



**COMUNE DI BARZANA**  
Provincia di Bergamo

**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E  
SISMICA**  
*ai sensi dei criteri attuativi dell'art. 57 della l.r.  
12/05*

**RELAZIONE**

*Corrado Reguzzi*



**DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI**

Villa d'Almè, novembre 2008

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
1.1	REPERIMENTO DATI.....	1
	<b>ANALISI TERRITORIALE .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERI METEO-CLIMATICI.....</b>	<b>2</b>
2.1	CLIMA .....	2
2.2	PRECIPITAZIONI .....	2
2.2.1	<i>Precipitazioni da 1 a 5 giorni consecutivi.....</i>	<i>7</i>
2.2.2	<i>Precipitazioni di breve durata e forte intensità.....</i>	<i>8</i>
2.3	TEMPERATURA .....	11
2.4	EVAPOTRASPIRAZIONE .....	13
2.5	VENTI.....	14
<b>3</b>	<b>GEOLOGIA .....</b>	<b>14</b>
3.1	CRITERI DI INDAGINE .....	14
3.2	SUBSTRATO ROCCIOSO .....	15
3.3	DEPOSITI SUPERFICIALI .....	16
3.3.1	<i>Unità ubiquitarie .....</i>	<i>16</i>
	Complesso di Palazzago (Pleistocene medio-sup.).....	16
3.3.2	<i>Bacino dell'Adda .....</i>	<i>17</i>
	Unità di Carvico (Pleistocene medio-sup.).....	17
3.3.3	<i>Bacino del Brembo.....</i>	<i>17</i>
	Complesso di Almenno (Neogene-Pleistocene inf.).....	17
<b>4</b>	<b>ASSETTO STRUTTURALE.....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>ASPETTI PEDOLOGICI.....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERI LITOTECNICI .....</b>	<b>20</b>
6.1	CRITERI DI INDAGINE .....	20
6.2	STRATIGRAFIE DI DETTAGLIO.....	20
6.3	PARAMETRI GEOTECNICI ATTRIBUITI .....	23
<b>7</b>	<b>GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
7.1	FORME, PROCESSI E DEPOSITI .....	24
7.1.1	<i>Forme, processi e depositi legati all'azione delle acque superficiali.....</i>	<i>24</i>
7.1.2	<i>Forme e processi poligenici.....</i>	<i>24</i>
7.1.3	<i>Forme, processi e depositi antropici.....</i>	<i>24</i>
7.2	AMBITI GEOMORFOLOGICI.....	25
7.2.1	<i>Rilievi collinari .....</i>	<i>25</i>
7.2.2	<i>Fascia di raccordo rilievi-pianura.....</i>	<i>25</i>
7.2.3	<i>Pianura .....</i>	<i>25</i>
<b>8</b>	<b>IDROGRAFIA .....</b>	<b>26</b>

8.1	CRITERI DI INDAGINE .....	26
8.2	RETICOLO IDRICO PRINCIPALE.....	27
8.2.1	<i>Torrente Borgogna</i> .....	27
	Caratteri idrologici del torrente Borgogna .....	28
	Aree a potenziale rischio di esondazione .....	31
8.3	RETICOLO IDRICO MINORE .....	31
8.3.1	<i>Torrente Lesina</i> .....	31
	Aree a potenziale rischio di esondazione .....	32
8.3.2	<i>Rio Monte delle Rode</i> .....	33
	Aree a potenziale rischio di esondazione .....	33
8.4	PROBLEMATICHE CONNESSE ALLO SCORRIMENTO SUPERFICIALE DI ACQUA .....	33
8.5	FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO.....	34
8.6	COLLETTAMENTO E DEPURAZIONE.....	35
8.7	QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI .....	35
8.8	ELEMENTI RAPPRESENTATI IN CARTA.....	36
<b>9</b>	<b>IDROGEOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
9.1	CRITERI DI INDAGINE .....	36
9.2	STRUTTURA IDROGEOLOGICA.....	37
9.2.1	<i>Piezometria</i> .....	37
9.2.2	<i>Vulnerabilità dell'acquifero</i> .....	38
9.3	PERMEABILITÀ DEL TERRENO .....	39
9.4	ELEMENTI RAPPRESENTATI IN CARTA .....	40
<b>10</b>	<b>ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO COMUNALE .....</b>	<b>40</b>
10.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE .....	40
10.2	RISPOSTA SISMICA LOCALE - GENERALITÀ.....	41
10.3	CRITERI DI INDAGINE.....	44
10.4	APPLICAZIONE DEL 1° LIVELLO .....	47
10.4.1	<i>Carta di pericolosità sismica locale</i> .....	47
10.5	APPLICAZIONE DEL 2° LIVELLO .....	48
10.5.1	<i>Valutazione delle amplificazioni litologiche</i> .....	49
	Metodologia .....	49
10.5.2	<i>Indagini geofisiche</i> .....	51
	Ubicazione ReMi.....	51
	Metodologia .....	52
	Interpretazione dei dati acquisiti.....	53
	Calcolo delle $V_{s30}$ .....	58
10.5.3	<i>Schede litologiche</i> .....	59
	Zona 1 - a nord della S.P. 175 (incrocio con via Verdi).....	59
	Zona 2 - a nord di via Ca' Fittavoli.....	60
	<b>FASE DI SINTESI .....</b>	<b>63</b>
<b>11</b>	<b>VINCOLI ESISTENTI .....</b>	<b>63</b>

11.1	VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA (AI SENSI DELLA D.G.R. 25/01/2002, N. 7/7868 E D.G.R. 1/08/2003 N. 7/13950).....	63
11.2	QUADRO DEL DISSESTO PAI.....	63
11.3	AMBITO ESTRATTIVO ATE A8 - EX POLO BC3A.....	64
<b>12</b>	<b>SINTESI</b> .....	<b>64</b>
12.1	AREE OMOGENEE .....	64
12.1.1	<i>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti</i> .....	65
12.1.2	<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</i> .....	65
12.1.3	<i>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche ...</i>	66
	<b>FASE DI PROPOSTA</b> .....	<b>67</b>
<b>13</b>	<b>FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO</b> .....	<b>67</b>
13.1	ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ .....	67
<b>14</b>	<b>NORME GEOLOGICHE DI PIANO</b> .....	<b>69</b>
14.1	INDIRIZZI GENERALI.....	69
14.2	PRESCRIZIONI .....	69
14.2.1	<i>Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni</i> .....	69
14.2.2	<i>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti – "V"</i> .....	70
	Classe 2 V - Fattibilità con modeste limitazioni.....	70
	Classe 3 V - Fattibilità con consistenti limitazioni .....	70
	Classe 4 V - Fattibilità con gravi limitazioni .....	71
14.2.3	<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico – "I"</i> .....	71
	Classe 2 I - Fattibilità con modeste limitazioni .....	71
	Classe 3 I - Fattibilità con consistenti limitazioni.....	72
	Classe 4 I - Fattibilità con gravi limitazioni.....	72
14.2.4	<i>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche ...</i>	72
	Classe 3 G - Fattibilità con consistenti limitazioni .....	72
14.3	PRESCRIZIONI IN RELAZIONE ALL'ASPETTO SISMICO .....	73
<b>15</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>74</b>
<b>16</b>	<b>ALLEGATI</b> .....	<b>77</b>

## **1   PREMESSA**

Il presente lavoro, per incarico dell'Amministrazione comunale di Barzana, accorpa i contenuti dell'indagine geologica a supporto della variante generale del Piano Regolatore redatta dallo scrivente nel 2003 ai sensi della l.r. 24 novembre 1997 n. 41 e la integra per adeguare la componente geologica dello strumento urbanistico alla legge regionale 11 marzo 2005 n. 12, relativa al governo del territorio.

Le indagini sono state svolte seguendo quanto disposto dalla Regione Lombardia con d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566; in tale d.g.r. sono contenuti i criteri e gli indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della suddetta l.r. 12/2005, abrogando la l.r. 24 novembre 1997 n. 41.

Gli indirizzi tecnici contenuti nella d.g.r. n. 8/1566 sono stati successivamente aggiornati e integrati dalla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 a seguito dell'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 6 marzo 2008, che sostituisce il precedente D.M. 14 settembre 2005.

### **1.1   Reperimento dati**

La base di supporto e di analisi del territorio è costituita dalla relazione tecnica e dagli elaborati cartografici redatti secondo i criteri della l.r. 41/97, per proseguire con approfondimenti e integrazioni così come previsto dai criteri attuativi della l.r. 12/05.

Per la realizzazione degli elaborati cartografici allegati al presente studio sono state utilizzate le seguenti basi topografiche:

- Carta Tecnica Regionale - foglio C5a1 e C5a2 in scala 1:5.000;
- aerofotogrammetrico comunale alla scala 1:2.000 aggiornato nel 2008.

Dal confronto fra le carte tematiche di base di nuova realizzazione, derivano i documenti di sintesi e, conseguentemente, di fattibilità geologica modificate in funzione delle nuove disposizioni nazionali e regionali vigenti.

## ANALISI TERRITORIALE

### 2 CARATTERI METEO-CLIMATICI

#### 2.1 Clima

Il territorio di Barzana è situato nella fascia pedemontana bergamasca avente un tipo di clima transizionale tra quello temperato continentale della pianura Padana e quello alpino, che influisce particolarmente sulle precipitazioni e sull'umidità dell'aria in estate.

Dal punto di vista fitoclimatico l'ambito considerato appartiene, secondo la classificazione di Pavari, alla zona del "Castanetum", sottozona calda. Ciò è confermato dal fatto che la fascia pedealpina risente dell'influenza mitigatrice dei laghi prealpini.

#### 2.2 Precipitazioni

I dati riguardanti le precipitazioni per il territorio comunale di Barzana sono relativi a due stazioni di rilevamento meteorologico localizzate una nel comune stesso e l'altra in prossimità di esso.

Le stazioni di riferimento sono quelle di Barzana (disattivata negli anni cinquanta) e di Celana (ad oggi ancora attiva).

Di queste due stazioni si riportano i dati relativi alle precipitazioni massime, medie e minime mensili ed annue (fig.1 e fig. 2) e al numero di giorni piovosi (fig. 3 e fig. 4).

Le precipitazioni totali medie superano i 1350 mm/anno mentre la frequenza media dei giorni piovosi è maggiore di 90.

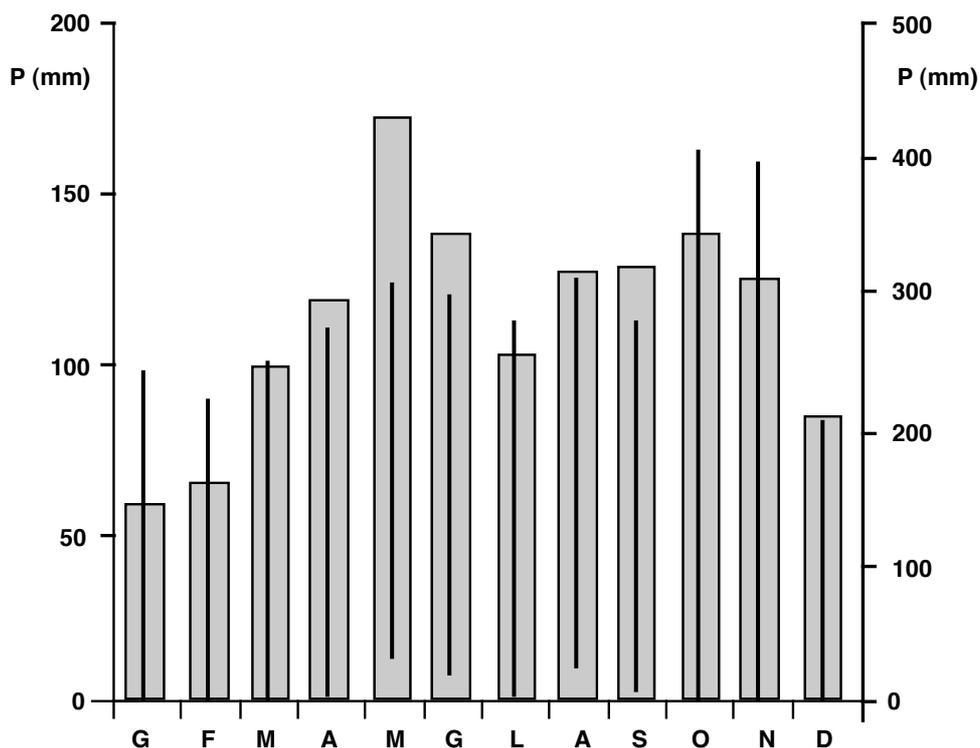
Le precipitazioni si distribuiscono in due periodi di massima piovosità: uno primaverile nei mesi di maggio-giugno ed uno autunnale, meno pronunciato, nei mesi di ottobre-novembre. Apporti piovosi minimi si hanno in inverno (a gennaio),

caratteristica costante di tutta la regione padano-alpina, e in estate, variabile in funzione dell'orografia e rappresentativo della zona prealpina.

Nei grafici ad istogrammi allegati sono stati riportati i valori medi mensili e quelli estremi per evidenziare la fluttuazione degli afflussi in ogni mese.

PRECIPITAZIONI IN mm (1921-1947)

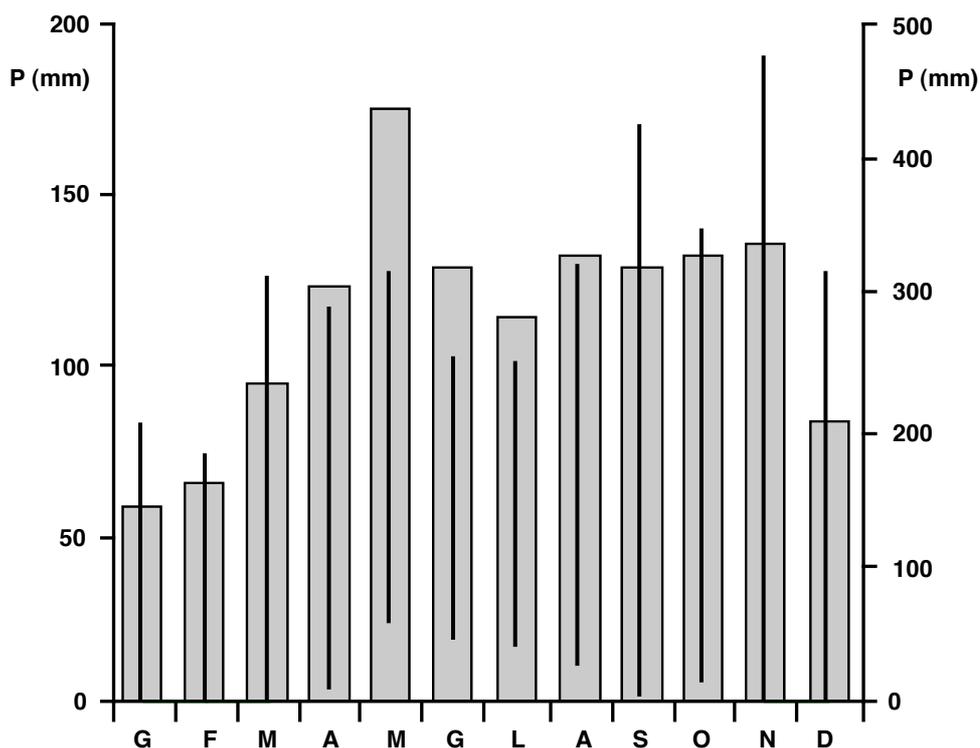
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
<b>MAX</b>	242	221	250	273	307	298	278	312	279	405	396	205	2122
<b>MEDIO</b>	59	66	100	120	173	139	103	128	130	140	126	85	1369
<b>MIN</b>	0	0	2	6	33	20	5	24	7	0	2	0	745



*Fig. 1: Dati relativi alle precipitazioni massime, medie e minime, mensili ed annue, rilevate nella stazione di Barzana*

**PRECIPITAZIONI IN mm (1921-1947)**

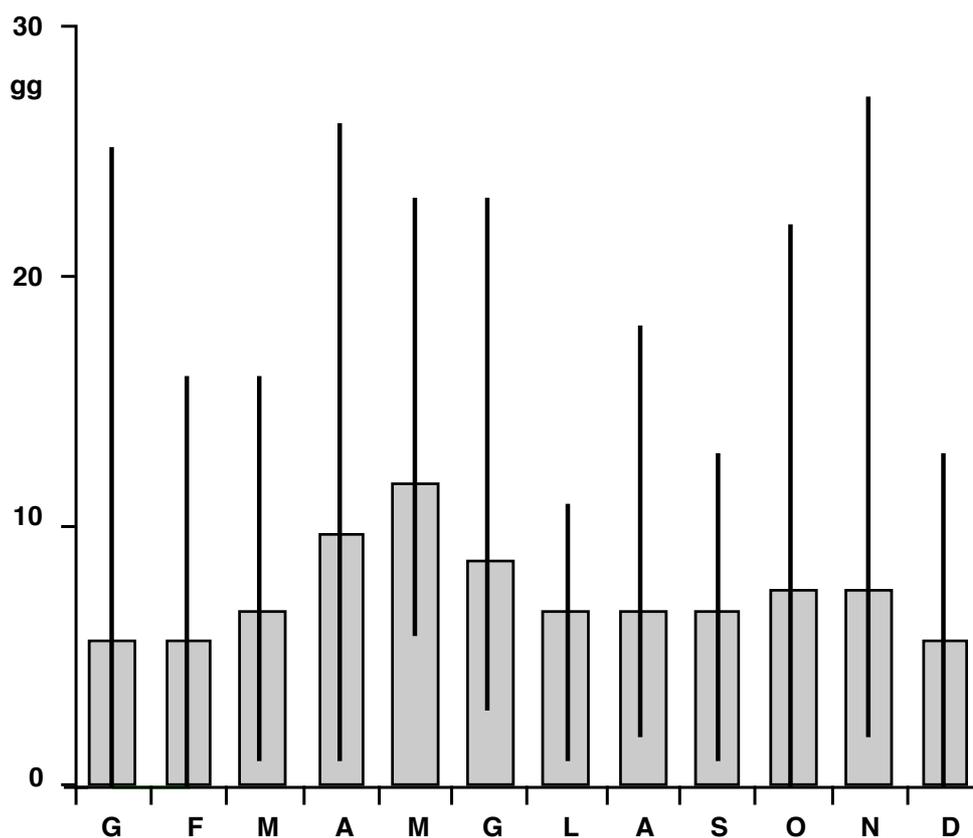
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
<b>MAX</b>	204	183	313	288	316	253	248	322	424	345	471	315	2237
<b>MEDIO</b>	60	67	96	124	176	129	116	133	129	133	137	85	1385
<b>MIN</b>	4	0	0	10	60	47	43	31	7	17	0	0	717



*Fig. 2: Dati relativi alle precipitazioni massime, medie e minime, mensili ed annue rilevate nella stazione di Celana.*

**GIORNI PIOVOSI**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
<b>MAX</b>	25	16	16	26	23	23	11	18	13	22	27	13	164
<b>MEDIO</b>	6	6	7	10	12	9	7	7	7	8	8	6	93
<b>MIN</b>	0	0	1	1	6	3	1	2	1	0	2	0	53



*Fig. 3: Dati relativi ai giorni piovosi rilevati nella stazione di Barzana*

GIORNI PIOVOSI

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
MAX	13	16	17	16	22	17	14	14	13	16	19	16	139
MEDIO	6	6	7	10	13	9	7	7	7	9	8	6	95
MIN	1	0	0	4	6	4	5	3	1	1	0	0	64

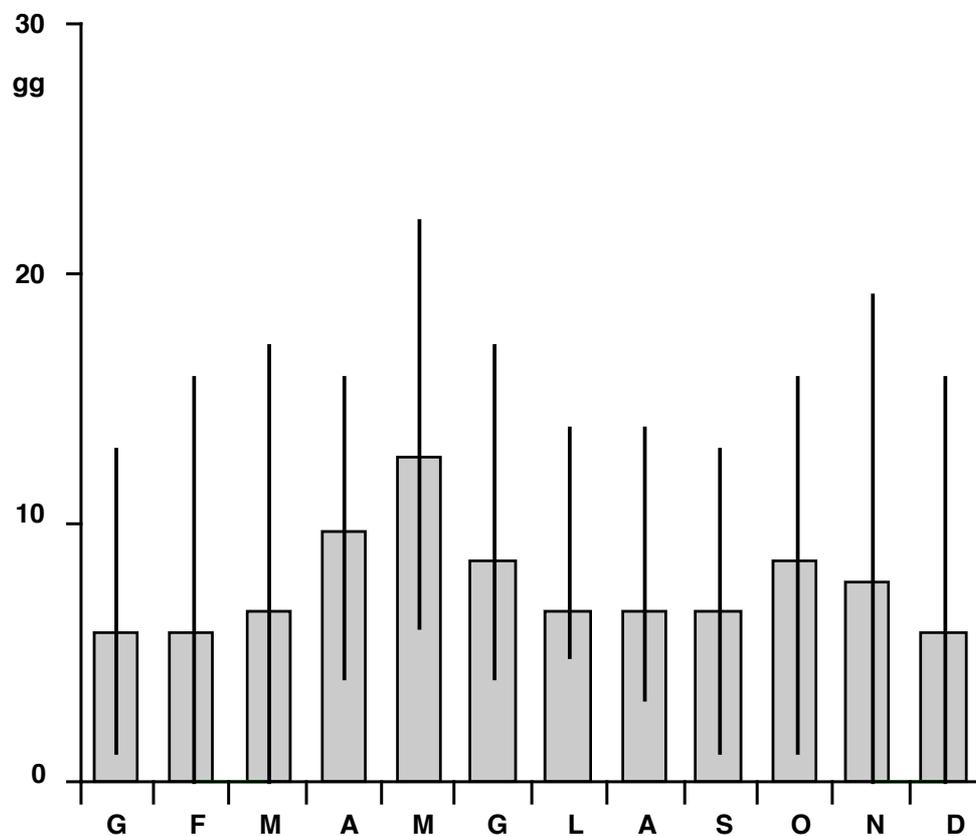


Fig. 4: Dati relativi ai giorni piovosi rilevati nella stazione di Celana

L'articolazione dei valori estremi massimi si scosta sensibilmente da quella dei valori medi; in particolare si osserva che:

- il periodo autunnale è caratterizzato dai valori più elevati

- febbraio è il mese con il range di fluttuazione più ridotto
- in inverno si rileva normalmente assenza di precipitazioni, mentre non si è mai registrato valore nullo nel periodo estivo.

Dall'esame del numero medio di giorni di precipitazione rappresentato graficamente si osserva che:

- il massimo si colloca in primavera, a maggio
- il minimo principale si colloca in inverno, senza una caratterizzazione preferenziale
- l'intervallo luglio-settembre mostra valori costanti.

Il regime pluviometrico di Bergamo è stato definito da Gavazzeni (1957) di tipo "prealpino", una varietà del regime continentale, per la presenza di un minimo assoluto invernale molto pronunciato; mentre Rossetti, Gaetani e Peloso (1971) propendono per la definizione: "regime della regione dei laghi prealpini". Secondo Contessini e Anfossi gli elevati valori complessivi delle precipitazioni estive collocano l'area di studio in una situazione transizionale fra il regime sublitoraneo-padano e alpino-continentale.

Un'indicazione abbastanza efficace delle condizioni pluviometriche è ottenibile anche dall'intensità media giornaliera, ovvero il rapporto tra la quantità di precipitazione dell'anno medio e il numero di giorni in cui il fenomeno si è verificato. Questo parametro pur non definendo le condizioni reali di una località (la pioggia è un fenomeno discontinuo e variabile per frequenza e quantità) è facilmente disponibile e utilizzabile.

I dati di Celana e Barzana (14-15 mm/a) collocano l'area di Barzana nella fascia di transizione tra la zona di pianura, caratterizzata da bassi valori, e quella delle prealpi con i valori massimi.

### ***2.2.1 Precipitazioni da 1 a 5 giorni consecutivi***

Il Servizio Idrografico riporta negli Annali Idrologici, per le stazioni di Celana e Barzana, le precipitazioni più elevate che si sono verificate nell'anno, per intervalli che variano da 1 a 5 giorni consecutivi.

I dati sperimentali con le relative equazioni per i diversi intervalli di giorni sono riportate per entrambe le stazioni (fig. 5); le rette di interpolazione della distribuzione di frequenza sono riferite alla sola stazione di Barzana.

PRECIPITAZIONI DA 1 A 5 GIORNI CONSECUTIVI - EQUAZIONI DELLE RETTE DI INTERPOLAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA					
STAZIONE	1g	2 gg	3 gg	4 gg	5 gg
<b>BARZANA</b>	$P=87.20+20.25K$ $r=0.81608$	$P=110.69+23.80K$ $r=0.97381$	$P=129.70+29.64K$ $r=0.91892$	$P=144.33+28.60K$ $r=0.93797$	$P=153.26+28.13K$ $r=0.97144$
<b>CELANA</b>	$P=78.80+12.10K$ $r=0.99048$	$P=108.67+18.92K$ $r=0.93783$	$P=130.72+25.69K$ $r=0.91560$	$P=144.16+27.40K$ $r=0.93994$	$P=156.04+26.60K$ $r=0.94657$

**Fig. 5:** Precipitazioni da 1 a 5 giorni

### 2.2.2 Precipitazioni di breve durata e forte intensità

Una valutazione delle precipitazioni brevi ed intense ha significato nelle verifiche idrauliche di piccoli bacini idrografici: nel comune di Barzana sono presenti impluvi naturali significativi, che attraversano l'intero territorio (torrente Borgogna e torrente Lesina).

In loco non hanno mai operato stazioni dotate di strumentazione atte a rilevare piogge di breve durata, per cui per fornire un inquadramento significativo sono stati esaminati i dati di precipitazione disponibili misurati su lungo periodo in località vicine a quella in esame.

Sono stati considerati i dati pubblicati sugli Annali del Servizio Idrogeologico Italiano relativi ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Le stazioni pluviografiche, per le quali si riportano i dati, sono Bergamo, con 49 osservazioni e Olginate con 16 osservazioni (fig. 6a, 6b e fig. 7).

**STAZIONE PLUVIOMETRICA DEL S.I.I. - BERGAMO (Quota: 366 m s.m.)**

**SERIE STORICA DEI MASSIMI ANNUALI DELLE PIOGGE (in mm) DELLA DURATA DI**

ANNO	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1936	21,6	31,6		46,0	74,6
1937	55,0	56,6		69,6	87,6
1938	51,4	54,6	54,8		
1939	45,4	52,4	77,8	109,0	151,0
1940	39,4	48,0	73,0	97,6	
1941	27,8	29,2	30,6	44,0	46,0
1942	28,0	37,0	42,0	47,0	75,0
1943	20,0	31,4	36,0	43,6	56,4
1944	31,0	42,4	58,6	74,2	78,0
1945	19,0	32,6	43,5	53,6	60,0
1946	23,0	26,2	40,0	46,2	48,0
1947	35,8	42,6	43,2	43,2	80,0
1948	26,0	35,0	55,0	56,0	67,0
1949					
1950	44,6	54,0	54,0	64,4	71,8
1951	28,0	30,8	48,0	63,0	116,0
1952	38,0	42,2	46,0	57,0	69,0
1953	43,6	50,0	57,4	59,0	66,4
1954	18,0	23,4	24,6	38,6	49,4
1955	39,0	40,6	46,4	54,4	55,0
1956	18,2	20,0	24,6	40,6	62,0
1957	36,0	42,6	45,0	45,2	67,4
1958	22,6	32,0	37,4	43,4	59,0
1959	60,0	87,8	107,0	109,0	109,0
1960	41,2	52,4	58,0	86,4	103,0
1961	35,2	39,8	39,8	47,0	58,4
1962					
1963	36,8	55,2	55,2	74,2	119,0
1964	32,8	36,4	45,6	47,6	70,0
1965	41,4	48,2	51,8	56,2	76,4
1966	35,3	45,0	67,6	73,8	93,2
1967	24,8	25,8	33,6	46,6	60,8
1968	53,0	54,2	61,6	68,2	78,0
1969	33,4	41,0	41,4	42,6	51,8
1970	36,0	47,8	68,2	73,8	85,6
1971	21,8	24,0	46,0	56,4	68,6
1972	35,0	56,6	64,6	66,8	79,6
1973	40,0	45,4	46,0	61,8	95,8
1974	20,2	20,2	25,6	40,2	59,0
1975	32,2	39,4	44,6	44,6	50,1
1976	29,6	34,8	43,4	62,2	62,2
1977	33,8	36,0	36,8	63,4	79,8
1978	20,8	40,2	47,8	48,2	61,0
1979	20,0	40,0	49,4	84,8	109,6
1980	11,2	16,8	22,8	32,5	65,0
1981	27,0	29,4	44,8	70,8	110,8
1982	20,0	31,6	44,6	60,6	67,0
1983	27,6	29,4	30,6	31,0	62,0
1984	29,8	35,6	48,3	54,0	54,6
1985	15,1	21,7	22,2	34,2	50,6

**Fig. 6a:** Stazione pluviometrica del S. I. I. – Olginate (quota: 197 m. s. m.)

**STAZIONE PLUVIOMETRICA DEL S.I.I. - OLGINATE (Quota: 197 m s.m.)**

**SERIE STORICA DEI MASSIMI ANNUALI DELLE PIOGGE (in mm) DELLA DURATA DI**

<b>ANNO</b>	<b>1 ora</b>	<b>3 ore</b>	<b>6 ore</b>	<b>12 ore</b>	<b>24 ore</b>
1971	28,0	46,0	50,8	53,8	54,8
1972	26,8	34,8	37,6	40,2	61,4
1973	18,0	33,4	36,0	45,4	81,2
1974	42,0	64,2	68,2	80,4	83,2
1975	28,0	32,8	40,2	47,2	59,6
1976	57,8	57,8	71,2	92,6	92,6
1977	34,0	34,0	38,0	60,0	77,6
1978	41,2	46,4	46,4	52,0	52,0
1979	31,0	37,4	53,0	88,0	173,0
1980	40,0	55,0	58,6	61,2	103,8
1981	56,0	63,4	63,8	74,0	116,8
1982	26,2	55,6	55,6	71,0	86,8
1983	40,0	47,6	47,6	51,0	70,4
1984	49,0	68,2	79,8	80,0	100,0
1985	22,9	40,3	55,4	67,1	68,3
1986	27,6	40,0	55,0	55,4	64,4

**Fig. 6b:** Stazione pluviometrica del S. I. I. – Olginate (quota: 197 m. s. m.)

Le elaborazioni sui dati raccolti sono finalizzate alla individuazione della relazione statistica che lega l'altezza della precipitazione  $h$  (mm) alla durata  $d$  (ore) ed al tempo di ritorno  $T$ :

$$h(T) = a(T) d^{n(T)}$$

in cui i parametri  $a$  ed  $n$  (funzione di  $T$ ) vengono stimati sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione disponibili per le diverse stazioni (1, 3, 6, 12, 24 ore).

I risultati dell'elaborazione, condotta con la metodologia proposta da Gumbel, sono riportati nella fig. 7.

#### PARAMETRI $n$ ED $a$ ELABORATI CON LA METODOLOGIA DI GUMBEL

	$n5$	$n10$	$n100$	$a5$	$a10$	$a100$
<b>BERGAMO</b>	0,25	0,25	0,25	37	43,9	62,5
<b>OLGINATE</b>	0,25	0,25	0,25	41,8	47,5	65,3

*Fig. 7: Parametri  $n$  ed  $a$  elaborati con la metodologia di Gumbel*

### 2.3 Temperatura

Anche per i dati termometrici vale la medesima premessa effettuata per le precipitazioni.

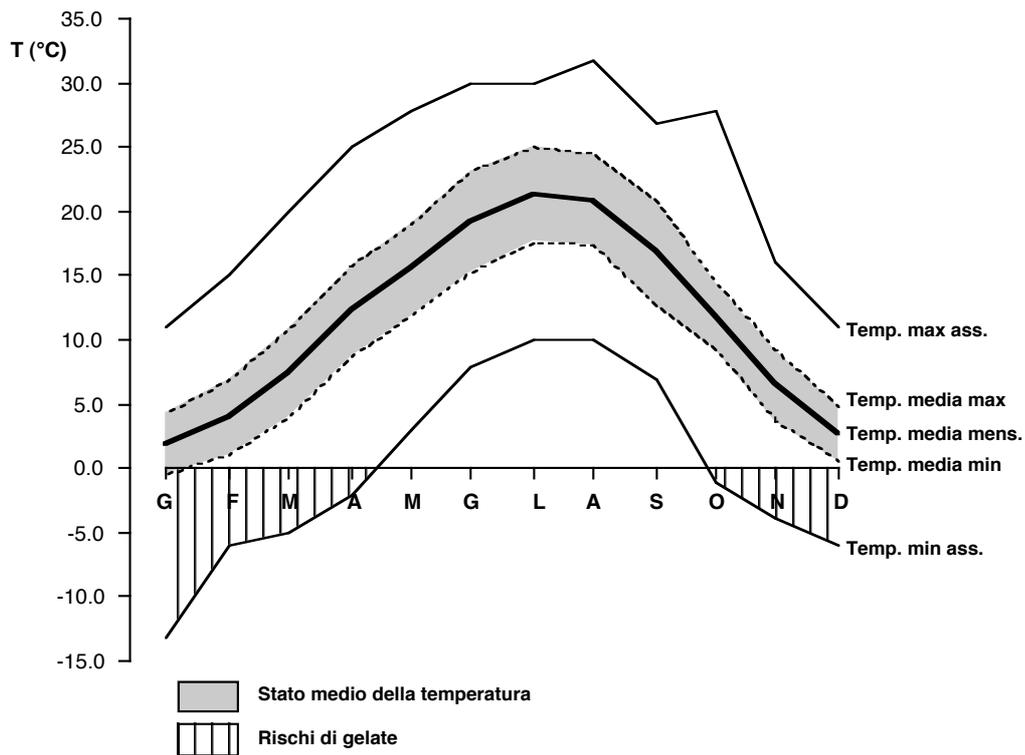
Per dare un inquadramento delle caratteristiche termiche dell'aria, in assenza di dati locali, ci si è basati sulla serie di rilevazioni effettuate alla stazione di Bergamo (U. I. P.) e nella stazione di Celana; l'unica che abbia operato sistematicamente nel territorio. I dati di Celana si riferiscono all'intervallo 1943-1952, un intervallo di tempo piuttosto limitato, comunque utile per fornire un orientamento sul regime termico annuo.

Per questa stazione si riportano i dati relativi ai vari mesi (Fig. 8), dai quali risulta che la temperatura media mensile più elevata si riscontra in luglio con 21,4°C e quella minima in gennaio con 1,9°C. La temperatura media annua si attesta attorno a 11,7°C. Inoltre, durante i mesi da ottobre ad aprile si possono avere rischi di gelate notturne.

Tali dati confermano la tipologia continentale del clima di tale area, anche se con carattere più mite rispetto al clima della pianura Padana, per la presenza dei rilievi sui quali l'escursione termica tende progressivamente a diminuire.

**STAZIONE DI CELANA**  
**REGIME TERMICO ANNUO (1943-1952)**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
<b>T° max ass</b>	11,0	15,0	20,0	25,0	28,0	30,0	30,0	32,0	27,0	28,0	16,0	11,0	32,0
<b>T° media max</b>	4,3	6,8	10,8	15,9	19,1	23,2	25,1	24,4	20,8	14,5	9,2	4,9	14,9
<b>T° media</b>	1,9	3,9	7,4	12,4	15,5	19,3	21,4	20,9	16,8	11,9	6,5	2,7	11,7
<b>T° media min</b>	-0,6	1,0	4,0	8,8	11,9	15,4	17,6	17,3	12,8	9,3	3,8	0,5	8,5
<b>T° min ass</b>	-13,0	-6,0	-5,0	-2,0	3,0	8,0	10,0	10,0	7,0	-1,0	-4,0	-6,0	-13,0



**Fig. 8:** Regime termico annuo rilevato nella stazione di Celana

## 2.4 Evapotraspirazione

Per la stazione di Celana si riportano dalla bibliografia i valori dell'evapotraspirazione secondo Thornthwaite, disponendo dei valori di precipitazione e di temperatura.

I dati relativi sono riportati nella tabella e nel grafico di fig. 9.

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
<b>T</b>	1,8	3,9	7,4	12,3	15,5	19,3	21,3	20,8	16,8	11,9	6,5	2,7	11,7
<b>i</b>	0,21	0,7	1,8	3,9	5,6	7,7	9,0	8,7	6,3	3,7	1,5	0,4	49,4
<b>PE</b>	4,8	9,6	27,5	57,6	88,3	116,1	133,6	119,8	78,0	48,0	19,0	6,8	709,0
<b>P</b>	71	58,0	90,0	121,0	164,0	107,0	122,0	124,0	118,0	123,0	109,0	83,0	1290,0
<b>P-PE</b>	66,2	48,4	62,5	63,4	75,7	-9,1	-11,6	4,2	40,0	75,0	90,0	76,3	581,0
<b>A.WL</b>	0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,0	-20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b>ST</b>	100	100,0	100,0	100,0	100,0	91,0	81,0	85,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
<b>CST</b>	0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,0	-10,0	4,0	15,0	0,0	0,0	0,0	
<b>AE</b>	4,8	9,6	27,5	57,6	88,3	116,0	132,0	120,0	78,0	48,0	19,0	6,8	708,0

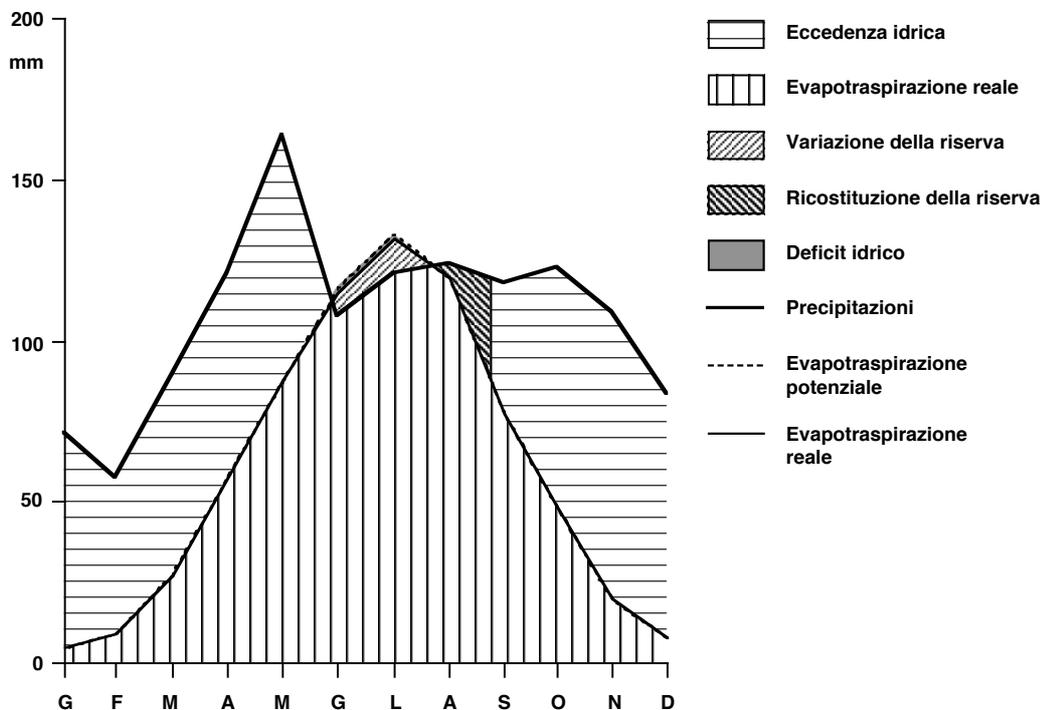


Fig. 9: Evapotraspirazione misurata nella stazione di Celana

Si osserva che, l'evapotraspirazione potenziale corretta sia inferiore alle precipitazioni per tutto l'anno ad eccezione del bimestre giugno-luglio e la ricostruzione della riserva si estende sino alla prima decade di settembre.

Ciò in accordo con altri bilanci idrici verificati nella fascia dell'alta pianura prospiciente i rilievi montuosi collinari. Quindi la situazione di Celana può essere considerata rappresentativa della porzione di territorio di raccordo tra il versante meridionale dell'Albenza e la pianura.

## **2.5 Venti**

Per il ristretto ambito di Barzana non sono disponibili dati riguardanti le condizioni anemologiche; per un inquadramento generale si è fatto riferimento ad un lavoro del P.M.I.P. U.O. Fisica e T.A. di Bergamo, nel quale sono state analizzati i tipi di circolazione del vento nella provincia di Bergamo, riferendosi alle centraline di rilevamento a disposizione. Quelle che sono localizzate nelle vicinanze dell'area considerata sono le centraline di Bergamo, Calolziocorte e Filago.

L'analisi dei risultati evidenzia che la direzione prevalente del vento per la stazione di Calolziocorte è ovest, a causa dell'influenza del lago di Lecco; ciò la rende non comparabile con gli altri risultati ottenuti.

Per le stazioni di Filago e Bergamo i dati concordano e mostrano direzioni tendenziali del vento più frequenti verso nord e nord-est, e percentuali di frequenza simili per tutte le altre direzioni.

É probabile che la posizione di Barzana (prospiciente ai versanti in ambito vallivo) condizioni la distribuzione dei venti, con direzioni secondo il tracciato della valle stessa.

## **3 GEOLOGIA**

### **3.1 Criteri di indagine**

La carta geologica (Tav. 1) è stata compilata per tutto il territorio comunale, utilizzando materiale esistente in bibliografia ed effettuando rilievi sul

terreno. È stato dato un dettaglio maggiore ai depositi superficiali rispetto al substrato roccioso, in quanto essi normalmente costituiscono la "porzione geologica" più direttamente interessata dalle azioni antropiche.

Le formazioni rocciose ed i depositi superficiali vengono descritte mantenendo la suddivisione e le denominazioni istituite nella "Carta Geologica della Provincia di Bergamo"; tale documento è stato redatto alla scala 1:50.000 dal Servizio Territorio della Provincia di Bergamo, dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano e dal Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR.

### 3.2 Substrato roccioso

Il substrato roccioso presente all'interno del territorio comunale di Barzana è rappresentato da un'unica formazione appartenente al Cretacico superiore, nota in letteratura come *Flysch di Pontida*.

Trattasi di una successione torbidityca costituita da una alternanza marnoso-arenacea a stratificazione da sottile a spessa di colore grigio-verde, con bancate calcareo-marnose potenti fino a pochi metri. Il rapporto arenaria-pelite aumenta nella porzione sommitale della successione, i corpi calcareo-marnosi si distribuiscono irregolarmente senza alcuna ciclicità.

Il limite inferiore è graduale con le Peliti Rosse, mentre quello superiore, con le Arenarie di Sarnico, si riconosce per la comparsa di strati più spessi all'interno di quelli più sottili del Flysch.

Lo spessore della formazione raggiunge i 600 m nell'area-tipo (Pontida), mentre si assottiglia lateralmente fino alla chiusura completa nel settore orientale della provincia di Bergamo. In base alla bibliografia esistente, l'unità è ascrivibile al Turoniano medio-superiore.

Il Flysch di Pontida affiora estesamente in tutto il bordo meridionale pedemontano della bergamasca, costituendo i rilievi a pieghe e sovrascorrimenti a sud dell'Albenza e nei dintorni di Bergamo.

Nell'ambito del territorio comunale di Barzana, il Flysch di Pontida affiora estesamente in corrispondenza dei rilievi collinari ad est dell'abitato, con piani di

strato immergenti verso SE a media-elevata inclinazione (giacitura media rilavata pari a 140°/50°).

### **3.3 Depositi superficiali**

I depositi sciolti recenti sono stati cartografati sulla base del bacino di appartenenza e della loro posizione planoaltimetrica, che consente talora di fornire indicazioni per la ricostruzione dell'ambiente deposizionale.

*Unità ubiquitarie:*

Complesso di Palazzago (Pleistocene medio-superiore)

*Bacino dell'Adda:*

Unità di Carvico (Pleistocene medio-superiore?)

*Bacino del Brembo:*

Complesso di Almenno (Neogene-Pleistocene inferiore?)

#### **3.3.1 Unità ubiquitarie**

Trattasi di depositi di varia origine (di versante, alluvionali, colluviali) la cui sedimentazione è iniziata in bacini diversi o è avvenuta in modo indifferenziato in tempi recenti. Nell'ambito del territorio di Barzana, tali depositi sono rappresentati dal Complesso di Palazzago.

#### **Complesso di Palazzago (Pleistocene medio-sup.)**

Si tratta di depositi costituiti da diamicton a ciottoli in matrice sabbiosa o limoso-argillosa, con clasti da subarrotondati a subspigolosi; talora si presentano come limi e argille a clasti residuali. La composizione petrografica dipende dalla litologia del substrato lapideo locale, costituito in tal caso da formazioni marnoso-arenacee.

Costituisce buona parte dei versanti del territorio comunale, con spessori variabili da decimetrici a metrici; assume così un significato non solo agronomico, ma anche geologico-tecnico.

Su tale deposito diventa importante l'attività antropica, sia per il rimodellamento delle originarie morfologie operato ai fini agricoli (vigneti o prato stabile), sia per l'urbanizzazione.

Questa unità costituisce gran parte del territorio comunale di Barzana; essa poggia probabilmente sul substrato roccioso in corrispondenza dei dossi retrostanti l'abitato (Monte della Rode), mentre verso la piana si interdigita con i depositi fluvioglaciali appartenenti al Complesso di Almenno e all'Unità di Carvico.

### **3.3.2 Bacino dell'Adda**

#### **Unità di Carvico (Pleistocene medio-sup.?)**

L'Unità di Carvico è costituita da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa; ciottoli da arrotondati a subspigolosi con diametri medi tra 4 e 15 cm. Si presentano rozzamente stratificate. Carattere costante risulta, particolarmente nell'area in riva destra del Fiume Brembo, la presenza di sequenze sommitali limose che annegano rapidamente (senza termini granulometrici intermedi) le ghiaie sottostanti.

La composizione petrografica è arealmente differenziata.

Tale unità è presente in corrispondenza dell'area artigianale di via Ca'Fittavoli.

### **3.3.3 Bacino del Brembo**

#### **Complesso di Almenno (Neogene-Pleistocene inf.?)**

Il Complesso di Almenno è costituito da ghiaie attualmente a supporto di matrice limoso argillosa e clastico con ciottoli centimetrici arrotondati; non è osservabile alcuna struttura sedimentaria.

La superficie superiore è, nella quasi totalità dei casi, troncata erosionalmente e suturata da limi argillosi di spessore decimetrico a clasti sparsi o concentrati in livelli discreti.

La composizione petrografica è data da litotipi brembani (rocce sedimentarie a cemento siliceo, quarzo, vulcaniti, rocce endogene metamorfiche) molto alterati; i calcari sono presenti unicamente come rare masse argillificate.

Tale unità costituisce un ampio terrazzo, posto al piede del versante meridionale del Monte della Rode, orientato all'incirca in direzione NE-SW e compreso tra la quota topografica di 285 e 300 m s.l.m. circa.

#### 4 ASSETTO STRUTTURALE

Il territorio comunale di Barzana si colloca nel settore meridionale delle Prealpi Orobiche, nella zona di raccordo con la pianura, caratterizzato dalla presenza di un motivo strutturale a pieghe e faglie vergenti verso sud, noto in letteratura come Flessura Pedemontana. Tale struttura è ben rappresentata dall'anticlinale dell'Albenza a cui si associano pieghe minori, dritte o rovesciate, che vanno a costituire un'ampia cintura di pieghe en echelon, interrotta verso ovest dalla faglia Roncola-Catremerio.

Nella sezione geologica riportata sulla Tav. 1 si nota come nel settore settentrionale del territorio comunale, in corrispondenza dei rilievi collinari, il substrato roccioso costituisca il fianco di un'ampia piega sinclinale con asse orientato all'incirca in direzione E-W, vergente verso sud, che progressivamente si immerge al di sotto dei depositi della pianura.

#### 5 ASPETTI PEDOLOGICI

Considerando che gran parte del territorio comunale di Barzana si colloca in un ambito di pianura, si riportano sulla Tav. 1 le diverse tipologie di suolo secondo quanto contenuto nello studio redatto dall'ERSAL "Progetto Carta Pedologica - I suoli dell'Isola bergamasca" (1992).

I suoli individuati sono:

- suoli tipo 1 (Dystric Cambisol, FAO): gruppo indifferenziato di suoli da moderatamente profondi a profondi su substrato roccioso marnoso arenaceo, con scheletro da assente a scarso in superficie e da assente a frequente in profondità, con tessitura media, reazione acida, saturazione molto bassa e drenaggio buono; tale unità pedologica è stata individuata in corrispondenza dei rilievi collinari presenti all'interno del territorio comunale di Barzana.
- suoli tipo 2 (Dystric e Eutric Cambisol, FAO): gruppo indifferenziato di suoli moderatamente profondi a profondi, con scheletro da assente a scarso in superficie e da assente a frequente in profondità, tessitura da media a moderatamente fine, reazione da subacida a neutra, saturazione da bassa

a molto alta in profondità, drenaggio buono; in tale gruppo ricadono suoli con caratteristiche simili ai precedenti ma su substrato roccioso calcareo e non calcareo. I suoli tipo 2 sono presenti lungo il versante immediatamente retrostante l'abitato di Barzana.

- suoli tipo 3 (Haplic e Luvisols e Alisols, FAO): gruppo indifferenziato di suoli generalmente sottili su fragipan a tessitura media e di suoli da moderatamente profondi a profondi, su fragipan, a tessitura media, reazione subacida e saturazione molto bassa in superficie. Essi affiorano in corrispondenza della fascia di raccordo tra i rilievi collinari di Barzana e la pianura, nella porzione a sud-sudest del Monte della Rode (zona di via Marconi).
- suoli tipo 4 (Haplic Luvisols, FAO): consociazione di suoli profondi, talora moderatamente profondi, su fragipan, tessitura media, reazione acida in superficie e neutra in profondità, saturazione alta, scarsamente calcarei, drenaggio mediocre; i suoli tipo 4 sono presenti estesamente nella porzione sud-est del territorio comunale (località Arzenate).
- suoli tipo 5 (Haplic e Chromic Luvisols e Haplic Alisols, FAO): gruppo indifferenziato di suoli profondi, talora moderatamente profondi, su substrato ciottoloso addensato, con scheletro da assente ad abbondante in profondità, tessitura media in superficie e da media a moderatamente fine in profondità, reazione da subacida a neutra in profondità, saturazione da media ad alta in superficie e da bassa ad alta in profondità, drenaggio buono talora mediocre. Tali suoli sono presenti in continuità in destra idrografica del torrente Lesina, lungo una fascia avente un'ampiezza di circa 200 m; si rinvengono inoltre in corrispondenza di una piccola area posta al confine meridionale del territorio comunale.
- suoli tipo 6 (Haplic Luvisols, FAO): fase di posizione dei suoli tipo 4;
- suoli tipo 7 (Haplic Luvisols, FAO): gruppo indifferenziato di suoli profondi, moderatamente profondi, su substrato ciottoloso eterogeneo, con scheletro da scarso a comune in superficie e da scarso ad abbondante in profondità, tessitura media in superficie e da media a moderatamente fine in profondità, reazione acida in superficie e da subacida a neutra in profondità, saturazione bassa in superficie e da bassa ad alta in profondità,

scarsamente calcarei in profondità, drenaggio buono. I suoli tipo 7 sono presenti in corrispondenza della zona artigianale di Ca' Fittavoli.

## **6 CARATTERI LITOTECNICI**

### **6.1 Criteri di indagine**

La valutazione delle caratteristiche geotecniche dei depositi superficiali caratterizzanti il territorio di Barzana è stata effettuata sulla base di indagini geologico-tecniche effettuate dallo scrivente nel corso degli anni all'interno del territorio comunale di Barzana.

L'analisi dei dati a disposizione ha portato a definire geotecnicamente i terreni prioritariamente in modo qualitativo, poi è stato attribuito un range di valori ad alcuni parametri geotecnici, ritenuti essenziali per una minima descrizione dei materiali.

Tali valutazioni sono comunque indicative e generali in quanto l'attribuzione di un range di valori ai parametri geotecnici (range in genere molto ampio a favore di sicurezza) è poco significativo se raffrontato alle possibili variazioni granulometriche all'interno della stessa unità (esempio la presenza di livelli più fini o più compatti comporta una sostanziale differenza nella valutazione dei cedimenti o della capacità portante); inoltre non sempre le indagini a disposizione sono facilmente confrontabili (prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, sondaggi, SPT, indagini geofisiche, etc.) a causa di differenti standard di correlazione con i parametri geotecnici.

### **6.2 Stratigrafie di dettaglio**

Di seguito si riportano alcune stratigrafie ricavate dalle indagini effettuate. Trattasi di dati ricavati in prevalenza da prove penetrometriche dinamiche DPSH.

L'ubicazione delle indagini è riportata sulla carta litotecnica in allegato (Tav. 2).

Per ciascun punto di indagine si riporta una sintetica descrizione del terreno investigato:

Stratigrafia n. 1: consolidamento edificio in via Monte Grappa

Dalle indagini effettuate (n. 5 prove penetrometriche dinamiche) emerge la presenza di un primo strato di riporto per uno spessore variabile tra 1 e 3 m circa, seguito da un orizzonte mediamente consistente avente uno spessore di pochi metri (1÷2,5 m circa); al di sotto (profondità di 2÷5 m da p.c.), si registra il rifiuto all'avanzamento della strumentazione, probabilmente dovuto alla presenza del substrato roccioso.

Stratigrafia n. 2: realizzazione nuova scuola elementare in via Papa Giovanni XXIII

Le indagini condotte (n. 1 carotaggio, n. 12 prove penetrometriche dinamiche) hanno evidenziato un primo strato di materiale di riporto (a granulometria limoso-sabbiosa), con consistenza scarsa o nulla e spessore massimo di circa 6,0 m, seguito da un'alternanza di sabbie limose e limi più o meno argillosi, fino alla profondità di 20 m dal piano campagna.

Stratigrafia n. 3: nuovo centro civico comunale in via Dante Alighieri

Le prove penetrometriche effettuate (n. 6 prove) hanno evidenziato la presenza di un sottile orizzonte a discreta consistenza, interpretato come probabile riporto, seguito da uno strato molle costituito in prevalenza da limo, rinvenuto fino alla profondità di 4,5 m dal piano campagna; al di sotto di tale quota, fino a 10 m circa, è presente un orizzonte a buona consistenza, granulometricamente riconducibile alla presenza di ghiaia e sabbia.

Stratigrafia n. 4: indagine geofisica con metodologia tipo ReMi effettuata per l'analisi della risposta sismica locale; vedi par. 10.5.2 per i risultati ottenuti.

Stratigrafia n. 5: nuovo capannone in via Sorte

Dalle indagini effettuate (n. 9 prove penetrometriche), emerge la presenza di presente un orizzonte superficiale a scarsa consistenza costituito in prevalenza da limo sabbioso-argilloso, avente uno spessore compreso tra 1,6 m e 4,4 m; inferiormente, si registra una maggiore consistenza del terreno, attribuibile alla presenza di limo sabbioso-argilloso inglobante ghiaia e ghiaietto in percentuali variabili, con uno spessore compreso tra 1,0 e 3,0 m. Segue, fino alla quota massima investigata (-9,6 m da p.c.), uno strato a buona consistenza, costituito da ghiaia prevalente.

Stratigrafia n. 6: nuovo capannone in via Sorte

All'interno dell'area di intervento sono state effettuate n. 6 prove penetrometriche dinamiche.

Al di sotto di un orizzonte di 1,0 m circa di ghiaia riportata, è presente un terreno costituito da un orizzonte di limo sabbioso-argilloso a scarsa consistenza, avente uno spessore compreso tra 2,0 e 4,4 m; segue, fino alla profondità massima indagata, un terreno prevalentemente ghiaioso di consistenza variabile a seconda dei punti di prova, generalmente da discreta a buona.

Stratigrafia n. 7: nuovo edificio artigianale in via San Pietro

Dalle 6 prove penetrometriche effettuate, è possibile indicare uno schema stratigrafico unico in cui si individua un terreno composto da tre strati, di cui il primo scadente, limoso sabbioso, che raggiunge lo spessore massimo di 3,0 m circa; un secondo strato, a partire da una quota variabile fra 0.6÷1.8 m a compattezza piuttosto modesta. Il terzo strato, a partire da circa 2.4÷3.0 m risulta avere buone caratteristiche di compattezza e bassa deformabilità, riferibili ad una granulometria prevalentemente di tipo ghiaioso, presente in continuità massima raggiunta, pari a 12 m dal piano campagna.

Stratigrafia n. 8: nuovi edifici residenziali in via Arzenate

Sono state effettuate n. 6 prove penetrometriche che hanno individuato la presenza di un primo strato, con uno spessore compreso tra 1 e 3 m circa, costituito da limo sabbioso-argilloso a consistenza da scarsa a media. Segue un orizzonte rappresentato da ghiaie e ciottoli immersi in matrice fine la cui consistenza tende ad aumentare con la profondità (-7,6 m da p.c. quota massima raggiunta dalle prove).

Stratigrafia n. 9: indagine geofisica con metodologia tipo ReMi effettuata per l'analisi della risposta sismica locale; vedi par. 10.5.2 per i risultati ottenuti.

Stratigrafia n. 10: capannoni in via Ca' Fittavoli

Le indagini eseguite (n. 15 prove penetrometriche) hanno evidenziato la presenza di un primo strato, di spessore variabile fra 4 e 6 m, costituito da limo sabbioso-argilloso a consistenza scarsa. Al di sotto è presente un terreno a buona consistenza di tipo ghiaioso con ciottoli, per tutta la profondità indagata con le prove (-10 m da p.c.); quasi tutte le prove hanno individuato l'arresto all'avanzamento della strumentazione, imputabile ad un aumento della consistenza o alla presenza di ciottoli di grandi dimensioni.

### 6.3 Parametri geotecnici attribuiti

In carta sono stati individuati i depositi superficiali e il substrato roccioso in base alle loro caratteristiche geologico-tecniche di massima; i terreni sono stati classificati sulla base dei principali parametri geotecnici, quali il peso di volume secco, l'angolo d'attrito e il modulo elastico, mentre il substrato è definito dall'indice RQD, desunto dall'analisi dello stato di fratturazione della roccia in affioramento.

Sono state distinte le seguenti classi:

- ghiaie in abbondante matrice limoso-argillosa suturate da suoli francamente limoso-argillosi compressibili entro i primi 4÷5 m circa dal piano campagna  
Peso di volume secco  $\gamma_d = 16\div 17,5 \text{ kN/m}^3$   
Angolo di attrito drenato  $\phi' = 25^\circ\div 31^\circ$   
Modulo elastico  $E_s = 5.630\div 10.210 \text{ kPa}$
- ghiaie in matrice limoso-sabbiosa suturate in discontinuità da suoli limoso-argillosi con uno spessore mediamente compreso tra 1÷2 m circa  
Peso di volume secco  $\gamma_d = 17\div 18 \text{ kN/m}^3$   
Angolo di attrito drenato  $\phi' = 28^\circ\div 32^\circ$   
Modulo elastico  $E_s = 9.000\div 31.200 \text{ kPa}$
- alternanza di marne e arenarie a stratificazione da sottile a spessa con intercalazioni di argilla; copertura sciolta generalmente di ridotto spessore  
RQD = 0÷40 %

## 7 GEOMORFOLOGIA

L'analisi dell'assetto morfologico presente nel territorio comunale (vedi Tav. 3) si è svolta sulla base di un attento rilievo sul terreno, supportato dalla cartografia a disposizione.

I lineamenti morfologico-strutturali più significativi individuabili nell'attuale assetto del territorio sono il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia e assetto strutturale), di fattori climatici (precipitazioni, temperature, umidità) e di agenti di modellamento superficiale (acque libere e incanalate, forza di gravità, cicli di gelo e disgelo) che comprendono, talora in modo rilevante, anche l'azione antropica.

Le forme individuate sul territorio sono state classificate suddividendole sulla base del processo morfogenetico che le ha determinate e che, ancor oggi, le regola (azione erosiva esercitata dalle acque superficiali, attività antropiche); una parte degli elementi morfologici sono stati classificati come poligenici perché controllati da più agenti concomitanti.

## **7.1 Forme, processi e depositi**

### ***7.1.1 Forme, processi e depositi legati all'azione delle acque superficiali***

Sono stati riconosciuti orli di erosione dovuti alle acque correnti incanalate: si tratta di elementi presenti in corrispondenza dei torrenti Borgogna e Lesina.

Trattasi di orli attivi, a tratti interessati da intensi fenomeni di erosione.

In corrispondenza dello sbocco di una vallecchia nella porzione settentrionale del territorio (zona di via Manzoni), è riconoscibile un conoide di deposizione non attivo, con forma triangolare e scarsa o nulla convessità trasversale: si tratta di una forma dovuta al deposito di materiale trasportato dall'acqua.

### ***7.1.2 Forme e processi poligenici***

Sono stati definiti anche dei fenomeni poligenici in quanto generati dalla concomitanza di più fenomeni.

Gli elementi individuati sono le principali linee di crinale, che coincidono generalmente con gli spartiacque superficiali, e l'orlo di terrazzo la cui origine è legata alle antiche dinamiche fluviali e fluvioglaciali.

### ***7.1.3 Forme, processi e depositi antropici***

Nella Tav. 3 sono stati indicati i riporti di materiale, quando per estensione hanno assunto anche un significato morfologico, i punti di scarica, riferiti a cumuli di materiali di varia natura abusivamente collocati, i terrazzamenti agricoli, probabilmente impostati su originarie morfologie del territorio, e l'ambito estrattivo denominato ATE a8 ex polo BC3a.

## **7.2 Ambiti geomorfologici**

### **7.2.1 Rilievi collinari**

Il sistema collinare di Barzana è costituito da rilievi collinari (Monte delle Rode) caratterizzati da morfologie prevalentemente arrotondate, con pendenze fra il 20 e il 50 %, e con un dislivello complessivo massimo di circa 90 m.

La morfologia dei versanti bene si spiega con le caratteristiche del substrato roccioso: la presenza di litotipi flyschoidi, facilmente alterabili, consente la formazione di morfologie arrotondate e, contemporaneamente articolate, con impluvi minori, impostati lungo la massima pendenza. Il deposito superficiale, che sutura la roccia costituente l'ossatura dei versanti, è scarsamente sviluppato; esso è rappresentato da coltri eluvio-colluviali, di spessore variabile in funzione della morfologia, che si originano per disgregazione fisico-chimica in posto, operata dagli agenti atmosferici, del substrato roccioso (eluvio) e talora accumulatisi nelle zone morfologicamente meno acclivi dei versanti (colluvio).

Il substrato roccioso, rappresentato dal Flysch di Pontida, è visibile sporadicamente, soprattutto in corrispondenza delle incisioni torrentizie o lungo i tratti di versante a maggiore acclività.

### **7.2.2 Fascia di raccordo rilievi-pianura**

Trattasi di un pendio a debole acclività vergente verso est-sudest, compreso tra le quote altimetriche di circa 270 e 290 m s.l.m., intensamente urbanizzato, tanto che non si evidenziano particolari elementi di risalto morfologico.

In generale si tratta di aree stabili.

### **7.2.3 Pianura**

La porzione pianeggiante del territorio comunale presenta uno sviluppo areale allungato da nord a sud, incisa dai torrenti Borgogna e Lesina. Le quote indicano che la topografia digrada debolmente lungo la medesima direzione.

L'ambito pianeggiante può essere suddiviso in due sottoaree, poste a quote differenti, separate da un orlo di terrazzo avente dislivello compreso tra 2÷8 m circa, chiaramente individuabile nella zona sottostante la strada provinciale n. 175, a ovest della località Arzenate.

La porzione di territorio a nord di tale scarpata appartiene ad un antico terrazzo fluviale, ormai stabilizzato, che si è sviluppato in direzione all'incirca NE-SW; la rimanente area più ribassata appartiene al "Livello fondamentale della pianura", all'interno della quale sono riconoscibili elementi morfologici legati alla dinamica fluviale.

## **8 IDROGRAFIA**

### **8.1 Criteri di indagine**

La rete di deflusso delle acque superficiali nel territorio comunale di Barzana è sostanzialmente strutturata nel torrente Borgogna, affluente del torrente Lesina; quest'ultimo scorre lungo il confine tra il comune di Barzana e il comune di Almenno S. Bartolomeo.

Nella cartografia prodotta (vedi Tav. 4) sono state indicate anche le aree potenzialmente interessate da fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua: si tratta di aree pianeggianti per le quali vi è un potenziale rischio di esondazione, causato sia dalla naturale conformazione del territorio sia per la presenza di interventi antropici scorretti (attraversamenti che hanno determinato una riduzione della sezione utile di deflusso del corso d'acqua o che vengono ostruiti dal materiale trasportato dall'acqua durante le piene).

Tali aree sono state ricavate in assenza di dati storici che riportino descrizioni del fenomeno, ma a partire dalle osservazioni in sito, supportate da un dettagliato esame del rilievo aerofotogrammetrico in scala 1:2.000.

Le aree esondabili sono state suddivise sulla base della frequenza degli eventi in: aree frequentemente inondabili e aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali. Le aree frequentemente inondabili corrispondono agli alvei attivi dei corsi d'acqua, e ad una fascia di larghezza variabile (minimo 4 m per sponda) da mantenere a disposizione per consentirne l'accessibilità. Tali indicazioni rispettano quanto previsto nella D.G.R. 25 gennaio 2002 n. 7/7868 relativa alle norme di polizia idraulica sul reticolo idrico minore.

Le aree inondabili in occasione di eventi meteorici eccezionali sono dettagliate per ciascun torrente nei paragrafi successivi.

## **8.2 Reticolo idrico principale**

I corsi d'acqua ricadenti nel territorio comunale appartenenti al Reticolo Idrico Principale, così come riportati nell'allegato A alla D.G.R. n° 7/13950 del 01/08/2003, sono:

- il torrente Borgogna, per tutto il tratto che attraversa centralmente il territorio comunale;
- il torrente Lesina; appartiene al reticolo idrico principale il tratto di tale corso d'acqua compreso fra lo sbocco nel Brembo ed il ponte della strada provinciale n. 175, mentre il tratto a monte della stessa appartiene al reticolo idrico minore.

### **8.2.1 Torrente Borgogna**

Il torrente Borgogna è l'elemento maggiormente caratterizzante il comune di Barzana.

Esso nasce dal Monte Linzone in comune di Palazzago e lungo il suo percorso raccoglie le acque drenate dai torrenti che scendono dai pendii di Monte Chignoletti e Monte Valmora. Solo all'altezza dell'abitato di Palazzago si organizza in un unico corso d'acqua. Da qui, con direzione ONO-ESE, solca la piana di Palazzago e di Almenno fino al confine nord del comune di Barzana, dove cambia direzione dirigendosi verso SE per poi assumere un andamento prettamente meridionale fino alla sua immissione nel torrente Lesina a Prezzate.

Nel territorio comunale di Barzana il fiume è lungo circa 2,2 km, con una pendenza media del talweg non superiore allo 1,6%.

Partendo dal confine settentrionale del comune il torrente può essere suddiviso in vari tratti a differente morfologia. Per il primo km circa, fino al ponte di Via San Rocco (a sud del campo da calcio), il torrente mostra un andamento articolato in frequenti curvature con larghezza media di 10 m e un alveo incassato di circa 3 m rispetto al piano campagna circostante (il tratto fra i due ponti risulta pressochè regimato su entrambe le sponde). Il tratto successivo tende ad avere

una morfologia più lineare con curve meno accentuate ed una larghezza costante tra 8÷10 m, in taluni tratti il letto del torrente risulta poco incassato e sono più visibili fenomeni di erosione spondale.

In generale l'alveo è caratterizzato dalla presenza di scarso materiale a granulometria piuttosto fine: il trasporto solido, in condizioni di piena ordinaria è modesto.

### **Caratteri idrologici del torrente Borgogna**

Non sono disponibili dati riguardanti le caratteristiche idrauliche del torrente Borgogna. È stata effettuata comunque una approssimativa verifica idraulica partendo dalle caratteristiche morfometriche del bacino idrografico e dalle precipitazioni brevi e intense.

Il bacino idrografico del torrente Borgogna, calcolato nel punto di entrata nel territorio comunale di Barzana, è di circa 9,7 km<sup>2</sup>, ed il suo percorso è lungo circa 8 km.

È stato calcolato il Tempo di corrivazione, definibile come l'intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio dello scorrimento a terra di una goccia di pioggia nel punto più lontano del bacino sotteso ed il suo arrivo al punto di chiusura.

Il tempo di corrivazione (Tc) è stato calcolato con la formula di Giandotti, ritenuta la più confacente ai piccoli bacini:

$$T_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{Z}}$$

dove:

Tc = tempo di corrivazione (ore)

S = area del bacino (km<sup>2</sup>)

L = lunghezza massima percorsa dalle acque (km)

Z = quota media del bacino (m)

S (km <sup>2</sup> )	L (km)	Tc (ore)
9,7	8,0	1,25

Il deflusso delle acque dipende dalle caratteristiche morfologiche e litologiche dei bacini e dal regime delle precipitazioni, queste ultime considerate per un periodo di tempo sufficientemente lungo, in modo da comprendere anche eventi eccezionali che potrebbero ripetersi nel futuro.

La portata massima all'interno del bacino in esame é stata calcolata mediante l'utilizzo di varie formule empiriche (Giandotti e Turazza) consigliate per bacini aventi superfici di dimensioni limitate e tramite il metodo delle isocorrive a mezzo del modello afflussi-deflussi.

Mediante la formula di **Giandotti**:

$$Q_{\max} = \frac{I S H \sqrt{Z}}{4 \sqrt{S + 1.5 L}}$$

dove:

$Q_{\max}$  = massima portata di piena (m<sup>3</sup>/sec)

S = area del bacino (km<sup>2</sup>)

H = altezza di pioggia, ragguagliata all'intero bacino, di durata uguale o superiore al tempo di corrivazione (m)

Z = altitudine media del bacino, riferita alla quota della sezione considerata (m)

L = massima lunghezza della vallata percorsa dal fiume collettore

I = 166 per S < 500 km<sup>2</sup>.

I valori utilizzati e quelli ottenuti sono riportati nella tabella sottostante, considerando l'altezza di pioggia relativa al tempo di ritorno di 20 anni e di 100 anni:

S (km <sup>2</sup> )	L (km)	I	H (m)	Tr (anni)	Q max (m <sup>3</sup> /sec)
9,7	8	166	0,057	20	<b>91</b>
9,7	8	166	0,074	100	<b>118</b>

Mediante la formula di **Turazza**:

$$Q_{\max} = 11,57 S k m \frac{h}{t_p + t_c}$$

dove:

$Q_{\max}$  = massima portata di piena (m<sup>3</sup>/sec)

S = area del bacino (km<sup>2</sup>)

h = altezza di pioggia, ragguagliata all'intero bacino, di durata uguale al  $t_p$   
(m)

k = coefficiente di deflusso (considerato costante per tutto il bacino)

$t_p$  = durata della pioggia (giorni)

$t_c$  = tempo di corrivazione (giorni)

m = coefficiente di piena che corrisponde al rapporto tra la portata massima e media della sezione considerata; nel tempo ( $t_p + t_c$ ) di una piena determinata. Il suo valore varia da 1 a 2 e per  $t_p = t_c$ , m = 2.

I valori utilizzati e quelli ottenuti sono riportati nella tabella sottostante:

S (km <sup>2</sup> )	k	H (m)	$t_p$ (g)	$t_c$ (g)	m	Q max (m <sup>3</sup> /sec)
9,7	0,8	0,057	0,052	0,052	2	<b>97,5</b>
9,7	0,8	0,074	0,052	0,052	2	<b>126</b>

	Tr = 20 anni	Tr = 100 anni
Giandotti	91 (m <sup>3</sup> /sec)	118 (m <sup>3</sup> /sec)
Turazza	97,5 (m <sup>3</sup> /sec)	126 (m <sup>3</sup> /sec)
<b>Portata massima media</b>	<b>94,25 (m<sup>3</sup>/sec)</b>	<b>122 (m<sup>3</sup>/sec)</b>

Da ciò si evince che la portata del torrente Borgogna in entrata nel comune di Barzana è significativa, proprio per la notevole estensione del suo bacino idrografico.

### **Aree a potenziale rischio di esondazione**

Le aree frequentemente inondabili più significative sono:

- area in destra idrografica ribassata posta immediatamente a monte del ponte di Via Garibaldi;
- area in destra idrografica compresa fra via San Rocco e via Mazzini e limitata ad occidente da una scarpata;
- estese fasce sia in destra che in sinistra idrografica a partire dall'attraversamento della strada provinciale n. 175.

Le aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali più significative sono:

- area in sinistra idrografica delimitata ad oriente da Via Manzoni, a partire dal limite nord del comune per tutto il tratto rettilineo di strada;
- area in destra idrografica in corrispondenza della curvatura di Via Manzoni e delimitata ad occidente dal versante;
- area in destra idrografica sede del campo sportivo;
- area in sinistra idrografica di fronte al campo sportivo, fino a Via Donizetti;
- fascia in sinistra idrografica dal ponte di via San Rocco fino alla strada provinciale delimitata ad oriente da Via Verdi;
- estesa area in destra idrografica corrispondente alla porzione pianeggiante

## **8.3 Reticolo idrico minore**

### **8.3.1 Torrente Lesina**

Il torrente Lesina si origina lungo i versanti a nord dei comuni di Barzana e di Almenno S. Bartolomeo e scorre lungo il confine orientale del comune di Barzana.

Il suo andamento è pressoché parallelo al torrente Borgogna: il primo tratto ha direzione NO-SE con tendenza a S nel tratto di territorio più pianeggiante.

La lunghezza del torrente nel comune è di circa 2 km con una pendenza del talweg del 1,25%.

Morfologicamente ha un aspetto meandriforme con curvature molto nette e cambi di direzione ravvicinati. Il talweg ha una larghezza variabile fra 8 e 10 m con un dislivello del fondo di circa 2 m.

L'alveo è caratterizzato dalla presenza di scarso materiale a granulometria piuttosto fine: il trasporto solido, in condizioni di piena ordinaria è modesto.

### **Aree a potenziale rischio di esondazione**

Le aree frequentemente inondabili sono riferite alle sole presenti sul territorio comunale di Barzana, quindi tutte in destra idrografica:

- area corrispondente alla zona di divagazione del torrente a sud di Via Longoni fino all'altezza di Albarida;
- fascia di limitata estensione a partire da Albarida fino al ponte di via Donizetti, delimitata ad ovest da un cambio di pendenza della topografia;
- fascia di larghezza variabile comprendente le porzioni più prospicienti il torrente fino alla sua intubazione in località Sorte.

Le aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali più significative sono:

- fascia più o meno estesa attorno all'area frequentemente esondabile comprendente anche le aree edificate più prossime al torrente di via Albarida e via Donizetti;
- fascia attorno all'area frequentemente esondabile a sud di Via Donizetti di estensione variabile;
- area immediatamente a monte della strada provinciale comprendente in terreno più depresso;
- area estesa a valle della strada provinciale comprendente alcuni edifici nei pressi di via Sorte e l'industria.

### **8.3.2 Rio Monte delle Rode**

Il reticolo idrografico nel comune di Barzana comprende anche un piccolo corso d'acqua che nasce dai versanti di Monte delle Rode. In questo primo tratto l'incisione è molto accentuata con un alveo di alcuni metri di ampiezza e profondità.

Il tratto a valle della strada provinciale è costituito da un impluvio di limitate dimensioni, canalizzato artificialmente al passaggio nel comune di Mapello.

Esso è normalmente privo di acqua, tuttavia la significatività morfologica fa supporre che esso possa essere sede di un significativo scorrimento di acqua in condizioni di pioggia intensa.

Con buona probabilità la portata che può essere contenuta nel tratto più inciso di tale torrente, non riesce invece ad essere smaltita nel tratto a valle, dove le dimensioni dell'alveo si riducono notevolmente.

### **Aree a potenziale rischio di esondazione**

Le valutazioni sul rio Monte delle Rode hanno consentito di definire che le dimensioni del suo alveo nel tratto a valle della strada provinciale risultano insufficienti a smaltire le portate provenienti da monte, soprattutto in occasione di eventi meteorici intensi.

È stata così individuata un'area frequentemente esondabile in corrispondenza della sede dell'impluvio stesso, mentre è stata delimitata l'area allagabile in occasione di eventi meteorici eccezionali: essa comprende tutta la piana di Ca' Fittavoli.

### **8.4 Problematiche connesse allo scorrimento superficiale di acqua**

In alcune porzioni del territorio comunale sono stati evidenziati problemi di difficoltà di smaltimento delle acque di dilavamento superficiale. Questi fenomeni sono stati evidenziati in particolare nella zona di Albarida e di Arzenate e su di essi sono già stati effettuati studi approfonditi da parte dello Studio Geologico Lecchese.

Per la zona di Albarida si evidenzia che:

- il sistema di drenaggio esistente delle acque non è sufficiente a smaltire la portata meteorica perchè modificato nel tempo a seguito dell'intensa

urbanizzazione che non ha tenuto conto dell'allontanamento delle acque, causando invece ristagno e infiltrazione in alcune zone;

- la rete fognaria non è in grado di smaltire le acque meteoriche di eventi intensi.

Per la zona di Arzenate si evidenzia che:

- il sistema di drenaggio esistente delle acque sia a monte che a valle della zona non è sufficiente a smaltire la portata meteorica con conseguente accumulo di acqua sulla superficie;
- la situazione topografica della zona non favorisce già naturalmente il deflusso delle acque verso il torrente Borgogna;
- la presenza del rilevato stradale della S.P. n. 175, taglia un sistema di canaline drenanti impedendo il flusso delle acque verso i campi a sud; ciò favorisce l'accumulo e l'infiltrazione delle acque in prossimità delle abitazioni;
- il dreno sottostante il rilevato stradale è occluso con conseguente concentrazione dei flussi verso il sottopasso di Via Arzenate.

I problemi sopra evidenziati, e non ancora risolti, hanno condotto a perimetrare vaste aree all'interno delle quali possono verificarsi problemi di accumulo dell'acqua meteorica, soprattutto in occasione di eventi brevi e intensi, difficilmente smaltibili dalla rete fognaria esistente.

Per tali aree è stata predisposta una normativa specifica.

## **8.5 Fonti di approvvigionamento**

Il comune di Barzana è servito dal sistema acquedottistico del Consorzio dell'Isola, che comprende 17 comuni collegati da un'unica rete di distribuzione.

Le fonti di approvvigionamento utilizzate a scopo idropotabile sono costituite da 11 pozzi e 5 sorgenti, per un totale di 244,5 l/s.

All'interno del territorio comunale non sono presenti né pozzi pubblici, né impianti di potabilizzazione. E' presente, invece, un serbatoio situato sulla sommità del rilievo a nord del comune di Barzana.

Il Piano Regionale di Risanamento delle acque (P.R.R.A.) della Provincia di Bergamo del 1994 prevede per l'anno 2016 un incremento delle fonti di approvvigionamento necessario per far fronte ai bisogni idrici.

Per Barzana è stato calcolato un fabbisogno massimo giornaliero di 833,6 mc/g, con una portata di punta di 18,51 l/s, stimando una popolazione residente al 2016 di 1143 abitanti.

### **8.6 Collettamento e depurazione**

Il comune di Barzana è fornito di una rete di collettamento fognaria, distribuita su quasi tutto il centro urbanizzato. Fino al mese di settembre 2002 i reflui venivano convogliati nel depuratore comunale posto a sud del paese; successivamente il collettore fognario si immette nella rete intercomunale che scarica nel depuratore di Brembate Sopra.

### **8.7 Qualità delle acque superficiali**

Per quanto riguarda la qualità delle acque superficiali del torrente Borgogna non si dispone di informazioni ufficiali in quanto non oggetto di monitoraggio nell'ambito della rete provinciale.

Per quanto riguarda, invece, la qualità delle acque del torrente Lesina, una stazione di campionamento è posta nel comune di Bonate Sotto, al centro del paese, in vicinanza della confluenza del torrente con il fiume Brembo.

I risultati delle analisi svolte negli anni 1988-1989 denotano una situazione molto preoccupante: le cariche batteriche (coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali) sono molto elevate.

Gli elementi chimici mostrano concentrazioni elevate e variabili nel tempo non riconducibili a cause naturali, così come altri parametri (COD, fosfati, boro, azoto ammoniacale, etc.) sono costantemente elevati.

Anche i dati biologici confermano tale situazione di degrado.

Tutti i dati rilevano una notevole alterazione delle acque imputabile in prevalenza ai reflui fognari.

## 8.8 Elementi rappresentati in carta

Gli elementi idrografici e idrologici rappresentati nella Tav. 4 sono:

- *corso d'acqua;*
- *principali fossi irrigui;*
- *limite bacino idrografico;*
- *direzione preferenziale delle acque superficiali;*
- *possibile punto di ostruzione del deflusso:* lungo il torrente Lesina si rilevano n. 2 punti di possibile ostruzione del deflusso delle acque incanalate posti in corrispondenza dell'attraversamento di via Donizetti e della S.P. n. 175; lungo il torrente Borgogna si individuano n. 3 punti di possibile ostruzione a valle della strada provinciale;
- *opere di difesa spondale:* lungo il torrente Borgogna sono presenti muri di difesa spondale nel tratto che attraversa il centro abitato e nel tratto a valle dell'attraversamento della S.P. n. 175;
- *aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali:* dettagliate per ciascun torrente nei paragrafi precedenti;
- *aree frequentemente inondabili:* dettagliate per ciascun torrente nei paragrafi precedenti;
- *aree con problematiche connesse allo scorrimento delle acque superficiali:* zona di Albarida e di Arzenate (vedi par. 8.4).

## 9 IDROGEOLOGIA

### 9.1 Criteri di indagine

La caratterizzazione delle unità idrogeologiche presenti nel sottosuolo si è basata sui dati bibliografici a disposizione, integrata con l'elaborazione di una sezione idrogeologica orientata all'incirca in direzione NNW-SSE, considerando i dati dell'unico pozzo privato presente sul territorio comunale.

## 9.2 Struttura idrogeologica

La struttura idrogeologica nel territorio di Barzana è condizionata dai rilievi prospicienti l'area pianeggiante: i depositi pleistocenici di origine prevalentemente fluvio-glaciale e fluviale poggiano su un substrato roccioso di età cretacea, la cui morfologia ha condizionato la sedimentazione. Tali depositi sono stati successivamente incisi dai corsi d'acqua che attualmente attraversano in direzione nord-sud il territorio comunale.

Dalla ricostruzione riportata nella sezione idrogeologica è possibile identificare un acquifero vero e proprio all'interno dei depositi appartenenti all'Unità di Carvico (Bacino dell'Adda) e all'Unità di Brembate (Bacino del Brembo).

Si tratta di depositi grossolani ghiaiosi a supporto clastico con matrice sabbiosa di origine fluvio-glaciale, ma appartenenti a due bacini di alimentazione differenti. Lo spessore dell'acquicluda nel territorio comunale è fortemente influenzato dalla presenza dei rilievi collinari, comunque si può indicare pari a circa 20÷25 m. L'orizzonte impermeabile basale di questo acquifero corrisponde al primo livello argilloso pleistocenico presente in continuità nell'alta pianura.

La ricarica dell'acquifero è diretta nelle aree di affioramento dei depositi fluvio-glaciali e fluviali, dove la copertura loessica è discontinua o assente, mentre è impedita o difficoltosa dove affiorano i depositi appartenenti al Complesso di Palazzago, trattandosi di depositi a granulometria prevalentemente fine di spessore talora considerevole.

### 9.2.1 Piezometria

L'andamento piezometrico, riportato nella Tav. n. 4, è stato desunto dalle misurazioni dei livelli idrici dei pozzi, presenti sul territorio di Barzana (n. 1 pozzo privato) e nei comuni confinanti.

Le misure piezometriche dei pozzi sono state pubblicate nel rapporto dell'ARPA di Bergamo negli anni 1999÷2001 ("Monitoraggio delle acque sotterranee della provincia di Bergamo") e in quelli del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca relativi agli anni 1989÷1992.

Si sottolinea che la ricostruzione della piezometria è possibile solo nella porzione pianeggiante del territorio comunale; in corrispondenza dei rilievi collinari,

costituiti dal substrato roccioso, non è stato possibile individuare un andamento dei livelli idrici, in quanto la circolazione di acqua non è condizionata dalla permeabilità intrinseca del bedrock, ma bensì dalla permeabilità secondaria, che dipende dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso.

In generale, si può osservare che:

- le isopieze sono comprese fra il valore di 270 e 250 m s.l.m.;
- l'andamento della superficie piezometrica è abbastanza costante con una direzione prevalente NW-SE;
- la soggiacenza della falda è variabile tra i 25 metri della porzione settentrionale del comune e i 15 metri, nella porzione meridionale;
- la ricostruzione mostra che i corsi d'acqua principali (torrente Borgogna e Lesina) non condizionano l'andamento della falda, ovvero non fungono da limite idrogeologico.

Non avendo a disposizione misurazioni sulle variazioni dei livelli idrici del pozzo ubicato nel comune non è possibile stabilire un trend dei livelli piezometrici nel tempo.

Alla scala stagionale si può supporre che le variazioni dei livelli piezometrici, probabilmente molto limitate, mostrano una ciclicità connessa all'apporto legato alle precipitazioni che indicano due periodi di massima uno primaverile e uno autunnale.

### **9.2.2 Vulnerabilità dell'acquifero**

La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero esprime la caratteristica con cui un inquinante generico riesce a raggiungere la falda trasportato dall'acqua che la contamina.

Il grado di vulnerabilità dipende essenzialmente da vari fattori:

- *permeabilità della zona non satura*: la protezione della falda è condizionata dallo spessore e dalla permeabilità del terreno sopra la falda e dalla presenza di suoli argillosi. Nel territorio comunale la zona non satura è costituita da depositi di varia origine (principalmente fluvioglaciali) a granulometria grossolana in matrice fine, talora abbondante, (permeabilità medio-bassa), con una copertura abbastanza continua

limoso-argillosa, che offre sufficienti garanzie di protezione (vulnerabilità medio-bassa);

- *soggiacenza della falda*: i valori di soggiacenza sono compresi fra i 18 m e i 25 m;
- *caratteristiche idrogeologiche dell'acquicluda*: l'acquifero freatico possiede elevata permeabilità ma sono presenti orizzonti fini continui che limitano la diffusione di inquinanti;
- *presenza di corpi idrici superficiali*: sono presenti corpi idrici superficiali ma non interferenti con la falda, infatti non fungono né da superficie drenante né alimentante.

### 9.3 Permeabilità del terreno

Nella Tav. n. 4 sono state distinte diverse aree sulla base delle caratteristiche di permeabilità dei depositi sciolti e del substrato roccioso:

- aree caratterizzate dalla presenza del substrato roccioso marnoso-arenaceo con copertura sciolta avente uno spessore di pochi metri; in tali ambiti la permeabilità è condizionata principalmente dalla fratturazione e dalla giacitura degli strati della roccia. Indicativamente, le rocce flyschoidi sono poco permeabili, con valori di permeabilità mediamente pari a  $10^{-7}$  m/sec;
- aree costituite da depositi ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa a media permeabilità, suturati in discontinuità da suoli argillosi di limitato spessore; la permeabilità si attesta attorno ai  $10^{-4} \div 10^{-5}$  m/sec;
- aree costituite in prevalenza da depositi ghiaiosi in abbondante matrice limo-argillosa. La copertura di tipo argilloso è presente in continuità con spessori anche di alcuni metri. I valori di permeabilità si aggirano intorno a  $10^{-6} \div 10^{-7}$  m/sec quindi definiscono dei terreni a bassa permeabilità.

Si sottolinea che i valori di permeabilità sopra riportati sono del tutto indicativi, per una caratterizzazione generale del sottosuolo. Trattasi di valori estrapolati indirettamente, in base alla granulometria dei depositi sciolti presenti nel territorio comunale; la definizione del grado di permeabilità del substrato roccioso si riferisce invece a dati estrapolati da pubblicazioni presenti in bibliografia.

#### 9.4 Elementi rappresentati in carta

Gli elementi idrogeologici rappresentati nella Tav. 4 sono:

- *isopieze*;
- *direzione di deflusso falda*;
- *pozzo privato*;
- *aree a differente permeabilità* (dettagliate nel par. 9.3);
- *Rete fognaria*: dati desunti dal PRRA (Piano Regionale di Risanamento Acque della Provincia di Bergamo)  
principale condotta acque miste;  
collettore;  
scaricatore di piena;  
stazione di sollevamento;  
punto di scarico;  
depuratore;  
vasca volano;
- *scarico autorizzato*: si tratta di scarichi autorizzati, civili o produttivi, in corso d'acqua superficiale;
- *rete acquedottistica*: dati desunti dal PRRA (Piano Regionale di Risanamento Acque della Provincia di Bergamo)  
rete di distribuzione;  
adduttrice principale;  
serbatoio;  
pozzo.

### 10 ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO COMUNALE

#### 10.1 Classificazione sismica del territorio comunale

Con l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" viene definita la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, precedentemente stabilita

dal D.M. 5 marzo 1984; tale ordinanza è in vigore dal 23 ottobre 2005 e la Regione Lombardia ha preso atto di tale classificazione con d.g.r. del 7/11/2003 n. 14964.

In base alla suddetta Ordinanza, il territorio comunale di Barzana è inserito nella **zona sismica 4**.

## 10.2 Risposta sismica locale - Generalità

L'analisi della risposta sismica locale unitamente alla valutazione della pericolosità sismica di base concorrono alla microzonazione sismica di un dato ambito territoriale, individuando e delimitando le zone alle quali vengono attribuiti parametri e prescrizioni finalizzati alla riduzione del rischio sismico da applicare nella pianificazione urbanistica, nella progettazione di edifici e in fase di emergenza.

In particolare si definisce:

- *pericolosità sismica locale*: previsione delle variazioni dei parametri della pericolosità di base e dell'accadimento di fenomeni di instabilità dovute alle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito; è valutata a scala di dettaglio partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base e analizzando i caratteri geologici, geomorfologici e geologico-tecnici del sito.
- *pericolosità sismica di base*: previsione deterministica o probabilistica che si possa verificare un evento sismico in una certa area in un determinato intervallo di tempo;

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere presi in considerazione 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 della categoria di terreno variano i parametri richiesti dalle procedure di calcolo per la stima della pericolosità e di conseguenza variano le prove necessarie da eseguire in sito e in laboratorio per la valutazione dei parametri richiesti. Le due categorie di terreno sono:

- *terreni sismicamente stabili* quando gli sforzi ciclici generati dal terremoto rimangono inferiori alla resistenza al taglio che il terreno possiede sotto carichi ciclici; il materiale comunque non arriva alla rottura;
- *terreni sismicamente instabili* quando gli sforzi ciclici indotti dal sisma raggiungono o superano la resistenza al taglio dei terreni stessi che pertanto si deformano permanentemente (rottura).

In funzione, quindi, della categoria del terreno si distinguono due grandi gruppi di effetti locali:

- ***gli 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, 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: gli effetti di amplificazione topografica che 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. Tale amplificazione è condizionata dalle caratteristiche geometriche e dal materiale di cui è costituito il rilievo stesso: se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso, 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 tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto.

Gli effetti di amplificazione litologica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie stratigrafiche) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare l'amplificazione 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.

- **gli 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 (collassi, grandi movimenti franosi); 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'innescio 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 (contatti stratigrafici o tettonici) 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 fluiscenti 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.

### 10.3 Criteri di indagine

In conformità a quanto stabilito dall'Allegato 5 dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12", l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito vengono codificate a livello procedurale mediante tre diversi livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

- il **primo livello** consiste nell'individuazione delle aree di possibile amplificazione sismica sulla base dei dati già riportati nella cartografia di inquadramento (carta geologica, geomorfologica) e nella successiva redazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL) secondo gli scenari indicati nella tabella 1 di seguito riportata. La carta di pericolosità sismica locale permette inoltre l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari (vedi tabella 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	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1: scenari di pericolosità sismica locale (PSL)

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	<b>Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi</b>	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
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	H2– livello di approfondimento 3°

Tabella 2: classi di pericolosità per ogni scenario di PSL

- il **secondo livello** consiste nella determinazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrale nella carta di pericolosità sismica locale; tale analisi fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del fattore di amplificazione (Fa).

- il **terzo livello** consiste nell'analisi quantitativa degli effetti di amplificazione sismica; tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi: a) quando, a seguito dell'analisi di secondo livello, il valore di Fa calcolato è superiore al Fa soglia stabilito per ciascun comune dalla Regione Lombardia; b) in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni; c) in corrispondenza di zone di contatto stratigrafico e/o tettonico.

In base alla zona sismica di appartenenza, la normativa regionale prevede l'applicazione dei livelli di approfondimento sopra riportati secondo le seguenti modalità:

<b>Zona sismica</b>	<b>1° livello fase pianificatoria</b>	<b>2° livello fase pianificatoria</b>	<b>3° livello fase progettuale</b>
2 e 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 dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; - nelle PSL Z1 e Z2
4	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (d.d.u.o. n. 19904/03) fermo restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici	- nelle aree indagate con il 2° livello dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; - nelle PSL Z1 e Z2 solo per edifici strategici e rilevanti

Alla luce di tali indicazioni, il comune di Barzana, classificato come zona sismica 4, è tenuto a redigere la carta di pericolosità sismica locale (1° livello), mentre l'applicazione del 2° livello diventa obbligatoria solo nelle zone PSL Z3 e Z4 nel caso sia prevista la progettazione di edifici strategici e rilevanti.

In accordo con il Comune, è stato deciso di effettuare l'analisi di 2° livello in corrispondenza di due aree di futura espansione urbanistica, dove si ipotizza la realizzazione di nuove strutture per l'istruzione e di edifici industriali.

Tali ambiti si collocano nella porzione centrale del territorio comunale, lungo l'asse della S. P. n. 175; in particolare, la prima area di interesse si colloca immediatamente a nord della strada provinciale, all'incrocio con via Verdi, mentre la seconda è posta a nord della zona artigianale di via Ca' Fittavoli.

#### **10.4 Applicazione del 1° livello**

Sulla base della cartografia di inquadramento, è stata redatta la carta della pericolosità sismica locale (Tav. 5), che individua i diversi scenari in grado di determinare gli effetti di amplificazione sismica locale contenuti nella tabella 1 sopra riportata.

##### **10.4.1 Carta di pericolosità sismica locale**

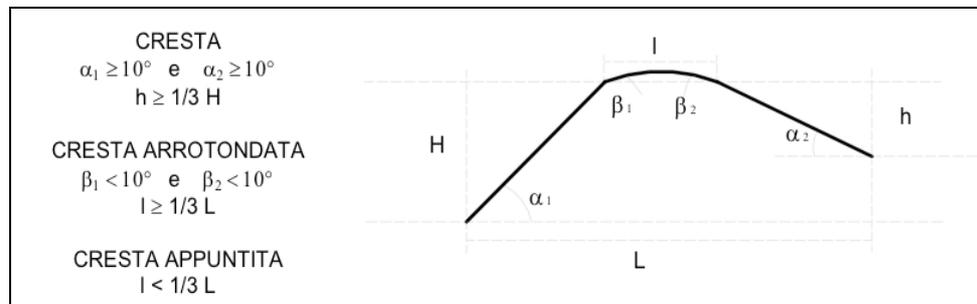
All'interno del territorio comunale di Barzana sono stati individuati i seguenti scenari di pericolosità sismica locale:

- **Z4a** - zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi (effetti sismici attesi: amplificazioni litologiche).

Tale scenario interessa buona parte del territorio comunale di Barzana, caratterizzato da una morfologia pianeggiante, debolmente digradante verso sud, dove sono presenti in prevalenza depositi di origine fluvioglaciale appartenenti al bacino del Brembo (Complesso di Palazzago e Complesso di Almenno) e dell'Adda (Unità di Carvico).

Dall'analisi della carta geologica e dei dati litostratigrafici desunti da indagini in sito (prove penetrometriche, sondaggi a carotaggio continuo) effettuate dallo scrivente nel corso degli anni all'interno del territorio comunale, emerge la presenza di depositi ghiaiosi in matrice sabbiosa o limoso-argillosa, talora prevalente, con clasti da subarrotondati a subspigolosi, suturati in sommità da limi e argille a clasti residuali, localmente con uno spessore di alcuni metri.

- **Z4b** - zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre (effetti sismici attesi: amplificazioni litologiche).  
Trattasi di un conoide posto allo sbocco di una vallecchia che incide in direzione nord le colline di Barzana, la cui connotazione morfologica risulta poco accentuata, con forma planimetrica a triangolo, con scarsa o nulla convessità trasversale.
- **Z3b** - zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo: appuntite - arrotondate (effetti sismici attesi: amplificazioni topografiche): per l'individuazione degli elementi lineari dello scenario Z3b ci si è basati sulla carta geomorfologica (Tav. 3), applicando i criteri di riconoscimento contenuti nell'Allegato 5 della l.r. n. 12/2005 di seguito riportati:



dove

L è uguale alla larghezza del rilievo alla base e I corrisponde alla larghezza in sommità;

H rappresenta il dislivello altimetrico massimo scelto in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche, mentre h rappresenta il dislivello altimetrico minimo.

In considerazione di tali geometrie, nella carta di pericolosità sismica locale sono stati individuati n. 2 creste appuntite e n. 1 cresta arrotondata in corrispondenza dei rilievi collinari (Monte delle Rode) che caratterizzano la porzione nord-ovest del territorio comunale.

### 10.5 Applicazione del 2° livello

L'analisi di 2° livello è stata effettuata esclusivamente in corrispondenza delle 2 aree di possibile futura espansione urbanistica, entrambe poste all'interno

dello scenario PSL Z4a; ciò comporta la valutazione degli effetti di amplificazione litologica.

### 10.5.1 Valutazione delle amplificazioni litologiche

#### Metodologia

La valutazione delle amplificazioni litologiche richiede i seguenti dati:

- litologia prevalente del terreno;
- profilo stratigrafico del terreno;
- andamento delle  $V_s$  con la profondità, fino a 800 m/sec;
- spessore e velocità delle  $V_s$  di ciascuno strato.

Sulla base di alcuni parametri geotecnici (curva granulometrica,  $N_{SPT}$ ) si individua la litologia prevalente presente nell'ambito territoriale considerato e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento: n. 1 scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose, n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e 2), n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e 2); n. 1 scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

A ciascuno dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzata nella procedura di 2° livello deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la tabella:

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici ( $V_s$ )	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Una volta individuata la scheda di riferimento, è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori delle  $V_s$  con la profondità.

All'interno della scheda viene scelta, in funzione della velocità e dello spessore dello strato superficiale, la curva più appropriata per la valutazione del fattore di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 sec (n. 3 curve e relative formule) e

0,5÷1,5 sec (n. 1 curva e relativa formula). Le formule rappresentative di ciascuna curva sono funzione del periodo proprio del sito (T), calcolato considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di Vs è uguale o superiore a 800 m/sec; la formula per il calcolo del periodo T è la seguente:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove Vs<sub>i</sub> e h<sub>i</sub> sono rispettivamente la velocità e lo spessore di ciascuno strato.

Il fattore di amplificazione calcolato applicando le suddette schede viene poi confrontato con il valore soglia fornito dalla banca dati della Regione Lombardia per ciascun comune, definito per le diverse categorie di suolo (categoria B, C, D, E) nei due intervalli 0,1÷0,5 sec e 0,5÷1,5 sec.

Tale valore soglia rappresenta il valore oltre il quale lo spettro di risposta proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica del sito.

La Regione Lombardia indica per il territorio di Barzana i seguenti valori soglia di Fa per il periodo 0,1÷0,5 sec e per il periodo 0,5÷1,5 sec:

<i>Valori soglia per il periodo compreso tra 0,1÷0,5 sec</i>					
		Categoria di suolo			
<i>Comune</i>	<i>Classificazione</i>	<i>tipo B</i>	<i>tipo C</i>	<i>tipo D</i>	<i>tipo E</i>
Barzana	4	1,4	1,8	2,2	2,0

<i>Valori soglia per il periodo compreso tra 0,5÷1,5 sec</i>					
		Categoria di suolo			
<i>Comune</i>	<i>Classificazione</i>	<i>tipo B</i>	<i>tipo C</i>	<i>tipo D</i>	<i>tipo E</i>
Barzana	4	1,7	2,4	4,2	3,1

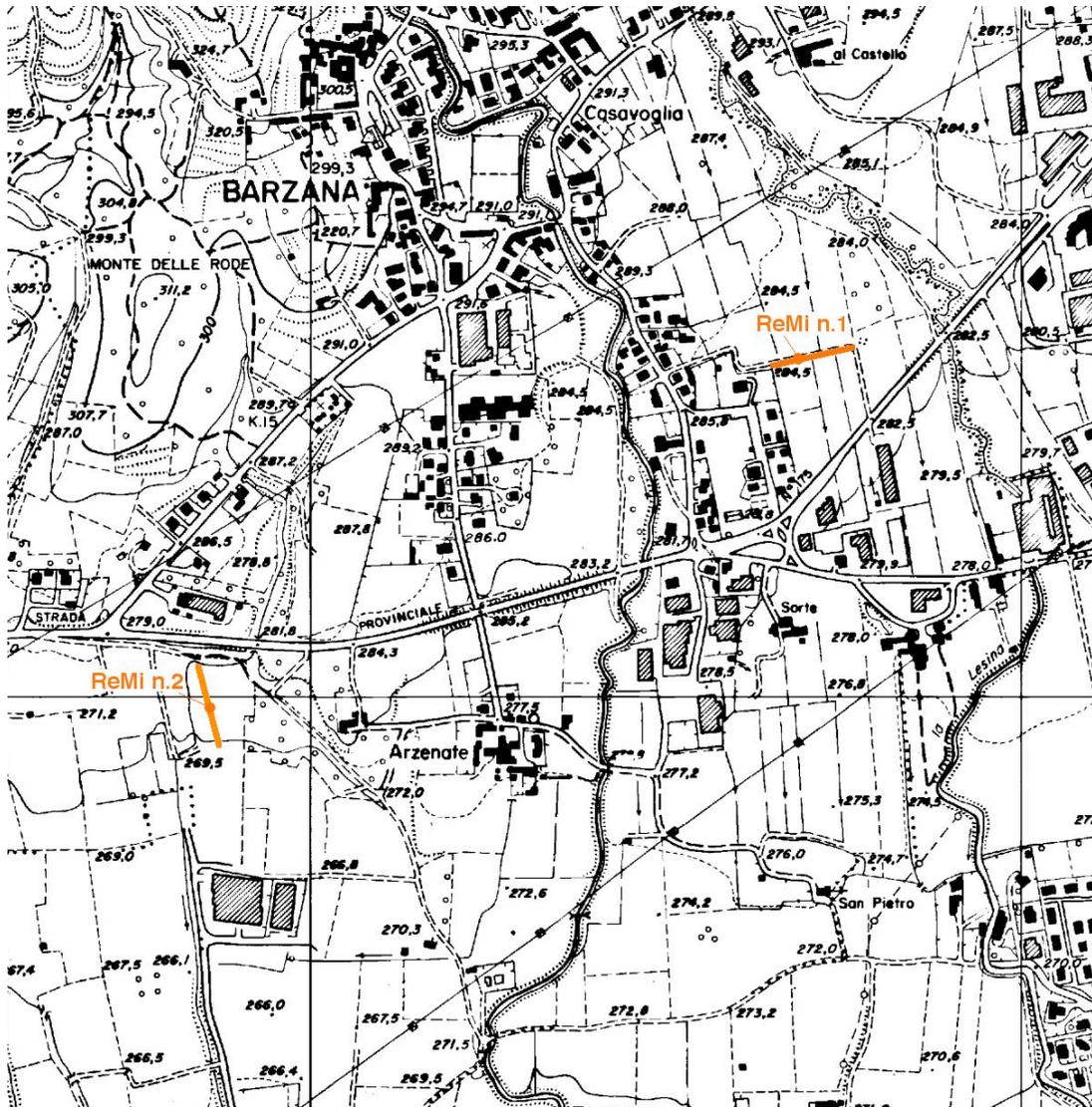
### **10.5.2 Indagini geofisiche**

Nell'ambito dell'applicazione del 2° livello sono stati effettuati n. 2 stendimenti di sismica passiva con metodologia ReMi per la definizione dei seguenti parametri:

- stratigrafia sismica del sottosuolo;
- frequenza di risonanza della copertura sedimentaria;
- profilo di velocità delle onde trasversali (onde S);
- definizione della categoria di suolo di fondazione del sito ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, secondo quanto previsto dalla normativa sismica vigente (OPCM 3274/2003).

#### **Ubicazione ReMi**

Lo stendimento n. 1 è stato effettuato all'interno di un area pianeggiante ad uso agricolo posta immediatamente a nord della S. P. 175, all'incrocio con via Verdi, mentre lo stendimento n. 2 è stato effettuato in un ambito prativo debolmente digradante verso sud, a nord dell'area artigianale di via Ca'Fittavoli.



Localizzazione indagini di sismica passiva con metodologia ReMi  
(scala 1:10.000)

### Metodologia

Sono state effettuate n. 2 linee sismiche diversamente orientate e della lunghezza di 115 metri, utilizzando due cavi sismici e 24 geofoni, con spaziatura pari a 5 metri.

E' stato usato un sismografo multicanale capace di acquisire fino a 36.000 campioni per canale con intervallo di campionamento da 1 a 4 ms in formato SEG2 o SEG-Y. I cavi dei geofoni hanno spaziatura delle uscite di 10 metri con la possibilità di tutte le misure intermedie.

I geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4.5 Hz sono stati usati per l'analisi dei profili verticali delle onde S. Come sorgente di energia delle onde superficiali si è sfruttato il "noise" ambientale a banda larga.

L'acquisizione dati è consistita nel campionamento dell'ambiente e/o delle onde di superficie generate (un evento di campionamento) in corrispondenza della stessa sismica per diversi secondi.

I parametri di acquisizione adottati sono i seguenti:

- sample rate 2 m/s;
- record length 32 s;
- numero di misure acquisite = 10.

Poiché non si era in presenza di una sorgente fissa di "noise" e soprattutto per la presenza di ostacoli soggettivi, non si è provveduto a ruotare di 90° lo stendimento sismico (accompagnato dalla ripetizione di alcune acquisizioni).

L'analisi complessiva del segnale mitiga l'effetto della unidirezionalità della sorgente ed evita di incorrere nella sottostima della velocità di fase durante la successiva e delicata operazione di picking.

### **Interpretazione dei dati acquisiti**

I dati acquisiti in campagna sono stati trasferiti dal sismografo al personal computer, utilizzando per l'interpretazione il software SeisOpt ReMi della Optim.

### **Analisi del segnale**

Nella prima fase elaborativa dei record, l'interprete si è limitato ad eseguire alcuni passi obbligati quali la conversione dei file ed il preprocess semiautomatizzato che filtra ed equalizza le tracce. Inoltre sono stati introdotti alcuni parametri: la geometria utilizzata, la frequenza massima da indagare, la velocità di fase minima di partenza ed il numero di vettori "slowness" ( $np=2*n$  geofoni).

Gli ultimi tre parametri, opportunamente scelti, concorrono ad aumentare il dettaglio dello spettro di potenza  $p-f$  ed a renderlo più adatto ad una campionatura meno ambigua della curva di dispersione.

Sostanzialmente il corretto dimensionamento dei parametri suesposti e che sono suggeriti dall'esperienza dell'interprete, ha lo scopo di diminuire il

grado di incertezza e di arbitrarietà che distingue le operazioni di campionature della curva di dispersione.

### **Picking**

Muovendosi con il puntatore del mouse sopra l'immagine  $p-f$  (fig. 1/b) sono state selezionate un ragionevole numero di triplete di valori  $(f, p, V_{\text{apparente}})$  ricalcando il trend visualizzato nel grafico  $p-f$ .

I criteri che si è cercato di seguire nella scelta del picking sono :

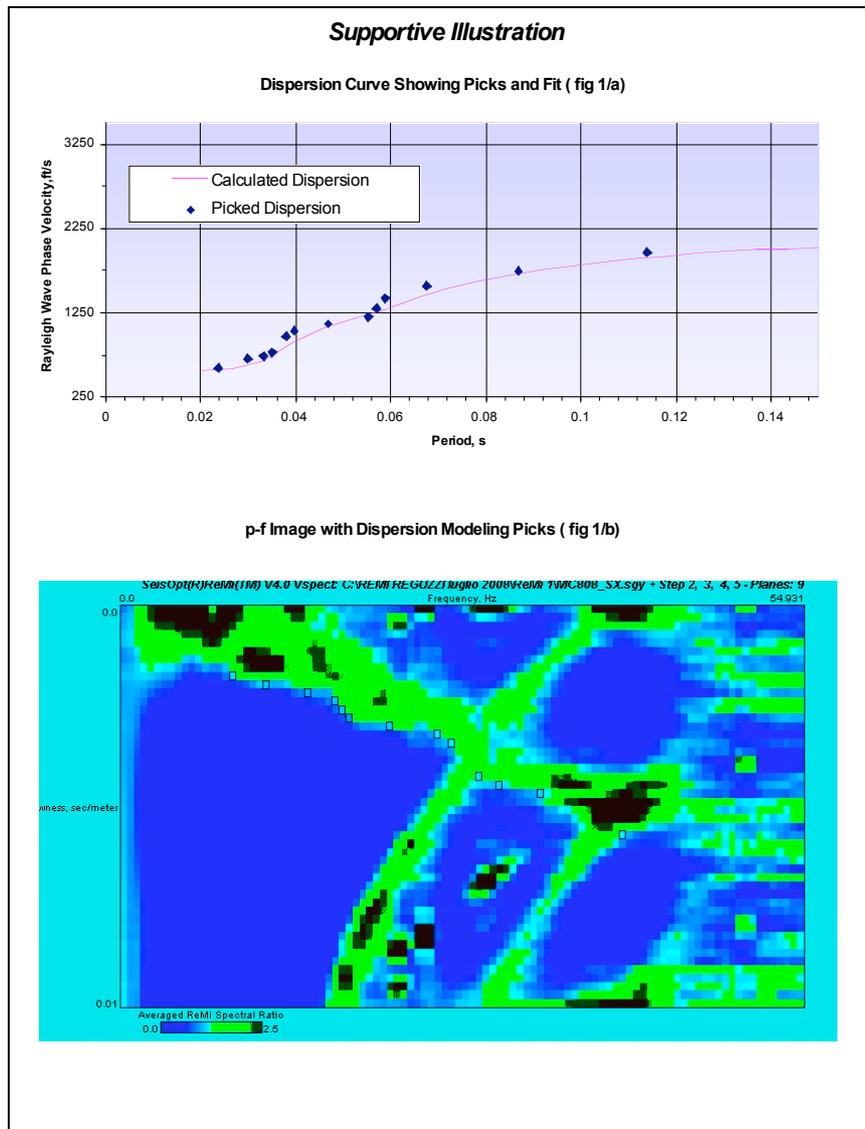
- preferibilmente selezionare solo quelle triplete contraddistinte da una buona definizione dello spettro di potenza (elevata intensità di segnale).
- si è cercato di scegliere la velocità più bassa, prossima al confine tra incoerenza propria del rumore e segnale ( tonalità azzurre posizionate al contatto tra verde/giallo e blu/viola ) in quanto eseguire il picking lungo l'inviluppo a velocità più bassa fornisce maggiori garanzie di campionare velocità che appartengono al modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

### **Modellazione delle onde di taglio**

I dati selezionati dall'immagine  $p-f$  sono stati plottati su un diagramma nel quale compare una curva di distorsione (fig. 1) calcolata a partire da un modello di  $V_s$  che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di distorsione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

Si tratta di una modellazione diretta, monodimensionale, che può accettare inversioni di velocità con la profondità ed in cui conta molto l'esperienza del geofisico.

Si ricorda, infine, che i profili di  $V_s$  ricavati con il metodo ReMi non presentano una soluzione univoca in quanto più di un modello può fornire curve di dispersione simili tra loro e con il medesimo RMS; pertanto è fondamentale avere delle conoscenze dirette sulla stratigrafia del sottosuolo indagato.



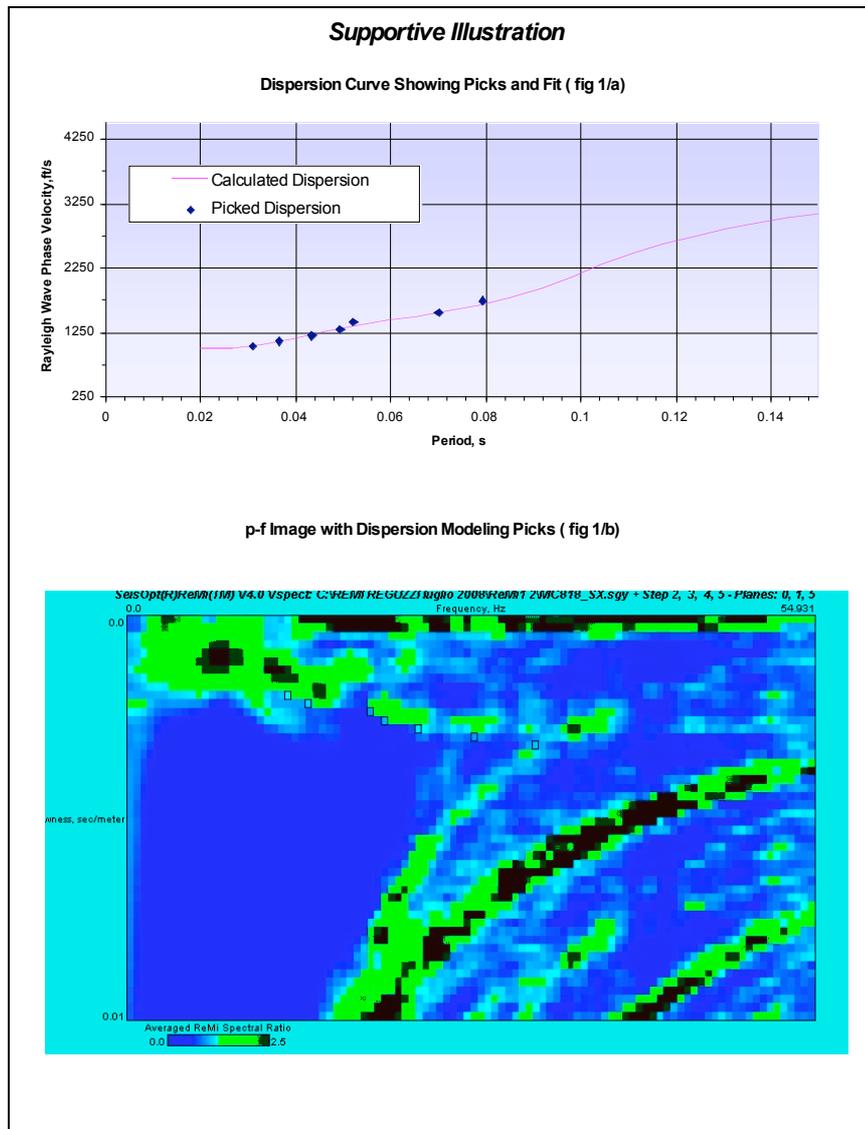


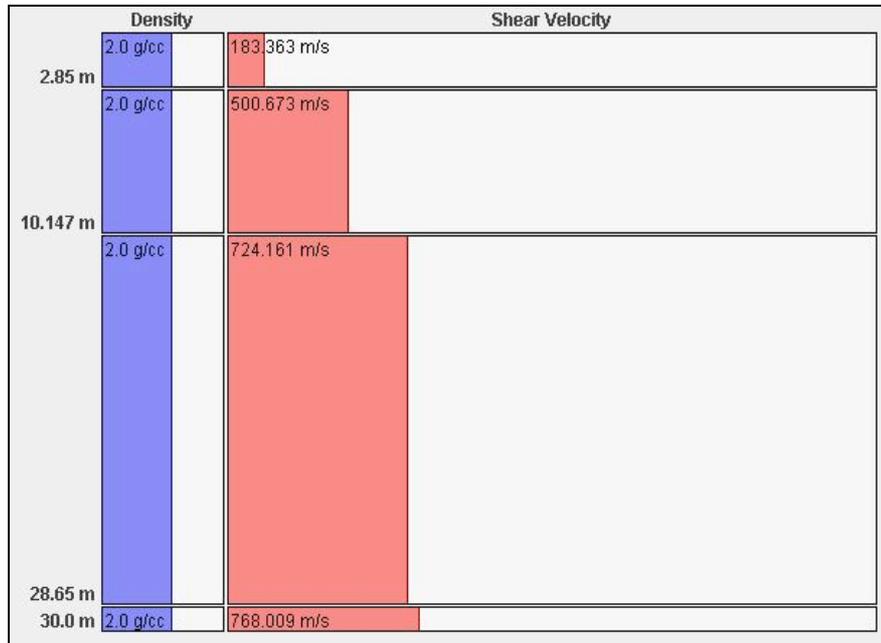
Fig. 1: modellizzazione onde di taglio

### Modello diretto

Nella fig. 2 “Vs model” viene diagrammato l’andamento delle onde di taglio e di compressione secondo un rapporto profondità/velocità. In questo modo è possibile ricostruire un modello del terreno che, sostanzialmente, si traduce in una successione stratigrafica.

L’analisi del sottosuolo mediante le tecniche che utilizzano le onde di superficie consente di evidenziare, dove presenti, al contrario di quanto avviene con la rifrazione, le inversioni di velocità consentendo così di esacerbare situazioni anomale e delicate dal punto di vista prettamente geotecnico (strati più lenti al di

sotto di strati più veloci e quindi ad elevata rigidità). Il picking evidenzia sullo spettro la morfologia che assume in presenza di un'inversione di velocità nei materiali che caratterizzano la struttura del sottosuolo.



ReMi n. 1



ReMi n. 2

Fig. 2: modello diretto

### Calcolo delle $V_{s30}$

L'applicazione del software SeisOpt ReMi Version 3.0 consente di calcolare attraverso la determinazione della "Dispersion Curve", il valore delle velocità di taglio ( $V_s$ ) nell'ambito dei primi 30 o più metri investigati.

Sulla base di quanto sopra esposto, si è provveduto successivamente al calcolo delle  $V_{s30}$  mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = 30 / (\sum_{i=1, N} h_i / V_i)$$

dove :

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

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

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

Alla luce dei valori di  $V_s$  definiti per ciascuno dei sismostrati individuati dagli stendimenti di sismica passiva, è stato calcolato il valore di  $V_{s30}$ , necessario per l'attribuzione della categoria di suolo secondo l'Ordinanza n. 3274 del marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato dal **ReMi n. 1** è di **525 m/s**, mentre dal **ReMi n. 2** **582 m/s**.

Tali valori di  $V_{s30}$  ricadono nella **categoria di suolo B** definita come "*rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori da valori  $V_{s30}$  compresi tra 360 e 800 m/s ( $N_{SPT\ 30} > 50$  nei terreni a grana grossa,  $C_u > 250$  kPa nei terreni a grana fine)".

### 10.5.3 Schede litologiche

#### Zona 1 - a nord della S.P. 175 (incrocio con via Verdi)

Sulla base dell'indagine di sismica passiva effettuata, si individua il seguente modello geofisico del sottosuolo:

- è presente entro i primi 3 m di profondità un orizzonte caratterizzato da valori di  $V_s$  di circa 180 m/sec, riconducibili a terreni a bassa densità, probabilmente costituiti da depositi limoso-argillosi a scarsa consistenza;
- segue un secondo strato con  $V_s$  di 500 m/sec circa, fino alla profondità di 10 m dalla superficie topografica. Non si esclude che tali valori di  $V_s$  siano riconducibili a litologie limoso-sabbiose con ghiaia mediamente addensate;
- al di sotto di tale orizzonte, fino alla profondità di 30 m, la velocità delle  $V_s$  aumenta progressivamente, con valori compresi tra 720 e 770 m/sec circa, indicativi della presenza di depositi grossolani e/o con un buon grado di addensamento.

Tale ricostruzione concorda con i dati litologici e stratigrafici (in termini di spessore) desunti da prove penetrometriche effettuate dallo scrivente poco più a valle dell'area in esame, in via Sorte.

Da tali indagini emerge la presenza, entro i primi 3-4 m dalla superficie topografica, di uno strato limoso-argilloso soffice ( $N_{20} = 3-5$ ), seguito da un terreno a discreta consistenza ( $N_{20} = 7-15$ ), rinvenuto fino alla profondità massima investigata di 12 m circa dal piano campagna.

Secondo i criteri stabiliti dalla procedura in applicazione al 2° livello, l'attendibilità dei dati litologici, stratigrafici (spessori) e geofisici (valori di  $V_s$ ) è da ritenersi pertanto medio-alta, , poiché provenienti da indagini in sito (ReMi).

In base al profilo litostratigrafico del terreno, è stata scelta la scheda di valutazione limoso-sabbiosa tipo 1.

All'interno della scheda di valutazione, in funzione della velocità e dello spessore del primo strato (ottenuto dalla media pesata del primo e del secondo strato, considerato fino alla profondità di 5,0 m, da cui si ottiene un valore di  $V_s$  uguale a 320 m/sec), la curva da utilizzare per il calcolo del fattore di amplificazione è la n. 3.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1								
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1								
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2					
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		

Velocità primo strato (m/s)

È stato calcolato il periodo proprio del sito (T) in funzione della velocità delle  $V_s$  e dello spessore di ciascuno strato del profilo geofisico sopra riportato:

$$T = 0,19$$

Applicando la formula

$$Fa_{0,1+0,5} = -7,3 \cdot T^2 + 4,5 \cdot T + 0,80$$

e valida per  $0,05 < T < 0,35$

il fattore di amplificazione  $Fa_{0,1+0,5}$  è uguale a **1,39**.

Il fattore di amplificazione è stato calcolato anche per l'intervallo di tempo  $0,5 \div 1,5$  sec (per strutture più alte e flessibili), applicando la seguente relazione

$$Fa_{0,5+1,5} = -0,67 \cdot T^2 + 1,03 \cdot T + 0,93$$

Il valore di  $Fa_{0,5+1,5}$  così calcolato è di **1,10**.

In entrambi i casi, **il fattore di amplificazione calcolato con la scheda di valutazione è inferiore al valore di soglia.**

### Zona 2 - a nord di via Ca' Fittavoli

Considerando lo stendimento n.2, si individua il seguente modello geofisico del sottosuolo:

- dal piano campagna fino alla profondità di 6 m, è presente un orizzonte con valori di  $V_s$  pari a 330 m/sec; trattasi di litologie prevalentemente limoso-sabbiose;

- tra 6 e 22 m si registra in continuità un orizzonte con valori di Vs di circa 590 m/sec; tale aumento di velocità all'interno del deposito può essere riconducibile a limo-sabbioso inglobante ghiaia e ciottoli;
- da 22 a 30 m, il valore delle Vs è elevato, pari a circa 1.400 m/sec; trattasi probabilmente di ciottoli di dimensioni elevate, se non addirittura del substrato roccioso cretacico (Flysch di Pontida).

Tali dati trovano riscontro nelle prove penetrometriche effettuate nella zona artigianale di via Ca' Fittavoli, dove si rinviene tra 4 e 6 m dal piano campagna uno strato limoso-sabbioso-argilloso a scarsa-media consistenza ( $N_{20} 2+9$ ), seguito da un terreno la cui consistenza varia da discreta a elevata ( $N_{20} >10$  talora a rifiuto) all'aumentare della profondità (10 m profondità max raggiunta).

L'attendibilità dei dati litologici, stratigrafici (spessori) e geofisici (valori di  $V_s$ ) è da ritenersi pertanto medio-alta, secondo i criteri stabiliti dalla procedura in applicazione al 2° livello, poiché provenienti da indagini in sito (ReMi e prove penetrometriche).

In base al profilo stratigrafico del terreno, è stata scelta la scheda di valutazione limoso-sabbiosa tipo 1.

Considerando lo spessore e la velocità delle Vs per il primo strato pari a 330 m/sec, la curva da utilizzare per il calcolo del fattore di amplificazione è la n. 3.

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1						
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2						
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2				
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Velocità primo strato (m/s)

È stato calcolato il periodo proprio del sito (T) in funzione della velocità delle  $V_s$  e dello spessore di ciascuno strato del profilo geofisico sopra riportato:

$$T = 0,18$$

Applicando la formula

$$Fa_{0,1+0,5} = -7,3 \cdot T^2 + 4,5 \cdot T + 0,80$$

e valida per  $0,05 < T < 0,35$

il fattore di amplificazione  $Fa_{0,1+0,5}$  è uguale a **1,37**.

Il fattore di amplificazione per l'intervallo 0,5÷1,5 sec è stato calcolato applicando la relazione

$$Fa_{0,5+1,5} = -0,67 \cdot T^2 + 1,03 \cdot T + 0,93$$

Il valore di  $Fa_{0,5+1,5}$  è di **1,09**.

In entrambi i casi, **il fattore di amplificazione calcolato con la scheda di valutazione è inferiore al valore di soglia.**

## FASE DI SINTESI

### 11 VINCOLI ESISTENTI

In ottemperanza ai criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005, viene aggiornata la carta dei vincoli relativamente ai vincoli di polizia idraulica e al quadro del dissesto PAI (Elaborato 2 "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici").

Resta invariata la perimetrazione dell'ambito estrattivo ATEa8 ex polo BC3a.

La carta dei vincoli è stata redatta alla scala del rilievo aerofotogrammetrico comunale (1:2.000) per una migliore lettura delle limitazioni d'uso del territorio.

#### **11.1 Vincoli di polizia idraulica (ai sensi della d.g.r. 25/01/2002, n. 7/7868 e d.g.r. 1/08/2003 n. 7/13950)**

Il comune di Barzana è dotato dello studio per la determinazione del reticolo idrico minore ai sensi della d.g.r. n. 7/7868, successivamente modificata dalla d.g.r. n. 7/13950, redatto dallo scrivente nel 2003, e approvato con deliberazione del Consiglio comunale n. 52 del 29 novembre 2004.

Tale studio individua i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore (secondo i criteri contenuti nell'allegato "B" della d.g.r. n. 7/13950) e definisce le norme e le condizioni che devono essere rispettate nella gestione delle attività all'interno delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore.

#### **11.2 Quadro del dissesto PAI**

Dall'analisi del quadro del dissesto PAI (elaborato 2 "Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici"), all'interno del territorio comunale di Barzana non sono

presenti aree in dissesto; si ritiene pertanto non necessaria la redazione della carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI.

### **11.3 Ambito estrattivo ATE a8 - ex polo BC3a**

All'interno del comune di Barzana ricade una parte dell'ambito estrattivo ATEa8 ex polo BC3a, della Società del Gres S.p.A. - Italcementi Group: si tratta dell'area triangolare posta ad ovest del sentiero che funge da confine comunale ai piedi del versante occidentale del Monte delle Rode.

## **12 SINTESI**

La carta di sintesi (Tavv. n. 7a e 7b) è stata redatta in scala 1:2.000 su tutto il territorio comunale, così come stabilito dalla d.g.r. n. 7374 del 28.05.08.

Per la delimitazione delle aree omogenee sono stati seguiti i criteri indicati nella suddetta direttiva, adattandoli alla realtà comunale ed integrandoli eventualmente con situazioni non specificate. Ogni poligono individuato corrisponde ad un'area omogenea relativa ad una specifica pericolosità.

Nella carta di sintesi vengono recepite le fasce di rispetto così come definite nello studio del reticolo idrico minore effettuato in ottemperanza alla d.g.r. n. 7/7868 del 25/01/2002 e successive modificazioni, approvato con deliberazione del Consiglio comunale n. 52 del 29 novembre 2004. Secondo la definizione delle aree omogenee, stabilita nella direttiva regionale vigente, tali aree vengono definite "aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa".

### **12.1 Aree omogenee**

Sono state individuati tre differenti ambiti di vulnerabilità/pericolosità:

- aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico;
- aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche.

All'interno di tali ambiti sono state ricavate delle classi omogenee per entrambi le tipologie di vulnerabilità.

#### ***12.1.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti***

Sono state individuate aree a differente acclività caratterizzate dalla presenza di spessori significativi di depositi sciolti a granulometria prevalentemente fine: l'insieme di questi fattori determina una condizione di fragilità complessiva.

Sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- aree ad elevata acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio;
- aree a media acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio;
- aree a bassa acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio;

Queste aree corrispondono ai versanti dei rilievi collinari presenti nel territorio comunale e alla fascia di raccordo con la pianura circostante.

#### ***12.1.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico***

Sono state prese in considerazione le aree soggette ad esondazione dei torrenti suddividendole sulla base della frequenza e all'entità del fenomeno in:

- aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa: corrispondono essenzialmente agli alvei attivi dei torrenti e alle fasce di rispetto;
- aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali: corrispondono alle fasce prospicienti i corsi d'acqua soggette ad esondazione (la loro esatta localizzazione per ciascun torrente è stata definita nel capitolo relativo all'idrografia);
- aree con possibile presenza di acqua di limitata entità: nella zona di Albarida e Arzenate si sono stati evidenziati problemi di difficoltà di smaltimento delle acque di dilavamento superficiale (vedi par. 8.4);
- aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura: trattasi di un piccolo

conoide di deiezione non attivo, posto allo sbocco di una vallecchia che incide il versante settentrionale del Monte della Rode.

### ***12.1.3 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche***

E' stata individuata un'unica problematica appartenente a questa classe:

- aree pianeggianti con terreni a granulometria fine con limitata capacità portante: si tratta essenzialmente della piana, per la presenza di spessori consistenti (4÷5 m circa da p.c.) di materiale argilloso-limoso compressibile, che ne limitano l'uso dal punto di vista geotecnico.

## FASE DI PROPOSTA

### 13 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità é stata redatta alla scala di piano (1:2.000) sul territorio individuato nella carta di sintesi, ovvero su tutto il territorio comunale, (Tavv. n. 8a e 8b).

La carta di fattibilità, compilata secondo quanto previsto dalla d.g.r. n. 8/7374, ha attribuito un valore di fattibilità a ciascuna area individuata nella carta di sintesi, secondo i criteri stabiliti dalla suddetta direttiva.

Il mosaico della fattibilità delle azioni di piano è stato aggiornato in relazione alla definizione delle fasce di rispetto definite nello studio per il reticolo idrico minore e all'analisi del rischio sismico precedentemente riportata.

Secondo la d.g.r. n. 8/7374 nella carta di fattibilità devono essere sovrapposte, mediante l'utilizzo di un retino trasparente, le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dalla carta di pericolosità sismica locale e dall'analisi di 2° livello, distinguendo quelle con fattore di amplificazione (Fa) maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

Tale sovrapposizione non comporta alcuna modifica della classe di fattibilità geologica attribuita, ma nelle norme geologiche di piano verranno inserite specifiche prescrizioni.

#### 13.1 Attribuzione delle classi di fattibilità

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

<b>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti</b>	<b>Classe</b>
Aree ad elevata acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio	<b>4V</b>
Aree a media acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio	<b>3V</b>
Aree a bassa acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio	<b>2V</b>

<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</b>	<b>Classe</b>
Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa (ai sensi della d.g.r. 25/01/2002 n. 7/7868 e successive modificazioni) Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	<b>4I</b>
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali	<b>3I</b>
Aree con possibile presenza di acqua di limitata entità	<b>2I</b>

<b>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</b>	<b>Classe</b>
Aree pianeggianti con terreni a granulometria fine con limitata capacità portante	<b>3G</b>

## 14 NORME GEOLOGICHE DI PIANO

### 14.1 Indirizzi generali

Per tutto il territorio comunale valgono le seguenti norme:

- lo smaltimento dei reflui liquidi di qualsiasi natura deve essere sempre conforme alle disposizioni della Legge 319/76 e della L.R. 62/85;
- qualsiasi nuovo intervento edificatorio è subordinato alla valutazione, da parte del progettista, delle interazioni fra il progetto e l'eventuale presenza di acqua di scorrimento superficiale;
- tutti i progetti che prevedono la realizzazione di nuove edificazioni in aderenza ad edifici esistenti devono essere supportati da specifica indagine geotecnica quando è prevista la realizzazione di scavi a profondità maggiori rispetto alle fondazioni esistenti; devono essere specificate le tecniche utilizzate per garantire la stabilità delle pareti di scavo, sia nelle modalità di esecuzione dello scavo stesso che nel sostegno (provvisorio e definitivo) della scarpata di sbancamento.

### 14.2 Prescrizioni

#### 14.2.1 *Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni*

Non vi sono prescrizioni all'uso del suolo, salvo le norme generali sopra riportate. È comunque responsabilità del progettista incaricato o del direttore dei lavori valutare l'utilità o la necessità di un'indagine geologica, idrogeologica o geotecnica specifica, sulla base delle caratteristiche di progetto e del terreno, nel rispetto del D.M. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/1988.

### **14.2.2 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti – "V"**

#### **Classe 2 V - Fattibilità con modeste limitazioni**

Nuovi interventi edificatori ed interventi di ristrutturazione di edifici e manufatti esistenti sono subordinati alla presentazione di una relazione geologica che definisca le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrografiche, idrogeologiche e di stabilità esistenti al contorno del progetto; tale indagine deve individuare le eventuali pericolosità presenti e proporre le soluzioni per rendere compatibile l'intervento con le problematiche emerse.

Spetta al progettista valutare la necessità di un'indagine geotecnica specifica, con prove in sito (sondaggi, prove penetrometriche, etc.), sulla base delle caratteristiche del progetto e delle informazioni già disponibili relative alla caratteristiche del terreno. Tale valutazione, in forma di perizia, costituisce parte integrante del progetto.

#### **Classe 3 V - Fattibilità con consistenti limitazioni**

Progetti di nuovi interventi edificatori sono subordinati alla redazione di un'indagine geologica e geotecnica specifica con prove in sito che definisca le problematiche geologiche, geomorfologiche, idrografiche, idrogeologiche, di stabilità esistenti al contorno e le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione; in particolare devono essere evidenziate le condizioni di stabilità sia prima che dopo l'intervento di progetto e gli eventuali accorgimenti da assumere per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza.

Gli interventi di manutenzione, risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti devono essere accompagnati da relazione geologica che descriva le caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrauliche esistenti al contorno dell'area di progetto, con particolare attenzione alla stabilità del versante. L'eventuale scelta di non eseguire indagini in sito nei casi citati (esclusi pertanto i nuovi interventi edificatori), dovrà essere motivata in riferimento alle caratteristiche di progetto e giustificata dimostrando l'eshaustività dei dati geologico e/o geotecnici rilevabili per altre vie.

Modificazioni dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologico-tecnica che ne dimostri la compatibilità con le condizioni ambientali presenti.

#### **Classe 4 V - Fattibilità con gravi limitazioni**

È esclusa la realizzazione di nuovi interventi edificatori di qualsiasi tipo.

Gli interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro di opere o edifici esistenti devono essere accompagnati da relazione geologico-tecnica che valuti il grado di rischio puntualmente presente e indichi i provvedimenti per raggiungere un grado di sicurezza compatibile con l'utilizzo dell'opera. In particolare dovranno essere accertate le caratteristiche geotecniche del terreno per una verifica puntuale della stabilità a seguito dell'intervento previsto.

Sono consentiti interventi finalizzati al miglioramento delle condizioni di stabilità (consolidamenti) e la realizzazione di nuovi tratti di infrastrutture pubbliche e reti tecnologiche (strade, fognature, acquedotti, etc.) o lavori di rifacimento di tratti esistenti; questi progetti devono essere attentamente valutati mediante specifica indagine geologico-tecnica (con prove in sito), nella quale deve essere valutata la compatibilità con le caratteristiche geotecniche del terreno e verificate le condizioni di stabilità globale.

#### **14.2.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico – “I”**

#### **Classe 2 I - Fattibilità con modeste limitazioni**

I nuovi interventi edificatori devono essere corredati da una valutazione relativa alle caratteristiche delle acque di scorrimento superficiale, anche non incanalate, che si attivano durante gli eventi piovosi. Prendendo in considerazione un intorno significativo dell'area di progetto, devono essere individuate le direzioni preferenziali di scorrimento dell'acqua; sulla base di ciò, devono essere indicati gli accorgimenti più idonei per evitare la formazione di sbarramenti al regolare deflusso delle acque superficiali, anche non incanalate, e favorirne il deflusso; tali accorgimenti dovranno minimizzare l'accumulo di acqua superficiale ed evitarne l'ingresso verso i volumi interrati di progetto o verso l'edificio adiacente.

### **Classe 3 I - Fattibilità con consistenti limitazioni**

Non vi sono limitazioni per interventi di manutenzione, di risanamento conservativo, di restauro o di ristrutturazione edilizia.

Progetti di nuove costruzioni devono essere accompagnati da specifico studio a carattere idraulico o morfometrico, che definisca dettagliatamente le aree potenzialmente soggette ad esondazione. Sulla scorta di ciò, deve essere predisposto un progetto esecutivo contenente gli interventi a carattere idraulico finalizzati alla messa in sicurezza dell'area di progetto. Tali opere, se insistenti direttamente sul corso d'acqua, dovranno ottenere le autorizzazioni previste.

Il progetto deve contenere anche una valutazione che dimostri che gli interventi proposti non introducono modifiche alle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua tali da determinare effetti negativi sul corso stesso.

### **Classe 4 I - Fattibilità con gravi limitazioni**

Per gli interventi consentiti sul reticolo idrico minore si rimanda al regolamento contenuto nello "Studio di definizione del Reticolo Idrico Minore", effettuato in ottemperanza alla D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 e successiva D.G.R. n. 7/13950 del 01.08.2004.

#### ***14.2.4 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche***

### **Classe 3 G - Fattibilità con consistenti limitazioni**

Progetti di nuovi interventi edificatori, interventi di manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di un'indagine geotecnica con prove in sito, che definisca le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, la presenza di acqua nel terreno ed individui gli interventi che garantiscano l'integrità strutturale del progetto.

Sono esclusi dalla presente prescrizione i progetti relativi a manufatti esistenti che non prevedano significativi interventi strutturali e che non prevedano incrementi areali.

### 14.3 Prescrizioni in relazione all'aspetto sismico

Alla luce delle risultanze ottenute dall'analisi della pericolosità sismica (carta di pericolosità sismica locale e calcolo del fattore di amplificazione) riportate nel presente studio, emerge che, **limitatamente ai due ambiti considerati ricadenti nella PSL Z4a (con categoria di suolo di fondazione B), il fattore di amplificazione calcolato è inferiore al valore soglia definito dalla Regione Lombardia, sia per il periodo  $0,1 \div 0,5$  s sia per  $0,5 \div 1,5$  s.**

Per tali ambiti, la normativa vigente è da considerarsi pertanto sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si possono applicare gli spettri di risposta previsti dal D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche delle costruzioni" pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008.

Tale decreto sostituisce il precedente D.M. 14 settembre 2005, fatto salvo il periodo di monitoraggio di 18 mesi (fino al 30 giugno 2009), durante il quale si possono utilizzare per la progettazione sia le norme previgenti sia il D.M. 14/01/2008. Fanno eccezione gli edifici e le opere infrastrutturali di cui al decreto del Capo del Dipartimento di Protezione Civile 21/10/2003 per le quali deve essere applicato fin da ora il D.M. 14/01/2008.

Fino al 30 giugno 2009, in zona sismica 4 la progettazione antisismica è obbligatoria esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti individuati dal d.d.u.o. della Regione Lombardia n. 19904 del 21/11/2003 non rientranti nelle tipologie di cui al decreto del Capo del Dipartimento di Protezione Civile 21/10/2003. Qualora si optasse per applicare la normativa previgente, nel comune di Barzana si dovranno adottare le specifiche di "bassa" sismicità ( $S=6$ ).

Dal 1 luglio 2009 per tutte le tipologie di edifici, la progettazione antisismica sarà regolata dal D.M. 14 gennaio 2008.

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé, novembre 2008

## 15 BIBLIOGRAFIA

ALMA domus snc. (2002) – Studio di massima per area di coltivazione in comune di Barzana – Società del Gres spa Italcementi Group

ARPA della Lombardia (2002) – Monitoraggio delle acque sotterranee della provincia di Bergamo – Rete provinciale pozzi anni 1999-2000-2001

BERTULETTI C. (1992) - Relazione degli aspetti climatici. Comunità Montana Valle Imagna

BERSEZIO, FORNACIARI, GELATI - Geological map of the southalpine foothills beetwen Brianza and Iseo lake.

CASATI P. (1969) - Le fasi orogenetiche nelle Alpi Meridionali. Arti graf. Artigianelli Pavoniani, Monza

CASATI & GNACCOLINI (1967) - Geologia delle Alpi Orobie occidentali. Riv.It.Paleont.Strat.

CONSORZIO DI BONIFICA DELLA MEDIA PIANURA BERGAMASCA (1991) - Studio di gestione coordinata delle acque di superficie e di falda nel territorio compreso tra i fiumi Adda e Oglio e delimitato dalle Prealpi e dalla linea settentrionale di affioramento dei fontanili - Concessione del Ministero Agricoltura e Foreste Gestione Bonifica

DE' FLUMERI FERNANDO (2002) – Lavori di sistemazione torrente Borgogna – Verifica idraulica – Comune di Barzana

DENTI E., FRANCANI V., FUMAGALLI L., PEZZERA G., SALA P. (1988) - Studio idrogeologico del foglio Vimercate I.G.M. 1:50.000 - Studi idrogeologici sulla Pianura Padana, vol. 4, Milano

DE SITTER L.U. & DE SITTER KOOMANS C.M. (1949) - The Geology of the Bergamasc Alps (Lombardia, Italy). LeidseGeol.Meded.

ERSAL Regione Lombardia (1990) - I suoli dell'isola bergamasca - Progetto "Carta Pedologica". - Milano

GAETANI M. & JADOUL F. (1979) - The structure of the Bergamasc Alps. - Accad.Naz.Lincei, Rend.Ci.Sc.fis.mat.nat., Serie VIII, Roma

GAVAZZENI E. (1957) - Saggio di climatologia della provincia di Bergamo - Pubbl. n.11, vol. XII, Ufficio Idrografico del Po, Roma

- ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA CEREALICOLTURA (1990) - Trentadue anni di osservazioni meteorologiche a Bergamo - Provincia di Bergamo
- OTTONE C., ROSSETTI R. (1980) - Condizioni termo-pluviometriche della Lombardia - Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. XXIX, Pavia
- PAOLETTI A., PEDUZZI GB. (1994) - Piano Territoriale Provinciale - Amministrazione Provinciale di Bergamo, Assessorato Territorio e Ambiente - Bergamo
- PROVINCIA DI BERGAMO - Assessorato Territorio e Ambiente (1994) - Piano regionale di risanamento delle acque - foglio CTR C5a2
- PROVINCIA DI BERGAMO - Assessorato Territorio e Ambiente (1990) - Qualità delle acque superficiali in provincia di Bergamo - Bergamo
- REGIONE LOMBARDIA - Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale - secondo quanto previsto dall'art. 3 della l.r. 24/11/97, n. 41
- REGIONE LOMBARDIA - Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti - L. R. 24 novembre 1997 N. 41
- ROSSETTI R., GAETANI P., PELOSO G.F. (1971) - Analisi delle temperature e precipitazioni nel triangolo Iariano nel cinquantennio 1921-1970: Stazioni di Como, Bellagio e Lecco - Atti del Congresso Internazionale di climatologia lacustre, Como
- SERVIZIO TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI BERGAMO, DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA DELL'UNIVERSITA' DI MILANO & CENTRO DI STUDIO PER LA GEODINAMICA ALPINA E QUATERNARIA DEL CNR (2000) - Carta geologica della provincia di Bergamo
- SPADA MARIO (1994) - Relazione geologica a supporto del piano regolatore generale - Comune di Barzana
- STUDIO GEOLOGICO TECNICO LECCHESE (2001) - Studio per la messa in sicurezza spalle e imposta ponte via S. Pietro e drenaggio superficiale acque in località Arzenate - Comune di Barzana
- STUDIO GEOLOGICO TECNICO LECCHESE (2001) - Studio per la sistemazione idrogeologica e idraulica del torrente Borgogna in località Arzenate - Comune di Barzana

STUDIO GEOLOGICO TECNICO LECCHESE (2001) – Studio idrologico  
per problematiche di infiltrazione e smaltimento acque nella località di Albarida –  
Comune di Barzana

UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO - PAVIA - Annali idrologici - Ist.  
Poligrafico dello Stato, Roma

U.O. FISICA E T.A. Azienda USSL 12 (1995) - Variazioni del campo  
anemologico nella provincia di Bergamo nell'anno 1994 - Bergamo

## 16 ALLEGATI

- Tav. 1: Carta geologica con elementi pedologici – scala 1:5.000
- Tav. 2: Carta litotecnica – scala 1:5.000
- Tav. 3: Carta geomorfologica – scala 1:5.000
- Tav. 4: Carta idrografica con elementi di idrogeologia – scala 1:5.000
- Tav. 5: Carta di pericolosità sismica locale – scala 1:5.000
- Tav. 6a-6b: Carta dei vincoli – scala 1:2.000
- Tav. 7a-7b: Carta di sintesi – scala 1:2.000
- Tav. 8a-8b: Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:2.000