LMB2)

### **Aree sottoposte a vincoli derivanti della Dgr. 25 gennaio 2002 e succ. modif.**

La deliberazione della Giunta Regionale 25 gennaio 2001, n. 7/7868 e la successiva modifica apportata dalla Dgr. 7/13950, demanda ai Comuni la funzione di definire il reticolo idrografico superficiale appartenente al Reticolo idrico minore, rendendolo di propria competenza. I Comuni dovranno provvedere allo svolgimento delle funzioni di manutenzione e all’adozione dei provvedimenti di polizia idraulica, nonché al recupero dei proventi derivanti dall’applicazione dei canoni di polizia idraulica; in considerazione del fatto che nel territorio comunale di Limbiate non è presente un reticolo idrografico minore in quanto come rilevato non sono presenti corsi d’acqua minori e non sono più attivi canali facenti capo al Consorzio Villoresi non sono riportati vincoli legati a fasce di rispetto dei corsi d’acqua minori.

### **Aree di salvaguardia delle captazioni a uso idropotabile**

L’art. 94 del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 “Norme in materia ambientale” riguarda la disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano e definisce la zona di tutela assoluta e la zona di rispetto delle captazioni a scopo idropotabile.

- A) **comma 3: la zona di tutela assoluta** è costituita dall’area immediatamente circostante le captazioni; deve avere un’estensione di almeno 10 m di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione e a infrastrutture di servizio;
- B) **comma 4: la zona di rispetto** è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta, da sottoporre a vincoli e destinazioni d’uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell’opera di captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

La zona di rispetto dei pozzi è stata definita con il metodo geometrico; in articolare, nella zona di rispetto sono vietati l’insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l’impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base di 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 suolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) aperture di cave che possano essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi a eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione e alla protezione delle caratteristiche quali – quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione dei rifiuti;
- i) stoccaggio prodotti ovvero di sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- k) pozzi perdenti;
- l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 Kg per ettaro di azoto presenti negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata *la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta*.

Per quanto riguarda la realizzazione di fognature (Dgr. 10 aprile 2003, n. 7/12693), i nuovi tratti dovranno:

- i) costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;
- ii) essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali sifoni e opere di sollevamento;
- iii) ai fini della tenuta, tali tratti potranno in particolare essere realizzati con tubazioni in cunicolo interrato dotato di pareti impermeabilizzate, avente fondo inclinato verso l'esterno della zona di rispetto, e corredato di pozzetti rompitratta i quali dovranno possedere analoghe caratteristiche di tenuta ed essere ispezionabili, oggetto di possibili manutenzioni e con idonea capacità di trattamento;
- iv) in alternativa, la tenuta deve essere garantita con l'impiego di manufatti in materiale idoneo e valutando le prestazioni nelle peggiori condizioni di esercizio, riferite nel caso specifico alla situazione di livello all'intradosso dei chiusini delle opere d'arte.

La fascia di rispetto dei pozzi pubblici presenti sul territorio comunale di Limbiate è stata definita con il criterio geometrico (circonferenza con centro nel punto di captazione con raggio 200 m).

## 12. Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano

La carta della fattibilità geologica per le azioni di piano è redatta sulla base della cartografia aerofotogrammetria comunale a scala 1:5.000 (cfr. Tav. 8) e viene desunta dalla Carta di sintesi e dalla carta dei Vincoli; la suddivisione del territorio in zone omogenee mira a definire una scala di crescenti limitazioni fisico – ambientali, e la classificazione fornisce indicazioni generali in ordine alle destinazioni d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi e alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, alle opere di riduzione del rischio e alla necessità di controllo dei fenomeni in atto (norme geologiche di piano).

Nell'indicazione delle indagini da eseguire per le diverse classi s'identificano le principali problematiche lasciando al professionista che dovrà intervenire in fase operativa sulle diverse aree, la discrezionalità (oltre alla responsabilità) sulla quantità e sulla tipologia di indagine da eseguire (sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche, prove penetrometriche dinamiche, prove dilatometriche, sismica a rifrazione, indagini georadar, ecc.), nonché sulle metodologie utilizzabili per le diverse tematiche (verifiche di stabilità, studi idrologici e idrogeologici). Le indagini saranno evidentemente condizionate dalle prescrizioni relative alla classe e dall'opera in progetto, mentre la metodologia e le diverse formulazioni utilizzate fanno parte della cultura tecnica del professionista.

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le diverse classi di fattibilità devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (L.R. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (L.R. 12/05, art. 38).

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni"; le classi di ingresso utilizzate sono quelle specificate nella normativa regionale e sulla carta di fattibilità, così definita dalla direttiva regionale, vengono individuate le seguenti classi:

***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 delle particelle.

Ricadono tra queste aree le superfici pianeggianti tipiche del Livello fondamentale della pianura e del terrazzo delle Groane caratterizzate da buone caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione a partire dalla profondità di circa 2.50 m dal piano di campagna e assenza di fenomeni di dissesto. Non si esclude l'ipotesi che localmente, laddove sono presenti terreni superficiali a predominante frazione limosa, si possano avere ristagni d'acqua. La falda freatica, è presente a profondità superiori ai 30 m. Non si evidenziano presenze di falde sospese o fenomeni significativi di idromorfia dei suoli.

In tale classe si dovranno, comunque, per ogni intervento edificatorio, eseguire gli studi previsti e prescritti dalle Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008, 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 in cui 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. Il professionista, nel caso, opera

- i) qualora disponga di elementi sufficienti, definendo puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;
- ii) se non disponga di elementi sufficienti, definendo i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico – economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione (Bollettino Ufficiale, Serie Ordinaria, n. 50, giovedì 15 dicembre 2011).

***Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni***

L'alto rischio e/o la particolare tutela delle aree che ricadono in questa classe, comportano gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle.

Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento od alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definito dall'art. 27, comma 1 art a), b), e 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.

Sarà consentita la realizzazione di sottoservizi che interessano i tracciati stradali e le opere di urbanizzazione primaria che non comportano modifiche dell'assetto idrogeologico del territorio, nonché interventi di ampliamento e ristrutturazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che non precludano la possibilità di eliminare o attenuare le cause che determinano le condizioni di rischio; l'intervento dovrà essere compatibile con quanto previsto dagli interventi di protezione civile.

Le opere pubbliche saranno realizzabili solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia del dissesto del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Sarà inoltre consentita la sistemazioni idraulico – forestale per la messa in sicurezza dei siti, nonché le opere di regimazione delle acque di ruscellamento superficiale.

Per le zone adiacenti ad abitati esistenti o in progetto si raccomanda la realizzazione di interventi di sistemazione idrogeologica al fine di ottenere un maggior grado di sicurezza, mentre si dovrà impedire la realizzazione di nuove edificazioni che prevedano la presenza continuativa di persone.

Interventi di monitoraggio geologico e piani di protezione civile saranno gli strumenti da adottare per la salvaguardia e incolumità delle popolazioni residenti.

Le aree individuate in questa classe sono rappresentate dalla zona di tutela assoluta (10 m ai sensi del Dpr. 236/1988) dei pozzi a uso idropotabile e dalla fascia di pertinenza fluviale (10 m dall'alveo di piena dei Torrenti Lombra, Cisnara e Garbogera e dalle sponde del Canale Villoresi).

In classe 4 ricadono, inoltre, le aree di cava sia attive che dismesse tuttora non ancora colmate e recuperate. L'estensione di tali aree comprende, oltre alla cava, una fascia esterna di 10 metri a partire dal limite delle scarpate.

Per tali aree si raccomanda al termine dell'attività di escavazione, onde evitare la trasformazione della cava in una discarica, una gestione e un recupero dell'area secondo le seguenti fasi:

- i) controllo delle cave inattive onde evitare l'accumulo od il versamento di materiali o sostanze inquinanti;
- ii) recupero delle aree alla fine dell'attività estrattiva con valutazione puntuale della destinazione d'uso da attribuire all'area ripristinata;
- iii) realizzazione, al momento del riempimento delle stesse, di uno studio geologico adeguato condotto sulla valutazione qualitativa dei materiali di riempimento costituiti da materiali inerti e selezionati sottoposti a verifiche di laboratorio;
- iv) prove e indagini in sito atte a valutare la condizione di compattazione delle aree in via di colmamento;
- v) studio finalizzato alla valutazione della stabilità globale dei versanti delle aree attualmente attive.

### 13. Bibliografia

Cavallin, Francani, Mazzarella (1983), *STUDIO IDROGEOLOGICO DELLA PIANURA COMPRESA FRA ADDA E TICINO*, "Costruzioni", Anno XXXII, n° 326, pp. 1 – 38.

Cavallin, Mazzarella (1980), *PARAMETRI IDROGEOLOGICI DEGLI ACQUIFERI NELL'AREA MILANESE*, "Difesa ambientale".

Civita M. (1994), *LE CARTE DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO: TEORIA & PRATICA*, Quaderni di tecniche di protezione ambientale, Protezione delle acque sotterranee, Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, 7, Pitagora Editrice, Bologna, pp. 1 – 194.

Denti, Francani, Sala (1993), *CRITERI IDROGEOLOGICI PER L'OTTIMIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ ESTRATTIVA NELLA PROVINCIA DI MILANO IN FUNZIONE DELLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE*.

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano (1988), *ACQUE SOTTERRANEE DI LOMBARDIA: CARATTERIZZAZIONE CHIMICA E INQUINAMENTO*.

E.R.S.A.L. (1993), Progetto "Carta pedologica", *I SUOLI DELLA PIANURA MILANESE SETTENTRIONALE*.

Provincia di Milano (1991), Assessorato all'Ambiente – Settore Ecologia, *INDAGINI SULLA QUALITÀ DELLE ACQUE NELLA PROVINCIA DI MILANO*.

Provincia di Milano (1993), Assessorato all'Ambiente – Settore Servizi Tecnologici, *INDAGINI IDROBIOLOGICHE SUI CORSI D'ACQUA SUPERFICIALI*.

Provincia di Milano (1995), Sistema informativo falda, *NITRATI IN FALDA ANNI 1990/95*, Quaderno n. 1.

Provincia di Milano (1995), Sistema informativo falda, *RETI DI RILEVAMENTO ANNI 1990/95* – Quaderno n. 2.

Servizio geologico nazionale (1990), *Carta geologica della Lombardia* (scala 1:250.000).

Regione Lombardia (CARG, Studi Idraulici, consultazione On Line del Sistema Informativo Territoriale – SIT, ecc.).

Piano territoriale di coordinamento provinciale (Ptcp), Provincia di Monza Brianza.

Piano territoriale di coordinamento provinciale (Ptcp), Provincia di Milano.

Programma di tutela e uso delle acque (Ptua).

Piano territoriale regionale (Ptr).