REGIONE LOMBARDIA
Provincia di Varese

COMUNE DI BARDELLO

Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (L.R. n. 12/05 - D.G.R. 30 Novembre 2011 n. IX/2616)

RELAZIONE GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

N. Commessa: *L16032*	***Data:*** *Aprile 2017*
Collaborazione: *Dott. Dario Moalli*	

Studio di geologia applicata

Dott. Geol. Paolo Granata

Piazza G. Carducci n° 6 - 21100 Varese

Tel. 0332/242283 - Fax 0332/241231

e-mail: info@studiocongeo.it

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
PAOLO GRANATA
geologo specialista
Albo n. 949 AP
sezione A

INDICE

1 PREMESSA 4

2 INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO 7

2.1 PRECIPITAZIONI 9

2.2 TEMPERATURA DELL'ARIA 14

2.3 REGIME DEI VENTI 17

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 18

3.1 PREMESSA 18

3.2 CALCARE DI BARDELLO 18

3.3 ALLOFORMAZIONE DI CANTÙ 19

3.4 UNITÀ POSTGLACIALE 20

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 22

4.1 GEOMORFOLOGIA 22

4.2 EVOLUZIONE MORFOLOGICA DEL TERRITORIO 23

4.3 SUOLI 24

4.4 VALUTAZIONE DELL'ACCLIVITÀ 28

5 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO 30

5.1 BACINO DEL LAGO DI BIANDRONNO 30

5.2 BACINO DEL TORRENTE BARDELLO 30

5.2.1 Sottobacino del Fosso della Peschiera 30

5.3 EVOLUZIONE DEI CORSI D'ACQUA 31

5.4 QUALITÀ DELLE ACQUE 31

6 ELEMENTI IDROGEOLOGICI 32

6.1 INTRODUZIONE 32

6.2 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' IDROGEOLOGICHE DEL SOTTOSUOLO 33

6.2.1 Sezioni idrogeologiche.....34

6.3 CARATTERI PIEZOMETRICI.....36

6.4 VULNERABILITÀ DELLA FALDA.....37

6.5 FABBISOGNI IDRICI 39

7 DISSESTI E RISCHIO IDROGEOLOGICO.....42

7.1 DISSESTI.....42

7.2 RISCHIO DI ESONDAZIONE - RISCHIO IDRAULICO 42

8 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA.....46

9 RISCHIO SISMICO.....48

9.1 ANALISI DELLA SISMICITÀ STORICA E RECENTE 48

9.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....51

9.3 ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO.....53

9.4 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL).....56

10 NORMATIVA SISMICA 61

10.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E ASSEVERAZIONI SISMICHE..61

10.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO SISMICO 63

11 VINCOLI 69

11.1 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA 69

11.2 GEOSITI.....70

12 SINTESI.....71

12.1 INTRODUZIONE 71

12.2 DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI DI SINTESI.....71

13 FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....75

13.1 PREMESSA 75

13.2 FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI (CLASSE 2)....77

13.3 FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (CLASSE 3)....79

13.4 FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI (CLASSE 4)....81

14 GESTIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI, SOTTERRANEE E DI SCARICO 84

14.1 GESTIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE 84

14.2 GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE 86

14.3 INVARIANZA IDRAULICA, IDROLOGICA E DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE ...87

15 TUTELA DELLA QUALITÀ DEI SUOLI 89

15.1 AREE DA SOTTOPORRE A VERIFICA PER LA TUTELA AMBIENTALE DEL TERRITORIO 89

15.2 SERBATOI INTERRATI....90

15.3 GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO 90

TAVOLE

1: Carta geologica, scala 1:5.000 (da precedente studio geologico)

2: Carta geomorfologica, scala 1:5.000

3: Carta del reticolo idrico, scala 1:5.000

4: Carta idrogeologica, scala 1:5000

5: Carta di prima caratterizzazione geotecnica, scala 1:5.000 (da precedente studio geologico)

6: Carta della pericolosità sismica locale, scala 1:5.000

7: Carta dei vincoli, scala 1:5.000

8: Carta di sintesi, scala 1:5.000

9: Carta della fattibilità geologica, scala 1:5.000

10: Carta della fattibilità geologica con elementi di pericolosità sismica locale, scala 1:5.000

1 PREMESSA

Il Comune di Bardello (VA) ha affidato allo *Studio Congeo* di Varese l'incarico per l'aggiornamento dello studio geologico di supporto alla pianificazione comunale in base alle prescrizioni della nuova normativa regionale ed in particolare alla L.R. 12/2005 "*Legge per il governo del territorio"* e alla D.G.R. 30 Novembre 2011 n. IX/2616 "*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005 N°12, approvati con D.G.R. 22 Dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 Maggio 2008 n. 8/7374"*.

Lo studio è stato redatto nell'ambito della realizzazione della variante del 2016 al Piano di Governo del Territorio del Comune di Bardello e costituisce un aggiornamento del precedente studio geologico comunale, redatto dal Dott. Geol. Rossi nel Maggio 2014.

Con queste finalità sono stati quindi approfonditi e/o integrati rispetto allo studio precedente i seguenti punti:

- adeguamento della componente sismica dello studio geologico ai dettami della D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011, sono inoltre stati aggiornati i riferimenti legislativi alla nuova classificazione sismica regionale (D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014) e alla normativa regionale in materia sismica (D.G.R. n. X/5001 del 30/03/2016);
- aggiornamento dei riferimenti della normativa di polizia idraulica al nuovo studio del reticolo idrico comunale (in corso di redazione da parte di Studio Congeo) e introduzione del concetto di invarianza idraulica, idrologica e drenaggio urbano sostenibile (L.R. n. 4 del 15/03/2016);
- Vincoli di carattere geologico, come previsto dalla D.G.R. 30 Novembre 2011 n. IX/2616.
- Sintesi e fattibilità geologica estese su tutto il territorio comunale, come previsto dalla D.G.R. 30 Novembre 2011 n. IX/2616.

Non si è ritenuto necessario aggiornare i dati riguardanti l'approvvigionamento idrico in quanto, da informazioni ottenute dal tecnico comunale, la variante 2016 al PGT non prevede incrementi di popolazione rispetto al precedente PGT, si considera quindi valido lo *"Studio idrogeologico ed ambientale per la definizione delle potenzialità acquedottistiche attuali e future del territorio afferente ai comuni di Bardello, Biandronno, Bregano e Malgesso a supporto della pianificazione comunale"* redatto dallo Studio Idrogeotecnico Associato nel 2012.

Il lavoro ha come scopo la definizione delle caratteristiche e degli effetti della componente geologica nella pianificazione territoriale comunale.

Lo studio presenta valutazioni di carattere generale, pertanto la presente relazione e gli allegati cartografici non possono ritenersi esaustivi di problematiche geologico-tecniche specifiche.

PARTE 1 - RELAZIONE GEOLOGICA

2 INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO

Il presente capitolo contiene l'inquadramento meteoclimatico riportato nello Studio Idrogeologico ed ambientale redatto dallo Studio Idrogeotecnico Associato (2012).

Per quanto riguarda le caratteristiche climatiche, l'area di studio può essere inserita nel cosiddetto mesoclima insubrico, che caratterizza tutta la fascia prealpina.

Questa zona, al confine tra pianura e Alpi, presenta un clima intermedio (di tipo temperato continentale) tra quello padano e quello alpino, caratterizzato da inverni piuttosto rigidi ed estati calde, umidità abbastanza elevata, ventosità ridotta e frequenti episodi temporaleschi estivi.

Le precipitazioni sono più abbondanti rispetto alle zone di pianura, ma inferiori a quelle alpine.

In estate, le temperature rimangono leggermente più basse di quelle rilevate in pianura principalmente per due motivi. Il primo è l'altitudine, leggermente superiore, il secondo è la leggera presenza di brezze causate dalla vicinanza delle Alpi, che creano correnti ascensionali muovendo le masse d'aria limitrofe.

Queste leggere brezze permettono di contenere i valori di temperatura e umidità leggermente più bassi che in pianura.

La regione insubrica, inoltre, presenta svariati microclimi generati da particolari orografie o dalla presenza di bacini lacustri (che rilasciano energia termica). In generale nelle aree limitrofe ai laghi si trova un mesoclima insubrico differente sia sotto l'aspetto pluviometrico che termico. L'inerzia termica offerta dai laghi e il riparo causato dalle Prealpi generano un incremento della temperatura media invernale e basse escursioni termiche.

Durante l'estate, invece, si generano correnti d'aria dovute ai versanti montuosi che si affacciano sul lago le quali limitano l'innalzarsi della temperatura. Come diretta conseguenza, l'escursione termica

giornaliera delle zone limitrofe ai laghi è inferiore di qualche grado rispetto a quelle tipiche degli altri due mesoclimi.

Al fine di inquadrare la situazione meteo-climatica dell'area di studio sono stati analizzati i parametri relativi alla temperatura dell'aria e alle precipitazioni, fattori climatici che influenzano più da vicino l'idrologia.

I dati utilizzati per le elaborazioni dei grafici e riportati nelle tabelle seguenti sono quelli contenuti nella banca dati di ARPA Lombardia (http://www.arpalombardia.it/meteo) e fanno riferimento alle stazioni idrotermopluviometriche più prossime all'area in esame.

Nome stazione	**Quota (m s.l.m.)**	**Distanza dall'area di studio (Km)**	**Data di inizio rilevamento parametri**
Ispra - suolo	193	circa 6	25 ottobre 2001
Orino	450	circa 6	18 giugno 2008
Varese Vidoletti	382	circa 8,6	22 dicembre 1991

Come si può osservare dalla precedente tabella, per la stazione di Orino, la serie storica dei dati copre un periodo limitato. Inoltre, essa presenta numerose lacune per l'assenza di rilevazione dei parametri in periodi medio-lunghi. Per tale motivo, i valori relativi a tale stazione sono stati comunque elaborati, ma i relativi grafici non sono stati riportati nel testo.

Per la stazione di Ispra la serie storica è di undici anni, dal 2001 (primo anno di funzionamento della stazione, limitato ai mesi di novembre e dicembre) al 2011.

Nella successiva Tabella 2.1 sono stati evidenziati i mesi in cui non sono presenti le misurazioni.

La stazione di Varese Vidoletti risulta essere la più distante dall'area in esame, ma presenta una serie storica abbastanza ampia (1992 ÷ 2011) e le misurazioni sono generalmente prive di lacune (evidenziate nella Tabella 2.2), ad eccezione dei primi anni della serie (dal 1992 al 1996).

2.1 PRECIPITAZIONI

Per quanto riguarda il regime pluviometrico, le precipitazioni sono abbastanza abbondanti, con un dato di altezza di precipitazione totale annuo medio di circa 1400 mm.

Mese	2001 *	2002*	2003*	2004	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010*	2011*
Gennaio	n.d.	28,4	0[2]	24,0	3,8	45,4[4]	63,6	153,4	54,2	46,6	0,8
Febbraio	n.d.	166,8	4,8	102,8	3,0	96,2	13,0	40,2	200,4	123,6	62,8
Marzo	n.d.	71,0	0,6	58,6	89,8	41,2	33,4	75,0	160,6	123,8	118,6
Aprile	n.d.	42,4	50,60	176,4	78,8	140,2	15,2	198,4	349,2	76,0	0
Maggio	n.d.	548,8	66,60	182,2	74,4	75,0	162,8	261,8	82,8	319,2	n.d.
Giugno	n.d.	129,8	59,4	31,2	62,0	7,8	172,6	138,4	102,8	103,0	n.d.
Luglio	n.d.	200,0	114,4	79,6	56,8	58,00	29,8	215,2	95,6	89,2	n.d.
Agosto	n.d.	259,4	28,0	126,4	77,6	157,2	241,4	61,6	89,6	201,0	n.d.
Settembre	n.d.	263,00	48,6	31,8	136,2	263,0	111,4	172,4	157,4	23,4[5]	n.d.
Ottobre	n.d.	82,0	115,8	212,4	91,6	72,8	12,6	121,0	56,6	190,6	n.d.
Novembre	18	624,0	296,6	181,8	15,6	48,8	101,0	252,4	201,6	92,8[6]	n.d.
Dicembre	2,40	11,0[1]	213,0	64,20	60,40[3]	156,2	8,6	221,8	129,6	n.d.[6]	n.d.
Cumulata annuale	**20,40**	**2426,6**	**998,4**	**1271,4**	**750,0**	**1161,8**	**965,4**	**1911,6**	**1680,4**	**1389,2**	**182,2**

* = dati registrati nella stazione di Ispra a partire dalla fine di ottobre 2001
* = serie non completa: 1 – dati non disponibili per il periodo 16÷31 dicembre 2002, 2 – dati non disponibili per il periodo 1÷27 gennaio 2003, 3 – dati non disponibili per il periodo 9÷31 dicembre 2005, 4 – dati non disponibili per il periodo 1÷19 gennaio 2006, 5 – dati non disponibili per il periodo 31 agosto÷22 settembre 2010, 6 – dati non disponibili per il periodo 12 novembre÷31 dicembre 2010
* = la stazione non ha registrato dati a partire da maggio 2011

Tab. n. 2.1 *– Precipitazioni mensili e cumulata annuale [mm] nella stazione di Ispra.*

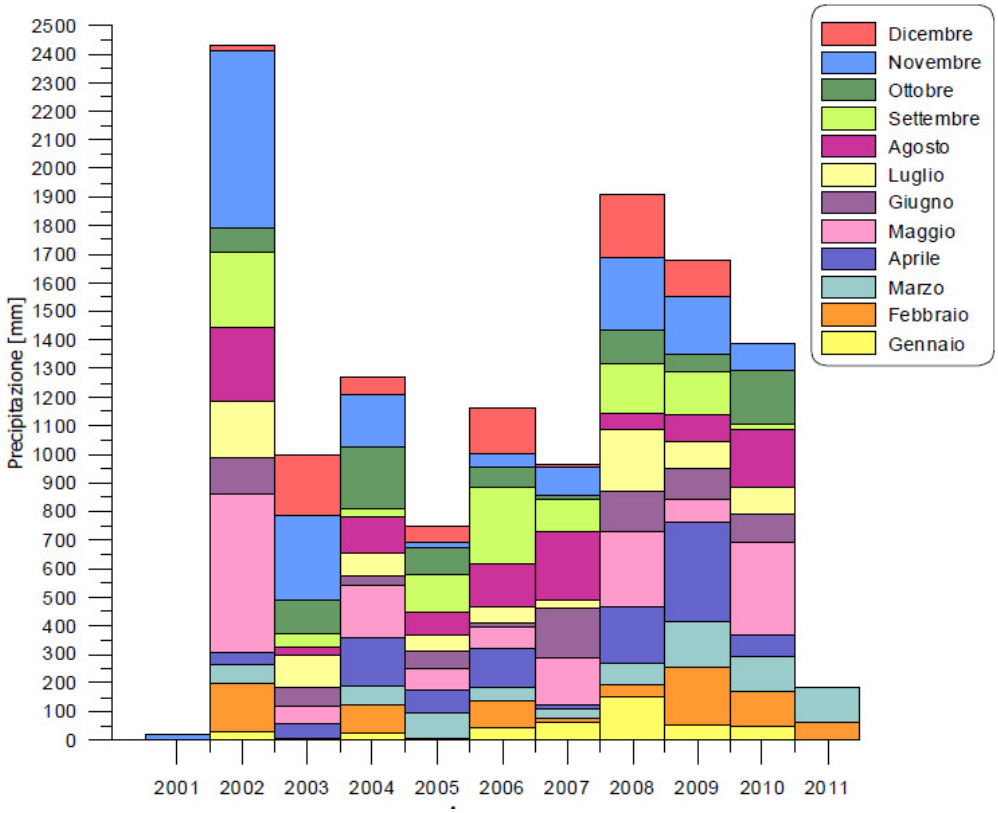


Fig. n. 2.1 *– Precipitazioni mensili e cumulata annua [mm] nel periodo 2001-2011 nella stazione di Ispra.*

Mese	1992*	1993*	1994*	1995*	1996*	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gennaio	0,0	3,80	39,80	53,40	444,60	198,00	57,60	0,00	0,00	181,60	24,20	45,00	27,00	4,40	51,20	64,60	187,80	71,40	50,80	38,60
Febbraio	0,0	50,00	269,20	81,20	46,80	4,00	47,40	0,00	13,60	96,40	160	4,20	110,80	24,20	89,00	22,20	39,60	194,60	140,80	70,80
Marzo	152,2	113,50	49,70	101,20	39,00	0,00	7,00	0,00	90,20	231,20	79,00	0,80	54,00	87,40	46,00	53,20	93,40	145,80	110,20	128,60
Aprile	172,8	259,80	189,40	237,80	82,20	82,60	324,60	0,00	301,00	36,60	88,40	50,00	270,60	99,40	133,20	14,20	237,00	280,40	108,00	52,80
Maggio	215,6	143,20	312,30	339,50	121,60	85,00	133,40	12,20	164,80	104,00	300,60	126,00	221,20	73,60	57,40	185,60	312,80	36,80	365,60	68,00
Giugno	456,5	139,70	63,90	255,30	6,60	309,80	165,60	228,00	100,00	124,00	85,60	88,60	15,80	44,00	10,00	169,00	220,60	178,20	115,20	164,00
Luglio	136,90	217,00	49,20	78,80	153,20	55,00	106,00	53,00	252,00	122,20	146,60	108,20	60,80	54,80	62,60	45,20	178,80	132,40	54,80	153,60
Agosto	82,10	84,00	22,30	67,00	180,20	210,00	46,80	149,20	133,60	245,80	213,20	20,60	108,80	112,00	101,60	250,00	97,60	42,80	189,40	47,40
Settembre	217,70	217,80	312,30	394,60	107,20	17,20	74,60	146,80	209,40	79,60	223,20	39,60	33,20	121,20	223,80	132,20	84,60	221,20	184,00	40,00
Ottobre	336,90	525,60	135,80	75,10	276,80	35,40	0,00	239,40	412,60	91,20	58,00	142,80	193,80	91,00	75,60	20,40	145,80	62,80	237,20	49,40
Novembre	52,20	180,80	356,30	234,80	343,40	248,00	0,00	127,40	414,20	21,20	610,80	270,20	203,20	27,40	54,00	105,60	255,60	210,60	309,40	306,20
Dicembre	189,80	50,00	38,20	126,80	157,40	180,60	0,00	36,00	95,80	0,00	58,20	172,00	63,40	56,60	162,20	10,80	204,40	155,60	149,40	3,80
Cumulata annuale	**2012,7**	**1985,2**	**1838,4**	**2045,4**	**1959,0**	**1425,6**	**963,0**	**992,0**	**2187,2**	**1333,8**	**2047,8**	**1068,0**	**1362,6**	**796,0**	**1066,6**	**1073,0**	**2058,0**	**1732,6**	**2014,8**	**1123,2**

*= serie non complete, dati non disponibili per alcuni periodi medio-lunghi

Tab. n. 2.2 *– Precipitazioni mensili e cumulata annuale [mm] nella stazione di Varese Vidoletti.*

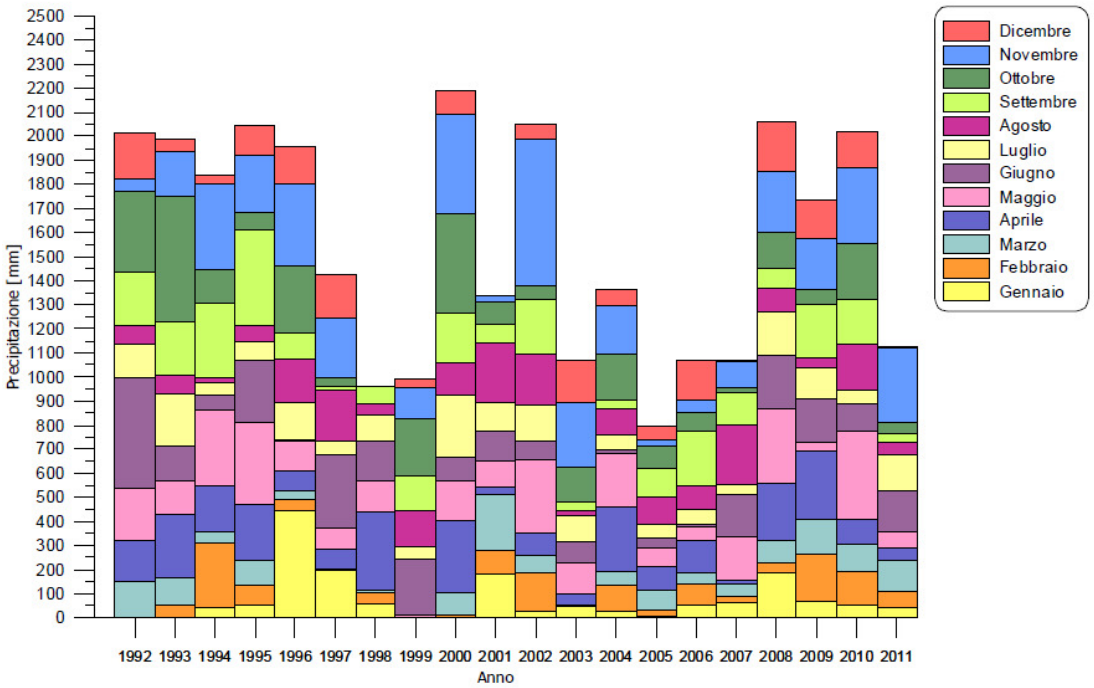


Fig. n. 2.2 *–Precipitazioni mensili e cumulata annua [mm] nel periodo 1992-2011 nella stazione di Varese Vidoletti.*

Come è possibile osservare dai grafici, che riportano gli andamenti delle precipitazioni, si evidenziano la confrontabilità degli stessi nei diversi anni e la presenza di un periodo di magra relativo agli anni dal 2003 al 2007 e di anni molto piovosi (anni dal 1992 al 1996, anni 2000 e 2002 e anni dal 2008 al 2010).

In generale, per quanto riguarda la distribuzione annuale, le precipitazioni sono tendenzialmente concentrate nei mesi primaverili (maggio) e autunnali (novembre), come osservabile nel grafico della Figura 2.3 e della Figura 2.4, mentre si osservano dei minimi nei mesi di gennaio-marzo e giugno-settembre.

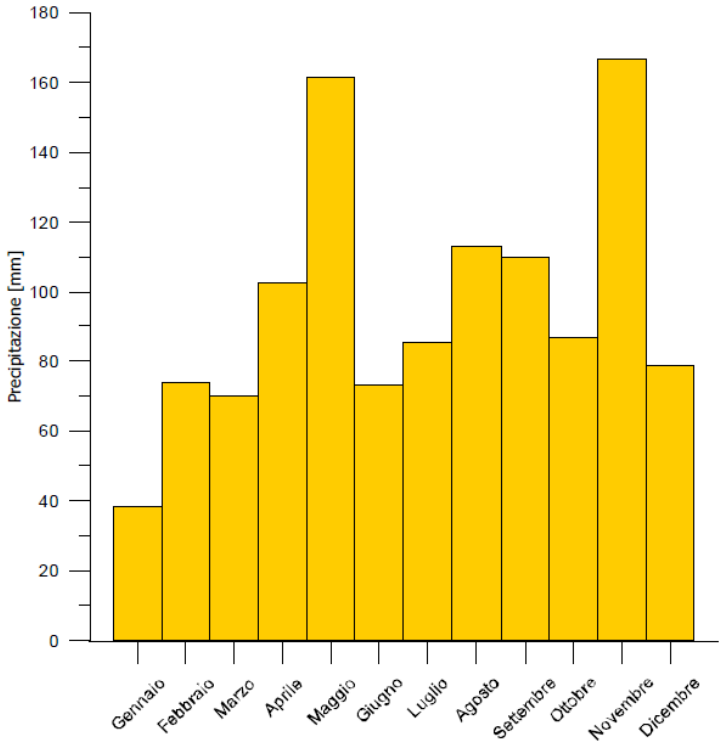


Fig. n. 2.3 *– Distribuzione delle precipitazioni medie mensili (periodo 2001÷2011) nella stazione di Ispra.*

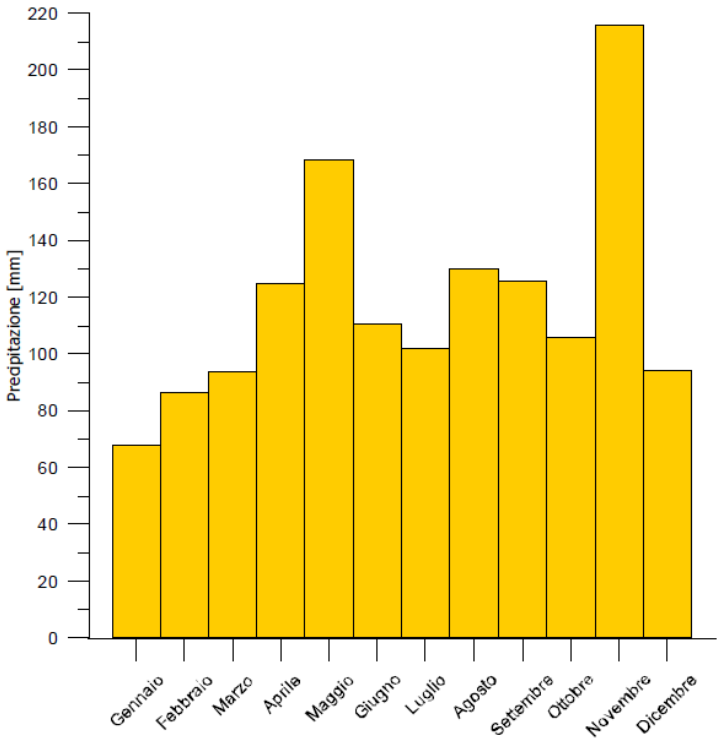


Fig. n. 2.4 *– Distribuzione delle precipitazioni medie mensili (periodo 1992÷2011) nella stazione di Varese Vidoletti.*

In accordo a quanto osservato nei grafici, le "Carte delle precipitazioni minime e massime medie annue del territorio alpino lombardo registrate nel periodo 1891-1990" a cura della Regione Lombardia (dicembre 1999), mostrano che le precipitazioni medie annue (P.M.A.) tendono progressivamente ad aumentare, spostandosi dalla pianura padana verso i rilievi prealpini. Sono di seguito proposti (Figura 2.5, Figura 2.6 e Figura 2.7) gli andamenti delle piovosità estratti dalle suddette carte delle precipitazioni massime, medie e minime annue.

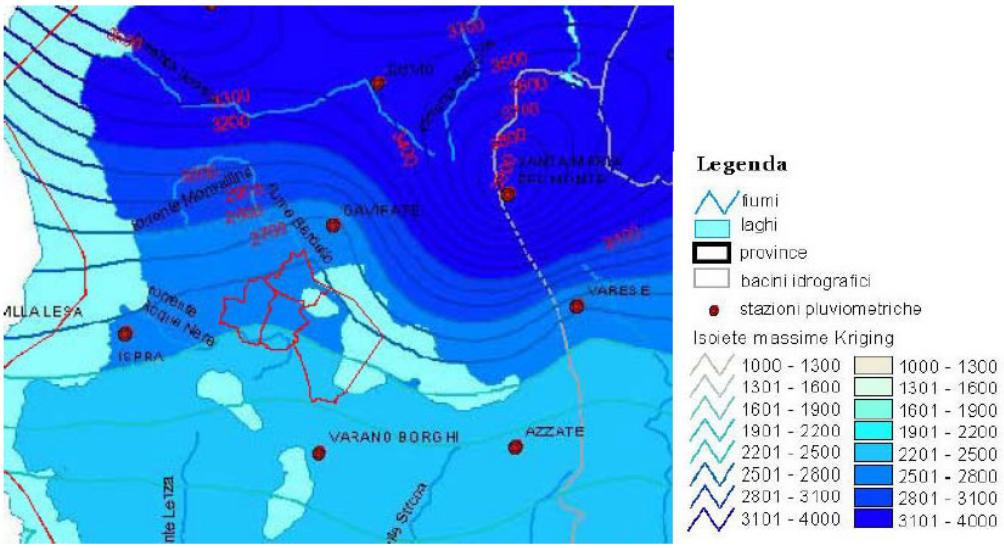


Fig. n. 2.5 *– Precipitazioni massime medie annue.*

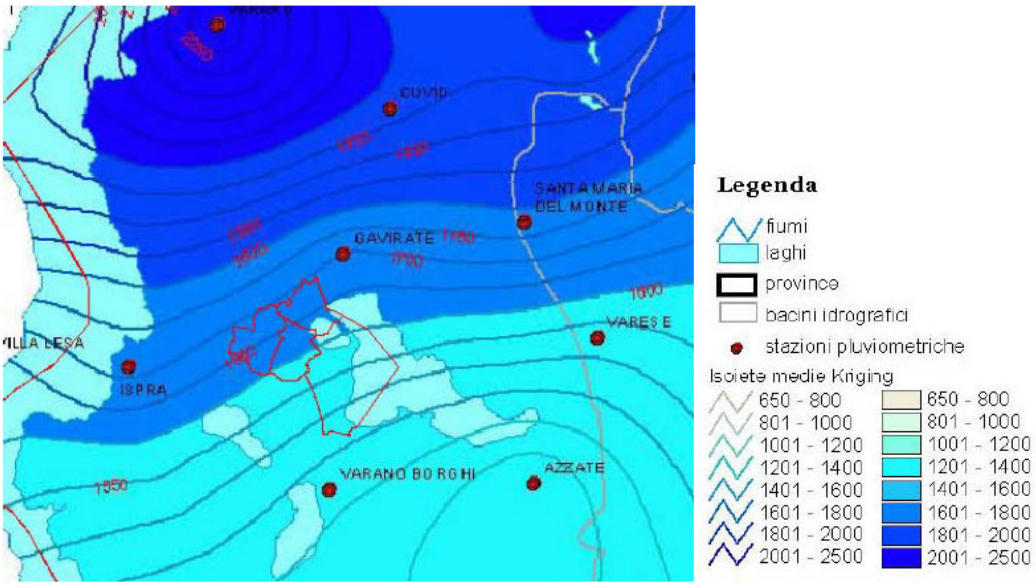


Fig. n. 2.6 *– Precipitazioni medie annue.*

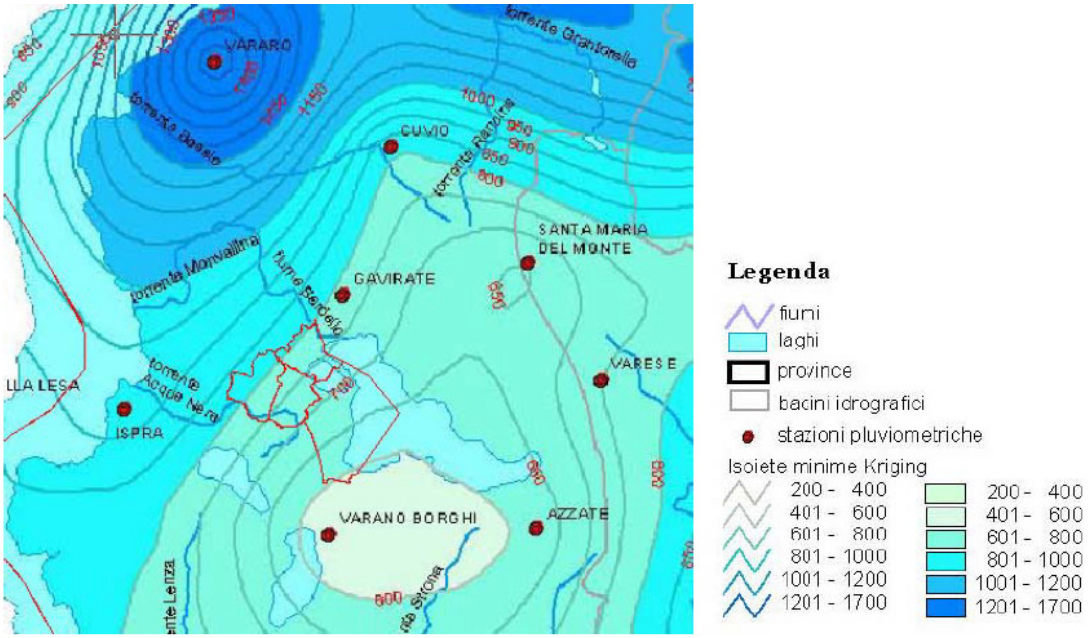


Fig. n. 2.7 *– Precipitazioni minime medie annue.*

2.2 TEMPERATURA DELL'ARIA

L'andamento della temperatura dell'aria mostra valori che possono essere considerati intermedi tra quelli tipici della pianura e dei rilievi:

- nella stagione estiva: temperatura media di circa 22°C;
- nella stagione invernale: temperatura media di circa 3°C.

Questa situazione termometrica può essere rappresentativa di tutta la fascia di territorio collinare non direttamente connessa alle aree costiere dei laghi e non così influenzata dall'effetto orografico dei maggiori rilievi.

Si riportano, nel seguito, sia la tabella che il grafico dell'andamento stagionale delle temperature medie per le stazioni di Ispra e Varese Vidoletti.

Per quanto riguarda la stazione di Ispra, si sottolinea che le uniche serie rappresentative dell'andamento delle temperature sono quelle degli anni 2007, 2008, 2009, in quanto risultano essere complete, mentre negli altri anni sono state registrate lacune nella continuità dei dati della durata anche di alcuni mesi.

Anno	2001*	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010*	2011*
Gennaio	n.d.	0,31	4,30[2]	3,25	1,92	0,96[5]	5,30	3,93	1,21	1,24	2,49
Febbraio	n.d.	4,90	0,93	4,55	2,48	2,81	6,12	4,94	4,13	3,11	5,80
Marzo	n.d.	9,41	8,67	n.d.[3]	8,34	7,12	9,69	9,08	8,76	7,15	8,35
Aprile	n.d.	11,75	11,37	n.d.	11,39	12,63	16,05	11,17	12,46	12,24	15,80
Maggio	n.d.	14,99	18,22	n.d.	16,92	16,74	17,45	16,10	18,61	16,24	18,73
Giugno	n.d.	21,30	24,45	n.d.	21,56	21,84	20,31	20,32	20,58	20,06	17,95
Luglio	n.d.	20,77	23,79	22,79	23,84	25,11	22,86	21,69	22,40	24,35	n.d.
Agosto	n.d.	20,18	25,08	21,44	22,25[4]	20,12	20,61	21,77	23,24	21,06[6]	n.d.
Settembre	n.d.	16,01	17,21	17,82	n.d.	18,95	16,61	16,22	18,59	14,69	n.d.
Ottobre	11,13	12,98[1]	10,34	13,46	n.d.	14,20	12,37	12,90	12,25	11,52	n.d.
Novembre	6,04	7,82	7,29	6,92	n.d.	8,85	6,39	6,92	7,59	9,74	n.d.
Dicembre	0,49	3,41	4,19	3,53	2,45	4,29	2,84	2,79	1,93	n.d.	n.d.

* = dati registrati nella stazione di Ispra a partire dalla fine di ottobre 2001
* = serie non completa: 1 – dati non disponibili per i periodi 6 ottobre÷6 novembre e 16÷31 dicembre 2002, 2 – dati non disponibili per il periodo 1÷27 gennaio 2003, 3 – dati non disponibili per il periodo 1 marzo÷12 luglio 2004, 4 – dati non disponibili per il periodo 3 agosto÷31 dicembre 2005, 5 – dati non disponibili per il periodo 1÷19 gennaio 2006, 6 – dati non disponibili per il periodo 31 agosto÷22 settembre 2010 e 12 novembre÷31 dicembre 2010
* = la stazione non ha registrato dati a partire dal 15 giugno 2011

Tab. n. 2.3 *– Temperature medie mensili [°C] nella stazione di Ispra.*

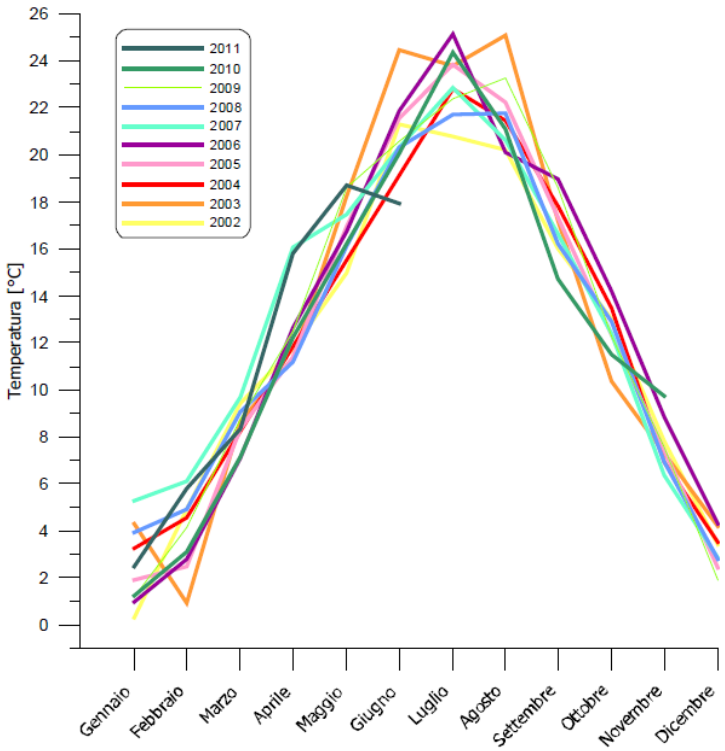


Fig. n. 2.8 *– Temperature mensili medie [°C] nel periodo 2001÷2011 nella stazione di Ispra.*

Mese	1992*	1993*	1994*	1995*	1996*	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gennaio	1,56	2,46	3,01	0,60	2,54	2,99	2,80	4,38	2,88	6,48	1,23	4,50	2,89	2,97	0,53	5,47	4,04	1,09	0,52	1,83
Febbraio	4,39	3,19	2,48	3,80	2,16	5,55	6,74	4,53	6,36	8,05	5,60	3,06	4,18	2,77	2,40	6,30	4,84	3,78	3,06	4,74
Marzo	7,45	6,75	10,73	5,36	5,93	11,14	8,49	9,73	9,80	9,18	10,11	11,06	7,30	8,78	6,10	9,42	8,60	8,43	6,75	7,59
Aprile	10,33	10,62	10,26	12,22	12,38	11,38	10,40	13,49	12,70	11,03	11,86	13,54	11,89	11,48	11,81	15,77	10,62	12,27	11,94	15,14
Maggio	16,37	15,70	14,94	15,89	15,33	16,28	16,94	18,45	18,18	17,86	17,57	20,87	14,93	18,63	16,07	17,28	15,94	18,87	14,65	18,09
Giugno	16,46	19,65	19,27	18,20	21,16	17,53	21,22	19,54	22,14	19,87	24,83	27,29	21,67	22,67	21,18	19,87	19,87	20,31	19,87	19,05
Luglio	21,21	19,90	23,24	23,73	20,48	21,10	23,81	22,79	21,37	22,07	23,97	25,40	23,15	24,34	24,71	22,98	21,63	22,22	24,20	20,31
Agosto	23,83	21,90	23,50	21,54	20,55	21,69	23,76	21,45	23,04	22,72	23,01	26,48	22,56	21,60	19,48	20,50	21,92	23,52	20,52	23,12
Settembre	16,52	15,65	15,02	15,00	14,34	18,95	17,44	19,10	18,68	15,01	18,67	18,44	18,94	18,56	18,77	16,71	16,16	18,61	16,55	20,13
Ottobre	10,01	11,17	10,38	14,55	11,55	12,73	11,66	13,07	12,67	14,49	14,74	11,05	13,85	12,42	14,14	12,52	13,10	12,55	10,66	12,76
Novembre	7,26	4,96	7,86	7,50	7,20	6,65	5,02	7,24	6,94	6,16	10,68	7,69	7,93	6,97	9,02	6,39	6,83	7,58	6,63	6,71
Dicembre	2,26	3,26	3,22	3,51	3,10	3,85	3,07	3,23	5,18	1,31	6,29	4,25	4,37	1,10	4,11	3,09	2,98	2,16	1,12	4,54
Media annuale	**11,47**	**11,27**	**11,99**	**11,82**	**11,39**	**12,49**	**12,61**	**13,08**	**13,33**	**12,85**	**14,05**	**14,47**	**12,81**	**12,69**	**12,36**	**13,02**	**12,21**	**12,62**	**11,37**	**12,83**

*= serie non complete, dati non disponibili per alcuni periodi medio-lunghi

Tab. n. 2.4 *– Temperature medie mensili [°C] nella stazione di Varese Vidoletti.*

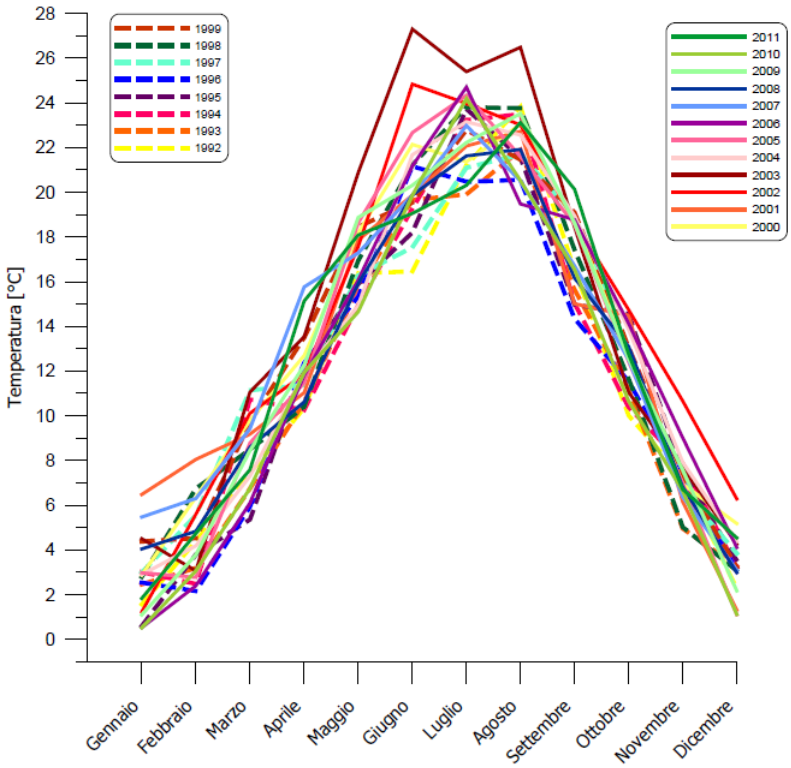


Fig. n. 2.9 *– Temperature mensili medie [°C] nel periodo 1992-2011 nella stazione di Varese Vidoletti.*

2.3 REGIME DEI VENTI

In generale l'intensità dei venti non supera mai valori elevati tranne nei casi di venti favonici (Foëhn: vento caldo e secco, che discende dalle vallate dell'arco alpino quando quest'ultimo viene investito da intense correnti settentrionali).

Le aree maggiormente interessate dal Foëhn sono quelle alpine, prealpine e, in misura inferiore, quelle dell'area padana.

In caso di Foëhn, unico caso di meteorologia di bel tempo con bassa pressione, gli effetti più visibili sulla zona sono i seguenti: vento forte associato a raffiche dai quadranti settentrionali, visibilità ottima (tanto che da qualsiasi punto in quota è possibile osservare l'intero arco alpino e l'Appennino Tosco-Emiliano), cielo terso con rare nubi di tipo orografico, aumento di temperatura e netta diminuzione dell'umidità relativa.

Sull'area pedemontana ed in pianura il Foëhn è da considerarsi comunque un fattore positivo, in quanto, unitamente alle precipitazioni, costituisce l'elemento naturale più importante per la dissipazione delle sostanze inquinanti, che ristagnano nei bassi strati atmosferici.

Le calme di vento non appaiono invece uniformemente distribuite, differenziandosi in misura anche rilevante tra le diverse aree ubicate in prossimità dei bacini lacustri, quelle di pianura o quelle situate in collina o nelle zone di confluenza tra due valli.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Di seguito viene riportato l'inquadramento geologico contenuto nello studio geologico comunale del Maggio 2014.

3.1 PREMESSA

Recenti studi e rilevamenti di dettaglio hanno permesso di chiarire gli aspetti essenziali della geologia recente delle Prealpi, in particolare nel varesotto, anche se al momento scarseggiano i dati pubblicati. Le unità descritte nello studio geologico originario sono state ridenominate secondo la nomenclatura attuale, ed alcuni limiti sono stati rivisti in funzione dell'interpretazione avanzata su base geomorfologica.

Il territorio del Comune di Bardello ricade interamente in un'area strutturata al fronte della catena delle Alpi Meridionali in cui la deformazione, caratterizzata da piani di sovrascorrimento a basso angolo e dalle anticlinali di rampa associate, sono interessate da faglie di svincolo con andamento grossomodo N-S che determinano settori a raccorciamento differenziale.

L'area dei laghi è stata intensamente glacializzata durante l'ultima espansione glaciale; il massimo glaciale di quest'ultimo evento freddo (LGM) è documentato appena a Sud del Lago di Varese.

L'unità che costituisce l'espressione geologica di questo evento è l'Alloformazione di Cantù. I depositi glaciali che la costituiscono ricoprono depositi glaciali più antichi, non documentati nel territorio di Bardello, ed il substrato in roccia. Al di sopra si rilevano i sedimenti più recenti legati all'evoluzione posteriore al ritiro dei ghiacci (Unità postglaciale). In Tavola 1 è sintetizzato l'assetto geologico del territorio.

3.2 CALCARE DI BARDELLO

Il Calcare di Bardello costituisce l'ossatura del rilievo su cui sorge l'abitato di Bardello e la lingua che separa il lago di Varese dalla Palude di Biandronno. Si tratta di calcari marnosi di colore grigio chiaro, bioturbati, in strati decimetrici.

Sono frequenti le intercalazioni di marne siltose. Alcuni orizzonti sono caratterizzati da abbondante selce bionda presente prevalentemente in noduli fino a 30 cm di diametro. La giacitura è variabile ma prevalentemente a bassa inclinazione.

Fenomeni di fratturazione intensa sono limitati ad alcune fasce debolmente cataclasate ed agli orizzonti superficiali in via di alterazione (orizzonte C) dei rari suoli impostati direttamente sulla roccia, talora inattivi perché suturati dai depositi glaciali.

Le caratteristiche geomeccaniche del Calcare di Bardello sono buone.

La permeabilità è praticamente nulla se non in presenza di fratturazione.

Età: Eocene.

3.3 ALLOFORMAZIONE DI CANTÙ

E' caratterizzata da associazioni di facies eterogenee costituite litologicamente da diamicton, sabbie e limi.

Dal punto di vista litologico sono predominanti diamicton a ciottoli e blocchi esotici, con diametro fino al metro, a supporto di matrice sabbioso limosa massiva. Si osservano inoltre corpi lenticolari a scala metrica di ghiaie fini e medie, raramente grossolane, a supporto clastico e matrice scarsa o nulla; sabbie in litosomi lenticolari a laminazione obliqua, con intercalati livelletti di ghiaia fine; sabbie e sabbie limose a laminazione pianoparallela, in set deformati; rari livelli decimetrici di limi omogenei.

Si tratta di facies deposte in ambiente glaciale, in prevalenza till di ablazione. Le facies periglaciali includono depositi fluvioglaciali fini e medi (ghiaie sabbiose affioranti presso il torrente Bardello), depositi lacustri (limi sabbiosi presso il Torrente Bardello e nella valle del Fosso della Peschiera) e depositi di colata (cioè depositi di versante) sul pendio a Sud al confine con il territorio di Bregano.

Tutte le facies osservate si alternano con forte variabilità laterale. La disomogeneità dei diamicton è estremamente elevata.

Lo spessore complessivo dei depositi varia tra i 10 cm dei dossi in roccia subaffiorante tra il Laghetto di Biandronno ed il Lago di Varese fino

alle decine di metri delle morene latero-frontali individuate nel settore centro-occidentale del territorio comunale. I dati descrittivi dei pozzi sono alquanto scadenti, ma è presumibile che non attraversino il limite inferiore dell'Alloformazione di Cantù.

Facies di contatto glaciale (lacustri e fluvioglaciali) sono localizzate in prevalenza sui ripiani lungo il Torrente Bardello e nella valle del Fosso della Peschiera (detto anche Rio Morata).

I till sono pedogenizzati per uno spessore complessivo che può superare i 2,5 metri, con colori di alterazione intorno a 10YR 4/3;4/4.

L'età dell'Alloformazione di Cantù è riferita al Pleistocene superiore.

3.4 UNITÀ POSTGLACIALE

Include tutti i depositi di versante, alluvionali, palustri e lacustri messi in posto dopo il ritiro del ghiacciaio durante l'Olocene; alcuni processi sedimentari sono tuttora in corso.

Le facies di versante risultano prevalentemente indistinguibili da quelle coeve alle ultime fasi della deglaciazione. Più chiaramente si osservano solo dei diamicton a granulometria media e fine associati a forme di conoide di deiezione sul lato meridionale del territorio comunale.

I depositi alluvionali sono legati all'alveo del Torrente Bardello, che risulta profondamente inciso nei depositi circostanti con una scarpata che raggiunge i due metri d'altezza (le scarpate più alte sono legate a precedenti fasi del torrente), e sono costituiti da sabbie e ghiaie in prevalenza, più raramente limi.

Gli spessori sono limitati a poche decine di centimetri.

Altri depositi alluvionali limitati a poche decine di centimetri sono localizzati nell'alveo del Fosso della Peschiera.

Suoli leggermente torbosi di spessore esiguo, dai 10 ai 20 cm, si rinvengono molto limitatamente nei prati umidi localizzati su pendenze moderate in corrispondenza di piccole risorgenze temporanee nella valle del Fosso della Peschiera.

Le torbe costituiscono depositi rilevanti invece entro la Palude di Biandronno, dove sono associate essenzialmente a limi argillosi con

depositi di torbida provenienti dai versanti. Lo spessore dei depositi fini nella palude di Biandronno non è noto, dal momento che non esistono sondaggi diretti; è ipotizzabile uno spessore massimo non inferiore ai 15-20 m., che si riduce a 0 sulla sponda a quota 245 m: questa infatti è la quota massima a cui si rinvengono i depositi torbosi.

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Di seguito viene riportato l'inquadramento geomorfologico contenuto nello studio geologico comunale del Maggio 2014, al quale è stata aggiunta la descrizione di due aree di ristagno e di una zona con emergenze idriche diffuse, individuate durante i sopralluoghi sul terreno è stata inoltre aggiunta l'area di esondazione del Lago di Varese.

4.1 GEOMORFOLOGIA

Le morfologie dominanti sono legate alle dinamiche glaciali che hanno interessato il territorio di Bardello durante l'ultimo evento freddo del Pleistocene superiore.

L'area osservata è divisibile in tre comparti: il settore NE, con la valle del Torrente Bardello; la parte centrale, con dossi in roccia emergenti, modellati dall'esarazione glaciale e ricoperti da un manto discontinuo di till e depositi periglaciali che si suddivide a separare il Lago di Varese dalla Palude di Biandronno, ed il settore occidentale, con la piana lacustre.

L'area dei dossi in roccia è caratterizzata da pseudo-morene con versanti ripidi verso Sud e sui lati, e con acclività minore invece in direzione nord; le sommità sono smussate, con piane di raccordo su cui lo spessore di sedimenti è ridotto.

Resti di una probabile piccola morena laterale, o meglio di due cordoni diversi, sono visibili a nord del centro del paese, e caratterizzano la dorsale su cui sorge il cimitero.

Il rilievo di Bardello conserva una fitta successione di terrazzi glaciali, impostati nei till (terrazzi di kame), che divengono localmente poco leggibili a causa delle modificazioni antropiche. Ogni terrazzo corrisponde ad una fase di stasi del ghiacciaio durante il ritiro. La successione dei terrazzi delinea l'andamento di tre lobi glaciali separati in corrispondenza del lago di Varese, della Palude di Biandronno e della valle del Fosso della Peschiera. I lobi glaciali, inizialmente uniti, nelle fasi di ritiro sono rimasti separati dai dossi in roccia; in fasi ancora successive si sono delineati laghi periglaciali supportati dal ghiacciaio. Le piane glaciolacustri del

Fosso della Peschiera a W e di Bardello-Fignano ad Est sono riferibili a due laghi diversi supportati dal ghiacciaio; trovandosi la piana del Fosso della Peschiera a quota più bassa, si trattava probabilmente di un lago supportato da una fase più bassa (quindi più recente) del marine del ghiacciaio.

Il Torrente Bardello ha funzionato come scaricatore glaciale e, sulla base dei sondaggi disponibili, i depositi fluvioglaciali poggiano sopra i depositi lacustri della piana Bardello-Gavirate.

Il versante prospiciente la palude di Biandronno e il Lago di Varese degrada ripido in corrispondenza dei dossi in roccia, per ridurre poi la pendenza all'aumentare dello spessore dei depositi dell'Alloformazione di Cantù e dell'Unità Postglaciale. Il lago di Biandronno è uno specchio lacustre in buona parte occupato dalla palude in fase di rapida espansione; il bacino è da considerarsi in fase di interramento anche per l'elevato tasso di crescita della vegetazione ripariale.

Sono state individuate due aree soggette a fenomeni di ristagno, una ubicata a Sud-Est del campo sportivo e una al confine con il Comune di Besozzo; è inoltre presente una zona con emergenze idriche diffuse a Nord della S.P. 35 (cfr. Tav. n. 2): in tale area sono stati riscontrati alcuni impluvi di estensione limitata (in genere lunghi qualche decina di metri), in alcuni si incanala acqua di presumibile origine sorgiva, tali impluvi non costituiscono veri e propri alvei in quanto l'acqua viene riassorbita nel terreno dopo aver percorso qualche metro in superficie.

Nella Carta Geomorfologica è stata inserita l'area di esondazione del Lago di Varese, costituita dalla zona prospiciente il lago posta ad una quota inferiore a m 240 s.l.m., considerata la massima quota di esondazione in base alle misurazioni del livello del lago effettuate dal Consorzio del Fiume Bardello (misurazione del 02/12/2002)

Gli elementi principali sono sintetizzati in Tavola 2.

4.2 EVOLUZIONE MORFOLOGICA DEL TERRITORIO

La struttura del territorio, impostata su calcari eocenici, ha raggiunto l'assetto generale di individuazione del rilievo e del sistema fluviale

durante il Messiniano, quando l'abbassamento generalizzato del livello di base dell'erosione ha approfondito in modo sostanziale il reticolo fluviale preesistente, impostando definitivamente i sistemi vallivi.

Il secondo fattore che ha determinato il modellamento definitivo del territorio sono state le avanzate glaciali durante i periodi freddi iniziati a partire dal Pliocene, come determinato anche in territorio varesino, e succedutisi con maggiore intensità durante il Pleistocene.

In varie fasi le lingue glaciali durante le fasi fredde più intense hanno sormontato interamente i rilievi pedemontani, limitandosi invece ad aggirarli durante le pulsazioni tipiche delle fasi di deglaciazione isolando così le cime tipo "inselberg" e venendo a costituire laghi periglaciali e piane fluvioglaciali complesse a causa dell'articolazione del substrato.

Il dosso in roccia su cui sorge Bardello ha costituito un ostacolo alle avanzate glaciali meno intense, causando così la formazione di morfologie complesse e di difficile lettura.

Dopo una prima fase che ha lasciato i depositi più alti sui dossi in roccia si è attestato un lago periglaciale tra Bardello e Gavirate, di cui ad un certo punto il Torrente Bardello ha iniziato a funzionare come scaricatore. Numerose pulsazioni delle lingue glaciali sono testimoniate dalle serie di terrazzi, meglio conservati verso la valle del Fosso della Peschiera, dove infine si è attestato un secondo lago, periglaciale o di sbarramento morenico, su di un livello più basso.

Con la deglaciazione definitiva che si colloca intorno a 13.000 YBP il torrente Bardello ha mantenuto la funziona di scaricatore del lago di Varese assestando il corso in una valle ben incisa nella serie di depositi glaciolacustri e periglaciali circostanti.

4.3 SUOLI

Come risulta dalla Fig. 4.1, la cartografia pedologica ERSAL riconosce nell'area differenti unità, qui riportate sinteticamente.

PSQ1/LMN1

L'unità è formata da 16 delineazioni; la superficie complessiva è di 5400 ettari.

Il pedopaesaggio è quello degli anfiteatri morenici dell'alta pianura; si tratta di cordoni morenici principali e secondari compresi quelli addossati ai versanti montuosi a morfologia netta con suoli sviluppatisi su depositi morenici a matrice sabbiosa contenenti frammenti grossolani poco alterati in aree a morfologia collinare (pendenze inferiori al 35%) poco ondulata, con quota media di 316 m s.l.m. e pendenza media pari al 23%. L'uso del suolo prevalente è costituito da prati permanenti, con prati pascoli intimamente associati a boschi cedui di latifoglie.

I suoli PSQ1 sono profondi, limitati da contatto litico alterato, con scheletro comune, tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione subacida, saturazione media, con CSC medio-alta e AWC da moderata ad alta; presentano drenaggio buono e permeabilità moderata. I suoli LMN1 sono molto profondi su substrati idromorfi, con scheletro scarso negli orizzonti superficiali, frequente negli orizzonti profondi, a tessitura moderatamente grossolana, reazione subacida, saturazione media, AWC da moderata a bassa e con drenaggio.

MTN1/RNI1

L'unità è formata da 10 delineazioni; la superficie complessiva è di 2100 ettari.

Il pedopaesaggio è quello degli anfiteatri morenici dell'alta pianura, con versanti collinari rimodellati dall'attività glaciale, ed aree protette dal vento in cui si sono sovrapposte ai depositi morenici wurmiani sabbie eoliche molto fini, ben gradate, ed inoltre versanti montuosi a morfologia netta con quota media di 274 m s.l.m. e pendenza media del 22%, con suoli sviluppatisi su depositi morenici a matrice sabbiosa contenenti frammenti grossolani poco classati e parzialmente alterati. L'utilizzazione prevalente del suolo è il ceduo di latifoglie caducifoglie (castagno) con presenza di prati-pascoli.

I suoli MTN1 sono molto profondi, privi di scheletro negli orizzonti superficiali, con scheletro scarso, tessitura moderatamente grossolana, con reazione acida, saturazione molto bassa, non calcarei, AWC moderata, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata; i suoli RNI1 sono suoli moderatamente profondi, limitati da substrato a scheletro molto abbondante, con scheletro da comune a frequente, a tessitura media o moderatamente grossolana in superficie, grossolana in profondità; reazione acida, saturazione media.

BBB1

L'unità è formata da 2 delineazioni; la superficie complessiva è di 811 ettari Il pedopaesaggio in cui sono collocati appartiene al sistema degli anfiteatri morenici dell'alta pianura su depositi morenici recenti (wurmiani), con quota media di 244 m s.l.m. e pendenza media pari a 0,4%. Si rilevano in aree morfologicamente depresse, appartenenti all'anfiteatro morenico verbano (MR6) caratterizzate da elevata idromorfia e falda subaffiorante. I suoli richiedono un'attenta gestione a causa della estrema vulnerabilità della falda e si sono formati su substrato composto da sabbie e limi ricoperti da materiale organico indecomposto di spessore variabile. Si rilevano nella torbiera di Albate e in zone umide in sinistra Adda dove è presente acqua libera in superficie per la maggior parte dell'anno. Sono occupati da vegetazione igrofila (fragmiteto).

I suoli BBB1 sono poco profondi, limitati dalla presenza permanente della falda, privi di scheletro, reazione subacida, non calcarei, costituiti prevalentemente da sostanza organica moderatamente decomposta, AWC bassa, con drenaggio impedito e permeabilità moderata.

RNI1

L'unità è formata da 5 delineazioni; la superficie complessiva è di 1800 ettari.

Il pedopaesaggio è quello degli anfiteatri morenici dell'alta pianura, si tratta di cordoni morenici wurmiani compresi quelli addossati ai versanti

montuosi a morfologia netta con suoli sviluppatisi su depositi morenici a matrice sabbiosa contenenti frammenti grossolani poco classati e parzialmente alterati, in aree a morfologia fortemente ondulata a quota media di 328 m s.l.m. e pendenza media del 25%. L'uso del suolo prevalente è costituito da boschi di latifoglie caducifoglie. I suoli RNI1 sono moderatamente profondi, limitati da substrato a scheletro molto abbondante, con scheletro da comune a frequente, a tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione acida, saturazione molto bassa, non calcarei, AWC moderata, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata.

BAL1

L'unità è formata da 9 delineazioni; la superficie complessiva è di 1860 ettari.

Il pedopaesaggio è quello degli anfiteatri morenici dell'alta pianura su depositi morenici recenti costituiti da sedimenti glaciali e fluvioglaciali formanti valli e piane a morfologia subpianeggiante con quota media di 269 m s.l.m. e pendenza media pari a 1,6%, con suoli sviluppatisi su depositi morenici e fluvioglaciali non calcarei a matrice sabbiosa. L'uso del suolo prevalente è il prato permanente asciutto. I suoli BAI1 sono moderatamente profondi, limitati da orizzonti idromorfi, in alcuni casi con scheletro molto abbondante, a tessitura da media a moderatamente grossolana, scheletro abbondante. Talvolta presenza di orizzonti organici, reazione subalcalina in superficie e subacida in profondità, AWC bassa, con drenaggio da lento a mediocre e permeabilità moderata.

Partendo da diversi presupposti cartografici, le Unità cartografiche pedologiche hanno in effetti relazioni parziali con le unità geologiche cartografate come Formazioni e Alloformazioni. Anche alcuni criteri, derivanti dalla geologia ed utilizzati per definire i Sistemi in cui sono raggruppate le Unità sono stati riconosciuti privi di significato (ad esempio la distinzione di unità glaciali "Rissiane").

Il dato importante è che tutte le unità pedologiche riconosciute nell'area sono classificate non idonee a supportare agricoltura di tipo

intensivo, e soprattutto sono caratterizzate da una capacità protettiva nei confronti delle falde molto bassa.

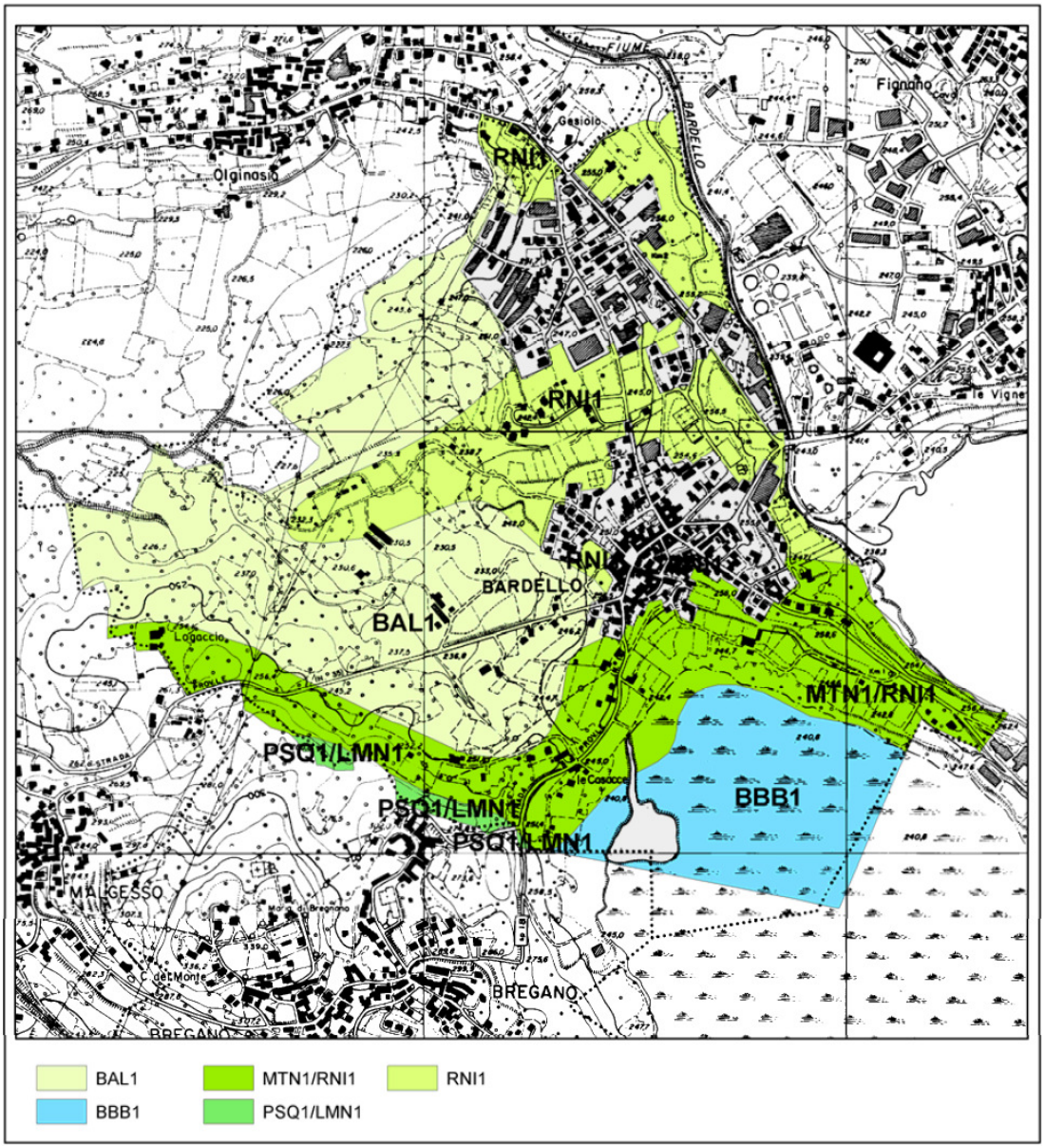


Fig. n. 4.1 *– Cartografia dei suoli ERSAL.*

4.4 VALUTAZIONE DELL'ACCLIVITÀ

Dalla carta delle classi di acclività ricavata generando un DTM dalla Banca Dati Topografica si evidenzia come nel complesso il territorio sia soggetto a pendenze significative solo in fasce ben delimitate legate a fasi morfogenetiche glaciali.

Tali fasce non rientrano nelle aree soggette a variazioni di destinazione d'uso.

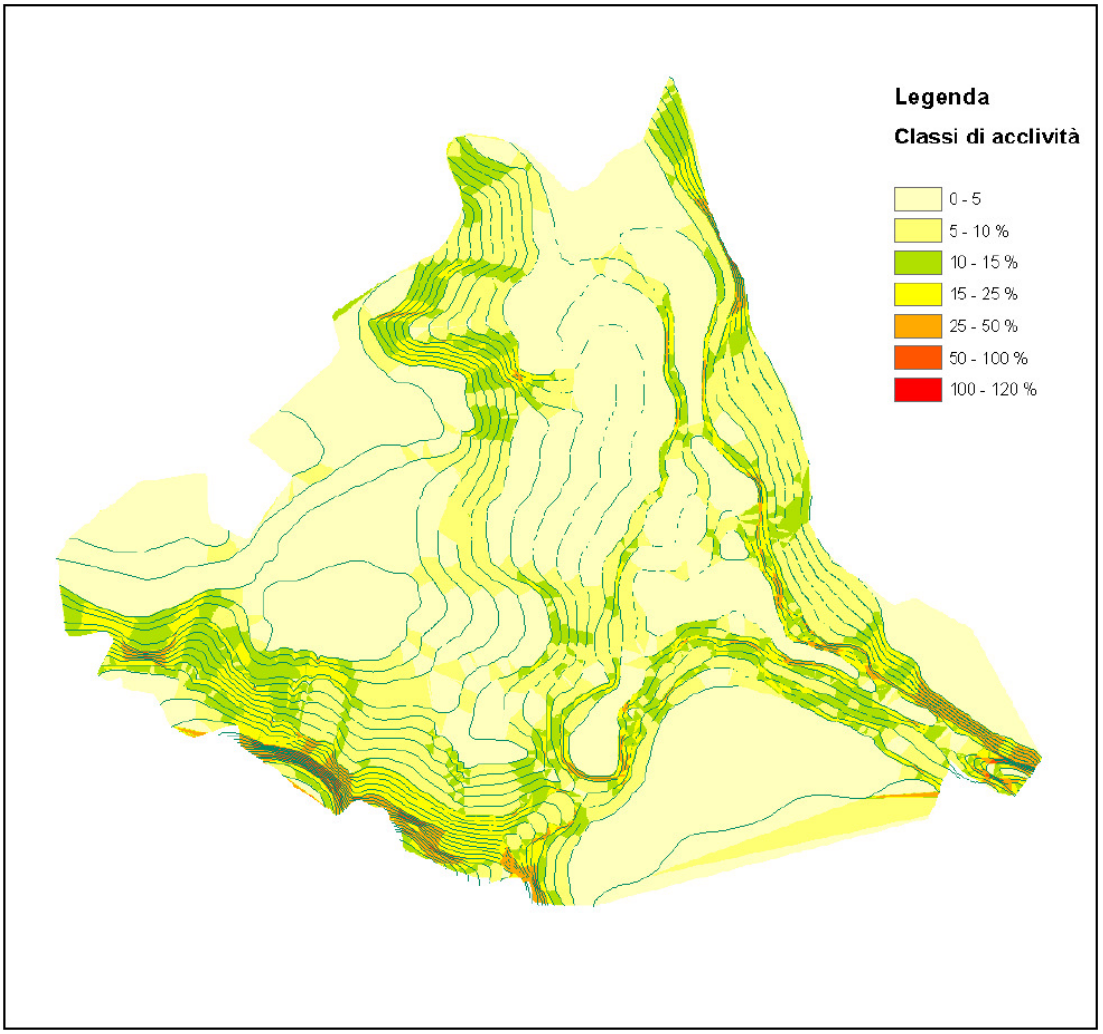


Fig. n. 4.2 *– Acclività del territorio di Bardello.*

5 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Di seguito viene riportato l'inquadramento idrografico contenuto nello studio geologico comunale del Maggio 2014.

Dal punto di vista idrografico il territorio di Bardello è suddiviso in tre bacini: Il lago di Biandronno, il Fosso della Peschiera ed il Torrente Bardello.

5.1 BACINO DEL LAGO DI BIANDRONNO

In base agli studi esistenti il Laghetto di Biandronno è un bacino lacustre in fase di impaludamento alimentato in modo pressoché esclusivo dalle acque superficiali e meteoriche. L'unico immissario esistente, la Valle Resiga, a Nord di Bregano, è modestissimo, e l'unico emissario è artificiale (Roggia Gatto a Biandronno) e mantiene pressoché costante il livello del lago. Il bacino idrografico del Laghetto di Biandronno è compreso nel territorio comunale di Bardello per una superficie di circa 585.000 m^2.

5.2 BACINO DEL TORRENTE BARDELLO

Il Torrente Bardello è l'emissario del Lago di Varese. Gran parte del territorio di Bardello ricade nel bacino idrografico del Torrente Bardello, anche se in realtà il tracciato del torrente principale è compreso in minima parte, poiché il confine comunale corre lungo la sponda del lago e del torrente emissario.

La superficie afferente al bacino principale è di circa 233.500 m^2.

5.2.1 Sottobacino del Fosso della Peschiera

La parte restante del territorio di Bardello, cioè il versante occidentale del rilievo, ricade nel bacino del Fosso della Peschiera, che è un sottobacino del Bardello poiché il Fosso della Peschiera vi confluisce a valle di Besozzo.

Caratterizzato da versanti in raccordo con la piana, presenta un reticolato più variato che drena sia i versanti sia la piana glaciolcustre.

5.3 EVOLUZIONE DEI CORSI D'ACQUA

Come accennato in precedenza, il Torrente Bardello ha funzionato da scaricatore glaciale probabilmente in più di una fase.

Il Fosso della Peschiera si è invece impostato in una piana lacustre dovuta a sbarramento morenico o misto morenico/glaciale, e si è attivato verosimilmente solo al ritiro della lingua glaciale del Ghiacciaio del Verbano.

5.4 QUALITÀ DELLE ACQUE

La qualità delle acque del Torrente Bardello risulta discreta alla nascita dal Lago di Varese e per il tratto fino al depuratore consortile in territorio di Gavirate. Si evidenziano consistenti faune di invertebrati bentonici e di vertebrati (pesci, anfibi e rettili). A valle del depuratore scompaiono le faune bentoniche, la torbidità dell'acqua è forte in diversi regimi idrologici, sono presenti depositi di limi ricchi di materia organica.

6 ELEMENTI IDROGEOLOGICI

La sezione di idrogeologia del presente capitolo è stata ricavata dallo *"Studio idrogeologico ed ambientale per la definizione delle potenzialità acquedottistiche attuali e future del territorio afferente ai comuni di Bardello, Biandronno, Bregano e Malgesso a supporto della pianificazione comunale"* (Studio Idrogeotecnico Associato, 2012) e dallo studio geologico comunale del dott. geol. Rossi; rispetto ai testi originali sono stati modificati i riferimenti alle tavole in modo da renderli conformi alla numerazione delle tavole e delle figure inserite nel presente elaborato. Per il bilancio idrogeologico si riporta una sintesi dei risultati contenuti nello studio idrogeologico ed ambientale (al quale si rimanda per i dettagli) mentre le considerazioni sulla vulnerabilità idrogeologica sono basate sul precedente studio geologico comunale.

6.1 INTRODUZIONE

Dal punto di vista idrogeologico il territorio del Comune di Bardello si divide in due comparti principali, uno nordoccidentale caratterizzato da sequenze con acquiferi multistrato ed uno sudorientale, caratterizzato invece dall'assenza di strutture idrogeologiche significative. Il settore Nord-occidentale non contribuisce all'alimentazione degli acquiferi captati dal Consorzio Acquedotto Bardello-Biandronno-Bregano-Malgesso ma drena in direzione del Lago Maggiore, in direzione dei comuni di Brebbia e Besozzo, lungo la valle del Fosso della Peschiera.

Il settore sudorientale presenta in subaffioramento il substrato costituito dal Calcare di Bardello; questa unità, costituita da calcari marnosi, è pressoché impermeabile ad eccezione delle aree fratturate come nella parte superiore della cresta che costituisce lo sbarramento tra il Laghetto di Biandronno ed il lago di Varese, che nella parte più profonda divide dal punto di vista idrogeologico i due bacini.

6.2 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' IDROGEOLOGICHE DEL SOTTOSUOLO

La struttura idrogeologica del settore pedemontano (approssimativamente compreso tra il Lago di Varese e Gallarate), è caratterizzata dalla presenza di acquiferi in terreni porosi di limitata estensione areale e ridotta potenzialità.

La caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi nei litotipi permeabili per porosità, di seguito denominati semplicemente "acquiferi", è stata condotta con l'elaborazione di 2 sezioni in scala 1:25.000 distribuite in modo tale da interessare le principali strutture idrogeologiche nel settore in esame.

In Tav. 4 è stata riportata la classificazione areale degli acquiferi porosi che prevede le seguenti classi:

Aree negative prive di falda idrica

Sono determinate dalla presenza del substrato roccioso in affioramento o a debole profondità, dalla presenza di sedimenti fini a bassa permeabilità e dall'intersezione della superficie piezometrica con il substrato roccioso.

Aree con prevalente falda semiconfinata

Falda confinata superiormente o inferiormente da orizzonti a bassa permeabilità che possono generare parziale sovrappressione della stessa ma non impediscono del tutto il drenaggio verticale e la comunicazione fra falde sovrapposte.

Aree con falda confinata multistrato

Sistema di più falde confinate sovrapposte, ognuna parzialmente o totalmente isolata da orizzonti a permeabilità molto bassa e quindi con una propria pressione piezometrica; generalmente tipiche nelle alternanze di lenti sabbiose in sedimenti più fini.

6.2.1 Sezioni idrogeologiche

L'elaborazione di sezioni idrogeologiche per lo studio dei corpi idrici sotterranei rappresenta la sintesi di numerosi dati di base, quali:

- Dati diretti: stratigrafie dei pozzi pubblici e privati, dati geologici di superficie;
- Dati indiretti: Sondaggi elettrici verticali reinterpretati.

Per l'interpretazione delle sezioni idrogeologiche, si è tenuto conto innanzitutto dei principi geologici e geomorfologici ritenuti più validi dalle moderne metodologie di studio del quaternario in Italia e soprattutto nella fascia pedemontana lombarda.

Gli attuali caratteri idrogeologici dell'area di studio sono infatti determinati principalmente dalle vicende geologiche avvenute negli ultimi 200 milioni di anni.

Innanzitutto, buona parte dell'assetto idrografico sviluppatosi durante la regressione Messiniana ha determinato la morfologia del substrato roccioso, base delle falde idriche di interesse; a questo va aggiunto il contributo dei fenomeni tettonici pre e post messiniani, dei quali sono riscontrabili evidenze nel settore montano varesino, dove antiche valli sospese (Valganna) sono tagliate da valli tettoniche più giovani (Valcuvia) (BINI, QUINIF, UGGERI - 1991).

Il riempimento di queste valli è principalmente da ascrivere all'ingressione marina pliocenica, mentre, durante il Pleistocene, si sono verificati fenomeni legati all'avvicendarsi di periodi freddi, corrispondenti alle massime espansioni glaciali, e periodi più caldi, con il ritiro dei ghiacciai stessi.

Tali fenomeni hanno determinato la deposizione di grandi quantità di sedimenti a granulometria variabile, che hanno costituito morfologie caratteristiche.

Lo schema della distribuzione verticale delle unità idrogeologiche comprende 4 unità i cui caratteri distintivi vengono di seguito descritti.

Le unità idrogeologiche riconosciute si succedono dalla più profonda alla più superficiale secondo il seguente schema:

A) Substrato roccioso

L'unità è indifferenziata ed è costituita da rocce marnose, generalmente considerata come **base impermeabile delle falde**, in quanto caratterizzata dall'assenza di corpi idrici. Solo localmente è caratterizzata da circolazione idrica connessa a permeabilità secondaria (fratturazione).

B) Unità delle argille prevalenti

L'unità è costituita da depositi in facies transizionale e marina di età pliocenica, caratterizzati da limi, argille e argille sabbiose grigie e azzurre alternati a lenti di materiali più grossolani colmanti le maggiori incisioni del substrato roccioso. Si riscontra localmente la presenza di torbe e fossili.

Le possibilità acquifere di questa unità, variabili a seconda della zona, sono legate alla presenza di acquiferi profondi di tipo confinato e semiconfinato nei livelli sabbioso ghiaiosi intercalati alle argille.

Ad eccezione del settore settentrionale ove l'unità è assente, i depositi argillosi di fondo sono presenti nella quasi totalità dei pozzi dell'intero territorio.

In particolare nel settore pedemontano l'unità si riscontra a partire da profondità minime di 10 m in corrispondenza delle principali incisioni vallive (F. Olona, T. Quadronna), ove si assiste ad una riduzione di spessore dei depositi soprastanti, a profondità massime di circa 100 m in corrispondenza delle zone di paleoalveo del fiume Olona (Malnate).

D) Unità delle ghiaie, sabbie ed argille

E' costituita da sedimenti di origine glaciale e fluvioglaciale con litologie eterogenee (ghiaie e sabbie a supporto di matrice argillosa, da poco a molto alterate).

Rappresenta l'unità stratigraficamente più giovane con diretto riscontro morfologico in superficie.

Nel settore pedemontano l'unità è sede di acquiferi a carattere sospeso con ridotta potenzialità ed estensione laterale.

Come è possibile osservare nella sezione 1 della Fig. n. 6.1, il settore compreso tra Besozzo e Varano, appartenente all'ambito collinare, presenta un substrato roccioso a profondità pressoché costante ed ubicato mediamente a circa 60 m da p.c.

I sedimenti presenti a copertura sono ascrivibili all'unità D e sono caratterizzati da una porzione sommitale a prevalente componente limoso-argillosa presente nel comparto centrale e settentrionale dell'area con uno spessore variabile da 10 a 40 metri circa e da un'alternanza di orizzonti sabbioso-ghiaiosi intercalati a subordinati livelli argillosi presenti lungo tutto il comparto, affioranti nella porzione meridionale.

Gli orizzonti permeabili sono sede di un acquifero semiconfinato dello spessore medio di circa 30 – 40 metri.

La soggiacenza dell'acquifero è pari a circa 10 – 20 metri da p.c., con uno spessore medio di circa 20 – 30 metri.

Alla base di dell'unità D si riscontrano sedimenti di natura prevalentemente limoso - argillosa ascrivibili all'unità marina e di transizione (unità idrogeologica B).

6.3 CARATTERI PIEZOMETRICI

Per quanto riguarda i caratteri piezometrici dell'area in esame, non è stato possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica attuale, in quanto non si è reso disponibile un sufficiente numero di misure della soggiacenza.

Nella seguente tabella, sono riassunti i valori delle misure eseguite dal geologo Mauro Bolognese in data 11 aprile 2003 e dal geologo Rossi durante il sopralluogo del 10 ottobre 2011.

Pozzo	l.s. 11 aprile 2003	l.s. 10 ottobre 2011
Funtanitt 1	-8,93 m da p.c.	-10,40 m da p.c.
Funtanitt 2	-7,95 m da p.c.	non accessibile
Funtanitt 3	non accessibile	non misurato
Roncato	- 24,42 m da p.c.	non misurabile

6.4 VULNERABILITÀ DELLA FALDA

Il territorio del Comune di Bardello non contribuisce direttamente alla ricarica delle falde sfruttate dal consorzio, tuttavia la valle del Fosso della Peschiera costituisce area di ricarica per acquiferi multistrato che alimentano i territori di Besozzo e Brebbia: di conseguenza il territorio deve essere sottoposto ad un controllo delle azioni e dei possibili insediamenti. Le successioni di sedimenti glaciali e postglaciali non sono infatti caratterizzate dalla presenza di acquicludo in senso stretto ma da acquitardi di estensione irregolare e talora continuità laterale.

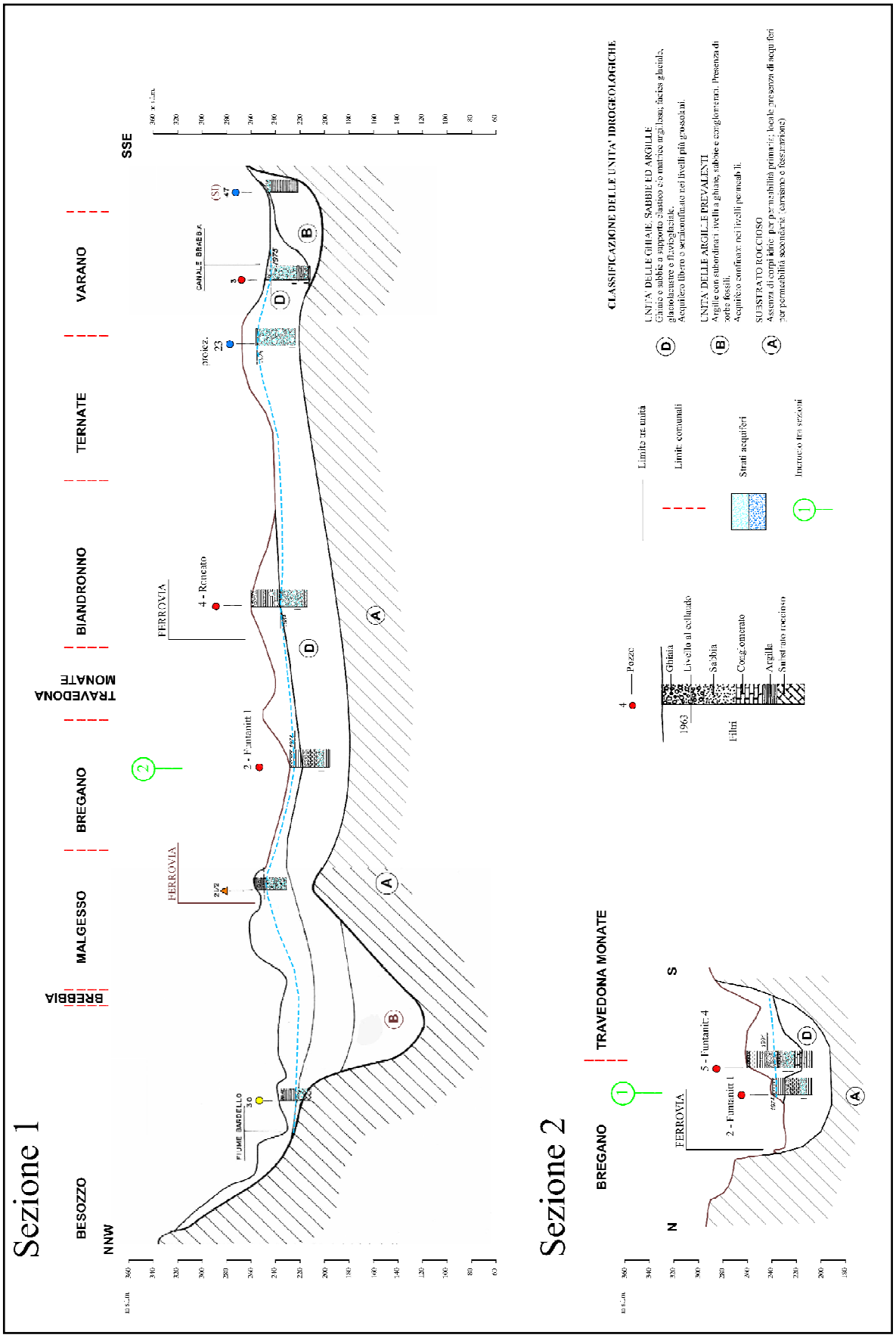


Fig. n. 6.1- *Stralcio della Tavola n. 2 (Sezioni idrogeologiche) allegata allo Studio Idrogeologico ed Ambientale redatto dallo Studio Idrogeotecnico Associato (Marzo 2012)*

6.5 FABBISOGNI IDRICI

L'approvvigionamento idrico del Comune di Bardello dipende dal Consorzio fra i comuni di Bardello-Biandronno-Bregano e Malgesso, con sede presso il comune di Biandronno.

Il fabbisogno idrico è rappresentato dalla somma dei consumi idrici (espressi in l/s) per uso civile (domestico e pubblico), industriale e agricolo, cui vanno sommate le perdite attraverso la rete.

Al fine di verificare per via teorica gli attuali e i futuri fabbisogni idrici, nello studio idrogeologico e ambientale redatto dallo Studio Idrogeotecnico Associato sono stati elaborati i dati demografici ed urbanistici acquisiti presso i competenti uffici dei Comuni del Consorzio Acquedotto, secondo i criteri di cui all'art. 8 della l.r. 32/80 e della D.C.R. 15.01.2002 n. VII/402 "Piano regionale di risanamento delle acque settori funzionali pubblici servizi acquedotto, fognatura, collettamento e depurazione" per il dimensionamento dei pubblici acquedotti.

I risultati per il Comune di Bardello sono riportati nelle tabelle seguenti, per i dettagli si rimanda al documento dello studio idrogeologico e ambientale.

BARDELLO - attuale

COMUNE DI: BARDELLO			
CALCOLO DEL FABBISOGNO IDRICO PER IL DIMENSIONAMENTO DEL PUBBLICO ACQUEDOTTO			
SECONDO I CRITERI DEL COMITATO TECNICO REGIONALE (ART. 8 L.R. 32/80)			
DATI DI BASE			
1) DOTAZIONI E FABBISOGNI MEDI ANNUI			
1.1) FABBISOGNI POTABILI E SANITARI			
A) POPOLAZIONE RESIDENTE	1.558	unità	
B) POPOLAZIONE STABILE NON RESIDENTE		unità	(ospiti di Ospedali, Caserme, Collegi, ecc.)
C) POPOLAZIONE FLUTTUANTE		unità	(ospiti di Alberghi, Camping, seconde case)
D) POPOLAZIONE SENZA PERNOTTAMENTO		unità	(addetti di attività lavorative o scuole che giungono da altre località)
E) AREE CON ADDETTI DEI FUTURI INSEDIAMENTI AD USO LAVORATIVO	0,00	ettari	(dato desunto dal PGT)
1.2) AREE CON FABBISOGNI PRODUTTIVI DELLE ATTIVITA' INDUSTRIALI E ZOOTECNICHE	11,18	ettari	il quantitativo calcolato non potrà essere superiore al 20% del totale della voce 1.1
1) fabbisogno per abitante in relazione alla classe demografica	250	ltri/giorno	
2) coefficiente di incremento C24	1,5	coeff. adimensionale	
3) coefficiente di incremento Cp	1,5	coeff. adimensionale	
RIEPILOGO DATI CALCOLATI			
FABBISOGNO MEDIO	486,1	mc/g	
corrispondenti a	**5,63**	l/s	
GIORNO DI MASSIMO CONSUMO	688,6	mc/g	
corrispondenti a	**7,97**	l/s	
CALCOLO DELLA PORTATA DI PUNTA ORARIA	992,4	mc/g	
corrispondenti a	**11,49**	l/s	

Tab. n. 5.1 *– Fabbisogno idrico attuale del Comune di Bardello (da Studio idrogeologico ed ambientale per la definizione delle potenzialità acquedottistiche attuali e future del territorio afferente ai comuni di Bardello, Biandronno, Bregano e Malgesso a supporto della pianificazione comunale", Studio Idrogeotecnico Associato, 2012).*

BARDELLO - futuro

COMUNE DI: BARDELLO previsioni			
CALCOLO DEL FABBISOGNO IDRICO PER IL DIMENSIONAMENTO DEL PUBBLICO ACQUEDOTTO			
SECONDO I CRITERI DEL COMITATO TECNICO REGIONALE (ART. 8 L.R. 32/80)			
DATI DI BASE			
1) DOTAZIONI E FABBISOGNI MEDI ANNUI			
1.1) FABBISOGNI POTABILI E SANITARI			
A) POPOLAZIONE RESIDENTE	1.558	unità	non ancora elaborata una previsione
B) POPOLAZIONE STABILE NON RESIDENTE		unità	(ospiti di Ospedali, Caserme, Collegi, ecc.)
C) POPOLAZIONE FLUTTUANTE		unità	(ospiti di Alberghi, Camping, seconde case)
D) POPOLAZIONE SENZA PERNOTTAMENTO		unità	(addetti di attività lavorative o scuole che giungono da altre località)
E) AREE CON ADDETTI DEI FUTURI INSEDIAMENTI AD USO LAVORATIVO	4,00	ettari	(dato desunto dal PRG)
1.2) AREE CON FABBISOGNI PRODUTTIVI DELLE ATTIVITA' INDUSTRIALI E ZOOTECNICHE	11,18	ettari	il quantitativo calcolato non potrà essere superiore al 20% del totale della voce 1.1
1) fabbisogno per abitante in relazione alla classe demografica	260	litri/giorno	
2) coefficiente di incremento C24	1,5	coeff. adimensionale	
3) coefficiente di incremento Cp	1,5	coeff. adimensionale	
RIEPILOGO DATI CALCOLATI			
FABBISOGNO MEDIO	582,1	mc/g	
corrispondenti a	**6,74**	**l/s**	
GIORNO DI MASSIMO CONSUMO	784,6	mc/g	
corrispondenti a	**9,08**	**l/s**	
CALCOLO DELLA PORTATA DI PUNTA ORARIA	1.088,4	mc/g	
corrispondenti a	**12,60**	**l/s**	

Tab. n. 5.2 *– Fabbisogno idrico futuro del Comune di Bardello (da Studio idrogeologico ed ambientale per la definizione delle potenzialità acquedottistiche attuali e future del territorio afferente ai comuni di Bardello, Biandronno, Bregano e Malgesso a supporto della pianificazione comunale", Studio Idrogeotecnico Associato, 2012).*

7 DISSESTI E RISCHIO IDROGEOLOGICO

Di seguito viene riportato il capitolo su dissesti e idrogeologia contenuto nello studio geologico comunale del Maggio 2014.

7.1 DISSESTI

Le prime fasi di ritiro del ghiacciaio sono state probabilmente accompagnate da blandi fenomeni di assestamento dei versanti, di cui sono ancora ipoteticamente distinguibili alcune forme di colata ormai fossili al confine con il territorio di Bregano; tali forme hanno poi subito evoluzione pedogenetica analoga a quella del territorio circostante. Ciò significa che le forme sono fossili e relative ad un contesto fisiografico e climatico non più esistente, quindi non più in grado di ripetersi od evolvere come dissesti.

Altrove le pendenze sono poco significative per poter innescare fenomeni in relazione alle tipologie di terreni presenti.

Il territorio di conseguenza si presenta privo di fenomeni di dissesto evidenti, attivi o semplicemente quiescenti.

Per quanto riguarda la Cartografia di Rischio espressa dal PTCP (RIS3), si rileva come vaste aree della campitura identificata dal PTCP (vedi Fig. 7.1) siano pianeggianti e le restanti a pendenza moderata, non interessate da ruscellamento, prive di evidenze storiche o fossili di dissesti. Si esclude pertanto, alle condizioni attuali, qualunque possibilità di dissesto.

L'unica area di moderata instabilità è costituita dal versante in erosione di un piccolo canale mal delineato dalla cartografia al confine sudovest del comune, area peraltro senza alcuna relazione con attività antropiche.

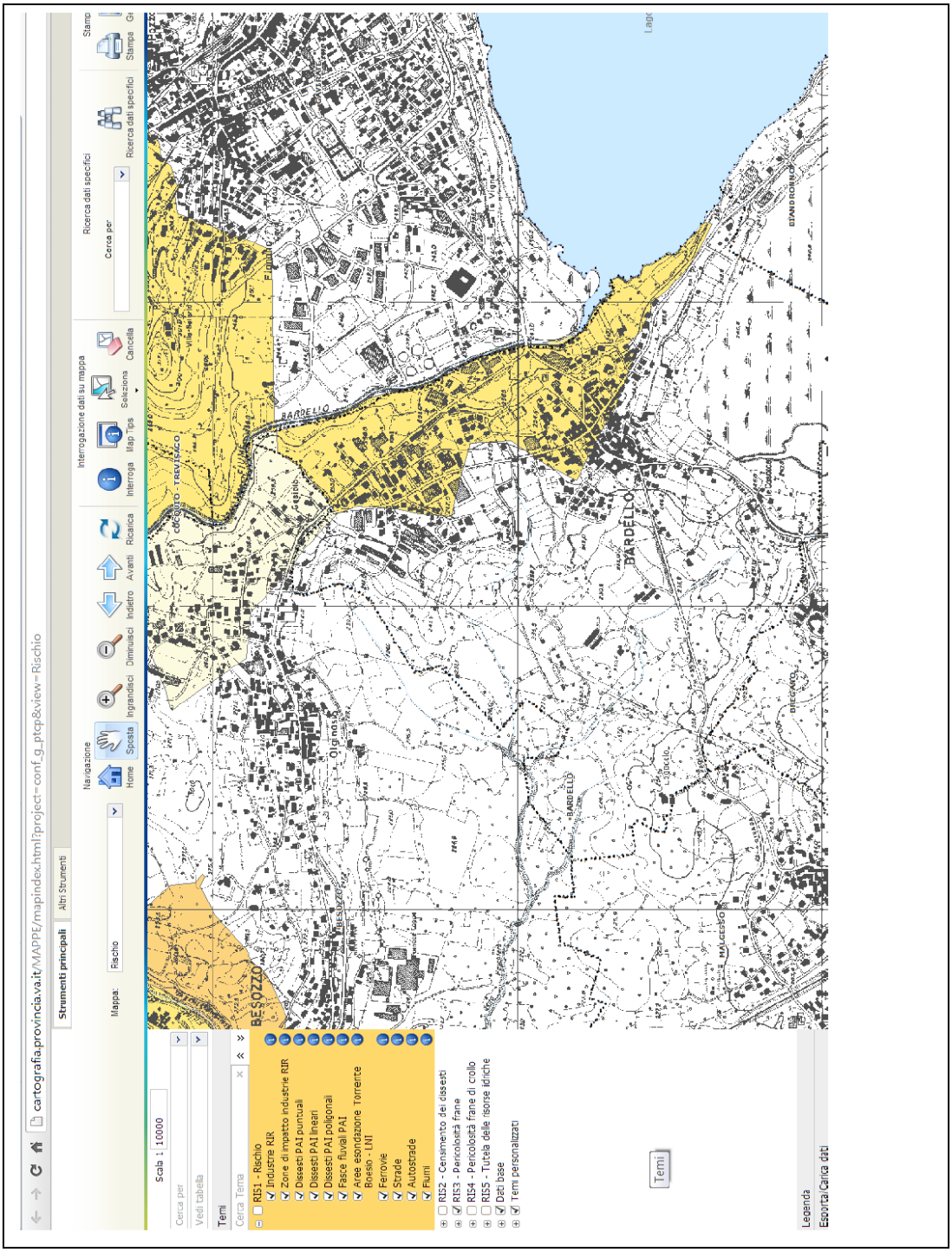
7.2 RISCHIO DI ESONDAZIONE - RISCHIO IDRAULICO

Dal momento che il corso del Torrente Bardello è incassato per una profondità che supera i due metri in buona parte del corso, i rischi di esondazione sono nulli. Va inoltre rilevato che per la maggior parte del percorso l'alveo ordinario del torrente Bardello si colloca al di fuori dei

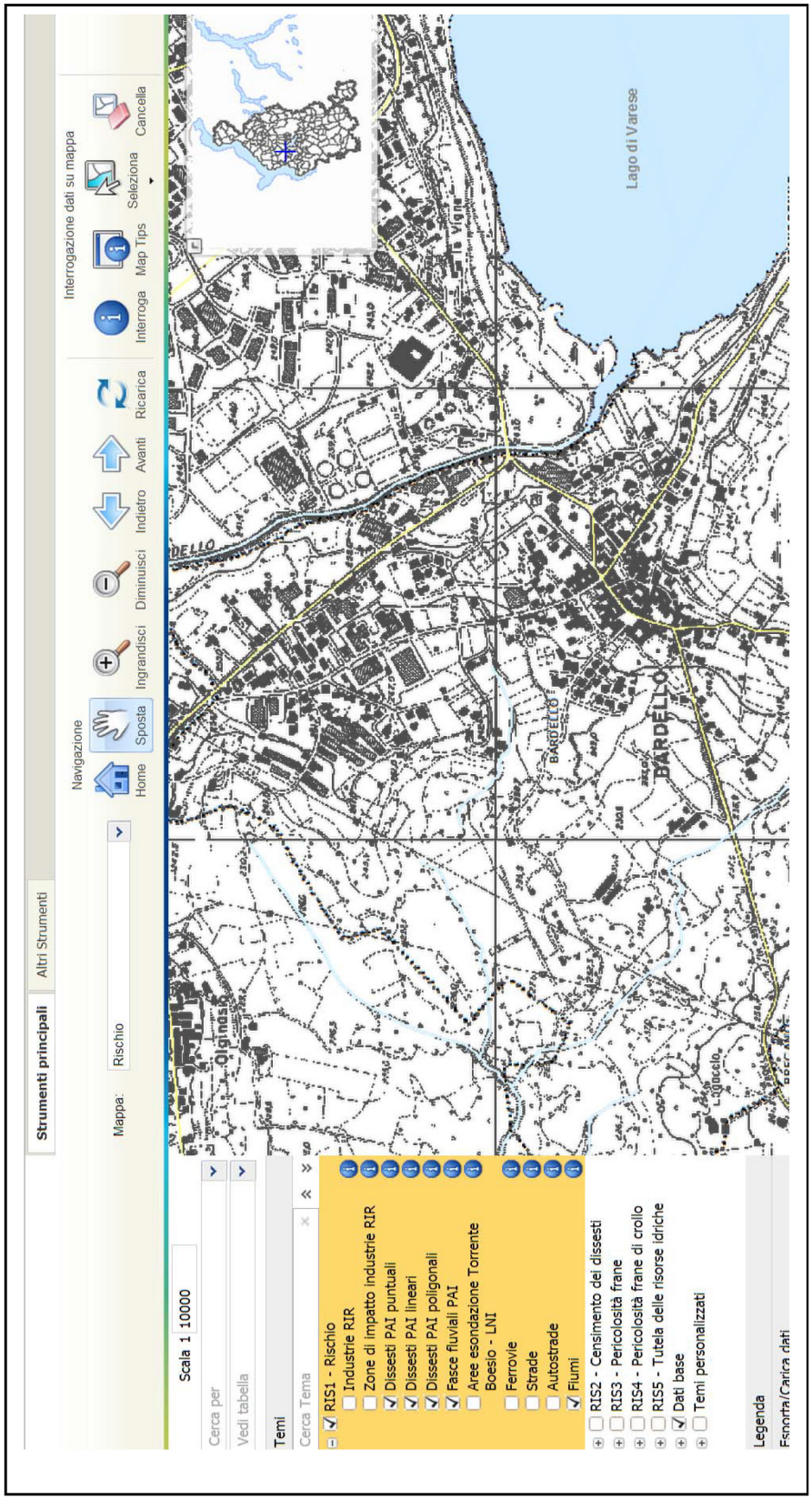
confini comunali, e non vi sono tratti di territorio che possano risentire di eventi di piena.

Qualche evento modestissimo di esondazione si verifica sporadicamente nella piana del Fosso della Peschiera, in aree prevalentemente boscate, interessando un'ampiezza massima di un centinaio di metri nel punto più depresso; l'area è indicata in Tavola 2 – Carta Geomorfologica.

Un estratto della Carta del Rischio del PTCP, Foglio RIS1E, è riportato in Figura 7.2. evidenzia l'assenza di elementi di rilievo.



Tab. n. 7.1 *– Stralcio della Carta del Rischio del PTCP (foglio RIS3), dal SIT, dove è evidente l'area indicata a rischio.*



Tab. n. 7.2 *– Stralcio della Carta censimento dissesti del PTCP, foglio RIS1, dove è evidente l'assenza di elementi significativi.*

8 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA

Di seguito viene riportato lo stralcio riguardante la caratterizzazione geologico-tecnica contenuta nel capitolo su prima caratterizzazione, sintesi e vincoli dello studio geologico comunale del Maggio 2014.

La Tavola 5 (Carta di Prima Caratterizzazione) semplifica le principali suddivisioni litologiche unitamente allo spessore stimato delle coperture sul substrato lapideo, estrapolate da dati di sondaggi e da scavi noti. Sono così sintetizzate le principali caratteristiche utili dal punto di vista applicativo.

In particolare dal punto di vista litologico vengono categorizzati i principali terreni, che peraltro presentano caratteristiche di elevata variabilità laterale:

- **Depositi sabbioso-limosi**: Sabbie, sabbie limose e limi; rare ghiaie a supporto di matrice.
- **Depositi torbosi**: Sabbie fini, limi e argille intercalati da letti torbosi da millimetrici a pluridecimetrici.
- **Diamicton**: Diamicton a ciottoli e blocchi prevalentemente a supporto di matrice sabbioso limosa, con orizzonti superficiali alterati più ricchi in argille. Lenti di sabbie e ghiaie a supporto clastico.
- **Substrato roccioso**: calcari marnosi stratificati con interstrati pelitici, orizzonti selciferi.
- **Riporto antropico**.

Gli spessori delle coperture sono suddivisi in 4 categorie:

- 0-1,5 m;
- 1,5 -4 m;
- 4-10 m;
- s>10 m.

In questo modo sono discriminati gli spessori pellicolari, ininfluenti, da quelli profondi, stabili, evidenziando gli spessori intermedi.

Per quanto concerne i parametri geotecnici, data l'elevata variabilità laterale dei diamicton e dei depositi laminari glaciolacustri si ritiene NON SIGNIFICATIVO ED ESSENZIALMENTE FUORVIANTE fornire parametri geotecnici intermedi che risulterebbero del tutto privi di significato dato che si tratta di indagini puntuali sito specifiche. Qualora necessari alla progettazione dovranno essere misurati in sito.

9 RISCHIO SISMICO

9.1 ANALISI DELLA SISMICITÀ STORICA E RECENTE

Per la caratterizzazione della pericolosità sismica del territorio comunale si è proceduto all'analisi della distribuzione spazio-temporale dei terremoti avvenuti; a tal fine sono stati consultati i cataloghi sismici ed i documenti redatti dall'Istituto Nazione di Geofisica e Vulcanologia (INGV); in particolare:

- Catalogo DOM4.1 (Monachesi e Stucchi, 1997);
- Catalogo NT4.1 e NT4.1.1 (Camassi e Stucchi, 1996, 1992);
- Catalogo dei forti terremoti italiani CFTI1 e CFTI2 (Boschi et al, 1997; Boschi et al., 2000);
- Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI15 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., 2016);
- DBMI15, il database macrosismico utilizzato per la compilazione di CPTI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E., 2016);
- Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile (Gruppo di Lavoro, 2004).

Sulla base della zonazione sismogenetica elaborata dall'INGV (zonazione ZS9) il territorio comunale non ricade all'interno di nessuna zona sismogenetica (*Fig. n. 9.1*): non sono quindi presenti nelle vicinanze strutture geologiche in grado di generare terremoti ("faglie capaci").

L'analisi dei cataloghi sismici ha evidenziato che il comparto in esame è caratterizzato da eventi sismici piuttosto rari e di intensità massima rilevata nell'ordine del VI grado della scala Mercalli (*Fig. n. 9.2*); tali eventi sono riferibili a località epicentrali lontane, appartenenti al settore orientale della provincia di Bergamo, al Veronese, al Bresciano ed alla zona dell'Appennino Emiliano.

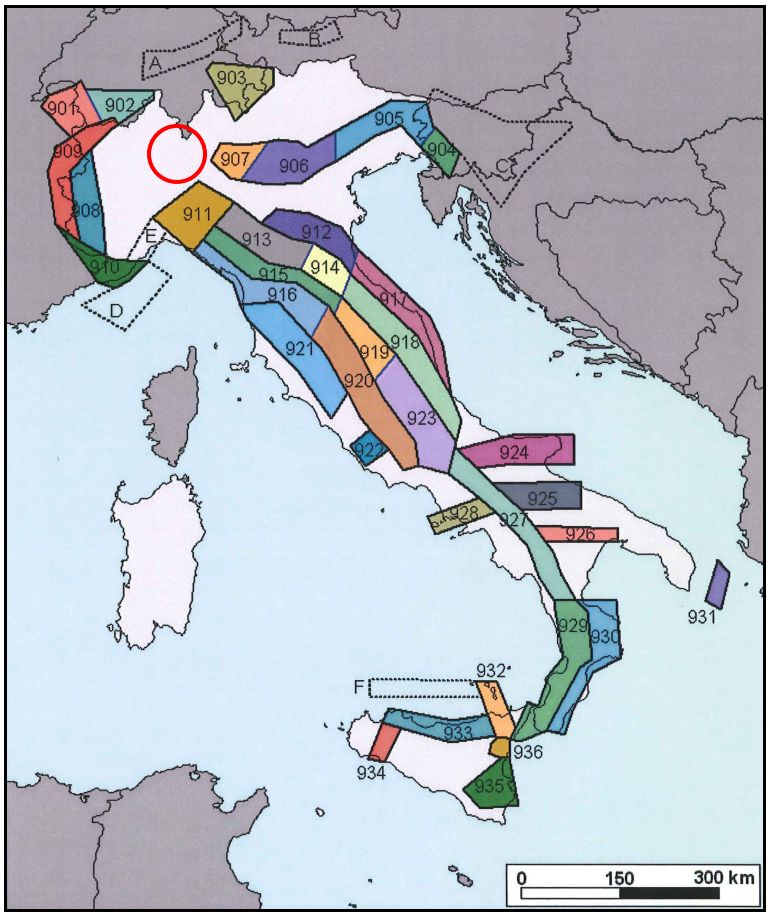


Fig. n. 9.1 - *Zonazione sismogenetica ZS9.*

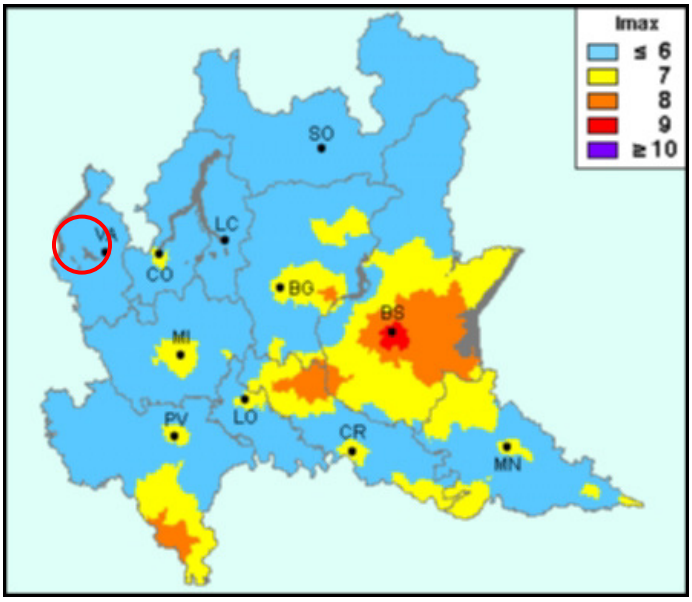


Fig. n. 9.2 – *Carta della massima intensità macrosismica attesa in Lombardia (Molinet et al., 1996).*

Nelle seguenti tabelle si riportano a titolo esemplificativo i risultati ottenuti dalla ricerca effettuata nel catalogo DBMI15 relativa alle osservazioni macrosismiche per i Comuni di Bardello, Gavirate e Varese (*Tab. n. 9.1*).

Comune	Intensità	Anno Mese Giorno Ora Minuto Secondo	Area Epicentrale	Intensità epicentrale	Magnitudo momento
Bardello	3-4	1993 06 14 12 28 36.10	Val d'Ossola	5-6	4,34
	3-4	2000 08 21 17 14	Monferrato	6	4,94
Gavirate	4	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	9	6,27
	3-4	1894 11 27 05 07	Bresciano	6	4,89
	2	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	10	6,53
	3-4	1993 06 14 12 28 36.10	Val d'Ossola	5-6	4,34
	3	2008 12 23 15 24 21.77	Parmense	6-7	5,36
Varese	3	1695 02 25 05 30	Asolano	10	6,4
	3	1743 02 20	Ionio settentrionale	9	6,68
	NF	1884 09 12 07 23	Pianura lombarda	6	4,7
	4	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	9	6,27
	4	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Illasi	8-9	5,87
	5	1894 11 27 05 07	Bresciano	6	4,89
	4	1901 10 30 14 49 58.00	Garda occidentale	7-8	5,44
	3	1905 04 29 01 46 45.00	Haute-Savoie, Vallorcine	7-8	5,1
	4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5,36
	2	1912 05 31 21 40	Canavese	5-6	4,71
	5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5,63
	4	1918 04 24 14 21	Lecchese	6	4,95
	4	1929 04 19 04 16	Bolognese	6-7	5,13
	4	1929 04 20 01 10	Bolognese	7	5,36
	3	1929 05 11 19 23	Bolognese	6-7	5,29
	4-5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	6-7	5,17
	4	1960 03 23 23 10	Vallese	7	5
	2	1961 11 23 01 12 05.00	Prealpi bergamasche	6-7	4,86
	4	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	5	4,87
	F	1976 05 06 20	Friuli	9-10	6,45
	5	1979 02 09 14 44	Bergamasco	6	4,78
	3	1980 12 23 12 01 06.00	Piacentino	6-7	4,57
	4	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	6-7	5,04
	3	1996 10 15 09 55 59.95	Pianura emiliana	7	5,38
	4	2008 12 23 15 24 21.77	Parmense	6-7	5,36
	3	2011 07 17 18 30 27.31	Pianura lombardo-veneta	5	4,79

Tab. n. 9.1 – *Storia sismica dei Comuni di Bardello, Gavirate e Varese (INGV - DBMI15).*

Nel complesso si evidenzia l'assenza di terremoti di una certa entità localizzati in prossimità del territorio comunale, dimostrando come l'area sia caratterizzata da una bassa potenzialità sismica il cui aspetto principale risulta legato agli effetti risentiti, prodotti da terremoti di energia elevata (ML>5) avvenuti in aree epicentrali lontane del territorio in esame. Tale aspetto, infine, è evidenziato anche dall'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica che mette in luce come il contributo maggiore alla pericolosità sia legato ad eventi sismici di

magnitudo compresa tra 5,0 e 5,5 e distanze epicentrali superiori a 65 km (*Fig. n. 9.3*).

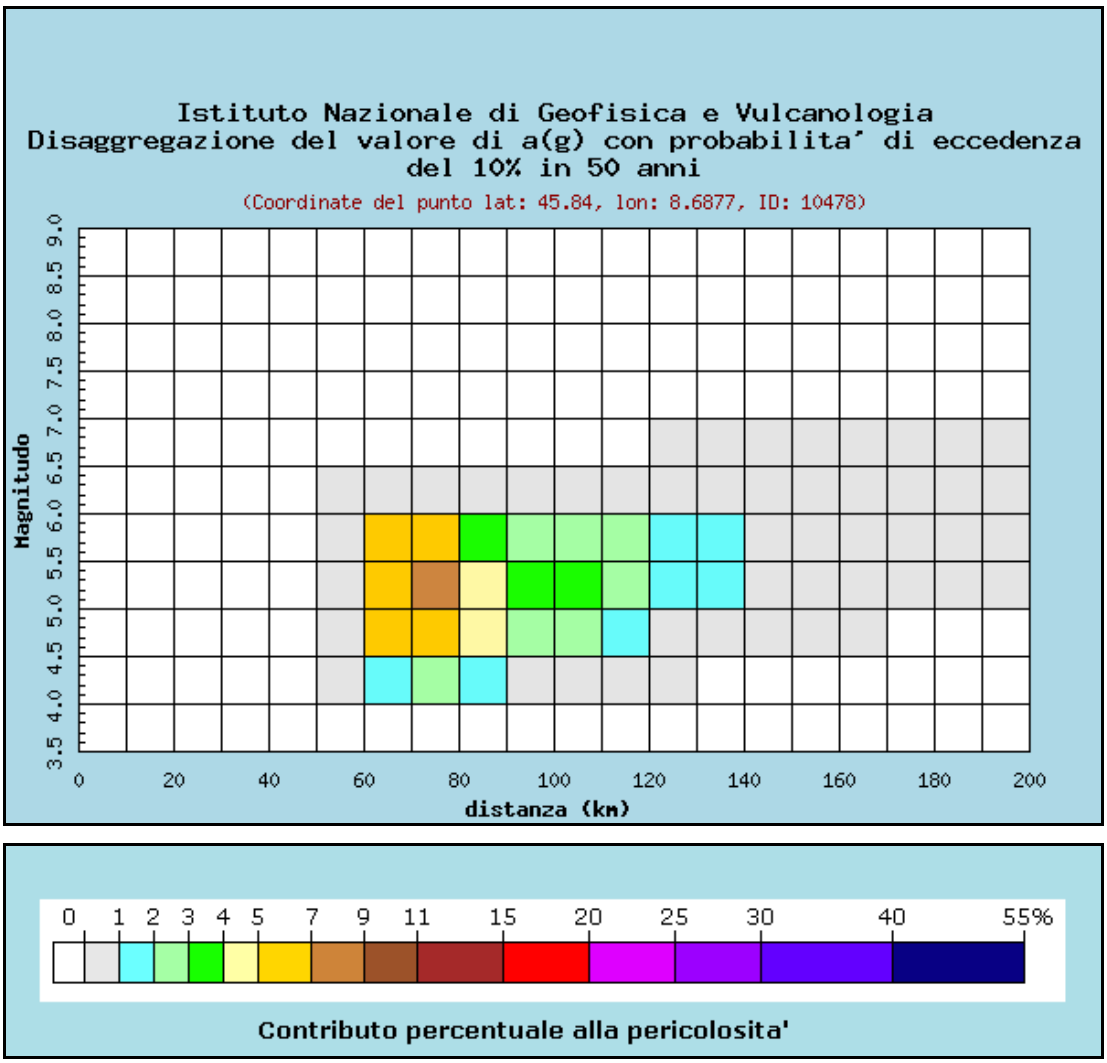


Fig. n. 9.3 – *Disaggregazione della pericolosità sismica (INGV-S1).*

9.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Con D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 la Regione Lombardia ha aggiornato la classificazione del proprio territorio, confermando il Comune di Bardello nella ***zona sismica 4*** (*Fig. n. 9.4*).

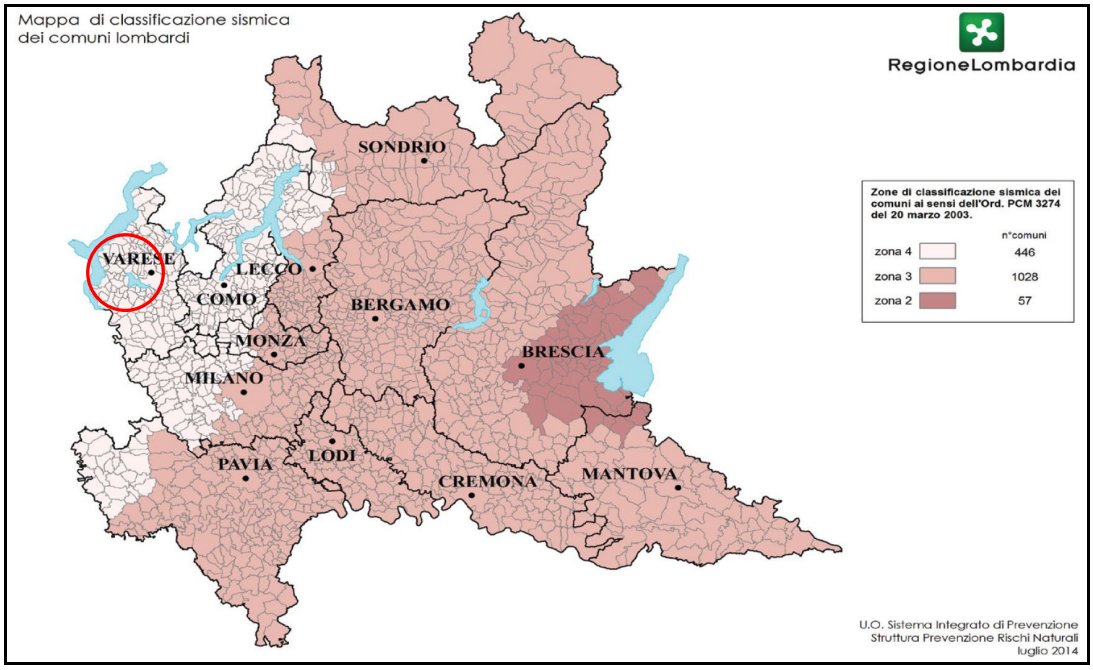


Fig. n. 9.4 – *Classificazione sismica Regione Lombardia (D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014).*

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", è riportata la mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale. In questo elaborato la pericolosità sismica è espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s,30}$ > 800 m/s) e si può osservare (*Fig. n. 9.5*) che il territorio comunale presenta valori di pericolosità sismica compresi tra 0,025 e 0,050 g, corrispondenti ad un grado di pericolosità sismica molto basso.

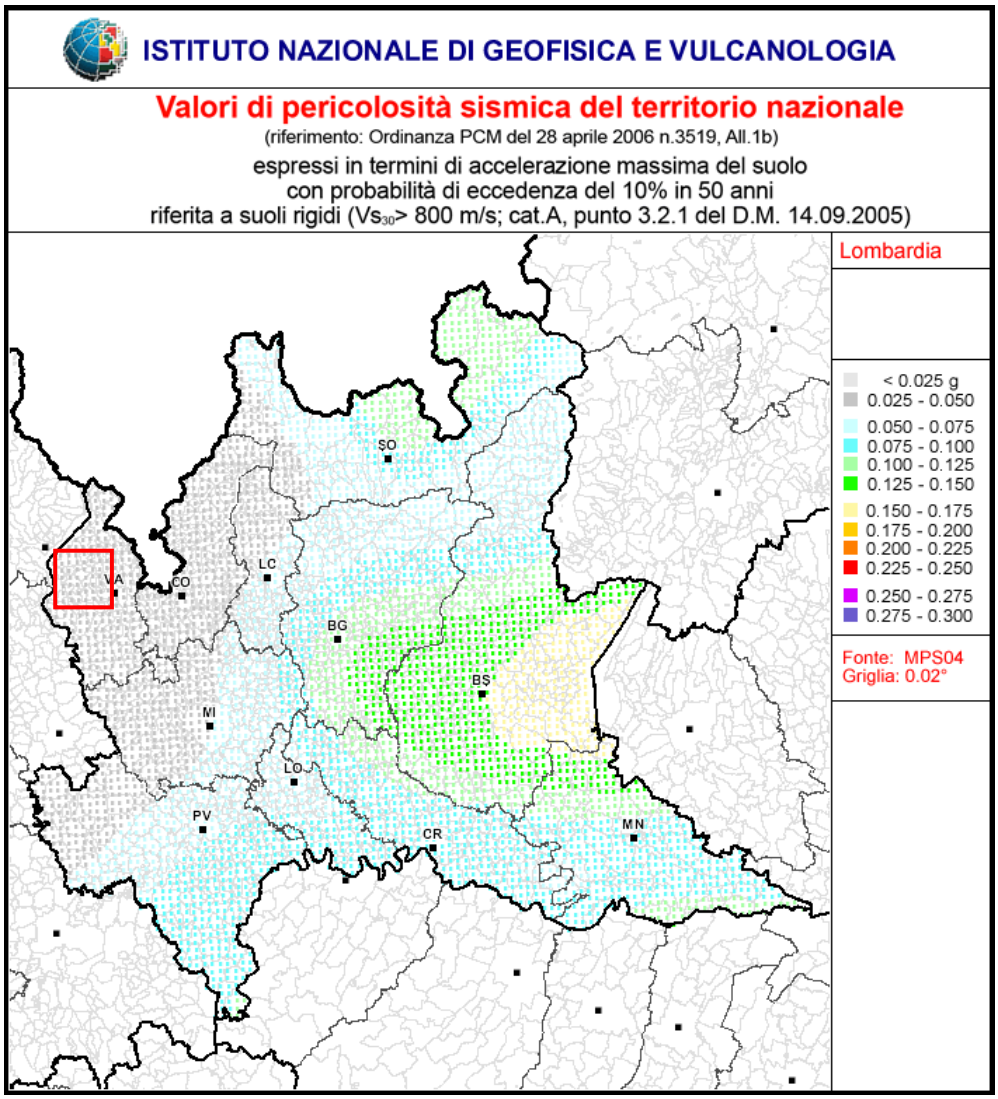


Fig. n. 9.5 - *Valori di pericolosità sismica.*

9.3 ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione delle caratteristiche del terreno presente si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- *effetti di amplificazione topografica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;
- *effetti di amplificazione litologica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e

fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di *versanti in equilibrio precario* (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innesco del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di *aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche* si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di *terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche* si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di *siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo* si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

L'analisi della sismicità locale è stata condotta secondo la metodologia presentata nell'Allegato 5 della D.G.R. n. IX/2616 del 30-11-2011; in particolare è stato realizzato il 1° livello di approfondimento, che consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (*Tab. n. 9.2*) in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

9.4 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)

La perimetrazione delle aree di pericolosità sismica e la descrizione delle stesse è in parte basata sui risultati dello studio geologico comunale del Maggio 2014, alle perimetrazioni sono state apportate alcune modifiche, tra cui la suddivisione della classe Z2 nelle classi Z2a e Z2b (così come previsto nella D.G.R. n. IX/2616/2011), l'aggiunta di alcuni elementi appartenenti alla classe Z3a e la modifica della perimetrazione di un'area Z4b ubicata nella porzione meridionale del comune, al fine di renderla coerente con il perimetro riportato per la stessa area nella carta geologica (cfr. Tav. n. 1 e Tav. n. 6).

La carta della pericolosità sismica locale (*Tav. n. 6*) rappresenta il risultato dell'analisi di 1° livello che consiste in un approccio di tipo qualitativo, propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; si tratta di un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili sulla base di osservazioni geologiche e della raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la

cartografia geologica e dei dissesti (dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento).

Lo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del precedente P.G.T. del Comune di Bardello (Dott. Geol. Rossi, maggio 2014) comprende la carta della pericolosità sismica locale nella quale vengono individuate le aree passibili di amplificazione sismica distinte in base alle diverse situazioni tipo così come prescritto dalla D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008.

L'emanazione da parte di Regione Lombardia di nuovi criteri per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011) ha introdotto un aggiornamento degli scenari di pericolosità sismica relativamente alle aree potenzialmente soggette ad effetti di cedimenti e liquefazioni (*Tab. n. 9.2*).

Sigla	*SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE*	*EFFETTI*
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	*Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)*	*Cedimenti*
Z2b	*Zone con depositi granulari fini saturi*	*Liquefazioni*
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	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

***Tab. n. 9.2** – Scenari di pericolosità sismica locale (estratto da All. n. 5 D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011).*

Nel territorio comunale di Bardello erano state individuate aree potenzialmente soggette a effetti di cedimento e/o liquefazione, pertanto si rendono necessarie modifiche della cartografia conseguenti all'aggiornamento delle linee guida regionali, tali modifiche sono legate essenzialmente alla denominazione dell'ambito di pericolosità sismica locale e non producono variazioni alla normativa vigente.

Le aree precedentemente classificate come:

- *Z2 – aree caratterizzate da terreni di fondazione scadenti*

Vengono ora definite:

- Z2a - Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc.)
- *Z2b – Aree con depositi granulari fini saturi.*

In seguito ad un evento sismico le aree Z2a sono potenzialmente soggette a cedimenti, mentre le aree Z2b sono potenzialmente interessate da fenomeni di liquefazione.

Le aree di pericolosità sismica locale (PSL) riconosciute nell'ambito del territorio comunale, sono le seguenti:

Z2a) Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti: le zone di riporto antropico al confine Nord del territorio comunale e presso il confine Sud potrebbero essere costituite da inerti o materiale con caratteristiche non note o con addensamento non omogeneo, e potrebbero quindi dare luogo a cedimenti differenziali.

Z2b) Zone con depositi granulari fini saturi: le aree lacustri e perilacustri del Laghetto di Biandronno e le aree legate alla dinamica glaciolacustre nella valle del Fosso della Peschiera sono caratterizzate da sequenze di sabbie fini, limi e torbe con spessore anche elevato, caratterizzati da scarso grado di addensamento, particolarmente sul versante del laghetto. La presenza di limi e sabbie fini sciolte e l'esistenza di una falda idrica avente livello piezometrico al massimo a 2 m dal piano

campagna, pongono le condizioni per il possibile innesco di fenomeni di liquefazione in condizioni di eccitazione sismica, mentre in corrispondenza di livelli sabbioso-ghiaiosi sciolti si possono verificare fenomeni di addensamento.

Z3a) Zone di ciglio: sono evidenziate sulla cartografia da un elemento lineare che mette in risalto l'orlo delle scarpate principali, aventi altezza superiore a 10 m e inclinazione superiore a 10°: sono localizzate in corrispondenza della sommità delle aree di versante lungo il confine Sud-Occidentale del comune, in un'area vicina al confine con Besozzo a Nord-Ovest del centro abitato, in un settore a Nord del Lago di Biandronno e lungo le sponde del Fiume Bardello e del Lago di Varese.

Z3b) Zone di cresta e/o cocuzzolo: anch'esse evidenziate sulla cartografia da un elemento lineare che mette in risalto le linee di cresta principali (arrotondate e appuntite) ed i cocuzzoli, ubicati in corrispondenza dei rilievi in roccia modellati dai ghiacciai e dei cordoni morenici.

Z4b) Zone pedemontane di falda di detrito:

A tali zone sono stati attribuiti ridotti ambiti territoriali caratterizzati dalla presenza in superficie di depositi di conoide di deiezione allo sbocco di impluvi impostati entro i corpi morenici; sono state incluse anche falde di detrito costituito da diamicton rimaneggiato.

Z4c) Zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi:

A tale zona sono ricondotte le aree caratterizzate da morfologie moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi, comprese le coltri loessiche, con spessore superiore da 1,5 a >20 m.

PARTE 2 - NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

10 NORMATIVA SISMICA

10.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E ASSEVERAZIONI SISMICHE

Su tutto il territorio comunale gli interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione edilizia, di restauro e risanamento conservativo e di manutenzione ordinaria/straordinaria (art. 27 comma 1 della L.R. n. 12 dell'11/03/2005 "*Legge per il Governo del Territorio*") dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 14/01/2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*". Tale decreto indica che per qualsiasi opera/intervento interagente con i terreni e le rocce deve essere prevista la caratterizzazione geologica e la modellazione geotecnica dei terreni ottenuta per mezzo di studi, rilievi, indagini e prove commisurate all'importanza ed estensione dell'opera in progetto e alle conseguenze che gli interventi possono produrre sull'ambiente circostante, con lo scopo di valutare la fattibilità delle opere e garantirne la stabilità e la sicurezza. Pertanto esse dovranno comprendere:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione;
- definizione della categoria del suolo di fondazione e dello spettro di risposta elastico di progetto.

La scelta della metodologia di indagine dovrà essere commisurata all'importanza dell'opera e in ogni caso dovrà essere adeguatamente motivata. A tale proposito, in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, il D.M. 14/01/2008 suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso (*Tab. n. 10.1*).

Classe d'Uso	***Descrizione***
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. n. 10.1 – *Classi d'uso degli edifici secondo il D.M. 14/01/2008.*

In ottemperanza alla D.G.R. n. X/5001 del 30 marzo 2016 gli interventi di cui all'art. 5 della L.R. 33/2015, relativi ad opere pubbliche o private localizzate nelle zone 3 e 4 (come nel caso del Comune di Bardello), comprese le varianti in corso d'opera (così come definite al Punto 3 dell'Allegato B alla D.G.R. n. X/5001/2016), sono soggetti alle procedure di deposito previste dagli artt. 6 e 7 della stessa legge

regionale, per le finalità di denuncia dei lavori e presentazione dei progetti di costruzioni in zone sismiche, previste dall'art. 93 del D.P.R. 380/2001.

Il deposito si effettua con la presentazione allo Sportello Unico per l'Edilizia (SUE) competente, prima dell'avvio dei lavori, della documentazione prevista dall'Allegato E della D.G.R. n. X/5001/2016, utilizzando il Modulo 2 allegato alla D.G.R. medesima. Nel caso in cui l'intervento ricada nei confini amministrativi di più Comuni, il deposito può essere effettuato indifferentemente presso uno degli SUE competenti.

Alle relazioni geologiche e geotecniche contenute nella documentazione da depositare dovranno essere allegati rispettivamente i moduli di asseverazione n. 9 (dichiarazione/asseverazione del geologo, che dichiara la congruità della relazione geologica ai requisiti richiesti dal punto 6.2.1 delle N.T.C. D.M. 14/01/08 e/o dalla D.G.R. n. IX/2616/2011) e n. 10 (dichiarazione/asseverazione dell'estensore della relazione geotecnica, che dichiara la congruità dei contenuti della relazione ai con i requisiti richiesti dal punto 6.2.2 delle N.T.C. D.M. 14/01/08) contenuti nella D.G.R. sopra citata.

Per i dettagli sulle procedure di deposito della documentazione si rimanda all'Allegato B della D.G.R. n. X/5001 del 30 marzo 2016.

10.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO SISMICO

L'analisi della sismicità locale è stata condotta secondo la metodologia presentata nell'Allegato 5 della D.G.R. n. IX/2616 del 30-11-2011.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

1° livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica

locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (*Tab. n. 9.2*) in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

2° livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dalla Regione). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore. Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

3° livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

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

- non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico/meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzione a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali.

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

Nella seguente tabella si sintetizzano gli adempimenti e le tempistiche in funzione della zona sismica e dello scenario di pericolosità sismica.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Tab. n. 10.2 – *Sintesi di adempimenti e le tempistiche (estratto da D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011).*

Si sottolinea che nel caso di sovrapposizione tra zone a pericolosità sismica locale Z3 e Z4 dovranno essere verificati i fattori di amplificazione secondo entrambe le tipologie di effetto.

Nei settori suscettibili di amplificazione sismica locale evidenziati sulla cartografia allegata (*Tav. n. 6)*, per le opere e gli edifici strategici e rilevanti, così come definiti nel D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904 (opere il cui uso prevede affollamenti significativi, edifici industriali con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali), la documentazione di progetto dovrà comprendere la definizione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi secondo le procedure previste dai successivi livelli di approfondimento:

- *livello 2* dell'All. 5 della D.G.R. IX/2616: caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (fattore di amplificazione) nel caso di aree suscettibili di amplificazioni di tipo morfologico e litologico (Z3 e Z4). Qualora il fattore di amplificazione calcolato risulti superiore al valore di soglia comunale fornito dalla Regione Lombardia (*Tab. n. 10.2*) la normativa nazionale risulta

insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale: si dovrà quindi procedere alle indagini ed agli approfondimenti di *3° livello* o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

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

➢ *livello 3* dell'All. 5 della D.G.R. n. IX/2616: caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi, nel caso di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (Z1 e Z2).

I valori soglia che determinano situazioni per le quali la Normativa Nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione locale sono riportati nella seguente tabella (*Tab. n. 10.3*).

	Categoria di suolo di fondazione			
Intervallo	***B***	***C***	***D***	***E***
0,1 – 0,5 s	1,4	1,9	2,2	2,0
0,5 – 1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

Tab. n. 10.3 *– Fattore di amplificazione di soglia per il Comune di Bardello.*

Pertanto gli studi relativi a queste opere dovranno comprendere, in funzione del livello di approfondimento richiesto, le seguenti azioni:

- realizzazione di indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione (natura litologica, parametri di resistenza e deformabilità) spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni dell'opera da realizzare;

- realizzazione di indagini geofisiche per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità al di sotto del prescelto piano di posa delle fondazioni;
- definizione del modulo di taglio G e del fattore di smorzamento D dei terreni di ciascuna unità geotecnica individuata e delle relative curve di decadimento al progredire della deformazione di taglio;
- definizione del modello geologico – geotecnico di sottosuolo a mezzo di un congruo numero di sezioni geologico – geotecniche atte a definire compiutamente l'assetto morfologico superficiale, l'andamento dei limiti tra i diversi corpi geologici sepolti, i loro parametri geotecnici, l'assetto idrogeologico e l'andamento della superficie piezometrica;
- definizione dello spettro di risposta elastico al sito;
- esecuzione di analisi di stabilità del complesso opere/pendio nelle condizioni finali di progetto comprensive delle azioni sismiche di progetto determinate ai sensi del D.M. 14/01/2008, in corrispondenza degli *ambiti suscettibili di amplificazione sismica locale Z1 e Z3*.

11 VINCOLI

La carta dei vincoli (*Tav. n. 7*) è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000; vi sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico con particolare riferimento a:

- Vincoli di polizia idraulica ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni;
- Geositi.

Sul territorio del Comune di Bardello non risultano presenti vincoli riguardanti:

- Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89;
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;
- Vincoli derivanti dal PTR.

Nei paragrafi successivi vengono descritti i vincoli di tipo geologico riconosciuti nel territorio comunale.

11.1 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Nella Carta dei vincoli (Tav. n. 7) sono state riportate le fasce di rispetto (estese fino a 10 m dal ciglio spondale) individuate nell'aggiornamento dello studio del reticolo comunale (in corso di redazione da parte di Studio Congeo), al quale si rimanda per la descrizione dettagliata della normativa di polizia idraulica.

In base alle informazioni fornite dal comune, il precedente studio del reticolo idrico (redatto dallo Studio di Ingegneria dell'Ing. Bai di Gavirate, dallo Studio Tecnico Associato di Geologia di Gazzada Schianno e dallo Studio Tecnico Forestale di Milano nel 2008 per conto della Comunità Montana della Valcuvia) non è mai entrato in vigore quindi, fino all'espressione del parere positivo sull'aggiornamento dello studio del reticolo idrico da parte della Sede territoriale regionale competente ed al suo recepimento mediante variante urbanistica, sulle acque pubbliche,

così come definite dalla legge 5 gennaio 1994 n. 36, e relativo regolamento, sono validi i vincoli disposti dall'art. 96, lettera f) del Regio Decreto 25 luglio 1904 n. 523 e in particolare il **divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 10 metri dal ciglio di sponda o dal piede esterno dell'argine (se esistente).**

11.2 GEOSITI

L'elenco dei geositi della Regione Lombardia (All. n. 14 della D.G.R. n. IX/2616/11) inserisce il Lago di Biandronno nei geositi di interesse geografico.

I geositi di prevalente interesse geografico (Art. 22, comma 3 della normativa del Piano Paesaggistico Regionale) sono oggetto di attenta e specifica salvaguardia al fine di preservarne la specifica conformazione e connotazione. Sono pertanto da escludersi tutti gli interventi che possano alterarne o comprometterne l'integrità e la riconoscibilità causando sbancamenti o movimenti di terra che modificano in modo permanente l'assetto geomorfologico, nonché l'introduzione di elementi di interferenza visuale e la cancellazione dei caratteri specifici; le province e i parchi promuovono la valorizzazione museale e/o didattica dei siti suddetti, anche tramite la proposta di geoparchi, in sinergia con la definizione delle reti di percorsi e di itinerari di fruizione paesaggistica del proprio territorio.

La perimetrazione indicativa del geosito (ottenuta dal Geoportale della Regione Lombardia) è stata riportata nella Tavola n. 7.

12 SINTESI

12.1 INTRODUZIONE

La carta di sintesi (*Tav n. 8*), redatta in scala 1:5.000, rappresenta il risultato della precedente fase di analisi e permette la visualizzazione degli elementi più significativi emersi dallo studio.

Tale documento, in conformità alle specifiche tecniche di cui alla D.G.R. n. IX/2616 del 30-11-11, in attuazione della L.R. 12/05, alle linee guida metodologiche ed alle indicazioni classificative ivi contenute, è stato elaborato attraverso la sovrapposizione dei singoli tematismi considerati, che sono parsi i più idonei per descrivere compiutamente le caratteristiche del territorio comunale. Gli elementi geo-ambientali riportati nella cartografia di dettaglio sono stati raggruppati secondo tematiche simili tenendo conto dei fattori prevalenti, sia in senso qualitativo che quantitativo, al fine di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio.

La carta di sintesi riporta una zonizzazione del territorio comunale, che consente di visualizzare la pericolosità geologica intrinseca dei vari settori e di tradurla successivamente in termini d'idoneità all'utilizzazione urbanistica.

12.2 DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI DI SINTESI

A - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Le aree appartenenti a questa tipologia comprendono i settori caratterizzati da erosione accelerate e le zone con elevata acclività.

A.1 - Aree in erosione accelerata: si tratta di un'area ubicata in un impluvio in corrispondenza del confine Sud-occidentale del comune dove, in corrispondenza di eventi meteorici intensi, le acque convogliate nell'impluvio possono dare luogo processi erosivi e colate di fango.

A.2 - Aree acclivi: in questa categoria sono inserite alcune aree di versante presenti sul territorio comunale caratterizzate da acclività media/elevata.

B - Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Ricadono in queste classi di sintesi le aree con una bassa soggiacenza della falda o con presenza di diffuse emergenze idriche.

B.1 – Aree con emergenze idriche diffuse: queste aree corrispondono al Laghetto di Biandronno, che costituisce una vasta area palustre, e ad una zona di versante ubicata a Nord della S.P. 35, dove sono diffusi fenomeni di emergenza idrica, con la formazione di rivoli d'acqua che defluiscono per alcuni metri e vengono poi riassorbiti dal terreno.

B.2 – Aree a bassa soggiacenza della falda: comprende le zone adiacenti al Lago di Varese, al Laghetto di Biandronno e un settore pianeggiante all'interno della valle del Fosso della Peschiera, dove è presumibile la presenza di una falda superficiale ubicata a bassa profondità.

C - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Le aree in queste classi di sintesi sono potenzialmente interessabili da fenomeni di esondazione.

C.1 – Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici: quest'area si trova in corrispondenza di un tratto del Fosso della Peschiera al confine con il Comune di Besozzo ed è potenzialmente interessabile da moderati fenomeni di esondazione del torrente durante i fenomeni meteorici più intensi.

C.2 – Aree soggette ad esondazioni lacuali: la fascia di esondazione del Lago di Varese è costituita dalla zona prospiciente il lago posta ad una quota inferiore a m 240 s.l.m., considerata la massima quota di esondazione in base alle misurazioni del livello del lago effettuate dal Consorzio del Fiume Bardello (misurazione del 02/12/2002).

D - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

In questa categoria sono state inserite le aree di ristagno, le aree con riporti di materiale e le zone in cui sono presenti terreni saturi per la bassa soggiacenza della falda.

D.1 – Aree di possibile ristagno, torbose e paludose: ricadono in questa categoria un'area ubicata a Sud-Est del campo sportivo e una zona al confine con il Comune di Besozzo, dove è stata verificata la presenza di fenomeni di ristagno.

D.2 - aree con riporti di materiale: questa classe comprende due aree di dimensioni estese (una ubicata al confine con Besozzo, l'altra posizionata a Nord-Ovest del Laghetto di Biandronno) dove sono presenti riporti con caratteristiche non note, che potrebbero avere addensamento non omogeneo e potrebbero dare luogo a fenomeni di cedimento differenziale.

D.3 - Depositi sabbiosi e limosi di origine glaciale/glaciolacustre con falda a bassa soggiacenza: cosrrispondono alle aree adiacenti al Laghetto di Biandronno, al Lago di Varese e all'area pianeggiante della valle del Fosso della Peschiera al confine con Besozzo; è inoltre inserita in questa classe l'area di versante a Nord della S.P. 35 dove sono state registrate emergenze idriche. In queste aree i terreni potrebbero avere caratteristiche geotecniche scadenti a causa della presenza di materiali sabbioso-limosi con falda prossima al piano campagna.

D.4 - Depositi lacustri e palustri con torbe e sedimenti fini saturi: l'area del Laghetto di Biandronno e le sponde del Lago di Varese sono interessate dalla presenza di materiali fini saturi d'acqua con caratteristiche geotecniche scadenti

E - Altre aree

E.1 – Aree prive di fenomeni geologici rilevanti: La maggior parte del territorio comunale rientra in questa classe. Queste aree comprendono i settori pianeggianti su cui sorge parte del centro abitato, una zona nel settore Sud-Orientale del comune dove è probabile la

presenza del substrato lapideo a bassa profondità, e le aree pianeggianti o con versanti a debole pendenza posizionate nella porzione occidentale del comune. In queste zone non sono stati registrati fenomeni geologici di rilievo.

13 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

13.1 PREMESSA

Il territorio comunale è stato suddiviso in classi di fattibilità geologica in base alla valutazione incrociata dei fattori di maggior incidenza sulle modificazioni del territorio e dell'ambiente (riportati nelle carte tematiche) e rappresenta la diretta conseguenza della carta di sintesi, dalla quale sono state ricavate le tematiche e le proposte di perimetrazione.

La carta di fattibilità (*Tav. n. 9*) non è da intendersi come una semplice carta del rischio geologico ma rappresenta una sintesi più applicativa delle problematiche connesse al territorio, unitamente alla situazione urbanistico-ambientale dell'area.

Sulla base delle indicazione formulate dal Servizio Geologico della Regione Lombardia è proposta una classificazione costituita da differenti classi, in ordine alle possibili destinazioni d'uso del territorio; sono zone per le quali sono indicate sia informazioni e cautele generali da adottare per gli interventi, sia gli eventuali studi e le indagini di approfondimento.
In base alle valutazioni effettuate, considerando gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici riconosciuti, il territorio comunale è stato suddiviso in tre classi di fattibilità geologica:

- *classe di fattibilità con modeste limitazioni* (2)*;*
- *classe di fattibilità con consistenti limitazioni* (3)*;*
- *classe di fattibilità con gravi limitazioni* (4)*.*

In generale, per l'attribuzione della classe e sottoclasse di fattibilità è stato seguito il principio della "classe più limitante": ogni area è stata classificata in base alla pericolosità/vulnerabilità di grado più elevato (cfr. carta di sintesi) e a parità di rischio, in base all'elemento o elementi che maggiormente caratterizzano il territorio in esame.

Nelle zone di passaggio tra le differenti classi di fattibilità geologica, sia per i limiti grafici delle basi topografiche utilizzate che per i possibili mutamenti naturali del territorio, dovrà essere prestata particolare attenzione all'intorno dei limiti, considerando l'eventualità che essi possano subire rettifiche negli studi di approfondimento in base ad indagini geologiche specifiche.

Si specifica che nessuna nuova opera o trasformazione del suolo può essere realizzata se non preceduta dagli specifici studi prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti); questi devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa; qualora l'area in esame sia caratterizzata dalla sovrapposizione di più elementi di sintesi (cfr Tav. n. 8 e Cap. n. 12), dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni relative ad ogni singolo ambito di sintesi, tali prescrizioni sono riportate nei paragrafi seguenti.

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

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Nella carta della fattibilità geologica allegata al presente documento sono contenute alcune modifiche rispetto alla carta di fattibilità del precedente studio geologico comunale (Dott. Geol. Rossi, Maggio 2014), le principali vengono riportate di seguito:

- sono state eliminate dalla classe di fattibilità 4 le fasce di rispetto dei corsi d'acqua in quanto la D.G.R. n. IX/2616/2011 prescrive che l'attribuzione della classe di fattibilità per tali aree deve derivare esclusivamente dalle caratteristiche geologiche delle stesse, in quanto le fasce di rispetto del

reticolo idrico principale e minore sono soggette a specifica normativa;

- sono state riperimetrate le aree inserite in classe 3 e 4 lungo le sponde del Lago di Varese e del Lago di Biandronno in funzione della morfologia del terreno;
- sono state inserite in classe 3 alcune aree di versante con acclività media/elevata ubicate in varie parti del territorio comunale;
- sono state inserite in classe 3 due aree di ristagno (una ubicata a Sud-Est del campo sportivo, l'altra al confine con Besozzo);
- è stata inserita in classe 4 un'area con emergenze idriche diffuse ubicata a Nord della S.P. 35, è stata inoltre inserita nella stessa classe l'area potenzialmente esondabile posizionata in corrispondenza del confine con Besozzo;
- è stata inserita in classe 2 un'area precedentemente inserita in classe 1 ubicata a Sud-Est del territorio comunale.

13.2 FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI (CLASSE 2)

In questa classe sono comprese le aree nelle quali sono state riscontrate modeste condizioni limitative alla modifica d'uso dei terreni, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi.

Ricadono in questa classe le aree appartenenti alle seguenti tipologie di pericolosità:

2-E.1: Aree prive di fenomeni geologici rilevanti

Questa sottoclasse comprende i settori pianeggianti su cui sorge parte del centro abitato, una zona nel settore Sud-Orientale del comune dove è presumibile la presenza del substrato lapideo a bassa profondità, e le aree pianeggianti o con versanti a debole pendenza posizionate nella porzione occidentale del comune.

In questi settori si ritengono ammissibili opere edificatorie preferibilmente di limitata dimensione ed estensione, sia di tipo residenziale che produttivo, in quanto possono inserirsi nel contesto morfologico senza produrre impatti significativi. L'ammissibilità di opere di grande estensione è condizionata ad un esame più approfondito della situazione geomorfologica/idrogeologica locale. Sono inoltre consentite le opere infrastrutturali.

Per tali zone i progetti degli interventi ammessi dovranno prevedere un'indagine geognostica commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento; nelle aree di versante dovrà inoltre essere valutata la stabilità dei versanti e dei fronti di scavo. Parimenti dovranno essere valutati gli aspetti relativi alla vulnerabilità degli acquiferi, in particolare nel settore della valle del Fosso della Peschiera, valutando la compatibilità dell'intervento con lo stato locale di potenziale vulnerabilità, definendo apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Al fine di salvaguardare l'acquifero ogni nuovo progetto dovrà prevedere il recapito delle acque reflue e meteoriche in fognatura; per insediamenti isolati, privi di fognatura comunale, è ammesso lo scarico in corpo idrico superficiale e nel suolo/sottosuolo solo con utilizzo di idoneo sistema di trattamento delle acque reflue quali ad esempio pozzetti degrassatori, vasche imohoff, fosse settiche etc. (D.G.R. 05/04/06 n. 8/2318 "*Norme Tecniche Regionali in materia di trattamento degli scarichi di acque reflue in attuazione dell'art. 3, comma 1 del Regolamento Reg. 2006, n. 3*") e autorizzazione degli Enti competenti.

In generale le opere previste dovranno porre particolare attenzione al rapporto tra opera e versante in relazione al possibile verificarsi di instabilità dei terreni oggetto di modifica morfologica. In linea generale non dovranno essere previsti interventi che favoriscano lo scorrimento non controllato delle acque con conseguente erosione lungo il versante e che impediscano l'assorbimento naturale nel sottosuolo. Si dovrà inoltre porre attenzione alla profondità di riscontro di eventuali acquiferi superficiali.

13.3 FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (CLASSE 3)

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate.

L'utilizzo di queste aree sarà subordinato alla realizzazione di indagini supplementari al fine di accertare la compatibilità degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziali e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.

Le aree a consistenti limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità:

3-A.2: Aree acclivi

All'interno di queste aree dovranno essere previsti indirizzi urbanistici volti alla limitazione del carico insediativo sul territorio (piccola edilizia residenziale e/o produttiva): si tratta infatti di aree che, pur apparendo attualmente stabili, potrebbero potenzialmente dare luogo a fenomeni di dissesto, specialmente in caso di incontrollata modifica dell'assetto morfologico. Sono consentite le opere infrastrutturali.

Preventivamente a qualsiasi intervento si dovrà predisporre una specifica *relazione geologica che definisca nel dettaglio, attraverso rilievi e prove in sito e/o di laboratorio, le locali caratteristiche stratigrafiche, i processi geomorfologici agenti e le proprietà dei materiali in modo da valutare puntualmente le condizioni di stabilità naturale e in relazione all'opera da realizzarsi*; dovrà inoltre essere valutata la stabilità dei versanti e dei fronti di scavo. Particolari attenzioni dovranno inoltre essere poste al controllo delle acque superficiali, al fine di evitare fenomeni di ruscellamento incontrollato che potrebbero condurre al deterioramento delle condizioni di stabilità delle aree limitrofe.

3-B.2: Aree a bassa soggiacenza della falda

Per le aree ricadenti in questa classe di sintesi dovranno essere previsti indirizzi urbanistici volti alla tutela della risorse idrica con

limitazione del carico insediativo. Al fine di salvaguardare l'acquifero ogni nuovo progetto dovrà prevedere il recapito delle acque reflue e meteoriche in fognatura; per insediamenti isolati, privi di fognatura comunale, dovranno essere progettati idonei sistemi di trattamento e smaltimento delle acque che permettano di salvaguardare la risorsa idrica.

Nelle zone della valle del Fosso della Peschiera e nella zona adiacente al Lago di Biandronno, vista la presenza rispettivamente di un'area di ricarica degli acquiferi e di un geosito si ritengono incompatibili con lo stato dei luoghi le attività industriali, attività artigianali che possano produrre (anche in quantità modesta) reflui di lavorazione, zootecnia industriale, agricoltura intensiva e interventi di impermeabilizzazione su vaste aree; sono vietate inoltre attività potenzialmente pericolose per la contaminazione delle acque superficiali quali ad esempio lo stoccaggio di prodotti chimici o di carburanti non gassosi (es. gasolio), anche per consumo privato.

Gli interventi dovranno essere supportati da un'apposita *relazione geologica-idrogeologica che accerti la compatibilità con lo stato locale di vulnerabilità dell'acquifero* e fornisca apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi. Gli interventi edificatori dovranno inoltre considerare, attraverso adeguati studi, l'interazione con la circolazione idrica sotterranea e lo smaltimento delle acque meteoriche e reflue attraverso sistemi di riduzione della contaminazione; dovrà inoltre essere rispettato quanto previsto dal D.M. 14.01.2008.

3-D.1: Aree di possibile ristagno, torbose e paludose

3-D.2: Aree con riporti di materiale

3-D.3: Depositi sabbiosi e limosi di origine glaciale/glaciolacustre con falda a bassa soggiacenza

3-D.4: Depositi lacustri e palustri con torbe e sedimenti fini saturi

Per le aree comprese nelle unità di sintesi D.1, D.2, D.3 e D.4 si dovrà procedere in caso di interventi urbanistici (opere edificatorie, di ristrutturazione ed ampliamento, infrastrutturali, etc.) alla realizzazione

di una relazione geotecnica supportata da indagini geognostiche di dettaglio commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento, in base a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "*Norme Tecniche per le costruzioni*", per l'individuazione dei parametri geotecnici/geomeccanici fondamentali con le opportune verifiche di portanza corredate, per le aree in pendio, da una verifica di stabilità del versante. Tale studio dovrà inoltre prendere in considerazione gli aspetti idrologici, idrogeologici (livello di falda e vulnerabilità) e geomorfologici (scorrimento acque superficiali e sotterranee, fenomeni geomorfologici attivi).

13.4 FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI (CLASSE 4)

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

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

Le aree a gravi limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità:

4-A.1 : Aree in erosione accelerata

In queste aree dovranno essere realizzati rilievi di dettaglio per la valutazione della dinamica geomorfologica agente sul pendio, indagini (prove in sito e/o di laboratorio) per la caratterizzazione stratigrafica dei terreni e per la valutazione delle loro caratteristiche meccaniche, al fine di valutare le condizioni di stabilità. I risultati delle indagini rappresentano la base per la progettazione delle opere di difesa e per le eventuali strutture di pubblico interesse.

Per la sistemazione delle aree in cui si sono verificati fenomeni di instabilità o per tutte quelle aree degradate o potenzialmente evolvibili in processi franosi, si consiglia l'utilizzo di interventi con tecniche di ingegneria naturalistica.

4-B.1 : Aree con emergenze idriche diffuse

In queste aree sono auspicabili interventi volti alla tutela della qualità delle acque.

4-C.1 : Aree potenzialmente inondabili individuate con criterio geomorfologico

In queste aree dovrà essere eseguito uno studio di compatibilità idraulica nel caso sia prevista la realizzazione di uno o più interventi ammessi per la classe di fattibilità 4.

4-C.2: Aree soggette ad esondazioni lacuali

Si tratta dell'area soggetta ad esondazione del Lago di Varese; questo settore è inoltre caratterizzato da elevata vulnerabilità dell'acquifero e da scadenti caratteristiche geotecniche.

Per le opere ammesse in classe di fattibilità 4 dovranno essere chiaramente indicate, mediante uno specifico *studio di compatibilità idraulica*, le quote di inondabilità in relazione alla piena di riferimento e le possibili interazione tra l'intervento ed il deflusso delle acque di piena, indicando le metodologie per la messa in sicurezza delle opere previste. Dovranno essere eseguite specifiche e puntuali indagini atte ad accertare

le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta delle fondazioni e uno studio *geologico-idrogeologico che accerti la compatibilità con lo stato locale di vulnerabilità dell'acquifero*.

14 GESTIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI, SOTTERRANEE E DI SCARICO

14.1 GESTIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

La gestione delle acque superficiali e sotterranee dovrà avere i seguenti obiettivi:

1. Mitigazione del rischio idraulico: secondo quanto previsto dai principi dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, del Piano di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) e dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (art. 26). A livello di pianificazione comunale potranno essere previsti indirizzi pianificatori volti alla riduzione del carico insediativo o all'approfondimento delle conoscenze dei fenomeni di dissesto con conseguente adozione di indirizzi pianificatori coerenti con il livello di rischio e realizzazione di opere di difesa.

2. La riduzione degli apporti di acque meteoriche provenienti dalle superfici già impermeabilizzate o di futura impermeabilizzazione, con differenziazione dei recapiti finali a seconda dello stato qualitativo delle acque, favorendo, ove consentito dalla normativa vigente e dalle condizioni idrogeologiche, lo smaltimento nel sottosuolo (pozzi disperdenti). Tale disciplina non potrà applicarsi in corrispondenza delle aree o attività di cui all'art. 3 del Reg. Reg. n. 4/2006 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003 n. 26", dove vige quanto indicato nel regolamento stesso.
   Al fine di un corretto dimensionamento dei pozzi disperdenti dovrà essere realizzato un idoneo studio idrologico-idraulico che determini le portate delle acque meteoriche da smaltire e le caratteristiche di permeabilità del sottosuolo (tramite apposite indagini geognostiche).

Per le aree produttive non ricomprese nelle tipologie di cui al Reg.Reg. n. 4/06, per i progetti di nuova edificazione e per gli interventi di recupero degli edifici esistenti, si potrà pertanto prevedere la realizzazione di una doppia rete di raccolta con differenziazione delle acque bianche dalle acque nere e la predisposizione di sistemi di volanizzazione delle acque bianche, che consentano la sedimentazione del materiale in sospensione, prima della resa del recapito finale di tali acque nel sottosuolo tramite pozzo disperdente, la cui gestione potrà essere presa in carico dall'attività produttiva stessa o dal Gestore della rete fognaria comunale, qualora esso sia nella possibilità tecnica di gestire una rete di acque bianche.

3. La salvaguardia dell'acquifero, a protezione dei pozzi di approvvigionamento idrico potabile e la pianificazione dell'uso delle acque: dovrà essere favorita la differenziazione dell'utilizzo delle risorse in funzione della valenza ai fini idropotabili e della potenzialità idrica, limitando al fabbisogno potabile in senso stretto l'utilizzo di fonti di pregio e prevedendo l'utilizzo di fonti distinte ed alternative al pubblico acquedotto (es. pozzi autonomi di falda ad uso irriguo, igienico-sanitario, industriale e antincendio, recupero e riutilizzo di acque meteoriche).

Si ricorda inoltre che l'utilizzo di acque pubbliche superficiali e sotterranee è soggetto al preventivo rilascio di provvedimento di concessione da parte della Provincia (Settore Ecologia ed Energia) ai sensi del Regolamento Regionale n. 2 del 24 marzo 2006 e del R.D. n. 1775/1933.

Parimenti la realizzazione di impianti a pompa di calore con sistema "pozzo di presa / pozzo di resa" è soggetta alla preventiva autorizzazione all'escavazione di pozzi ed al rilascio di concessione al prelievo di acque sotterranee da parte della Provincia (Reg. Reg. n. 2 del 24 marzo 2006 e del R.D. n. 1775/1933).

L'installazione di sonde geotermiche è soggetta a preventiva registrazione telematica dell'impianto nel "*Registro Regionale Sonde Geotermiche*" (Reg. Reg. n. 10/2010); qualora la perforazione abbia una profondità superiore a m 150 dovrà inoltre essere ottenuta l'autorizzazione da parte della Provincia.

14.2 GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE

In merito al recapito delle acque reflue, la normativa di riferimento è costituita dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e dai Regolamenti Regionali n. 2, 3 e 4 del 24 marzo 2006; in particolare si evidenzia che:

- tutti gli scarichi (anche i terminali delle condotte separate convoglianti acque meteoriche di dilavamento) devono essere preventivamente autorizzati;
- in tutte le aree urbanizzate (edificate e di nuova edificazione) devono essere presenti o previste adeguate opere di fognatura e collegamento e tutti i fabbricati vi devono essere regolarmente allacciati;
- le condotte per le acque meteoriche di dilavamento delle reti fognarie separate devono essere realizzate in modo da avviare all'impianto di trattamento solo l'aliquota delle acque di pioggia corrispondente ad un apporto di 1 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Al fine di evitare ripercussioni negative di ordine igienico-sanitario dovranno essere evitate situazioni di fabbricati senza allacciamento ai sistemi di collettamento e depurazione, fatti salvi i casi isolati in zone non servite da pubblica fognatura. In queste situazioni gli scarichi dovranno essere regolarmente autorizzati dalla Provincia.

14.3 INVARIANZA IDRAULICA, IDROLOGICA E DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE

Al fine di prevenire e di mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica e ambientale, l'art. 7 della L.R. n. 4 del 15 marzo 2016 ha modificato la L.R. n. 12 del 11 marzo 2005 introducendo i principi di invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile (art. 58 bis della L.R. n. 12/2005), che devono essere recepiti dagli strumenti urbanistici e dai regolamenti edilizi comunali.

Di seguito vengono riportate le definizioni di tali principi:

a) invarianza idraulica: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione;
b) invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate che i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione;
c) drenaggio urbano sostenibile: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

I principi di invarianza idraulica e idrologica si applicano agli interventi edilizi definiti dall'articolo 27, comma 1, lettere a), b) e c) della L.R. n. 12/2005 e a tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione, secondo quanto specificato nel regolamento regionale di cui al comma 5 dell'art. 58 bis della L.R. n. 12/2005. Sono compresi gli

interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e i parcheggi.

Al fine di non aggravare le condizioni di criticità idraulica dei corpi idrici recettori delle acque meteoriche urbane, le trasformazioni dell'uso del suolo comportanti variazioni di permeabilità superficiale devono rispettare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica, anche mediante l'applicazione dei principi e dei metodi del drenaggio urbano sostenibile. Tali principi vanno rispettati anche per le aree già urbanizzate oggetto di interventi edilizi, così come stabiliti nel regolamento di cui al comma 5 dell'art. 58 bis della L.R. n. 12/2005;

Il regolamento edilizio comunale disciplina le modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica secondo i criteri e i metodi stabiliti con il regolamento regionale di cui al comma 5 dell'art. 58 bis della L.R. n. 12/2005; il regolamento edilizio recepisce tali criteri e metodi entro sei mesi dalla pubblicazione del regolamento regionale nel Bollettino ufficiale della Regione Lombardia. Decorso inutilmente il termine di cui al secondo periodo, i comuni sono comunque tenuti a dare applicazione alle disposizioni del regolamento regionale.

15 TUTELA DELLA QUALITÀ DEI SUOLI

15.1 AREE DA SOTTOPORRE A VERIFICA PER LA TUTELA AMBIENTALE DEL TERRITORIO

Sulla base dei contenuti della D.G.R. n. 6/17252 del 1 Agosto 1996 ("*Standard di qualità dei suoli per la bonifica dei terreni contaminati sul territorio lombardo*") le seguenti aree sono da sottoposte a verifica per la tutela ambientale del territorio:

- le discariche incontrollate di rifiuti speciali e/o tossico-nocivi e/o rifiuti solidi urbani e assimilabili;
- le attività industriali dismesse;
- le aree su cui si abbia fondata ragione di ritenere che vi sia un'alterazione della qualità del suolo in seguito a sversamenti o spandimenti incidentali o volontari, ricadute da emissioni in atmosfera o a seguito dell'attività mineraria condotta sull'area.

Per tali aree, l'accertamento delle condizioni di qualità dei suoli e delle acque deve seguire i criteri tecnici dettati dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e pertanto si dovranno prevedere opportune indagini ambientali "preliminari" e/o di "caratterizzazione" e successivamente, nel caso si registrassero superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC), i necessari interventi di bonifica o messa in sicurezza opportunamente progettati e supportati da analisi di rischio.

Sempre secondo il citato decreto, ognuno dei suddetti passaggi tecnico amministrativi necessita di approvazione da parte del Comune che dovrà acquisire parere della Conferenza di Servizi (Regione, Provincia, ARPA).

In particolare, per le attività industriali dismesse, l'accertamento della salubrità del suolo deve essere condotta in previsione del futuro riutilizzo dell'area, sia esso ancora di tipo produttivo/commerciale che di tipo residenziale, facendo riferimento alle rispettive concentrazioni soglia di contaminazione imposte dal decreto.

15.2 SERBATOI INTERRATI

La gestione dei serbatoi interrati è normata dai Regolamenti locali d'igiene a livello comunale e/o dal Regolamento di Igiene tipo della Regione Lombardia e da normative specifiche in base al tipo ed alla modalità di utilizzo del serbatoio stesso.

ARPA Lombardia ha aggiornato nel marzo 2013 le "Linee Guide Serbatoi interrati", nelle quali vengono indicate le prescrizione riguardanti i serbatoi di nuova installazione, i serbatoi interrati esistenti e la dismissione temporanea, definitiva, la rimozione o la messa in sicurezza dei serbatoi non più utilizzati.

15.3 GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

La gestione delle terre e rocce da scavo provenienti da scavi per la movimentazione di terre a qualsiasi scopo (non solo edilizio) dovrà seguire i dettami dell'art. 186 del D.Lgs. 152/06 e successive modificazioni, in particolare D.M. n. 161/2012 e L. n. 98 del 9 agosto 2013: le terre da scavo dovranno essere soggette a verifiche dello stato di salubrità (caratterizzazione mediante analisi chimica) secondo due differenti casistiche:

1. Terre e rocce da scavo provenienti da attività o opere soggette a VIA e/o AIA: l'art. 41 comma 2 della L.98/2013 (legge di conversione del c.d. "Decreto del Fare") definisce che le indicazioni del D.M. n. 161/2012 ("Regolamento recante la disciplina dell'utilizzo delle terre e rocce da scavo") devono applicarsi solo alle attività e opere soggette a Autorizzazione Ambientale Integrata (AIA) o a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA). Il proponente dovrà presentare all'Autorità Competente un Piano di Utilizzo del materiale da scavo conforme ai contenuti dell'Allegato 5 del citato D.M.

2. Terre e rocce da scavo che non provengono da attività o opere soggette a VIA e/o AIA (indipendentemente dal volume di scavo da riutilizzare): l'art. 41bis della L.98/2013 dispone che i materiali da scavo (definiti nell'art. 1, comma 1, lettera b del D.M. 161/2012) sono sottoposti al regime dei sottoprodotti di cui all'art. 184-bis del D.Lgs

152/06 e s.m.i.. Il proponente o il produttore dovrà attestare, mediante dichiarazione resa ad ARPA, il rispetto delle quattro condizioni che consentono di considerare i materiali da scavo quali sottoprodotti e non rifiuti (regime di cui all'articolo 184-bis del D.Lgs 152/2006):

a) che è certa la destinazione all'utilizzo presso uno o più siti o cicli produttivi determinati;

b) che, in caso di destinazione a recuperi, ripristini ambientali, rimodellamenti, riempimenti o altri utilizzi sul suolo, siano rispettate le concentrazioni soglia di contaminazione compatibili con il sito di destinazione e non vi sia pericolo di contaminazione per le acque di falda;

c) che, in caso di destinazione ad un successivo ciclo di produzione, l'utilizzo non comporti rischi per la salute o variazioni qualitative o quantitative delle emissioni rispetto al normale utilizzo delle materie prime;

d) che non è necessario sottoporre i materiali da scavo ad alcun trattamento preventivo fatta eccezione per la normale pratica industriale.