

**COMUNE DI  
PRESEZZO  
PROVINCIA DI BERGAMO**



**Relazione geologica generale**

**Componente geologica idrogeologica e sismica  
del Piano di Governo del Territorio**

ai sensi della D.G.R. n.8/7374 del 25/08/2008

## INDICE

•	<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
•	<b>2. METODOLOGIA DELLO STUDIO</b> .....	<b>6</b>
•	<b>3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b> .....	<b>8</b>
•	<b>4. ASPETTI CLIMATICI</b> .....	<b>9</b>
•	<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO</b> .....	<b>16</b>
•	<b>6. GEOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
•	<b>6.1 RILIEVO GEOLOGICO</b> .....	<b>19</b>
•	6.1.1. Depositi quaternari .....	20
•	<b>7. GEOMORFOLOGIA ED ELEMENTI GEOPEDOLOGICI</b> .....	<b>26</b>
•	<b>7.1 RILIEVO GEOMORFOLOGICO</b> .....	<b>27</b>
•	7.1.1 Legenda carta geomorfologica.....	28
•	7.1.2. Elementi geopedologici .....	29
•	<b>8. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA</b> .....	<b>33</b>
•	<b>8.1 IDROGRAFIA</b> .....	<b>33</b>
•	8.1.1 Eventi alluvionali del torrente Lesina .....	33
•	8.1.2 Considerazioni sui livelli di piena del torrente Lesina.....	36
•	8.1.3 Le fasce fluviali del fiume Brembo.....	40
•	8.1.4 Le rogge e i canali irrigui.....	42
•	<b>8.2 IDROGEOLOGIA</b> .....	<b>44</b>
•	8.2.1. Struttura idrogeologica .....	44
•	8.2.2. Acquiferi.....	46
•	8.2.3. Vulnerabilità degli acquiferi .....	54
•	<b>9. CARATTERISTICHE CHIMICHE DELLE ACQUE</b> .....	<b>59</b>
•	<b>9.1. SOSTANZE INQUINANTI</b> .....	<b>61</b>
•	<b>10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI</b> .....	<b>69</b>
•	<b>11. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b> .....	<b>72</b>
•	<b>11.1. IL TERREMOTO DI RIFERIMENTO (IMPULSO SISMICO)</b> .....	<b>74</b>
•	<b>11.2. ANALISI DI PRIMO LIVELLO</b> .....	<b>79</b>
•	11.2.1. Metodologia analisi di primo livello.....	79

- 11.2.2. Risultati analisi di primo livello.....80
- **12. CAVE E DISCARICHE..... 85**
- **13. RETI TECNOLOGICHE ..... 85**
- **14. CARTA DEI VINCOLI..... 86**
- **15. CARTA DI SINTESI O DELLA PERICOLOSITA' ..... 93**
- **16. NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE E CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO..... 98**
- **17. PRESCRIZIONI PER GLI SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE..... 112**
- **18. CARTA DEL QUADRO DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI..... 113**
- **19. BIBLIOGRAFIA..... 114**

Tutti i diritti di riproduzione e di rielaborazione sono riservati, è proibita pertanto ogni duplicazione o pubblicazione anche parziale non autorizzata del documento (Legge 22/04/1941 n.633).

Si ricorda inoltre che la finalità dello studio è esclusivamente quella di fornire indicazioni generali di tipo geologico per la pianificazione territoriale.

Bergamo, 30/06/2011

Dott. Geol. Pedrali Carlo  
O.G.L. n.860



## **ELENCO DEGLI ALLEGATI**

Il presente documento è composto da 116 pagine di testo e da un allegato.

### ***ALLEGATO FOTOGRAFICO***

- Documentazione fotografica.

### ***ALLEGATO CARTOGRAFICO***

- Tavola 1. Carta geologica (scala 1:5.000);
- Tavola 2. Carta geomorfologica con elementi geopedologici (scala 1: 5.000);
- Tavola 3. Carta del reticolo idrografico superficiale (scala 1:5.000);
- Tavola 4. Carta idrogeologica e della vulnerabilità (scala 1:5.000);
- Tavola 5. Sezioni idrogeologiche;
- Tavola 6. Carta di prima caratterizzazione geotecnica (scala 1:5.000);
- Tavola 7. Carta di Pericolosità Sismica Locale (scala 1:5.000);
- Tavola 8. Carta dei vincoli (scala 1:5.000);
- Tavola 9. Carta di sintesi o della pericolosità (scala 1:5.000);
- Tavola 10. Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano (scala 1:2.000);
- Tavola 11. Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI (scala 1:10.000)

## 1. PREMESSA

Il Comune di Presezzo, avendo avviato la procedura per la redazione del Piano di Governo del Territorio, ha affidato allo scrivente l'incarico di acquisire la documentazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica esistente, allo scopo di sviluppare ulteriormente la conoscenza geologica del territorio comunale a supporto delle future attività di pianificazione e di adempiere a quanto previsto dalla normativa vigente.

La componente geologica redatta ai sensi della D.G.R. n. 8/1566 del 22 dicembre 2005 (Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'Art.57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005 n.12) e della D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008, costituisce una parte importante del Piano di Governo del Territorio, in particolare:

- l'intero studio dovrà essere inserito nel "**Documento di Piano**" il quale ha lo scopo di contenere tutti gli elementi conoscitivi del territorio comunale;
- le parti dello studio riguardanti la delimitazione delle aree soggette a **vincoli** (adeguamento al P.A.I.; P.T.C.P.; R.I.M.; D.L. 152/99; D.lgs. 258/2000; etc...), e quelli illustranti le limitazioni dal punto di vista della fattibilità geologica (**norme e prescrizioni geologiche di attuazione e Carta di fattibilità delle Azioni di Piano**) di analisi del rischio sismico (**norme e prescrizioni e Carta di Pericolosità Sismica Locale**), dovranno essere contenute nel "**Piano delle Regole**". Tale documento ha infatti il compito, una volta individuate le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, d'individuare le norme e le prescrizioni urbanistiche alle quali le medesime sono assoggettate, indirizzando così le future scelte di pianificazione urbanistica.

Il presente studio riprende i contenuti di quanto prodotto in precedenza da altri professionisti e in particolare:

- Studio geologico-idrogeologico del territorio comunale, settembre 1996, redatto dal Dott. Geol. Roberto Carimati, Dott. Geol. Daria Dovera, Dott. Geol. Giovanni Zaro. La competente Struttura Geologica per la Pianificazione ha emesso in merito il parere n.Z1.2002.49626 del novembre 2002. In particolare si riporta che "...in assenza di opere di difesa che abbiano ridotto la condizione di rischio oppure di studi di maggior dettaglio che permettano di accertare

la compatibilità idraulica ed idrogeologica delle previsioni dello strumento urbanistico con le condizioni di rischio, si chiede l'inserimento in classe di fattibilità 4 per le aree allagate in occasione di precedenti episodi alluvionali, in accordo con quanto indicato in tabella 1 della D.G.R. n.6645 del 29 ottobre 2001.

Si chiede inoltre “ l'inserimento nella relazione tecnica di norme geologiche di attuazione per le diverse classi di fattibilità“.

- Aggiornamento ed integrazione dello studio geologico di supporto al PRG di Presezzo. Attuazione della DGR. 7/7365, 1 giugno 2005, redatto dal Dott. Geol. Norberto Invernici.

La competente Struttura Geologica per la Pianificazione ha emesso in merito il parere n.Z1.2006.003416 del 10 febbraio 2006.

In particolare si riporta che:

- “non risultano essere state formulate norme geologiche di attuazione per le classi di fattibilità attribuite in funzione delle diverse problematiche riscontrate...”;

- “in accordo con quanto contenuto nella tabella 2 della sopracitata D.G.R. 8/1566/05, si chiede di classificare come “Ee”, nella carta di dissesto con legenda uniformata PAI, le aree di pertinenza idraulica del torrente Lesina inserite in classe 4 di fattibilità”;

- “per quanto riguarda invece le aree classificate come “Eb”, nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, inserite in classe 3 di fattibilità, si ricorda che esse sono soggette ai vincoli di cui all'Art.9, comma 6 delle N.d.A. del PAI, prevalenti in quanto più restrittive su quanto previsto per la classe 3 della D.G.R. 8/1566/05.

- Individuazione del reticolo idrico redatto dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca nel febbraio 2006 e che ha ottenuto parere favorevole dalla competente struttura regionale in data 21/06/2011 prot. n. AE02.2011.0005537.

Per l'intero territorio comunale e le zone immediatamente adiacenti sono state analizzate dal punto vista fisico e geologico s.l. evidenziando le peculiarità di tipo geologico, geomorfologico, idrografico, idrogeologico e geotecnico. In particolare, in relazione ai fenomeni alluvionali verificatisi lungo il torrente Lesina, nel 1993 e nel 2008 ed ai risultati emersi dal recente studio idrogeologico condotto sul bacino omonimo è stata posta attenzione ai fenomeni di esondazione e ai conseguenti interventi di riduzione del rischio idraulico.

Sono stati consultati inoltre anche gli studi redatti nei comuni adiacenti.

La cartografia tematica a corredo della relazione tecnica visualizza, mediante opportune simbologie, i caratteri salienti del territorio comunale.

Nel dettaglio, le cartografie prodotte sono le seguenti:

<i>Tav. 1</i>	<i>Carta geologica</i>	<i>scala 1:5.000;</i>
<i>Tav. 2</i>	<i>Carta geomorfologica con elementi geopedologici</i>	<i>scala 1:5.000;</i>
<i>Tav. 3</i>	<i>Carta del reticolo idrografico superficiale</i>	<i>scala 1:5.000;</i>
<i>Tav. 4</i>	<i>Carta idrogeologica e della vulnerabilità</i>	<i>scala 1:5.000;</i>
<i>Tav. 5</i>	<i>Sezioni idrogeologiche</i>	<i>scala 1:1000 - 1:5000;</i>
<i>Tav. 6</i>	<i>Carta geologico-applicativa di caratterizzazione del suolo e primo sottosuolo</i>	<i>scala 1:5.000;</i>
<i>Tav. 7</i>	<i>Carta della pericolosità sismica locale (PSL)</i>	<i>scala 1:5.000;</i>
<i>Tav. 8</i>	<i>Carta dei vincoli</i>	<i>scala 1:5.000;</i>
<i>Tav. 9</i>	<i>Carta di sintesi o della pericolosità</i>	<i>scala 1:5.000;</i>
<i>Tav. 10</i>	<i>Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano</i>	<i>scala 1:2.000.</i>
<i>Tav. 11</i>	<i>Carta quadro del dissesto con legenda PAI</i>	<i>scala 1:10.000.</i>

## 2. METODOLOGIA DELLO STUDIO

Lo studio è stato effettuato secondo quanto indicato dalla più recente D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 (Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’Art.57, comma 1, della l.r. 11marzo 2005 n.12 approvati con D.G.R. n.8/1566 del 22 dicembre 2005”) che stabilisce degli standards di riferimento ai quali attenersi per i contenuti dello studio in questione, per la stesura della documentazione e le modalità operative.

Secondo tali raccomandazioni lo schema metodologico si basa sullo sviluppo di diverse fasi di lavoro: una prima fase di ricerca storico-bibliografica; una fase di approfondimento ed integrazione dei dati relativi alle diverse tematiche; una fase di sintesi e di valutazione ed infine una fase di

proposta.

- 1) La ricerca storico-bibliografica ha consentito l'analisi dei dati esistenti **resi disponibili** dagli enti competenti (Regione Lombardia, Provincia di Bergamo, Comune di Presezzo, ANAS, Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, Hidrogest);
- 2) Nella successiva fase di approfondimento ed integrazione, la documentazione bibliografica acquisita è stata integrata con studi fotointerpretativi e rilievi dettagliati di campagna, condotti secondo le specifiche riportate nella più recente normativa sopracitata, che hanno consentito la stesura della **cartografia d'inquadramento**;
- 3) La fase di sintesi e di valutazione ha consentito:
  - di raccogliere e riportare su un unico elaborato denominato **Carta dei Vincoli**, le limitazioni d'uso del territorio derivanti dall'applicazione delle normative vigenti di natura ambientale (fasce di rispetto di fiumi e canali, fasce di rispetto di pozzi ad uso idropotabile, normativa PAI);
  - d'individuare e delimitare le aree omogenee del territorio comunale in relazione alla presenza di elementi di pericolosità geologico-geotecnica e/o di vulnerabilità idraulica-idrogeologica. Ciò ha consentito la stesura della **Carta di sintesi o della pericolosità**. A ciò si è aggiunta l'analisi del territorio dal punto di vista della **pericolosità sismica locale** in base alla procedura descritta nell'allegato 5 della normativa regionale;
- 4) Dalla fase di valutazione si è passati alla fase di proposta attribuendo un diverso grado di fattibilità geologica agli ambiti omogenei per pericolosità geologico-geotecnica e/o vulnerabilità idraulica-idrogeologica individuati nella fase precedente.  
Tale zonazione è riportata sulla **Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano** e le limitazioni alle quali è soggetta ogni area, sono elencate e descritte nelle **Norme geologiche di attuazione**.  
Sono state distinte quattro classi principali a diversa attitudine, dal punto di vista geologico, a sostenere gli interventi antropici.
- 5) Alla carta di fattibilità delle azioni di piano deve essere sovrapposta la **Carta di pericolosità sismica locale** che individua gli ambiti potenzialmente soggetti ad amplificazione sismica locale e per i quali vale una specifica normativa "Prescrizioni di Pericolosità Sismica Locale" contenuta nel **capitolo 17** della presente relazione.

Le indicazioni espresse nel presente studio devono essere recepite dallo strumento urbanistico, con lo scopo di minimizzare gli effetti connessi alla fruizione del territorio; mentre esse devono essere considerate integrative e non sostitutive delle indagini geognostiche di maggior dettaglio prescritte dalla normativa vigente in materia di costruzioni, per la pianificazione attuativa e la progettazione esecutiva.

Per la fase di raccolta dei dati bibliografici l'Amministrazione Comunale, dal canto suo, ha fornito la documentazione tecnica in suo possesso, consistente essenzialmente nell'aerofotogrammetrico comunale (anno di realizzazione: 2007), nelle indagini geologico-idrogeologico-geotecniche effettuate per la progettazione e realizzazione di diversi interventi edificatori oltre alle conoscenze storiche che risultano di fondamentale importanza per la completezza dell'informazione.

Per quanto riguarda la cartografia regionale il territorio di Presezzo è compreso nelle sezioni denominate C5a2 e C5a3.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale si estende per circa 2,23 Km<sup>2</sup> e si colloca nell'ambito dell'alta pianura bergamasca. Il limite orientale del territorio comunale è definito dal fiume Brembo.

Il territorio comunale, confina a nord-ovest con il comune di Mapello, a nord con il comune di Mapello e di Ponte San Pietro, a est con il Comune di Ponte San Pietro, a sud e a ovest con il comune di Bonate Sopra.

La superficie topografica comunale si sviluppa in corrispondenza del Livello fondamentale della Pianura e della Valle Attuale del fiume Brembo. L'elevazione massima (ca. 249 m s.l.m.) è situata in corrispondenza della estremità settentrionale del territorio comunale, mentre quella minima (ca. 203,9 m s.l.m.) è localizzata in corrispondenza del terrazzo in destra al fiume Brembo all'estremità sub-orientale del comune.

La superficie topografica comunale può essere suddivisa in tre diversi settori:

- il settore occidentale e quello centrale, sul quale sorge l'abitato, presentano una superficie uniformemente inclinata verso sud con pendenza del 7-9,8%;
- la zona di scarpata che presenta un'altezza variabile tra i 12 e i 16 metri ed inclinazioni comprese tra 18° e 35°;

- il settore orientale, presenta una morfologia terrazzata degradante verso il fiume Brembo.

Il territorio comunale è attraversato da diverse direttrici di comunicazione principali:

- la strada provinciale n.166 che attraversa l'abitato e collega Ponte san Pietro con Terno d'Isola;
- la nuova strada statale n. 342, Bergamo - Ambivere;
- la strada provinciale n.155, via Milano;

#### 4. ASPETTI CLIMATICI

La zona di studio, dal punto di vista delle caratteristiche climatiche, si colloca nella zona a “clima di tipo prealpino” (Gavazzeni, 1957); si tratta di un clima di transizione tra quello alpino e quello temperato continentale padano.

Per quanto riguarda la pluviometria, dallo studio “Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio lombardo” di Massimo Ceriani e Massimo Carelli (Regione Lombardia, 12/1999) si può constatare come il territorio comunale rientri nella fascia con precipitazioni medie annue (riferite al periodo 1891 e 1990) compresa tra 1150 e 1200 con valori minimi compresi tra i 650 e i 700 mm e massimi compresi tra circa 1900 e 2000 mm.

Per quanto riguarda le temperature e le precipitazioni i dati più recenti si riferiscono alla stazione meteo più vicina: Bergamo (centralina dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Stezzano).

La stazione si trova a circa 7,85 km di distanza dal centro abitato di Presezzo ed è localizzata nella seguente posizione:

Latitudine Nord: 45° 39' 38”

Longitudine Est: 9° 39' 30”

Quota: 218 m s.l.m.

La tabella di seguito riportata è stata prodotta grazie ai dati forniti dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo per il periodo compreso tra il 1958 e il 2010.

anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	piogge totali annue (mm)	giornate di pioggia (-)	media decennio	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)	(-)
1958	14,7	55,9	40,6	213,5	61,4	152,5	28,4	65,3	30,9	102,8	84,5	218,3	1068,8	95,0		
1959	16,9	16,2	146,0	85,3	136,9	220,3	196,0	207,6	94,2	135,5	202,9	181,8	1639,6	120,0		
1960	85,2	106,0	115,8	93,0	35,2	217,5	113,0	109,0	248,7	239,6	187,2	95,7	1645,9	143,0		
1961	111,4	29,2	-	144,6	111,1	109,3	97,7	15,2	31,3	101,4	170,4	50,1	971,7	99,0		
1962	66,1	51,2	72,2	128,2	159,4	108,2	86,1	21,2	18,6	90,6	126,9	22,3	951,0	107,0		
1963	84,7	43,2	108,4	80,4	130,2	86,6	116,8	341,4	116,2	47,8	245,7	63,8	1465,2	157,0		
1964	19,6	56,2	173,4	104,6	75,0	72,6	76,0	114,4	9,2	153,2	62,0	85,8	1002,0	125,0		
1965	68,8	-	96,6	21,8	164,6	182,0	132,9	167,0	238,2	36,2	144,1	49,2	1301,4	122,0		
1966	26,2	63,4	15,4	182,6	67,2	60,6	144,4	127,3	64,6	319,0	176,2	60,2	1307,1	123,0		
1967	11,2	85,6	74,8	72,0	66,6	95,8	109,2	129,0	71,8	68,7	109,2	33,8	927,7	100,0	1228,0	119,1
1968	4,0	196,8	18,4	49,0	112,2	137,8	182,0	276,4	63,6	87,0	131,8	51,4	1310,4	132,0		
1969	101,2	83,4	80,4	70,0	58,0	120,4	41,6	150,4	93,4	-	108,2	22,8	929,8	101,0		
1970	138,8	24,8	109,6	53,0	104,2	171,0	57,6	197,8	28,6	34,6	218,8	32,0	1170,8	100,0		
1971	103,0	52,6	119,6	67,4	152,8	176,0	59,2	79,2	72,6	12,2	130,1	34,8	1059,5	110,0		
1972	95,0	141,0	94,4	147,4	86,0	104,6	105,6	57,4	114,0	75,4	25,5	85,0	1131,3	139,0		
1973	76,2	13,8	1,4	44,2	49,0	156,2	181,0	111,8	69,4	123,6	34,0	56,9	917,5	110,0		
1974	34,4	147,6	64,1	97,6	52,4	63,4	35,0	154,2	61,8	72,0	79,8	9,2	871,5	122,0		
1975	120,2	56,8	119,4	27,8	207,8	126,0	33,0	166,1	244,8	129,4	137,2	80,3	1448,8	117,0		
1976	16,4	23,4	13,2	54,6	61,8	20,6	164,8	158,6	290,8	298,4	137,4	48,0	1288,0	117,0		
1977	220,4	141,0	122,2	94,2	244,6	135,6	229,6	252,4	78,2	158,0	35,2	61,8	1773,2	140,0	1190,1	118,8
1978	181,6	151,2	44,0	103,8	160,6	81,4	135,4	78,6	2,2	36,6	31,6	74,6	1081,6	129,0		
1979	99,8	88,0	184,2	138,4	21,6	128,8	61,8	213,9	166,4	243,4	96,2	123,2	1565,7	135,0		
1980	56,2	28,4	133,0	9,8	117,4	145,4	46,2	36,8	35,8	229,6	108,0	18,4	965,0	105,0		
1981	2,6	1,0	84,8	45,4	199,6	42,8	190,0	82,8	207,0	119,8	2,4	130,6	1108,8	100,0		
1982	20,4	22,8	111,4	9,0	97,4	144,4	190,8	134,4	62,0	274,0	191,0	70,4	1328,0	122,0		
1983	1,4	32,8	114,8	119,0	173,2	48,4	46,0	142,8	6,8	41,4	0,6	134,9	862,1	89,0		
1984	14,2	60,2	117,8	95,0	284,6	100,8	15,4	132,8	143,0	113,8	91,6	78,2	1247,4	132,0		
1985	92,0	6,6	211,0	51,0	171,0	154,8	77,4	54,4	30,4	35,2	139,2	75,6	1098,6	88,0		
1986	151,6	90,2	54,8	133,6	97,0	85,2	74,0	107,8	72,4	15,0	58,0	12,2	951,8	101,0		
1987	51,0	190,4	28,4	82,2	124,4	115,4	39,0	112,0	32,4	137,2	55,0	45,8	1013,2	97,0	1122,2	109,8
1988	144,8	44,4	57,0	81,6	170,8	140,0	57,8	49,4	23,8	214,0	5,2	47,0	1035,8	101,0		
1989	6,0	77,6	43,6	291,0	57,2	145,6	209,6	73,2	131,0	9,2	48,6	21,4	1114,0	109,0		
1990	30,2	17,4	22,0	154,0	117,2	74,0	83,2	91,8	25,6	181,4	93,4	63,8	954,0	107,0		
1991	59,0	20,0	66,4	85,4	85,6	65,6	151,0	1,0	136,0	109,0	109,0	98,6	986,6	105,0		
1992	29,4	26,8	59,0	160,4	60,0	205,4	167,8	52,4	112,0	203,2	38,4	111,6	1226,4	116,0		
1993	2,8	9,6	64,6	95,0	76,6	95,2	74,2	97,0	406,6	297,8	89,4	23,0	1331,8	106,0		
1994	140,8	46,8	17,8	95,6	84,0	59,0	37,2	165,5	298,6	100,6	132,0	69,6	1247,5	108,0		
1995	64,0	82,8	82,4	110,4	203,6	117,8	42,4	132,2	229,2	32,2	71,4	109,8	1278,2	127,0		
1996	177,8	34,8	17,2	79,2	98,2	154,0	86,6	189,0	55,0	258,4	156,0	123,8	1430,0	133,0		
1997	74,6	8,4	5,4	48,8	31,8	340,8	59,8	31,6	23,4	19,4	167,4	162,0	973,4	89,0	1157,8	110,1
1998	66,4	28,4	9,8	128,8	118,0	115,8	89,4	40,0	160,8	156,5	15,8	15,0	944,7	91,0		
1999	63,6	0,0	94,4	73,4	47,2	109,8	75,4	123,8	192,8	138,0	75,4	57,0	1050,8	110,0		
2000	0,0	106,0	105,2	123,6	119,8	120,8	62,8	170,4	92,6	274,8	314,0	92,2	1582,2	124,0		
2001	141,2	32,8	169,2	82,6	77,6	69,4	68,0	77,0	101,4	109,6	53,2	4,0	986,0	134,0		
2002	23,8	139,8	61,8	79,8	264,8	74,8	136,8	170,0	145,0	69,2	367,6	75,4	1608,8	149,0		
2003	52,5	0,2	1,2	54,8	52,0	67,8	134,8	10,8	23,6	180,6	128,0	96,6	802,9	104,0		
2004	40,6	123,6	82,0	133,2	87,6	68,0	84,6	47,6	55,8	143,4	135,6	66,0	1068,0	120,0		
2005	13,6	14,4	48,4	120,2	69,2	22,8	83,4	181,6	156,4	101,8	69,2	91,8	972,8	109,0		
2006	46,0	69,8	38,8	98,6	33,0	9,8	124,4	181,2	74,0	34,4	29,6	84,2	823,8	100,0		
2007	44,2	27,4	31,6	27,2	126,2	146,8	22,2	220,2	179,8	48,2	116,0	6,6	996,4	103,0	1083,6	114,3
2008	110,8	43,2	39,4	130,8	214,8	144,2	56,6	108,6	75,2	118,8	237,2	150,0	1429,6	136,0		
2009	96,6	135,6	123,8	155,8	19,6	146,4	110,6	36,0	54,4	92,4	136,8	158,0	1266,0	112,0		
2010	39,0	138,4	73,8	88,6	151,2	120,4	107,8	156,0	142,2	184,8	206,8	173,8	1582,8	138,0		
<b>Prec. Media</b>	67,0	63,2	76,6	96,6	112,2	116,6	98,0	120,8	107,4	127,1	115,4	75,6	1163,7	114,8		

Tabella n.1

Nei cinque decenni esaminati (1958-1967; 1968-1977; 1978-1987; 1988-1997) il valore medio delle precipitazioni annue tende a diminuire gradualmente dai 1228 mm/anno del primo decennio sino ai 1083 mm/anno dell'ultimo.

Nella tabella successiva vengono invece indicati i valori delle precipitazioni medie mensili misurati nella stazione meteorologica di Bergamo, sulla base dei dati forniti dalla rete di rilevazione del Servizio Idrografico del Po nel periodo 1921-1950 (E.Gavazzeni, 1957).

Stazione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
<b>Bergamo media periodo 1921-1950</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	<b>91</b>	<b>117</b>	<b>172</b>	<b>122</b>	<b>94</b>	<b>104</b>	<b>111</b>	<b>113</b>	<b>120</b>	<b>81</b>	<b>1243</b>

Tabella n.2

Dal confronto con i dati rilevati dall'Ufficio Idrografico del Po (stazione di Bergamo, periodo di riferimento 1921-1950) e i dati più recenti della stazione meteo dell'Istituto di Stezzano, emerge la tendenza ad una riduzione generalizzata degli apporti meteorici annui con incrementi esclusivamente nei mesi di Agosto e Ottobre.

Relativamente all'andamento delle temperature nell'arco dell'anno, si confrontano i dati relativi alla stazione meteo di Bergamo e a quelli dell'**Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo** per il periodo compreso tra il 1951 e il 2009.

Stazione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	T. media annua
<b>Bergamo Uff. Idr. Po (1876-1950)</b>	2,3	4,2	8,1	12,5	16,1	20,8	23,0	22,2	19,1	13,4	7,7	3,4	12,73
<b>Bergamo S.S.M. (1951-1960)</b>	1,1	2,6	7,0	11,5	16,6	20,2	22,6	21,5	17,8	11,9	6,7	2,9	11,9

Tabella n.3

Nelle tabelle seguenti sono riportati, per la stazione di Stezzano i valori di temperatura massima/minima mensile, le medie decennali e complessive. Da tali valori si è stimato il valore della temperatura media mensile e quello della temperatura media annua (12,8°C); gennaio risulta il mese più freddo (media 2,4°C) ed è luglio il mese più caldo (22,9°C); l'escursione termica media annua è di 20,5°.

anno	gen (°)	feb (°)	mar (°)	apr (°)	mag (°)	giu (°)	lug (°)	ago (°)	set (°)	ott (°)	nov (°)	dic (°)
1951	8,3	9,7	10,3	16,1	19,6	25,4	26,5	26,9	24,5	16	12,4	7,7
1952	5,5	7,1	12,3	18,5	22,2	27,2	30,2	27,9	21,4	16	9,8	5,8
1953	4,9	8,2	15,2	18,3	23,7	23,7	27,9	27,1	23,3	18	10,8	8,1
1954	3,4	4,2	13,1	16,2	20,2	25,3	26,5	25,9	25,1	17,5	11,6	9,2
1955	6,8	7,7	9,7	18,2	22,1	25,1	27,9	26,2	23,4	17,7	10,1	5,8
1956	5,1	1,8	11,1	13,8	22,9	24,2	28,1	27,8	24,8	17,9	9,2	6
1957	6,5	9,9	14,3	16,8	19,5	25,3	28,4	26,8	23,6	17,8	12,7	6,2
1958	6,0	11,0	9,5	13,3	24,3	24,9	28,6	28,3	25,4	18,9	12,7	6,6
1959	6,1	10,6	13,9	17,2	21,3	26,5	29,2	26,9	22,6	16,7	10,7	7,2
1960	5,5	5,5	11,6	17,2	22,4	26,0	25,7	26,6	21,4	16,1	12,1	7,4
1961	4,4	13,2	13,3	19,9	21,3	26,4	27,0	28,4	27,4	19,4	11,1	6,9
1962	6,3	9,1	9,2	17,2	20,5	24,4	27,9	30,0	24,8	18,6	10,2	5,9
1963	2,2	4,1	11,4	17,5	21,9	25,0	29,1	26,5	23,0	18,1	13,6	4,5
1964	4,0	8,5	9,8	17,6	23,2	27,4	29,3	27,5	25,3	17,2	10,2	7,6
1965	6,4	7,7	11,8	16,4	21,6	25,9	27,7	25,8	21,4	17,9	9,3	6,5
1966	3,5	9,7	14,2	18,3	22,6	28,0	26,5	26,1	24,0	18,2	8,2	5,6
1967	3,9	7,5	14,7	16,4	22,3	24,9	29,8	27,6	23,6	19,8	10,9	6,8
1968	5,4	7,2	14,4	18,5	20,2	24,7	27,6	24,9	23,2	18,3	11,0	3,8
1969	5,1	4,7	10,7	16,1	23,1	24,4	28,4	26,4	23,5	20,6	11,5	4,9
1970	4,9	7,3	10,0	16,1	20,1	26,2	28,8	27,4	25,4	18,0	12,8	5,2
1971	5,7	9,6	9,6	17,9	21,5	24,2	29,3	29,6	23,1	18,2	11,4	6,5
1972	4,9	8,7	14,1	15,6	20,9	24,5	27,0	26,6	19,6	16,0	10,8	5,5
1973	6,1	9,3	13,1	15,4	21,8	26,0	27,0	27,9	24,1	17,5	11,4	5,8
1974	7,6	10,4	12,7	16,4	21,1	24,9	28,9	29,2	23,7	13,7	11,0	9,0
1975	8,1	9,9	12,1	18,1	21,5	24,6	29,4	26,8	25,1	17,8	9,6	7,0
1976	6,2	9,4	10,9	17,5	22,3	28,2	28,9	24,6	20,6	17,0	11,9	5,9
1977	4,5	9,1	13,9	16,0	19,7	24,7	27,1	25,7	22,5	18,6	11,3	7,4
1978	7,1	5,3	14,0	14,6	18,6	25,1	26,8	26,3	25,0	17,9	11,0	4,9
1979	3,8	7,6	12,6	15,0	23,0	26,8	27,5	26,4	23,6	16,8	10,9	8,2
1980	4,7	9,7	12,1	16,7	19,1	24,4	26,8	28,9	25,2	17,7	8,3	6,7
1981	6,8	7,8	14,6	17,5	20,8	26,4	26,9	27,8	23,1	17,4	10,9	6,3
1982	5,7	6,5	12,5	16,6	22,4	27,2	29,0	26,9	25,8	16,5	11,4	7,8
1983	8,8	5,6	12,9	16,3	20,0	26,4	31,5	27,3	24,8	19,4	11,4	6,6
1984	6,5	6,6	11,1	16,3	16,5	25,2	29,0	26,2	22,2	18,1	11,2	7,3
1985	1,7	5,5	10,6	17,5	21,1	24,7	29,8	29,0	27,0	19,4	9,0	6,8
1986	6,6	3,8	11,3	14,3	24,8	25,8	27,5	28,1	23,8	20,0	11,9	7,8
1987	4,3	6,5	9,7	17,1	20,3	24,8	29,3	27,0	26,1	16,8	11,7	7,3
1988	7,9	10,2	13,7	16,8	21,2	24,6	28,9	28,6	24,2	19,4	9,3	7,6
1989	6,4	10,8	15,8	14,8	22,8	25,0	27,2	27,6	22,4	17,6	9,8	6,9
1990	6,9	12,1	16,2	15,4	23,2	25,2	28,3	28,2	24,2	18,4	11,0	6,0
1991	5,9	6,3	14,5	15,8	19,2	25,1	30,3	29,8	25,2	15,6	10,3	7,2
1992	5,9	9,5	14,2	16,0	23,5	24,2	27,6	30,3	24,2	15,4	12,1	6,1
1993	7,1	10,0	12,7	16,5	23,4	27,1	27,4	29,6	21,7	16,2	9,6	8,4
1994	9,3	7,7	17,7	16,7	21,8	26,3	30,5	30,3	23,0	17,3	12,1	8,0
1995	7,8	10,3	13,1	18,1	21,7	23,6	30,1	27,5	22,1	20,0	11,6	6,7
1996	5,9	7,1	10,9	18,1	22,4	27,4	26,8	26,8	21,1	17,4	12,2	7,3
1997	8,0	11,5	17,5	18,4	23,6	24,6	27,8	28,3	26,0	18,8	12,0	7,5
1998	7,2	14,0	14,9	16,4	23,1	27,1	29,2	29,9	23,5	18,0	10,6	7,3
1999	8,8	10,4	13,4	17,9	23,5	26,3	29,1	27,8	24,8	18,3	11,1	6,9
2000	8,3	11,4	15,4	17,8	24,6	28,2	27,2	29,2	25,0	17,7	12,0	8,5
2001	6,0	10,8	14,1	16,8	24,2	27,1	29,0	30,3	22,0	21,0	11,0	7,0
2002	7,8	10,9	16,6	17,3	22,2	28,2	28,1	27,1	22,7	18,8	13,6	7,8
2003	7,6	7,8	15,7	17,1	26,4	31,7	30,5	33,9	25,3	16,3	12,1	8,8
2004	6,3	8,8	12,2	17,7	21,2	27,4	28,5	29,3	25,6	18,7	13,4	9,4
2005	7,6	7,2	13,4	16,1	23,8	28,2	29,7	26,9	24,0	17,5	10,7	6,5
2006	6,2	7,9	12,4	18,5	22,6	28,2	31,5	26,2	25,9	20,4	13,6	9,5
2007	10,4	11,6	15,5	22,6	24,5	27,0	30,9	27,9	23,7	18,4	12,5	8,7
2008	9,1	11,3	15,2	17,5	23,0	26,7	29,0	29,5	23,3	19,6	12,7	7,5
2009	5,7	9,7	14,8	19,0	26,3	27,5	29,7	31,3	26,6	19,1	12,1	6,7
2010	4,6	8,3	12,9	19,0	21,7	26,9	30,7	27,9	23,5	16,8	11,7	5,0
<b>media ('51-'60)</b>	5,8	7,6	12,1	16,6	21,8	25,4	27,9	27,0	23,6	17,3	11,2	7,0
<b>media ('61-'70)</b>	4,6	7,9	12,0	17,4	21,7	25,7	28,2	27,1	24,2	18,6	10,9	5,8
<b>media ('71-'80)</b>	5,9	8,9	12,5	16,3	21,0	25,3	27,9	27,2	23,3	17,1	10,8	6,7
<b>media ('81-'90)</b>	6,2	7,5	12,8	16,3	21,3	25,5	28,7	27,7	24,4	18,3	10,8	7,0
<b>media ('91-'00)</b>	7,4	9,8	14,4	17,2	22,7	26,0	28,6	29,0	23,7	17,5	11,4	7,4
<b>Media</b>												
<b>Tmax. mensili</b>	6,2	8,5	13,0	17,0	22,0	26,0	28,5	27,8	23,9	17,9	11,2	6,9

anno	gen (°)	feb (°)	mar (°)	apr (°)	mag (°)	giu (°)	lug (°)	ago (°)	set (°)	ott (°)	nov (°)	dic (°)
1951	1,5	2,8	3,5	8,3	11,5	16,1	17,7	17,9	15,9	9,2	5,9	0
1952	-2,4	-1,9	2,8	9,9	12,4	16,8	19,6	17,6	12,4	8,8	2,3	-0,5
1953	-4,8	-2,5	1,2	7,8	11	12,7	16,6	16,1	14	11,2	2,8	4,3
1954	-5	-2,5	4,8	5,8	10,5	15,4	15,2	14,9	13,1	7	3,4	0,2
1955	-0,1	0,3	2,1	4,5	10,4	14,8	16,5	15,1	12,7	7,3	3	0,5
1956	-1	-8,1	1,4	5,5	10,8	12,1	15,7	15,4	12,6	6,2	2,5	-2,1
1957	-2,6	1,6	4,8	6	9,3	14,6	15,9	15,4	11,5	8,2	4	-2,2
1958	-2,7	1,0	-0,2	4,3	12,0	13,5	16,5	16,9	13,8	7,9	5,5	-0,2
1959	-2,7	-1,1	5,5	6,1	10,7	14,4	17,3	15,7	13,3	7,7	4,1	1,1
1960	3,2	-1,3	4,2	6,6	10,6	15,2	15	15,5	12,0	8,6	4,2	0,7
1961	-3,0	1,2	3,2	9,4	9,6	15,1	16,1	16,2	15,5	10,4	3,7	-0,8
1962	-1,2	-1,1	0,5	5,6	9,2	13,6	15,5	17,8	12,9	9,1	2,8	-3,3
1963	-6,3	-4,1	1,9	7,2	10,8	14,1	17,2	15,0	13,8	8,6	6,4	-2,9
1964	-4,3	-0,8	3,0	6,9	11,9	16,0	17,3	15,3	12,6	8,2	3,2	0,3
1965	-1,3	-3,6	2,3	4,8	8,9	13,8	15,6	15,2	12,0	8,2	3,4	-1,3
1966	-4,9	3,4	2,3	7,4	10,9	14,3	15,5	15,4	14,4	12,0	2,3	-2,4
1967	-3,1	-0,6	4,4	5,3	11,1	13,3	18,1	16,5	13,2	9,2	4,4	-2,5
1968	-4,4	2,1	3,4	8,2	10,3	13,9	16,2	14,1	12,8	9,0	4,2	-2,3
1969	-2,7	-2,0	2,9	5,5	12,1	12,6	17,4	15,8	13,8	9,0	4,3	-3,1
1970	-0,5	-1,1	1,2	4,8	8,8	15,6	16,1	16,5	14,4	6,9	4,1	-3,2
1971	-2,1	-1,0	0,3	8,3	11,6	13,1	17,5	17,7	12,2	7,2	3,6	-1,1
1972	0,4	3,7	4,8	7,3	10,2	14,6	17,0	15,6	11,0	7,6	3,4	-0,1
1973	0,0	-0,1	2,4	4,6	12,0	16,0	17,0	18,5	15,2	7,9	2,8	-1,6
1974	1,0	4,1	4,8	6,9	10,8	13,5	16,9	17,6	13,4	4,3	3,7	-0,7
1975	0,8	0,7	3,9	6,6	11,3	13,6	17,1	17,3	15,5	8,5	4,0	0,2
1976	-1,5	1,9	2,0	6,6	10,7	15,9	17,4	15,1	11,9	9,9	4,6	0,3
1977	-0,1	2,5	5,5	6,5	10,8	14,5	16,1	15,7	11,8	10,6	3,3	-0,7
1978	-0,2	-0,4	4,7	6,7	10,0	13,8	16,1	16,1	12,6	8,4	1,6	-0,5
1979	-3,2	1,8	4,7	5,6	11,1	16,2	17,0	15,9	13,3	10,2	2,7	1,7
1980	-1,3	0,8	4,1	4,6	10,2	13,1	15,1	17,5	14,5	8,4	3,1	-1,6
1981	-3,5	-1,2	4,5	7,8	10,4	15,7	15,7	16,6	14,7	8,9	1,5	-1,8
1982	-1,3	-1,2	2,3	6,4	11,8	16,3	17,6	16,5	15,7	8,9	5,4	1,0
1983	-0,6	-1,7	4,0	7,9	10,6	15,5	20,0	16,8	14,4	9,4	2,9	-0,6
1984	-1,3	-0,6	2,6	6,5	8,6	13,8	17,0	17,2	12,7	10,0	5,1	0,9
1985	-5,4	-1,8	4,0	6,5	11,6	14,7	19,0	16,5	15,4	10,3	3,0	1,4
1986	-1,3	-0,6	3,8	8,0	14,6	15,5	17,5	17,2	14,2	9,9	5,5	-0,5
1987	-3,4	0,5	0,9	7,1	9,0	14,0	19,3	17,7	17,1	10,9	5,0	1,3
1988	2,7	0,5	3,2	8,3	13,1	14,8	18,7	18,3	13,9	11,9	1,6	-0,7
1989	-2,7	1,7	6,0	7,7	12,4	14,1	17,4	17,3	14,1	8,1	3,3	-0,4
1990	-2,0	2,6	4,9	6,0	12,8	15,5	17,4	17,5	13,2	10,8	2,7	-1,9
1991	-0,7	-2,8	7,5	6,5	9,2	15,3	18,9	19,7	16,7	9,4	3,9	-2,5
1992	-1,5	-0,1	3,2	6,3	12,7	14,3	18,2	19,9	14,4	9,3	4,6	0,8
1993	-0,3	-1,1	2,6	7,6	12,7	16,3	16,4	18,6	13,6	9,8	3,7	0,3
1994	0,8	0,2	5,9	6,9	13,1	15,9	20,0	19,0	14,2	9,0	6,7	1,5
1995	-1,5	2,3	2,4	7,2	11,9	14,2	20,0	17,1	12,3	10,5	4,4	1,6
1996	1,6	0,2	3,3	8,1	11,5	16,0	17,5	17,3	11,6	10,3	5,6	1,4
1997	0,8	1,6	5,3	5,9	12,6	15,7	16,8	18,0	15,5	9,3	4,9	0,8
1998	0,3	1,9	2,4	7,5	13,3	16,3	17,9	18,4	13,4	8,9	1,8	-1,7
1999	-0,1	-1,7	4,6	8,0	13,8	15,2	18,3	18,7	16,4	10,5	4,0	-0,6
2000	-2,2	1,1	4,2	9,1	14,8	17,9	16,3	18,5	14,6	11,5	6,1	3,1
2001	1,5	2,0	6,2	6,7	14,3	15,7	18,9	19,6	11,7	12,6	3,3	-2,7
2002	-2,8	2,0	6,1	8,3	12,5	18,4	17,7	16,6	13,2	9,9	7,2	2,8
2003	-0,9	-2,6	4,1	7,1	14,4	19,7	19,3	21,2	14,4	8,3	6,2	1,1
2004	-0,5	-0,2	3,5	8,0	11,1	16,3	18,4	18,1	14,7	12,5	4,6	1,7
2005	-2,2	-2,2	2,5	7,1	12,4	17,5	18,3	16,0	15,4	10,3	4,7	-1,5
2006	-2,9	0,6	3,3	8,9	12,9	16,6	20,9	15,7	16,1	12,1	5,6	2,5
2007	2,4	2,7	5,8	11,8	14,1	17,5	18,9	17,6	13,5	10,0	3,7	-0,1
2008	1,7	1,4	4,7	8,1	13,7	17,3	17,4	18,0	13,9	10,9	5,3	0,6
2009	-1,3	0,6	4,5	10,1	14,7	16,9	18,9	20,5	16,0	9,9	7,2	0,3
2010	-1,1	1,1	4,0	8,8	12,8	17,6	20,7	16,9	14,3	8,7	6,3	-1,5
<b>media ('51-'60)</b>	<b>-1,7</b>	<b>-1,2</b>	<b>3,0</b>	<b>10,9</b>	<b>14,6</b>	<b>15,0</b>	<b>16,1</b>	<b>13,1</b>	<b>8,2</b>	<b>3,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
<b>media ('61-'70)</b>	<b>-3,2</b>	<b>-0,7</b>	<b>2,5</b>	<b>6,5</b>	<b>10,4</b>	<b>14,2</b>	<b>16,5</b>	<b>15,8</b>	<b>13,5</b>	<b>9,1</b>	<b>3,9</b>	<b>-2,2</b>
<b>media ('71-'80)</b>	<b>-0,6</b>	<b>1,4</b>	<b>3,7</b>	<b>6,4</b>	<b>10,9</b>	<b>14,4</b>	<b>16,7</b>	<b>16,7</b>	<b>13,1</b>	<b>8,3</b>	<b>3,3</b>	<b>-0,4</b>
<b>media ('81-'90)</b>	<b>-1,9</b>	<b>-0,2</b>	<b>3,6</b>	<b>7,2</b>	<b>11,5</b>	<b>15,0</b>	<b>18,0</b>	<b>17,2</b>	<b>14,5</b>	<b>9,9</b>	<b>3,6</b>	<b>-0,1</b>
<b>media ('91-'00)</b>	<b>-0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>4,1</b>	<b>7,3</b>	<b>12,6</b>	<b>15,7</b>	<b>18,0</b>	<b>18,5</b>	<b>14,3</b>	<b>9,9</b>	<b>4,6</b>	<b>0,5</b>
<b>Media</b>												
<b>Tmin. mensili</b>	<b>-1,4</b>	<b>0,0</b>	<b>3,6</b>	<b>7,1</b>	<b>11,6</b>	<b>15,2</b>	<b>17,5</b>	<b>17,0</b>	<b>13,8</b>	<b>9,3</b>	<b>4,1</b>	<b>-0,3</b>

periodo 1951-2009	gen (°)	feb (°)	mar (°)	apr (°)	mag (°)	giu (°)	lug (°)	ago (°)	set (°)	ott (°)	nov (°)	dic (°)	Temp. media annua
massime	6,2	8,5	13,0	17,0	22,0	26,0	28,5	27,8	23,9	17,9	11,2	6,9	
minime	-1,4	0,0	3,6	7,1	11,6	15,2	17,5	17,0	13,8	9,3	4,1	-0,3	
<b>media</b>	2,4	4,3	8,3	12,0	16,8	20,6	23,0	22,4	18,8	13,6	7,7	3,3	<b>12,8</b>

Tabelle 4, 5, e 6

Per la valutazione delle precipitazioni di breve e forte intensità si fa riferimento a quanto pubblicato recentemente dall’Autorità di Bacino fiume Po (AdBPo), che ha definito con una propria direttiva i criteri per il dimensionamento di opere idrauliche sui corsi d’acqua interessati dalle fasce fluviali:

**Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica.**

La direttiva, in attuazione dell’Art.10 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), indica i valori delle precipitazioni intense (con durata superiore all’ora) delle diverse aree di bacino padano e fornisce i valori di portata di piena relative ai corsi d’acqua principali interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali (nell’ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - PSFF e del PAI) e, sempre per gli stessi corsi d’acqua, il relativo profilo della piena di progetto. .

Nell’allegato 3 della direttiva 2 “Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense”, è riportato il parametro “*a*” e l’esponente “*n*” delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per vari tempi di ritorno.

I parametri idrologici sono riportati in tabelle dove sono indicati i codici di tutte le celle di territorio di 2 chilometri di lato in cui è stato suddiviso il bacino del fiume Po. Una volta individuata la cella in cui ricade il sito di studio, vengono forniti i valori dei parametri *a* ed *n* della curva di possibilità pluviometrica  $h(t)=a \cdot t^n$ . Tali valori sono stati ottenuti dall’elaborazione statistica delle serie storiche dei dati di precipitazioni intensa con durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore (Parte I tabella III, precipitazioni massime annuali di breve durata e forte intensità) relative a ciascuna stazione meteorologica.

I dati delle diverse stazioni sono stati interpolati spazialmente con il metodo kriging adottando la griglia costituita dalle celle di territorio di 2 chilometri di lato.

Come indicato sopra, tali dati sono da utilizzare come base per la determinazione dell’altezza della

pioggia di riferimento e quindi, mediante il modello di trasformazione afflussi - deflussi, per la stima della portata di progetto necessaria al dimensionamento e alla verifica delle diverse opere.

Il territorio comunale ricade nelle celle: DS69 e DS70; DS71 e DT69; DT70 e DT71.

Cella	Coordinate Est-UTM	Coordinate Nord UTM	a	n	a	n	a	n	a	n
			(Tr20)		Tr100		(Tr200)		(Tr500)	
DS 69	545000	5063000	52,87	0,255	68,21	0,244	74,66	0,24	83,27	0,236
DS 70	545000	5061000	52,64	0,248	68,09	0,237	74,54	0,232	83,19	0,228
DS 71	545000	5059000	52,7	0,243	68,36	0,231	74,84	0,226	83,59	0,222
DT 69	547000	5063000	51,65	0,252	66,48	0,24	72,75	0,235	81,08	0,231
DT 70	547000	5061000	51,35	0,245	66,25	0,232	72,52	0,228	80,88	0,223
DT 71	547000	5059000	51,52	0,239	66,7	0,227	73,01	0,222	81,49	0,217

Tabella n.7

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

L'origine della Pianura Padana è legata alla dinamica orogenetica alpina. Al termine delle fasi deformative orogenetiche che hanno interessato il substrato roccioso, le valli alpine e prealpine apparivano come profonde e strette forre prodottesi per l'intensa erosione dei fiumi. Ciò era legato all'abbassamento del livello erosionale di base verificatosi nel Messiniano conseguente al progressivo disseccamento del Mar Mediterraneo.

Successivamente, nel Pliocene (tra 4 e 2 milioni di anni fa), il livello del Mediterraneo tornò ad aumentare e così il mare invase le vallate, generando una morfologia costiera "a fiordi".

Sul fondo roccioso di quelle che prima erano le valli, si accumularono sedimenti marini costituiti in prevalenza da argille, limi e depositi sabbiosi che inglobavano resti di gusci di conchiglie.

Nella bergamasca, i depositi marini pliocenici sono stati rinvenuti sino a quote di 350 – 400 m sull'attuale livello del mare e sono rappresentati da argille grigio-azzurrognole cui seguono, verso l'alto, sabbie siltose giallastre.

Tra la fine del Pliocene e l'inizio del Pleistocene si ebbe una progressiva riduzione della profondità del mare legata a cause tettoniche (sollevamento). Si verifica così il progressivo ritiro del mare sino al livello attuale.

La regressione marina favorì la formazione, nelle aree pianeggianti, di bacini o specchi d'acqua di modesta profondità quali: laghi, stagni e lagune, in cui si sedimentarono argille cineree con intercalati livelli torbosi inglobanti gusci di molluschi d'acqua dolce e resti di vertebrati.

Parallelamente riprese anche l'attività erosiva sui versanti ed il trasporto solido lungo le vallate, con conseguente apporto di materiali grossolani (prevalenza di blocchi, ciottoli e ghiaie) sino alle zone di sbocco nel mare.

Nel Pliocene Superiore e nel Pleistocene Inferiore-Superiore, si depositano i depositi alluvionali del Ceppo del Brembo (conoide alluvionale in zona prossimale) che, nella zona della media pianura, raggiungono il loro massimo spessore (fino a 250-260 metri) estendendosi sino alla profondità di circa -90 metri rispetto all'attuale livello del mare; ciò è dimostrato dalla sezione geologica di figura n.2.

Si verifica così il lento e progressivo colmamento della depressione padana e la formazione della pianura alluvionale attuale; ciò avviene congiuntamente alla progressiva deformazione del fondale

marino a causa delle successive spinte orogenetiche che determinano la formazione di depressioni e di alti strutturali.

I depositi legati alle diverse fasi glaciali e i depositi fluvioglaciali hanno progressivamente colmato e regolarizzato la superficie di sedimentazione, raggiungendo spessori notevoli soprattutto nella zona della media pianura.

In corrispondenza della zona di studio affiorano in superficie depositi terrigeni continentali di età pleistocenico-olocenica prodottisi per il succedersi di periodi glaciali a quelli interglaciali e, successivamente, per la rielaborazione legata all'attività fluviale postglaciale.

Complessivamente tali depositi costituiscono, dal punto di vista geomorfologico, il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.) e la Piana Fluviale Attuale del fiume Brembo.

Durante le successive fasi oloceniche, si ha la forte riduzione della portata dei corsi d'acqua e la comparsa di condizioni erosive con la conseguente formazione di nuove valli incise (es: forre fluviali attuali del Brembo).

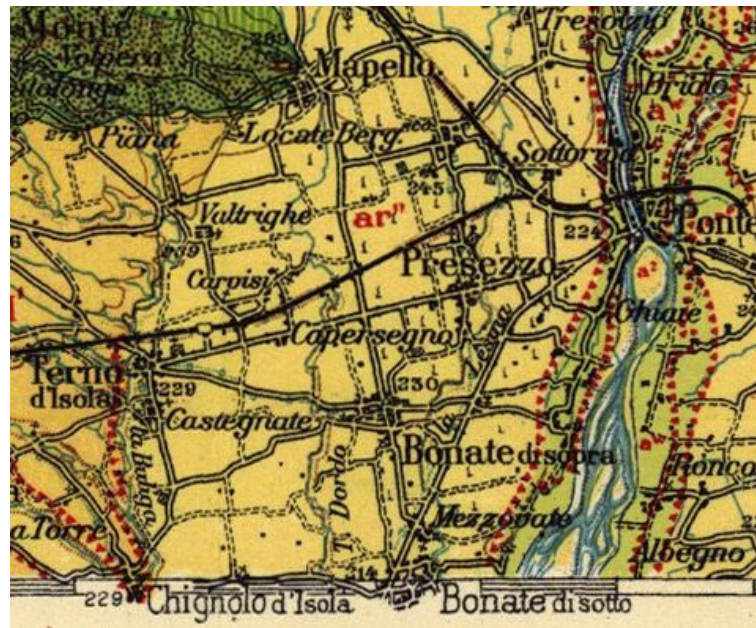


Figura n.1 Estratto dalla Carta Geologica d'Italia. Foglio n.33. scala 1:100.000

Sulla carta in nocciola chiaro ar<sup>n</sup>= fluvioglaciale ghiaioso, alterato per 1 metro "Livello fondamentale della Pianura del Riss, in verde ai lati del Brembo a<sup>w</sup>= fluvioglaciale ghiaioso terrazzato, del Wurm. Con i triangoli rossi sono segnalati gli orli dei terrazzi.

Importanti informazioni relative ai terreni presenti a grande profondità nel sottosuolo della pianura, sono state ottenute con la perforazione di pozzi per acqua o di perforazioni profonde per ricerca di idrocarburi. Questo ha consentito la stesura della sezione geologica sottostante allegata alla Carta geologica della Provincia di Bergamo (AAVV, 2000).

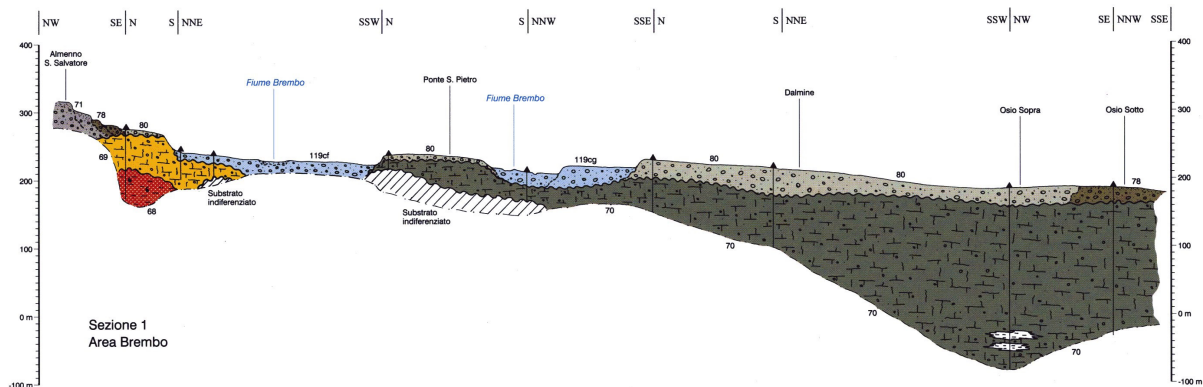


Figura n.2 Sezione geologica n.1 (Carta geologica della Provincia di Bergamo, 2000).

## **. 6. GEOLOGIA**

Per le caratteristiche geologiche del territorio comunale si è fatto riferimento alla Carta Geologica della Provincia di Bergamo (AAVV, anno 2000), prodotta in scala 1:50.000 e curata dall'Amministrazione Provinciale.

In tale documento si propone la suddivisione dei depositi quaternari in **Unità geolitologiche**. Il nome di ciascuna unità risulta legato al toponimo della località nella quale essa affiora più diffusamente.

Il sottoscritto ha tratto spunto da tale documento allo scopo di dettagliare ulteriormente le caratteristiche geologiche sulla base di quanto emerso dai rilievi di superficie e dai dati bibliografici resi disponibili.

### **6.1 RILIEVO GEOLOGICO**

Il rilievo geologico è consistito nel riconoscimento delle caratteristiche litologico-granulometriche dei terreni presenti nel territorio comunale e nell'individuazione della loro distribuzione stratigrafica ed areale.

Ciascuna unità del quaternario risulta generalmente costituita da un deposito limitato, sia alla base che alla sommità, da superfici di discontinuità corrispondenti a lacune stratigrafiche legate all'erosione o alla mancata deposizione.

La carta geologica provinciale, grazie alla sua recente impostazione e realizzazione, consente un'analisi geologica di sufficiente dettaglio del territorio in esame. Gli elementi principali che caratterizzano l'area in questione si possono riassumere nel seguente punto:

- L'attribuzione dei depositi fluvioglaciali o fluviali a diverse unità bacinali consente di distinguere tra i differenti bacini di alimentazione che hanno generato il deposito superficiale.

Nel caso specifico i depositi fluvioglaciali e fluviali presenti in corrispondenza del territorio comunale risultano di pertinenza abduana e brembana.

I limiti tra le diverse **“unità geolitologiche”** sono stati riportati sulla carta geologica di tavola n.1 (scala 1:5000). Ciascuna unità è riconoscibile per il diverso colore.

### 6.1.1. Depositi quaternari

I depositi quaternari presenti nell'area sono riconoscibili come:

- depositi fluviali postglaciali
  - **Unità Postglaciale del torrente Lesina** (Pleistocene Superiore – Olocene)
  - **Unità Postglaciale del fiume Brembo** (Pleistocene Superiore – Olocene)
- depositi fluvioglaciali
  - **Complesso del Brembo - Unità di Treviglio** (Bacino del Brembo, tardo Pleistocene Superiore)
- depositi fluvioglaciali
  - **Unità di Carvico** (Bacino dell'Adda, Pleistocene Medio – Superiore? )
- depositi alluvionali e depositi lacustri
  - **Unità di Palazzago** (Pleistocene Medio Superiore)
- depositi alluvionali
  - **Ceppo del Brembo** (Bacino del Brembo, Pleistocene Inferiore)

**Unità Postglaciale.** I depositi fluviali postglaciali affiorano nel settore orientale del territorio comunale, in corrispondenza della fascia a cavallo del Brembo che si estende per un'ampiezza che va dai 500 ai 1500 metri.

Tale unità affiora con discontinuità anche lungo il torrente Lesina per un'ampiezza variabile dai 50 ai 200 metri massimo.

#### **Depositi fluviali postglaciali del torrente Lesina**

Per quanto riguarda invece i depositi postglaciali del torrente Lesina, laddove appaiono riconoscibili, sono costituiti da prevalenti ghiaie medio-fini e sabbie a struttura embricata ed appaiono ricoperti da una coltre metrica sabbioso-limosa di colore nocciola chiaro; tali depositi possono raggiungere uno spessore massimo di 3-5 metri.



Foto n. 1 Depositi postglaciali torrente Lesina

### **Depositi fluviali postglaciali del fiume Brembo**

Per quanto riguarda i depositi postglaciali del Brembo, sulla carta geologica di tavola 1, è stata effettuata una distinzione in 2 sotto unità in relazione all'analisi geomorfologica e quindi all'età relativa attribuibile a ciascun deposito rispetto agli adiacenti via via più recenti e posti a quota più bassa, man mano che ci si sposta verso l'alveo del Brembo.

Tali depositi si trovano incassati all'interno dei terreni fluvioglaciali più antichi e a contatto diretto con i sottostanti conglomerati del Ceppo del Brembo, affioranti in alveo, fino al ponte di via Roma a

Ponte San Pietro.

Lo spessore di questi depositi è di circa 10-15 metri per il terrazzo più basso e recente e può raggiungere la ventina di metri in corrispondenza del terrazzo antico posto più in alto.

In base a quanto si è potuto osservare durante i rilievi, dal punto di vista delle caratteristiche granulometriche, le diverse sotto-unità postglaciali non presentano caratteri distintivi. Il bacino di alimentazione di tali depositi è brembano.

Si tratta essenzialmente di depositi incoerenti a supporto clastico come: ciottoli, ghiaie e sabbie debolmente limose eterogenee o ghiaie con sabbie ciottolose; sono presenti localmente intercalazioni lenticolari di ciottoli con ghiaie o di sabbie più o meno pulite.

Dal punto di vista della composizione litologica si osserva l'estrema variabilità tra rocce metamorfiche, carbonatiche e terrigene. Dal punto di vista granulometrico la dimensione media dei ciottoli è di 8-10 cm mentre quella massima può raggiungere i 30-35 cm; l'arrotondamento è elevato.

Tali depositi appaiono ricoperti da una coltre sommitale sabbiosa debol. limosa, colore grigio panna legata ad eventi esondativi di spessore massimo metrico.

Lo spessore della coltre pedogenetica è limitato o assente.

#### **Unità di Palazzago – Unità ubiquitaria (Pleistocene Medio Superiore)**

In questo complesso rientrano depositi fluvio-glaciali, depositi di versante, depositi di conoide alluvionale, depositi alluvionali, depositi lacustri/palustri.

I depositi del Complesso di Palazzago interessano più cicli sedimentari relativi a più espansioni glaciali e, per mancanza di relazioni geometriche osservabili sul terreno, non è possibile correlarli esplicitamente con le unità ed i complessi simili riconosciuti nei differenti bacini.

Nell'area di studio l'unità affiora, con depositi alluvionali, in corrispondenza dell'estremità nord-orientale del territorio comunale, a nord del polo scolastico: **Istituto Maironi da Ponte.**

Si tratta di ghiaie con ciottoli e blocchi eterometrici da smussati ad arrotondati con matrice limoso-sabbiosa, a supporto clastico o di matrice, in unità deposizionali a stratificazione planare. Localmente sono presenti lenti di sabbie a laminazione obliqua a basso angolo ed incrociata, con rari ciottoli centimetrici.

Lo spessore complessivo di tale unità è variabile, in base ai dati di bibliografia, in alcuni punti supera anche i 10 metri.

**Unità di Treviglio** - Complesso del Brembo (Bacino del Brembo, tardo Pleistocene Superiore)

Dal punto di vista planimetrico, tale unità si colloca ad ovest dei terreni postglaciali. Assieme all'unità di Carvico, costituisce la superficie modale della pianura denominata "Livello Fondamentale della Pianura" e ricopre i sottostanti conglomerati del Ceppo del Brembo.

Tale unità è costituita da depositi fluvioglaciali a supporto clastico, di provenienza brembana. Le diverse unità deposizionali sono separate da superfici di stratificazione grossolane e dal punto di vista granulometrico i depositi sono costituiti da ghiaie con ciottoli arrotondati prevalentemente discoidali, la matrice è sabbiosa e i diametri medi risultano variare tra i 2 e i 10 centimetri (ghiaie con sabbia debol. limosa e ghiaie sabbioso limose). Talora risultano intercalati livelli decimetrici di sabbie e limi di esondazione, da massivi a laminati.

Dal punto di vista petrografico i ciottoli che costituiscono il deposito sono rappresentati in prevalenza da calcari e dolomie con vulcaniti.

Lo spessore massimo di quest'unità è contenuto entro i 15-25 metri. Il limite con il sottostante conglomerato è generalmente marcato dalla presenza di livelli limoso-argillosi discontinui che presentano spessori massimi di qualche metro (paleosuoli sepolti).

**Unità di Carvico** (Bacino dell'Adda, Pleistocene medio-superiore)

L'unità di Carvico occupa gran parte del territorio comunale.

In superficie tali depositi sono caratterizzati dalla presenza pressoché costante di uno strato di copertura loessica ben conservata, un profilo di alterazione evoluto con profondità massima del fronte di decarbonatazione compreso tra i 3 e i 4 m circa e colore 7.5YR.

Nell'area di studio sono presenti depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa limosa; ciottoli da arrotondati a subspigolosi con diametri medi tra 4 e 15 cm. I depositi appaiono rozzamente stratificati. La caratteristica costante della zona risulta (particolarmente in destra al Fiume Brembo), la presenza di sequenze sommitali limose che passano

rapidamente, senza termini granulometrici intermedi, alle ghiaie sottostanti. La composizione petrografica è arealmente differenziata con clasti di litotipi dell'Alto Lario e della Valtellina.

L'unità ricopre in discordanza i conglomerati del Ceppo del Brembo ed è ricoperta dai depositi fluviali del Complesso di Palazzago e dell'Unità Postglaciale.

Di seguito si riporta un profilo stratigrafico ricostruito in uno scavo per fondazioni e riportato nelle note illustrative della carta geologica della Provincia di Bergamo. Vista la sua vicinanza al torrente Lesina, si ritiene che i primi due metri a partire dal piano campagna siano ricollegabili a depositi rielaborati dall'attività postglaciale del torrente Lesina.

### **Profilo 10**

Ubicazione: C.R.T.L. C5a3: 1544540-5059930; località: Presezzo, centro paese; quota: 236 m slm.

- Ap; Fr/P; 0-35 cm; bruno scuro (10YR4/3); franco limoso; scheletro comune, molto piccolo e piccolo; aggregazione poliedrica angolare, mediamente espressa; limite chiaro lineare.

- Bt1; Fsk/P; 35-115 cm; bruno scuro (10YR4/3); franco limoso; scheletro comune, da molto piccolo a piccolo; verso la base frequente aggregazione prismatica, mediamente espressa; pochi cutans argillosi; limite diffuso lineare.

- Bt2; Gm/P; 115-210 cm; bruno scuro giallastro (10YR4/4); franco argilloso; scheletro molto abbondante, piccolo; molti cutans argillosi (10YR5/3); limite chiaro.

- C; Gm; >210 cm; ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa incoerente (ghiaie composte da rocce sedimentarie terrigene a componente carbonatica; subordinate rocce intrusive, metamorfiche e carbonatiche).

### **Ceppo del Brembo (Bacino del Brembo, Pleistocene Inferiore)**

I conglomerati del Ceppo del Brembo, che costituiscono l'ossatura della conoide alluvionale brembana, affiorano in corrispondenza dell'incisione fluviale del fiume Brembo all'altezza di Ponte San Pietro.

Il Ceppo del Brembo é la più antica unità riconoscibile in superficie nella zona oggetto di studio, essa rappresenta il risultato della progradazione verso sud di un conoide alluvionale prossimale in cui erano dominanti i fenomeni di trasporto in massa.

Quest'unità è rappresentata litologicamente da conglomerati poligenici a supporto clastico e da

conglomerati ben cementati a matrice arenacea, al limite tra il supporto clastico e il supporto di matrice; intercalati ai conglomerati sono presenti livelli per lo più lenticolari di arenarie fortemente cementate che risultano di spessore da decimetrico a metrico e livelli di limo con sabbie fini argillose giallo-ocracee. Questi livelli fini sono legati ad episodi di sedimentazione connessi probabilmente a periodi di scarso apporto detritico sulla conoide alluvionale.

I conglomerati appaiono poco selezionati dal punto di vista granulometrico e risultano disposti in unità stratoidi mal definite di spessore fino a metrico.

I ciottoli presenti (dimensione media 25-30 cm) appaiono da subarrotondati ad ellissoidali e solo occasionalmente mostrano un'embricatura.

Petrograficamente tali conglomerati, a differenza di quelli del Ceppo dell'Adda che possiedono una diversa area di alimentazione, presentano un'affinità orobica con costituenti rappresentati da una maggiore presenza di rocce magmatico/metamorfiche (16-46%), e da tenori complessivamente più bassi di rocce sedimentario terrigene (8-38%) rappresentate prevalentemente da arenarie e conglomerati del Verrucano Lombardo e dalle vulcaniti del Collio che insieme, assumono carattere diagnostico per il riconoscimento del Ceppo del Brembo.

Il grado di cementazione è generalmente elevato ma la cementazione è distribuita in maniera disomogenea.

E' stata accertata l'esistenza di fenomeni di dissoluzione carsica lungo le superfici di discontinuità presenti che hanno determinato il formarsi di cavità sotterranee.

I processi pedogenetici che hanno interessato la sommità di tale unità, hanno prodotto un fronte di alterazione dal profilo pinnacolato definito ad "organi geologici".

## 7. GEOMORFOLOGIA ED ELEMENTI GEOPEDOLOGICI

In questo capitolo vengono descritte le forme di erosione e di accumulo riconosciute in corrispondenza del territorio comunale e riportate sulla carta della dinamica geomorfologica con elementi geopedologici (tavola n.2, scala 1:5000).

Lo studio geomorfologico si è articolato nelle seguenti fasi operative:

- raccolta della documentazione storica e bibliografica esistente;
- analisi ortofoto prodotte per la realizzazione del fotogrammetrico comunale (2007);
- rilievi diretti sul terreno;
- revisione finale e stesura della carta geomorfologica.

I criteri adottati per la redazione della carta geomorfologica, fanno riferimento alla legenda proposta dal “Gruppo di lavoro per la cartografia geomorfologica” per il rilevamento della Carta geomorfologica d’Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico Nazionale e Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia, Roma 1994).

La simbologia utilizzata nella stesura della carta ha come obiettivo quello di riconoscere i diversi sistemi morfogenetici distinguendo le forme di erosione da quelle di deposito. Nella legenda della carta geomorfologica ogni sistema morfogenetico è individuato con un colore diverso.

Nell’area di studio sono stati riconosciuti i seguenti sistemi morfogenetici:

- **il sistema fluviale** (con varie tonalità di verde);
- **il sistema gravitativo** (in colore rosso-marrone).
- **le forme legate all’attività antropica** (in colore rosso).

Gli elementi rappresentati in carta sono stati distinti oltre che per il diverso sistema morfogenetico di appartenenza, anche per il grado di attività che li caratterizza; tale distinzione è stata effettuata impiegando tonalità diverse del colore principale per distinguere tra elementi i cui processi risultano: attivi, quiescenti o inattivi.

Si definiscono forme:

- **attive:** tutte le forme e i depositi legati a processi in atto che ne determinano una continua evoluzione;

- **quiescenti:** tutte le forme e i depositi che mostrano evidenze geomorfologiche particolarmente marcate legate ad una recente attività (anche storica) e che non hanno ancora esaurito la loro capacità di riattivarsi e di evolvere ulteriormente;
- **inattive:** tutte le forme ed i depositi che nelle attuali condizioni climatiche non evolvono più o per l'assenza dell'agente morfogenetico che le ha prodotte oppure perché hanno esaurito la loro capacità evolutiva.

## 🚧 7.1 RILIEVO GEOMORFOLOGICO

Nella zona in questione, i processi geomorfologici naturali in grado di modificare la superficie topografica comunale risultano essere principalmente quelli legati all'attività **fluviale**, connessi alla presenza del reticolo idrico principale costituito dal fiume Brembo ad est e dal torrente Lesina in posizione assiale al territorio comunale e limitatamente dal reticolo costituito dal canale artificiale Enel ad uso idroelettrico e dalla roggia Masnada.

Le forme fluviali più recenti e meglio riconoscibili sul territorio comunale sono quelle connesse all'azione di erosione, di scorrimento e di deposito presenti lungo il torrente Lesina e in corrispondenza del bordo del terrazzo più recente del fiume Brembo.

L'unità fisiografica principale che caratterizza gran parte del territorio comunale è quella del “**Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.)**” formatosi per aggradazione e coalescenza delle varie conoidi prealpine, interrotto ad est dalla scarpata detritica che limita la più recente “**Valle attuale del fiume Brembo**” che risulta incassata all'interno dell'unità precedente.

**Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.).** Rappresenta la superficie topografica principale che costituisce gran parte della pianura.

Questa superficie regolare, che degrada dolcemente verso sud, corrisponde alla risultante della coalescenza dei diversi conoidi alluvionali presenti a partire dal piede delle Orobie; l'ambiente di deposizione di quest'unità è riferibile all'attività di corsi d'acqua pluricursali (braided), a basso indice di sinuosità ed elevata energia.

Durante le fasi di fusione glaciale, tali corsi d'acqua erano caratterizzati da portate liquide e solide sicuramente superiori rispetto a quelle attuali.

Sulla superficie del L.F.d.P. è stata riconosciuta, a nord del cimitero comunale, una debole depressione dal fondo arrotondato allungata verso sud, ricollegabile alla rielaborazione, successiva alla principale fase di deposizione fluvioglaciale, operata da un possibile ramo del torrente Lesina.

**Valle attuale del fiume Brembo.** Il limite con l'unità precedente è marcato da una scarpata continua diretta all'incirca N-S, alta 15-17 metri che attraversa tutto il territorio comunale. Tale scarpata è vegetata e non appare interessata da processi di natura gravitativa.

La valle attuale del fiume Brembo è costituita da 2 terrazzi alluvionali separati da altrettanti gradini morfologici ben evidenti, di altezza compresa tra i 3 e 5 metri, con sviluppo planimetrico notevolmente variabile a causa dell'antica divagazione dell'alveo del fiume succedutasi nella fase postglaciale. I terrazzi si sono sviluppati per erosione dei preesistenti depositi e dei sottostanti conglomerati e successiva rideposizione dei nuovi depositi alluvionali.

In corrispondenza del comune di Presezzo il torrente Lesina non ha delineato una propria valle come quella presente a Bonate Sotto che si sviluppa ed approfondisce sino alla confluenza con il Brembo. Le "scarpate" morfologiche quiescenti che delimitano la fascia debolmente depressa che ha subito l'influsso del torrente Lesina, non appaiono altro che blande ondulazioni di 1-2 metri di altezza massima.

In corrispondenza di alcuni punti, le sponde del torrente Lesina appaiono in erosione (forme attive).

Per quanto riguarda le forme legate all'attività antropica, oltre all'alterazione prodotta dall'intensa urbanizzazione dell'area, sono presenti: l'intaglio della nuova strada statale n. 342 Bergamo – Ambivere in trincea, con scarpate alte una decina di metri e le opere di protezione spondale lungo il torrente Lesina soprattutto a valle del cimitero comunale.

### 7.1.1 Legenda carta geomorfologica

Per l'area in questione si propone la seguente legenda:

#### *Forme di erosione dovute all'azione fluviale*

- orlo di scarpata di erosione fluviale attivo
- orlo di scarpata di erosione fluviale quiescente;
- orlo di scarpata di erosione fluviale inattivo;
- paleoincisioni (depressioni allungate connesse in passato alla presenza di corsi d'acqua);

#### *Forme dovute all'azione antropica*

- orlo di scarpata di origine antropica;

#### **UNITA' FISIOGRAFICHE**

- *Unità del Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.);*

- *Unità della Valle Attuale del Fiume Brembo (V.A.).*
- *Unità della Piana del torrente Lesina (P.L)*

### 7.1.2. Elementi geopedologici

L'inquadramento ivi tracciato e gli elementi geopedologici riportati sulla carta geomorfologica con elementi geopedologici (tavola n.2) sono stati tratti dalla pubblicazione ERSAL (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia oggi ERSAF Ente Regionale Servizi per l'Agricoltura e le Foreste) – “**I suoli dell'Isola Bergamasca**” (dicembre 1990) alla quale si rimanda per gli approfondimenti del caso.

Le descrizioni relative ai **profili di suolo** di seguito allegate, sono state condotte con la metodologia descritta da Sanesi (1976); i suoli sono stati classificati mediante i criteri adottati della “Soil taxonomy”.

Il sistema tassonomico americano, detto “Soil Taxonomy” (U.S.D.A., 1987), classifica i suoli in rapporto a proprietà osservabili direttamente in sito e misurabili sul terreno o in laboratorio; esso prevede il riconoscimento di orizzonti e caratteristiche “diagnostiche” del suolo, di regimi di temperatura e di umidità, che permettono di collocare il suolo stesso in una serie di sei livelli gerarchici, quali: ordine, sottordine, grande gruppo, sottogruppo, famiglia, serie. Le prime quattro categorie del sistema si riferiscono ai processi pedogenetici responsabili dell'evoluzione del suolo e si basano sull'individuazione di orizzonti diagnostici (superficiali e profondi) e delle proprietà più significative che esso possiede.

In questo modo il nome del suolo viene definito mediante sigle che si riferiscono a requisiti propri di ogni livello gerarchico. Ad esempio alla sigla “ALF”, che si riferisce a suoli con un orizzonte argilloso, detti alfisoli (ordine), verranno aggiunti dei prefissi indicanti proprietà importanti (es: “UD” per il regime di umidità **udico**), in modo da ottenere un nome che sintetizzi tutte le caratteristiche del suolo stesso (“UDALF”).

Il codice attribuito sulla cartografia Ersal a ciascuna Unità cartografica, è stato ripreso anche sulla Carta geomorfologica con elementi geopedologici di tavola 2.

Per quanto riguarda i suoli, sviluppatasi sul Livello Fondamentale della Pianura, compaiono:

- Suoli sviluppati sul L.F.d.P. in prossimità del rilievo del Monte Canto, ad elevata pietrosità superficiale: MAP1;
- Suoli sviluppati sulla superficie modale porzione centrale: BON1-BRE1;

- Suoli sviluppati lungo una fascia orientale caratterizzata dalla presenza di boschi cedui di latifoglie alternati a seminativi: BOS1-PLA1.

Per quanto riguarda il sistema dei terrazzi fluviali in destra orografica al Brembo si riconoscono:

- Suoli sviluppati sul terrazzo elevato più antico: DER1;
- Suoli sviluppati sulle alluvioni recenti sabbioso-ciottolose, rilevate di pochi metri rispetto all'alveo attuale. Aree caratterizzate da superficie sub-pianeggiante, intensamente coltivate a seminativo: BRB2.

Pertanto gli ordini di suoli individuati nel territorio indagato sono:

### **ALFISUOLI**

Si tratta di suoli ben evoluti, caratterizzati dal possedere un orizzonte argillico ben sviluppato, derivante da processi di illuviazione che accumulano nell'orizzonte **B** argille ricche in silice con contenuto in basi superiore al 35%. L'intensa lisciviazione deriva da un ciclo pedogenetico medio-lungo verificatosi su superfici geomorfologicamente stabili dove, in assenza di fenomeni di ringiovanimento (erosione o deposito), il suolo è in grado di seguire l'evoluzione climatica testimoniata da un'intensa rubefazione, da un elevato spessore degli orizzonti profondi e da un'elevata alterazione dei ciottoli inclusi.

Gli alfisuoli presenti ricadono tutti nel sottordine degli "Udalfs" e più precisamente:

#### **Hapludalfs.**

Si tratta di Alfisuoli a regime udico caratterizzati dalla mancanza di requisiti specifici che ne permettano l'inserimento in altri gruppi tassonomici.

Typic hapludalfs. Il profilo più rappresentativo del L.F.d.P. è il BON: al di sotto di un orizzonte arato di 40 centimetri, ricco di scheletro, con tessitura franco limosa, si rinviene un orizzonte Bt , particolarmente ricco in scheletro frequentemente alterato; l'orizzonte argillitico mostra una graduale transizione al substrato ghiaioso-ciottoloso in matrice sabbiosa attraverso orizzonti di transizione (BC e CB), che si caratterizzano per l'alta percentuale di scheletro mediamente alterato e per l'assenza dei carbonati fino ad oltre 2 metri di profondità.

Nei typic hapludalfs più sottili invece (ai margini orientali del L.F.d.P. della zona e sui terrazzi fluviali più antichi) il passaggio al substrato ghiaioso-ciottoloso poco alterato, di natura carbonatica, avviene a minori profondità ed in modo più repentino.

Le famiglie riscontrate tra i Typic Hapludalfs sono:

1) famiglia franco fine (fine loamy)

**BON** = suoli tipici della superficie modale del terrazzo fluvioglaciale recente già descritto sopra;

**DER** = suoli saturi in basi, sviluppati sulle alluvioni antiche del fiume Brembo, ricchi di scheletro carbonatico, dotati di orizzonte argillitico ben espresso e di considerevole spessore, passante gradualmente al substrato inalterato (C a 180 cm di profondità).

2) famiglia argilloso scheletrica (clayey skeletal)

**BOS** = suolo situato al margine orientale del terrazzo fluvioglaciale recente, moderatamente profondo, ricco in scheletro, con un orizzonte Bt molto arrossato e argilloso, facente graduale transizione al substrato ghiaioso ciottoloso di natura carbonatica.

3) famiglia scheletrico franca (loamy skeletal)

**MAP** = suolo del L.F.d.P. particolarmente ricco in scheletro di natura sabbiosa fin dalla superficie, avente un orizzonte argillitico mediamente espresso ed evidenze di spietramento nell'ambito dell'orizzonte arato.

Le caratteristiche principali delle unità cartografate sulla tavola 2 e dei corrispondenti suoli individuati in corrispondenza del territorio comunale sono riassunte nella sottostante tabella:

Unità cartografata				
Sigla	descrizione suolo	substrato pedogenetico	spessore (cm)	drenaggio
<b>MAP1</b>	pietrosità superficiale elevata con piccole pietre (<7,5 cm)	ghiaioso ciottoloso addensato in matrice franco sabbiosa	40-70	buono a volte rapido
<b>BON1-BRE1</b>	pietrosità superficiale da comune a elevata con pietre piccole e scarse pietre medie	ghiaioso ciottoloso (med. alterati) sciolto in matrice sabbiosa o sabbiosa-franca	80-110	buono
<b>BOS1-PLA1</b>	pietrosità superficiale elevata con pietre medie-grosse (>25 cm). Sovente l'orizzonte argillitico è molto rossastro	ghiaioso ciottoloso (non alterati) sciolto in matrice sabbiosa o sabbiosa-franca	50-80	buono a volte rapido
<b>DER1</b>	Suoli con scheletro che aumenta gradualmente con la profondità, tessitura franca, franco-limosa o sabbiosa in superf. e franco – limosa, franco argillosa in profondità	depositi fluviali grossolani (blocchi,ciottoli e massi non alterati con diam. medio 15-20 cm) in matrice sabbiosa di natura prev. carbonatica	60-100	buono a volte rapido
<b>BRB2</b>	Scheletro da assente a scarso in superficie, la tessitura e franco limosa e a volte franca	ghiaie e ciottoli fluviali non alterati con sabbia carbonatica	40-70	buono o rapido

Tabella n.8 Riassunto delle caratteristiche principali dei suoli individuati sul territorio comunale

## 8. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

In questo capitolo sono raccolte le conoscenze che riguardano il reticolo idrografico superficiale e la circolazione idrica sotterranea. Tali informazioni possono essere utilizzate per la localizzazione, la caratterizzazione quantitativa e qualitativa delle acque, e la difesa della risorsa idrica.

Le conoscenze acquisite sono riassunte nelle tavole n. 3, 4 e 5.

La carta dell'idrografia superficiale (tavola n.3) riporta in forma integrale il reticolo idrografico superficiale comprendente oltre al torrente Lesina, il canale ENEL e la roggia Masnada così come indicato nello studio per l'individuazione del reticolo idrico minore effettuato dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca nel febbraio del 2006.

La carta idrogeologica e della vulnerabilità (tavola n.4) riporta: le isolinee relative alla quota della superficie freatica (isofreatiche) relative al giugno-luglio 2010, i pozzi per acqua destinati ai vari usi, il valore della permeabilità dei terreni presenti.

Nel riquadro a sinistra della tavola è stata riportata la carta della soggiacenza della falda freatica.

### 8.1 IDROGRAFIA

Il reticolo idrografico del territorio comunale è costituito dal torrente Lesina (reticolo idrico principale), dal canale d'irrigazione Roggia Masnada (reticolo idrico di bonifica) e dal canale artificiale ENEL ad uso idroelettrico.

Il fiume Brembo scorre esternamente al limite comunale.

Sulla tavola n.3 è stato distinto: in **blu** il **reticolo idrografico principale** (ai sensi della D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002) costituito dal torrente **Lesina** che attraversa in posizione assiale il territorio comunale; in **verde** il **reticolo irriguo consortile** con sponde naturali ed in **magenta** il canale ENEL.

#### 8.1.1 Eventi alluvionali del torrente Lesina

Per quanto riguarda il torrente Lesina, in passato si sono verificati diversi eventi alluvionali con esondazione sia a monte che in corrispondenza dell'abitato, soprattutto in sponda destra. Di seguito si riportano alcune cronache storiche riportate sui quotidiani dell'epoca.

**Ottobre 1953.**

Si verificano estesi allagamenti a Locate, Presezzo, Madone e Mapello

(tratto da “Studio idrogeologico delle esondazioni dei fiumi Adda Serio e Brembo, A.A.V.V., 1988).

**06 luglio 1992** Allagamenti a Presezzo in Via Montessori (zona scuole medie), a Ponte San Pietro in Via Garibaldi e via Legler e a Locate.

Tratto dal Corriere della Sera del 7 luglio 1992: “Fiumi straripati, smottamenti, interi paesi allagati, strade e ferrovie bloccate: il luglio autunnale ha mandato sott'acqua l' intera regione.

I disagi più gravi si registrano nella Bergamasca e ..... Due giorni di piogge torrenziali hanno provocato in nottata lo straripamento di quattro affluenti del fiume Brembo, trasformando in un acquitrino la zona dell' Isola. .... Per gli abitanti dei 21 comuni bergamaschi della fascia compresa fra l' Adda e il Brembo, ieri mattina il risveglio e' stato drammatico: centinaia di box allagati, auto inservibili, viabilita' in tilt e due smottamenti. A Ponte San Pietro la statale briantea e la stazione ferroviaria sono rimaste bloccate per cinque ore: la linea per Milano e' stata ripristinata alle 10, quella per Lecco nel pomeriggio. Interrotta anche la provinciale per Terno d' Isola..... Il primo allarme e' scattato alle 3 ad Ambivere. Nel giro di due ore sono straripati i torrenti Dordo, Buliga e Lesina (non accadeva dal 1954), allagando diversi paesi.

..... Ponte San Pietro e Mapello sono i comuni più colpiti. Nel primo paese l'acqua tracimata dal torrente Lesina ha invaso la ferrovia e si e' riversata nelle vie del centro: allagati i negozi di via Garibaldi e l' oratorio. Colpiti dall'inondazione anche il cimitero e la chiesetta di Sant'Antonio, nella frazione di Locate.

**8 ottobre 1993** Esondazione del Lesina a Presezzo , Locate e Ponte San Pietro.

Lo studio geologico comunale del 1996 riporta il limite delle zone allagate dalla piena del torrente, ricostruito sulla base di testimonianze storiche. L'esonazione si verifica essenzialmente in corrispondenza della sponda destra del torrente. Si allegano alcune foto dell'epoca.



Foto n. 2 Nell'angolo in alto a sinistra il torrente Lesina in piena, ottobre 1993. (campo sportivo oratorio parrocchiale).



Foto n. 3 A destra il torrente Lesina in piena, ottobre 1993. (ansa in corrispondenza del punto di sovrappasso della tubazione gas all'altezza delle scuole medie).

**26 novembre 2002.**

L'Eco di Bergamo del 27/11/2002.

“Il 26/11/2002 il Lesina esonda nei pressi di Locate (Ponte San Pietro) causando la chiusura delle strade limitrofe.

A Presezzo difficoltà di transito sulla provinciale n.155 (Carvico – Ponte San Pietro) dove c'era stato un intervento per far defluire le acque”.

Il Giornale di Bergamo del 27 novembre 2002.

Secondo le rilevazioni dell'Ist. Sperim. di Maiscoltura di Stezzano dal 12 novembre al 26 novembre alle 15:30 sono caduti 316,7 millimetri di pioggia, tale quantità non ha precedente a partire dal 1880 fino al 2001.

### 8.1.2 Considerazioni sui livelli di piena del torrente Lesina

Per quanto riguarda il bacino del torrente Lesina è stato predisposto lo “Studio idrogeologico e progettazione preliminare a scala di sottobacino idrografico dei torrenti Lesina, Bregogna e affluenti”, redatto dall'A.T.P. Ing. Taccolini – Studio Maione, settembre 2010.

Lo scopo dello studio citato era quello di definire le tematiche sia di tipo geologico che di tipo idraulico, individuare le criticità a scala di sottobacino e proporre soluzioni secondo una scala di priorità d'intervento.

Di seguito si riportano alcune delle considerazioni riportate nella relazione idraulica allegata allo studio; per una lettura completa ed esaustiva occorre rifarsi al documento integrale.

Le valutazioni circa i livelli di piena sono state effettuate mediante l'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS elaborato dall'U.S. Army Corps of Engineers. Tale codice, ampiamente utilizzato in campo nazionale ed internazionale nello studio dei problemi di idraulica fluviale, a partire dalla conoscenza della geometria dell'alveo, dei valori di scabrezza e della portata, restituisce il **profilo di corrente monodimensionale**, corrispondente al passaggio della portata di riferimento.

È stato quindi simulato il funzionamento del corso d'acqua nell'assetto attuale al fine d'individuare le criticità esistenti per tempi di ritorno di 50 e 200 anni. Allo scopo sono state prodotte carte con riportate le aree esondabili per i suddetti tempi di ritorno e l'analisi idraulica dei manufatti di attraversamento.

La geometria dell'alveo, nel caso di Presezzo, è stata descritta attraverso l'inserimento di 36 sezioni trasversali rilevate con apposito rilievo topografico fornito dal *Consorzio di Bonifica della Media*

*Pianura Bergamasca* eseguito nel gennaio 2002 nell'ambito dello "Studio di sistemazione idraulica e naturalistica del torrente Lesina".

La definizione delle aree allagabili (cfr. carta di sintesi, tavola 9) in seguito al transito di onde di piena è stata effettuata confrontando i livelli idrici definiti dal modello idraulico nelle sezioni di calcolo con le quote delle sommità arginali ove questi ultimi sono presenti, ovvero con le quote dei limiti morfologici del letto di magra nei tratti in cui il corso d'acqua non è arginato.

Non è stato possibile "estendere" semplicemente la quota idrica individuata nelle diverse sezioni fino ad intersecare la corrispondente isoipsa del terreno circostante.

Viceversa, in corrispondenza delle sezioni in cui si verifica il sormonto degli argini, mediante il modello idraulico, si è valutato il volume di esondazione. Avendo inoltre a disposizione una cartografia di base sufficientemente dettagliata delle zone adiacenti al corso d'acqua, sono state definite, sulla base delle quote del terreno e degli elementi antropici esistenti, le aree soggette ad allagamento in seguito al transito delle onde di piena per i tempi di ritorno simulati.

Assegnate le condizioni al contorno e note le portate transitanti, mediante il modello idraulico sono stati ricostruiti i profili di piena, in condizioni di moto vario, del torrente Lesina per i tempi di ritorno considerati. I risultati, per il territorio comunale di Presezzo, sono riportati nella tabella seguente.

Sezione	Fondo m s.l.m.	Livello T50 m s.l.m.	Livello T100 m s.l.m.	Livello T200 m s.l.m.
139	240,71	243,04	243,13	243,12
138	239,73	241,93	241,95	241,95
137	239,77	241,56	241,58	241,58
136	239,69	241,28	241,3	241,3
134	239,1	240,64	240,66	240,67
133	238,69	240,32	240,35	240,35
132	238,36	240	240,02	240,02
131	237,66	239,58	239,61	239,61
130	237,32	239,02	239,04	239,05
129	236,12	238,63	238,66	238,67
128	236,6	238,15	238,17	238,18
127	235,44	237,86	237,86	237,86
126	235,29	237,58	237,58	237,58
125	234,67	237,34	237,34	237,35
124	234,38	237,3	237,3	237,31
123	234,33	236,25	236,33	236,37
122	234,04	235,99	236,08	236,15
121	233,52	235,72	235,8	235,84
120	233,44	235,42	235,46	235,49
119	232,82	235,05	235,09	235,11
118	232,37	234,81	234,86	234,89
117	232,31	234,74	234,79	234,83
116	232,41	234,39	234,44	234,47
115	231,99	234,18	234,24	234,29
114	231,62	234,25	234,32	234,36
113	231,34	233,82	233,85	233,87
112	230,88	233,35	233,37	233,37
111	231,02	233,06	233,08	233,09
110	230,36	232,62	232,65	232,65
109	230,3	232,32	232,34	232,36
108	230,07	231,83	231,86	231,87
107	229,61	231,3	231,35	231,36
106	229,51	231,2	231,22	231,26
105	229,2	230,83	230,85	230,89
104	229,22	230,75	230,76	230,8
103	228,94	230,67	230,68	230,73

Tabella n.9 Quota di fondo alveo e livelli di piena calcolati per tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

Sulla base di quanto sopra, emerge che lungo il corso d'acqua, vi sono diversi punti in territorio di Presezzo dove la massima portata transitabile è superiore all'attuale capacità di deflusso della sezione, per cui si vengono a creare delle situazioni di criticità che possono determinare esondazioni più o meno estese.

Come è possibile constatare, i livelli di piena calcolati con tempi di ritorno diversi: 50; 100 e 200 differiscono di poco.

**Il confronto tra i livelli di piena calcolati con tempo di ritorno di 200 anni (cautelativo) e la quota del piano campagna in corrispondenza delle sezioni topografiche considerate, ha consentito di valutare, laddove si verifica il sormonto delle sponde, l'entità dei tiranti idrici (cfr. tabella sottostante).**

**Per le sezioni dove sono presenti attraversamenti, lo studio sopracitato, da un'indicazione dei valori di velocità media della corrente idrica in alveo.**

Sezione	quota p.c. m s.l.m. dx	tirante idrico m dx	quota p.c. m s.l.m. sx	tirante idrico m sx	tratto da sezioni manufatti velocità corrente in alveo m/s
139	242,99	0,13	242,61	0,51	
138	242,14		241,77	0,18	2,02
137	241,27		241,77		
136	241,43		241,77		
135	241,39		241,89		
134	240,82		242,15		
133	240,39		240,09	0,26	
132	241,96		240,36		
131	240,03		239,39		
130	239,33		239,39		
129	237,85		240,55		
128	238,53		239,13		
127	237,85	0,01	239,13		
126	237,53		237,88		
125	237,18		236		
124	236,79	0,52	237,01		2,2
123	236,79		237,01		
122	236,79		236,16		
121	235,86		236,4		
120	235,39		235,97		
119	236,17		236,51		2,74
118	234,43	0,46	235,97		
117	235		235,97		
116	235,44		235,7		
115	235,57		235,41		
114	234,72		235,43		
113	234		234,42		2,02
112	234,72		234,11		
111	232,84	0,25	233,74		
110	232,57	0,08	233,25		
109	232	0,36	233,07		
108	231,44	0,43	232,9		
107	232,26		231,38		2,76
106	231,91		231,25		
105	231,91		230,89		
104	232,14		231,38		
103	231,66		231,38		

Tabella n.10 Tiranti idrici riferiti alla piena con tempo di ritorno duecentenario.

**Come è possibile constatare i tiranti idrici risultano sempre contenuti entro il mezzo metro; inoltre, la velocità media della corrente in corrispondenza delle sezioni di deflusso dove sono presenti le 5 opere di attraversamento, non supera mai i 2,8 m/s, di conseguenza in corrispondenza delle aree di possibile esondazione, la velocità di flusso risulterà sicuramente**

inferiore a tale valore.

Secondo quanto indicato nel grafico di figura 4 “Livello di pericolo in aree inondabili” dell’Allegato 4 D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, con tali tiranti idrici e velocità inferiori ai 3 m/s, si cade nel campo delle “Aree urbanizzabili a seguito di opere di mitigazione del rischio con accorgimenti costruttivi quali quelli definiti nell’Art. 4 (classe di fattibilità 3)”.

Occorre inoltre precisare che, sono diverse le sezioni che pur non risultando critiche, hanno un franco inferiore al mezzo metro rispetto al livello di piena duecentenaria.

### 8.1.3 Le fasce fluviali del fiume Brembo

In relazione agli episodi di piena verificatisi in passato, l’Autorità di Bacino Fiume Po, per l’intero bacino del Po ha studiato ed ha delimitato le aree allagabili in concomitanza di eventi di piena con diverso tempo di ritorno dei principali affluenti il Po, tra cui il fiume Brembo.

All’Art. 28 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), vengono così classificate le fasce fluviali:

- **Fascia di deflusso della piena (Fascia A)**, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento (fluisce almeno l’80% della portata duecentenaria  $Q_{200}$ ), ovvero che è costituita dall’insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.
- **Fascia di esondazione (Fascia B)**, esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento ( $Q_{200}$ ). Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento).
- **Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)**, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi della piena di riferimento (piena con  $Tr > 200$  anni o in assenza di essa  $Q_{500}$ ).

Con la deliberazione n.18 del 26 aprile 2001, l’Autorità di Bacino fiume Po, ha adottato il Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (sulla base delle risultanze delle Conferenze Programmatiche svolte ai sensi della Legge 11 dicembre 2000 n. 365 e delle relative deliberazioni delle Giunte Regionali). Tale approvazione definitiva è avvenuta con il D.P.C.M. del 24 maggio 2001.

Tale documento rappresenta il riferimento per quanto riguarda la definizione e la delimitazione delle condizioni di pericolo di natura idraulica è quindi lo strumento indispensabile ai fini della progettazione urbanistica, della progettazione delle opere e degli interventi di messa in sicurezza.

Le fasce fluviali A, B e C definite dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e relative al fiume Brembo per il territorio in esame, sono riportate sulla figura seguente (vedi "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali" Adda 11 Brembo 02, fasce PAI foglio 97 sezione II – Trezzo sull'Adda, settembre 1999).

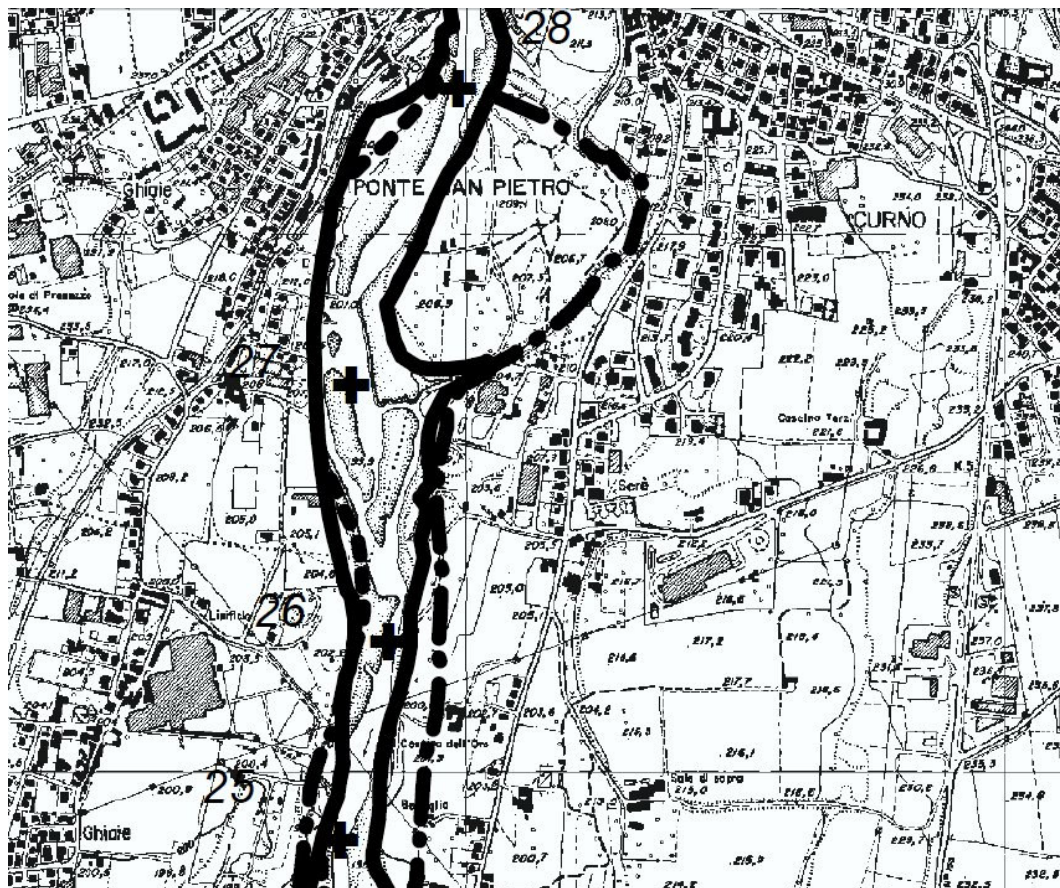


Figura n. 3 Stralcio cartografico tratto dalle "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali (P.A.I.)". Con la linea tratteggiata è indicato il limite della fascia A; con la linea continua il limite della fascia B e con la linea tratto-punto, il limite di fascia C. Le croci indicano l'ubicazione delle sezioni di calcolo.

Nella "Direttiva sulla Piena di Progetto.....", l'Autorità di bacino del fiume Po, in corrispondenza del tratto di fiume in questione, fornisce il valore della portata di piena con diversi tempi di ritorno e i relativi livelli della Piena di Progetto in corrispondenza delle sezioni idrauliche indicate con la croce e con un numero progressivo, a partire dalla confluenza in Adda, a Canonica d'Adda, verso monte.

Sezione n.	Progressiva dalla sorgente (Km)	Quota idrometrica di piena (Q200) in m s.l.m.
028	53,660	205,16
027	54,202	202,74
026	54,732	199,81
025	55,101	197,66

Tabella n.11. Quota idrometrica riferita al livello del mare in corrispondenza delle sezioni indicate nello stralcio della carta delle fasce fluviali (vedi figura sopra).

Per il Brembo l'Autorità di Bacino del fiume Po indica una portata a Ponte Briolo; Q=830 mc/s con T=20 anni; Q=1040 mc/s con T=100 anni; Q=1130 mc/s con T=200 anni e una Q=1250 mc/s con T=500 anni.

**Da come si può appurare, le fasce fluviali PAI non interessano il comune di Presezzo.**

#### 8.1.4 Le rogge e i canali irrigui

Nel presente capitolo si passano in rassegna le notizie tratte da diverse pubblicazioni sulle rogge presenti sul territorio comunale e ricadenti nel Comprensorio del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca.

Per quanto riguarda lo sviluppo delle rogge e dei canali che interessano il territorio comunale, si è fatto riferimento allo studio per l' "**Individuazione reticolo idrico**" comunale redatto dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca nel dicembre 2010 (approvato dall'autorità competente in data 21/06/2011).

Il reticolo idrico comunale oltre al torrente Lesina già citato, è costituito dal canale artificiale ENEL ad uso idroelettrico e dalla roggia Masnada.

#### **Canale idroelettrico ENEL.**

Il canale idroelettrico ENEL deriva all'altezza dell'abitato di Ponte San Pietro, con direzione SSW attraversa i comuni di Presezzo, Bonate Sopra e Sotto (prima centrale), quindi prosegue parallelamente al Brembo sino a monte del ponte dell'autostrada A4 (Filago) dove serve la seconda centrale idroelettrica.

**Roggia Masnada.**

La roggia Masnada trae alimentazione direttamente dal canale ENEL all'altezza di Presezzo per proseguire, anche se in gran parte coperta, sino a Bonate Sotto. In condizioni normali la portata è di circa 200 l/s.

## ✚ 8.2 IDROGEOLOGIA

Sulla carta idrogeologica di tavola n.4, sono stati ubicati i pozzi per acqua censiti sul territorio comunale e distinti in: pozzi pubblici ad uso idropotabile e pozzi privati a uso diverso.

Per il censimento dei pozzi esistenti sul territorio comunale ci si è riferiti alla “Banca dati delle risorse idriche” del sistema informativo territoriale (SITER) della Provincia di Bergamo.

Allo stato attuale, nell’ambito del territorio comunale, sono stati censiti complessivamente: 1 pozzo pubblico comunale ad uso idropotabile gestito dalla società Hidrogest S.P.A. ed attualmente non in uso, 1 pozzo pubblico comunale utilizzato ad uso irriguo, 3 pozzi privati di cui 2 non utilizzati e 2 vecchi pozzi poco profondi.

E’ importante precisare che i pozzi più recenti captano tutti l’acquifero freatico e che il pozzo ad uso idropotabile di via Pascoli, interessato dalla presenza di atrazina (D.G.R. n.4/39878 del 17/02/1989) e da Cromo VI, è attualmente ancora inutilizzato.

L’esame delle descrizioni stratigrafiche disponibili ha consentito di riconoscere le caratteristiche stratigrafiche e granulometriche dei terreni presenti, di correlarle tra loro ed identificare le diverse unità idrogeologiche presenti ricostruendo la struttura idrogeologica locale.

Sono state prodotte pertanto due sezioni idrogeologiche rappresentate sulla tavola n.5 (scala verticale 1:1000 e scala orizzontale 1:5000):

- Sezione n.1 settore orientale del territorio comunale e orientata N-S\_NNW-SSE\_WNW-ESE;
- Sezione n.2 settore occidentale del territorio comunale e orientata NNE-SSW.

### ✚ 8.2.1. Struttura idrogeologica

Questo capitolo trae lo spunto da quanto riportato in studi idrogeologici condotti in passato e dalla ricostruzione delle due sezioni idrogeologiche di tavola n.5.

Sulla base di quanto emerso è **stato possibile ricostruire un modello idrogeologico del sottosuolo riconoscendo 5 unità le cui caratteristiche vengono di seguito descritte.**

A partire dalla superficie topografica sono state distinte, procedendo dall'alto verso il basso, le seguenti unità idrogeologiche:

- 1a. Unità ghiaioso-sabbiosa.** L'Unità idrogeologica è presente in superficie laddove affiorano i depositi fluvioglaciali più recenti appartenenti all'Unità geolitologica di Treviglio e alle Unità postglaciali; essa è sostituita, spostandoci verso ovest, dall'**Unità ghiaioso-sabbioso-limosa**. Si tratta di depositi prevalentemente sciolti costituiti da ghiaie poligeniche anche grossolane e sabbie con intercalati sottili livelli di sabbie/sabbie limoso-argillose. Lo spessore medio di quest'unità è contenuto tra i 10 e i 35 metri.
- 1b. Unità ghiaioso-sabbioso-limosa.** Tale unità è presente in superficie laddove affiorano i depositi fluvioglaciali più antichi appartenenti all'Unità Carvico e all'Unità di Palazzago; questa unità idrogeologica viene sostituita, spostandosi verso ovest, dall'**Unità ghiaioso-sabbiosa**. E' costituita da ghiaie in abbondante matrice limoso-(argillosa), il suo spessore varia tra 20 e 30 metri.
- 2. Unità conglomeratica (Ceppo s.l.).** E'costituita da bancate metriche di conglomerati poligenici ben cementati alternate a livelli di ghiaie anche grossolane poco cementate. Son presenti anche livelli/strati di sabbie talora cementate (arenarie). Risultano subordinate e sottili le intercalazioni di livelli di limi argillosi che non appaiono possedere un'elevata continuità laterale (lenti).  
La cementazione carbonatica dei conglomerati è diffusa e mostra una distribuzione irregolare che favorisce l'insorgere di processi d'alterazione e di dissoluzione. La disomogenea distribuzione della cementazione, unita alla presenza di superfici di discontinuità, determina un comportamento idrogeologico estremamente variabile; la circolazione idrica sotterranea infatti si sviluppa lungo vie preferenziali in modo simile a quanto si verifica per i circuiti carsici favorendo così gli scambi tra acque che circolano nei diversi livelli acquiferi.  
Tale unità rappresenta l'**acquifero freatico principale** della zona che ospita una **falda di tipo libero**, nella zona di studio si estende generalmente da una profondità di 20-30 metri sino ad un massimo di 100-110 metri di profondità ed è dotato di una buona potenzialità idrica.
- 3. Unità ghiaioso – argillosa.** Tale unità si è deposta in un ambiente di transizione tra quello di conoide alluvionale, ben più rappresentato spostandosi verso nord, e quello lacustre-palustre, eteropico al precedente e che risulta più evidente spostandosi verso sud. La **sottounità ghiaiosa** è costituita da un'alternanza di ghiaie e sabbie prevalenti, con estesi livelli metrici di argille limose o argille (**sottounità argillosa**).

I livelli più grossolani costituiscono gli **acquiferi semiconfinati o confinati** che ospitano le **falde** captate dai pozzi più profondi. Complessivamente questi acquiferi risultano protetti a scala locale e non a scala regionale (sistema multiacquifero); sono dotati di una discreta potenzialità idrica ed ospitano acque di buona qualità.

4. **Unità limoso-argillosa.** E' costituita prevalentemente da limi argillosi e/o sabbiosi ed argille di origine continentale con orizzonti di torbe nerastre. A tali litotipi si intercalano sottili livelli ghiaioso-sabbiosi o conglomeratici sede di falde acquifere profonde di tipo confinato dotate di una scarsa potenzialità idrica.

L'ambiente deposizionale è lacustre-palustre ed il colore prevalente dei sedimenti è il grigio, grigio-azzurro o il grigio-verde. Tale unità rappresenta il substrato impermeabile posto alla base della successione pleistocenico-olocenica (depositi villafranchiani). Tale unità non è presente con continuità.

5. **Substrato roccioso.** E' presente alla base dei depositi quaternari e risulta privo di una circolazione idrica significativa.

E' stato individuato a profondità notevolmente diverse, dai 40 metri in corrispondenza del pozzo dell'Isolotto di Ponte San Pietro sino ai 109 metri in corrispondenza del pozzo idropotabile di via Pascoli nel centro abitato di Presezzo. A valle dell'abitato di Ponte San Pietro si approfondisce notevolmente.

### 8.2.2. Acquiferi

All'interno delle unità idrogeologiche sopradescritte, sono stati riconosciuti essenzialmente tre acquiferi di cui uno a carattere locale e due a carattere regionale: un acquifero sospeso; un acquifero freatico superficiale ed un acquifero profondo. Il primo è posto all'interno della prima decina di metri di depositi ghiaiosi sciolti, il secondo risiede all'interno dell'**Unità conglomeratica** mentre il terzo all'interno dell'**Unità ghiaioso-argillosa**.

#### **Acquifero superficiale di tipo sospeso.**

L'acquifero sospeso, secondo quanto riportato nello studio geologico del 1996 sarebbe alimentato dalla circolazione idrica di subalveo del torrente Lesina. La capacità di mantenersi a ridotta profondità sarebbe legata alla presenza di un acquitard situato a ridotta profondità.

La conferma dell'esistenza di tale orizzonte di base all'acquifero sospeso, è giunta dall'effettuazione di 6 S.E.V. sul L.F.d.P. (U. di Carvico), condotti nel corso della stesura dello "Studio geologico idrogeologico del territorio comunale" del 1996.

Le sezioni elettrostratigrafiche hanno evidenziato la seguente successione stratigrafica superficiale:

- prima unità (da 0 a 1-4,5 metri di profondità), rappresentata dalla coltre più superficiale e alterata di terreno con prevalenza di materiale fine (limo e argilla);
- seconda unità (spessore variabile tra 4,5 e 13 metri), costituita da terreno permeabile ghiaioso-sabbioso. Tale presenza non è stata confermata dai SEV n.2 e 3 situati rispettivamente a nord dell'abitato in sinistra al Lesina e a nord del cimitero in destra Lesina dove vengono segnalati terreni fini con spessore di 8,5-10 metri;
- terza unità (spessore variabile tra 11 e 28 metri), costituita da terreni prevalentemente fini (limo argilloso sabbiosi) che presentano un'elevata continuità e omogeneità laterale. Tale unità rappresenta il livello semipermeabile o "Aquitard" che funge da letto alla falda freatica di tipo sospeso e la cui sommità è posta alla profondità di circa 11 metri;
- quarta unità (spessore variabile tra 38 e 55 metri), strato resistivo costituito dai conglomerati;
- quinta unità (profondità superiore ai 70-80 metri), strato conduttivo costituito da limo argilloso sabbioso con ghiaia e ciottoli.

Per questo acquifero è stato possibile acquisire dati relativamente all'escursione della superficie. La misurazione periodica è stata effettuata in un vecchio pozzo ubicato nell'abitato da personale del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca.

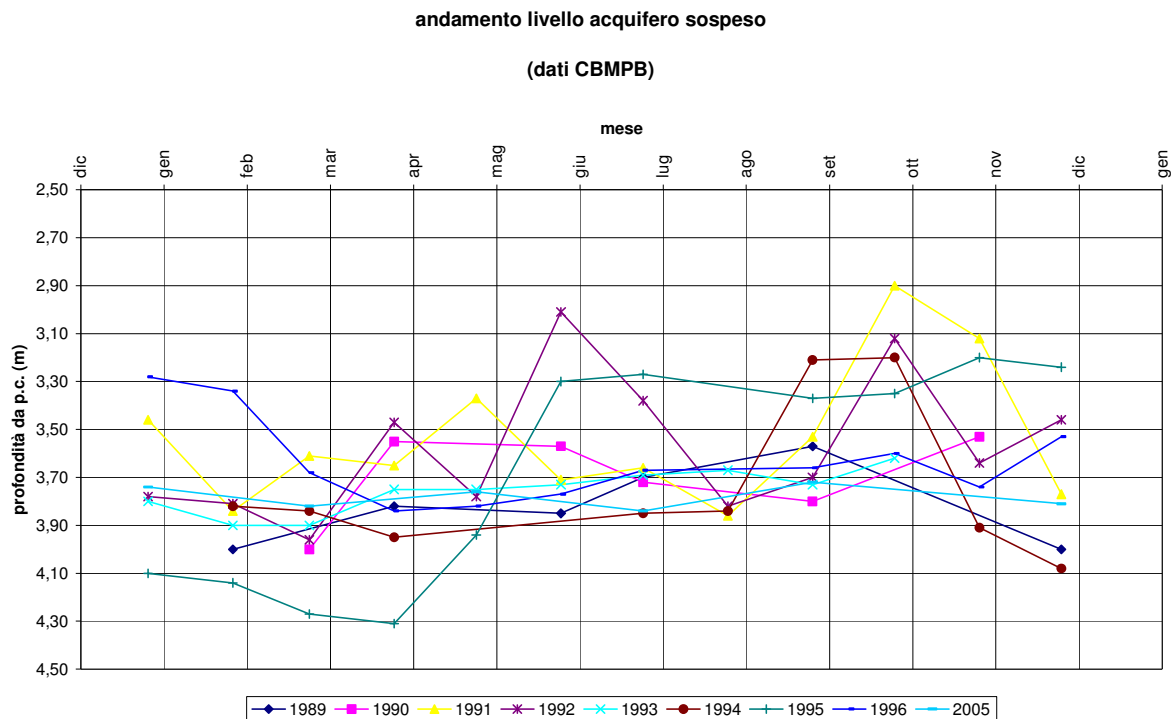


Figura n. 4 Oscillazione annuale del livello acquifero sospeso (dati Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca)

Come visibile, a parte escursioni legate a periodi piovosi, il livello sembra mantenersi su valori di soggiacenza compresi tra 3,5 e 3,9 metri da piano campagna.

#### Acquifero superficiale.

L'acquifero libero, situato all'interno dell'unità conglomeratica, risulta essere l'acquifero principale e il più produttivo, con portate specifiche variabili tra 1 e 15 l/s/m in relazione alla condizione di alimentazione da monte.

L'acquifero superficiale ospita una falda freatica la cui ricarica, **nella zona in questione**, può avvenire essenzialmente attraverso i seguenti meccanismi:

- **ricarica diretta per infiltrazione dalla superficie, delle acque di precipitazione;**
- **alimentazione da monte attraverso la circolazione idrica sotterranea.**

La conoscenza della direzione di flusso delle acque sotterranee risulta indispensabile per valutare la zona di alimentazione a monte e la direzione di propagazione verso valle dei possibili inquinanti presenti in falda.

Pertanto per una ricostruzione aggiornata e più dettagliata dell'andamento della superficie della

falda freatica, è stata effettuata dallo scrivente, nel giugno-luglio 2010 una campagna freaticometrica in corrispondenza dei pozzi/piezometri della zona (vedi tabella n.5).

numero	comune	quota (CTRL) m s.l.m.	livello rispetto p.c.	quota falda m s.l.m.
1	Ponte San Pietro	242,5	<b>32,82</b>	209,68
2	Ponte San Pietro	224	<b>18,03</b>	205,97
3	Bonate Sopra	205	<b>9,57</b>	195,43
4	Presezzo	238,5	<b>38,07</b>	200,43
5	Presezzo	233,5	<b>2,89</b>	230,61
6	Presezzo	233,5	<b>40,98</b>	192,52
7	Presezzo	242	<b>38,64</b>	203,36
8	Presezzo	238	<b>37,6</b>	200,4
9	Bonate Sopra	205	<b>10</b>	195
10	Bonate Sopra	224	<b>47,7</b>	176,3
11	Ponte San Pietro	242	<b>39,2</b>	202,8

Tabella n.12 Livelli statici falda freatica. Il livello di 2,89 da p.c. si riferisce all'acquifero di tipo sospeso.

Per effettuare tale ricostruzione sono state utilizzate esclusivamente letture di livello statico relative alla falda freatica; successivamente si è proceduto ad unire i punti posti ad uguale quota piezometrica con linee denominate isofreatiche.

Per fare ciò le misure di livello sono state elaborate utilizzando un metodo d'interpolazione areale dei dati (kriging) che ha permesso la ricostruzione della geometria della superficie della falda freatica riportata sulla tavola n.4.

La campagna di misurazione dei livelli statici e la ricostruzione dell'andamento delle isofreatiche consente di esprimere una serie di considerazioni:

- ⇒ la morfologia della falda appare di tipo radiale convergente. Si distinguono: il settore orientale che subisce l'effetto alimentante del fiume Brembo, dove la direzione del flusso idrico sotterraneo va da NNE verso SSO e il gradiente idraulico medio risulta del 9‰ e il settore centro occidentale caratterizzato da un flusso idrico sotterraneo diretto all'incirca N-S e gradiente idraulico dell'1% circa;
- ⇒ la ridotta profondità del substrato roccioso, all'altezza dell'abitato di Ponte e più a est, sembra favorire una migliore circolazione idrica in direzione sud-ovest. Ciò appare confermato anche dall'orientazione assunta dal plume inquinante del Cromo esavalente;
- ⇒ la superficie di falda all'atto dei rilievi si poneva ad una quota compresa tra 208 e 190 m s.l.m. in corrispondenza rispettivamente dall'estremità nord e sud del territorio comunale;
- ⇒ la soggiacenza della falda (profondità dal piano campagna), risulta compresa tra i 5 metri in vicinanza all'alveo del fiume Brembo, sino ai 40 metri in corrispondenza del settore centro meridionale del territorio comunale.

La quota della falda freatica riportata sulla tavola n.4 è espressa in metri sul livello medio del mare (s.l.m.), mentre la profondità della superficie della falda rispetto al piano campagna (**soggiacenza**) è stata ottenuta sottraendo, punto per punto, dalla quota della superficie topografica, la quota alla quale è posta la superficie freatica (vedi parte sinistra tavola n.4).

Sulla carta idrogeologica e della vulnerabilità (tavola 4) oltre alle isofreatiche sono stati riportati i seguenti elementi:

- i pozzi pubblici e quelli privati di cui è stato possibile accertarne l'esistenza;
- le zone a diversa permeabilità superficiale;
- la direzione del flusso idrico sotterraneo (per la falda freatica);
- la traccia delle 2 sezioni idrogeologiche ricostruite.

Non è stato possibile reperire informazioni sia dell'escursione storica del livello della superficie della falda freatica che della correlazione tra l'andamento stagionale dei livelli freatici e gli apporti meteorici.

### **Acquiferi profondi**

Al di sotto l'acquifero freatico superficiale, l'unità ghiaioso-argillosa ospita un sistema di acquiferi confinati sovrapposti. Le acque di questi acquiferi sono caratterizzate da un più ridotto tasso di rinnovamento e pertanto non risultano ancora interessate dal decadimento qualitativo che ha interessato la falda freatica (acquifero superficiale).

Verticalmente, a scala locale, gli acquiferi risultano isolati e protetti dall'acquifero superficiale grazie alla presenza, a diversa profondità, di orizzonti impermeabili di separazione spessi e continui.

Per quanto riguarda i livelli piezometrici che caratterizzano l'acquifero profondo multistrato, non sono disponibili dati di monitoraggio.

Un contributo più recente alla conoscenza degli acquiferi della Pianura Padana è fornito dalla recente pubblicazione della Regione Lombardia e ENI Divisione AGIP "Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia", anno 2002. Tale documento rappresenta la sintesi dei dati relativi al sottosuolo della pianura padana di stratigrafie pozzi AGIP, sondaggi profondi e pozzi per acqua.

Gli autori definiscono nuove unità idrostratigrafiche definendo essenzialmente **4 Gruppi acquiferi: A, B, C, D**; ciascun gruppo possiede un proprio flusso idrico e un livello di falda distinto. Queste quattro unità principali sono limitate alla base da barriere di permeabilità a carattere regionale costituite da livelli impermeabili (aquicludo) o da livelli non impermeabili ma comunque di ridotta permeabilità (aquitardo).

In ogni gruppo acquifero possono essere riconoscibili diversi **Complessi Acquiferi** separati da livelli a ridotta permeabilità/impermeabili. Ogni complesso è costituito da un **Sistema Acquifero** (sistema di serbatoi con barriere di permeabilità locali) e da un **Sistema Aquitardo** (insieme di corpi a bassa permeabilità o impermeabili contenenti serbatoi di limitata estensione).

Rispetto alla struttura idrogeologica locale ricostruita attraverso l'esame delle stratigrafie dei pozzi comunali, questo studio di più ampia scala, consente di trarre ulteriori considerazioni.

Nel caso specifico, il Gruppo A ed il Gruppo B comprendono le due unità ghiaioso sabbiosa e ghiaioso-sabbiosa-limosa e gran parte di quella a conglomerati; il Gruppo C e il Gruppo D comprendono l'unità ghiaioso-argillosa e quella limoso-argillosa.

Partendo dalla superficie i caratteri salienti di ogni gruppo sono:

**Gruppo A:** l'ambiente di sedimentazione è esclusivamente continentale con sistemi di deposizione di piana alluvionale ad elevata energia e quindi prevalgono ghiaie grossolane poligeniche a matrice sabbiosa. Si verifica una riduzione della granulometria da nord verso sud che comporta, nelle aree distali (meridionali), la presenza di livelli argillosi che determinano confinamenti locali della falda. Per questo gruppo viene segnalata la presenza di una barriera di permeabilità a carattere regionale che interseca il piano campagna all'altezza del pozzo Agip - **Pianengo**.

**Gruppo B:** è molto simile al gruppo precedente per ambiente di deposizione e prevalenza di granulometrie grossolane, risulta quindi spesso difficilmente distinguibile dal precedente. Si nota un generale aumento della granulometria verso l'alto stratigrafico: si passa da prevalenti sabbie con intercalazioni di argille siltose verdi e resti organici alla base, a ghiaie prevalenti nella zona prossimale dei rilievi o sabbie in quella distale. In tutta la pianura lombarda questo gruppo segna il passaggio verso l'alto all'ambiente continentale di piana alluvionale ad elevata energia dominata da corsi d'acqua di tipo braided e direzione di alimentazione da N a S. .

**Gruppo C:** rappresenta la rapida progradazione, da W a E (o NW-SE), dei sistemi deposizionali padani nell'antistante bacino di sedimentazione. A ciò è legata la notevole variabilità degli ambienti di sedimentazione: si passa da quello marino di piattaforma all'ambiente di transizione deltizio o litoraneo fino a giungere all'ambiente continentale con depositi di piana alluvionale di bassa energia con corsi d'acqua a meandri.

Le datazioni attribuiscono tale gruppo alla parte bassa del Pleistocene Medio.

Si riconoscono **due cicli deposizionali** separati da una fase di trasgressione marina. Partendo dal basso, il **ciclo inferiore** è costituito da: depositi marini di piattaforma con argille siltoso-sabbiose grigie fossilifere; si passa poi agli ambienti litoranei di transizione con sabbie prevalenti e quindi a quelli deltizi a sabbie grossolane, quindi si arriva all'ambiente continentale di bassa energia con piane alluvionali a sabbie prevalenti con alternate argille siltose verdi e argille palustri bruno

nerastre. La trasgressione è rappresentata prima dal passaggio a sabbie e limi litoranei e quindi ad argille marine grigie fossilifere. All'inizio del **ciclo superiore** si ha di nuovo l'ambiente continentale di piana alluvionale con lo sviluppo di sistemi deltizi a sabbie prevalenti che costituiscono importanti ed estesi serbatoi idrici.

**Gruppo D:** rappresenta un sistema deposizionale di delta-conoide progradante da nord verso sud. Alla base prevalgono le argille siltose e i limi con sottili intercalazioni di sabbie fini che sono sostituite gradualmente verso l'alto da sabbie e ghiaie. Le datazioni lo attribuiscono alla parte alta del Pleistocene Inferiore. Nel sondaggio Agrate RL-4 è stato incontrato alla profondità di 132 metri.

Alla base della sequenza sedimentaria è presente il Gruppo Acquifero saturo di acqua salmastra/salata.

Secondo quanto riporta la sezione idrogeologica n.3, di cui viene fornito uno stralcio nella sottostante figura, nella zona in questione i quattro complessi acquiferi dovrebbero essere saturati esclusivamente da acqua dolce.

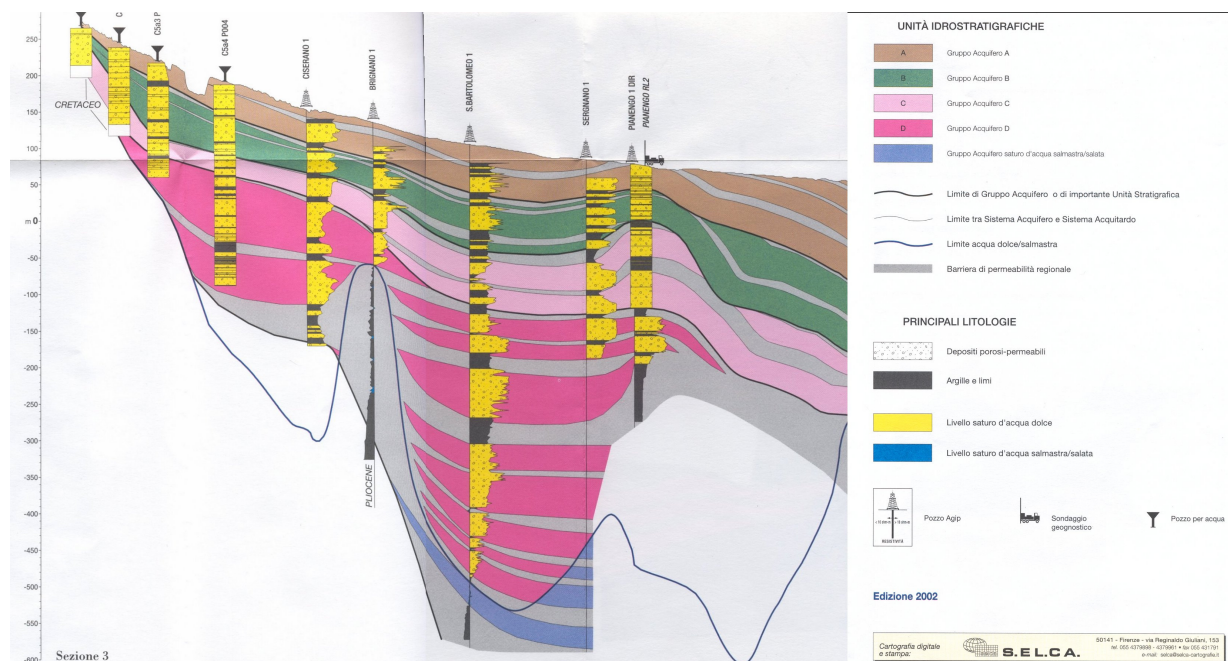


Figura n.5 Acquiferi riconosciuti nel sottosuolo Bergamasco (tratto da Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, a cura Regione Lombardia, Eni, AA.VV., 2002).

### 8.2.2.1. Conducibilità idraulica terreni

In questo capitolo si riportano le indicazioni tratte dalla bibliografia circa la conducibilità idraulica che caratterizza i terreni presenti nel sottosuolo comunale. Si individuano le seguenti classi di valori:

- $10^{-2}$ - $10^{-3}$  m/s: per ghiaie ciottolose con sabbie;
- $10^{-3}$ - $10^{-4}$  m/s: per ghiaie e sabbie debol. limose;
- $10^{-3}$ - $10^{-5}$  m/s: per ghiaie e sabbie da debol. limose a limose;
- $10^{-4}$ - $10^{-6}$  m/s: per ghiaie in matrice limoso-sabbiosa;
- $10^{-6}$ - $10^{-8}$  m/s: per limi sabbiosi sommitali delle coltri loessiche o di esondazione, limi sabbioso argillosi, ghiaie-limoso-argillose, sabbie con limo ghiaioso-argillose o ghiaie con limo argilloso;
- variabile: conglomerati con vario grado di cementazione.

La permeabilità è legata sia alla composizione granulometrica originaria che al diverso grado di alterazione che interessa i costituenti il deposito, ciò infatti influenza la diversa percentuale di matrice (sabbia fine, limo e argilla) presente.

Pertanto alla prima e alla seconda classe appartengono i depositi che costituiscono l'Unità Postglaciale (non considerando le coltri sommitali costituite da sabbie/limi di esondazione).

Alla terza classe appartengono i depositi fluvioglaciali dell'Unità di Treviglio e quelli alluvionali della piana del Lesina, con locale presenza di matrice limosa (non considerando le coltri sommitali costituite da sabbie/limi di esondazione).

Alla quarta classe appartengono i depositi fluvioglaciali dell'Unità di Carvico e dell'Unità di Palazzago.

Le coltri sommitali di limi sabbiosi appartengono alla quinta categoria.

In relazione ai valori sopraindicati è stato possibile suddividere il territorio comunale in zone a diversa conducibilità idraulica superficiale (vedi tavola n.4).

### 8.2.3. Vulnerabilità degli acquiferi

Per vulnerabilità all'inquinamento s'intende la facilità o meno con cui le sostanze inquinanti possono penetrare nel sottosuolo, propagarsi, e persistere in un determinato acquifero.

La definizione del grado di vulnerabilità all'inquinamento delle falde sotterranee consente di:

- ⇒ fornire indicazioni circa il diverso grado di idoneità di vari settori ad accogliere insediamenti o attività impattanti;
- ⇒ localizzare punti o situazioni di incompatibilità dello stato di fatto, così da consentire interventi per l'attenuazione del rischio;
- ⇒ contribuire all'individuazione di vincoli urbanistici per la corretta gestione di determinate attività.

L'analisi della vulnerabilità all'inquinamento delle falde idriche sotterranee procede attraverso le seguenti fasi operative:

- ⇒ definizione delle caratteristiche litologiche, idrogeologiche e idro-geochimiche del territorio in esame;
- ⇒ accertamento della situazione di fatto nell'ambito del territorio comunale;
- ⇒ attribuzione di un grado di vulnerabilità naturale ai differenti settori idrogeologici omogenei del territorio comunale.

Prima di procedere occorre innanzitutto distinguere tra: vulnerabilità naturale o intrinseca e vulnerabilità integrata.

Per vulnerabilità naturale o intrinseca s'intende quella legata alle caratteristiche naturali dell'acquifero e che definisce il grado di protezione dell'acquifero; per vulnerabilità integrata s'intende quella che considera anche la pericolosità teorica all'inquinamento connessa alla presenza di attività produttive.

Nel caso specifico si considera esclusivamente la vulnerabilità intrinseca del territorio comunale .

**In letteratura sono proposte diverse metodologie, fra queste, quella utilizzata, è stata proposta da De Luca e Verga in "Una metodologia per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi" (Acque Sotterranee Fasc. n. 29 Marzo 1991).**

Occorre distinguere innanzitutto tra **vulnerabilità legata a fenomeni locali** e **vulnerabilità a scala regionale** legata a fenomeni a più grande scala verificatisi a monte del territorio di studio.

Nel primo caso è fondamentale l'aspetto legato alla permeabilità verticale, isotropia e omogeneità

del non saturo e al conseguente tempo di arrivo in falda.

Nel secondo caso prevalgono gli aspetti conseguenti alle caratteristiche della falda freatica (gradiente idraulico, permeabilità orizzontale, direzione del flusso idrico sotterraneo).

### **Vulnerabilità a scala locale (Vulnerabilità Verticale)**

La vulnerabilità verticale di un acquifero rappresenta la facilità con cui esso può essere raggiunto da un inquinante immesso sulla superficie del suolo.

In questo caso la propagazione dell'inquinante avviene mediante un tragitto prevalentemente verticale attraverso la zona non satura.

I fattori principali che controllano la **vulnerabilità verticale** intrinseca dell'acquifero freatico superficiale sono:

- la frazione organica presente nel suolo;
- la permeabilità verticale del terreno non saturo;
- la velocità di percolazione (correlabile a permeabilità verticale e gradiente idraulico unitario considerando cautelativamente il terreno già "saturo");
- la profondità alla quale è posta la superficie della falda (soggiacenza) e quindi conseguentemente lo spessore del terreno non saturo;
- la presenza o meno di un livello impermeabile continuo che isola alla sommità l'acquifero;
- persistenza in superficie della sorgente inquinante;
- la diffusione molecolare e la dispersione meccanica.

Il parametro più adatto per quantificare il grado di protezione dell'acquifero è rappresentato dal tempo (teorico) di arrivo di un ipotetico inquinante disperso in superficie che si propaga verticalmente verso il basso.

Il tempo di arrivo può essere calcolato secondo la relazione:

$$t_a = S / V_i$$

dove:

$t_a$  = tempo di arrivo (s)

S = soggiacenza (m)

$V_i$  = velocità d'infiltrazione con gradiente unitario (f)  $K_v$

Di seguito sono indicate le 6 classi di grado di vulnerabilità verticale proposte dagli autori De Luca e Verga – 1991):

<b>T<sub>arrivo</sub></b>	<b>Grado di Vulnerabilità Verticale (V.V.)</b>
<b>&gt;20 anni</b>	vuln. molto bassa
<b>20 - 10 anni</b>	vuln. bassa
<b>10 - 1 anno</b>	vuln. media
<b>1 anno - 1 settimana</b>	vuln. alta
<b>1 settimana - 24 ore</b>	vuln. elevata
<b>&lt;24 ore</b>	vuln. molto elevata

In relazione ai dati bibliografici a disposizione sono state individuate due diverse situazioni idrogeologiche che caratterizzano il territorio comunale, più precisamente:

**1. acquifero superficiale di tipo sospeso.**

Riferendosi alla superficie modale del Livello Fondamentale della Pianura, dove è presente la coltre superficiale limosa con spessore superiore ai due metri, la sostanza organica è trascurabile, la soggiacenza è compresa tra 3 e 4 metri; la permeabilità verticale media dei terreni (assunta cautelativamente pari a quella orizzontale)  $10^{-5}$  –  $10^{-6}$  m/s per i primi 3-4 metri di non saturo, il **T<sub>arrivo</sub>** è **variabile dalle 32 fino alle 43 ore**; conseguentemente la vulnerabilità risulta **elevata**.

**2. acquifero libero superficiale.**

Partendo dalla superficie modale del Livello Fondamentale della Pianura, dove è presente una coltre superficiale con spessore di 2 metri, la sostanza organica trascurabile e considerando che, le fasce di soggiacenza (disposte all'incirca E-W) sono 3 ed esattamente: 40-43; 35-40; 30-35 metri; la permeabilità media verticale (assunta cautelativamente pari a quella orizzontale) è di  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s fino alla profondità di 10 metri, quindi si riduce per circa 10 metri (presenza di terreni a matrice fine) al valore di  $10^{-7}$  m/s, ed infine sino alla profondità di almeno 40 metri il valore torna a salire ( $5 \cdot 10^{-5}$  m/s), il **T<sub>arrivo</sub>** è **varia tra i 10 e i 14 giorni**; conseguentemente la vulnerabilità risulta **alta**.

**Chiaramente spostandoci verso il Brembo a valle della scarpata che limita il**

**Livello fondamentale della Pianura, la vulnerabilità non può far altro che aumentare per il ridursi della soggiacenza.**

L'acquifero multistrato profondo invece, grazie all'esistenza di spessi orizzonti argillosi di isolamento, può essere considerato, almeno a scala locale, a "**vulnerabilità verticale da bassa a molto bassa**" ed essere considerato come un **acquifero protetto**.

### **Vulnerabilità a scala regionale (Vulnerabilità Orizzontale)**

La vulnerabilità orizzontale intrinseca di un acquifero rappresenta la facilità/rapidità con cui un inquinante, una volta raggiunta la falda, può diffondersi e raggiungere l'area d'interesse lungo la direzione del flusso idrico sotterraneo.

In questo caso la propagazione dell'inquinante avviene mediante un tragitto prevalentemente suborizzontale attraverso la zona satura.

I fattori principali che controllano la **vulnerabilità orizzontale** intrinseca di un acquifero sono:

- la distanza della sorgente inquinante;
- la permeabilità orizzontale del terreno saturo;
- la velocità effettiva del flusso idrico sotterraneo (correlabile a permeabilità orizzontale, gradiente idraulico medio e porosità efficace);
- la presenza o meno di livelli impermeabili continui che scompongano strutturalmente, in livelli separati, l'acquifero;
- le modalità di propagazione in acqua dell'inquinante.

Il parametro più adatto per stimare il grado di protezione dell'acquifero è rappresentato dalla velocità del deflusso idrico sotterraneo.

La velocità di deflusso delle acque sotterranee in mezzi porosi può essere determinata, cautelativamente, tramite la relazione:

$$V_{eff} = v/\eta_e = (K \cdot i) / \eta_e$$

dove:

$V_{eff}$  =velocità effettiva (Km/anno)

$K$  =conducibilità idraulica orizzontale (Km/anno)

$i$  =gradiente idraulico (-)

$\eta_e$  =porosità efficace (-)

Di seguito sono indicate le 6 classi di vulnerabilità orizzontale proposte dagli autori De Luca e Verga – 1991):

velocità effettiva	Grado di Vulnerabilità Orizzontale (V.O.)
$<10^{-3}$	Vuln. molto bassa
$10^{-3} \div 10^{-1}$	Vuln. bassa
$10^{-1} \div 1$	Vuln. media
$1 \div 10^1$	Vuln. alta
$10^1 \div 10^2$	Vuln. elevata
$>10^2$	Vuln. molto elevata

Nel caso del territorio comunale di Presezzo si considera esclusivamente la situazione corrispondente all'acquifero libero che ospita la falda freatica per il quale sono stati ipotizzati i seguenti valori cautelativi dei parametri idrogeologici:

- acquifero: eterogeneo, stratificato e/o fratturato;
- assenza di livelli impermeabili sufficientemente estesi;
- gradiente idraulico: 0,9-1%
- permeabilità media:  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s;
- porosità efficace: 0,23 - 0,25

**In relazione a tali parametri di input, la velocità effettiva risulta compresa tra i 57 e i 70 m/anno (0,05-0,07 Km/anno), pertanto la vulnerabilità orizzontale risulta bassa.**

Tale elemento contrasta apparentemente con la presenza di cromo esavalente nel pozzo ad uso potabile di via Pascoli (anno 2009) distante circa 1,8 chilometri dalla sorgente inquinante. Ciò fa presupporre la lunga persistenza della sorgente inquinante..

## 9. CARATTERISTICHE CHIMICHE DELLE ACQUE

Per quanto riguarda la normativa in materia di acque potabili occorre rifarsi principalmente a:

- al D.Lgs. 31/2001 successivamente modificato dal D.Lgs. n. 27 del 02/02/2002 (che ha recepito la direttiva CEE n. 98/83/CE) “Attuazione della direttiva 98/83 CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano”
- alle norme tecniche del DPR 236 del 1988 che restano in vigore, laddove compatibili con le disposizioni del D.Lgs. 31/2001;
- alla Circolare Regionale del 16 marzo 2004 n.15 “Linee guida per l'applicazione del D.Lgs n. 31”;
- al D. Lgs. 152 del 3 aprile 2006 “Norme in materia ambientale”.

I dati chimici resi disponibili, relativi ad analisi di campioni d’acqua di falda, sono stati raccolti, analizzati ed elaborati per poter individuare il chimismo che caratterizza le acque di falda presenti nell’area di studio.

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche delle acque estratte dai pozzi gestiti dalla società Hidrogest si allegano i risultati delle analisi effettuate nel 2009 sui 3 pozzi ad uso acquedottistico: uno di Ponte San Pietro e due di Bonate Sopra.

Comune	Pozzo	Data prelievo	Antiparassitari tot. (triazinici) µg/l	Atrazina µg/l	Clorati Cl mg/l	pH unità pH	Cond. a 20°C µS/cm	Cromo Cr µg/l	Cromo VI Cr µg/l	Desetilatraxina µg/l 0,1	Durezza °F	Ferro Fe µg/l	Magnesio mg/l	Nitrati NO3 mg/l	Potassio mg/l	Sodio mg/l	Solfati SO4 mg/l	Tetracloroetilene µg/l	Tricloroetilene µg/l
BONATE SOPRA	GHIAIE 1	13/01/2009	0	0	14,3	7,65	506	0		0	28,5	5,6	18,2	27,3	1,5	8,7	32,5	0,5	0
BONATE SOPRA	GHIAIE 1	14/04/2009			17,9	7,61	542							29,6			33,5	0,7	0
BONATE SOPRA	GHIAIE 1	04/08/2009			10,5	7,82	447							18,3			28,4	1	0
BONATE SOPRA	GHIAIE 1	12/10/2009	0	0	11,3	7,69	471			0				18,1			32,4		0
BONATE SOPRA	GHIAIE 1	03/12/2009			12,9	7,79	480							18,5			34,5	0,8	0
BONATE SOPRA	VIA TRIESTE	12/01/2009	0,08	0,03	18,1	7,38	604	3,2		0,05	34	0	14,8	44,2	1,5	8,2	25,2	2,9	0,2
BONATE SOPRA	VIA TRIESTE	14/04/2009			17,9	7,50	591							39,9			24,9	3,5	0,4
BONATE SOPRA	VIA TRIESTE	04/08/2009			17,2	7,59	596							40,6			25,3	4,7	0,4
BONATE SOPRA	VIA TRIESTE	12/10/2009	0,04	0,02	17,4	7,45	606			0,02				41,6			26,1		0
BONATE SOPRA	VIA TRIESTE	03/12/2009			18,7	7,51	604							42,7			27,1	3,8	0,4
FONTE S.P.	LOCATE SAN GAUDENZIO	29/01/2009	0	0	4,2	7,50	366			0				15,4			3,3	0	0
FONTE S.P.	LOCATE SAN GAUDENZIO	28/04/2009	0	0	4,1	7,61	362	0		0	20,8	8,9	12,1	14,9	0,69	3	3,2	0	0
FONTE S.P.	LOCATE SAN GAUDENZIO	28/07/2009	0	0	3,9	7,68	370			0				14,8			2,9	0	0
FONTE S.P.	LOCATE SAN GAUDENZIO	27/10/2009	0	0	4	7,71	358			0				13,9			3,5	0	0
FONTE S.P.	LOCATE SAN GAUDENZIO	19/11/2009			4,1	7,47	358							14,4			3,2		0

Tabella n.13. Caratteristiche fisico-chimiche dell’acqua dei pozzi ad uso idropotabile (Hidrogest, anno 2009).

Dai dati acquisiti è possibile trarre esclusivamente alcune considerazioni di carattere generale da confermare avendo a disposizione una range temporale più ampio di dati.

### Durezza

In corrispondenza del territorio comunale i valori di durezza relativi alle acque sotterranee, risultano compresi tra i 20,8° e i 28-34° francesi; i valori più bassi di conducibilità sono tipici di acque provenienti dall’acquifero multistrato profondo.

### Conducibilità

La variazione della conducibilità ricalca sostanzialmente quella della durezza. In corrispondenza del territorio comunale i tenori si aggirano attorno ai 360-370  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per le acque prelevate dai pozzi che captano le acque dell'acquifero profondo e, 450-600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per le acque prelevate dai pozzi che captano nell'acquifero freatico.

## **Nitrati**

I nitrati sono significativi sia per la pericolosità dal punto di vista sanitario sia perché rappresentano il prodotto finale della mineralizzazione della sostanza organica e quindi un contenuto elevato può essere indice dell'esistenza di fonti d'inquinamento organico.

Il contenuto in nitrati riscontrabile nelle acque sotterranee è legato essenzialmente al trasporto in soluzione operato dall'acqua; l'acqua che percola dalla superficie trascina tali sostanze in profondità sino a raggiungere la falda. I nitrati sono solubili in acqua e risultano facilmente dilavabili dai suoli. L'esistenza di concentrazioni elevate di queste sostanze nelle acque sotterranee è quindi da mettere in connessione a fenomeni d'inquinamento; tale concentrazione dipende dai seguenti fattori:

- dalla quantità dei composti d'azoto presente nel terreno;
  - dall'intensità del flusso delle acque di percolazione;
  - dalle caratteristiche del terreno.
1. la quantità di nitrati presente nel terreno dipende essenzialmente da cause di origine antropica (concimazione azotata dei terreni), dall'intensità dei processi microbiologici e dagli apporti derivanti dalle precipitazioni atmosferiche.  
Concentrazioni puntuali elevate risultano spesso legate alla presenza di scarichi di rifiuti urbani ed industriali, a perdite di reti fognarie o all'esistenza di pozzi perdenti, e in ultimo ad un massiccio impiego di reflui zootecnici in agricoltura.
  2. la veicolazione e la concentrazione in profondità di tali sostanze è legata essenzialmente alla quantità d'acqua che s'infiltra nel sottosuolo; tale quantità è legata a sua volta alle precipitazioni meteoriche (intensità e durata) e all'irrigazione dei campi.
  3. la capacità dei suoli di rallentare la velocità di movimento dei nitrati nel terreno è direttamente proporzionale al contenuto in particelle fini (riduzione della conducibilità idraulica e più elevato potere adsorbente). Laddove prevalgono le frazioni granulometriche più grossolane, il terreno non riesce a trattenere la molecola di  $\text{NO}_3$  che può così propagarsi facilmente nel sottosuolo.

La normativa stabilisce il valore limite di concentrazione per tale sostanza in 50 mg/l.

Nell'area di studio le concentrazioni risultano basse da 14-15 mg/l per l'acquifero profondo più protetto e salgono da 18 fino a 40 mg/l per l'acquifero superficiale in funzione del diverso grado di diluizione operato dalle acque del fiume Brembo.

## 9.1. SOSTANZE INQUINANTI

E' importante sottolineare da subito come la tutela della risorsa idrica sia un aspetto che investe tutti, è quindi necessario un elevato senso di responsabilità per poter attuare un'attenta gestione della risorsa. Risultano indispensabili frequenti controlli sia a scala comunale che sovracomunale per poter accertare tempestivamente o addirittura prevenire l'insorgere di estesi episodi d'inquinamento nelle acque.

E' risaputo che intervenire a posteriori in una situazione d'inquinamento protrattasi nel tempo, necessita di tempi lunghi e interventi di bonifica costosissimi che spesso risultano a totale carico della collettività.

Come evidenziato sopra, l'acquifero freatico, che è il più produttivo e sfruttato, a causa dell'assenza a tetto di uno strato impermeabile di protezione sufficientemente esteso e di spessore adeguato, può essere facilmente soggetto a fenomeni d'inquinamento in grado di compromettere pesantemente e a lungo la qualità delle sue acque.

Oltre ai più frequenti episodi di sversamento sul suolo o in corrispondenza di canali, possibili veicoli d'inquinamento possono risultare i pozzi e i pozzi disperdenti presenti sul territorio, di essi spesso non è conosciuta neppure l'esistenza perché abbandonati, oppure i pozzi realizzati in modo sommario e privi di un'adeguata impermeabilizzazione superficiale dell'area immediatamente circostante e/o posti addirittura in vicinanza a zone di stoccaggio di sostanze inquinanti.

Di essi si perde spesso traccia attraverso i successivi passaggi di proprietà e nel caso di nuove realizzazioni con modificazione di destinazione d'uso dell'area; spesso il foro inutilizzato non viene neppure adeguatamente cementato.

Risulta pertanto indispensabile disporre di un archivio il più possibile aggiornato delle opere di captazione.

In base alla documentazione bibliografica resa disponibile, si riportano sinteticamente le informazioni sui fenomeni d'inquinamento delle acque e dei suoli, di cui si è a conoscenza, che hanno interessato il territorio comunale.

### **Sostanze tossiche**

### **I composti organo-alogenati**

Tra i composti più importanti in termini di tossicità, indicativi del grado di alterazione qualitativa, sono gli organoalogenati. Il D.Lgs 31/2001 successivamente modificato dal D. Lgs. n. 27 del 02/02/2002, ha abbassato il “valore di parametro” da 30 µg/l a 10 µg/l come valore limite per il tricloroetilene (trielina) e il tetracloroetilene sia come composti singoli che come somma di entrambi.

**I contenuti di tali sostanze nelle acque dei pozzi ad uso idropotabile, prelevate dall’acquifero freatico superficiale appaiono ampiamente al di sotto di tale valore limite; mentre nel pozzo di San Gaudenzio a Locate, che capta l’acquifero profondo, sono assenti.**

### **I fitofarmaci**

Nei pozzi della zona è stata individuata anche la presenza di sostanze tossiche legate al ciclo di produzione di industrie chimiche oppure all’impiego in agricoltura, come nel caso specifico dei fitofarmaci. Questi ultimi, una volta dispersi sul terreno, possono essere in parte solubilizzati dalle acque meteoriche o di irrigazione e trasportati verso i corsi d’acqua principali oppure, se la conducibilità idraulica del terreno risulta elevata, propagarsi nel sottosuolo.

La propagazione in profondità di tali inquinanti si verifica per la graduale e progressiva saturazione dei terreni a partire dagli strati più superficiali.

La quantità di fluido necessaria a saturare un terreno dipende dalle sue caratteristiche tessiturali, granulometriche e litologiche. Nei suoli poveri di sostanza organica, la migrazione dei pesticidi, a parità di altre condizioni, è libera.

L'emergenza atrazina, verificatasi nel 1986-1987, ha comportato l’effettuazione di numerosi interventi d’urgenza a tutela della salute pubblica.

La Regione Lombardia, con la D.G.R. n.39878 del 17/02/1989, aveva stabilito per il comune di Presezzo il divieto all’uso in agricoltura di Atrazina (allegato C) e Simazina (allegato F).

I pozzi di Presezzo erano risultati inquinati infatti da atrazina con contenuti superiori a 0,1 p.p.b. (valore massimo 0,32 ppb – vedi tabella n.14). Il comune si trovava in corrispondenza del “focolaio d’inquinamento” presente in destra Brembo (vedi figura n. 6).

Il D.Lgs 31/2001 successivamente modificato dal D. Lgs. n. 27 del 02/02/2002, ha fissato a 0,1µg/l il “valore di parametro” per ciascun componente e a 0,5µg/l il valore limite in contenuto totale di antiparassitari.

Attualmente nel caso dei pozzi utilizzati a scopo idropotabile, il valore di concentrazione di tali parametri rimane al di sotto dei valori limite imposti dalla normativa.

Per studiare l'origine di un così esteso fenomeno d'inquinamento da atrazina, nei pozzi e nelle risorgive di tutta la provincia, nel 1986 è stata effettuata un'indagine, condotta dallo Studio Idrogeotecnico del Dott. Ghezzi e denominata "Piano di Bonifica della falda sotterranea interessata da atrazina nella provincia di Bergamo" (L.R. n.62 del 27/05/1985).

All'epoca sono stati prelevati campioni di acqua di falda della zona che, analizzati, hanno fornito i seguenti risultati:

Comune	n° pozzi esaminati	N° POZZI CHE RIENTRANO IN CIASCUNA CLASSE DI VALORI DI ATRAZINA				valore max rilevato (ppb)
		<0.1 (ppb)	0.1-0.5 (ppb)	0.5-1.0 (ppb)	>1 (ppb)	
Ponte San Pietro	7	6	0	0	1	0,6
Presezzo	4	2	2	0	0	0,32
Bonate Sopra	5	4	1	0		0,28
Bonate Sotto	3	0	3	0	0	0,20

Tabella n.14

Relativamente alla diffusione dell'atrazina nei terreni della pianura bergamasca, si fa riferimento alla pubblicazione: "Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee" (G.P. Beretta, A. Galli, G. Pezzera, 1989). Nelle figure sottostanti, tratte da tale pubblicazione, è possibile vedere la distribuzione sia areale che in profondità della concentrazione di Atrazina.

**La zona in questione si trova nell'angolo in alto a sinistra.**

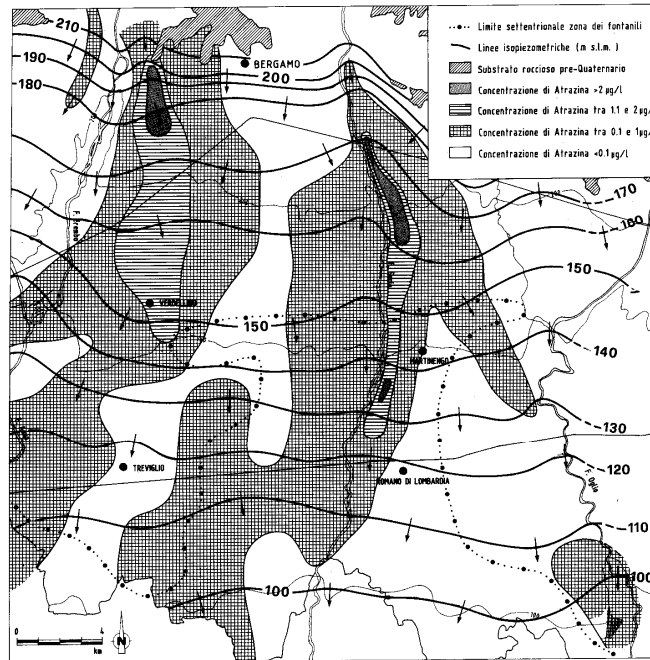
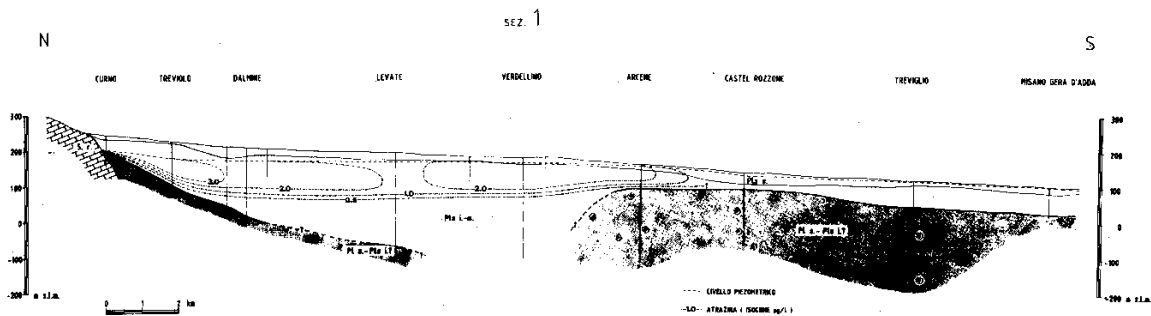


Figura n.6 Planimetria con l'andamento della piezometria, della linea dei fontanili e delle isocone dell'atrazina. Da: "Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee" (G.P. Beretta, A. Galli, G. Pezzera, 1989).



-Sezione idrogeologica n. 1. OI-Olocene, Pls s.-Pleistocene superiore, Pls m.-Pleistocene medio, Pls i.-Pleistocene inferiore, Pl s.-Pliocene superiore (in corrispondenza di Levate l'isocono 2 µg/l si interrompe in quanto il flusso inquinante, pur mantenendo la sua unitarietà, risulta disassato rispetto alla traccia della sezione idrogeologica).

**Comune di Presezzo (Bergamo)**

Componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio  
ai sensi della D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008

Figura n.7 Sezione idrogeologica in cui viene messa in evidenza la distribuzione dell'atrazina in profondità. Da: "Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee" (G.P. Beretta, A. Galli, G. Pezzerà, 1989). Come è osservabile dalla sezione idrogeologica n.1 (figura 16), "la contaminazione si approfondisce notevolmente, l'isocona (linea ad uguale concentrazione) di 1µg/l raggiunge in un breve spazio una profondità di circa 140 metri dal piano campagna".

### **Cromo Esavalente Cr(VI)**

Nel 1958 l'Organizzazione Mondiale della Sanità consigliò una concentrazione massima ammissibile per il cromo esavalente di 0,05 milligrammi per litro (50 µg/l) nell'acqua potabile, sulla base di misure di salvaguardia per la salute.

Il Dlgs 2 febbraio 2001, n. 31 (attuazione della direttiva 98/83/CE - qualità delle acque destinate al consumo umano), fissa la concentrazione massima del Cromo s.l. (totale) a 50 µg/l per le acque destinate ad uso potabile.

**Tuttavia il D.Lgs. 152 del 2006 oltre a confermare il valore di 50 µg/l per Cromo s.l. (totale), fissa il valore di concentrazione limite del Cromo Esavalente nelle acque sotterranee a 5 µg/l.**

I parametri tossicologici considerati per il Cr(VI) sono quelli suggeriti dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'ISPESL.

Nella banca dati ISS-ISPESL il Cr(VI) è considerato tossico ma non cancerogeno per ingestione, mentre è considerato tossico e cancerogeno per inalazione di vapori, coerentemente con quanto riportato dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti (U.S. E.P.A.).

L'ingestione di liquidi contenenti cromo (accidentale) provoca gravi gastroenteriti con nausea, dolori addominali, vomito e diarrea. A questa fase segue il danno epatico e renale e necrosi tubulare acuta con sviluppo di insufficienza renale acuta molto grave e possibile evoluzione verso la morte.

"Il cromo esavalente, presente in diversi composti di origine industriale (in particolare cromati e tiolati), è considerato altamente tossico e sulla base di evidenze sperimentali ed epidemiologiche è stato classificato dalla **International Agency for Research on Cancer (IARC)** come cancerogeno per l'uomo (classe I).

**Relativamente ad episodi di inquinamento dei suoli e/o delle acque individuati in corrispondenza del territorio comunale sono da segnalare:**

Per quanto fornito dall'Amministrazione Provinciale – Settore Ambiente – Servizio rifiuti, sono note le seguenti criticità a livello comunale e nelle immediate adiacenze:

**1) Area Galvabrembo viale I.° Maggio n.11**

Evidenziata la necessità di accertare la qualità del suolo all'interno dell'insediamento in una zona di stoccaggio rifiuti e nei pozzetti fognari risultati ammalorati.

**2) Contaminazione acque sotterranee da Cromo esavalente**

Il comune di Presezzo è interessato da un inquinamento delle acque sotterranee da Cromo VI, la cui origine è stata individuata nel territorio comunale di Brembate Sopra.

Dal rapporto ARPA più recente disponibile “Campagna di campionamento di Marzo 2009 per la definizione del plume di contaminazione da Cromo VI”, al punto “Osservazioni conclusive”, si legge:

Al termine della campagna di monitoraggio finalizzata alla definizione del plume di contaminazione da Cromo VI della ditta Ready Line di Brembate Sopra, sulla base dei dati ottenuti, si possono fare le seguenti osservazioni:

- il plume di contaminazione si estende a sud fino al comune di Presezzo in corrispondenza del pozzo di via Pascoli, ma non procede oltre, come indicato dall'assenza di Cromo VI nelle acque prelevate presso il parco Fiore;
- l'area posta a sud del Villaggio Santa Maria, rimane a tutt'oggi priva di punti che diano indicazioni circa la concentrazione di Cromo VI;
- ad ovest il plume, è rimasto invariato come indicato dall'assenza di Cromo VI nelle acque prelevate presso il pozzo dell'Ospedale in comune di Ponte San Pietro.

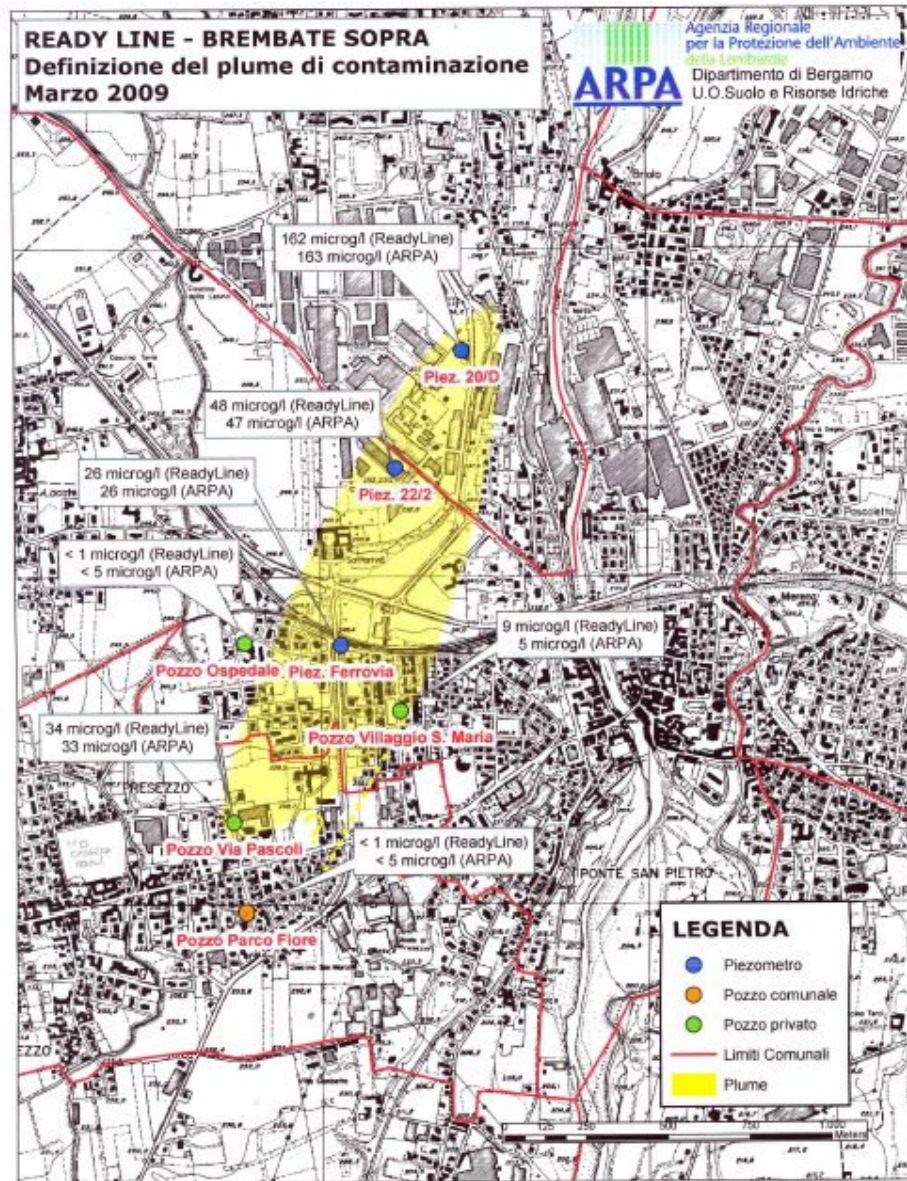


Figura n.8 Planimetria della zona interessata dal plume di CromoVI.

### Informazioni tratte dallo studio geologico del settembre 1996

Per quanto riguarda le vecchie discariche di materiali di varia natura, si riportano di seguito le informazioni tratte dallo studio geologico comunale del settembre 1996.

Nel capitolo 4.2.2. Descrizione dei principali processi cartografati, al punto “Discariche o accumuli di materiali inerti o R.S.U.”, si riporta quanto segue:

“in allegato 2 sono riportati i principali accumuli di materiali di scarto, sia autorizzati che abusivi, osservati al momento del rilevamento sul territorio, in quanto utili elementi da tener presente in sede di pianificazione territoriale.

Queste discariche di materiale, in quantità per lo più ridotte, sono state rilevate in diverse zone periferiche del territorio dove si osservano sia accumuli legati all’attività industriale (zona industriale ed impianto di trattamento inerti in frazione Ghiaie, appena al di fuori del territorio comunale) che discariche abusive”.

In relazione a ciò e in assenza di informazioni più aggiornate, lo scrivente, ha riportato tali aree di discarica/accumulo, così come indicate nell’allegato 2, sia sulla tavola 6 (Carta di prima caratterizzazione geotecnica) che sulla tavola 9 (Carta di Sintesi) dello studio geologico.

## 10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Per una prima valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area di studio, sono state raccolte ed analizzate tutte le informazioni di tipo puntuale reperite.

Tali informazioni sono state in parte completate dall'osservazione diretta di quanto affiorante in superficie. Il tutto è stato individuato sulla *Carta di prima caratterizzazione geotecnica* (tavola n.6).

Le indagini acquisite caratterizzano chiaramente i terreni più superficiali, quelli che più frequentemente risultano essere interessati dalle fondazioni degli edifici.

In relazione ai pochi dati che si è riuscito ad acquisire, si è cercato di suddividere il territorio comunale in aree omogenee dal punto di vista geologico-geotecnico. Il grado di precisione di tale ricostruzione è legato alla densità dei dati disponibili, la cui distribuzione è chiaramente disomogenea.

Ad ognuna di queste zone sono stati attribuiti dei range di valori dei parametri geotecnici, questi valori sono tratti sia dalle indagini disponibili in corrispondenza del territorio comunale e nei comuni vicini, che da quanto riportato in bibliografia.

Tali valori sono da considerare puramente indicativi e non devono risultare sostitutivi dei risultati puntuali ottenibili con le indagini geognostiche prescritte dalla normativa nazionale per la progettazione esecutiva delle opere.

Di seguito si espongono le caratteristiche principali desunte dalle indagini condotte in passato in vari punti del territorio comunale(vedi tabella n.8):

- **alluvioni attuali del torrente Lesina.**  
Si tratta di alluvioni grossolane costituite da ghiaie e ciottoli sabbiose sciolte.
  - **piana alluvionale del torrente Lesina.**  
Si tratta di depositi ghiaioso sabbiosi debolmente limosi di spessore limitato ricoperti da sabbie e limi di esondazione con spessore metrico. Non sono state raccolte sufficienti informazioni per la loro caratterizzazione geotecnica.
- A. **terrazzi più recenti del Brembo.**  
Si tratta dei terrazzi più bassi e vicini al corso d'acqua; sono costituiti da terreni granulari grossolani come ghiaie e sabbie ciottolose, non o raramente ricoperte da depositi di esondazione. Non sono state raccolte sufficienti informazioni per la loro caratterizzazione pertanto i dati riportati nella tabella n.15 derivano da fonti bibliografiche per terreni simili.
- B. **terrazzi intermedi del Brembo.**  
Si tratta di terrazzi costituiti da depositi alluvionali grossolani come ghiaie e sabbie ciottolose ricoperte da sabbie e limi di esondazione per uno spessore massimo di un metro.

**C. terrazzi antichi del Brembo.**

Si tratta dei terrazzi più lontani e più altimetricamente elevati presenti. Localmente non affiorano a causa di una più recente fase fluviale erosiva. Sono costituiti da ghiaie e sabbie debolmente limose, con coltre sommitale costituita da limi e sabbie di esondazione.

**D. terreni fluvioglaciali dell'Unità di Treviglio**

L'unità di Treviglio affiora al limite orientale del Livello Fondamentale della Pianura ed è interrotta dalla scarpata che definisce la valle attuale del fiume Brembo. I depositi di quest'unità sono costituiti da ghiaie e sabbie debol. limose poco o non alterate disposte in livelli il cui grado di addensamento va da poco addensato a mediamente addensato. La variabilità dei parametri geotecnici è pertanto elevata:

Peso di volume = 1,8 - 1,9 t/mc

Angolo attrito efficace = 28 - 35°

Permeabilità  $K = 10^{-3} - 10^{-5}$  m/s

**E. terreni fluvioglaciali dell'Unità di Carvico**

All'unità di Carvico appartengono gran parte dei terreni presenti nel territorio comunale.

I terreni appartenenti a quest'unità sono ricoperti, laddove non rimaneggiati dall'attività antropica, da una coltre loessica di spessore variabile ma generalmente contenuta entro i 2,4 metri; al di sotto, i terreni sono costituiti da ghiaie sabbiose limose.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni ghiaioso sabbiosi variano in profondità in relazione al diverso grado di addensamento. Localmente il grado di addensamento risulta ridotto sino a profondità di 10-12 metri.

Le caratteristiche geotecniche di tali terreni sono le seguenti:

- orizzonti superficiali poco addensati:

Peso di volume nat.= 1,7 - 1,8 t/mc

Angolo attrito = 22 - 30 °

Modulo di Joung drenato = 40 - 150 Kg/cmq

Rapporto di Poisson = 0,33 - 0,34

- orizzonti profondi addensati:

Peso di volume nat.= 1,9 - 2,0 t/mc

Angolo attrito = 31 - 40 °

Modulo di Joung drenato = 200 - 400 kg/cmq

Rapporto di Poisson = 0,28 - 0,3

Permeabilità media  $K = 10^{-4} - 10^{-5}$  m/s

**F. terreni alluvionali dell'Unità di Palazzago**

Affiora limitatamente all'estremità settentrionale del territorio comunale.

I terreni appartenenti a tale unità presentano caratteristiche geotecniche che migliorano sino alla profondità di 8-9 metri.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni più superficiali sono le seguenti:

Peso di volume nat.= 1,9 - 2,0 t/mc

Angolo attrito = 26 – 40 °  
Modulo di Joung drenato = 100 - >300 kg/cmq  
Rapporto di Poisson = 0,25-0,33  
Permeabilità media K = 10<sup>-5</sup> - 10<sup>-6</sup> m/s

Sulla “**Carta di prima caratterizzazione geotecnica**” (tavola n.6) sono state pertanto individuate sei zone omogenee dal punto di vista geologico-tecnico.

<b>ZONE OMOGENEE</b>	<b>LITOZONE GEOLOGICHE DI SUPERFICIE</b>	<b>SPESSORE COLTRE SUPERF.</b>	<b>MASSA DI VOLUME</b>	<b>COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (K)</b>	<b>ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (φ')</b>	<b>COESIONE NON DRENATA (Cu)</b>	<b>VELOCITÀ SUPERFICIALE ONDE DI TAGLIO (Vs)</b>
		(m)	(t/mc)	(m/s)	(°)	(Kg/cmq)	(m/s)
<b>Zona A</b>	Ghiaie e ciottoli sabbiose sciolte sul terrazzo più recente Brembo (U. Postglaciale)	0-0,5	1,7-1,8	10 <sup>-2</sup> -10 <sup>-3</sup>	28-35	0	150-300
<b>Zona B</b>	Ghiaie e sabbie ciottolose da sciolte o poco addensate sul terrazzo intermedio Brembo (U. Postglaciale)	0,0-1,0	1,7-1,8	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-4</sup>	30-35	0	200-350
<b>Zona C</b>	Ghiaie e sabbie ciottolose debol. limose sul terrazzo più antico del Brembo (U. Postglaciale)	0,5-1,0	1,8-1,9	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-4</sup>	28-35	0	200-350
<b>Zona D</b>	Ghiaie e sabbie debol. limose sul L.F.d.P. (U. di Treviglio)	0,5-1,0	1,8-2,0	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-5</sup>	28-40	0	250-400
<b>Zona E</b>	Ghiaie sabbioso limose sul L.F.d.P. (U. Carvico)	0,5-2,4	1,7-1,8 1,9-2,0	10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-5</sup>	22-30 31-40	0	250-300 400-600
<b>Zona F</b>	Sabbie e ghiaie limoso argillose sul L.F.d.P. (U. di Palazzago)	1,0-2,0	1,9-2,0	10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-6</sup>	26-35	0,2-0,3	200-600
<b>Riporti o ripiene, discariche inerti o R.S.U</b>		Non caratterizzabili per l'eterogeneità dei materiali presenti e/o per l'intenso rimaneggiamento subito					

Tabella n.15. Caratteristiche geotecniche medie dei terreni superficiali presenti sul territorio.

## ✚ 11. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La D.G.R. n. 8/1566 del 22 dicembre 2005 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 comma 1 della l.r. dell’11/03/2005 n.12” e la successiva D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, stabiliscono l’indispensabilità, per i Comuni di dotarsi di uno studio geologico che affronti tutti gli aspetti legati al territorio, compreso quello della valutazione della pericolosità sismica locale.

La metodologia proposta per la valutazione della pericolosità sismica locale è descritta nell’Allegato 5 alle delibere regionali sopracitate; essa consente di affrontare una prima valutazione degli effetti di sito e del fenomeno di amplificazione sismica locale.

La metodologia regionale prevede 3 livelli di studio a crescente grado di approfondimento, si passa rispettivamente dal 1° livello, dove ci si limita all’individuazione delle aree potenzialmente sensibili dal punto di vista dell’aspetto sismico, al 2 e 3° livello, dove viene effettuata una valutazione dell’effetto di amplificazione sismica (risposta sismica locale) in corrispondenza delle aree sensibili individuate nella prima fase d’indagine. La valutazione del fattore di amplificazione è di tipo semi-quantitativo per il secondo livello e di tipo quantitativo per il terzo.

Nel caso del comune di Presezzo, comune classificato in **zona sismica 4 (pericolosità sismica di base secondo O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003)**, la normativa regionale prevede, in fase pianificatoria, l’effettuazione solamente del 1° livello d’indagine in corrispondenza di tutto il territorio comunale, con l’individuazione delle aree sensibili potenzialmente soggette a fenomeni di amplificazione sismica oppure a fenomeni indotti dall’evento (effetti cosismici). Tali aree sono riportate sulla tavola n.7 “Carta di pericolosità sismica locale” (PSL).

Lo studio in questione, mira quindi esclusivamente ad una prima valutazione della pericolosità sismica locale che rappresenta uno dei tre fattori indispensabili per la valutazione del rischio sismico.

$$\text{Rischio} = \text{Valore Esposto} * (\text{Pericolosità} * \text{Vulnerabilità})$$

Dove:

- Pericolosità (hazard) è la probabilità che il sito di studio ha di essere epicentro di un terremoto di una data magnitudo in un certo intervallo di tempo;

- Valore Esposto è il valore dell'insieme di persone e di cose presenti nell'area di studio;
- Vulnerabilità indica la capacità di resistenza all'input sismico delle strutture esistenti. La vulnerabilità è la variabile più difficilmente quantificabile. Gli elementi fondamentali che caratterizzano la vulnerabilità sono principalmente: **l'instabilità dei suoli** (frane e fenomeni di liquefazione) e gli **effetti di sito** e, secondariamente, la qualità intrinseca dell'edificio. Per effetti di sito si intende le possibili amplificazioni locali (**fenomeni di risonanza dei terreni e di doppia risonanza terreno-edifici**) delle onde sismiche dovute principalmente a condizioni locali di tipo geologico-geotecnico e di tipo topografico.

## 11.1. IL TERREMOTO DI RIFERIMENTO (IMPULSIVO SISMICO)

Per effettuare valutazioni relativamente agli effetti indotti da un sisma in un'area, occorre ipotizzare il verificarsi di un evento sismico con caratteristiche tali da essere statisticamente rappresentativo di quanto si è verificato in passato nella stessa area o nel suo immediato intorno, occorre pertanto individuare il cosiddetto “**terremoto di riferimento**”.

Di seguito si allega un estratto dal Catalogo dei principali eventi sismici verificatisi in bergamasca e nelle vicinanze (fino ad esempio a 100 km di distanza da Presezzo, ) a partire dal 217 a.C. fino al 2002 d.C.

Estratto dal Catalogo degli eventi sismici CPT104, maggio 2004 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani; <http://emidius.mi.ingv.it/CPT104/>)

### Legenda

Codice CPT104	descrizione	contenuto	Codice CPT199	descrizione
<b>N</b>	numero d'ordine del record		<b>N</b>	numero d'ordine del record
<b>Tr</b>	tipo di record	DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici	<b>Tr</b>	tipo di record
<b>Anno</b>	tempo origine: anno		<b>Anno</b>	tempo origine: anno
<b>Me</b>	tempo origine: mese		<b>Me</b>	tempo origine: mese
<b>Gi</b>	tempo origine: giorno		<b>Gi</b>	tempo origine: giorno
<b>Or</b>	tempo origine: ora		<b>Or</b>	tempo origine: ora
<b>Mi</b>	tempo origine: minuto		<b>Mi</b>	tempo origine: minuto
<b>Se</b>	tempo origine: secondo		<b>Se</b>	tempo origine: secondo
<b>AE</b>	denominazione dell'area dei massimi effetti		<b>AE</b>	denominazione dell'area dei massimi effetti
<b>Rt</b>	codice dell'elaborato di riferimento	vedi tabella 1	<b>Rt</b>	codice dell'elaborato di riferimento
<b>Np</b>	numero dei dati puntuali di intensità disponibili		<b>Np</b>	numero dei dati puntuali di intensità disponibili
<b>Imx</b>	intensità massima x 10 (scala MCS)		<b>Imx</b>	intensità massima x 10 (scala MCS)
<b>Io</b>	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)		<b>Io</b>	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)
<b>TI</b>	codice di determinazione di Io	M: valore assegnato manualmente	<b>TI</b>	codice di determinazione di Io
<b>Lat</b>	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali		<b>Lat</b>	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali
<b>Lon</b>	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali		<b>Lon</b>	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali
<b>TL</b>	codice di localizzazione	A: localizzazione macrosismica automatica M: localizzazione macrosismica manuale S: localizzazione strumentale	<b>TL</b>	codice di localizzazione
--			<b>Me</b>	Magnitudo equivalente
--			<b>De</b>	Errore associato alla stima di Me
--			<b>Mm</b>	Magnitudo macrosismica (calibrata a Ms)
--			<b>Dm</b>	Errore associato alla stima di Mm
--			<b>Tm</b>	Codice di determinazione di Mm
--			<b>Ms</b>	magnitudo calcolata sulle onde di superficie
--			<b>Ds</b>	errore associato alla stima di Ms
--			<b>Ts</b>	codice di determinazione di Ms
<b>Maw</b>	Magnitudo momento		--	
<b>Daw</b>	Errore associato alla stima di Maw		--	
<b>TW</b>	codice di determinazione di Maw	0: valore osservato	--	
<b>Mas</b>	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPT199	<b>Ma</b>	Magnitudo media (calibrata a Ms)
<b>Das</b>	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPT199	<b>Da</b>	Errore associato alla stima di Ma
<b>TS</b>	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)	--	
<b>Msp</b>	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per $Ms > 5.5$ : $Msp = Ms$ per $Ms \leq 5.5$ : $Msp = (Ms + 0.584) / 1.079$	--	
<b>Dsp</b>	Errore associato alla stima di Msp		--	
<b>ZS9</b>	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato		--	
<b>TZ</b>	Codice di assegnazione alla zona sorgente	G: assegnazione geografica A: assegnazione ponderata cautelativa	--	
<b>Ncft</b>	Numero progressivo dei record nel catalogo CFT12		<b>Ncft</b>	Numero progressivo dei record nel catalogo CFT12
<b>Nnt</b>	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1		<b>Nnt</b>	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1
<b>Ncpt</b>	Numero d'ordine dei record nel catalogo CPT199		--	

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (45.692, 9.568) e raggio 100 km

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Ink	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	Z39	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
27	DI	1065	3	27	6			Brescia	CFTI	6	80	70	M	45.55	10.22	A	5.17	0.30	4.80	0.45	4.89	0.42	907	G	90	248	27		
43	DI	1197						Brescia	CFTI	8	65	65		45.55	10.22	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	907	G	107	43	43		
47	DI	1222	12	25	11			Basso bresciano	CFTI	40	90	85	M	45.48	10.68	A	6.05	0.13	6.05	0.13	6.05	0.13	906	G	109	249	47		
59	DI	1276	7	28	18	30		Italia settent.	CFTI	10	55	60	M	45.08	9.55	A	5.11	0.12	4.71	0.18	4.91	0.17	911	G	119	516	59		
74	DI	1303	3	22	23			PIACENZA	DOM	1	55	55		45.052	9.693	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	911	G		517	74		
113	DI	1383	7	24	20			PARMA	DOM	7	55	55		45.058	9.915	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	911	A		597	113		
121	DI	1396	11	26				Monza	CFTI	2	75	75		45.58	9.27	A	5.37	0.30	5.10	0.45	5.27	0.42	907	A	168	281	121		
165	DI	1471						BRESCHIA	DOM	1	55	55		45.544	10.214	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	907	G		250	165		
212	CP	1512	2	8				CHIAVENNA	VGL91		60			46.3	9.367	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36				2008	212		
219	DI	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	DOM	1	60			45.55	10.217	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		251	219		
221	DI	1522	10	5	8			CREMONA	DOM	7	55	55		45.136	10.024	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19				2011	221		
235	CP	1540	9	1				BRESCHIA	POS85		60			45.533	10.217	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		252	235		
271	CP	1576	9	26	6			BERGAMO	POS85		60			45.667	9.667	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		282	271		
284	DI	1593	3	8				BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	907	G		283	284		
302	DI	1606	8	22				BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	907	G		284	302		
322	CP	1623	2	20				CHIESA	VGL91		60			46.3	9.767	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		2014	322		
346	DI	1642	6	13	22			BERGAMO	DOM	1	65	65		45.694	9.67	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	907	G		285	346		
365	DI	1661	3	12				Montecchio	CFTI	8	75	70		45.73	10.07	A	5.17	0.30	4.80	0.45	4.99	0.42	907	G	261	286	365		
411	DI	1693	7	6	9	15		GOITO	DOM	13	70	70		45.28	10.644	A	5.27	0.14	4.95	0.21	5.13	0.19	906	G		254	411		
511	DI	1738	11	5	30			PARMA	DOM	10	70	70		44.906	10.028	A	5.40	0.20	5.15	0.30	5.31	0.28	913	G		612	511		
583	CP	1771	8	15				SARNICO	POS85		60			45.667	10	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		287	583		
620	DI	1781	9	10				CARAVAGGIO	DOM	1	65	65		45.497	9.644	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	907	G		288	620		
631	DI	1783	7	28				VAL DI LEDRO	DOM	4	65	65		45.878	10.808	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	906	G		255	631		
647	DI	1786	4	7				PIACENZA	DOM	8	70	65		45.298	9.595	A	5.31	0.16	5.01	0.24	5.18	0.22	911	A		522	647		
686	DI	1799	5	29	19			CASTENEDOLO	DOM	12	65	65		45.403	10.271	A	5.06	0.18	4.64	0.27	4.84	0.25	906	G		256	686		
694	DI	1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	CFTI	66	85	80		45.42	9.85	A	5.67	0.09	5.54	0.13	5.54	0.13	907	G	355	289	694		
702	CP	1805	11	30	5			ALBULAPASS	VGL91		60			46.567	9.767	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		357	702		
714	DI	1810	5	1				MALCESINE	DOM	1	60	60		45.764	10.809	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	906	G		257	714		
761	DI	1826	6	24	12	15		BERGAMO	DOM	19	55	55		45.6	10.517	M	4.74	0.11	4.16	0.17	4.40	0.16	906	G		258	761		
780	DI	1829	9	6	19	30		CREMONA	DOM	2	65	65		45.136	10.024	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45				2034	780		
827	CP	1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA	POS85		60			45.505	10.167	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		259	827		
877	DI	1851	8	1				GIUDICARIE	DOM	15	60	60		45.938	10.561	A	4.96	0.17	4.49	0.26	4.70	0.24				260	877		
882	CP	1852	7	29	12	40		PIZ BERNINA	VGL91		60			46.417	9.85	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	903	G		360	882		
950	DI	1866	8	11	23			MONTE BALDO	DOM	33	70	70		45.727	10.783	A	5.17	0.30	4.80	0.45	4.99	0.42	906	G		261	950		
956	DI	1868	2	20	20			GARDA OR.	DOM	3	65	60		45.709	10.774	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	906	G		262	956		
1005	DI	1876	4	29	10	49		Monte Baldo	CFTI	25	75	70		45.75	10.78	A	4.99	0.13	4.53	0.19	4.74	0.18	906	G	424	263	1005		
1021	DI	1877	10	1	7	27		MALCESINE	DOM	4	70	65		45.764	10.809	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	906	G		264	1021		
1040	DI	1879	2	14				GARGNANO	DOM	6	55	55		45.607	10.536	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	906	G		265	1040		
1076	DI	1882	2	27	6	30		ROVETTA	DOM	37	65	65		45.878	9.926	A	4.96	0.13	4.49	0.20	4.70	0.19	907	A		290	1076		
1082	DI	1882	9	18	19	25		Monte Baldo	CFTI	7	70	70		45.72	10.77	A	5.17	0.30	4.80	0.45	4.99	0.42	906	G	433	1082			
1099	DI	1884	9	12				PONTOGLIO	DOM	24	60	60		45.57	9.856	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	907	G		291	1099		
1103	DI	1885	2	26	20	48		SCANABIANO	DOM	78	60	60		45.208	10.169	A	5.22	0.10	4.88	0.15	5.06	0.14				622	1103		
1131	CP	1887	5	20	4	12		OGGIONO	POS85		55			45.833	9.4	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19				301	1131		
1171	DI	1891	6	15				PESCHIERA	DOM	35	60	60		45.43	10.767	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	906	G		266	1171		
1180	DI	1891	12	22				SONDRIO	DOM	7	55	55		46.139	9.829	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	903	A		2050	1180		
1181	DI	1892	1	5				GARDA OCC.	DOM	100	75	65		45.593	10.482	A	4.96	0.12	4.49	0.18	4.70	0.17	906	G		267	1181		
1217	DI	1894	11	27				FRANCIACORTA	DOM	168	65	65		45.568	10.192	A	4.95	0.08	4.48	0.12	4.69	0.11	907	G		292	1217		
1241	CP	1895	10	12	1	45		M.ALTISSIMO NAGO	POS85		60			45.767	10.833	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	906	G		268	1241		
1245	CP	1895	11	2	6	30		SOMMA LOMBARDO	POS85		55			45.667	8.75	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19				2057	1245		
1305	DI	1898	11	16				SALO'	DOM	23	60	55		45.636	10.458	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	906	G		269	1305		
1353	DI	1901	10	30	14																								

**Un evento sismico viene comunemente rappresentato mediante grafici che prendono il nome di spettro di risposta o di accelerogramma, essi rappresentano l'oscillazione del suolo in ampiezza, frequenza e durata dell'evento sismico che viene generalmente riferita al substrato roccioso.**

L'individuazione del **terremoto di riferimento** per i comuni della Lombardia è già stata effettuata dal Politecnico di Milano (p.c. della Regione Lombardia).

Sono stati individuati gli eventi relativi a sorgenti sismiche compatibili con le caratteristiche sismogenetiche del territorio lombardo (ZS9), che prevedono un **meccanismo prevalentemente compressivo, con profondità comprese tra 8-12 km** (Gruppo di Lavoro, 2004 *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003*), **caratterizzati da una magnitudo massima attesa di 5.5 e distanze variabili tra 5-80 km** (Spallarossa e Barani, 2007).

La prima operazione effettuata è stata quella di suddividere il territorio regionale in fasce omogenee caratterizzate da diversa severità sismica.

In particolare sono state individuate **8 fasce** (il comune di Presezzo cade in fascia 5 ) nelle quali i comuni presentavano valori di accelerazione massima attesa al suolo (Gruppo di Lavoro, 2004) e valori dell'ordinata spettrale massima (NTC 2008) compresi in un range del  $\pm 10\%$  rispetto al valore medio del valore di accelerazione massima  $A_{g_{0rif}}$  di riferimento.

Per la scelta degli accelerogrammi relativi agli eventi sismici si è avvalso della banca dati accelerometrica di eventi italiani ITACA (Luzi L., Sabetta F., 2006). Utilizzando gli accelerogrammi presenti nelle banca dati, sono state selezionate le registrazioni caratterizzate da picchi di accelerazione più simili alle **massime accelerazioni orizzontali attese** in modo da limitare al massimo l'operazione di scalatura degli accelerogrammi stessi.

Per ogni fascia di severità sismica sono stati estratti pertanto 5 accelerogrammi naturali (o registrati) compatibili come previsto dalla normativa.

Nella banca dati regionale sono disponibili rispettivamente:

- 5 accelerogrammi naturali relativi ad eventi caratterizzati da un periodo di ritorno di 475 anni e riferiti alla categoria di suolo tipo A (bedrock o bedrock-like). Essi sono compatibili con il valore di accelerazione atteso nell'area;
- i valori di soglia (S) relativi ad ogni comune lombardo valutati, rispetto allo spettro di norma, per i due intervalli di periodo fondamentale rappresentativi delle tipologie costruttive più diffuse nella regione (periodo fondamentale di oscillazione  **$0,1 \leq T \leq 0,5$  sec e  $0,5 \leq T \leq 1,5$  sec** il primo riguarda gli edifici più bassi e regolari mentre il secondo riguarda gli edifici oltre i 5 piani) e per ogni categoria di sottosuolo. Essi sono contenuti nel file

**soglie\_lomb.xls.** Tali valori di soglia devono essere confrontati con il valore del Fattore di Amplificazione (FA) determinato effettuando l'analisi di secondo livello o di terzo livello;

COMUNE	Intervallo di periodo T in sec	Valori soglia per cat. Sottosuolo			
		B	C	D	E
Presezzo	0.1 - 0.5	1,5	1,9	2,3	2,0

COMUNE	Intervallo di periodo T in sec	Valori soglia per cat. Sottosuolo			
		B	C	D	E
Presezzo	0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,3	3,1

Tabella n. 17 Valori di soglia (Regione Lombardia).

- i valori del modulo di taglio normalizzato ( $G/Go$ ) e del rapporto di smorzamento ( $D$ ) in funzione dell'entità della deformazione ( $\gamma$ ) (vedi il file: curve\_lomb.xls) per vari tipi di terreno campione.

La normativa tecnica nazionale indica come rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica, lo spettro di risposta elastico in accelerazione per uno smorzamento convenzionale del 5%. Esso fornisce la risposta massima in accelerazione del generico sistema dinamico elementare con periodo di oscillazione  $T \leq 4$  sec ed è espresso come il prodotto di una forma spettrale per l'accelerazione massima del terreno.

La recente normativa nazionale (Norme tecniche costruzioni D.M. 14/01/2008; tabella n.1) fornisce i parametri di spettro di risposta elastico relativi ad ogni località del territorio italiano.

Di seguito sono riportati i dati relativi al comune di Presezzo (zona municipio) per normali edifici residenziali.

Da Spettri - NTC (vers. 1.0.3) Consiglio Superiore Lavori Pubblici per edifici con $V_n=50$ anni e $C_u=1$				
Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T^*_c$ [s]
SLE - Limite Operatività (SLO)	30	0,027	2,455	0,193
SLE - Limite Danno (SLD)	50	0,035	2,492	0,210
	72	0,041	2,505	0,223
	101	0,048	2,456	0,239
	140	0,056	2,472	0,249
	201	0,065	2,467	0,263
SLU - Salvaguardia vita (SLV)	475	0,094	2,444	0,274
SLU - Prevenzione collasso (SLC)	975	0,125	2,451	0,281
	2475	0,172	2,503	0,287
I dati si riferiscono alla porzione centrale abitato (Municipio)				

Tabella n. 18 Parametri di spettro NTC. Con:  $T_r$ = tempo di ritorno;  $a_g$ =accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido orizzontale;  $F_o$ = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T^*_c$  = periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale .

Un evento sismico può indurre oltre a fenomeni di amplificazione sismica locale, effetti collaterali d'instabilità (**fenomeni cosismici**) quali: **frane, crolli, liquefazioni**.

I **fenomeni di amplificazione sismica** (effetti di sito – definizione risposta sismica locale) sono generati dall'interazione delle onde sismiche con la situazione morfologico-litologico-stratigrafica locale. Durante la propagazione della sollecitazione dinamica dal “bedrock” verso la superficie, il moto sismico originario subisce una serie di modifiche (terremoto di riferimento – input sismico in corrispondenza del bedrock), in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza. Queste modificazioni inducono talora effetti di superficie inaspettatamente più elevati rispetto all'energia rilasciata alla sorgente (ipocentro). Tale fenomeno prende il nome di amplificazione sismica.

E' possibile riconoscere **due tipologie** principali di amplificazione sismica, una legata alla conformazione topografica superficiale, l'altra alla sequenza litostratigrafica del sottosuolo:

- **fenomeni di amplificazione sismica locale legati alla topografia:** si verificano in terreni stabili quando sono presenti morfologie superficiali più o meno articolate e/o irregolarità topografiche in generale. Queste particolari condizioni geometriche favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche sulla superficie topografica a causa di fenomeni di riflessione in corrispondenza della superficie libera e dell'interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; il tutto determina la conseguente amplificazione degli effetti. Tali condizioni si verificano in corrispondenza ad esempio di: creste, crinali o scarpate morfologiche;
- **fenomeni di amplificazione sismica locale legati alla litologia:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, etc..) oppure laddove sono presenti profili stratigrafici costituiti da litologie sovrapposte, con forti contrasti di impedenza ( $\rho \cdot V_s$ ) o terreni di copertura che presentano marcate differenze di proprietà meccaniche con il sottostante bedrock.  
Si possono così generare fenomeni d'intrappolamento delle onde all'interno dei depositi con esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse in superficie (amplificazione).
- oltre a questi fenomeni si possono verificare anche fenomeni di risonanza a causa della similitudine tra il periodo del moto sismico incidente e il periodo fondamentale di vibrazione del terreno e degli edifici soprastanti.

## 11.2. ANALISI DI PRIMO LIVELLO

### 11.2.1. Metodologia analisi di primo livello

La verifica di 1° livello consiste nell'esaminare dal punto di vista geo-litologico, geomorfologico e geotecnico il territorio comunale, consultando la cartografia e la documentazione bibliografica disponibile. Lo scopo è quello di accertare l'esistenza o meno di scenari quali quelli descritti nella sottostante tabella allegata alla normativa regionale ed attribuire, tali scenari di pericolosità sismica, alle zone omogenee individuate in corrispondenza del territorio comunale, sia che si tratti di zone potenzialmente soggette a fenomeni d'instabilità o che si tratti di zone soggette esclusivamente a fenomeni di amplificazione sismica locale.

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, 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	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella n.19 Scenari di pericolosità sismica locale.

Per ogni scenario di pericolosità sismica locale così individuato, la normativa regionale prevede la sua ubicazione e delimitazione sulla carta di pericolosità sismica locale (PSL, vedi tavola n.7, estesa a tutto il territorio comunale), e il confronto con la Carta di Fattibilità per le Azioni di Piano (vedi tavola n.10).

La carta della pericolosità sismica locale così redatta, rappresenta il punto di partenza per future analisi di livello superiore.

L'identificazione degli scenari consente di definire per ogni area omogenea, la necessità o meno dell'effettuazione del livello superiore d'indagine nel caso di nuova edificazione.

Secondo quanto previsto dalla normativa regionale per i comuni ricadenti in **zona 4**, le **verifiche di 2° livello** appaiono obbligatorie in **fase pianificatoria** nelle zone a PSL **Z3 e Z4** solo per gli edifici strategici e rilevanti (ai sensi della d.g.r. n.14964/2003, vedi elenco tipologico di cui alla d.d.u.o. n.19904/2003) fermo restando la facoltà dei comuni di estendere l'applicazione di tale livello di verifica, anche ad altre categorie di edifici.

In **fase progettuale** le **verifiche di 3° livello**, risultano obbligatorie in quelle zone **Z3 e Z4** dove le verifiche di 2° livello hanno accertato che il valore del fattore di amplificazione (Fa) calcolato risulta superiore al valore di soglia fornito dalla Regione Lombardia (**F.a.>S**) oppure nelle zone PSL **Z1, Z2 e Z5**.

#### 11.2.2. Risultati analisi di primo livello

La **carta di Pericolosità Sismica Locale** (PSL) del comune di Presezzo, prodotta in scala 1:5000 (**tavola n.7**), individua e delimita le aree che possono essere sede di fenomeni d'instabilità sotto l'effetto dinamico di una scossa sismica oppure soggette ad effetti di amplificazione sismica.

Nell'ambito del territorio comunale sono stati individuati i seguenti scenari:

- **Zone Z2**  
**Z2a**

Per quanto riguarda il fenomeno della liquefazione dei terreni naturali, nel caso del comune di Presezzo, non si può escludere tale eventualità in corrispondenza della zona di L.F.d.P. caratterizzata dalla presenza di una falda di tipo sospeso con livello posto ad una profondità compresa tra 3 e 5 metri dal piano campagna. Le potenzialità idriche di tale falda di tipo sospeso sembrano essere ridotte.

La presenza di una falda freatica a ridotta profondità si ha anche in corrispondenza dei terrazzi fluviali posti più in vicinanza al Brembo, ma in questo caso, sono presenti terreni granulari grossolani al di sotto una ridotta coltre superficiale limoso-sabbiosa.

Per poter escludere l'insacco di tale fenomeno secondo quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni D.M. 14/01/2008 al "Capitolo 7.11.3.4.2 **Esclusione della verifica a liquefazione**" occorre che si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{cIN} > 180$ , dove:  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{cIN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 7.11.1.a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in figura 7.11.1.b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

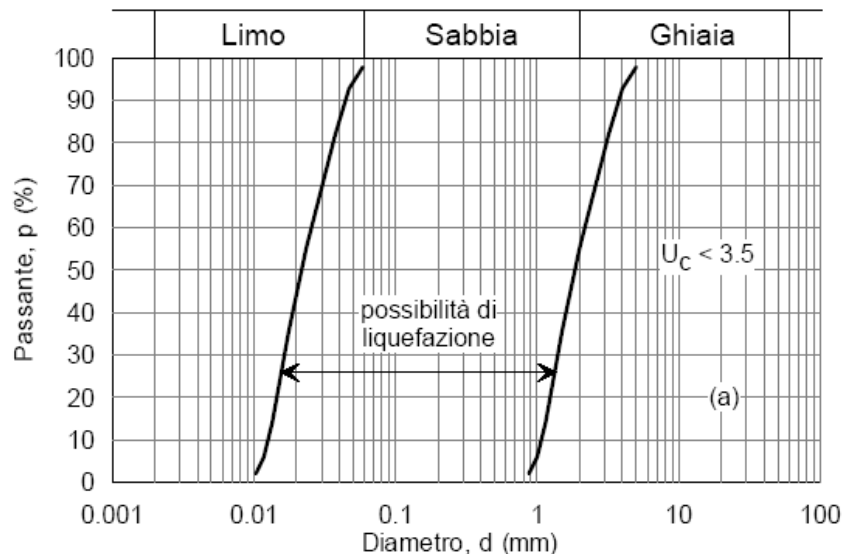


Figura n.1 (7.11.1.a)

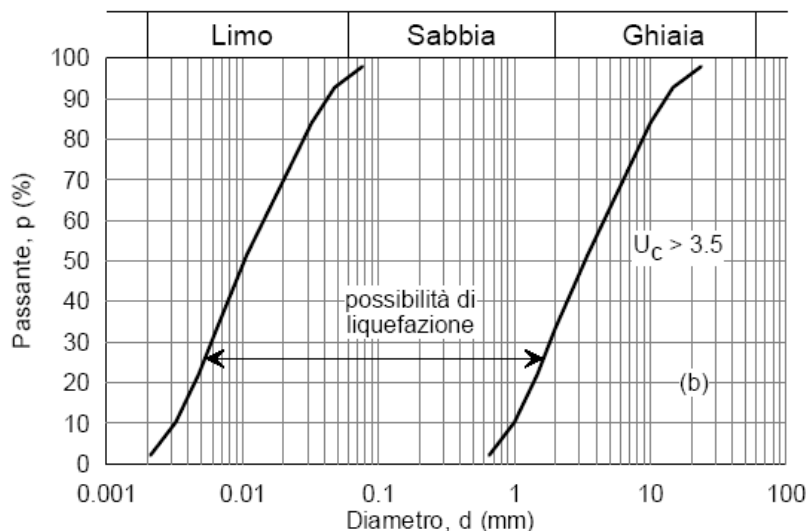


Figura n.2 (7.11.1.b)

Quando le condizioni n.1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5. Non è stato possibile reperire documentazione relativa.

#### **Punto 5. Distribuzione granulometrica esterna ai fusi indicati dalla normativa.**

Quando ad esempio nessuna delle condizioni sopra esposte risulta soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità alle quali sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità d'interesse.

L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.

Nel caso del comune di Presezzo, se si analizza esclusivamente i fattori litologici-idrogeologici predisponenti, prescindendo quindi dalle caratteristiche di magnitudo e di durata del sisma, in relazione alle poche informazioni stratigrafiche rese disponibili non sembrano essere presenti le condizioni per l'insorgenza del fenomeno di liquefazione durante una sollecitazione sismica particolarmente intensa (sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie).

L'esame delle informazioni stratigrafiche disponibili, ha evidenziato infatti la ridotta presenza nel sottosuolo del territorio comunale, di livelli/lenti estese di sabbie da pulite a limose e di limi sabbioso argillosi localmente ricchi in sostanza organica con spessore di qualche metro, dal limitato grado di addensamento e sature. Tali litofacies sono frequenti solamente nei primi 2-4 metri e risultano pertanto sature solo nella parte basale (falda sospesa).

Una sollecitazione sismica, in presenza di una falda freatica superficiale (falda sospesa) come quella presente nel territorio comunale può generare in terreni fini sovrappressioni neutre in grado di azzerare la pressione litostatica. Perciò in relazione alle poche informazioni acquisite dalle indagini geotecniche rese disponibili, non è attualmente possibile effettuare le valutazioni specifiche previste dalla normativa per le analisi di 3° livello (la normativa regionale indica a titolo esemplificativo la procedura di Crespellari del 1991. "La liquefazione del terreno in condizioni sismiche").

Nel grafico sottostante sono rappresentate le curve granulometriche di campioni di terreno prelevati durante le indagini geognostiche. Il loro andamento è stato confrontato con il fuso granulometrico (2 linee grosse rosse) fornito dalle NTC (per  $U_c > 3,5$ ). Come è possibile notare, a parziale conferma di quanto sopra, la maggior parte dei campioni esce da tali limiti. Non è disponibile una caratterizzazione granulometrica dettagliata delle coltri superficiali limoso-sabbiose; tuttavia è uso comune asportarle in toto per la posa delle fondazioni superficiali di un edificio.

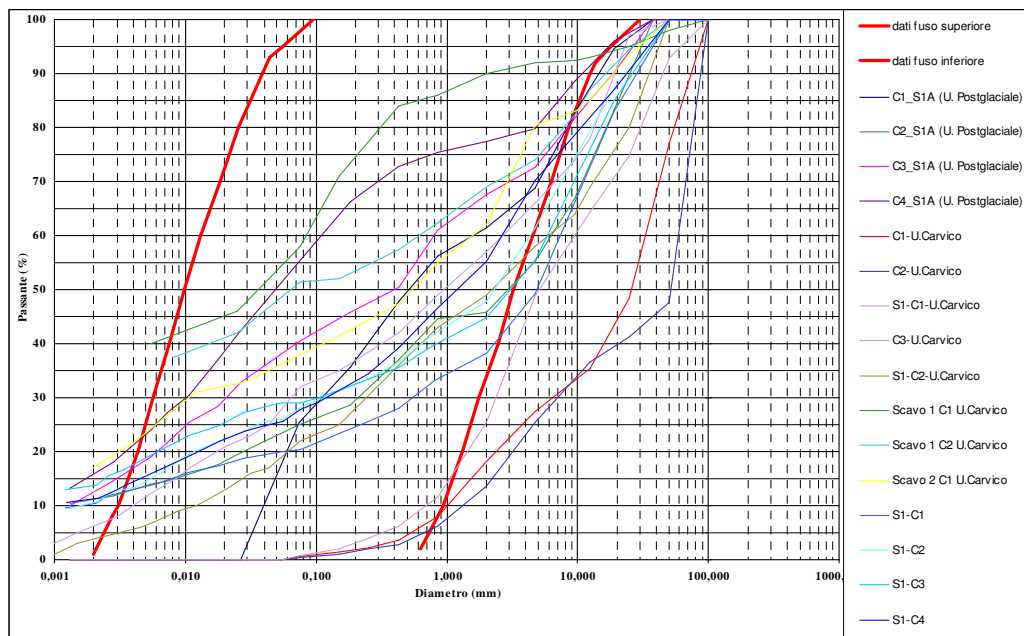


Figura n.9 Curve granulometriche di terreni presenti nel territorio comunale.

**Z2b:** corrispondono alle aree dove sono presenti consistenti riporti di terreno che possono essere suscettibili di cedimenti-assesamenti in seguito ad un evento sismico.

Nello studio geologico del 1996, sono state individuate aree adibite in passato a discarica di materiali vari o inerti e che sono state trasferite anche sulla cartografia attuale. Occorre considerare inoltre che, per i siti più antichi, le informazioni raccolte risultano scarse ed approssimative.

- **Zone Z3a:** corrispondono alle zone di ciglio di scarpata di erosione fluviale che limitano ad est il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.) dai terrazzi fluviali postglaciali più recenti della Valle Attuale del Brembo; si tratta di scarpate con altezza superiore alla decina di metri (15 metri) come indicato dalla normativa regionale. Non sono state indicate le scarpate di origine antropica prodotte per la realizzazione della nuova strada statale n 342 Briantea, in quanto inferiori alla decina di metri;
- **Zone Z4a:** tutti i terreni naturali del territorio comunale appaiono ricadere in questo scenario. Sia che si tratta di depositi di origine fluvio-glaciale che hanno contribuito alla formazione del livello fondamentale della pianura che di origine fluviale postglaciale che hanno colmato, con terrazzi disposti su vari ordini, la valle attuale del fiume Brembo. Le sequenze stratigrafiche e i dati geotecnici acquisiti consentono di differenziare all'interno del territorio comunale due sottozone:
  - a) **Zone a prevalente componente ghiaioso - sabbiosa;**
  - b) **Zone a componente ghiaioso - sabbioso - limoso con spessa coltre superficiale limoso-sabbiosa (Unità di Carvico e Unità Postglaciale torrente Lesina).**

## 12. CAVE E DISCARICHE

Come già riportato sopra, in corrispondenza del territorio comunale, nello studio geologico comunale del 1996, venivano individuate “Discariche o accumuli di materiali inerti o di rifiuti solidi urbani” censite al momento dei rilievi di terreno. L’ubicazione e l’estensione di tali siti è stata ripresa dall’allegato 2 dello studio geologico del 1996 e riportata sulle tavole prodotte.

## 13. RETI TECNOLOGICHE

### ACQUEDOTTO

La rete acquedottistica comunale è alimentata dai diversi pozzi ad uso idropotabile siti in comune di Ponte San Pietro, Presezzo e Bonate Sopra.

L’unico pozzo ad uso idropotabile presente nel territorio comunale è attualmente fermo a causa della presenza di cromo esavalente.

La gestione dell’acquedotto è stata affidata alla società HIDROGEST di Sotto il Monte Giovanni XXIII.

### FOGNATURA

L’abitato è servito dalla fognatura pubblica allacciata ai collettori intercomunali che hanno come recapito finale l’impianto di depurazione consortile di Brembate. La rete è di tipo misto.

## Normativa geologica di Piano

Questa parte di relazione geologica generale contiene la **normativa geologica di Piano** distinta tra: **la parte relativa ai vincoli presenti; la parte relativa alla descrizione degli elementi di pericolosità/vulnerabilità individuati sul territorio, la normativa d'uso della carta di fattibilità** e le **prescrizioni della componente sismica** che devono far parte integrante oltre che del **Documento di Piano**, anche del **Piano delle Regole**.

In questa parte dello studio vengono analizzati congiuntamente tutti gli elementi di carattere geologico, idraulico, idrogeologico, geotecnico ed ambientale presenti. Così facendo oltre ai vincoli di carattere geologico-ambientale esistenti, emergono tutte le varie problematiche legate alle peculiarità del territorio che possono condizionare il Governo del Territorio.

### 14. CARTA DEI VINCOLI

Sulla carta dei vincoli esistenti (**tavola n.8**) sono riportate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti dall'applicazione della normativa di carattere prettamente geologico-idrologico-idrogeologico-ambientale.

Per quanto riguarda il territorio in questione sono presenti:

#### - **Vincoli derivanti dalla normativa del Piano per l'Assetto Idrogeologico:**

##### **Aree di dissesto soggette all'Art. 9 delle N.d.A del P.A.I.**

Le aree in dissesto individuate in corrispondenza del territorio comunale si riferiscono alle zone storicamente soggette a problemi di esondazione del torrente Lesina, e delimitate nello studio geologico del 1996 (evento 1993); tali aree risultano in parte confermate dai risultati dello "Studio Idrogeologico e progettazione preliminare a scala di sottobacino idrografico dei torrenti Lesina, Bregogna e affluenti" (settembre 2010).

La perimetrazione è stata ripresa in gran parte dalla carta "Quadro del dissesto con legenda uniformata Pai" prodotta nel giugno del 2005 dal Dott. Norberto Invernici.

Alle aree in oggetto era stata attribuita la codifica di "Eb – Aree con pericolosità elevata

di esondazione” e pertanto risultano soggette alla normativa PAI.

Con la sigla “Ee” viene indicato l’alveo del torrente Lesina.

In seguito alle risultanze dello studio idrogeologico sopracitato, il cui sunto è riportato nel capitolo 8.1.2. della presente relazione, si ritiene di poter confermare come “Eb” le aree che risultano allagabili sia da riscontri storici che con piene con tempo di ritorno duecentenario (cfr. studio idrogeologico). Con tale classificazione si mantiene anche la zona posta all’estremità settentrionale del territorio comunale, dove il franco rispetto al livello massimo di piena duecentenaria, risulta inferiore al mezzo metro.

Si propone la riclassificazione in “Em - Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata” per le aree rimanenti, esterne alle Eb, che risultano allagabili esclusivamente su base storica (evento 1993) o che presentano franchi limitati rispetto alla situazione attuale delle arginature.

Tale convinzione nasce dal fatto che in seguito agli eventi del 1993, sono stati effettuati diversi interventi di protezione spondale che dovrebbero effettivamente aver ridotto il rischio idraulico.

Di seguito si riporta l’estratto della normativa PAI

Art. 9 comma 5, 6 e 6bis delle N.d.A. del PAI

**Comma 5.** Fatto salvo quanto previsto dall’art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree **Ee** sono esclusivamente consentiti:

- a. gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b. gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell’art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- c. **gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d’uso che comportino aumento del carico insediativo;**

- d. gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- e. i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- f. gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- g. le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- h. la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- i. l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- j. l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

**Comma 6.** Nelle aree **Eb**, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:

- a. gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;

- b. gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- c. la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- d. il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

**Comma 6bis.** Nelle aree **Em**, compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225.

**Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.**

**La riclassificazione di tali aree potrà essere valutata solamente quando saranno attuati gli interventi previsti nel Progetto Preliminare dello Studio Idrogeologico Lesina Bregogna.**

- **Vincoli di polizia idraulica relativi al reticolo idrico comunale.**

Su tutte le “acque pubbliche” valgono le disposizioni del R.D. 523/1904 (per il reticolo idrico principale e gli altri corsi d’acqua naturali) e del R.D. n.368/1904 (per i canali e le altre opere di bonifica), oltre alle successive disposizioni regionali in materia (D.G.R. 7/7868 del 15/02/2002, D.G.R. 7/13950 del 01/08/2003, L.R.n.7 del 16/06/2003).

Il reticolo idrico comunale si differenzia in “**Reticolo idrico principale**” di competenza dell’ente regionale, “**Reticolo idrico consortile**” di competenza nel caso specifico del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e “**Reticolo Idrico Minore**” di competenza comunale (assente nel caso specifico).

Per il reticolo idrico principale, secondo quanto stabilito dallo “Studio per la definizione del reticolo idrico minore” sono state stabilite fasce di rispetto di 10 metri di larghezza a partire

dalla sommità della sponda o dal piede esterno dell'argine di protezione.

Per il reticolo idrico consortile in deroga ai 10 metri, è stata individuata una fascia di rispetto ridotta a 5 metri.

Indicazioni più dettagliate su tali fasce e sulla normativa di polizia idraulica ad esse correlate, sono contenute nello "Studio di individuazione del reticolo idrico minore" (dicembre 2010) ai sensi della D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002 e s.m.i. e sottoposto al parere vincolante della competente Sede Territoriale della Regione Lombardia, che ha ottenuto parere favorevole dalla competente struttura regionale in data 21/06/2011 prot. n. AE02.2011.0005537.

**La delimitazione di tali fasce è indicativa ed è comunque soggetta a possibili errori grafici. Pertanto per stabilire l'esatta estensione di tali fasce è sempre necessario effettuare misurazioni di controllo in sito.**

- **Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile**

Attorno alle opere di captazione ad uso idropotabile (gestite da Hidrogest) come il pozzo di via Pascoli ma anche i due pozzi situati appena all'esterno del territorio comunale (San Gaudenzio a Locate e Bonzanni alle Ghiaie di Bonate Sopra), sono presenti le aree di salvaguardia stabilite dal DPR 236/88, confermate dal D.lgs. n.152/1999 e riprese dal D.lgs. n.258/2000, Art. 5 comma 4; integrate dalle disposizioni regionali in materia (D.G.R. n. 6/15137 del 27 giugno 1996).

**Zona di tutela assoluta:** è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o le derivazioni; essa deve avere un'estensione, in caso di acque sotterranee e ove possibile anche per le acque superficiali, di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e a infrastrutture di servizio.

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

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

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

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

Per gli insediamenti o le attività, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture od attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- d) le pratiche agronomiche e i contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del comma 5.

**In assenza dell'individuazione da parte della regione della zona di rispetto, la medesima ha estensione circolare di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione (come nel caso specifico).**

Per quanto riguarda inoltre la disciplina delle strutture o delle attività all'interno delle **zone di rispetto e di tutela assoluta**, occorre fare riferimento alla normativa regionale, la **DGR n.7/12693 del 10 aprile 2003 "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto, art.21 comma 6 del D.lgs.152/99 e s.m."**

**Zone di protezione:** devono essere delimitate secondo le indicazioni della regione per assicurare la protezione del patrimonio idrico. In esse si possono adottare misure relative alla

specifica destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agroforestali e zootecnici da inserirsi negli strumenti urbanistici comunali, provinciali, regionali, sia generali sia di settore.

Le regioni, al fine della protezione delle acque sotterranee, anche di quelle non ancora utilizzate per l'uso umano, individuano e disciplinano, all'interno delle zone di protezione, le seguenti aree:

- a) aree di ricarica della falda;
- b) emergenze naturali e artificiali della falda.
- c) zone di riserva.

## ✚ 15. CARTA DI SINTESI O DELLA PERICOLOSITA'

La carta di sintesi o della pericolosità (**tavola n.9**), costituisce un elaborato fondamentale all'interno della procedura di pianificazione territoriale. Tale cartografia riporta tutto quanto si ritiene maggiormente significativo, dal punto di vista geologico-ambientale, nel condizionare il futuro sviluppo urbanistico del territorio comunale.

A tale scopo, si sono riprese dalle cartografie di inquadramento, tutte le informazioni di carattere geologico-geotecnico, geomorfologico, idraulico, idrogeologico ed ambientale.

Sulla carta di sintesi sono riportate aree omogenee in cui sono presenti elementi di pericolo o di vulnerabilità con riferimento allo specifico fenomeno che li genera.

Pertanto il territorio comunale è stato suddiviso in una serie di poligoni caratterizzati dalla presenza di uno o più fenomeni di dissesto idrogeologico in atto o potenziale, o da vulnerabilità idraulica o idrogeologica.

Gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che si possono riconoscere generalmente in un territorio comunale possono essere raggruppabili in quattro categorie principali:

- aree pericolose per instabilità dei versanti denominata problematica: “**St**”;
- aree con terreni di scadenti caratteristiche geotecniche denominata problematica: “**Gt**”;
- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico denominata problematica: “**Id**”;
- aree vulnerabili/vulnerate dal punto di vista idrogeologico denominata problematica: “**Idg**”;

Una suddivisione più dettagliata di queste tipologie principali è proposta nella tabella di seguito allegata (vedi **tabella n.20** “Classi d’ingresso” tratta dalla D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008) dove si vede la corrispondenza esistente tra la tipologia di pericolosità individuata e la classe di fattibilità geologica per le azioni di piano ad essa associata. A tale scopo le sigle sopra riportate verranno utilizzate sulla carta di fattibilità per ricordare il legame tra sottoclassi di fattibilità e la pericolosità ad essa associata.

La sovrapposizione in una stessa area di più tipologie di pericolosità determina la formazione di poligoni misti con presenza di più fattori limitanti.

Per la delimitazione dei poligoni si tiene in considerazione sia l’estensione dell’area direttamente coinvolta, che l’ampiezza della relativa zona d’influenza dei fenomeni desunta nella precedente fase di analisi.

Tabella 1 – Classi di ingresso

<b>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti</b>		<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</b>	
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4	Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è stato possibile definire un tempo di ritorno	4
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4	Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprensive di aree di distacco ed accumulo)	4	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	4*	Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa	4
Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3
Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3	<b>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</b>	
Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	3	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*	Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)	3	Aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
Aree interessate da valanghe già avvenute	4	Aree con riporti di materiale, aree colmate	3
Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4	<b>Aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali</b>	
Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3		
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3		
<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</b>			
Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	3		
Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree con emergenza della falda)	4		
Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3		
Aree interessate da carsismo profondo (caratterizzate da inghiottitoi e doline)	4		
		<b>Classe</b>	<b>Norme</b>
		Fascia A all'esterno dei centri edificati	4
		Fascia B all'esterno dei centri edificati	3
		Fasce A e B all'interno dei centri edificati	Da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4
		Territori di fascia C delimitati con segno grafico indicato come «limite e progetto tra la fascia B e la Fascia C»	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le fasce A e B
		Fascia C	Da attribuire in base alle problematiche riscontrate
			Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano le norme riguardanti la fascia B fino al limite esterno della fascia C
			Da definire nell'ambito dello studio, fermo restando quanto stabilito dall'art. 31 delle N.d.A. del PAI

Tabella n.20. Classi di ingresso. Tipologia di pericolosità ➡ attribuzione classe di fattibilità.

## **AREE PERICOLOSE PER INSTABILITA' DEI VERSANTI**

Relativamente all'aspetto instabilità dei versanti (vedi sigla **St** in legenda), sono segnalate le scarpate che delimitano verso est il livello fondamentale della pianura dalla valle attuale del Brembo e le scarpate artificiali prodotte per la realizzazione in trincea della S.S. Briantea.

Nel primo caso non sono stati segnalati in passato franamenti (cfr. studio geologico 1996) e la scarpata appare completamente ricoperta da vegetazione d'alto fusto.

Nel secondo caso sono stati realizzati interventi di rinverdimento e locali opere di bioingegneria o reti addossate alla scarpata di protezione dalla caduta sassi.

## **AREE CON TERRENI DALLE PROPRIETA' GEOTECNICHE DA MEDIE A MEDIOCRI**

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici (vedi sigla **Gt** in legenda), si pone l'attenzione alla porzione centrale del territorio comunale dove è presente l'Unità di Carvico. In corrispondenza di tale settore sono presenti a partire dalla superficie limi sabbiosi poco consistenti dello spessore variabile da 0,5 a 2,4 metri circa; al di sotto sono presenti ghiaie sabbiose limoso che presentano localmente ridotto grado di addensamento. A questo si aggiunge la presenza a profondità ridotta di una falda di tipo sospeso, di scarsa potenzialità ma costantemente presente come identificato dalla figura n. 4.

Occorre considerare inoltre tutte quelle aree depresse dove in passato sono stati accumulati rifiuti inerti o di varia natura geotecnicamente scadenti. I terreni di tali aree, individuate in carta (cfr. studio geologico 1996), se sovraccaricati, sono passibili di consistenti fenomeni di assestamento nel tempo.

## **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO**

Le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico sono riconoscibili per la codifica "**Id**" in legenda.

Il settore di territorio comunale vulnerabile dal punto di vista idraulico, è quello posto a cavallo del torrente Lesina, ciò risulta dalla cronaca degli eventi di esondazione storicamente verificatisi in corrispondenza di diversi eventi meteo (cfr capitolo 8.1.1.).

**Lo studio geologico comunale del 1996, riportava sulla cartografia prodotta, l'estensione delle aree allagate nel 1993. Lo scrivente ha ripreso tale limite.**

**Nel settembre 2010 è stato condotto uno studio a scala di bacino idrografico che, anche se con altri scopi, ha ricostruito le aree potenzialmente allagabili con tempo di ritorno**

**cinquantennale e duecentennale** (cfr. “Studio idrogeologico e progettazione preliminare a scala di sottobacino idrografico dei torrenti Lesina, Bregogna e affluenti”, redatto dall’A.T.P. Ing. Taccolini - Maione, settembre 2010).

Anche tali aree sono state riportate sulla carta di sintesi ([tavola n.9](#))

Sulla carta inoltre sono riportati il reticolo idrico principale costituito dal torrente Lesina ed il reticolo idrico minore/consortile.

In corrispondenza del reticolo idrico minore dove le portate idriche sono regolate artificialmente non sono state segnalate problematiche legate ad allagamenti per la fuoriuscita di acqua dai canali in concomitanza di eventi meteorici.

## AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

In questo capitolo sono elencati gli aspetti e le problematiche di carattere idrogeologico (**vedi sigla “Idg”** in legenda) legate alla necessità della salvaguardia e/o del recupero della qualità dei suoli e delle acque sotterranee. Tale obiettivo è rimarcato anche sulla cartografia e nelle norme di attuazione del PTCP della Provincia di Bergamo.

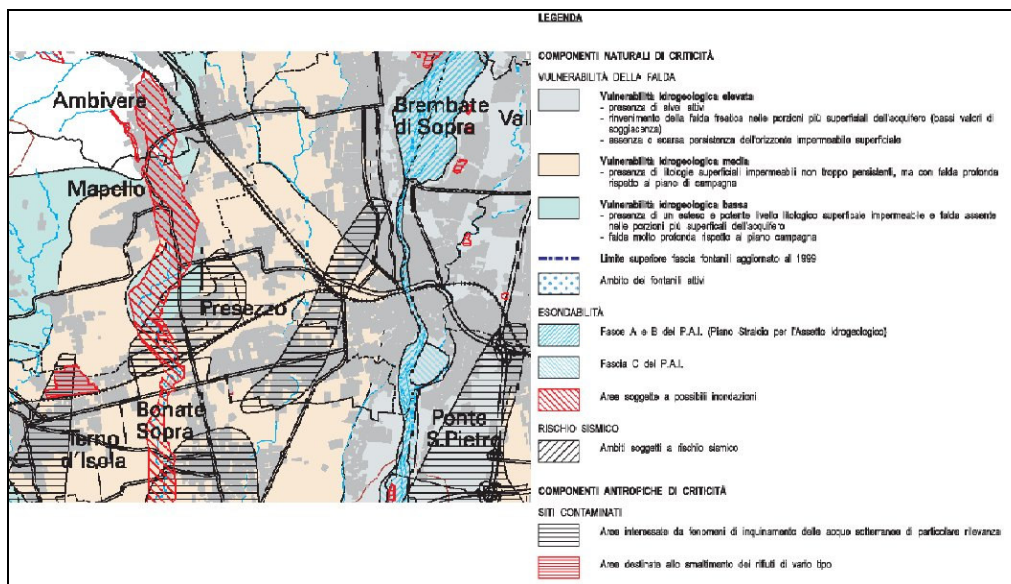


Figura n.10 Estratto dalla carta 13.A. Carta degli elementi di criticità in ambito di pianura.

Nel caso del comune di Presezzo si pone l'evidenza su:

- aree inquinate (vulnerate) dal punto di vista della qualità delle acqua di falda (Cromo VI) e soggette a monitoraggio come evidenziato nella figura n.8 (estensione del plume di Cromo VI alla data del marzo 2009) e figura 10. ;
- aree molto vulnerabili dal punto di vista della falda freatica per soggiacenza inferiore ai 10 metri da piano campagna. La zona interessata da questo aspetto è quella più orientale dei terrazzi alluvionali postglaciali del Brembo dove è assente o ridotta la coltre superficiale pedogenetica ed i terreni sono molto permeabili;
- la presenza di una falda superficiale di tipo sospeso che, laddove presente, risulta la più direttamente e velocemente coinvolgibile da fenomeni d'inquinamento superficiale.

## ✚ 16. NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE E CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La normativa regionale stabilisce quattro classi di fattibilità geologica per le azioni di Piano:

1. Fattibilità senza particolari limitazioni (colore bianco);
2. Fattibilità con modeste limitazioni (colore giallo);
3. Fattibilità con consistenti limitazioni (colore arancione);
4. Fattibilità con gravi limitazioni (colore rosso).

Le **Norme Geologiche di Attuazione** rappresentano una serie di indicazioni di natura **prescrittiva** per attuare: interventi urbanistici; studi e indagini; approfondimenti per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio, progettare eventuali sistemi di monitoraggio necessari a controllare fenomeni in atto o potenziali; per la stesura di piani di Protezione Civile.

Alle classi di fattibilità individuate devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale (tavola 7) che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT (vedi **Capitolo 17. Prescrizioni per gli scenari di pericolosità sismica locale**).

Per la stesura della **Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano (tavola 10)**, si è proceduto attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono, omogeneo per pericolosità/vulnerabilità geologica, individuato precedentemente sulla **carta di sintesi o della pericolosità** (vedi tabella n.20 Classi d'ingresso).

Seguendo le indicazioni riportate nei criteri ed indirizzi regionali per la stesura della "Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano", sono state classificate, mediante sigle e colori, le diverse classi/sottoclassi di fattibilità geologica in corrispondenza delle aree omogenee individuate nella fase di sintesi.

Qualora in una stessa area si verifichi la concomitanza di più problematiche, sul poligono che la individua, sono state indicate le classi di fattibilità relative a tutti gli elementi di pericolosità e/o di vulnerabilità presenti (mantenendo la stessa terminologia e sigle adottate per la carta di sintesi).

**Si precisa inoltre che, qualora nella stessa area siano state indicate più classi/sottoclassi, si deve considerare indicativa ai fini della possibilità di realizzare nuove edificazioni, quella più**

**restrittiva, pur eseguendo tutte le indagini indicate per le altre problematiche geologiche individuate.**

Per ciascuna problematica individuata, nei successivi paragrafi, vengono indicate le indagini specifiche che si devono affrontare, con diverso grado di dettaglio a secondo della classe di appartenenza; ciò allo scopo di stabilire la compatibilità dell'intervento previsto rispetto al tipo di problematica presente nell'area.

La valutazione di compatibilità geologica s.l. di ogni intervento edificatorio dovrà costituire parte integrante della documentazione tecnica di progetto necessaria per l'ottenimento della Concessione Edilizia o di ogni altro atto ad essa assimilabile, comprese le autodichiarazioni (DIA).

Definire aree caratterizzate da **"fattibilità con limitazioni di vario grado"** significa perciò **stabilire che ogni cambiamento di destinazione d'uso** (es: nuove edificazioni, ristrutturazioni comportanti significativi ampliamenti o aumenti del carico insediativo, oppure con incrementi di carico in fondazione, nuove infrastrutture, l'effettuazione di scavi estesi in grado di modificare la geometria e la stabilità del piano campagna circostante) **potrà essere attuato solamente dopo aver verificato la sua compatibilità rispetto al tipo e all'entità delle problematiche individuate.**

In questo quadro deve essere tenuta in considerazione anche la funzione dell'opera che si andrà a realizzare (es: opera o infrastruttura a carattere pubblico o privato).

Nella valutazione relativa alle classi di fattibilità si è tenuto in considerazione anche le limitazioni imposte dalla normativa relativamente [alle aree in dissesto P.A.I.](#)

Si ricorda che i dati riportati nel presente studio, redatto ai sensi della normativa regionale vigente, non devono essere in alcun modo considerati sostitutivi delle indagini geognostiche e della documentazione geologico-tecnica prescritte dal D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) per la fase esecutiva.

## *Le classi di fattibilità risultano pertanto così definite:*

### **Classe 1– Fattibilità senza particolari limitazioni**

In questa classe, indicata in **bianco** sulla cartografia, ricadono le aree per le quali lo studio non ha individuato specifiche problematiche di carattere geologico, di conseguenza non vi sono particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso delle particelle. In questo caso deve essere applicato quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Nel caso specifico di Presezzo, non vi sono aree che ricadono in tale classe.

### **Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni**

In questa classe, indicata in **giallo** sulla cartografia, ricadono le aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso dei terreni; per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico, idraulico o idrogeologico o l'adozione di accorgimenti tecnico-costruttivi finalizzati al superamento delle problematiche senza che sia necessaria la realizzazione di opere di difesa.

Le indagini dovranno analizzare, sulla base della tipologia d'intervento previsto, i mutui rapporti con le caratteristiche del sito in modo da individuare le soluzioni tecnico-costruttive più adatte.

L'entità, la tipologia e il grado di dettaglio delle suddette indagini, saranno valutate sulla base dell'intervento in programma e a discrezione del professionista incaricato.

Le relazioni specialistiche relative ai diversi ambiti di pericolosità individuati, devono essere effettuate preliminarmente ad ogni intervento edificatorio sia che si tratti di nuovi insediamenti singoli che in ambito di P.A., di P.L. o di P.I.P., P.I.I. L'area di studio dovrà estendersi ad un intorno significativo rispetto a quello dell'intervento edificatorio proposto.

Si ricorda che gli studi su indicati non devono essere considerati in alcun modo sostitutivi delle indagini geognostiche e della documentazione geologico-tecnica prescritte dalla normativa sulle costruzioni.

**Sottoclasse 2Gt:** aree con problematiche di tipo geologico-geotecnico.

La raccolta di dati stratigrafici ha consentito l'individuazione in corrispondenza del settore centrale del territorio comunale di terreni (Unità di Carvico) che localmente possono presentare caratteristiche geotecniche mediocri sia per la presenza di granulometrie fini a partire dalla superficie topografica sino a profondità superiori ai 2 metri, sia per il ridotto grado di addensamento degli strati sottostanti sino a profondità elevate.

Ad aggravare la situazione sfavorevole va aggiunta la presenza, su gran parte dell'area di affioramento di tale unità, della falda di tipo sospeso con livello compreso tra i 3 e i 5 metri al di sotto il piano campagna.

In queste aree è necessaria l'effettuazione di un'approfondita campagna d'indagini geognostiche mirata all'individuazione di eventuali eterogeneità geotecniche laterali e verticali.

Cautelativamente sono stati mantenuti in questa sottoclasse anche i terreni presenti in corrispondenza del settore orientale del L.F.d.P., dove affiora l'Unità di Treviglio, e quelli dei terrazzi alluvionali più antichi in destra al Brembo inseriti in classe 2 sulla carta di fattibilità per le azioni di piano del Dott. Geol. Norberto Invernici (giugno 2005). Ciò in relazione al fatto che non è stato possibile acquisire ulteriore documentazione che consentisse una loro rivalutazione.

**Sottoclasse 2Idg:** aree con problematiche di tipo idrogeologico.

Rientra in questa classe la zona ove è presente la falda locale di tipo sospeso e dove la vulnerabilità verticale è elevata.

In queste aree, dove è presente una ridotta soggiacenza, gli interventi antropici quali ad esempio: insediamenti industriali giudicati pericolosi, la trivellazione di nuovi pozzi, la realizzazione di serbatoi interrati di sostanze potenzialmente inquinanti, etc..., dovranno tenere in considerazione tale aspetto per non alterare le condizioni chimico-fisiche delle acque presenti nel sottosuolo o mettere in comunicazione acque inquinate più superficiali con acque qualitativamente migliori.

I pozzi perdenti esistenti nelle aree servite da pubblica fognatura dovranno essere chiusi o servire esclusivamente alla dispersione di acque meteoriche.

Tale aspetto è evidenziato anche nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale che classifica tali aree come: *“Ambiti di pianura nei quali gli interventi di trasformazione territoriale devono essere assoggettati a puntuale verifica di compatibilità geologica ed idraulica (Art. 44)” oppure “Ambiti di pianura nei quali gli interventi di trasformazione territoriale devono mantenere come soglia minimale le condizioni geologiche ed idrauliche esistenti (Art. 44)”*.

### **Classe 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni**

La classe 3, indicata in **arancione** sulla cartografia, comprende le zone in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso dei terreni, a causa delle condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate.

Rispetto alle aree in classe due, quelle rientranti nella terza classe di fattibilità, presentano anche una maggiore diffusione ed estensione del dissesto o delle potenziali attitudini ad esso.

In questa classe sono comprese generalmente: aree acclivi potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto, aree soggette a fenomeni alluvionali con eventuale trasporto in massa, terreni dotati di scadenti caratteristiche geotecniche, le aree molto vulnerabili dal punto di vista della qualità delle acque e le aree inquinate.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato all'esecuzione di indagini dettagliate mirate all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica, idrogeologica o idraulica dell'area direttamente coinvolta e del suo intorno.

Tale approfondimento tecnico dovrà essere attuato attraverso l'effettuazione di studi specialistici che considerino tutti gli ambiti di pericolosità individuati e valutino la compatibilità dell'intervento edificatorio oltre alla portata massima che esso potrà avere.

Gli studi (rilievi di campagna, indagini geognostiche, prove di laboratorio, verifiche idrauliche e di stabilità, indagini idrogeologiche e chimiche, etc.) devono essere effettuati preliminarmente alla pianificazione e alla progettazione di ogni intervento edificatorio sia che si tratti di nuovi insediamenti singoli che in ambito di P.A., di P.L., di P.I.P. o di P.I.I.. Le relazioni prodotte dovranno essere consegnate congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei P.A. (**l.r.12/05 art.14**) o in sede di richiesta di permesso di costruire (**l.r.12/05 art.38**). Si ricorda che gli approfondimenti indicati non devono essere considerati in alcun modo sostitutivi delle indagini geognostiche e della documentazione geologico-tecnica prescritte dalla normativa sulle costruzioni (NTC-2008).

Il risultato delle indagini condotte consentirà quindi in fase esecutiva di valutare gli interventi specifici o le opere di protezione/difesa, attive e/o passive indispensabili all'eliminazione di ogni

rischio.

Gli interventi di sistemazione o di protezione dovranno tener presente anche il contesto ambientale riducendo il loro impatto sul territorio; pertanto ad esempio gli interventi di bonifica idraulica dovranno essere eseguiti, ove possibile, con tecniche di bioingegneria forestale.

**Sottoclasse 3St:** aree con problematiche di tipo instabilità dei versanti.

In questa sottoclasse ricade la zona di scarpata di origine naturale che limita verso est il L.F.d.P.; in tale sottoclasse sono comprese le due scarpate di origine antropica che limitano esternamente la trincea dove è stata realizzata la nuova S.S. Briantea.

Per tali scarpate si è stabilito una fascia di rispetto di 10 metri di arretramento dal relativo ciglio sommitale.

Ogni intervento edificatorio in queste aree, dovrà analizzare e verificare la stabilità complessiva del versante pre e post intervento.

Ciò consentirà di valutare, in fase esecutiva, le opere di protezione/sostegno e consolidamento necessarie per la messa in sicurezza dell'area.

Si ritiene indispensabile l'effettuazione di un'approfondita campagna d'indagini geognostiche mirata all'acquisizione di tutti i parametri necessari per effettuare le valutazioni su indicate. Le risultanze delle indagini e le verifiche di stabilità dovranno essere contenute in una dettagliata relazione specialistica che valuti la compatibilità geologica dell'intervento in questione e che dovrà essere allegata alla documentazione progettuale.

**Sottoclasse 3Gt:** aree con problematiche di tipo geologico-geotecnico.

In questa sottoclasse ricadono tutte quelle aree che sono state oggetto in passato di interventi antropici quali: escavazione dei terreni naturali e successivo riporto di rifiuti inerti o di altro genere. In queste aree, il compattamento di questi materiali dovuto al sovraccarico può determinare fenomeni di assestamento anche consistenti.

In tali zone in caso di prevista edificazione si dovrà tenere in considerazione i seguenti elementi:

- la riduzione della capacità portante dei terreni di riporto;

- la previsione di elevati cedimenti totali/cedimenti differenziali per compattazione - consolidazione dei riporti;
- effetti cosismici importanti quali compattazione per sollecitazione dinamica;
- la caratterizzazione della tipologia dei “terreni” di riporto presenti laddove non esistano accertamenti precedenti o vi siano dubbi in merito;
- l’elevata probabilità di dover adottare soluzioni fondazionali di tipo profondo o misto.

Per gli interventi in queste aree si ritiene indispensabile l’effettuazione di un’approfondita campagna d’indagini geognostica/geofisica/chimica mirata all’acquisizione di tutti i parametri necessari per effettuare le valutazioni su indicate. Le risultanze delle indagini e le valutazioni saranno contenute in una dettagliata relazione specialistica che valuti la compatibilità geologica dell’intervento in questione e che dovrà essere allegata alla documentazione progettuale.

**Sottoclasse 3Id:** aree con problematiche di tipo idrologico.

In tale sottoclasse ricadono tutte le aree pianeggianti adiacenti al torrente Lesina dove sulla base delle informazioni storiche e/o delle risultanze dello studio idrogeologico sopracitato, è stata accertata la condizione di rischio derivante da fenomeni esondativi.

Tali aree, sono soggette alla normativa PAI e più precisamente all’ Art. 9 comma 5, 6 e 6 bis delle N.d.A. del PAI.

**Le aree in questione sono state classificate come:**

**aree in dissesto “Eb” in base a quanto indicato nel capitolo 8.1.2 e al capitolo 14 (aree di dissesto soggette all’Art.9 delle N.d.A. del PAI).**

Per le aree classificate come “Eb” sulla Carta Quadro del Dissesto con legenda uniformata PAI (tavola n.11) si dovrà applicare la seguente normativa PAI:

**Art. 9 Comma 5.** Fatto salvo quanto previsto dall’art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree “Ee” sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell’art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;

- **gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;**
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

**Art. 9 Comma 6.** Nelle aree **Eb**, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quando esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

**La classificazione della fattibilità e le limitazioni sopra riportate dovranno essere mantenute sino al momento della realizzazione della progettata (progetto preliminare) vasca di laminazione a monte in comune di Ponte San Pietro prevista dalla Studio Idrogeologico Lesina Bregogna.**

**Solo ad intervento attuato, potranno essere rivalutate le nuove condizioni di rischio idraulico.**

Per le aree in dissesto classificate come “Eb” come indicato al comma 5 – punto 3, è necessario adottare misure di mitigazione del rischio.

Queste misure si identificano con degli accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili; **tali accorgimenti dovranno essere indicati quali prescrizioni alla realizzazione di qualsiasi intervento di ristrutturazione sul patrimonio edilizio esistente.**

Tali prescrizioni dovranno essere recepite dal Piano di Governo del Territorio ed ad esse dovranno essere soggetti gli interventi eseguibili in tali aree (cfr. Allegato 3 della D.G.R. n.7/7365 dell'11/12/2001).

**Accorgimenti, quali prescrizioni necessarie a garantire la compatibilità degli interventi modificativi ed integrativi del patrimonio edilizio esistente nonché il recupero dello stesso.**

**Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture:**

- 1) realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali, con franco adeguato rispetto al livello della piena di riferimento;
- 2) la **dismissione dei piani interrati esistenti**;
- 3) realizzare le nuove aperture degli edifici situate al di sotto del livello della piena di riferimento a tenuta stagna; disporre i nuovi ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- 4) progettare la disposizione degli ampliamenti dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- 5) progettare la disposizione degli ampliamenti dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- 6) favorire nella modifica della viabilità interna, il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

**Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni negli interventi modificativi ed integrativi e di ristrutturazione degli edifici esistenti:**

- 1) opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- 2) opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- 3) fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento in suoli coesivi.

**Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione negli interventi modificativi ed integrativi e di ristrutturazione degli edifici esistenti:**

- 1) realizzare le uscite di sicurezza, situate sopra il livello della piena di riferimento, di dimensioni sufficienti per consentire l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
- 2) realizzare le vie di evacuazione al di sopra il livello di piena di riferimento.

**Altre misure:**

- 1) Utilizzare materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche;
- 2) Utilizzare materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

Si sottolinea inoltre, che ai sensi dell'Art.4 comma A (allegato 3) della D.G.R. n.7/6645, si dovrà comunque verificare che l'eventuale occupazione del suolo non ponga ostacolo al libero deflusso delle acque limitando in modo significativo la capacità di invaso dell'area golenale, per far ciò si dovrà utilizzare la procedura indicata nella delibera stessa e ripresa dalla D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008 (allegato 4, punto 4 comma A).

**Sottoclasse 3Id\***: aree con problematiche di tipo idrologico.

Si collocano in questa sottoclasse le aree classificate come “Em” sulla carta del “Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI” che non risultano allagabili allo stato attuale secondo quanto emerso dallo Studio Idrogeologico Lesina-Bregogna (settembre 2010), ma che sono risultate allagate in diversi eventi storici del passato o hanno dei franchi tuttora limitati. A tali aree si applicano le seguenti prescrizioni delle N.d.A. del PAI:

**Art. 9 Comma 6bis.**

Nelle aree classificate **Em**, compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225.

**Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.**

Per le aree in dissesto classificate come “Em” sulla carta “Quadro del dissesto PAI” lo scrivente ritiene necessario indicare alcune misure di mitigazione del rischio.

Queste misure si identificano con degli accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell’area inondabile da parte di persone e beni mobili; **tali accorgimenti dovranno essere indicati quali prescrizioni alla realizzazione di qualsiasi nuovo intervento edilizio.**

Tali prescrizioni dovranno essere recepite dal Piano di Governo del Territorio ed ad esse dovranno essere soggetti gli interventi eseguibili in tali aree (cfr. Allegato 3 della D.G.R. n.7/7365 dell’11/12/2001).

**Accorgimenti, quali prescrizioni, necessari a garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale**

**Misure atte ad evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture:**

- 1) realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali, con franco adeguato rispetto al livello della piena di riferimento;
- 2) non realizzare piani interrati;

- 3) realizzare le aperture degli edifici situate **al di sotto del livello della piena di riferimento** a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- 4) progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, i quali potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- 5) progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- 6) favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

**Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni:**

- 1) opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- 2) opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- 3) fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento in suoli coesivi.

**Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione:**

- 1) uscite di sicurezza, situate **sopra il livello della piena di riferimento**, di dimensioni sufficienti per consentire l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
- 2) vie di evacuazione situate **sopra il livello di piena di riferimento**;

**Altre misure**

- 1) Utilizzare materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche;
- 2) Utilizzare materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

**Sottoclasse 3Idg:** aree con problematiche di tipo idrogeologico.

Nella sottoclasse 3Idg ricade tutta la zona in sponda destra Brembo caratterizzata da bassa soggiacenza dell'acquifero freatico principale (livello freatico posto a profondità inferiore ai 10 metri rispetto al piano campagna) e ridotto spessore della coltre pedogenetica.

In queste zone la vulnerabilità appare elevata pertanto dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti del caso onde evitare inquinamenti della falda.

A tale scopo sono da evitare l'insediamento di attività potenzialmente inquinanti, lo spandimento di liquami; l'escavazione di inerti, la realizzazione di serbatoi interrati per lo stoccaggio di sostanze

inquinanti, etc..

I pozzi perdenti esistenti nelle aree collettate al sistema fognario dovranno essere chiusi o servire esclusivamente alla dispersione di acque meteoriche.

**In relazione all'elevata vulnerabilità idrogeologica che caratterizza queste zone a prevalente destinazione agricola ed al fine di migliorare le caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee, si sconsiglia l'utilizzo sul suolo di fanghi provenienti da impianti di depurazione o di compostaggio. L'utilizzo di tali fanghi dovrà essere subordinato al parere del Comune, fermo restando quanto previsto dalla normativa statale e regionale vigente in materia.**

Rientra inoltre in questa sottoclasse anche l'area che è risultata inquinata da cromo esavalente. In quest'area è in corso il monitoraggio da parte dall'ARPA sia per seguire l'evoluzione della qualità delle acque sotterranee che per valutare gli interventi necessari al disinquinamento.

Lo scavo in quest'area di un eventuale pozzo ad uso idropotabile è sconsigliato.

In corrispondenza di tutto il territorio comunale, **è indispensabile evitare la dispersione di acque inquinate** soprattutto di tipo industriale sulla superficie del suolo, nelle acque superficiali (es: nei canali irrigui/rogge) e soprattutto nel sottosuolo (pozzi perdenti).

Il rispetto della normativa uniti al buon senso, risultano i presupposti indispensabili per garantire la salvaguardia ed il progressivo miglioramento nel tempo della qualità sia delle acque superficiali che di quelle sotterranee, ciò a vantaggio dell'intera collettività.

## **Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni**

In questa classe, indicata in **rosso** sulla cartografia (tavola n.10), ricadono tutte quelle aree per le quali l'elevata situazione di pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni alla modifica di destinazione d'uso.

**In queste aree dovrà pertanto essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere di consolidamento o di sistemazione idrogeologica mirate alla messa in sicurezza dei siti.**

**La normativa regionale stabilisce che per gli edifici esistenti siano consentiti esclusivamente interventi di demolizione senza ricostruzione, la manutenzione ordinaria e straordinaria, il restauro, il risanamento conservativo, così come definiti dall'art. 27 comma 1, lettere a), b) e c) della Legge 12/05, senza aumento di superficie o volume, senza aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.**

**Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.**

In tali aree dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile e/o sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate, solo se non altrimenti localizzabili, previa verifica mediante apposita relazione geologico-geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave pericolosità esistente.

**Sottoclasse 4 Id:** aree con problematiche di tipo idraulico.

Appartengono alla sottoclasse 4Id gli alvei fino alla sommità della sponda o al piede esterno dell'argine di protezione e le possibili zone di esondazione dei corsi d'acqua del reticolo idrografico principale, minore e consortile. Nel caso specifico rientrano in tale classe l'alveo e le sponde del torrente Lesina.

Le fasce di rispetto lungo il reticolo idrico principale e minore e consortile sono riportate sulla carta dei vincoli (tavola n.8) e più dettagliatamente sullo studio per la definizione del reticolo idrico minore *che ha ottenuto parere favorevole dalla competente struttura regionale in data 21/06/2011 prot. n. AE02.2011.0005537.*

## ✚ 17. PRESCRIZIONI PER GLI SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Le indicazioni contenute nel presente paragrafo sono da considerarsi a tutti gli effetti integrative di quelle contenute nel “**Capitolo 16 – Norme geologiche e Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano**”.

La carta di P.S.L. (tavola n.7) deve essere utilizzata congiuntamente (sovrapponendola) con la carta di fattibilità delle azioni di Piano (tavola n.10).

Le **prescrizioni** relative alle zone PSL individuate sono diverse in relazione allo scenario di pericolosità sismica locale individuato e più precisamente:

1. in generale i progetti relativi a future edificazioni dovranno tenere attentamente in considerazione oltre alle caratteristiche dell'area di edificazione, anche la situazione geologico-stratigrafica-geomorfologico-idrogeologica circostante;
2. zone a PSL **Z2a** potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici. Si tratta più precisamente delle zone interessate dalla presenza di una superficie di falda sospesa situata a profondità inferiore ai 15 metri ed è presente una spessa coltre superficiale di natura limoso-sabbiosa che potrebbe favorire l'insorgere del fenomeno. In queste zone si ritiene necessario superare, in profondità, tale coltre superficiale con le strutture fondazionali e/o accertare, secondo quanto indicato nella normativa, la relativa suscettibilità alla liquefazione (analisi di 3° livello) entro la prima quindicina di metri di profondità.  
I pochi dati geotecnici acquisiti non hanno consentito di escludere con certezza tale eventualità;
3. per le zone a PSL **Z2b** corrispondenti alle aree dove sono presenti terreni di riporto di consistente spessore con caratteristiche geotecniche scadenti, soggetti pertanto a possibili fenomeni di cedimento per compattazione in seguito ad un evento sismico, si consigliano indagini geognostiche/geofisiche mirate a verificare la tipologia, lo spessore e le caratteristiche geotecniche di tali terreni ed a valutare attentamente la tipologia delle fondazioni (superficiali o profonde) da adottare all'effettuazione delle analisi di terzo livello di approfondimento sismico come indicato in normativa;
4. per le zone a PSL **Z3a** corrispondenti agli orli di scarpata dei terrazzi alluvionali/di erosione con altezza superiore ai 10 metri, è prevista l'analisi di secondo livello di approfondimento.
5. per le zone a PSL **Z4a**, la normativa regionale prescrive, per i comuni in zona 4 e nel caso di edifici strategici e rilevanti, analisi di secondo livello di approfondimento da effettuarsi in fase di pianificazione.  
Qualora si verificasse che il valore di F.A. determinato con la procedura regionale di tipo semplificato superi il valore di soglia stabilito per il comune in questione, in fase progettuale sarà necessario effettuare anche verifiche di terzo livello.  
In particolare nelle aree a prevalente componente ghiaioso-sabbioso-limosa con spessa coltre superficiale limoso-sabbiosa, una particolare cura dovrà essere dedicata alla quota d'imposta delle fondazioni superficiali e all'analisi dei cedimenti ammissibili totali e differenziali previsti.

## 18. CARTA DEL QUADRO DI DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

Il Comune di Presezzo, compare nell'elenco di Tabella 1, allegato alla D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 di "Individuazione dei comuni compresi nella D.G.R. 11/12/2001 n. 7/7365 e nella D.G.R. 22/12/2005 n. 8/1566 (allegato 13) che non risultano aver concluso l'iter di cui all'Art. 18 delle N.d.A. del PAI". Più precisamente Presezzo, risulta "*in itinere*" come situazione PAI e "*originario*" come quadro del dissesto vigente.

Sulla Carta del Quadro del dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. proposta nel giugno del 2005 dal Dott. Geol. Norberto Invernici, alle aree risultate storicamente allagate (es: ottobre 1993) è stata attribuita la codifica di "Eb – Aree con pericolosità elevata di esondazione" (Art. 9 punto 5 e 6 delle N.d.A.).

Lo scrivente propone l'aggiornamento di tale quadro del dissesto in relazione alla necessità di tenere in debita considerazione le risultanze dello "Studio idrogeologico e progettazione preliminare a scala di sottobacino idrografico dei torrenti Lesina, Bregogna e affluenti" (studio redatto dall'A.T.P. Ing. Sergio Taccolini, settembre 2010).

Sulla base delle risultanze di tale studio, si propone una differenziazione tra zone Ee, Eb ed Em secondo quanto segue:

- le aree Ee corrispondono alle sponde e all'alveo del torrente Lesina;
- le aree Eb corrispondono alle aree allagabili con tempo di ritorno della piena inferiore o uguale a 200 anni e storicamente allagate;
- le aree Em corrispondono alle aree che non appaiono allagabili con tempi di ritorno inferiori o uguali a 200 anni ma che sono state allagate nella piena dell'ottobre 1993.  
In seguito a tale evento ed altri più recenti sono stati effettuati interventi di protezione spondale.

Le aree in dissesto così descritte sono state riportate anche sulla carta dei vincoli e di sintesi.

Il presente studio geologico contiene un "Quadro del dissesto" (tavola n.11 redatta in scala 1:10.000 su base C.T.R.L.) derivante da valutazioni di maggior dettaglio rispetto ai dati contenuti nel primo livello di approfondimento dei P.T.C.P., e sarà perciò strumento di riferimento una volta raggiunta la compatibilità ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I..

## 19. BIBLIOGRAFIA

AA.VV. Le acque della Bergamasca. Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, ottobre 2001, Bergamo.

AA.VV. Trentadue anni di osservazioni meteorologiche a Bergamo. Ulteriori considerazioni sui dati del trentennio 1958-87. Il biennio 1988-1989. Istituto sperimentale per la cerealicoltura Sezione di Bergamo

AA. VV. Conoscenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca per una corretta tutela delle acque sotterranee. Bergamo, 28 giugno 1988.

AA. VV. Carta geologica della Provincia di Bergamo. A cura del Servizio Territorio Provincia di Bergamo, Dipartimento di scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR (scala 1:50.000).

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO. Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Norme di Attuazione e Tavole di delimitazione delle fasce fluviali.

BENDOTTI P., BURLINI L., FRANCANI V., SAIBENE L., ZAPPONE A. Studio Idrogeologico delle esondazioni dei fiumi Adda, Brembo e Serio. Studi Idrogeologici sulla Pianura Padana, volume 4, Milano 1988.

BERETTA G.P., GALLI A., PEZZERA G. (1989). Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee. Acque Sotterranee, fasc. 22, Milano 1989, pagg. 45-62.

BERSEZIO R. e FORNACIARI M. (1988). Tectonic Framenwork of the Lombardy Foothills (Southern Alps) between Brianza and Lago d'Iseo Dipartimento di Scienze della Terra. Università di Milano. Rendiconti Società Geologica Italiana, pagg. 75-78.

BERSEZIO R., FORNACIARI M., GELATI R.. (1990). Geologic map of the Southalpine Foothills between Brianza and Iseo Lake. Mem. Soc. Geol. Italiana, volume n. 45, Dipartimento di Scienze della Terra. Univ. degli Studi di Milano. Sezione di Geologia e Paleontologia.

BONDESAN M., CASTIGLIONI G.B., GASPERI G. (1989). Geomorphological map of the Po Plain: Progress Report of the Working Group. "Materiali", Dip. Geog. Univ. Pd, 8/1989, 23 pp..

BOSI ET ALII (1983). Neotectonic Map of Italy.

CARCANO, CIPRIANO E PICCIN ANDREA. Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia a cura della Regione Lombardia e Eni Divisione Agip 2002.

CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R., CAPELLI V. (1986). Pianura Padana: interpretazione integrata di dati geofisici e geologici. 73° Congr. Soc. Geol. It., 29 settembre – 4 ottobre 1986, Roma.

CASTIGLIONI G.B., BIANCOTTI A., BONDESAN M., CASTALDINI D., CIABATTI M., CREMASCHI M., FAVERO V. (1986). Criteri informativi del progetto di una carta geomorfologica della Pianura Padana. "Materiali", Dip. di geog. Univ. Pd, 7/1986, 31 pp.

CASTIGLIONI G.B. & CAVALLIN A. (1987). La carta geomorfologica della Pianura Padana: metodologia, risultati ed applicazioni. I° convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze, 12 pp.

DESIO A., VENZO S. (1954). Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000 - Foglio 33 Bergamo. Servizio Geologico Italiano.

CREMASCHI M. (1987). Paleosols and Vetusols in the Central Po Plain (Northern Italy). Ed. Unicopli, Studi e Ricerche sul Territorio Nr. 28, 306 p..

CREMASCHI M. (1990). Pedogenesi medio olocenica ed uso dei suoli durante il Neolitico in Italia Settentrionale. In: Biagi P. (ed.) - The Neolithisation of the Alpine Region: 71-89.

CREMASCHI M. & RODOLFI G. (1991). Il suolo. NIS, Roma.

ERSAL (1990). I suoli dell'Isola Bergamasca. Progetto "Carta pedologica". A cura di Bonalumi G., Roncalli W., Vitali G., Assi I. settembre 1990, Milano.

ERSAL. - Carta della Pianura, 1999.

GABERT P. (1962). Les plaines occidentales du Po e leur Piedmounts (Piemont, Lombardie occidentale et centrale). Etude morphologique. Louis-Jean, Gap, 531 pp.

GAETANI M., GELATI R., JADOUL F. (1981). Carta tettonica delle Alpi Meridionali, Foglio 33 "Bergamo". Pubbl. n. 441 Prog. Finalizzato Geodinamica, CNR, pagg. 174-178, Roma.

LEOPOLD L.B., WOLMAN M.G. & MILLER J.P. (1964). Fluvial processes in geomorphology. Ed Freeman and Co., S. Francisco e London, 522 pp.

MARCHETTI M. (1992). Geomorfologia ed evoluzione recente della Pianura Padana Centrale a Nord del Fiume Po. Tesi di dottorato, IV ciclo.

OROMBELLI G. (1971). Concetti stratigrafici utilizzabili nello studio dei depositi continentali quaternari. Riv. Ital. di Paleont., 77 (2), pp. 265-291.

PANIZZA M. (1972). Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio. Boll. Soc. Geol. Ital., 91, (2), pp. 207-237.

PELLEGRINI, A. CARTON & al. Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo, a cura del Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia (1993).

PEZZERA G. L'inquinamento delle falde della pianura bergamasca, Bergamo, 1986.

PROVINCIA DI BERGAMO. Piano di Bonifica della falda sotterranea interessata da Atrazina nella Provincia di Bergamo. L.R.62, 27/05/1985. Ghezzi A., giugno 1986.

STELLA A. (1895). Sui terreni quaternari della valle del Po in rapporto alla carta geologica italiana. Boll. R. Comit. Geol. It., s. III, v. VI, 108-136, Roma.

STOPPANI A. (1874). Il mare glaciale ai piedi delle Alpi. Ricordo del Congresso Geologico di Roma. Riv. It., 3-54, Roma.

Si ringrazia i seguenti enti per la gentile disponibilità durante la fase di acquisizione dati:

- l'Ente Nazionale per le Strade. Compartimento della viabilità per la Lombardia (Milano)
- la società Hidrogest di Sotto il Monte Giovanni XXIII;
- la Provincia di Bergamo.

Il presente studio risulta conforme alla normativa regionale D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 e alla successiva D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Bergamo, 30/06/2011

Pedrali Carlo  
Ordine Geologi Lombardia n.860



## **Allegato n.1**

### **Stralcio delle N.d.A. del P.A.I.**

Nello stralcio qui allegato si riportano esclusivamente i tratti salienti delle norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

Per una lettura più completa ed approfondita si rimanda al testo integrale.

### Estratto N.d.A del PAI

#### **Art. 7. Classificazione dei territori comunali in base al rischio idraulico e idrogeologico presente**

1. Il Piano classifica i territori amministrativi dei comuni e le aree soggette a dissesto, individuati nell'Elaborato 2 "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici –

Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo", in funzione del rischio, valutato sulla base della pericolosità connessa ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, della vulnerabilità e dei danni attesi. L'Atlante dei rischi è redatto sulla base delle conoscenze acquisite dall'Autorità di bacino al momento dell'adozione del presente atto mediante l'istruttoria compiuta e le risultanze acquisite attraverso le indicazioni delle Regioni, degli Enti locali e del Magistrato per il Po. Al fine di mantenere aggiornato il quadro delle conoscenze sulle condizioni di rischio, i contenuti del richiamato Elaborato n. 2 sono aggiornati a cura dell'Autorità di bacino almeno ogni tre anni, mediante le procedure di cui al precedente art. 1, comma 10 delle presenti norme. Le Regioni e gli Enti locali interessati sono tenuti a comunicare all'Autorità di bacino i dati e le variazioni sia in relazione allo stato di realizzazione delle opere programmate sia in relazione al variare dei rischi del territorio.

2. Sono individuate le seguenti classi di rischio idraulico e idrogeologico:

- **R1 – moderato**, per il quale sono possibili danni sociali ed economici marginali;
- **R2 – medio**, per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio- economiche;
- **R3 – elevato**, per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio - economiche, danni al patrimonio culturale;
- **R4 – molto elevato**, per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socio - economiche.

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

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

**frane:**

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

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

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

**trasporto di massa sui conoidi:**

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

**valanghe:**

- Ve, aree di pericolosità elevata o molto elevata,
- Vm, aree di pericolosità media o moderata.

.....

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

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto
- delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

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

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quando esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

**6bis.** Nelle aree **Em** compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

**Art. 19 bis. Impianti di trattamento delle acque reflue, di gestione dei rifiuti e di approvvigionamento idropotabile**

1. L'Autorità di bacino definisce, con apposite direttive, le prescrizioni e gli indirizzi per la riduzione del rischio idraulico a cui sono soggetti gli impianti di trattamento delle acque reflue, le operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti e gli impianti di approvvigionamento idropotabile ubicati nelle aree in dissesto idrogeologico Ee e Eb di cui all'art. 9.

**Definizioni:**

Per i fenomeni di inondazione che interessano i territori di pianura le aree a rischio idrogeologico molto elevato sono identificate per il reticolo idrografico principale e secondario rispettivamente dalle seguenti zone:

ZONA B-Pr in corrispondenza della fascia B di progetto dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel Piano stralcio delle Fasce Fluviali e nel PAI: aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni;

ZONA I: aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni.

