

guito a fenomeni di evaporazione e di traspirazione. Per l'effettiva comprensione di quanto il fenomeno incida sulla riserva idrica del suolo, determinandone variazioni annuali e pluriennali, si è soliti distinguere fra un'evapotraspirazione potenziale, funzione principalmente della temperatura, dell'insolazione e della velocità e turbolenza del vento e che è la quantità di acqua che effettivamente sarebbe soggetta ad evapotraspirazione in assenza di periodi di deficit idrico, ed una reale che rappresenta invece la quantità di acqua realmente soggetta ad evapotraspirazione. Infatti nei mesi in cui il valore delle precipitazioni è maggiore o uguale all'evapotraspirazione potenziale, l'evapotraspirazione reale uguaglia quella potenziale e la quantità d'acqua in eccesso, la cosiddetta eccedenza idrica, in parte va a ricostituire la riserva idrica del suolo e in parte alimenta lo scorrimento superficiale. Al contrario, se le precipitazioni sono inferiori rispetto all'evapotraspirazione potenziale, si ha un deficit idrico che comporta una diminuzione della riserva idrica del suolo.

I metodi per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale e reale elaborati nel corso degli anni sono numerosi e per una stima precisa bisognerebbe tener conto della capacità di ritenzione dei suoli e di conseguenza il calcolo andrebbe effettuato per ogni suolo presente sul territorio comunale di Paladina. Alla luce del fatto che i dati udotermometrici disponibili per l'utilizzazione in tali elaborazioni non sono riferiti esattamente alla zona in esame, ma ad una stazione meteorologica posta a circa 8÷9 km di distanza. Perciò ci si è limitati al calcolo dell'evapotraspirazione potenziale utilizzando la formula di Thornthwaite:

$$E_p = 16K(10T/i_c)^a$$

dove:

- E_p = evapotraspirazione potenziale media mensile in mm;
- K = coefficiente correttivo che tiene conto della latitudine e dell'insolazione;
- T = temperatura media mensile dell'aria in °C;
- i_c = indice annuo di calore dato dalla somma dei singoli indici mensili;
- a = fattore legato a i_c .

I risultati di tale elaborazione sono riportati nel **grafico 7.7**, mentre nel **grafico 7.8** si riporta il bilancio idrico medio mensile. L'evapotraspirazione potenziale annua è stata perciò stimata in 739,2 mm.

momento di deficit e di utilizzazione idrica, mentre durante la prima parte del periodo autunnale, grosso modo fino alla metà di ottobre, si ha un periodo di ricostituzione del patrimonio idrico grazie all'eccedenza delle precipitazioni sull'evapotraspirazione.

Per una stima dell'evapotraspirazione reale si è utilizzata la formula di Turc:

$$E_r = P / [0.9 + (P^2 / L^2)]^{0.5}$$

dove:

- E_r = evapotraspirazione reale annua in mm;
- P = altezza media annua delle precipitazioni in mm;
- $L = 300 + 25T + 0.05T^3$ con T = temperatura media annua in °C.

In realtà in vece di T si utilizza di norma la grandezza T_p calcolata come segue:

$$T_p = \sum P_i T_i / \sum P_i$$

dove:

- T_i = temperatura media di ciascun mese;
- P_i = precipitazione media di ciascun mese.

Tramite tale formula si è calcolato un valore dell'evapotraspirazione reale annua pari a 618,3 mm.

Va ricordato infine che i valori dell'evapotraspirazione calcolata siano da intendersi come orientativi in quanto alcuni fattori, come la copertura e l'uso del suolo, nonché la capacità di ritenzione idrica propria di ogni differente suolo, possono apportare significative variazioni al fenomeno.

7.1.6 Curve di possibilità climatica

Lo studio delle piogge di breve durata e forte intensità consente di giungere alla definizione delle curve di possibilità climatica da usarsi come base per il dimensionamento delle opere idrauliche di collettamento delle acque meteoriche, nonché per la stima delle portate di piena di un corso d'acqua.

La metodologia di elaborazione dei dati relativi alle precipitazioni intense permette, in pratica, di definire, partendo dalle osservazioni registrate, un'espressione algebrica che rappresenti, per differenti durate dell'evento meteorico, il massimo valore delle precipitazioni che viene superato mediamente una volta ogni T anni. In genere si adotta un'espressione monomia del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

dove:

- h è altezza della pioggia espressa in mm;
- t è la corrispondente durata in ore;
- a ed n sono due coefficienti che caratterizzano la curva che corrispondono rispettivamente all'ordinata in corrispondenza di $t=1$ e al coefficiente angolare della retta.

I dati disponibili per tale elaborazione sono quelli pubblicati dal Servizio Idrografico Italiano nel periodo compreso fra il 1953 e il 1986, relativi alla stazione meteorologica di Bergamo (diversa da quella dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura) posta ad una quota di 366 m s.l.m. per le durate di 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore, e sono riportati nella **Tabella 7.7** in cui sono anche riportati, quando disponibili, i dati relativi alla stazione di Brembate Sotto. Per ogni valore di durata si ordinano secondo una successione crescente le corrispondenti intensità di pioggia, senza tener conto della loro successione cronologica e ad ogni valore viene quindi associata la corrispondente frequenza cumulata f (**Tabella 7.8**):

$$f = i/(N+1)$$

con:

- i = numero d'ordine dell'evento per la corrispondente durata;
- N = numero di eventi presi in considerazione per la particolare durata.

Tabella 7.7 - entità delle piogge intense (mm) di breve durata registrate dal S.I.I. nel periodo 1953÷1986 per la stazione meteorologica di Bergamo; (fra parentesi i dati disponibili relativi alla stazione di Brembate Sotto).

anno	15 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1953	17,9	35,8	43,6 (45)	50,0 (72)	57,4 (72)	59,0 (74)	66,4 (74)
1954	8,4	16,8	27,2	50,0	60,6	70,2	83,0
1955	12,2	27,2	39,0	40,6	46,4	54,4	55,0
1956	13,2	11,8	51,6 (56)	87,0 (75)	129,2 (98)	155,8 (106)	157,0 (120)
1957	17,8	33,6	57,8 (80)	73,8 (89)	91,4 (101)	107,0 (110)	123,4 (110)
1958	6,9	13,8	22,6	32,0	37,4	43,4	59,0
1959	13,8	26,8	60,0	87,8	107,0	109,0	109,0
1960	22,1	26,6	41,2	52,4	39,8	47,0	58,4
1961	17,0	34,0	35,2	39,8	58,0	86,4	103,0
1963	15,6	19,6	36,8	55,2	55,2	74,2	119,0
1964	20,2	30,3	53,0 (60)	70,0 (90)	76,6 (90)	88,6 (90)	93,0 (118)
1965	11,8	23,7	51,8 (58)	87,0 (58)	124,0 (58)	134,0 (83)	134,0 (86,4)
1966	14,8	29,6	78,8 (86)	104,2 (132)	121,2 (142)	137,0 (142)	141,2 (144)
1967	19,8	19,8	46,6	62,0	93,6	93,6	115,0
1968	25,5	50,8	53,0	54,2	61,6	68,2	78,0
1969	20,0	30,0	33,2	41,0	41,4	42,6	51,8
1970	13,8	29,0	36,0	47,8	68,2	73,8	85,6
1971	9,4	21,0	52,8	81,4	92,4	110,2	110,2
1972	15,5	31,0	35,0	56,6	64,6	66,8	79,6
1973	13,4	26,4	58,6 (70)	99,6 (87)	114,0 (97)	115,6 (97)	115,8 (97)
1974	6,9	13,8	56,4 (61)	59,8 (63)	70,0 (113)	74,8 (113)	80,2 (115)
1975	-	-	54,6 (86)	69,4 (86)	88,2 (89)	88,4 (99)	88,4 (102,4)
1976	15,0	28,0	29,6	34,8	43,4	62,2	62,2
1977	11,5	23,0	33,8	36,0	36,8	63,4	79,8
1978	12,0	20,8	20,8	40,2	47,8	48,2	61,0
1979	6,5	12,9	20,0 (19)	40,0 (48)	49,4 (65)	84,8 (95)	109,6 (148)
1980	-	-	- (60,8)	- (105,8)	- (163,8)	- (166)	- (167)
1981	-	-	27,0	29,4	44,8	70,8	110,8
1982	11,3	13,0	20,0	31,6	44,6	60,6	67,0
1983	-	-	- (22,8)	- (22,8)	- (25,4)	- (34,2)	- (60,6)
1984	-	-	- (24)	- (52,8)	- (72,8)	- (83,4)	- (95)
1985	10,7	13,9	15,1 (38)	21,7 (38,6)	22,2 (42,5)	34,2 (53,5)	50,6 (71,4)
1986	11,4	11,4	11,4	13,6	20,8	24,4	40,8

Da tali dati si evince come, seppur con gli inevitabili scostamenti, i dati fra le due stazioni siano paragonabili e quindi risulta appropriato utilizzare i dati temporalmente continui relativi alla stazione di Bergamo.

Tabella 7.8 - valori delle altezze di pioggia h espressi in mm, ordinati, per ogni singola durata, secondo valori crescenti ed associati alla corrispondente frequenza cumulata f , per la stazione meteorologica di Bergamo (SII).

f	15 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
0,03226	6,5	11,4	11,4	13,6	20,8	24,4	40,8
0,06452	6,9	11,8	15,1	21,7	22,2	34,2	50,6
0,09677	6,9	12,9	20,0	29,0	36,8	42,6	51,8
0,12903	8,4	13,0	20,0	31,6	37,4	43,4	55,0
0,16129	8,9	13,8	20,8	32,0	39,8	47,0	58,4
0,19355	9,4	13,8	22,6	34,8	41,4	48,2	59,0
0,22581	9,5	13,9	27,0	36,0	43,4	54,4	61,0
0,25806	10,7	16,8	27,2	39,8	44,6	59,0	62,2
0,29032	11,3	17,7	29,6	40,0	44,8	60,6	66,4
0,32258	11,4	19,0	33,2	40,2	46,4	62,2	67,0
0,35484	11,5	19,6	33,8	40,6	47,8	63,4	78,0
0,38710	11,8	19,8	35,0	41,0	49,4	66,8	79,6
0,41935	12,0	20,8	35,2	47,8	55,2	68,2	79,8
0,45161	12,2	21,0	36,0	50,0	58,0	70,2	80,2
0,48387	13,2	23,0	36,8	50,0	60,6	70,8	83,0
0,51613	13,4	23,7	39,0	52,4	61,6	73,8	85,6
0,54839	13,8	26,4	41,2	54,2	64,6	74,2	88,4
0,58065	13,8	26,6	43,6	55,2	68,2	74,8	93,0
0,61290	14,8	26,8	46,6	56,6	70,0	84,8	103,0
0,64516	15,0	27,2	51,6	59,8	76,6	86,4	109,0
0,67742	15,5	28,0	51,8	62,0	88,2	88,4	109,6
0,70968	15,6	29,0	52,8	69,4	91,4	88,6	110,2
0,74194	17,0	29,6	53,0	70,0	92,4	93,6	110,8
0,77419	17,8	30,0	53,0	73,8	93,6	107,0	115,0
0,80645	17,9	30,3	54,6	81,4	107,0	109,0	115,8
0,83871	19,8	31,0	56,4	87,0	114,0	110,2	119,0
0,87097	20,0	33,6	57,8	87,0	121,2	115,6	123,4
0,90323	20,2	34,0	58,6	87,8	124,0	134,0	134,0
0,93548	22,1	35,8	60,0	99,6	129,2	137,0	141,2
0,96774	25,5	50,8	78,8	104,2	57,4	155,8	157,0
media	13,8	23,7	40,1	55,0	66,9	78,3	89,6
dev. stand.	4,653	8,775	15,699	22,820	29,851	30,904	29,378

Per ognuna delle serie dei dati è stata eseguita una regolarizzazione secondo Gumbel (metodo dei minimi quadrati) permettendo così di associare all'altezza di precipitazione considerata la frequenza probabile.

La legge di Gumbel ha la seguente espressione

$$f_{(h)} = e^{-e^{-y}}$$

dove:

$$y = \alpha^*(h-u)$$

è la variabile ridotta e α ed u sono parametri della distribuzione legati alla media, h' , ed alla deviazione standard, $s_{(h')}$, dalle seguenti relazioni:

$$\alpha = 1.283/s_{(h')} \quad (\text{in cui } s_{(h')} = \text{dev. standard} = [\sum(h_i - h')^2 / (N - 1)]^{1/2})$$

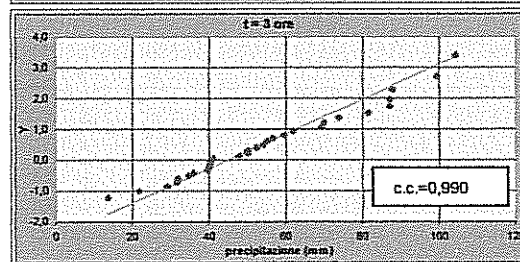
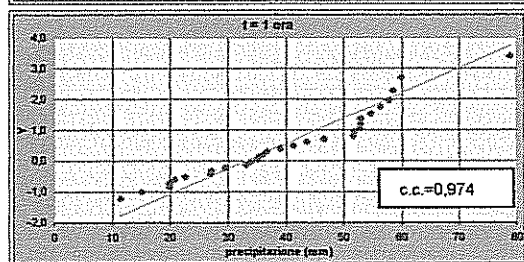
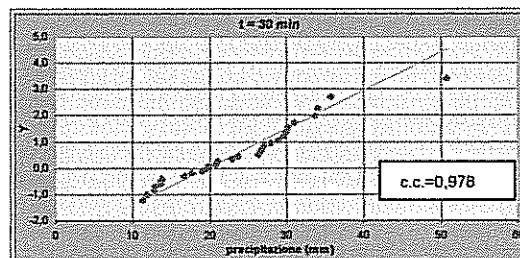
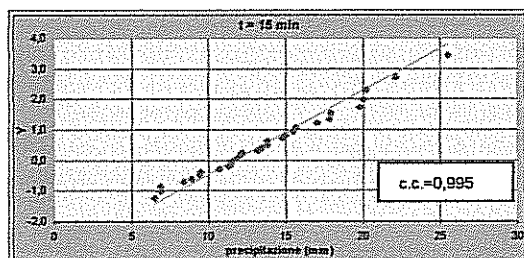
$$u = h' - [0.45 * s_{(h')}] \quad (\text{in cui } s_{(h')} = \text{dev. standard} = [\sum(h_i - h')^2 / (N - 1)]^{1/2})$$

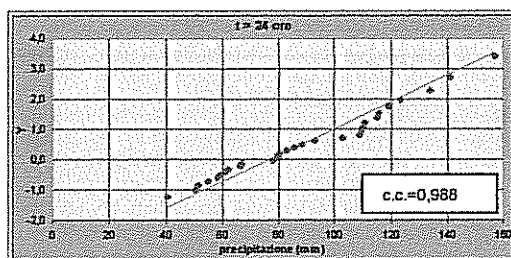
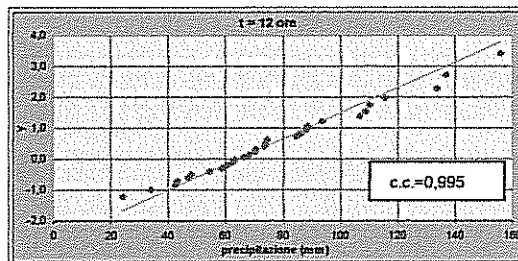
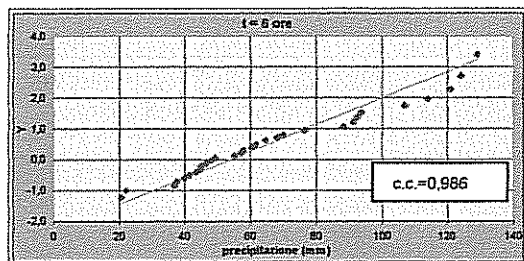
In prima battuta un giudizio sull'accettabilità delle distribuzioni di Gumbel viene effettuato mediante un esame visivo basato su cartogrammi probabilistici in cui vengono riportate sia la distribuzione di Gumbel, rappresentata da una retta (color magenta) ricavata dalle suddette formule, che le coppie di valori $(h; y)$ (punti blu) della serie di dati registrati dalla stazione pluviografica in cui:

$$y = -\ln(-\ln f).$$

Se i questi ultimi dati (punti blu) si dispongono intorno alla retta teorica (color magenta) l'andamento è da ritenere soddisfacente; a tal proposito risulta significativo, come trasposizione numerica, l'esame del valore del coefficiente di correlazione (c. c.) che, nel caso in cui assuma un valore prossimo all'unità depone a favore di un buon adattamento dei dati alla retta teorica.

Qui di seguito sono riportati i singoli diagrammi probabilistici relativi alle varie durate degli eventi piovosi, corredati del relativo coefficiente di correlazione:





dalla cui analisi si desume come la distribuzione di Gumbel approssimi in maniera variabile, ma sempre accettabile (c.c. sempre molto vicini all'unità), le varie di serie di dati pluviometrici.

A seguito perciò dei risultati dell'elaborazione statistica e alla verifica della sua accettabilità nei confronti delle serie di dati pluviometrici a disposizione, si possono calcolare le intensità di pioggia h_T corrispondenti a ciascuna durata e relativi a differenti tempi di ritorno tramite la seguente formula:

$$h_T = u - [(1/\alpha) * \ln \ln (T/(T-1))]$$

I parametri utilizzati per il calcolo sono i seguenti:

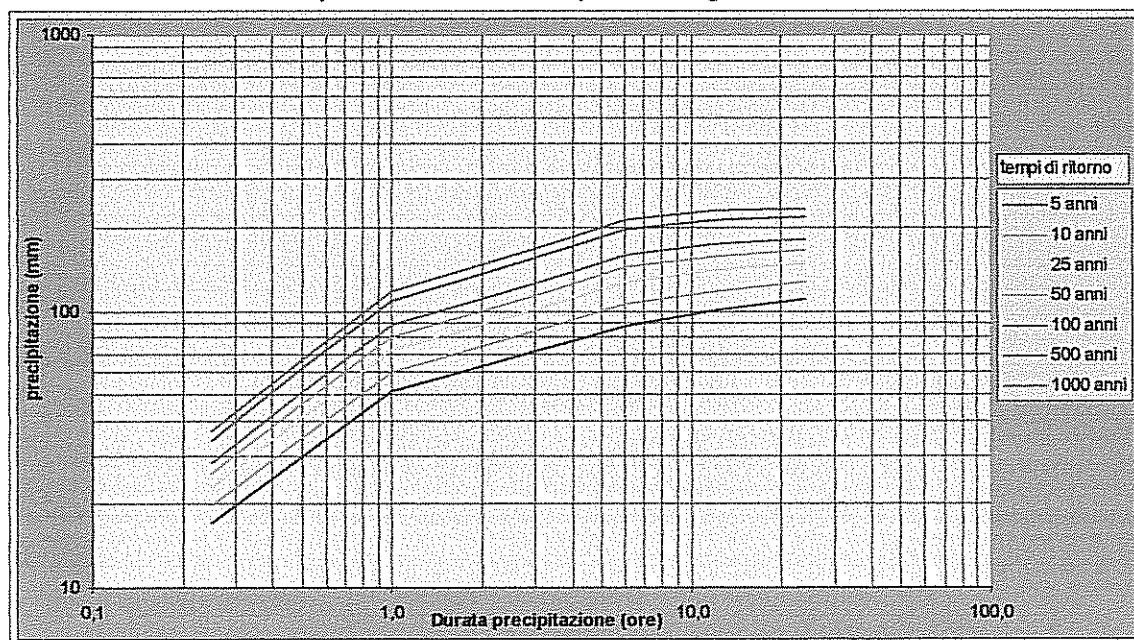
Parametri	15 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
N	30	30	30	30	30	30	30
h'	13,8	23,7	40,1	55,0	66,9	78,3	89,6
$S(h)$	4,653	8,775	15,699	22,820	29,851	30,904	29,378
α	0,27574	0,14621	0,08172	0,05622	0,04298	0,04152	0,04367
u	11,666	19,753	33,019	44,681	53,501	64,380	76,373

e tramite essi e l'applicazione della suddetta formula è possibile, una volta fissato un determinato tempo di ritorno T , ricavare il corrispondente valore h_T :

durata (ore)	TEMPI DI RITORNO						
	5 anni	10 anni	25 anni	50 anni	100 anni	500 anni	1000 anni
0.25 (15 min)	17.1	19.4	23.3	25.8	28.3	34.2	36.7
0.5 (30 min)	30.0	35.1	41.6	46.4	51.2	62.3	67
1	51.4	60.6	72.2	80.8	89.3	109.1	117.5
3	71.4	84.7	101.6	114.1	126.5	155.2	167.5
6	88.4	105.9	127.9	144.3	160.5	198.1	214.2
12	100.5	118.6	141.4	158.4	175.2	214.0	230.8
24	110.7	127.9	149.6	165.7	181.7	218.7	234.5

L'ultimo passo per la determinazione delle curve di possibilità climatica relative ai diversi tempi di ritorno e riportate nel seguente grafico, consiste nell'interpolare le coppie di valori (h_t, t) riassunti poc'anzi fino a giungere ad espressioni del tipo $h = a \cdot t^n$. A questo scopo i punti (h_t, t) vengono riportati su un piano bilogarithmico in cui le curve monomie $h = a \cdot t^n$ sono rappresentate con coefficiente angolare n ed ordinata (per t uguale a 1 ora) pari ad a .

Grafico 7.9 - Curve di possibilità climatica per la Bergamo.



Dall'analisi del precedente grafico si deduce come ognuna delle curve di possibilità climatica possa essere approssimata tramite tre rette: la prima per tempi inferiori a 1 ora, la seconda fra 1 e 6 ore e la terza superiore alle 6 ore. Tali rette sono riportate qui di seguito:

Tempo di ritorno	Durata della precipitazione		
	< 1 ora	1-6 ore	> 6 ore
5 anni	$h = 51 * t^{0.77}$	$h = 51 * t^{0.29}$	$h = 65 * t^{0.15}$
10 anni	$h = 60 * t^{0.78}$	$h = 60 * t^{0.29}$	$h = 81 * t^{0.12}$
25 anni	$h = 72 * t^{0.81}$	$h = 72 * t^{0.31}$	$h = 106 * t^{0.11}$
50 anni	$h = 81 * t^{0.80}$	$h = 81 * t^{0.31}$	$h = 122 * t^{0.1}$
100 anni	$h = 89 * t^{0.81}$	$h = 89 * t^{0.32}$	$h = 150 * t^{0.080}$
500 anni	$h = 112 * t^{0.80}$	$h = 112 * t^{0.31}$	$h = 180 * t^{0.068}$
1000 anni	$h = 122 * t^{0.81}$	$h = 122 * t^{0.32}$	$h = 192 * t^{0.058}$

8.0 La carta di sintesi

L'Al. 4 riporta, su base cartografica C.T.R. ingrandita a scala 1:5.000 gli elementi, già presenti negli allegati precedenti, ritenuti maggiormente interessanti per una corretta pianificazione del territorio o dei quali si vuole evidenziare la presenza. A tali elementi vanno aggiunti quelli relativi alle amplificazioni sismiche attese.

Sono stati perciò rappresentati i seguenti elementi:

- orli di scarpata attivi e quiescenti suddivisi sulla base della loro altezza;
- dissesti di versante;
- opere artificiali: pozzi, ubicazione di sondaggi geognostici, canali, collettore fognario principale, scarichi in corpi idrici superficiali e serbatoi di accumulo per acquedotti;
- opere di regimazione idraulica suddivise sulla base della loro tipologia e classificate secondo la loro adeguatezza e/o stato di conservazione;
- aree ad elevate vulnerabilità idrogeologica;
- aree caratterizzate da maggior amplificazione sismica.

9.0 Regime vincolistico

Il territorio comunale risulta interessato da numerosi vincoli ambientali, la cui estensione areale è riportata nell'apposito **AII. 4B – carta dei vincoli**. Tali vincoli sono:

- *vincolo idrogeologico (R.D. 3267/23):* istituito dall'art. 1 del RDL 3267/23 *"Sono sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7, 8 e 9 possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque"*. Tale vincolo interessa la quasi totalità dell'area collinare del comune ed è l'istituzione fondamentale del regime forestale e si presenta come un vincolo posto alla proprietà privata per tutelare interessi della collettività. Per effetto del vincolo:
 - ✓ *"la trasformazione dei boschi in altre qualità di coltura e la trasformazione di terreni saldi in terreni soggetti a periodica lavorazione"* sono subordinate ad autorizzazione dell'Autorità forestale e alle modalità da essa prescritte (art. 7);
 - ✓ l'Autorità forestale (art. 8) tra l'altro *"dovrà prescrivere le modalità di governo e della utilizzazione dei boschi e del pascolo nei boschi e nei terreni pascolativi"*.
- *corsi d'acqua (art. 146, lettera c), D.Lgs. 29 ottobre 1999, n. 490):* i corsi d'acqua vincolati, nel caso specifico il Brembo e il Quisa, possiedono una fascia di rispetto che si estende lateralmente ad essi per 150 m. Alla luce di ciò risulta ricompresa nella fascia di rispetto del fiume Brembo gran parte del ripiano alluvionale su cui sorge l'abitato di Ghiaie, mentre il vincolo dato dal torrente Quisa interessa buona parte dell'abitato principale di Paladina e la porzione di territorio comunale a nord della dorsale dei colli. Tale vincolo, di natura paesaggistica, impone la necessità di ottenere apposita autorizzazione prima di intervenire nelle aree ad esso sottoposte. Fanno eccezione gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di consolidamento statico, di restauro conservativo e l'esercizio delle attività silvo-pastorali, sempre che queste attività o iniziative non alterino lo stato dei luoghi e l'aspetto esteriore di beni. È da sottolineare come la Deliberazione della Giunta della Regione Lombardia n. 4/12028 del 25 luglio 1986, pubblicata sul BURL "2° supplemento speciale al n. 42 del 15 ottobre 1986, che approva *"l'elenco contenente la valutazio-*

ne delle caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua classificati pubblici ai sensi del Testo Unico sulle acque ed impianti elettrici, approvato con R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775, con l'indicazione di quei tratti di tali corsi d'acqua che, possedendo caratteristiche di pregio ambientale, rimangono vincolati ai sensi della Legge 29 giugno 1939, n. 1497, nonché di quegli altri tratti che, per la loro irrilevanza ai fini paesaggistici, vengono esclusi dal predetto vincolo imposto i forza dell'art. 1 lettera c) della citata Legge 8 agosto 1985, n. 431", contenga una contraddizione in merito al tratto di torrente Quisa da considerarsi vincolato. La tabella contenente i dati relativi al Quisa dapprima definisce vincolato il tratto dello stesso avente le caratteristiche "A", ovverosia "già vincolato in quanto ricade in area soggetta alla L. 1497/39 per specifico provvedimento ovvero per il vincolo automatico ai sensi dell'art. 1 L. 431/85 punto D) e punto F)" (per cui il tratto di torrente a monte della S.P. 153 "Villa d'Almè-Dalmine"), mentre nella colonna successiva definisce vincolato il tratto di corso d'acqua "dallo sbocco alla rotabile Villa d'Almè-Bergamo". A fronte di questa contraddizione interna alla suddetta Deliberazione regionale si è deciso di evidenziare in maniera differente, nella cartografia relativa al regime dei vincoli (Al. 4B), i due tratti fluviali di cui sopra.

- *boschi e foreste (art. 146, lettera g), D.Lgs. 29 ottobre 1999, n. 490*: interessa gran parte dell'area collinare e si estende verso NE fino al torrente Quisa. Per quanto riguarda le modifiche al territorio vale quanto poc'anzi esposto discutendo il vincolo precedente (corsi d'acqua);
- *parchi e riserve naturali (L.R. 86/83 – art. 146, lettera f), D.Lgs. 29 ottobre 1999, n. 490*: gran parte del territorio comunale situato ad oriente delle S.S. 470 ricade nel Parco dei Colli, parco naturale regionale che concilia la difesa del paesaggio, rilevante per la sua peculiarità e bellezza, con le esigenze ricreative della popolazione;
- *protezione delle bellezze naturali (art. 139 D.Lgs. 29 ottobre 1999, n. 490)*: vincolo istituito con D.M. 29.03.1967 pubblicato sulla G.U. n. 97, con il quale si riconosce, all'intera porzione del territorio comunale posta ad oriente della S.S. 470, un notevole interesse pubblico legato ad aspetti paesaggistici. Tale vincolo determina l'impossibilità non solo di non distruggere il bene ad esso soggetto, ma anche di

modificarlo in modo tale che ne sia pregiudicato il valore estetico o alterato l'aspetto esteriore; non sono vietati lavori ed interventi di qualsiasi genere, ma ognuno di essi deve essere preventivamente autorizzato. L'autorizzazione è infatti necessaria non soltanto per le azioni che ricadono sotto la disciplina della legge urbanistica, ma per qualsiasi azione che possa modificare l'aspetto esteriore degli oggetti o delle superfici soggette a vincolo.

Sul medesimo allegato sono anche riportati i *vincoli di natura storico-artistica* legati agli artt. 2, 3 e 4 D.Lgs. 29 ottobre 1999, n. 490; nel territorio comunale si hanno due costruzioni vincolate, entrambe nella parte vecchia di Paladina a sud del Santuario di Sombreno, contraddistinte dai nn. 189 e 307 del repertorio della Sovrintendenza per i Beni Ambientali ed Architettonici.

10.0 Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano e classi di fattibilità

10.1 Generalità

La suddivisione del territorio comunale di Paladina in classi di fattibilità geologica è stata attuata attraverso la valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia analitica con i fattori ambientali, territoriali ed antropici propri del territorio in esame, nonché tenendo in considerazione precedenti studi concernenti il territorio in esame. Per la definizione di tali classi si è fatto riferimento a quanto riportato nella Delibera della Giunta Regionale 18 maggio 1993, n° 5/36147, nonché nella Delibera della Giunta Regionale 6 agosto 1998, n° 6/37918.

Le indicazioni fornite della *"carta di fattibilità geologica per le azioni di piano e classi di fattibilità"* illustrata nell' **AII. 5** sono quindi derivate, oltre che dalla motivazione geomorfologica, che indubbiamente sintetizza in sé diversi fattori ed aspetti, anche dalla convergenza di diverse componenti di natura geolitologica, geologico-tecnica e idrogeologica, evidenziate nella precedente fase di analisi.

Essa, pertanto, fornisce un quadro sintetico sullo stato del territorio con lo scopo di favorire la valutazione dell'utilizzo ottimale segnalando le problematiche da affrontare allorché si renda necessario modificare la destinazione d'uso di una data area. In tal senso, pertanto, individuare aree caratterizzate da fattibilità con limitazioni di vario grado, significa stabilire che ogni cambiamento alle destinazioni d'uso previste potrà eventualmente essere effettuato solo dopo avere debitamente preso in considerazione l'entità delle limitazioni proposte, in stretta connessione con la tipologia di opera prevista.

Alla luce dei molteplici aspetti che caratterizzano il territorio comunale di Paladina sono state individuate aree appartenenti a tutte e quattro le classi di fattibilità: Classe 1 (fattibilità senza particolari limitazioni), Classe 2 (fattibilità con modeste limitazioni), Classe 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) e Classe 4 (fattibilità con gravi limitazioni). Tali classi, riportate nell'**AII. 5**, sono state suddivise in sottoclassi in relazione alle problematiche geologiche riscontrate sul territorio:

- A → PROBLEMATICHE GEOLOGICHE e/o GEOTECNICHE
- B → PROBLEMATICHE IDROLOGICHE;
- C → PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE.

Alla luce di ciò vi potranno essere aree attribuite contemporaneamente a più di una classe, ovviamente con problematiche differenti (ved. sopra); ad esempio, nella zona del Quisa a nord dei colli, si hanno aree classificate come 2A/3B ed altre 2A/4B: ciò significa che la problematica di maggior rilievo è, in entrambi i casi, la B (idrologica), ma comunque sussiste anche un rischio dal punto di vista geologico/geotecnico (A) che andrà comunque preso in considerazione. In tali aree andranno perciò effettuate sia le indagini prescritte per la classe 3B (o 4B), sia quelle per la classe 2A.

10.2 Classi di fattibilità geologica

Qui di seguito si riporta la suddivisione in classi/sottoclassi di fattibilità geologica del territorio comunale; per ognuna di esse si riporta la localizzazione, la motivazione dell'attribuzione di una certa area ad una determinata classe/sottoclasse, le eventuali prescrizioni tecniche che tale attribuzione comporta, i risultati cui si dovrà pervenire tramite appropriate indagini di approfondimento, nonché indicazioni sull'eventuale limitazione della modificazione d'uso dei suoli ed indicazione sulla capacità d'uso degli stessi, per ciò che attiene il punto di vista agricolo. Si sottolinea infine come la scelta delle idonee tipologie di indagini da effettuarsi è lasciata al singolo professionista incaricato che potrà prevedere, se ritenuto opportuno, l'esecuzione di prove in situ e/o laboratorio.

➤ **CLASSE 1 – fattibilità senza particolari limitazioni**

In questa classe sono incluse le aree in cui gli studi effettuati non hanno riconosciuto la presenza di problematiche geologiche tali da porre limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso dei terreni.

- ✓ **Localizzazione:** limitata area subpianeggiante compresa fra i due rami in cui si suddivide la scarpata morfologica all'estremità nord-occidentale del territorio comunale, con quote oscillanti attorno ai 260 m s.l.m..
- ✓ **Attribuzione di classe di fattibilità:** l'area è situata lungo il contatto litologico fra il conglomerato nel caso specifico scarsamente cementato e costituente assieme ai depositi fluvioglaciali recenti il ramo occidentale della scarpata a monte dell'area in esame, e i litotipi attribuibili alla formazione delle Arenarie di Sarnico formanti il ramo orientale della scarpata a valle della medesima area e rappresentanti il substrato dell'area medesima a profondità di circa 2÷3 m. Il ramo di monte della scarpata ha un'inclinazione relativamente modesta e pari a circa 26÷27°, un'altezza di circa 10 m e non presenta evidenti segni di dissesto. Il ramo di valle viene suddiviso in due porzioni dalla strada che unisce l'abitato di Paladina con la località Ghiaie; entrambe risultano costituite da litotipi appartenenti alla formazione delle Arenarie di Sarnico aventi stratificazione con immersione a traverso-poggio (giacitura 200÷205°/35÷36°). La porzione a monte della strada è di tipo antropico essendo legata ai lavori di scasso effettuati per la realizzazione della strada stessa, che hanno portato in affioramento i materiali rocciosi del substrato; la sua inclinazione è pari a circa 50°, l'altezza massima è di circa 8÷10 m e non presenta segni particolari di dissesto se non quelli della normale degradazione chimico-fisica delle rocce in affioramento. La porzione a valle della strada è caratterizzata da pendenze inferiori, dell'ordine dei 30°, e da assenza di segni di dissesto. Alla luce di tutto ciò si può affermare come, mantenuta una fascia di rispetto (ved. **All. 5**) dal ciglio del ramo di scarpata posto fra la strada e l'area in esame, la stessa risulti priva di problematiche geologiche che ne limitino la possibilità di variazione di destinazione d'uso.

➤ **CLASSE 2 – fattibilità con modeste limitazioni**

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state osservate ridotte o comunque puntuali situazioni limitative alla modifica delle destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessaria l'attuazione di approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico finalizzati all'eventuale adozione di opportuni accorgimenti tecnici che consentano di ovviare alle problematiche geologiche evidenziate, a seconda delle quali la classe è stata ulteriormente suddivisa in 2A (problematiche geotecniche) e 2C (problematiche idrogeologiche).

♦ **SOTTOCLASSE 2A (problematiche geotecniche)**

- ✓ **Localizzazione:** appartengono a tale classe tutte le aree subpianeggianti comprese fra il ciglio della scarpata morfologica che separa l'abitato di Paladina dalla frazione Ghiaie e i colli, nonché le aree comprese fra questi ultimi e il limite comunale nord-orientale, nella zona del torrente Quisa, e le aree a debole inclinazione dell'apparato collinare, coincidenti essenzialmente con le sue parti sommitali.
- ✓ **Attribuzione di classe di fattibilità:** dai dati stratigrafici disponibili emergono problematiche geotecniche legate alle modeste caratteristiche geotecniche dei terreni intesi come terreni di fondazione. Nella zona più prossima alla scarpata che conduce all'abitato di Ghiaie i dati stratigrafici segnalano la presenza di un orizzonte geotecnicamente scadente, di origine eluvio-colluviale e di natura limoso-argillosa, fino a profondità dell'ordine dei 2-3 m, cui seguono orizzonti ghiaioso-ciottolosi in matrice argilloso-limosa che localmente può divenire preponderante. Soprattutto a breve distanza dalla già citata scarpata i suddetti orizzonti ghiaioso-ciottolosi presentano un elevato grado di cementazione spinta al punto da originare un vero e proprio conglomerato chiaramente visibile in affioramento lungo la parte alta della porzione centrale della scarpata morfologica caratterizzante il territorio comunale di Paladina. La distribuzione di tale cementazione è alquanto discontinua anche in virtù di fenomeni carsici che localmente hanno generato della cavità di dimensioni variabili.

- ✓ Prescrizioni tecniche: le condizioni di moderata pericolosità geologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante. A tal proposito appare chiaro come si rendano necessari idonei approfondimenti geologico-tecnici atti ad una più dettagliata conoscenza delle condizioni stratigrafiche locali ed alla stima della portanza dei terreni di fondazione. Tali indagini dovranno essere preliminari alla fase di progettazione esecutiva di qualsiasi intervento e dovranno condurre a:
- 1) un idoneo dimensionamento delle opere di fondazione sia per quanto che riguarda la capacità portante dei terreni, sia per ciò che concerne i cedimenti associati all'applicazione dei carichi di progetto (per qualsiasi intervento edificativo);
 - 2) alla valutazione della stabilità del pendio in presenza dell'opera di progetto (per le aree sommitali dei colli)
 - 3) alla valutazione della stabilità degli scavi per la realizzazione dell'intervento di progetto (per qualsiasi tipo di scavo) e al dimensionamento delle eventuali opere necessarie per la loro messa in sicurezza.
- ✓ Limitazioni all'uso del suolo: a priori non si sono evidenziate problematiche di entità tale da sconsigliare alcune tipologia di utilizzo del suolo. Non si esclude, anche se lo si ritiene scarsamente probabile, che le suddette indagini possano evidenziare condizioni stratigrafiche locali tali a sconsigliare la realizzazione di edifici che prevedano elevati carichi unitari di fondazione.
- ✓ Uso agricolo: la capacità d'uso dei terreni (par. 3.2.1), per quanto riguarda il settore a sud e a ovest dei colli, è la seguente:
- ⇒ *classe di capacità d'uso II, suoli con alcune limitazioni che riducono la scelta colturale e/o richiedono moderate pratiche conservative*: suoli MAS3, con drenaggio mediocre ed elevata frazione limoso-argillosa nell'orizzonte arato;
 - ⇒ *classe di capacità d'uso III, suoli con severe limitazioni che riducono la scelta delle colture e/o richiedono particolari pratiche conservative*: suoli CIA1, con spessore moderato e con scheletro abbonante sotto l'orizzonte arato; suoli

SRB1, con drenaggio lento; suoli FNT1, pendenti (10÷20%) con drenaggio lento;

mentre, per il settore a nord dei colli, è:

⇒ *classe di capacità d'uso IV, suoli con limitazioni molto forti che restringono la scelta colturale e/o richiedono una gestione molto accurata: suoli PET1, con drenaggio lento o molto lento.*

♦ **SOTTOCLASSE 2C (problematiche idrogeologiche)**

In questa classe le problematiche più gravi riscontrate sono di tipo idrogeologico, legate all'estrema vulnerabilità della falda la cui scarsa soggiacenza ha però anche ripercussioni sugli aspetti geologico-tecnici inerenti a progetti di edificazione; per tale motivo nel paragrafo delle prescrizioni tecniche si farà riferimento anche a problematiche di quest'ultimo tipo.

- ✓ **Localizzazione:** appartengono a tale classe tutte le aree subpianeggianti comprese fra il piede scarpata che separa l'abitato di Paladina dalla frazione Ghiaie e la scarpata che delimita l'alveo attivo del fiume Brembo.
- ✓ **Attribuzione di classe di fattibilità:** dai dati stratigrafici disponibili emergono problematiche idrogeologiche legate alla estrema vulnerabilità della falda acquifera. L'area infatti si imposta sui depositi alluvionali recenti del fiume Brembo, caratterizzati da granulometrie sabbioso-ghiaioso-ciottolose in scarsa matrice limoso-argillosa, ricoperti da uno strato di alterazione assai limitato e quindi estremamente permeabili. Questi depositi si rinvencono fino alla profondità di circa 12 m al di sotto della quale si ritrova il substrato roccioso. All'interno dei depositi alluvionali è ospitata la falda freatica, le cui oscillazioni sono strettamente connesse con le portate smaltite dall'alveo del fiume Brembo; in condizioni di portata di ordinaria la superficie freatica ha una soggiacenza di circa 8 m e si stima (in assenza di misurazioni dirette) che, in condizioni di piena ordinaria, l'oscillazione verso l'alto possa assumere entità tale da interagire in maniera diretta con le fondazioni di costruzioni dotate di piani interrati ed in maniera indiretta con i terreni di fondazione delle altre costruzioni, tramite una diminuzione della loro portanza.

- ✓ Prescrizioni tecniche: dal punto di vista idrogeologico si auspica la realizzazione di indagini finalizzate allo studio delle relazioni esistenti fra il livello dell'acqua nel fiume Brembo e la superficie piezometrica; il tutto atto ad una miglior definizione degli accorgimenti tecnici necessari per superare gli inconvenienti legati alla presenza della falda a profondità limitate: interazione diretta con le opere più profonde e influenza della presenza della falda freatica sulla portanza dei terreni di fondazione.

Per nuove costruzioni andranno effettuate indagini atte al raggiungimento dei medesimi obiettivi della sottoclasse 2A ed in tali indagini dovrà essere tenuta in debito conto la presenza della falda freatica; andranno inoltre predisposti idonei accorgimenti tecnici per l'impermeabilizzazione degli eventuali piani interrati.

- ✓ Limitazioni all'uso del suolo: a causa dell'elevata vulnerabilità della falda freatica sono consentite tutte le tipologie di intervento ad eccezione delle attività produttive potenzialmente idroinquinanti, per l'eventuale realizzazione delle quali andrà effettuata un'accurata indagine idrogeologica al fine di valutare l'entità dell'impatto delle suddette attività sulle acque sotterranee. Da tale studio dovranno scaturire prescrizioni in merito all'adozione di accorgimenti tecnici in grado di tutelare le acque sotterranee, nonché alla costituzione di idonei sistemi di monitoraggio.

- ✓ Uso agricolo: la capacità d'uso dei terreni (par. 3.2.1), per quanto tale sottoclasse, è la seguente:

⇒ *classe di capacità d'uso IV, suoli con limitazioni molto forti che restringono la scelta colturale e/o richiedono una gestione molto accurata*: suoli SES3, con spessore sottile (25÷50 cm); suoli BRB1, con spessore sottile e drenaggio rapido.

➤ **CLASSE 3 – fattibilità con consistenti limitazioni**

Rientrano in questa classe le aree nelle quali sono state osservate consistenti situazioni limitative alla modifica delle destinazione d'uso dei terreni per l'entità e per la natura dei rischi individuati. L'utilizzo di dette aree sarà, pertanto, subordinato all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica o idrologica finalizzata alla verifica della compatibilità dell'eventuale progetto in esame con le condizioni geologiche e idrologiche del sito, all'analisi delle ripercussioni che tale eventuale progetto potrà avere sulle aree circostanti, nonché alla progettazione di eventuali idonee opere atte alla mitigazione dei rischi. La classe è stata suddivisa, sulla base delle problematiche evidenziate, in 3A (problematiche geologiche e/o geomeccaniche) e 3B (problematiche idrologiche).

♦ **SOTTOCLASSE 3A (problematiche geologiche e/o geomeccaniche)**

- ✓ **Localizzazione:** tale sottoclasse è stata ulteriormente suddivisa, sulla base essenzialmente delle prescrizioni tecniche e delle limitazioni all'uso del suolo in:
 - ⇒ **3A/1:** tratti di territorio in prossimità del ciglio e del piede della scarpata che separa l'abitato principale da quello di Ghiaie posti esternamente alla zona di rispetto rigoroso della medesima scarpata (classificata in classe 4);
 - ⇒ **3A/2:** apparato collinare ad esclusione delle sue porzioni meno inclinate, coincidenti essenzialmente con le sue porzioni sommitali (classificate in classe 2).
- ✓ **Attribuzione di classe di fattibilità:** le aree appartenenti alla sottoclasse 3A/1 si configurano come estensione della fascia di rispetto rigorosa della scarpata e sono posizionate in zone dove i segni di instabilità della stessa e/o la sua elevata pendenza hanno consigliato porre dei vincoli, seppur in maniera non rigida come nel caso della classe 4, all'uso del suolo; le aree della sottoclasse 3A/2 sono caratterizzate da una pendenza da alta a elevata e risultano caratterizzate dalla presenza di litotipi a stratificazione variabile (da media a spessa, localmente sottile) ricoperti da una coltre eluvio-colluviale di limitato spessore; la loro stabilità può quindi essere compromessa da interventi antropici.

✓ Prescrizioni tecniche: si rendono necessarie approfondite indagini geologico-geomorfologiche, nonché geotecnico-geomeccaniche, atte alla definizione dell'impatto che l'eventuale variazione di destinazione d'uso del territorio. Tali indagini andranno estese alle aree connesse, dal punto di vista della problematica evidenziata, con l'area di intervento ed in particolare andrà valutata la stabilità dei versanti in presenza delle eventuali opere di progetto, nonché l'influenza che le stesse potrebbero avere sulle condizioni idrologiche dell'area geologicamente connessa alla zona di intervento.

✓ Limitazioni all'uso del suolo: per quanto concerne le aree 3A/1 sono vietati interventi che comportino un aumento dei carichi sul terreno, mentre l'effettuazione di qualsiasi altro tipo di intervento dovrà essere preceduta da uno studio delle possibili influenze dello stesso sulla stabilità della scarpata. Per le aree 3A/2 non è vietato alcun tipo di intervento, a patto che sia preventivamente dichiarato fattibile sulla base delle indagini prescritte al precedente punto. Gli interventi di modificazione d'uso del suolo potranno anche prevedere, ove ritenuto necessario, la realizzazione di opere di mitigazione dei rischi: opere di sostegno, opere di drenaggio delle acque superficiali, ecc. che dovranno essere tali da non recare danno alle aree geologicamente e idrologicamente connesse con la zona di intervento.

✓ Uso agricolo: la capacità d'uso dei terreni dell'apparato collinare (par. 3.2.1) è la seguente:

⇒ *classe di capacità d'uso VII, suoli con severissime limitazioni tali da rendere difficoltosa anche l'attività silvo-pastorale*: suoli GVN1, molto scoscesi (> 70%) soggetti a forte rischio erosivo.

♦ **SOTTOCLASSE 3B (problematiche idrologiche)**

✓ Localizzazione: appartengono a questa classe alcune aree subpianeggianti poste fra il piede settentrionale dell'apparato collinare e il limite comunale, in prossimità del torrente Quisa.

✓ Attribuzione di classe di fattibilità: le suddette aree ricadono nelle immediate vicinanze del torrente Quisa immediatamente al di fuori di quelle che i dati topografici

e idrologici fanno ritenere come zone soggette a possibile esondazione. A causa della scarsità di tali dati le zone classificate come 3B non è da escludere che possano anch'esse essere interessate da fenomeni di esondazione da parte del torrente Quisa, anche se da quanto si è potuto appurare sul terreno tale eventualità appare come non probabile.

- ✓ Prescrizioni tecniche: si considerano necessari approfondimenti idraulici al fine di una più certa stima dell'estensione delle aree di pertinenza delle esondazioni del torrente Quisa. Tali approfondimenti dovranno essere corredati da studi pluviometrici di tipo statistico, da studi riguardanti il bacino imbrifero di interesse, nonché da adeguati rilievi topografici atti ad una accurata definizione delle altimetrie delle aree di interesse e delle sezioni di deflusso delle acque di piena. Potranno inoltre essere proposti interventi di mitigazione del rischio che non dovranno però avere effetti negativi sulle pertinenze idrologiche dell'area in esame.
- ✓ Limitazioni all'uso del suolo: sono consentite variazioni di destinazione d'uso del suolo solamente nel caso in cui gli studi effettuati escludano la presenza di rischi idraulici o prevedano una mitigazione degli stessi tramite opportuni interventi.
- ✓ Uso agricolo: la capacità d'uso dei terreni dell'apparato collinare (par. 3.2.1) è la seguente:
 - ⇒ *classe di capacità d'uso IV, suoli con limitazioni molto forti che restringono la scelta colturale e/o richiedono una gestione molto accurata*: suoli PET1, con drenaggio lento o molto lento.

➤ **CLASSE 4 – fattibilità con gravi limitazioni**

Rientrano in questa classe le aree per le quali sussistono gravi limitazioni alla modifica delle destinazione d'uso delle particelle in stretta connessione all'elevato grado di pericolosità presente. In queste aree sarà, pertanto, impedita la realizzazione di nuove opere fatte salve quelle tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Nel caso specifico la classe 4 è stata suddivisa in

2 sottoclassi in relazione alle problematiche geologiche riscontrate sul territorio: 4A (geotecniche/geomeccaniche) e 4B (problematiche idrologiche)

♦ **CLASSE 4A (problematiche geotecniche/geomeccaniche)**

- ✓ **Localizzazione:** appartengono a questa classe le aree di pertinenza della scarpata morfologica che collega l'abitato di Paladina con la frazione Ghiaie. Tali aree comprendono la scarpata vera e propria, la zona di influenza di eventuali distacchi di materiale dalla parete, coincidente essenzialmente con il canale Legler, ed una fascia di rispetto, a monte del ciglio di scarpata, con larghezza variabile in funzione del grado di pericolosità stimata dei vari tratti della stessa.
- ✓ **Attribuzione di classe di fattibilità:** i continui episodi di dissesto che hanno interessato la scarpata soprattutto nella sua porzione centrale, l'elevata acclività della medesima soprattutto nel settore centrale e meridionale, nonché le problematiche meglio descritte al paragrafo 3.1.1, testimoniano l'elevata pericolosità legata all'evoluzione morfologica della scarpata.
- ✓ **Prescrizioni tecniche:** alla luce dell'estrema pericolosità evidenziatasi con continui episodi di dissesto avvenuti nella porzione centrale della scarpata, caratterizzata dalla presenza di numerose abitazioni ai piedi della stessa, si consiglia l'effettuazione di accurate indagini geognostiche atte alla valutazione dettagliata del rischio, che siano base per eventuali interventi di messa in sicurezza. Nel frattempo si ritiene necessaria la predisposizione di sistemi di monitoraggio al fine di allertare la popolazione interessata nel caso si evidenzino la presenza di segni premonitori di eventi rischiosi.
- ✓ **Limitazioni all'uso del suolo:** come prescritto dalla Delibera della Giunta Regionale 8 agosto 1998 n°6/37918 *"l'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti"*.

♦ **CLASSE 4B (problematiche idrologiche)**

- ✓ **Localizzazione:** appartengono a questa classe le aree ricomprese nell'alveo attivo del fiume Brembo, nonché una fascia attorno al tratto a nord dei colli del torrente Quisa.
- ✓ **Attribuzione di classe di fattibilità:** per ciò che concerne l'alveo attivo del fiume Brembo l'attribuzione risulta ovvia, mentre per ciò che concerne il torrente Quisa le aree ricomprese nella sua fascia di esondazione sono quelle che ad un esame essenzialmente morfologico sono risultate potenzialmente soggette ad inondazione in caso di eventi meteorici particolarmente intensi.
- ✓ **Prescrizioni tecniche:** per ciò che concerne l'alveo attivo del fiume Brembo, anche alla luce dei recenti eventi erosivi, si consiglia la predisposizione di adeguate opere di difesa spondale e/o di regimazione dell'alveo fluviale. Per quanto riguarda invece il torrente Quisa, nel suo tratto a nord dei colli, si consiglia l'effettuazione di operazioni di pulizia e manutenzione dell'alveo e delle aree di esondazione al fine di consentire un più regolare deflusso delle acque di eventuali piene.
- ✓ **Limitazioni all'uso del suolo:** come prescritto dalla Delibera della Giunta Regionale 8 agosto 1998 n°6/37918 *"l'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti"*.

Principali fonti bibliografiche

- Beretta G.P., Galli A., Pezzera G. (1989) – Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee. *Acque Sotterranee*, fasc. 22;
- Bendotti P., Burlini L., Francani V., Saibene L., Zappone A. (1988) – *Studio idrogeologico delle esondazioni dei fiumi Adda, Brembo e Serio*. Studi idrogeologici sulla Pianura Padana, vol. 4;
- Bersezio R., Fornaciari M. (1988) – *Tectonic framework of the Lombardy foothills (Southern Alps) between Brianza and Iseo lake*. Dip. Scienze della Terra dell'Univ. di Milano . rendiconti della Soc. Geol. It.;
- Bersezio R., Fornaciari M., Gelarti R. (1990) – *Geologic map of the Southalpine Foothills between Brianza and Iseo lake*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 45. Dip. Scienze della Terra dell'Univ. di Milano – sez. di Geologia e Paleontologia;
- Celico P. (1986) - *Prospezioni idrogeologiche*;
- Cestari F. (1990) - *Prove geotecniche in sito*;
- Chiesa G. (1991) - *Pozzi per acqua*;
- Colombetti A. et A.A. (1975) - *Metodologia geologica di base per la formazione dei piani comprensoriali in Emilia-Romagna: un esempio di una zona di pianura*. Mem. Soc. Geol. It. 14 (1975), 267-282
- Colombo P. (1976) - *Elementi di geotecnica*;
- C.N.R. (1978) - *Metodi di cartografia geo-ambientale*;
- Denti E., Francani V., Fumagalli L., Pezzera G. e Sala P. (1988) - *Studio idrogeologico del foglio Vimercate*;
- Desio A., Venzo S. (1954) – Carta Geologica d'Italia – foglio 33 (Bergamo). Serv. Geol. It.;
- Francani V. (1988) - *Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee*;

- E.R.S.A.L. (1992) - *Progetto "Carta Pedologica": I suoli dell'hinterland bergamasco*;
- Lancellotta R. (1987) – *Geotecnica*;
- Pozzi R. (1992) - *Manuale di Geologia Applicata*;
- Previtali F. (1984) - *Introduzione allo studio dei suoli*;
- Provincia di Bergamo (1990) - *Qualità delle acque superficiali in provincia di Bergamo*;
- Provincia di Bergamo (2000)– *Carta Geologica della Provincia di Bergamo*;
- Regione Lombardia – C.N.R. (1996) – *Determinazione del rischio sismico fini urbanistici in Lombardia*.
- Regione Piemonte (1978) - *Atti del convegno: "Pianificazione Territoriale e geologia"*;
- Regione Piemonte (1978) - *Contributi dell'analisi geologica all'organizzazione del territorio*;
- Sanesi G. (1976) – *Guida alla descrizione del suolo*. C.N.R.;
- Unità Socio Sanitaria Locale di Bergamo (1991) - *Monitoraggio biologico della qualità delle acque superficiali della provincia di Bergamo*;