



Fzra A. Alghardi 1
24068 Seriate - (BG)
Tel. 035-30 41.11 - Fax. 035-30 11.52
Partita IVA 00384000162

CITTA' DI SERIATE
PROVINCIA DI BERGAMO

COMUNE DI SERIATE
Provincia di Bergamo

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE
GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
AI SENSI DEI CRITERI ATTUATIVI
DELL'ART. 57 DELLA L.R. 12/05**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè, dicembre 2012

INDICE	Pag.
1. PREMESSA	1
2. REPERIMENTO DATI	3
3. CARATTERI METEO-CLIMATICI	5
3.1 CLIMA	5
3.2 PRECIPITAZIONI	5
3.3 PRECIPITAZIONI BREVI E DI FORTE INTENSITÀ.....	11
3.4 TERMICA ATMOSFERICA	12
3.5 REGIME IDRICO.....	14
3.6 NEBBIA.....	15
3.7 VENTI.....	15
4. GEOLITOLOGIA E PEDOLOGIA	16
4.1 CRITERI DI INDAGINE.....	16
4.2 SUBSTRATO ROCCIOSO.....	16
4.3 ASSETTO STRUTTURALE	17
4.4 DEPOSITI SUPERFICIALI.....	18
4.4.1. <i>Unità Postglaciale (Pleistocene sup.-Olocene)</i>	18
4.4.2. <i>Complesso di Palazzago (Pleistocene medio-sup.)</i>	19
4.4.3. <i>Unità di Cologno (Pleistocene sup.)</i>	19
4.4.4. <i>Unità di Comun Nuovo (Pleistocene sup.)</i>	20
4.4.5. <i>Conglomerati di Seriate (Pliocene sup.-Pleistocene medio)</i>	21
4.4.6. <i>Riporto</i>	21
5. CARATTERI LITOTECNICI	21
5.1 CRITERI DI INDAGINE.....	21
5.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI DEPOSITI	22
6. GEOMORFOLOGIA	24
6.1 ZONA COLLINARE - RILIEVO DI COMONTE	24
6.2 ZONA DI PIANURA.....	25
6.2.1. <i>Terrazzi fluviali recenti</i>	25
6.2.2. <i>Geomorfologia dell'asta fluviale</i>	26
6.3 FORME, PROCESSI E DEPOSITI	26
6.3.1. <i>Forme, processi e depositi legati alle acque superficiali</i>	26
6.3.2. <i>Forme, processi e depositi antropici</i>	27
7. IDROGRAFIA	28
7.1 CRITERI DI INDAGINE.....	28
7.2 FIUME SERIO.....	29
7.2.1. <i>Condizioni di equilibrio dell'alveo</i>	32
7.2.2. <i>Caratteri idrologici del Serio</i>	33
7.2.3. <i>Fasce PAI</i>	34
7.2.4. <i>Aree a rischio idrogeologico molto elevato (zona B-Pr) – Allegato 2 del PAI</i>	39
7.2.5. <i>Studio ed individuazione delle aree cittadine soggette a rischio di esondazione del fiume Serio (Tr=200 anni)</i>	39
7.2.6. <i>Aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali</i>	42
7.2.7. <i>Sistemi di monitoraggio del Serio</i>	43
7.3 RETICOLO IDRICO PRINCIPALE.....	44

7.3.1. Fiume Serio (BG 088).....	45
7.3.2. Scolmatore torrente Zerra (BG189).....	45
7.3.3. Scolmatore del torrente Morla (BG197).....	46
7.4 RETICOLO IDRICO MINORE (RETICOLO DI BONIFICA).....	46
7.4.1. Rogge e canali.....	47
7.5 FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO POTABILE	50
7.6 COLLETTAMENTO E DEPURAZIONE.....	51
7.7 QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI	51
8. IDROGEOLOGIA	53
8.1 CRITERI DI INDAGINE.....	53
8.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA.....	53
8.2.1. Acquifero freatico e semiconfinato	54
8.2.2. Acquifero artesiano.....	54
8.3 PIEZOMETRIA	55
8.4 PERMEABILITÀ E VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO	56
8.5 SINTESI DEGLI ELEMENTI RAPPRESENTATI NELLA "CARTA IDROGRAFICA CON ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA"	57
8.6 SINTESI DEGLI ELEMENTI RAPPRESENTATI NELLA "CARTA DI INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO"	60
9. ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO COMUNALE.....	60
9.1 SISMICITÀ STORICA.....	60
9.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE	62
9.3 RISPOSTA SISMICA LOCALE - GENERALITÀ	62
9.3.1. Effetti di sito o di amplificazione sismica locale	63
9.3.2. Effetti di instabilità.....	64
9.4 CRITERI DI INDAGINE.....	65
9.5 APPLICAZIONE DEL 1° LIVELLO	68
9.5.1. Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello	68
9.6 APPLICAZIONE DEL 2° LIVELLO	70
9.6.1. Valutazione delle amplificazioni topografiche.....	71
9.6.2. Valutazione delle amplificazioni litologiche.....	76
9.6.3. Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello	93
10. VINCOLI ESISTENTI	95
10.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI)	95
10.1.1. Fasce fluviali.....	95
10.1.2. Zona B-Pr	95
10.2 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).....	95
10.3 AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE.....	99
11. SINTESI.....	101
11.1 CRITERI.....	101
11.2 AREE OMOGENEE	101
11.2.1. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V" ..	102
11.2.2. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - "G".....	102
11.2.3. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico - "Idr".....	102
11.2.4. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - "I".....	102

FASE DI PROPOSTA	107
12. CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI.....	107
12.1 QUADRO DEL DISSESTO VIGENTE	107
13. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.....	108
13.1 CRITERI DI ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ	108
14. NORME GEOLOGICHE DI PIANO.....	109
14.1 INDIRIZZI GENERALI.....	109
14.2 PRESCRIZIONI	110
14.2.1. <i>Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni</i>	110
14.2.2. <i>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti</i> <i>(sigla: "V")</i>	110
14.2.3. <i>Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico (sigla: "GT")</i>	111
14.2.4. <i>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico (sigla: "ldr")</i>	111
14.2.5. <i>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (sigla: "I")</i>	112
14.3 PRESCRIZIONI DI CARATTERE SISMICO.....	128
14.3.1. <i>Indirizzi generali</i>	128
14.3.2. <i>Prescrizioni</i>	128
15. ALLEGATI ED ELABORATI CARTOGRAFICI.....	131

1. PREMESSA

Per incarico dell'Amministrazione comunale di Seriate, è stato redatto il presente studio a supporto del nuovo strumento urbanistico realizzato in ottemperanza alla l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il Governo del Territorio" e successivi aggiornamenti.

Lo studio è stato svolto seguendo quanto disposto dalla Regione Lombardia con propria deliberazione di Giunta n. 8/1566 del 22 dicembre 2005, di definizione dei criteri e degli 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. In seguito all'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", gli indirizzi tecnici contenuti nella d.g.r. n. 8/1566 sono stati aggiornati ed integrati dalla d.g.r. n. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Il comune di Seriate è dotato di studio geologico di supporto al Piano Regolatore comunale redatto ai sensi della l.r. n. 41 del 24 novembre 1997 e successiva d.g.r. 29 ottobre 2001 n. 7/6645 ed esteso all'intero territorio comunale; tale studio è stato effettuato dallo scrivente nel febbraio 2004.

Il presente aggiornamento per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT recepisce le prescrizioni indicate della Regione Lombardia - Direzione Generale Territorio e Urbanistica, nella propria nota del 7 novembre 2006, prot. Z1.2006.00 26482. Secondo quanto riportato nella nota regionale del 7 novembre 2006, lo studio geologico del Comune di Seriate sarà ritenuto conforme alla l.r. 41/97 in seguito al recepimento delle indicazioni riportate nel citato parere; in relazione a quanto previsto dagli ambiti di applicazione della d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, i comuni con studio geologico conforme alla l.r. 41/97 ed approvato dalla Regione, si considerano adeguati a fornire un quadro esaustivo delle problematiche geologiche ed idrogeologiche esistenti sul territorio comunale; è comunque necessario aggiornare lo studio geologico relativamente:

- alla componente sismica;

- alla carta dei vincoli, di sintesi e di fattibilità, con relativa normativa riguardo alla perimetrazione delle fasce fluviali e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Il presente studio è volto a completare l'aggiornamento necessario secondo quanto richiesto dalla normativa vigente, realizzato anche mediante il recepimento delle indicazioni e prescrizioni individuate nel parere regionale del 7 novembre 2006, oltre ad una parziale revisione della cartografia di base, alla luce di recenti studi disponibili.

Gli aspetti geologici, geomorfologici, idrografici ed idrogeologici che costituivano la cartografia di inquadramento nel precedente studio geologico ai sensi della l.r. 41/97, sono stati pertanto ivi ripresi ed aggiornati mediante il recepimento di dati litotecnici e studi di recente realizzazione, quali l'individuazione del Reticolo Idrico Minore, i risultati dello "Studio ed Individuazione delle Aree Cittadine Soggette a Rischio di Esondazione del Fiume Serio" (di seguito, per brevità, denominato "Etatec 2009"), oltre al recepimento della delimitazione delle Fasce Fluviali del Fiume Serio, come individuate nella cartografia del PAI.

In data 06.08.2012 è stato trasmesso dalla Regione Lombardia D.G. Territorio e Urbanistica il parere preventivo sul suddetto studio geologico (n. prot. 15367); esso è stato ritenuto conforme ai criteri di attuazione della l.r. 12/05 in campo geologico e ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I.

Sentita in data 19.12.2012 la Regione Lombardia, nella figura del referente dell'istruttoria Dott. Geol. Alessandro Cagnoni, in merito alle prescrizioni riportate nel suddetto parere, si precisa che le modifiche discusse, concordate ed apportate allo studio geologico a supporto del PGT, sono:

- conversione della Zona I in Zona B-Pr, così come indicato nell'Allegato 2 dell'Atlante dei Rischi idraulici ed idrogeologici del PAI, con revisione della classe di fattibilità geologica;
- stralcio della norma di piano per la classe 4cl di fattibilità geologica relativa alla suddetta Zona I (riclassificata come B-Pr);

- revisione della classe di fattibilità geologica di un ambito in sponda destra del fiume, a monte dell'attraversamento della tangenziale, in classe 3a1 (Fascia B del PAI).

Come concordato con i preposti uffici regionali, in assenza di una definizione del rischio idraulico per gli edifici compresi nella Zona B-Pr a lato di via Venezian, vige la norma della Zona B-Pr (aree a rischio idrogeologico molto elevato con classe di fattibilità geologica 3a1).

2. REPERIMENTO DATI

L'analisi del territorio realizzata in ottemperanza alla l.r.41/97 ed aggiornata con il presente documento, alla luce delle nuove disposizioni normative, è stata basata su rilievi ed indagini di dettaglio eseguiti direttamente sul territorio, integrati con dati disponibili dalla letteratura nonché con le informazioni fornite direttamente dal Comune di Seriate, inerenti studi ed indagini svolte nel corso degli anni sul territorio comunale.

Sono stati criticamente recepiti i dati contenuti nella specifica cartografia tecnica, in particolare per l'area di interesse sono stati consultati i seguenti documenti:

- Carta Geologica della Provincia di Bergamo redatta in scala 1:50.000;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – L. 183/1989;
- Inventario dei fenomeni franosi in Italia – Progetto IFFI a cura dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Bergamo approvato con D.C.P. n. 40 del 22 aprile 2004;
- Cartografia geoambientale.

Le informazioni acquisite hanno integrato i dati riportati sugli elaborati cartografici e nella relazione tecnica che costituivano il precedente studio geologico comunale, redatto dallo scrivente ai sensi della L.R. 41/97.

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

- Carta Tecnica Regionale, sezioni C5c2, C5c3, C5c4, C5b3, restituita in scala 1:10.000;
- aerofotogrammetrico comunale alla scala 1:2.000.

Le carte tematiche di base, opportunamente confrontate e sovrapposte, hanno consentito di redigere i documenti di sintesi e di fattibilità geologica delle azioni di piano, in conformità alle disposizioni nazionali e regionali vigenti.

ANALISI TERRITORIALE

3. CARATTERI METEO-CLIMATICI

3.1 Clima

Il territorio di Seriate si situa nella pianura bergamasca immediatamente a ridosso degli ultimi rilievi collinari e allo sbocco della Valle Seriana.

Dal punto di vista climatico si colloca nella "fascia di pianura", secondo la denominazione di Ottone e Rossetti, mentre Pinna (1970) inquadra il territorio nel tipo climatico "temperato subcontinentale", tipico della pianura, delle grandi vallate alpine, del margine prealpino e della regione dei laghi.

Secondo la classificazione fitoclimatica del Pavari, il territorio appartiene alla zona del "Castanetum", sottozona calda, del primo tipo, ovvero senza siccità estiva. L'attribuzione alla sottozona calda è in relazione alla temperatura media mensile del mese più freddo che è maggiore di 0°.

3.2 Precipitazioni

Non si hanno dati a dimensione locale; l'unica stazione di rilevamento meteorologico più significativa, localizzata in un ambiente confrontabile con quello di Seriate, è quella di Bergamo (Ufficio Idrografico del Po), della quale si dispone di una lunga serie di rilevazioni.

La serie pluviometrica (1921-1970) relativa a Bergamo indica una precipitazione media annua di 1247 mm ed una frequenza media dei giorni piovosi pari a circa 100. I valori annuali più frequenti oscillano fra 1100 e 1300 mm; il minimo assoluto per dodici mesi consecutivi è stato di 730 mm nel 1944-1945, il massimo di 2117 mm nel 1937. Il trend evolutivo delle precipitazioni, dal punto di vista quantitativo, è negativo, ovvero vi è una tendenza alla diminuzione dell'afflusso meteorico medio nel corso degli ultimi anni esaminati.

La distribuzione delle piogge durante l'anno presenta due periodi di massimo, uno primaverile (mese di maggio) e uno secondario autunnale (bimestre ottobre-novembre), e due periodi di minimo afflusso, uno estivo e uno invernale più marcato.

Secondo la classificazione di Gavazzeni (1957) il regime pluviometrico attribuito alla fascia pedemontana della bergamasca è "di tipo prealpino", corrispondente ad una forma transizionale fra il clima temperato continentale della pianura padana e quello di tipo alpino, per la presenza di un minimo assoluto invernale molto pronunciato. Anfossi ed Eredia hanno collocato l'area in esame nel regime pluviometrico "sublitoraneo-padano", sottotipo "sublitoraneo-alpino", tipico dell'alta pianura e delle Prealpi, nel quale il massimo primaverile è di poco superiore a quello autunnale e il minimo assoluto è in inverno.

Più recentemente Rossetti, Gaetani e Peloso (1971) hanno differenziato un "regime della regione dei laghi prealpini", includendo anche la fascia pedemontana bergamasca che risentirebbe dell'influenza mitigatrice dei grandi laghi.

Viene di seguito riportato un prospetto relativo all'andamento delle precipitazioni medie mensili di alcune stazioni significative, relative al periodo 1921-1950 (i valori indicano i mm di pioggia):

Stazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Bergamo	60	58	91	117	172	122	93	104	112	113	120	81	1243
Cenate	55	65	97	120	168	135	91	124	109	117	119	73	1273
Gandosso	51	45	79	99	156	120	101	117	122	121	126	73	1210
Martinengo	51	47	71	96	125	95	82	83	94	96	92	61	993

Si può notare un sensibile gradiente pluviometrico andando da nord verso sud, cioè dalle aree più piovose (Cenate) a quelle più secche (Martinengo), mentre

considerando una distribuzione in senso est-ovest i valori non si discostano sensibilmente.

Di seguito si riportano i dati relativi alle precipitazioni massime medie e minime mensili ed annue del cinquantennio 1921-1970 (Figure 1a e 1b) e le precipitazioni massime da 1 a 12 mesi consecutivi, sia per la stazione di Bergamo (Figura 2a) che di Cenate Sopra (Figura 2b), a prova della limitata variabilità del regime pluviometrico nell'area in esame, ma soprattutto in considerazione al fatto che per una valutazione delle piogge critiche per il bacino del fiume Serio si deve far riferimento agli eventi più intensi ma prolungati.

Stazione di Bergamo (366 m s.l.m.)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Max	175	241	245	264	316	300	287	384	318	430	379	312	2117
Medie	62	61	85	117	146	128	99	113	107	119	133	78	1247
Min	1	0	0	0	33	35	6	12	3	2	5	0	762

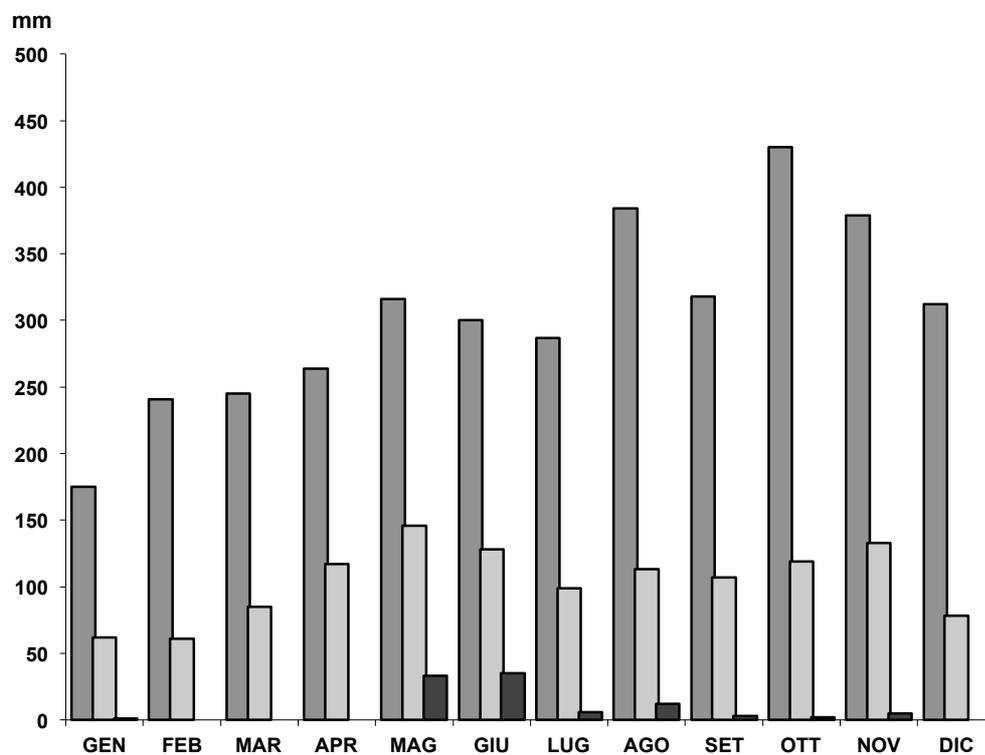


Figura 1a: Precipitazioni massime, medie e minime mensili ed annue (esprese in mm) del periodo 1921-1970

Stazione di Cenate Sopra (330 m s.l.m.)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Max	205	303	294	270	328	325	241	453	383	295	288	250	2128
Medie	53	66	89	112	142	131	98	131	97	104	119	70	1210
Min	0	0	0	0	24	17	0	2	17	0	4	0	762

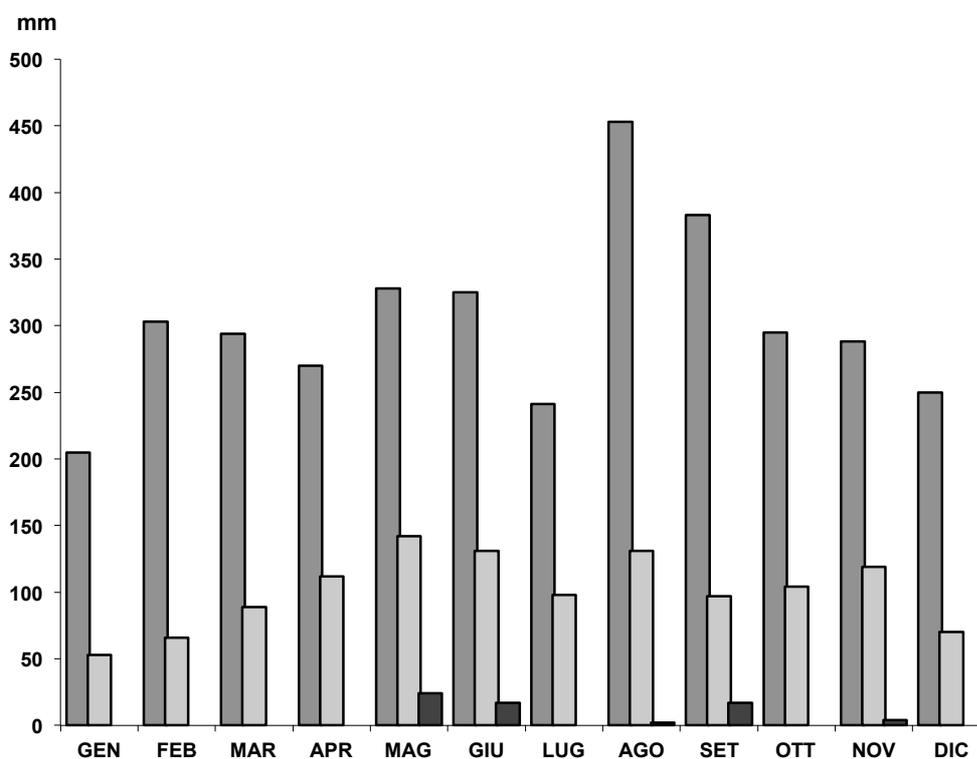


Figura 1b: Precipitazioni massime, medie e minime mensili ed annue (esprese in mm) del periodo 1921-1970

Stazione di Bergamo (366 m s.l.m.)

1 mese		2 mesi		3 mesi		4 mesi		5 mesi		6 mesi	
430	Ott 1953	680	Ago-Set 1937	976	Ago-Ott 1937	1161	Ago-Nov 1937	1240	Ago-Dic 1937	1404	Giu-Nov 1937
384	Ago 1937	591	Set-Ott 1960	783	Set-Nov 1960	904	Set-Dic 1960	1036	Giu-Ott 1960	1228	Giu-Nov 1960
379	Nov 1963	588	Mag-Giu 1940	735	Ott-Dic 1935	899	Ott 1935 Feb 1936	1032	Lug-Nov 1963	1198	Dic-Mag 35/36
365	Ott 1966	564	Set-Ott 1953	719	Mag-Lug 1940	865	Lug-Ott 1953	1028	Ott 1935 Feb 1936	1185	Giu-Nov 1963
318	Set 1960	535	Giu-Lug 1959	708	Ago-Ott 1953	858	Ago-Nov 1963	996	Giu-Ott 1953	1101	Giu-Nov 1959

7 mesi		8 mesi		9 mesi		10 mesi		11 mesi		12 mesi	
1551	Mag-Nov 1937	1727	Mar-Ott 1937	1912	Mar-Nov 1937	1991	Mar-Dic 1937	2061	Feb-Dic 1937	2117	Gen-Dic 1937
1404	Nov1935	1	Ott 1935	1768	Ott 1935	1	Ott 1935	1957	Ago1935	2036	Ago 1935
1349	Mag1936	621	Mag1936	1536	Giu 1936	847	Lug1936	1738	Giu1936	1847	Lug 1936
1316	Giu-Dic 1960	1461	Apr-Nov 1963	1522	Mar-Nov 1963	1	Mar-Dic 1959	1712	Mar1959	1810	Mar 1959
1279	Mag-Nov 1963	1450	Giu 1960	1508	Apr-Dic 1959	654	Mar-Dic 1963	1682	Gen1960	1810	Feb 1960
	1963	1397	Gen 1961		1959	1589	1963		Gen-Nov 1963		Dic 1950
	Giu-Dic 1959		Mag-Dic 1959		Mag1960		Apr 1960		Gen-Nov 1951		Nov 1951
					Gen 1961		Gen 1961		1951		Mag1940
											Apr 1941

Figura 2a: Precipitazioni massime da 1 a 12 mesi consecutivi (primi cinque casi critici)

Stazione di Cenate Sopra (330 m s.l.m.)

1 mese		2 mesi		3 mesi		4 mesi		5 mesi		6 mesi	
453	Ago 1934	656	Ago-Set 1937	893	Ago-Ott 1937	1065	Ago-Nov 1937	1232	Giu-Ott 1937	1404	Giu-Nov 1937
383	Set 1939	629	Lug-Ago 1934	811	Giu-Ago 1934	983	Apr-Lug 1932	1119	Mar-Lug 1932	1300	Feb-Lug 1925
357	Ago 1939	611	Ago-Set 1939	794	Ago-Ott 1939	941	Feb-Mag 1925	1071	Feb-Giu 1925	1264	Mar-Ago 1934
347	Ago 1937	589	Mag-Giu 1940	776	Apr-Giu 1936	915	Ago-Nov 1939	1055	Lug-Nov 1966	1201	Mag-Ott 1939
331	Ago 1968	537	Mag-Giu 1936	743	Apr-Giu 1940	885	Lug-Ott 1966	1041	Ago-Dic 1934	1188	Gen-Giu 1936

7 mesi		8 mesi		9 mesi		10 mesi		11 mesi		12 mesi	
1542	Mag-Nov 1937	1713	Mar-Ott 1937	1885	Mar-Nov 1937	2010	Feb-Nov 1937	2082	Feb-Dic 1937	2128	Gen-Dic 1937
1416	Feb-Ago 1925	1531	Mar-Ott 1932	1774	Apr-Dic 1932	1910	Mar-Dic 1932	2030	Mar 1932 Gen 1933	2107	Mar 1932 Feb 1933
1399	Giu-Dic 1934	1485	Feb-Set 1925	1674	Ott 1935 Giu 1936	1852	Mar-Dic 1934	1927	Feb-Dic 1934	1997	Mar 1934 Feb 1935
1395	Apr-Ott 1932	1466	Nov1935 Giu1936	1668	Mar-Nov 1934	1771	Feb-Nov 1925	1903	Ago 1935 Giu 1936	1995	Ago 1935 Lug 1936
1329	Dic 1935 Giu 1936	1456	Mag-Dic 1934	1571	Feb-Ott 1925	1766	Ott 1935 Lug 1936	1882	Ago 1939 Giu 1940	1976	Giu 1924 Mag1925

Figura 2b: Precipitazioni massime da 1 a 12 mesi consecutivi (primi cinque casi critici)

3.3 Precipitazioni brevi e di forte intensità

Una valutazione delle precipitazioni brevi e intense ha significato nelle verifiche idrauliche di piccoli bacini idrografici; nel territorio di Seriate non sono presenti impluvi naturali secondari significativi, ma vi è comunque una serie di rogge e canali distribuiti abbondantemente in tutta l'area comunale.

Per fornire un inquadramento significativo circa la distribuzione spaziale di tali precipitazioni, in assenza di rilevazioni nel territorio comunale, si è fatto riferimento ai dati di precipitazione misurati su lungo periodo alla stazione di Bergamo ed elaborati per lo studio del P.R.R.A. dell'Amministrazione comunale di Bergamo.

I dati sono stati elaborati in modo da individuare la relazione statistica che lega l'altezza della precipitazione h (mm) alla durata d (in ore) ed al tempo di ritorno, secondo la formula:

$$h(t) = a(t) \cdot d^{n(t)}$$

dove i parametri a ed n (funzione del tempo di ritorno t) sono da stimare sulla base delle serie storiche dei valori massimi annuali delle altezze di precipitazione per le differenti durate (1, 3, 6, 12, 24 ore) nell'arco giornaliero.

I risultati ottenuti per la stazione di Bergamo sono riportati nel seguente prospetto:

Tr (anni)	a	n
5	38,439	0,2621
10	45,320	0,2600
20	51,919	0,2586
50	60,461	0,2571
100	66,862	0,2563

3.4 Termica atmosferica

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.); l'unica che abbia operato sistematicamente nel territorio.

L'elaborazione dei dati ha permesso di riscontrare che le temperature più elevate si misurano nel bimestre luglio-agosto, con una media prossima ai 22°C ed un valore massimo assoluto vicino ai 40°C; i minimi si localizzano nel trimestre invernale con valori medi mai inferiori allo 0°C ma con punte estreme inferiori anche ai -10°C.

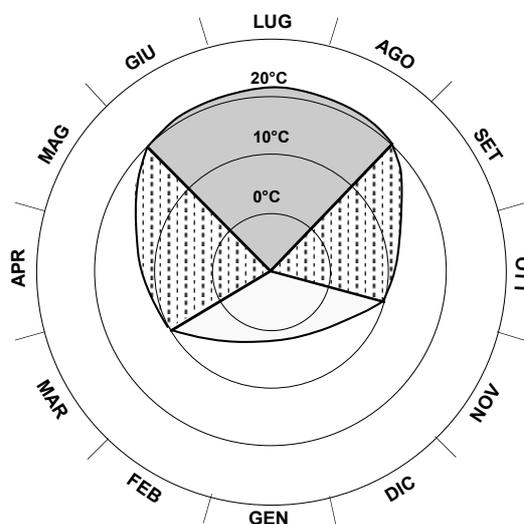
L'escursione termica media annua è circa di 21°C mentre quella assoluta ha superato i 50°C. La differenza di temperatura fra mesi successivi rileva una vicinanza di valori mensili limitatamente ai mesi più caldi e più freddi (intervalli luglio-agosto e dicembre-febbraio), mentre nei periodi intermedi le variazioni sono più significative con gli episodi più elevati nei mesi aprile-maggio e settembre-novembre.

Nella successiva tabella vengono riportati i valori mensili massimi, medi e minimi della temperatura dell'aria misurata alla stazione di Bergamo, nel periodo 1926-1955:

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Max	4,7	6,8	11,1	15,9	19,7	24,3	26,9	26,3	22,5	16	9,9	5,8	15,8
Medie	2,4	4,2	8,2	12,6	16,4	20,7	23,0	22,5	19,2	13,6	7,9	3,8	12,9
Min	0,1	1,6	5,3	9,3	13	17	19,1	18,7	15,9	11,1	5,9	1,8	9,9

Gli studi effettuati da Ottone e Rossetti hanno permesso di ripartire l'anno termico nelle "stagioni standard": per la pianura si ha una suddivisione in quattro stagioni con l'inizio di quella fredda (discesa della temperatura sotto i 10°C) nei primi giorni di novembre ed il suo termine fra la seconda e la terza decade di marzo. Fra le due stagioni calde (temperatura compresa fra 10°C e 20°C) quella primaverile supera in durata quella autunnale.

Il grafico sottostante (termogramma) è stato costruito sulla base delle temperature medie mensili riportate nella tabella precedente ed avvalorato quanto descritto sulla suddivisione stagionale termica.



Un andamento termico di questo tipo indica una posizione transizionale fra la condizione continentale della pianura padana (escursione termica maggiore di 23°C) e quella della regione alpina (escursione termica in diminuzione con l'aumento dell'altitudine).

3.5 Regime idrico

Per la stazione di Bergamo, sulla base dei dati termici e pluviometrici relativi all'intervallo 1924-1970, si è definita l'evapotraspirazione secondo la formulazione proposta da Thornthwaite e Mather (1957).

La successiva tabella riporta i dati di evapotraspirazione per la stazione di Bergamo, sulla base dei dati raccolti negli anni 1926-1955:

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
4	9	27	55	89	123	146	130	90	50	20	7	750

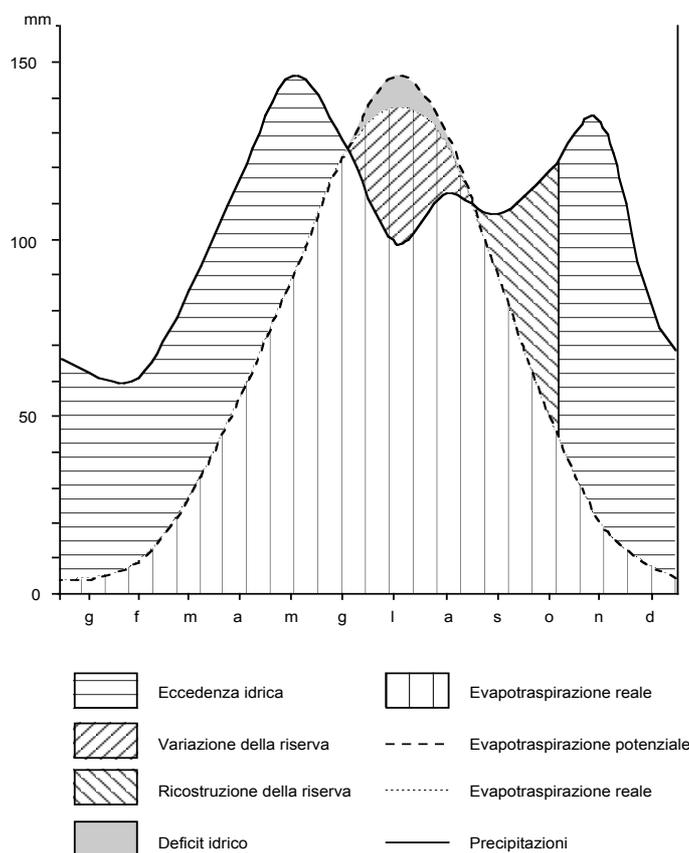


Figura 3: Evapotraspirazione potenziale alla stazione di Bergamo (anni 1921-1970)

L'evapotraspirazione potenziale corretta risulta inferiore alle precipitazioni medie durante tutti i mesi dell'anno, ad eccezione del bimestre luglio-agosto, per il

quale si ha un deficit di umidità nel suolo con conseguente diminuzione della riserva idrica; questa si ricostruisce nel mese di ottobre.

3.6 Nebbia

Si riporta un veloce accenno ad un altro fenomeno atmosferico che colpisce frequentemente la pianura bergamasca: la nebbia.

I dati riportati si riferiscono al periodo 1958-1987 riferiti alla stazione di rilevamento di Bergamo e sono stati elaborati dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura.

Mediamente i giorni nebbiosi durante l'anno sono 36, con un valore estremo di 65 giorni nel 1970 e 48 nel 1989. Le giornate nebbiose si condensano generalmente da novembre a gennaio, solo eccezionalmente, ed in particolare nella bassa pianura, si manifestano anche ad aprile ed a settembre.

3.7 Venti

Per il territorio comunale di Seriate i dati disponibili riguardanti le condizioni anemologiche sono stati rilevati in corrispondenza della stazione di Bergamo, di Ponte S. Pietro per il periodo 1946-1950 e di Orio al Serio per il quinquennio 1951-1956.

I dati evidenziano come nella stazione di Ponte S. Pietro la direzione preferenziale dei venti è NNE-SSO, mentre a Orio al Serio è N-S.

In merito alla velocità dei venti, si nota come in provincia di Bergamo prevalgono i venti di origine termica, ovvero le brezze. Talora possono esserci venti moderati con componente E, quando nell'alto Adriatico si scatena la bora. Le velocità massime si sono registrate a Orio e sono comprese fra 48 km/h da N e 91 km/h da SO.

4. GEOLITOLOGIA E PEDOLOGIA

4.1 Criteri di indagine

La carta geolitologica e pedologica sono state compilate per tutto il territorio comunale, utilizzando materiale esistente in bibliografia ed effettuando rilievi sul terreno (Tavv. nn. 1 e 2).

La carta geolitologica individua le Unità del substrato roccioso ed i depositi superficiali affioranti sul territorio; sono riportate le zone investigate dal punto di vista geotecnico, mediante individuazione dei punti di sondaggio ovvero di esecuzione di prove penetrometriche e la traccia di due sezioni geolitologiche, allegata alla presente relazione.

La carta pedologica riporta la mappatura dei suoli identificati sul territorio comunale di Seriate: a ciascuna tipologia di suolo è stato associato un indice numerico, ripreso nella presente relazione per la definizione delle caratteristiche corrispondenti. Vi sono alcune aree ove non è stata individuata la presenza di suolo: trattasi dell'alveo attivo del fiume Serio, delle aree urbanizzate e una porzione areale oggetto di attività estrattiva.

4.2 Substrato roccioso

L'unità del substrato roccioso presente nel territorio comunale è il "Flysch di Pontida", rinvenibile in corrispondenza della collina di Comonte.

Tale formazione, appartenente al Cretaceo, è costituita da una successione torbiditica con alternanze marnoso-arenacee a stratificazione sottile con intercalazioni di banchi calcareo-marnosi, potenti fino ad alcuni metri, distribuiti irregolarmente senza ciclicità. Gli strati più fini arenitici, a geometria generalmente piano-parallela, aumentano nella porzione sommitale della formazione, in prossimità del passaggio graduale con l'Arenaria di Sarnico. Inferiormente il limite è graduale con transizione alle Peliti Rosse.

Lo spessore della formazione raggiunge i 600 m nell'area-tipo (Pontida), assottigliandosi fino alla scomparsa nel settore orientale della provincia (presso Adrara), dove l'Arenaria di Sarnico poggia direttamente sui Banchi Caotici del Cenomaniano.

Il Flysch di Pontida affiora lungo il bordo pedemontano fra l'Adda e il Serio, aldilà del quale è assente o passa eteropicamente al Flysch di Colle Cedrina.

Nell'area di affioramento la formazione costituisce i rilievi a pieghe e sovrascorrimenti visibili a sud dell'Albenza e nei dintorni di Bergamo.

Il suolo presente sul substrato roccioso è generalmente sottile tipico dei substrati a chimismo acido, con sviluppo cambrico povero in scheletro, molto acido e desaturato. La classificazione U.S.D.A. definisce tale suolo come "Inceptisols, Typic Dystrochrepts fine-loamy, mixed, mesic" (suolo 1).

4.3 Assetto strutturale

Nel territorio comunale di Seriate, trattandosi di un'area di pianura, non sono presenti strutture tettoniche visibili: la collina di Comonte e la prosecuzione fino al Monte Tomenone, sono le ultime propaggini dei rilievi al bordo della pianura.

Essi sono caratterizzati da pieghe sinclinali e anticlinali associate a faglie inverse immergenti a N ed a faglie inverse immergenti a S, interessanti la successione coniaciano-campaniana.

Le strutture tettoniche sepolte dai depositi della pianura sono state studiate a seguito delle indagini sismiche e delle perforazioni profonde effettuate dall'AGIP.

Gli studi di Pieri & Groppi (1981) e di Cassano et alii (1986), hanno individuato la "monoclinale pedealpina" che sutura le deformazioni compressive alpine interessanti le successioni mesozoiche e cenozoiche. Le rocce sedimentarie plioceniche e pleistoceniche della monoclinale ricoprono le strutture affioranti al margine pedemontano, sigillandole.

4.4 Depositi superficiali

I depositi superficiali costituiscono la quasi totalità del territorio comunale di Seriate; essi sono stati cartografati mantenendo la suddivisione e la denominazione istituita nella nuova "Carta geologica della provincia di Bergamo", integrandola con le osservazioni effettuate durante i rilievi di campagna.

4.4.1. Unità Postglaciale (Pleistocene sup.-Olocene)

Tale unità è costituita da depositi alluvionali distinti in funzione del bacino idrografico di appartenenza.

I sedimenti fluviali del Serio sono stati raggruppati in un'unica unità all'interno della quale sono stati differenziate le aree immediatamente a lato dell'alveo attuale, in quanto separate dal resto dell'unità da orli morfologici evidenti, ovvero ben definite pedologicamente (per la presenza di Entisuoli).

L'Unità Postglaciale è composta da ghiaie da fini a grossolane con matrice sabbiosa a supporto clastico, in strati prevalentemente planari, con intercalazioni di orizzonti sabbiosi, limosi e argillosi.

Superiormente tale unità è ricoperta in modo discontinuo da una coltre di limi sabbiosi, limi e limi argillosi di spessore variabile fra 60 e 100 cm. Tale deposito è probabilmente legato agli eventi di piena del fiume Serio.

L'Unità Postglaciale affiora lungo il fiume Serio sia in destra che in sinistra idrografica: in destra è rinvenibile a partire dal ponte della ferrovia e costituisce la porzione meridionale del centro di Seriate e la zona denominata Campo Serio; in sinistra costituisce un'ampia fascia continua da nord a sud, avente larghezza massima attorno ai 1000 m e delimitata lateralmente da un orlo di terrazzo ben visibile.

Il suolo ha una profondità variabile fra 35 e 70 cm, con scheletro da scarso ad abbondante verso l'alveo, franco o franco sabbioso, alcalino, drenaggio buono, con superficie ad elevata pietrosità. Verso il corso del fiume i suoli sono meno evoluti, più sottili, a drenaggio rapido (Entisols), tipici di un ambiente in continua evoluzione morfologica; in particolare il suolo è classificato, secondo la U.S.D.A., come "Typic Udorthents sandy-skeletal, carbonatic, mesic" (suolo 7).

Allontanandosi dall'alveo attivo del Serio i suoli sono mediamente evoluti (Inceptiols), con orizzonte cambrico povero in scheletro, subcalicino, denominato "Typic Eutrochrepts coarse-loamy, mixed, mesic" (suoli 5 e 6).

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

Tale formazione raggruppa sedimenti di varia origine affioranti in corrispondenza del raccordo collina-pianura e delle valli minori.

Nel territorio comunale di Seriate, il Complesso di Palazzago è rappresentato da un deposito di conoide e colluviale costituito da diamicton a clasti da subarrotondati a spigolosi, con matrice sabbiosa o limoso argillosa. I clasti si riferiscono litologicamente al substrato roccioso retrostante.

Lo spessore è generalmente limitato; il deposito copre in discordanza i sedimenti più antichi del Pleistocene.

Nel comune di Seriate, il Complesso di Palazzago affiora limitatamente in una porzione di territorio alla base della collina di Comonte, verso est.

4.4.3. *Unità di Cologno (Pleistocene sup.)*

Si tratta di un deposito fluvioglaciale costituito da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa, da medio-grossolane a grossolane con ciottoli da arrotondati a subarrotondati; è visibile una grossolana stratificazione orizzontale. Localmente sono presenti strati sabbiosi e lenti di limi. La litologia dei clasti è prevalentemente carbonatica e secondariamente terrigena e metamorfica.

Localmente l'unità è ricoperta da limi argillosi, di esondazione, di spessore variabile, compreso fra 0,5 e 1,5 m.

L'Unità di Cologno rappresenta una fase di deposizione fluvioglaciale legata ad un regime di tipo "braided river", intermedia fra l'Unità di Comun Nuovo e le alluvioni postglaciali. Il limite superiore dell'unità è caratterizzato da morfologie ben conservate delimitate da orli di terrazzo evidenti che tendono però verso sud (zona di Ghisalba) a ridursi fino a scomparire; il limite inferiore è marcato dal passaggio ad un suolo sepolto e localmente al Conglomerato di Seriate, inoltre copre l'Unità di Comun Nuovo.

Nel territorio comunale di Seriate l'Unità di Cologno affiora estesamente in sinistra idrografica del Serio, in continuità con le alluvioni postglaciali, mentre in

destra idrografica è presente a partire dal ponte di via Italia, costituendo una piccola fascia delimitata da orli di terrazzo non sempre chiaramente visibili.

Il suolo presenta differenti caratteristiche sulle due sponde del fiume:

- in destra idrografica il suolo è evoluto (Alfisols), profondo 50-80 cm, molto ciottoloso, a tessitura franca, mediamente saturo, ben drenato con orizzonte argillitico brunificato molto ricco in scheletro con il 20% di argilla ("Typic Hapludalfs loamy-skeletal, mixed, mesic") (suolo 3);
- in sinistra idrografica la superficie è caratterizzata da elevata pietrosità, il suolo è mediamente evoluto (Inceptisols), profondo 50-60 cm, ben drenato, con molto scheletro a tessitura franca alcalino, denominati "Typic Eutrochrepts loamy-skeletal, mixed, mesic" (suolo 4).

4.4.4. Unità di Comun Nuovo (Pleistocene sup.)

E' costituita da depositi fluvioglaciali comprendenti: ghiaie a supporto clastico in matrice sabbiosa, da medio-grossolane a molto grossolane, da arrotondate a subarrotondate; sono frequenti gli strati sabbiosi.

Localmente è presente una copertura di limi di esondazione.

L'Unità di Comun Nuovo costituisce un terrazzo ben distinto morfologicamente presente solo in sponda destra del Serio; esso rappresenta una fase di deposizione fluvioglaciale modesta ma distinguibile sia dalle fasi deposizionali del Pleistocene medio-superiore, sia da quelle del tardo Pleistocene superiore.

Il limite superiore dell'unità è caratterizzato da morfologie ben conservate soprattutto più a nord; il limite inferiore è definito dal passaggio ad un'unità con caratteri pedologici più evoluti. Complessivamente lo spessore dell'Unità di Comun Nuovo non supera i 6-8 m.

Sul territorio di Seriate affiora solo in destra idrografica del Serio costituendo tutto l'areale occidentale del comune.

La superficie ha una pietrosità elevata con suolo evoluto (Alfisols), profondo circa 80-100 cm, ricco di scheletro avente un contenuto in argilla di circa 35%, franco e franco argilloso, saturo, classificato come "Typic Hapludalfs loamy-skeletal, mixed, mesic" (suolo 2).

4.4.5. Conglomerati di Seriate (Pliocene sup.-Pleistocene medio)

Sono contraddistinti da depositi fluviali cementati suddivisibili in due membri:

- membro superiore: ghiaie fluviali ben cementate eteropiche a supporto sia clastico che di matrice, con stratificazione molto grossolana; i ciottoli sono da arrotondati a subarrotondati con presenza di livelli di materiale più fine sabbioso;
- membro inferiore: ghiaie fluviali a supporto di matrice fortemente cementate, con ciottoli grossolani ben arrotondati.

I Conglomerati di Seriate sono la testimonianza di almeno due cicli deposizionali fluviali, non coevi e di origine seriana, che hanno riempito l'antica valle del Serio; essi affiorano quasi esclusivamente lungo le sponde dell'alveo attuale del fiume Serio.

Il loro limite superiore è sempre di tipo erosionale, il limite inferiore non è visibile, se non attraverso le stratigrafie dei pozzi presenti sul territorio della pianura, dove è possibile desumere che i conglomerati poggiano su depositi argilloso-sabbiosi a sud di Seriate e direttamente sul substrato roccioso a nord. Da tali dati si ricava che il loro spessore varia da oltre 50 m a nord (con massimi di 80-90 m) a non oltre 20 m a sud.

4.4.6. Riporto

E' generalmente costituito da materiale fine rimaneggiato scarsamente compatto ed è presente in genere nelle aree limitrofe a zone di cava attive o dismesse.

5. CARATTERI LITOTECNICI

5.1 Criteri di indagine

La valutazione delle caratteristiche geotecniche dei depositi superficiali, caratterizzanti il territorio di Seriate, è stata effettuata sulla base di indagini geologico-tecniche in possesso dell'Amministrazione comunale.

L'analisi dei dati a disposizione ha portato a definire geotecnicamente i terreni in modo essenzialmente qualitativo, attribuendo poi un range di valori ad alcuni parametri geotecnici, ritenuti essenziali per una 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 fa la 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...) a causa di differenti standard di correlazione con i parametri geotecnici.

Nella Tav. 1 sono state localizzate alcune indagini in sito (di cui si dispone della stratigrafia) utilizzate per la descrizione geotecnica dei depositi.

5.2 Caratteristiche geotecniche dei depositi

I depositi affioranti nel comune di Seriate sono prevalentemente grossolani costituiti da ghiaie in matrice fine limoso-sabbiosa, di origine fluviale e fluvioglaciale.

L'analisi delle indagini geotecniche (i punti di indagine sono individuati nella cartografia allegata - Tav. 1), ha evidenziato la presenza discontinua sul territorio di una coltre superficiale costituita da materiale fine limoso-argilloso, di spessore variabile fra 0,5 e 2,0 m, a scarsa compattezza.

Unità Postglaciale alluvionale

Granulometria: ghiaia sabbiosa con ciottoli debolmente limosa, talora con livelli più fini argilloso-limosi (spessore variabile da 6 m a 16 m)

Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 18 \text{ kN/m}^3$

Densità relativa $Dr = 40 \div 80\%$

Angolo di attrito drenato $\phi' = 32^\circ \div 38^\circ$

Modulo elastico $E_S = 17.000 \div 35.000$ kPa

(il limite inferiore del range è determinato dalla presenza di percentuali significative di matrice limosa nella ghiaia, in quanto i livelli argillosi sono invece generalmente molto compatti).

Unità di Cologno

Granulometria: ghiaia sabbiosa debolmente limosa con ciottoli e livelli di argilla limoso-sabbiosa (spessore variabile da 8 m a 18 m)

Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 18$ kN/m³

Densità relativa $D_r = 80 \div 85\%$ (45 ÷ 55%)

Angolo di attrito drenato $\phi' = 36^\circ \div 38^\circ$ (30° ÷ 32°)

Modulo elastico $E_S = 35.000$ kPa (8.000 ÷ 14.000 kPa)

(i valori indicati nelle parentesi sono relativi agli orizzonti argillosi più sciolti, mentre l'unità ghiaiosa tende ad essere sempre molto compatta).

Unità di Comun Nuovo

Granulometria: ghiaia sabbioso-limosa con ciottoli e livelli poco addensati (spessore non valutabile)

Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 18$ kN/m³

Densità relativa $D_r = 60 \div 65\%$ (30 ÷ 35%)

Angolo di attrito drenato $\phi' = 35^\circ \div 37^\circ$ (28° ÷ 30°)

Modulo elastico $E_S = 23.000$ kPa (7.000 ÷ 10.000 kPa)

(i valori indicati nelle parentesi sono relativi agli orizzonti più sciolti, mentre l'unità ghiaiosa tende ad essere generalmente a buona compattezza).

Conglomerato di Seriate

Granulometria: conglomerato compatto, talora con intercalazioni ghiaioso-ciottolose (spessore non valutabile)

Peso di volume naturale:	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Densità relativa	$D_r > 80 \%$
Angolo di attrito drenato	$\phi' > 38^\circ$
Modulo elastico	$E_s > 65.000 \text{ kPa}$

6. GEOMORFOLOGIA

Il quadro geomorfologico del territorio comunale ha come elemento fortemente caratterizzante l'ambito fluviale del Serio e solo secondariamente una piccola collina che interrompe la continuità della pianura nella porzione settentrionale nei pressi di Comonte.

La carta geomorfologica è stata redatta in scala 1:10.000 (Tav. n. 3); per l'intero territorio comunale è stata inoltre redatta una carta di inquadramento di dettaglio in scala 1:5.000 utilizzando la base topografica fornita dall'Amministrazione comunale (Tavv. nn. 5a e 5b), sulla quale sono stati riportati tutti gli elementi caratterizzanti l'area, con particolare attenzione all'individuazione degli elementi geomorfologici attivi (orli di terrazzo) e all'idrografia superficiale.

6.1 Zona collinare - rilievo di Comonte

Si tratta di un rilievo che si erge di circa 35 m rispetto al piano campagna circostante (quota massima 283,5 m s.l.m.), orientato NO-SE e caratterizzato da una serie di terrazzamenti antropici realizzati per una migliore fruizione del suolo per la coltivazione.

La coltre di depositi eluvio-colluviali che ricopre il substrato roccioso non mostra indizi di particolari instabilità, tuttavia non si può escludere che eventi piovosi particolarmente intensi possano innescare scivolamenti del deposito più fine, soprattutto nei punti in cui esso ha i maggiori spessori ed elevata pendenza.

6.2 Zona di pianura

Corrisponde alla pressoché totalità del territorio comunale, la cui porzione edificata si è sviluppata prevalentemente a nord, lungo la strada statale.

La quota topografica varia fra i 254 m s.l.m. della porzione settentrionale e i 200 m s.l.m. di quella meridionale; andando invece da ovest ad est la topografia è condizionata dalla presenza del fiume, che ha creato nel tempo il sistema di terrazzi alluvionali disposti all'incirca simmetricamente sulle sponde del Serio.

La presenza di un terrazzo alluvionale è testimoniata a sua volta dall'orlo e dalla scarpata che lo separa dal terrazzo contiguo: non sempre questi passaggi sono così visibili, talora restano soltanto frammenti di orli a causa delle modificazioni antropiche succedutesi nel tempo.

6.2.1. Terrazzi fluviali recenti

Gli orli dei terrazzi si sviluppano in direzione nord-sud e all'interno del territorio comunale si identifica un ordine di linee di terrazzamento delimitante la porzione più esterna (definita livello fondamentale della pianura) dalla piana fluviale, tramite una scarpata di dislivello di circa 7-9 m in sponda idrografica sinistra e di circa 1-3 m in sponda destra, difficilmente individuabile nella zona urbanizzata.

Un secondo ordine di terrazzamenti, scarsamente visibili, è presente all'interno della piana alluvionale e separa l'area interessata direttamente da fenomeni di dinamica fluviale recente: gli orli che la delimitano su entrambe le sponde del Serio si dipartono all'incirca a sud del ponte di Via Roma con dislivelli limitati di 1 m.

All'interno della piana fluviale recente si riconoscono, in particolare nel tratto del Serio con morfologia "braided", diversi ordini di terrazzi minori disposti parallelamente al corso d'acqua, che testimoniano cicli di sedimentazione e approfondimento dell'alveo stesso.

L'alveo attivo del Serio è delimitato da scarpate di altezza variabile fra 4-5 m a nord (il tratto è quasi totalmente regimato) e 2-3 m nel tratto non arginato a sud, dove l'alveo assume la morfologia a canali intrecciati.

6.2.2. Geomorfologia dell'asta fluviale

L'analisi morfologica di dettaglio evidenzia una sostanziale differenza fra la sponda idrografica sinistra e la sponda destra:

- sponda sinistra: le forme fluviali sono ben conservate ed il corso d'acqua è delimitato da una serie di scarpate più o meno continue che ne definiscono i limiti; le aree esterne all'ambito fluviale sono caratterizzate da morfologia subpianeggiante e ad uso agricolo prevalente. Il reticolo idrografico è costituito da una fitta rete di canali e rogge in parte alimentanti il Serio, in parte alimentanti rogge e canali a servizio dei fondi agricoli.
- sponda destra: le forme fluviali sono state quasi completamente mascherate dall'intervento antropico per la presenza dell'edificato di Seriate e di Grassobbio e di numerose attività estrattive.

6.3 Forme, processi e depositi

Le forme e i depositi presenti e cartografati sono essenzialmente originati all'azione delle acque di scorrimento e all'azione antropica.

6.3.1. Forme, processi e depositi legati alle acque superficiali

Sul territorio di Seriate è presente un reticolo idrografico minore unicamente costituito da rogge e canali irrigui, caratterizzati da decorsi rettilinei all'interno di alvei artificiali, spesso canalizzati o coperti, regimati a monte.

Le forme individuate sul territorio, caratteristiche di una dinamica geomorfologica legata alla presenza di acqua di scorrimento superficiale, sono direttamente riconducibili alla presenza del fiume Serio.

Sono stati individuati:

- *alveo attivo*: trattasi dell'alveo di piena ordinaria del Fiume Serio;
- *area a barre sabbiose*: sono state cartograficamente individuate le aree lungo l'alveo del Serio originatesi a seguito della deposizione del materiale sabbioso-ghiaioso trasportato dall'acqua;
- *paleoalvei*: si tratta dei percorsi non attivi del fiume Serio, potenzialmente riattivabili in occasione di piene significative;

- *orli di terrazzo attivo*: sono stati identificati i cigli delle scarpate fluviali attivi, localizzati lungo tutta l'asta del Serio. Trattasi di orli talora in forte erosione, come evidenziato lungo il tratto in sponda fluviale sinistra, nei pressi di Cascina Speranza;
- *orli di terrazzo stabilizzato*: si tratta di orli di terrazzi fluviali e fluvio-glaciali oramai inattivi, con decorso parallelo a quello del fiume Serio ma localizzati a distanza media di alcune centinaia di metri dallo stesso. Cartograficamente sono stati individuati con segno grafico distinto gli orli stabilizzati visibili da quelli poco riconoscibili, anche in relazione alla forte antropizzazione subita da alcune porzioni del territorio comunale.

6.3.2. Forme, processi e depositi antropici

Sono state mappate le opere di difesa idraulica e di protezione spondale essendo la loro presenza di notevole importanza come difesa dalle piene del fiume.

La maggior parte delle arginature sono presenti lungo il tratto di corso d'acqua che attraversa l'abitato di Seriate: la sponda in sinistra idrografica, a partire dal confine con Pedrengo, è regimata fino al ponte di Corso Roma, mediante una scogliera in pietrame costruita in epoche diverse e sottoposta a vari interventi di rifacimento e manutenzione; più a sud nel tratto parallelo a via Decò e Canetta, dove il fiume curva, vi è una scogliera con pennelli a difesa degli abitati.

La sponda destra è regimata con scogliere in pietrame a partire da Via Cerioli, all'altezza con via Fantoni, fino al ponte di Corso Roma, mentre nel tratto immediatamente a monte del ponte di via Italia sono posizionati dei pennelli.

A sud del centro di Seriate, il fiume è libero di digradare all'interno del suo alveo che, assumendo morfologia braided, aumenta di larghezza, assicurando così un'area maggiore per l'espansione delle piene, che peraltro andrebbero ad interessare zone scarsamente edificate, così come meglio descritto nel successivo capitolo "Idrografia".

Sono state perimetrate le aree sottoposte ad escavazione ed a riporti di materiale che, per estensione, hanno assunto anche un significato morfologico; sono stati individuati gli orli di origine antropica ed i terrazzamenti agrari, questi ultimi probabilmente impostati su originarie morfologie del territorio.

Sono stati individuati:

- *orli di scarpata artificiale*: sono i cigli delle scarpate di origine antropica, generalmente localizzati lungo gli scavi o i riporti stradali;
- *arginature*: sono stati individuati i tratti del Fiume Serio regimati (argini ed opere di difesa spondale); il tratto di corso d'acqua che attraversa l'edificato è stato completamente regimato su entrambe le sponde, come evidenziato in premessa;
- *arginature con pennelli*: sono state realizzate lungo due tratti del fiume Serio, in destra idrografica in corrispondenza del centro storico ed in sinistra nella porzione settentrionale dell'abitato;
- *briglia*: sull'alveo del fiume Serio sono presenti due briglie selettive a valle di via Italia-via Dante, un centinaio di metri a monte dell'attraversamento ferroviario;
- *aree di cava attiva*: sono state indicate le zone di cava attiva perimetrate all'interno del Piano Cave della Provincia di Bergamo, presenti in prossimità del confine comunale con il Comune di Seriate. Sul territorio comunale non sono presenti attività estrattive;
- *aree di cava non attiva/dismessa*: sono aree di cava inattiva;
- *superfici di riporto o colmata*: sono state cartografate le aree ricaricate arealmente identificate.

7. IDROGRAFIA

7.1 Criteri di indagine

Il sistema della rete di deflusso delle acque superficiali del territorio comunale di Seriate è costituito dal corso principale del fiume Serio e dalla rete di rogge e canali, in parte ancora visibili, in parte (soprattutto nell'ambito edificato) intubati e coperti.

Nella cartografia allegata (Tavv. nn. 4, 5a e 5b) sono state individuate le aree di esondazione del Serio, perimetrate sulla base dello studio Etatec 2009. I valori di portata calcolati in tale studio sono stati confrontati con i dati contenuti nel precedente studio (Paoletti et alii, 1995-1996) e con le analisi realizzate nel Piano

Territoriale di Coordinamento Provinciale (adottato con delibera n. 61 del 19/9/2003).

Nell'elaborato cartografico sono localizzati i pozzi, la rete di collettamento e quella fognaria; sono evidenziati alcuni elementi antropici connessi ai corsi d'acqua: le difese spondali ed i tratti di rogge incanalati (Tav. 4). Alcuni elementi idrografici sono stati evidenziati, per maggiore chiarezza, sulla Carta di inquadramento di dettaglio, redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 (Tavv. nn. 5a e 5b).

7.2 Fiume Serio

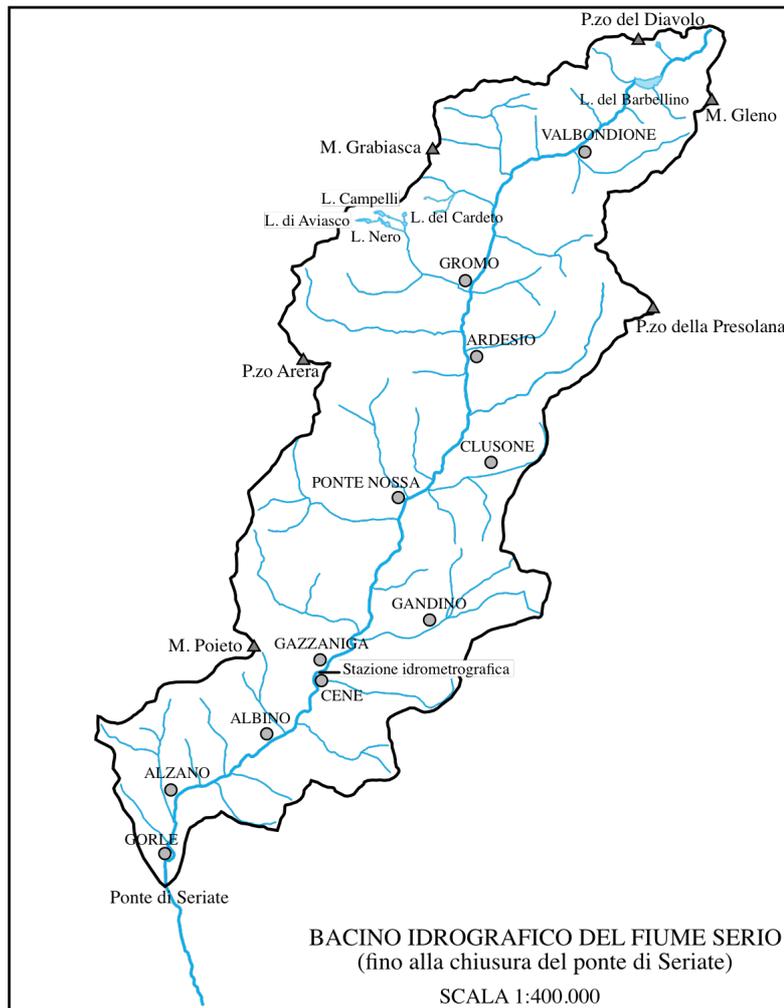
Il fiume Serio ha origine dalle Alpi Orobie, fra il Pizzo del Diavolo di Tenda (quota 2914 m s.l.m.) e il monte Gleno (quota 2883 m s.l.m.).

Il fiume scorre con direzione all'incirca nord-sud costituendo l'asta fluviale della valle Seriana, percorre poi la porzione centrale della pianura bergamasca fino a Mozzanica, dove entra nel territorio cremonese.

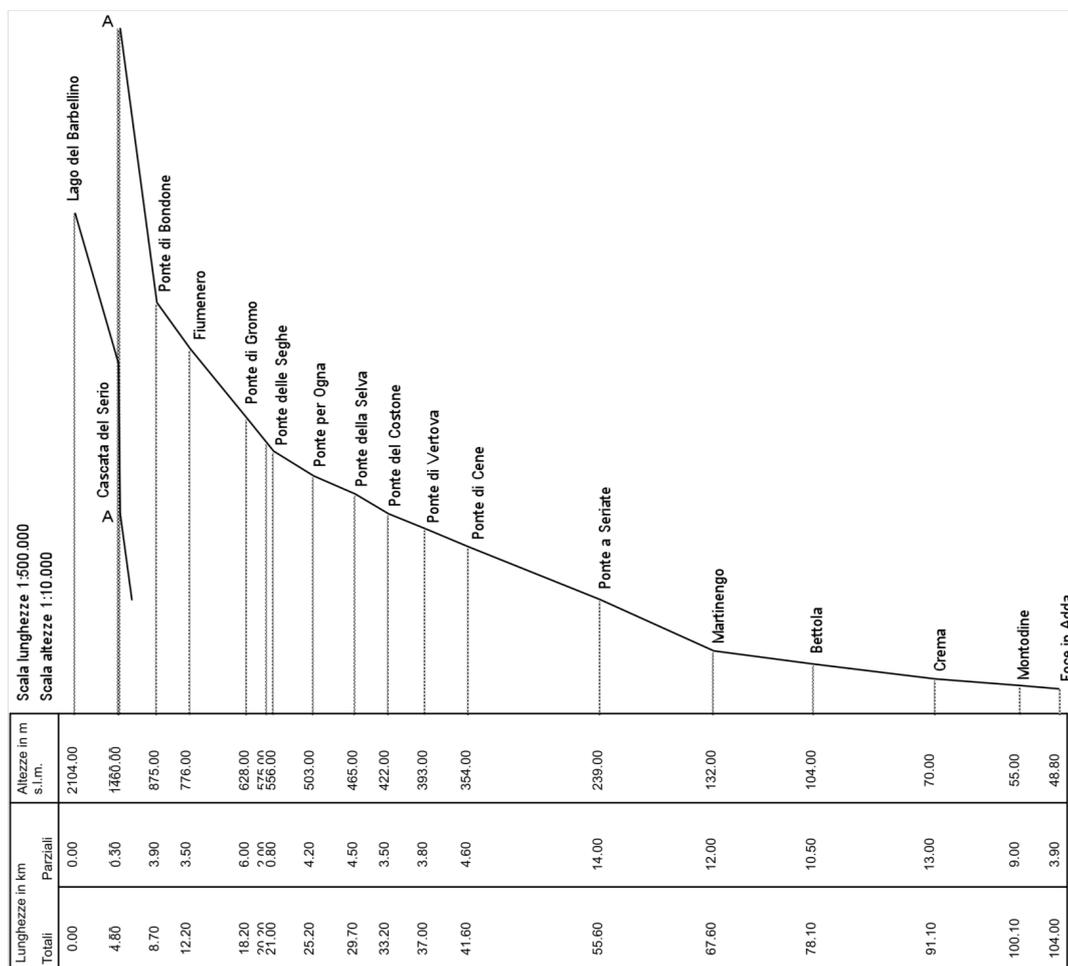
La lunghezza totale del Serio, fino alla sua immissione nell'Adda a Montodine, è di circa 120 km, di cui circa 80 km percorsi nel territorio bergamasco.

Il bacino idrografico ha un'estensione di circa 1200 km² e può essere suddiviso in due porzioni: quella "di montagna", la cui chiusura è posta idealmente alla sezione del ponte di Cene, costituisce circa il 40% della superficie del bacino, la restante porzione è situata in pianura. Il reticolo idrografico inizia ad organizzarsi proprio sui rilievi orobici grazie alla presenza di piccoli laghetti glaciali che raccolgono le acque di scorrimento superficiale e le rilasciano creando una rete di drenaggio molto articolata che man mano si definisce in un canale principale.

Il bacino idrografico è stato tracciato solo per il fiume Serio trattandosi dell'unico corso d'acqua naturale che scorre nel territorio: è successivamente riportato, in scala ridotta, tutto il bacino del Serio fino alla chiusura posta in corrispondenza del ponte di Seriate in via Italia.



Il profilo altimetrico del fiume (sezione successiva) presenta un andamento classico, con un primo tratto ad elevata pendenza con caratteri idraulici di tipo torrentizio, un tratto intermedio ancora incassato in zona montana ma con pendenze moderate e riduzione della velocità della corrente, ed un tratto terminale con un letto fluviale ampio e morfologia tipo "braided", da Seriate fino a Mozzanica, mentre più a sud assume una morfologia "a meandri".



Profilo longitudinale del Serio (pelo libero dell'acqua)

Nel territorio comunale di Seriate il fiume è lungo circa 7 km, con una pendenza media del talweg non superiore allo 0,8%.

Partendo dal confine settentrionale del comune il Serio può essere suddiviso in vari tratti a differente morfologia:

- per i primi 3 km circa il corso d'acqua attraversa Seriate con un andamento morfologico leggermente sinuoso, alveo incassato, talora anche di 4 m rispetto al ciglio, la cui larghezza media è di circa 50 m; entrambe le sponde sono protette da difese artificiali (scogliere in pietrame) e le rive sono notevolmente antropizzate;

- successivamente si distingue nettamente il passaggio ad una morfologia "a canali intrecciati" per la presenza di un alveo più ampio, di qualche centinaio di metri, con isolotti e barre sabbiose. Questo tratto, negli ultimi decenni, è stato interessato da continui interventi antropici che ne hanno progressivamente ridotto la larghezza e modificato il suo andamento originario.

7.2.1. Condizioni di equilibrio dell'alveo

Il fiume nel territorio comunale può essere classificato come corso d'acqua "in scavo": i fenomeni erosivi, provocati dall'azione di trascinarsi della corrente, prevalgono sull'apporto di materiale solido proveniente da monte. L'alveo progressivamente tende ad abbassarsi con conseguente minaccia alla stabilità delle sponde.

Questa tendenza è inoltre favorita dall'attività estrattiva e dalla costruzione di argini ed altre opere di difesa idraulica che hanno progressivamente modificato la morfologia intrecciata fino a ottenere un canale unico di larghezza media di circa 200 m, ben inferiore ai 400÷500 m del vecchio alveo di piena ordinaria. Questa progressiva canalizzazione ha provocato un aggravamento del rischio idraulico indotto dall'aumento della velocità della corrente di piena, con conseguente maggiori sollecitazioni contro argini e strutture.

Quindi se nel tratto fra Seriate e Mozzanica non si verificano esondazioni significative, il problema è spostato più a sud, nel territorio cremonese, proprio a causa della riduzione della naturale capacità volanzatrice del fiume a canali intrecciati di un tempo.

La valutazione quantitativa del trasporto solido, effettuata da Paoletti, è stata stimata in 100.000 m³/anno, non sufficienti a consentire una naturale inversione di tendenza dall'abbassamento attuale dell'alveo ad un suo rialzamento.

7.2.2. Caratteri idrologici del Serio

I caratteri idrologici del Serio sono ben conosciuti grazie alla stazione idrometrografica del Ponte di Cene, installata e mantenuta in continua osservazione dall'Ufficio Idrografico dal 1924.

La portata media annua è attorno ai 21 m³/s (periodo 1940-1970), quella di piena ordinaria si attesta attorno ai 240 m³/s, quella eccezionale ai 500-550 m³/s, quella minima assoluta è stata di 1,44 m³/s.

Con tali dati si può ritenere il Serio come un fiume di natura torrentizia, infatti durante la stagione invernale ed estiva l'alimentazione è determinata dai contributi di piccole sorgenti e scarsi nevai; durante le piene la portata aumenta di circa 40 volte il suo volume di magra ed anche di 100 volte nelle piene eccezionali.

Le elaborazioni contenute nello "Studio ed individuazione delle aree cittadine soggette a rischio di esondazione del fiume Serio", fornito da Etatec nel 2009, hanno individuato la portata del fiume nel tratto di interesse, per assegnato tempo di ritorno ($T_r=200$ anni). In particolare lo studio è stato condotto seguendo quanto indicato nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" emanata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, a partire dai dati di portata di piena con assegnato tempo di ritorno nelle sezioni fluviali dei corsi d'acqua sui quali sono state perimetrate le fasce fluviali.

Le portate calcolate ed utilizzate nel sopra citato studio si discostano dai valori individuati nello studio Paoletti et alii (1995) studio "Determinazione delle aree del territorio comunale soggette al rischio di inondazione da parte del fiume Serio" per tempi di ritorno di 100 anni. Sulla base delle valutazioni fatte da Etatec S.r.l., effettuate a partire dai dati resi disponibili dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, in conformità alle procedure stabilite dalla normativa di riferimento, sono stati ottenuti i valori della portata di piena di riferimento nel tratto compreso tra le sezioni PAI di interesse identificate tra i numeri 100 e 95, che corrisponde al tratto di fiume Serio che attraversa il territorio comunale di Seriate. La modellazione idraulica è stata condotta ipotizzando una portata di piena $T=200$ anni pari a 580 m³/s, in particolare, alla stazione di Cene le portate ottenute sono:

Tr (anni)	10	20	50	100	200
Q (mc/s)	370	424	493	546	598

A partire da questi valori sono stati calcolate, le portate alla sezione di Seriate.

Tr (anni)	10	20	50	100	200
Q (mc/s)	397	460	560	630	700

7.2.3. Fasce PAI

Il fiume Serio è sottoposto ai vincoli introdotti dal “Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali”, approvato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001, in relazione alla presenza di fasce fluviali di possibile esondazione. I dati disponibili, relativi allo studio redatto dall'Autorità di Bacino, constano della "Tavola di delimitazione delle fasce fluviali" in scala 1:25.000 e dei valori di portata riportati nel paragrafo precedente.

Le fasce A, B e C sono così definite:

- FASCIA A: fascia di deflusso della piena corrispondente alla porzione di alveo sede della piena, calcolata con tempo di ritorno di 200 anni, ove fluisce almeno l'80% di tale portata, ovvero costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante la piena.
- FASCIA B: fascia di esondazione (piena con tempo di ritorno di 200 anni) estesa al territorio con quota topografica corrispondente al livello idrico della piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate (fascia B di progetto), dimensionate per la stessa portata.
- FASCIA C: aree di inondazione per piena catastrofica delimitate sulla base della massima piena storica registrata (se superiore ai 200 anni), o, in assenza di dati, si è considerata una piena con un tempo di ritorno di 500 anni.

Fascia A

Le aree individuate in Fascia A corrispondono all'alveo attivo del fiume Serio nella zona urbanizzata, ove l'alveo è delimitato da arginature quasi continue, oltre ad una limitata fascia in destra idrografica, zona depuratore. A sud del ponte dell'autostrada il Serio scorre nel territorio comunale di Grassobbio.

Lungo alcuni tratti d'alveo il limite esterno di fascia A coincide con il limite esterno di fascia B: l'area sottesa da tale limite è pertanto classificata in fascia A, le zone esterne rientrano in fascia C.

Adeguamento morfologico

In sede di aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT Comunale, l'utilizzo di una base topografica (aerofotogrammetrico comunale) aggiornata, unitamente verifiche in sito mediante sopralluoghi nelle aree di interesse, ha consentito la realizzazione di alcuni limitati adeguamenti morfologici della fascia A del PAI.

Nella porzione settentrionale del Comune, per un breve tratto del centro edificato in destra idrografica e in corrispondenza di un tratto in sponda sinistra all'altezza dell'ansa del fiume, il limite esterno di Fascia A è stato adeguato, facendolo corrispondere al ciglio superiore dell'argine; il limite di Fascia A è stato rivisto ed adeguato agli elementi fisici anche in sponda destra in corrispondenza della zona agricola di via Francesco Nullo.

Nelle situazioni sopra descritte, ai sensi dell'art.27 comma 3 delle Norme Tecniche di attuazione del PAI, il limite della fascia A è stato fatto coincidere con elementi fisici e morfologici riconoscibili e rilevabili sia cartograficamente sia territorialmente, rispettandone l'unitarietà.

Fascia B

Nel centro abitato di Seriate la Fascia B è per lo più coincidente con la Fascia A. In un tratto significativo della sponda sinistra fra il fiume e via Venezian è individuata una fascia "B di progetto", per la presenza di opere di difesa spondale ed argini la cui funzionalità è attualmente inadeguata al contenimento della piena duecentennale (v. successivo capitolo dedicato alla fascia C).

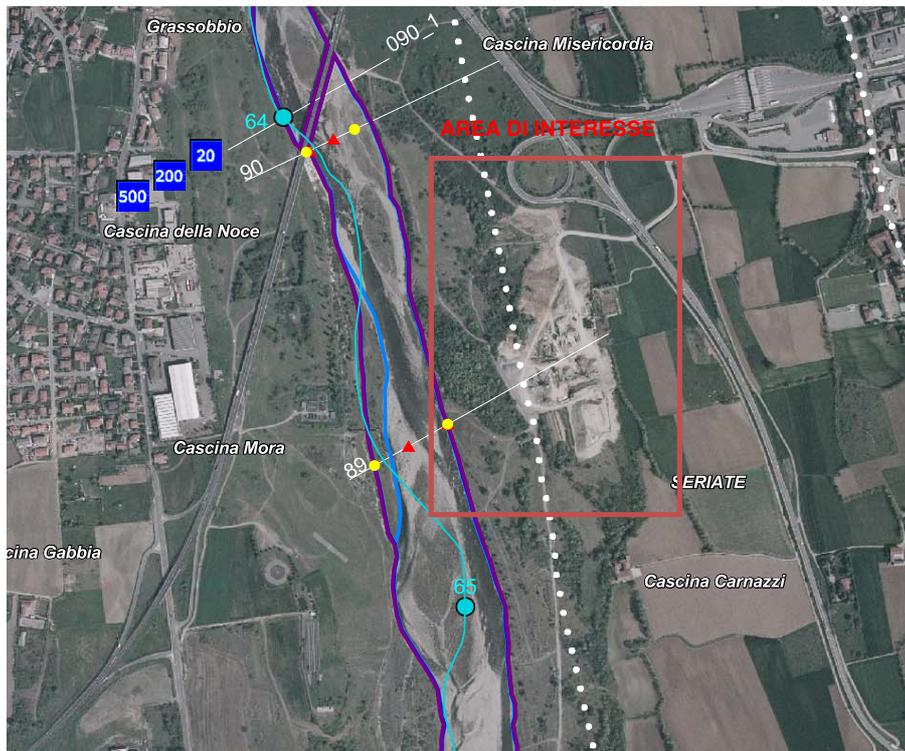
A valle, e fino al ponte dell'autostrada, la fascia B si sviluppa su entrambi i lati del fiume, in modo più continuo ed esteso in destra.

Ancora più a valle, oltre il ponte dell'autostrada, la fascia B è presente solo in sinistra.

Adeguamento morfologico

A valle dell'attraversamento autostradale, tra le Cascine Misericordia e Camozzi, la fascia B del PAI è stata adeguata agli elementi morfologici riconoscibili alla scala di redazione dell'aggiornamento dello studio geologico. Tali adeguamenti sono stati supportati, oltre che dall'utilizzo di una base topografica aggiornata (aerofotogrammetrico comunale), dalla disponibilità di rilievi di dettaglio e da verifiche in sito mediante sopralluoghi nelle aree di interesse. La scelta effettuata è inoltre supportata dalle risultanze di studi idraulici interessanti la zona, con particolare riferimento allo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda" redatto a cura dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Lo studio di cui sopra, nella sezione dedicata all'analisi idraulica del fiume Serio, individua le aree potenzialmente allagabili per esondazione diretta ed indiretta, in seguito ad eventi di piena calcolati con diversi tempi di ritorno a partire da dati pluviografici, pluviometrici e da modellizzazioni idrauliche: nella zona di interesse, tale studio (di cui è successivamente riportato uno stralcio cartografico), evidenzia come il limite di espansione delle piene sia duecentennale sia cinquecentennale coincida con il ciglio spondale del fiume Serio, in territorio comunale di Grassobbio.



Stralcio non in scala: Visibile limite di espansione piena con $Tr=200$ anni (perimetro blu) e con $Tr=500$ anni (perimetro viola)

In data dicembre 2008, è stato redatto dall'ing. Lucia Pacciani, per conto di un privato, uno studio tecnico per la valutazione delle aree esondabili a sud dell'attraversamento autostradale, in caso di eventi di piena: tale studio ha tenuto conto dei livelli massimi di piena calcolati con $Tr=200$ anni forniti dal PAI, raffrontati ed utilizzati a partire da un rilievo di dettaglio della zona; è stata inoltre valutata la mobilità storica dell'alveo del fiume Serio. I risultati dello studio evidenziano che l'area compresa tra le cascate Misericordia e Camozzi, per la porzione sita sul territorio comunale di Seriate, non è interessata da fenomeni di esondazione per la piena di riferimento con tempi di ritorno di 200 anni e non è soggetta a possibili fenomeni di riattivazione di forme fluviali relitte. In data 26.11.2010, la Etatec S.r.l., su richiesta del comune, ha espresso parere favorevole all'adeguamento della fascia B proposto, in considerazione dell'assenza di possibile inondazione dell'area di interesse e del fatto che a stessa non può essere considerata zona di elevato pregio naturalistico, ambientale, storico, artistico, culturale, secondo quanto definito dall'art. 27 delle NTA del PAI.

Alla luce delle risultanze degli approfondimenti idraulici condotti sull'area, degli studi esistenti e degli approfondimenti e sopralluoghi effettuati, in fase di redazione del presente aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, è stato effettuato un adeguamento morfologico della fascia B del PAI, limitato al Comune di Seriate: il limite esterno di tale fascia è stato rivisto ai sensi dell'art. 27 comma 3 delle Norme Tecniche di attuazione del PAI e fatto coincidere con elementi fisici e morfologici riconoscibili (zone di ciglio), rilevabili cartograficamente e territorialmente, rispettandone l'unitarietà.

L'adeguamento morfologico realizzato è stato discusso e condiviso con i funzionari del Servizio Geologico della Regione Lombardia.

Fascia C

La fascia C, volta ad individuare le aree allagabili in caso di eventi di piena con carattere di eccezionalità ($Tr=500$ anni), è presente lungo tutto il tratto di fiume Serio comunale.

A monte del ponte di via Italia è presente in sinistra idrografica, ma per la condizione di inadeguatezza delle opere di difesa spondale e degli argini per il contenimento della piena duecentennale, in prossimità della sponda del fiume è stato posto un "limite di fascia B di progetto"; tale limite individua "le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio". Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta" (Art. 28 - Titolo II - Norme di attuazione del PAI). La norma che si applica dal limite di fascia B di progetto al limite esterno di fascia C, fino alla realizzazione delle opere programmate, coincide con quella di fascia B.

A valle del ponte di via Italia la fascia C è presente in destra, su un'area del centro cittadino e sulla sua prosecuzione più a valle. In sinistra, si sviluppa ampiamente a partire dall'ansa a valle dell'abitato, fino oltre il confine comunale di valle.

La perimetrazione delle fasce PAI è riportata nelle carte idrografica con elementi idrogeologici, di inquadramento di dettaglio e dei vincoli; le limitazioni di uso del suolo sono riportate nella fattibilità geologica per le azioni di piano.

7.2.4. Aree a rischio idrogeologico molto elevato (zona B-Pr) – Allegato 2 del PAI

L'Allegato 2 dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) ha individuato sul territorio comunale di Seriate n. 2 aree soggette a rischio idrogeologico molto elevato, classificate come Zona B-Pr.

La prima Zona B-Pr si colloca in sponda sinistra del fiume Serio, all'interno del centro edificato, a monte del ponte di via Italia, grossomodo coincidente con la zona di fascia B di progetto; l'Autorità di Bacino, che l'ha individuata, considera possibili esondazioni per piene con tempi di ritorno inferiori o uguali a 50 anni.

Il secondo ambito B-Pr è esterno al centro edificato e si colloca in sponda sinistra del fiume, all'altezza dell'ansa a sud di via Restelli.

Le perimetrazioni delle aree B-Pr sono state riportate sulla carta idrografica con elementi idrogeologici, oltre che nella carta dei vincoli.

Le limitazioni di uso del suolo sono riportate nel paragrafo inerente la fattibilità geologica per le azioni di piano.

7.2.5. Studio ed individuazione delle aree cittadine soggette a rischio di esondazione del fiume Serio (Tr=200 anni)

Per incarico dell'Amministrazione comunale di Seriate, nel dicembre 2009, la Etatec S.r.l. - Società di Ingegneria con sede in via Bassini, 23 a Milano, ha consegnato lo "Studio ed individuazione delle aree cittadine soggette a rischio di esondazione del fiume Serio" (di seguito denominato, per brevità, "Etatec 2009"), finalizzato all'individuazione delle aree cittadine soggette a rischio di esondazione del fiume Serio. Secondo quanto dichiarato dai progettisti, per la redazione del suddetto studio idraulico si è fatto riferimento alle metodologie di cui all'Allegato 4 dei criteri attuativi della l.r. 12/05; i dati idraulici sono stati desunti dal "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali", approvato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001.

Ai sensi dell'art. 39 delle Nta del PAI recante "Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica" qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

Lo studio è stato esteso a tutto l'abitato ed ha portato ad una mappatura del rischio di esondazione anche su aree non comprese nel centro edificato ed esterne alle fasce PAI.

Le perimetrazioni delle aree di rischio (nelle classi R1, R2, R3 ed R4) desunte dallo studio idraulico sono state riportate sulle carte idrologica con elementi di idrogeologia e nella carta di sintesi; copia integrale dello studio idraulico è allegata al presente lavoro.

La stesura della normativa inerente la pianificazione urbanistica (Fattibilità geologica per le azioni di piano - capitolo 13) ha tenuto conto dei risultati dello studio e delle condizioni e modalità di applicazione dello stesso, previste dall'art. 39 delle NtA del PAI.

Individuazione aree esondabili (Tr=200 anni)

La valutazione del rischio idraulico condotta nello studio Etatec 2009 ha portato all'individuazione delle superfici potenzialmente allagabili con piene straordinarie, Tr=200 anni, nelle condizioni morfologiche e topografiche attualmente riscontrate nella zona di interesse. Secondo quanto indicato nello studio, le portate di riferimento sono state mutate dalle tabelle PAI che individuano valori variabili tra 570 m³/s ad Alzano Lombardo e 620 m³/s a Romano di Lombardia.

Le verifiche sono state effettuate considerando i due diversi valori di portata di piena: i profili di moto permanente ottenuti sono risultati molto simili, non sono state individuate nello studio idraulico differenze tra le superfici allagabili nei due casi considerati.

I risultati ottenuti nello studio idraulico commissionato dal Comune di Seriate, riportati nelle tavv. nn. 4, 5a e 5b, individuano la maggiore criticità idraulica

in corrispondenza del ponte di via Italia ove, il rigurgito prodotto dallo stesso, induce innalzamenti dei livelli idrici a monte della struttura che determinano allagamenti sia di natura diretta che indiretta.

Gli allagamenti di natura diretta (che si verificano per manifesta insufficienza dell'argine), interessano le aree contenute tra le vie Venezian, via Cerioli ed il fiume Serio e, a valle dell'abitato, possono verificarsi esondazioni lungo la via Decò e Canetta e più a Sud, all'altezza delle serre, su entrambi i lati.

Gli allagamenti di natura indiretta (che si verificano per insufficienza della luce del ponte di via Italia) coinvolgono prevalentemente il nucleo storico a sud del ponte di via Italia interessando, in sponda sinistra, parte di via Italia, via Dante, raggiungendo Piazzale dei Caduti, via Decò e Canetta; in sponda destra le vie Cerioli e Battisti costituiscono la via preferenziale di scorrimento delle acque di allagamento indiretto. La mappatura del rischio indica possibile presenza di acqua lungo la viabilità cittadina, in direzione sud, oltre la linea ferroviaria Bergamo-Brescia.

Si specifica, secondo quanto dichiarato dai progettisti, che l'analisi idraulica effettuata non è stata basata considerando la forma dell'onda di piena e la sua durata, bensì sull'analisi dei profili di moto permanente e delle caratteristiche altimetriche del terreno.

Mappatura delle aree di rischio

Secondo quanto riportato nello studio Etatec 2009, la mappatura delle aree di rischio è stata condotta sulla base del grafico contenuto nell'allegato 4 della d.g.r. 7/6654 dell'ottobre 2001 che riceve come input il tirante idrico e la velocità della corrente, restituendo una condizione di rischio di tipo R4 ovvero R3. Lo studio ha individuato un'ulteriore mappatura di una zona di rischio R1 ed R2, introdotta dagli estensori dello studio al fine di segnalare l'esistenza di un rischio residuo, associato a tiranti inferiori a 0,3 m e velocità fino a 2 m/s.

Le aree a rischio R4 sono state individuate nella zona del ponte di via Italia e, a sud dell'abitato, all'altezza di via Decò e Canetta (sia in sinistra sia in destra idrografica) e corrispondono alle zone soggette ad esondazione diretta.

Le aree allagate indirettamente, ubicate a valle del ponte di via Italia, sono perimetrate in classe di rischio R3 e, nelle porzioni distali, R2 ed R1 (perimetrate indistintamente).

Le fasce di esondazione individuate nello studio Etatec 2009, ai sensi dell'allegato 4 della L.R. 12/2005, sono state riportate non solo lungo il tratto di Serio che rientra nell'area cittadina, ma anche esternamente ai limiti del centro edificato comunale e delle fasce A e B definite dal PAI. Per le aree a rischio R4, R3 e, parzialmente, per le aree R2 ed R1, lo studio ha individuato i possibili percorsi idrici delle acque non incanalate, segnalando come possibili zone di scorrimento le strade e le zone libere da strutture, escludendo dalla mappatura gli edifici esistenti.

Le aree a diverso rischio di esondazione sono state perimetrate sulla cartografia di base e sulle carte di sintesi e normate urbanisticamente.

7.2.6. Aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali

Il presente documento recepisce le aree a rischio mappate da Etatec 2009 e ne propone il completamento, estendendo il grado di rischio già attribuito alle aree circostanti anche a quelle interne, che finora ne risultavano prive (edifici esistenti, cortili interni ed, in generale, strutture in elevazione).

Tale completamento è stato effettuato a partire dalle valutazioni contenute nello studio, sulla base di ulteriori sopralluoghi e approfondimenti di indagine, attribuendo il valore di rischio idraulico sulla base di quanto già mappato al contorno e individuando il limite fra diverse classi di rischio, ove ciò si è reso necessario.

Lo scopo del documento è consentire la valutazione di compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e fornire un primo quadro del rischio nelle attuali condizioni di utilizzo, rimandando, per quanto di competenza, al Piano di Emergenza comunale di Protezione Civile.

Le aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali (perimetrate a completamento delle zone di rischio già individuate nello studio Etatec 2009) comprendono aree abitate poste lungo le sponde del fiume Serio, a monte di via Italia.

In particolare, lo studio Etatec 2009 ricomprende parzialmente nel rischio R4 e R3 l'area edificata in sponda sinistra: gli edifici racchiusi e circondati da strade di scorrimento preferenziale delle acque di possibile esondazione, sono stati considerati come potenzialmente coinvolti, assegnando un rischio R3. Tale area si trova dietro il limite di fascia B di progetto del PAI: il rischio insistente nell'area potrà essere rivalutato in seguito all'esecuzione ed al collaudo di opere idrauliche di regimazione/contenimento della piena.

A valle del ponte di via Italia, lo studio Etatec 2009 ha individuato le zone soggette a possibili fenomeni di esondazione indiretta, intese come aree interessate dal passaggio delle acque che si riversano nelle strade per l'insufficienza del ponte: il rischio esondazione è stato esteso, sia in sponda destra sia in sinistra idrografica, all'edificato adiacente alle vie di scorrimento preferenziale delle acque di esondazione ed alle aree topograficamente ribassate rispetto alle strade ritenute allagabili.

Tale mappatura, riportata sulla cartografia di base, distingue le aree esondabili in relazione al tirante idrico atteso (superiore a 100 cm, compreso tra 30 e 100 cm, inferiore a 30 cm), desunto dalle sezioni e dalle perimetrazioni riportate nello studio idraulico; le aree soggette a rischio idraulico (differenziato in funzione della severità locale del fenomeno) sono state normate urbanisticamente, in considerazione dell'edificato, delle strutture esistenti nonché delle possibili previsioni urbanistiche.

7.2.7. Sistemi di monitoraggio del Serio

Il controllo degli eventi di piena del Serio dipende dalla disponibilità dei dati di portata in arrivo, in corrispondenza di sezioni poste lungo l'alveo a monte del territorio comunale: gli unici dati reperibili sono quelli rilevati alla stazione del ponte di Cene, situata a circa 15 km da Seriate.

Questa stazione risulta essere molto importante per la previsione delle piene e soprattutto come "sistema d'allarme" durante gli eventi di piena del Serio: infatti se il tempo di corrivazione (tempo di arrivo di una goccia di pioggia che cade nel punto più distante del bacino idrografico) alla stazione di Cene è stato calcolato da Paoletti in 6,4 ore, a Seriate è di circa 10 ore. Questo intervallo di tempo permette di affrontare in tutta sicurezza l'arrivo dell'onda di piena.

Nel territorio comunale le aree a maggiore rischio, ovvero dove un'eventuale fenomeno di piena potrebbe provocare danni diretti o indiretti a persone, manufatti ecc., sono poste nei pressi del ponte di via Italia e di Corso Roma.

Su entrambi i ponti sono installate due stazioni di rilevamento dei livelli idrici, comprensivi di inclinometri per la rilevazione di eventuali rotazioni delle pile dei ponti a seguito della spinta della corrente; i dati vengono trasmessi alla protezione civile.

7.3 Reticolo idrico principale

La definizione dei corpi idrici appartenenti al reticolo idrico principale è stata effettuata dallo STER, individuando all'interno di ogni territorio provinciale quei corsi d'acqua che possiedono i requisiti elencati nella d.g.r. n. VI/47310 del 22 dicembre 1999, verificandone successivamente la corrispondenza con i criteri di seguito elencati:

- Significatività dei bacini: il reticolo principale è costituito dai corsi d'acqua che sottendono bacini idrografici significativi. A tale fine possono essere considerati come significativi i bacini sottesi da corsi d'acqua di lunghezza superiore ai 2 km.
- Particolarità di corsi d'acqua di lunghezza inferiore ai 2 km: i corsi d'acqua di lunghezza inferiore ai 2 km sono da considerarsi appartenenti al reticolo principale purché siano caratterizzati da rilevanti problematiche idrauliche o idrogeologiche o siano interessati da interventi idraulici o di versante particolarmente significativi, in essi siano presenti opere di sbarramento di cui alla l.r. 8/98 o, comunque, siano oggetto di significative autorizzazioni di derivazioni d'acqua a scopo idroelettrico.
- Significatività dei corsi d'acqua totalmente compresi nel territorio di un comune: i corsi d'acqua che scorrono all'interno di uno stesso comune o che fungono da confine tra comuni limitrofi devono essere considerati appartenenti al reticolo principale solo se interessati da interventi idraulici o di versante particolarmente significativi, in essi siano presenti opere di

sbarramento di cui alla l.r. 8/98 o, comunque, siano oggetto di significative autorizzazioni di derivazioni d'acqua a scopo idroelettrico.

- Individuabilità dei tratti costituenti il reticolo principale: deve essere possibile individuare, attraverso elementi territorialmente visibili, il punto di inizio del tratto di corso d'acqua costituente il reticolo principale: rimane inteso che il tratto iniziale di un corso d'acqua dalla sorgente al punto dove diventa principale deve essere sempre considerato appartenente al reticolo minore.
- Visibilità in cartografia dei limiti che definiscono il reticolo principale: i punti che delimitano il reticolo principale devono essere, oltre che territorialmente visibili in loco, rappresentati sulla CTR in scala 1:10.000.
- Congruenza con i limiti di definizione dei laghi principali: i corsi d'acqua significativi che rappresentano i principali immissari ed emissari dei maggiori laghi lombardi devono essere definiti per quanto riguarda il punto di immissione e quello di emissione, in congruenza con i limiti amministrativi con cui vengono delimitati i laghi stessi a fini delle competenze di trasporto lacuale.

Nello specifico del territorio comunale di Seriate, l'All. A della D.G.R. 7/13950 individua i seguenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale:

- Fiume Serio (BG 088);
- scolmatore del torrente Zerra (BG189);
- scolmatore del torrente Morla (BG197).

7.3.1. Fiume Serio (BG 088)

Il fiume Serio si colloca in posizione mediana nel territorio comunale di Seriate, secondo la direttrice prevalente Nord-Sud. Le caratteristiche morfometriche, idrologiche e di equilibrio dell'alveo sono state ampiamente descritte nel precedente paragrafo 7.2.

7.3.2. Scolmatore torrente Zerra (BG189)

Lo scolmatore del torrente Zerra traccia il confine comunale meridionale di Seriate con Cavernago.

7.3.3. Scolmatore del torrente Morla (BG197)

Entra in territorio di Seriate nella porzione nord-occidentale del Comune, scorre con direzione ovest-est fino a confluire nel fiume Serio, a valle del tracciato autostradale.

7.4 Reticolo idrico minore (reticolo di bonifica)

Il presente documento di aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, ha recepito il Reticolo Idrico Minore individuato nello studio redatto dalla soc. Etatec di Milano, ing. Alessandro Paoletti; tale documento ha avuto parere favorevole dallo STER – sede territoriale di Bergamo – in data 06.04.2011 n. prot. 0003473, recependo alcune osservazioni effettuate dall'Ente competente.

Il Comune di Seriate ha approvato definitivamente lo studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore con Delibera del Consiglio Comunale n. 54 in data 28.11.2011.

L'individuazione del reticolo idrico minore è stata condotta tenendo come riferimento le indicazioni riportate nella D.G.R. n. 7/7868 - allegato B e successive modifiche ed integrazioni, individuando tutti i “corsi idrici superficiali”, ad esclusione di quelli già definiti come Reticolo Principale.

Il territorio comunale di Seriate è attraversato esclusivamente da rogge e canali il cui deflusso è regolato a monte: il reticolo idrico minore coincide con il reticolo di bonifica gestito dal Consorzio di bonifica della media pianura bergamasca. I corsi d'acqua, individuati con i criteri successivamente indicati:

- sono indicati come demaniali nelle carte catastali o in base a normative vigenti;
- sono stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici;
- sono interessati da derivazioni d'acqua;
- sono rappresentati dalle cartografie ufficiali (IGM, CTR);

coincidono e si sovrappongono con le rogge ed i canali afferenti al Consorzio di Bonifica.

La carta idrografica riporta l'individuazione del tracciato delle rogge, così come individuate nel reticolo idrico di bonifica.

7.4.1. Rogge e canali

L'idrografia secondaria nel territorio comunale è definita dal fitto reticolo di rogge e canali.

Roggia Bolghera

Ha origine dalla roggia Borgogna a sud dello svincolo della tangenziale; dei due rami a cui dà origine, uno si dirige verso il Comune di Brusaporto e l'altro verso il Comune di Bagnatica, nella porzione orientale del territorio di Seriate.

Roggia Borgogna Ovest

Ha origine in Comune di Pedrengo, in corrispondenza di una derivazione dal fiume Serio e scorre parallela allo stesso, entra a nord del territorio comunale di Seriate e lo attraversa in direzione nord-nordovest, sud-sudest, mantenendosi per un tratto parallela alla roggia Bagnatica Cattanea e successivamente alla roggia Martinenga. Nella porzione sud-orientale del territorio comunale, scorre lungo il confine con Bagnatica.

Roggia Bagnatica Brusaporto

Si diparte dalla Roggia Borgogna a valle dello svincolo della tangenziale e scorre in direzione orientale, sviluppandosi parallelamente alla Roggia Bagnatica Cattanea. La roggia Bagnatica Brusaporto segna parte del confine comunale con Brusaporto.

Roggia Bagnatica Cattanea

Si tratta di una roggia presente sul territorio comunale a valle del centro abitato, che deriva le proprie acque dalla Roggia Comunale. La Roggia Cattanea scorre nel primo tratto verso ovest, nella porzione centrale del territorio comunale scorre parallelamente alla Roggia Borgogna, in direzione sud e, a valle dell'attraversamento autostradale, assume un decorso circa est-ovest, parallelo a quello della Roggia Brusaporto, in corrispondenza del confine con lo stesso Comune di Brusaporto.

Roggia Comonte di Seriate

Si diparte dalla Roggia Borgogna Ovest a valle della linea ferroviaria e scorre a sud della località Comonte, dividendosi in due rami: il primo ramo, con andamento circa est-ovest, si immette nella Roggia Rocaglia dopo un tratto di circa 700 m; il secondo scorre in direzione prevalente sud, dividendosi a sua volta in due tratti, fino alla confluenza nella Roggia Bagnatica Cattanea, in corrispondenza del confine comunale con Bagnatica.

Roggia Comunale di Seriate

Deriva le proprie acque dal fiume Serio: ha origine in sponda sinistra fra il ponte della Strada Statale e quello ferroviario, percorre il Comune di Seriate in direzione N/S per tutta la sua lunghezza, dando origine a più diramazioni.. La Roggia comunale sottopassa la ferrovia nei pressi della stazione per poi scorrere seguendo la strada comunale in prossimità del fiume, fino alla località Maglio dove si divide in due rami (ramo Cattanea e ramo comunale di Seriate). Il ramo comunale di Seriate, avente direzione nord-sud, con la sua ulteriore ripartizione in tre rami, permette l'irrigazione di parte del territorio comunale. La sua portata ordinaria è di circa 500 l/s, quella massima di 1000 l/s. Nella porzione meridionale del territorio comunale la Roggia di Seriate scorre lungo il confine comunale con Cavernago.

Roggia Martinenga

Attraversa tutto il territorio comunale di Seriate con direzione nord-ovest sud-est, a partire dal Comune di Pedrengo. A sud del tracciato autostradale la Roggia Martinenga scorre parallela alla Roggia Borgogna, a ridosso del confine comunale con il territorio di Bagnatica, fino al Comune di Calcinate.

Roggia Morlino di Grassobbio

Entra in territorio di Seriate in corrispondenza del confine con il Comune di Bergamo, mantenendosi nella porzione occidentale del centro abitato. Attraversa la porzione nord-occidentale del Comune di Seriate scorrendo con direzione prevalente verso est nel primo tratto, verso sud nel secondo tratto; attraversa la

tangenziale unitamente alla roggia Vescovada di monte a cui si mantiene parallela fino al confine con il Comune di Orio al Serio.

Roggia Ponte Perduto

Deriva l'acqua dal fiume Serio nel Comune di Gorle, attraversa Seriate fino alla cappelletta dei morti. E' presente una diramazione all'incrocio tra via Italia e via Locatelli: un ramo prosegue in via Locatelli ed uno verso sud, immettendosi nella roggia Morlino di Grassobbio.

Alla roggia compete l'irrigazione di parte dei campi di Seriate, Zanica e Urganano.

Roggia Roggia Vecchia ramo di Zanica

Si origina in sponda destra del fiume Serio, nel tratto fra il ponte della S.S. e della ferrovia e prosegue in direzione N-S attraversando la tangenziale e lo scolmatore del torrente Morla, fino in prossimità della pista dell'aeroporto, in territorio di Orio al Serio.

Roggia Rocaglia

Il ramo principale entra in Seriate al confine con il Comune di Pedrengo, si mantiene nella porzione nord-orientale del Comune di Seriate, in località Comonte ed esce dal territorio all'altezza del Comune di Brusaporto, unendosi ad un ramo proveniente da Nord e che cinge il promontorio di Cascina Rocca e Villa Pellegrini.

Roggia Urganana

Scorre nella porzione nord-occidentale del territorio comunale di Seriate ove segna il confine con il Comune di Bergamo.

Roggia Vecchia ramo di Azzano

Si diparte dalla roggia Vecchia ramo di Zanica, dalla quale lentamente diverge per scorrere verso sud-sudovest verso il Comune di Orio al Serio, attraversare la tangenziale ed uscire dal territorio di Seriate in prossimità della roggia Vescovada di Monte.

Roggia Vescovada di Monte

Deriva le proprie acque dalla Roggia Morlana, la cui presa è posta nel comune di Nembro in sponda destra del Serio, attraversa i territori compresi tra i Comuni di Torre Boldone e Cologno al Serio, scorrendo con direzione prevalente nord-sud, costeggia il confine con Gorle, ad ovest del Comune di Seriate ed in corrispondenza dell'incrocio con via Locatelli cinge l'abitato per poi attraversare la tangenziale ed entrare in Comune di Orio al Serio.

7.5 Fonti di approvvigionamento idrico potabile

Le informazioni sull'approvvigionamento idrico del Comune sono state fornite dall'ente gestore, Uniacque di Bergamo, unitamente alle stratigrafie e alle informazioni relative ai pozzi idropotabili in uso sul territorio comunale.

La rete acquedottistica del Comune, riportata cartograficamente nella sua rete principale, è ben ramificata ed approvvigionata dalla presenza di tre pozzi captati, di proprietà del Consorzio Servizi Bacino del Serio, localizzati nella porzione settentrionale del territorio:

- Pozzo Tre Signori, la cui portata emunta è pari a 20 l/s;
- Pozzo Venezian (Pizzo Camino), la cui portata emunta è pari a 12÷14 l/s;
- Pozzo Roncaglino, la cui portata emunta varia da 8 l/s a 20 l/s.

Di tutti i pozzi ad uso pubblico si riportano le stratigrafie e sono state compilate, per i dati in possesso, le schede di censimento previste dalla D.G.R. n° 7/6645 del 29 ottobre 2001.

Sul Comune di Seriate erano stati terebrati n. 3 pozzi ad uso potabile in via Machiavelli, attualmente chiusi in seguito ad accertati problemi di potabilità ed un pozzo in via Misericordia, anch'esso chiuso.

I tre pozzi attivi soddisfano solo parte del fabbisogno idrico comunale, in parte coperto da due pozzi presenti sui comuni limitrofi di Brusaporto e Bagnatica.

Il Piano Regionale di risanamento delle acque (P.R.R.A.) prevede che il fabbisogno idrico del comune al 2016 è di 12.969 m³/g, di cui circa 7.000 m³/g per

uso civile, 790 m³/g per uso industriale e zootecnico potabile e circa 3380 m³/g per uso industriale e zootecnico non potabile. La portata di punta risulta di 249,8 l/s.

Per il soddisfacimento del suddetto fabbisogno idrico il P.R.R.A. conferma il mantenimento dello schema idrico intercomunale n. 313 (Acquedotto Bacino del Serio).

7.6 Collettamento e depurazione

Il comune di Seriate è fornito di una rete di collettamento fognaria distribuita su quasi tutto il territorio urbanizzato: non raggiunge esclusivamente alcune cascine sparse ubicate lungo il fiume Serio; l'area industriale prospiciente l'autostrada, nei pressi di Cascina Bruciata, è dotata di rete fognaria realizzata negli anni 2000.

Il territorio comunale è servito da tre reti miste e da una bianca con 14 scaricatori di piena, alcuni dei quali sono da abbandonare.

IL P.R.R.A. prevede la realizzazione di vasche di accumulo, mentre la portata meteorica verrà direttamente immessa nel Serio senza laminazione, in quanto inferiore al 10% di quella del fiume nelle condizioni di massima piena (nella sezione considerata).

Le acque nere provenienti dalla fognatura fino al mese di luglio 2000 venivano depurate da due impianti, posti su entrambe le rive del fiume nei pressi di Cascina Marchesi, prima di essere scaricate nel Serio fra Cascina Tirone e Cascina Marchesi sottoforma di acque chiare; tali impianti sono stati eliminati e gli scarichi vengono attualmente collettati nel depuratore consortile di Bagnatica, così come previsto anche nel P.R.R.A.

I volumi scaricati sia civili che industriali sono di 9264 m³/giorno.

Gli scariche fognari relativi alla frazione Ol Bù, nella porzione meridionale del territorio comunale, vengono immessi nella rete fognaria di Brusaporto.

7.7 Qualità delle acque superficiali

I dati a disposizione riguardano il fiume Serio in corrispondenza della stazione di rilevamento chimico e microbiologico posta circa 1 km a valle del ponte

di Seriate. I punteggi e i giudizi di qualità assegnati in base al D.Lgs. 152/1999 ora D.Lgs. 152/2006 in funzione delle analisi di qualità realizzate tra gli anni 2000 e 2006, secondo quanto riportato negli atti del convegno sulla salvaguardia del fiume Serio e nella carta ittica provinciale di Bergamo, sono descritte nella seguente tabella:

	2000/2001	2002	2003	2004	2005	2006
livello macrodescrittori	3	3	3	3	3	3
qualità biologica (classe IBE)	4	4	4	4	4	4
stato ecologico (classe SECA)	4	4	4	4	4	4
qualità ecologica	scadente	scadente	scadente	scadente	scadente	scadente

I dati sopra riportati, raccolti nella stazione di monitoraggio ARPA presso Seriate, evidenziano una situazione "scadente" costante nei sei anni di indagine considerati. I fattori maggiormente limitanti sono dati dalla qualità biologica e dallo stato ecologico, sempre in classe IV mentre il valore attribuito ai macrodescrittori si attesta sempre in classe III.

Il tratto fluviale di interesse è soggetto ad asciutte complete, tale problematica è aggravata dalla presenza di importanti carichi inquinanti di origine civile, industriale e subordinatamente, zootecnica.

E' di difficile valutazione definire la quantità degli scarichi che vengono immessi nel fiume Serio, trattandosi spesso di scarichi abusivi da parte di attività private. Nel Piano Territoriale Provinciale del 1995, effettuato dallo Studio Paoletti, sono state censite le varie attività produttive idroinquinanti, che scaricano nel Serio e per il comune è stata valutata una portata scaricata pari a circa 5100 m³/giorno.

Gli scarichi cartografati si riferiscono a quelli autorizzati, corrispondenti agli sfioratori di piena della fognatura comunale e all'unico scarico industriale autorizzato con regolare determina da parte dei competenti uffici della Provincia e con controlli periodici da parte dell'ARPA; esso corrisponde ad un volume di 40.000 m³/anno di reflui derivati da un impianto di depurazione delle acque utilizzate per il taglio del marmo e delle acque di prima pioggia dei piazzali.

8. IDROGEOLOGIA

8.1 Criteri di indagine

L'analisi idrogeologica del sottosuolo è stata condotta utilizzando i dati a disposizione relativi ai pozzi presenti sul territorio comunale, che hanno permesso la ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo e della piezometria della falda.

Le misure piezometriche dei pozzi utilizzati per la ricostruzione della piezometria sono stati forniti dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca (CBMPB), relativamente agli anni 1999-2001. Tali dati sono stati confrontati con quelli relativi agli anni 1989-1992, sempre del CBMPB.

E' stato anche valutato il grado di vulnerabilità considerando la geologia di superficie e del sottosuolo e le caratteristiche piezometriche, secondo la legenda definita dal GNDCI-CNR (Civita, 1990).

8.2 Struttura idrogeologica

La caratterizzazione delle unità idrogeologiche presenti nel sottosuolo si è basata sull'elaborazione di alcune sezioni passanti per i pozzi pubblici e privati del territorio comunale, di cui si possiedono le stratigrafie, poi confrontate con i dati bibliografici a disposizione. Le sezioni sono riportate nell'Allegato. n. 2.

La pianura è costituita da un complesso di depositi quaternari di origine prevalentemente fluvioglaciale e glaciale che poggiano su di un substrato più antico di età Terziaria, la cui morfologia ha condizionato la sedimentazione. I depositi fluvioglaciali sono stati successivamente incisi dai corsi d'acqua che attualmente attraversano la pianura e nei cui solchi vallivi hanno depositato alluvioni ghiaioso-sabbiose secondo vari ordini di terrazzamento.

Considerando la situazione della pianura del comune di Seriate si identificano gli acquiferi di seguito descritti.

8.2.1. Acquifero freatico e semiconfinato

Ha sede nei depositi grossolani compresi fra il piano campagna e il primo orizzonte argilloso continuo in tutta la pianura, costituito dal "conglomerato poligenico" e dalle ghiaie e sabbie delle alluvioni recenti ed attuali deposte dal Serio.

I materiali clastici che costituiscono l'acquicluda condizionano le caratteristiche idrogeologiche: nel conglomerato la falda ha sede solo nei livelli porosi ed in quelli fratturati, mentre è assente in quelli più compatti; nei livelli ghiaioso-sabbiosi la falda satura tutto il volume. Nel territorio di Seriate tali livelli sono scarsamente presenti, mentre è quasi esclusivamente diffuso il conglomerato cementato. Al suo interno sono intercalati orizzonti argillosi, generalmente discontinui, che comportano un passaggio dell'acquifero da condizioni freatiche a locali condizioni di semiconfinamento.

Lo spessore dell'acquifero freatico varia dai 60 m a 80 m e la sua ricarica è diretta nelle aree di affioramento dei depositi fluvioglaciali e fluviali, mentre è impedita o difficoltosa dove affiora la copertura loessica (in particolare nella porzione più occidentale del comune dove è presente l'"Unità di Comun Nuovo").

L'orizzonte impermeabile basale di questo acquifero corrisponde al primo livello argilloso presente nel "Fluvioglaciale Valtellinese", presente con continuità nell'alta pianura.

8.2.2. Acquifero artesiano

L'acquifero artesiano non è stato rinvenuto nelle sezioni prodotte, in quanto le stratigrafie in possesso si limitano a raggiungere il livello argilloso, base dell'acquifero freatico.

Dai dati bibliografici si ricava che esso è costituito da depositi fluvioglaciali, grossolani (conglomerati) e fini (argille) contenenti ciottoli. Gli acquiferi si rinvengono all'interno dei livelli porosi e fratturati fra gli orizzonti argillosi, con buona continuità in tutta la pianura.

L'acquifero artesiano presenta spessori variabili da 30-40 m a 200 m in funzione della morfologia sepolta.

8.3 Piezometria

L'andamento piezometrico, riportato nella Tav. n. 4, è stato desunto dalle misurazioni dei livelli idrici di alcuni pozzi, presenti sul territorio di Seriate e nei comuni limitrofi, effettuate dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca negli anni 1999-2001. Tali dati sono stati confrontati con le misurazioni effettuate sugli stessi pozzi sempre dal CBMPB negli anni 1989-1992.

Si può osservare che:

- l'andamento della superficie piezometrica ad ovest del Serio è variabile da N-S a NNO-SSE con un gradiente compreso fra 0,8% a nord di Grassobbio e 0,3% a sud;
- l'andamento della superficie piezometrica ad est del Serio ha una direzione all'incirca N-S con andamento parallelo al corso d'acqua ma leggermente spostato rispetto all'alveo attuale ed elevato gradiente (pari a circa 1,5%); la direzione cambia in NE-SO allontanandosi dal Serio ed il gradiente piezometrico varia da 0,8% a 0,3% a sud di Cassinone;
- l'andamento della superficie piezometrica è condizionata a nord-est dalla presenza del substrato roccioso che potrebbe determinare la formazione di falde sospese eventualmente circolanti nelle fratture del bedrock;
- la soggiacenza della falda è circa 50 m a nord dell'autostrada, con tendenza all'innalzamento fino ai 30-35 m a sud;
- la ricostruzione mostra che il corso del fiume Serio non è un limite idrogeologico, infatti i livelli piezometrici sono sempre notevolmente inferiori alla quota topografica dell'alveo, ciò consente di definire un'azione alimentante del fiume verso l'acquifero sottostante.

Considerando il trend dei livelli piezometrici misurati dal Consorzio negli ultimi anni (1999-2001) rispetto alle misurazioni del periodo 1989-1992, si assiste ad un innalzamento del livello della falda pari a circa 5÷7 m, trend confermato anche dagli studi effettuati sulle variazioni della piezometria nell'area milanese. Infatti, ad una fase di scarico dell'acquifero avvenuta negli anni 1991-1992, che ha

causato l'arretramento della "linea dei fontanili" ed un approfondimento della superficie piezometrica, nel periodo successivo (anni 1992-1998) si ha un'inversione di tendenza con una risalita dei livelli piezometrici fino al ripristino della situazione piezometrica precedente gli anni 91-92, a seguito di un aumento delle precipitazioni annue.

Alla scala stagionale le variazioni dei livelli piezometrici mostrano una ciclicità connessa all'apporto legato alla pratica irrigua, effettuata tra maggio-giugno ed agosto, e al contributo delle precipitazioni che indicano due periodi di massima ad aprile-maggio e ad ottobre-novembre. Le escursioni stagionali mostrano valori decrescenti da nord a sud, da un minimo di 1,0 m ad un massimo di 5 m.

8.4 Permeabilità e vulnerabilità dell'acquifero

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

Il grado di vulnerabilità dipende 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 ghiaiosi e conglomeratici che non offrono grandi garanzie di protezione a causa dell'elevata permeabilità; solo la presenza di coperture tendenzialmente argillose, come sull'Unità di Comun Nuovo, permette di assegnare un grado di vulnerabilità medio.
- *Soggiacenza della falda:* i valori di soggiacenza sono > 50 m all'incirca a nord dell'autostrada, tendono poi a diminuire fino ai 20-25 m nella porzione di territorio più meridionale.
- *Caratteristiche idrogeologiche dell'acquicluda:* l'acquifero freatico possiede elevata permeabilità e sono assenti livelli fini continui che potrebbero eventualmente limitare la diffusione di inquinanti.

- *Presenza di corpi idrici superficiali:* in corrispondenza della piana alluvionale del Serio, il grado di vulnerabilità è elevato a causa della funzione alimentante del fiume rispetto all'acquifero.

Sulla base dei parametri soprastanti sono state delimitate quattro aree omogenee contraddistinte ciascuna da un diverso grado di vulnerabilità:

- Grado di vulnerabilità basso/nullo è stato attribuito all'area di affioramento del substrato roccioso (di tipo marnoso-arenaceo) con copertura eluvio-colluviale fine argilloso-limosa ($k = < 10^{-5}$ cm/s), nel quale la circolazione è determinata da eventuali fratturazioni presenti nel bedrock (permeabilità secondaria);
- Grado di vulnerabilità basso attribuito all'area di affioramento dell'Unità di Comun Nuovo per la presenza di una copertura loessica continua e significativa ($k = 10^{-4} \div 10^{-5}$ cm/s);
- Grado di vulnerabilità medio è stato assegnato ai depositi fluvioglaciali (Unità di Cologno) e alluvionali dei terrazzi più elevati, senza copertura superficiale ($k = 10^{-2} \div 10^{-4}$ cm/s);
- Grado di vulnerabilità elevato è indicato sulle aree di pertinenza della piana attuale del Serio, dove mancano le sequenze pedogenizzate ed il corso d'acqua scorre spesso inciso nel conglomerato ($k = 10^{-1} \div 10^{-2}$ cm/s).

8.5 Sintesi degli elementi rappresentati nella "Carta idrografica con elementi di idrogeologia"

Gli elementi rappresentati nella Tav. 4, descritti nei precedenti paragrafi relativamente ai principali processi, forme e manifestazione che li rappresentano, sono successivamente elencati e brevemente descritti.

Idrografia

- *Reticolo Idrico Principale:* è stato mappato il corso del fiume Serio, individuando l'alveo attivo, inteso come area di piena ordinaria e le zone a barre sabbiose che caratterizzano morfologicamente il corso d'acqua (morfologia tipo braided).

- *Reticolo Idrico Minore*: sono stati riportati gli esatti tracciati delle rogge e dei canali afferenti al Reticolo Idrico Minore redatto per conto dell'Amministrazione comunale di Seriate, attualmente non adottato.
- *Fasce PAI*: sono riportate le perimetrazioni delle fasce A, B e C come definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po lungo l'asta del fiume Serio.
- *Aree a rischio idrogeologico molto elevato – Allegato 2 del PAI*: trattasi di due aree, site in sinistra idrografica del Serio, interessate da fenomeni esondivi in caso di piene con tempi di ritorno calcolati inferiori a 50 anni (Zona B-Pr).
- *Aree di rischio R4, R3, R2 e R1*: sull'asta del Serio, nella zona dell'abitato di Seriate, sono state individuate le aree di esondazione del corso d'acqua riportando le perimetrazioni individuate in seguito alla realizzazione dello studio Etatec 2009.
- *Aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali*: zone interessate o lambite da acque di esondazione con diversi tiranti idrici in occasione di eventi meteorici eccezionali (superiori a 100 cm, compresi tra 30 e 100 cm, inferiori a 30 cm); corrispondono alle superfici di completamento del rischio R4, R3, R2 e R1, individuati dallo studio idraulico di cui al punto precedente.
- *Punti di possibile tracimazione*: sono i punti in cui si può verificare la fuoriuscita delle acque dai loro alvei a causa di restringimenti della sezione di deflusso; si tratta di punti localizzati in particolare in corrispondenza del ponte di via Italia.
- *Direzione di propagazione della corrente esondante*: sono stati indicati le presumibili direzioni delle acque esondanti dal Serio.

Idrogeologia

- *Aree a diverso grado di vulnerabilità*: definite e perimetrare secondo i criteri riportati nel precedente paragrafo.
- *Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile*: per i pozzi che alimentano l'acquedotto comunale, sono state individuate le aree di *tutela assoluta e di rispetto*. Le aree di tutela assoluta comprendono le superfici circostanti l'opera di presa, per un'estensione complessiva di 10 m. Le

aree di rispetto, individuate con il criterio geometrico per i pozzi di Venezian e Tre Signori e per le captazioni insistenti sui comuni di Brusaporto e Bagnatica, comprendono le aree perimetrata entro un raggio di 200 m dalle captazioni. L'area di rispetto è stata perimetrata con criterio temporale per il pozzo Roncaglino, l'estensione della stessa risulta essere inferiore rispetto a quella dei pozzi adiacenti, soprattutto a valle idrogeologica della captazione.

- *Direzione di deflusso idrico sotterraneo*: rappresentano la direzione di scorrimento della falda idrica.
- *Curva isopiezometrica riferita in m s.l.m.*: individua le quote e l'andamento della falda idrica.
- *Traccia sezione idrogeologica*: è individuato il tracciato delle sezioni idrogeologiche realizzate ed allegate alla presente relazione.

Elementi antropici

- *Derivazione delle acque sotterranee*: sono state riportate le captazioni in uso e dismesse, distinte in relazione agli usi (industriale, irriguo, potabile, asservito ad attività di piscicoltura).
- *Derivazioni di acque superficiali - dismessa*: si tratta di una captazione attualmente dismessa.
- *Scarichi in corpo idrico superficiale*: sono segnalati gli scarichi in corso d'acqua e gli sfioratori autorizzati, individuati e distinti in relazione agli usi (industriale, raffreddamento, sfioratore).
- *Adduttrice principale di acquedotto*: è indicata la rete acquedottistica principale.
- *Collettore fognario principale*: è indicata la rete fognaria principale.
- *Impianto di depurazione*: è stato individuato l'impianto di depurazione esistente sul territorio comunale ma inattivo dal 2000.
- *Serbatoio*: indicato il serbatoio di accumulo idrico dell'acquedotto comunale.
- *Stazione di rilevamento idrometrico*: attiva sul territorio comunale.

8.6 Sintesi degli elementi rappresentati nella "Carta di inquadramento di dettaglio"

Per tutto il territorio comunale è stata redatta una carta di inquadramento di dettaglio in scala 1:5.000 utilizzando la base topografica fornita dall'Amministrazione comunale (Tavv. nn. 5a e 5b). Su di essa sono stati riportati tutti gli elementi caratterizzanti l'area, con particolare attenzione all'individuazione dettagliata degli orli di terrazzo (attivi e stabilizzati), alla rappresentazione delle fasce PAI, delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (Zona B-Pr) individuate dall'Elaborato n. 2 del PAI, nonché delle zone a rischio esondazione, come perimetrate nello studio idraulico Etatec 2009, su commissione del Comune di Seriate.

Il maggior dettaglio della base cartografica ha consentito l'individuazione del reticolo idrico minore (reticolo di bonifica), mediante identificazione e nomenclatura di tutte le rogge che solcano il territorio comunale di Seriate. Sulla carta di inquadramento di dettaglio sono infine riportate le derivazioni di acqua sotterranea, con il relativo numero d'ordine identificativo; ove trattasi di pozzi potabili ad uso pubblico sono state individuate le aree di tutela assoluta e di rispetto.

9. ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO COMUNALE

9.1 Sismicità storica

Alla luce dei dati estrapolati dalla banca dati dell'Istituto Nazionale Di Geofisica e Vulcanologia (Catalogo Parametrico dei terremoti italiani, 2004) nell'intervallo di tempo compreso tra il 217 a.C. e il 2004, non risultano specifiche segnalazioni di eventi sismici con epicentro all'interno del territorio comunale di Seriate; gli eventi sismici più vicini all'ambito territoriale in esame, si sono verificati in comune di Bergamo nel periodo compreso tra il 1576 e il 1642.

Dal 2005 sino ad oggi (dati Centro Geofisico Prealpino di Varese), i terremoti registrati sono localizzati nella porzione orientale della Provincia di

Bergamo, nella pianura bergamasca (zona di Osio Sotto) ed in Valle Seriana (Albino, Nembro, Selvino).

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Imx	Io	TI	TL	Maw	Daw
27	DI	1065	3	27	6			Brescia	80	70	M	A	5.17	0.30
43	DI	1197						Brescia	65	65		A	5.03	0.33
121	DI	1396	11	26				Monza	75	75		A	5.37	0.30
165	DI	1471						BRESCIA		55		A	4.63	0.13
219	DI	1521	1	26	10	30		BRESCIANO		60		A	4.83	0.26
235	CP	1540	9	1				BRESCIA		60			4.83	0.26
271	CP	1576	9	26	6			BERGAMO		60			4.83	0.26
284	DI	1593	3	8				BERGAMO	65	65		A	5.03	0.33
302	DI	1606	8	22				BERGAMO	65	65		A	5.03	0.33
346	DI	1642	6	13	22			BERGAMO	65	65		A	5.03	0.33
365	DI	1661	3	12				Montecchio	75	70		A	5.17	0.30
583	CP	1771	8	15				SARNICO		60			4.83	0.26
620	DI	1781	9	10				CARAVAGGIO	65	65		A	5.03	0.33
647	DI	1786	4	7				PIACENZA	70	65		A	5.31	0.16
694	DI	1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	85	80		A	5.67	0.09
827	CP	1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA		60			4.83	0.26
1076	DI	1882	2	27	6	30		ROVETTA	65	65		A	4.96	0.13
1099	DI	1884	9	12				PONTOGLIO	60	60		A	4.83	0.26
1131	CP	1887	5	20	4	12		OGGIONO		55			4.63	0.13
1217	DI	1894	11	27				FRANCIACORTA	65	65		A	4.95	0.08
1664	CP	1918	1	13	12			LODI		45			4.86	0.14
1672	DI	1918	4	24	14	21		LECCESE	60	60		A	5.07	0.07
1696	DI	1919	11	23	1	50		BRESCIANO	45	40		A	4.78	0.14
1889	CP	1934	3	23	1	46	50	PISOGNE		55			4.63	0.11
2013	CP	1947	12	25	20	42	34	GARDONE TROMPIA		60			4.78	0.15
2054	DI	1951	5	15	22	54		LODIGIANO	60	65		A	5.24	0.07
2169	CP	1961	11	23	1	12	5	CAPRINO BERGAMASCO		60			4.83	0.26
2396	CP	1979	2	9	14	44		TREZZO SULL'ADDA					5.03	0.18
2483	DI	1991	11	20	1	54	19	ALPI CENTRALI	60	50		A	4.80	0.09
2503	DI	1995	10	29	13		28	BRESCIA-BERGAMO	55	55		A	4.57	0.06

N	numero d'ordine dei record
Tr	tipo di record: DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici
Anno	tempo di origine: anno
Me	tempo di origine: mese
Gi	tempo di origine: giorno
Or	tempo di origine: ora
Mi	tempo di origine: minuto
Se	tempo di origine: secondo
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti
Imx	intensità massima X 10 (scala MCS)
Io	intensità epicentrale X 10 (scala MCS)
TL	codice di localizzazione; A: localizzazione macrosismica automatica
Maw	magnitudo momento
Daw	errore associato alla stima di Maw

Dati estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani tra il 217 a.C. e il 2004, versione 2004 (CPT104) INGV, Bologna

9.2 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 normativa regionale, il territorio comunale di Seriate è inserito nella **zona sismica 3** ($0,05 g < a_g < 0,15 g$).

9.3 Risposta sismica locale - Generalità

L'analisi della risposta sismica locale e la 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*: la 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*: la 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 da eseguire in sito ed in laboratorio, necessarie per la valutazione dei parametri richiesti. I terreni sono definiti sulla base di due categorie:

- *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 della categoria del terreno si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale e gli effetti di instabilità.

9.3.1. 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 modificazioni 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 substrato roccioso, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Questi effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito: gli effetti di amplificazione topografica e gli effetti di amplificazione litologica.

Gli effetti di amplificazione topografica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la

focalizzazione delle onde sismiche in prossimità delle zone di cresta 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 dalla geometria nonché dal materiale di cui è costituito un rilievo: se l'irregolarità topografica è caratterizzata da substrato roccioso, si verifica un puro effetto di amplificazione topografica; nel caso di rilievi costituiti da materiali sciolti l'effetto amplificatorio è invece 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) o da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con forti contrasti di impedenza o marcate differenze di proprietà meccaniche tra substrato e terreni sciolti soprastanti; 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.

9.3.2. 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; per i 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. Infine, 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.

9.4 Criteri di indagine

In conformità con 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 di 1° livello 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	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	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 perimetrare 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 (PSL Z1 e Z2). In corrispondenza di zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (PSL Z5) non è necessario l'approfondimento di 3° livello, in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi; in fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

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

Zona sismica	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
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

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

Alla luce di tali indicazioni, considerando la zona sismica di appartenenza del territorio comunale di Seriate (zona sismica 3), si è proceduto ad un'analisi di 1° e 2° livello.

9.5 Applicazione del 1° livello

Il 1° livello consiste nell'analisi dei dati e della cartografia di base contenuti nello studio geologico redatto ai sensi della L.R. 41/97, come integrati con il presente aggiornamento, redatto ai sensi della L.R. 12/05 e dei criteri contenuti nella D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008, al fine di individuare le aree suscettibili di amplificazione sismica secondo gli scenari indicati nella tabella 1 sopra riportata.

Nello specifico, sono state analizzate le caratteristiche litologiche e stratigrafiche generali dei depositi superficiali, l'andamento e la profondità del substrato roccioso e l'assetto morfologico del territorio.

Gli scenari così individuati sono stati riportati nella carta di pericolosità sismica locale di 1° livello alla scala 1:5.000 (Tavv. nn. 6a e 6b), estesa a tutto il territorio comunale; per un maggior dettaglio nella perimetrazione areale o lineare degli scenari individuati, è stato utilizzato l'aerofotogrammetrico comunale.

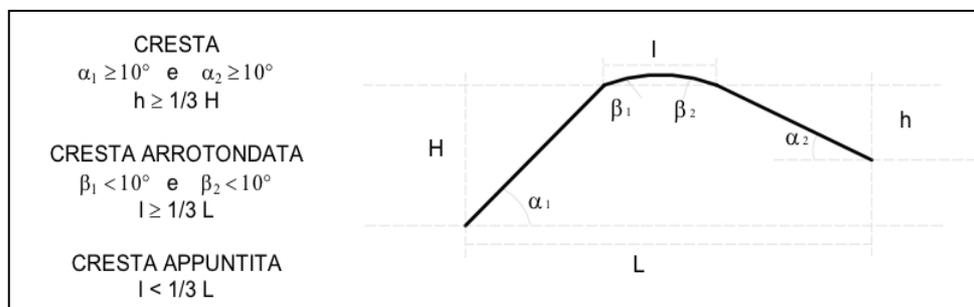
9.5.1. Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello

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

- **Z2** - zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali riporti poco addensati (effetti sismici attesi: cedimenti): dalle carte geologica, geomorfologica e di sintesi emerge la presenza di quattro aree subpianeggianti caratterizzate dalla presenza di terreni di riporto: trattasi di due zone, ubicate in destra e sinistra idrografica del fiume Serio, a ridosso dell'alveo, all'altezza della tangenziale sud che attraversa il territorio comunale, di un'area interessata da pregressi interventi estrattivi a sud dell'abitato, in prossimità del confine comunale con Brusaporto e di una

zona a sud del territorio comunale, oggetto di interventi di scavo e riempimento, posta in adiacenza al Comune di Grassobbio. Queste aree, a seguito di un evento sismico, potrebbero essere interessate da cedimenti. Relativamente alla liquefazione del terreno in caso di sisma, si esclude la possibilità che all'interno del territorio comunale si manifesti tale fenomeno; dai dati litostratigrafici e piezometrici a disposizione, emerge che entro i primi 15 m dal piano campagna non sono presenti strati estesi e/o con spessori significativi di sabbie sciolte in condizioni sature.

- **Z3a** – zona di ciglio $H > 10$ m (effetti sismici attesi: amplificazioni topografiche): sono presenti lungo il confine nord-orientale del territorio comunale, in corrispondenza della sommità del rilievo di Comonte.
- **Z3b** - zona di cresta rocciosa (effetti sismici attesi: amplificazioni topografiche): per l'individuazione degli elementi lineari dello scenario Z3b ci si è basati sull'analisi della cartografia disponibile (Carta Tecnica Regionale - scala 1:10.000 e aerofotogrammetrico comunale - scala 1:2.000) e sulla carta geomorfologica allegata al presente studio, applicando i criteri di riconoscimento previsti dalla normativa vigente, così indicati:



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.

Alla luce di tali geometrie, nella carta di pericolosità sismica locale, sono stati individuati due tratti della cresta arrotondata del rilievo collinare di Comonte.

- **Z4a** - zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari (effetti sismici attesi: amplificazioni litologiche). Tale scenario interessa tutto il territorio comunale di Seriate, ad esclusione di una porzione a nord-est del Comune, caratterizzata dall'affioramento del substrato roccioso. I depositi che caratterizzano il Comune sono granulari, in prevalenza di origine fluviale, fluvioglaciale ed alluvionale.

Per le aree a pericolosità sismica locale Z2, la normativa vigente prevede il passaggio diretto al 3° livello di approfondimento da effettuarsi in fase progettuale.

Per gli scenari Z3a, Z3b e Z4a, qualsiasi trasformazione d'uso del suolo legata alla realizzazione di opere strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al D.d.u.o. n. 19904/03) dovrà essere preventivamente accompagnata da una valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'attuazione del 2° livello di approfondimento, secondo quanto riportato nella D.G.R. 8/7374/2008.

9.6 Applicazione del 2° livello

L'analisi di 2° livello è stata effettuata per gli scenari di pericolosità sismica locale Z3 e Z4 individuati nella carta di pericolosità sismica locale (Z3a – zona di ciglio $H > 10$ m; Z3b – zona di cresta rocciosa; Z4a – zona di fondovalle e di pianura con depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari), interferenti con l'urbanizzato e con le aree potenzialmente urbanizzabili.

L'individuazione di tali scenari di pericolosità sismica locale comporta la valutazione degli effetti di amplificazione topografica e litologica.

9.6.1. Valutazione delle amplificazioni topografiche

Scenario Z3a – Zona di ciglio $H > 10$ m

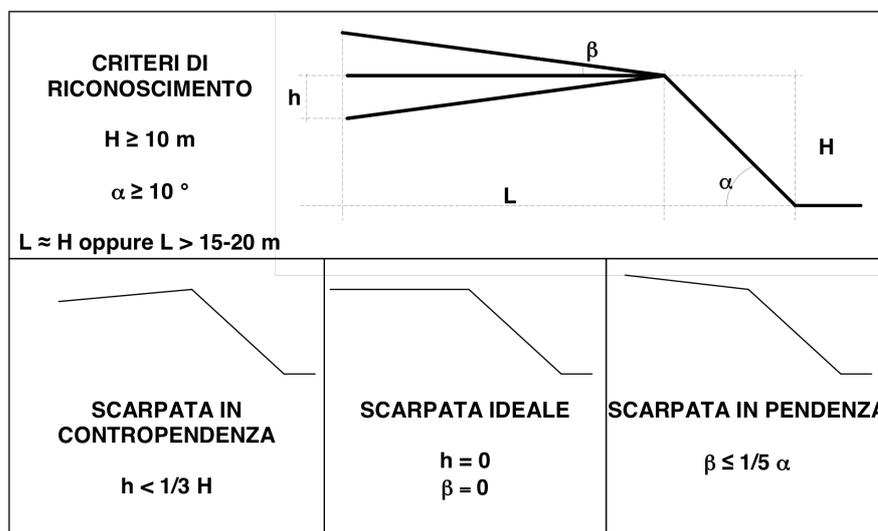
Metodologia

I criteri di riconoscimento dello scenario Z3a prevedono che l'inclinazione del fronte principale (α) della scarpata sia uguale o superiore a 10° , con un'altezza (H) uguale o superiore a 10 m; il materiale costituente il rilievo topografico deve essere caratterizzato da un valore di Vs maggiore o uguale a 800 m/s.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è definito come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

In funzione delle caratteristiche morfologiche del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nello stesso opposto a quello del fronte principale.



Nell'ambito del territorio comunale di Seriate sono individuabili cigli di scarpata in corrispondenza della sommità del rilievo di Comonte, del tipo "scarpata in pendenza".

Definiti i caratteri morfologici della scarpata (H e α), per ricavare il valore del fattore di amplificazione F_a si utilizza la scheda di valutazione di seguito riportata:

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $F_{a_{0,1-0,5}}$	Area di influenza
$10\text{ m} \leq H \leq 20\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20\text{ m} < H \leq 40\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato al ciglio superiore del fronte principale, mentre all'interno dell'area di influenza (fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario; lungo il fronte principale, il valore di F_a calcolato è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso.

I valori di F_a dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto dal sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalla scheda di valutazione con il coefficiente di amplificazione topografica (S_T) delle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14.01.2008), i cui valori sono riportati nella seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Il valore di St scelto per il sito esaminato, costituisce il valore soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione l'amplificazione sismica del sito indicata dal valore Fa ; la procedura prevede pertanto di confrontare il valore di Fa calcolato (considerando una variabilità di $+0,1$) con il corrispondente valore soglia (St).

Ciò comporta che si possono presentare due situazioni:

- il valore Fa è inferiore al valore soglia St : la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione topografica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore Fa è superiore al valore soglia St : la normativa vigente è da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione topografica del sito e quindi è necessario passare al 3° livello di approfondimento in fase progettuale.

Nel caso siano presenti sia lo scenario Z3a e Z3b – come nel caso del rilievo di Comonte – si analizzano entrambi i casi e si sceglie quello più sfavorevole.

Risultati

Applicando la scheda di valutazione alle scarpate individuate nella carta di pericolosità sismica locale, si ottengono i seguenti risultati:

Scenario Z3a – Rilievo di Comonte				
	H (m)	α (°)	$Fa_{0,1-0,5}$	St
Santuario – scarpata nord	25	26	1,2	1,2 _(+0,1)
Santuario – scarpata sud	25	24	1,2	1,2 _(+0,1)
Villa Pellegrini – scarpata nord	15	15	1,1	1,2 _(+0,1)
Villa Pellegrini – scarpata sud	11	11	1,1	1,2 _(+0,1)

Dalla tabella emerge che i valori di Fa ottenuti dalla valutazione semiquantitativa di 2° livello per gli scenari Z3a, individuati in corrispondenza del rilievo collinare di Comonte, sono inferiori al valore di soglia St (nel caso specifico

pari a 1,2 con una variabilità di +0,1) o entro la variabilità di soglia; lo spettro previsto dalla normativa vigente (D.M. 14.01.2008) risulta pertanto sufficiente a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione topografica rilevati in questa porzione del territorio comunale.

Scenario Z3b – Zona di cresta rocciosa appuntita/arrotolata

Metodologia

La procedura contenuta nei criteri attuativi della legge 12/05 per la valutazione delle amplificazioni topografiche, relativamente allo scenario di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (scenario Z3b), prevede l'utilizzo di una scheda di valutazione che richiede l'inserimento dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo (L) scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche;
- larghezza in cresta del rilievo (l);
- dislivello altimetrico massimo (H) e dislivello altimetrico minimo (h) dei versanti;
- coefficiente di forma H/L.

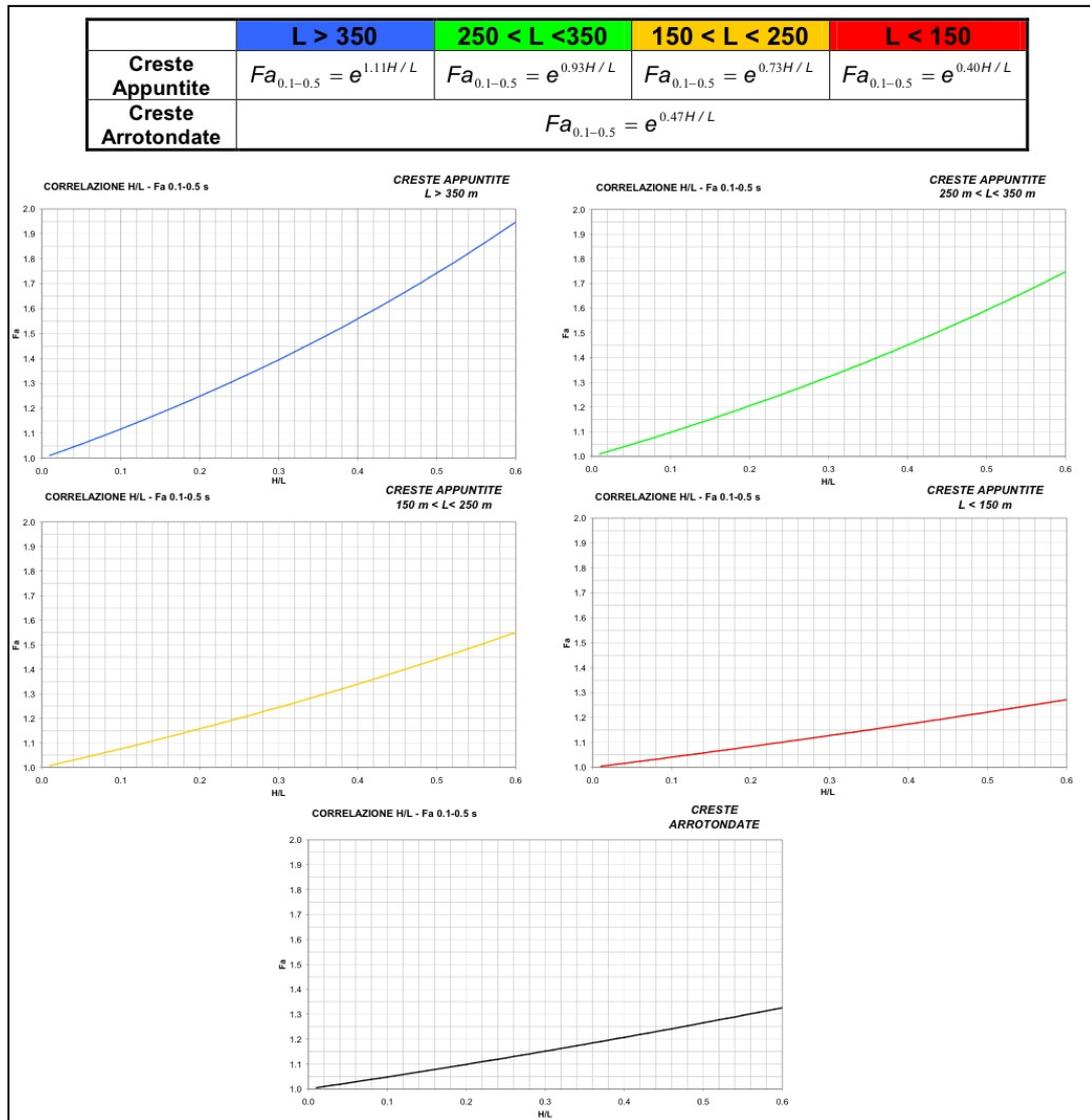


Fig. 1: Scheda di valutazione dello scenario PSL Z3b

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, a seconda della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo (L), la curva più appropriata per la determinazione del valore del fattore di amplificazione (Fa) nell'intervallo 0,1÷0,5 sec. Il valore di Fa così determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta (l), mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del versante stesso.

I valori di F_a dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto dal sito dall'applicazione della normativa sismica vigente, così come indicato per lo scenario Z3a.

La procedura di 2° livello sopra riportata per lo scenario Z3b, non prevede la valutazione del fattore di amplificazione nell'intervallo 0,5÷1,5 sec; secondo la normativa regionale vigente nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra 5 e 15 piani, in presenza di scenari legati ad amplificazioni topografiche, è necessario effettuare in fase di progettazione edilizia analisi più approfondite di 3° livello.

Risultati

Applicando la scheda di valutazione sopra riportata ai vari scenari Z3b individuati nella carta di pericolosità sismica locale, si ottengono i seguenti risultati:

Scenario Z3b – Rilievo di Comonte							
Sezione	H (m)	h (m)	L (m)	l (m)	Tipologia cresta	$F_{a,0,1-0,5}$	St
1	11,4	11,2	153,01	40,55	appuntita	1,1	1,2 (+0,1)
2	25	25	146,06	31,51	appuntita	1,1	1,2 (+0,1)
3	25	10	835,66	703,74	arrotondata	1,0	1,2 (+0,1)

Dalla tabella emerge che il valore del fattore di amplificazione calcolato è sempre inferiore rispetto al valore soglia; ciò comporta che lo spettro proposto dalla normativa è sufficientemente cautelativo rispetto ai possibili effetti di amplificazione topografica.

9.6.2. 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 (bedrock sismico);

- 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 utilizzati 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)

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). Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore a 4 m, si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente a cui si assegna un valore di V_s calcolato come media pesata del valore di V_s degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

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 V_s 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 V_{s_i} e h_i sono rispettivamente la velocità e lo spessore di ciascuno strato.

Il fattore di amplificazione calcolato applicando le suddette schede e approssimato alla prima cifra decimale con una variabilità +0,1, viene poi confrontato con il valore soglia fornito dal Politecnico di Milano per ciascun Comune, definito per le diverse categorie di suolo (categoria B, C, D, E) nei due intervalli $0,1 \div 0,5$ sec e $0,5 \div 1,5$ sec.

Le categorie di suolo definite secondo la classificazione contenuta nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Il 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.

Il Politecnico di Milano indica per il territorio di Seriate i seguenti valori soglia di F_a per il periodo $0,1 \div 0,5$ s e per il periodo $0,5 \div 1,5$ s:

Valori soglia per il periodo compreso tra 0,1+0,5 s					
		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>
Seriate	3	1,5	1,9	2,3	2,0

Valori soglia per il periodo compreso tra 0,5+1,5 s					
		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>
Seriate	3	1,7	2,4	4,3	3,1

L'elaborazione dei dati disponibili ed il confronto con i parametri di riferimento può portare alle situazioni indicate:

- il valore F_a calcolato è inferiore al valore soglia corrispondente. La normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa D.M. 14.01.2008;
- il valore F_a calcolato è superiore al valore soglia corrispondente. La normativa vigente è da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario passare al 3° livello di approfondimento in fase progettuale o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (vedasi normativa di piano di seguito riportata).

In base alla normativa regionale le aree di pericolosità sismica locale devono essere riportate nella carta della fattibilità geologica con apposita retinatura "trasparente", distinguendo quelle con F_a maggiore al valore soglia comunale da quelle con F_a minore; alle stesse è stata associata una normativa specifica riportata nel paragrafo "Prescrizioni relative all'aspetto sismico".

Reperimento dati

Per poter procedere all'applicazione della procedura per la valutazione degli effetti di amplificazione litologica, sono stati analizzati tutti i dati stratigrafici e litologici desunti dalla cartografia di inquadramento; in accordo con l'Amministrazione comunale, nelle zone di futura espansione urbanistica e/o di interesse litostratigrafico e geotecnico, sono state effettuate alcune indagini geofisiche (MASW) finalizzate alla misurazione diretta delle Vs nel sottosuolo.

Si sottolinea che per gli ambiti investigati con metodi geofisici il grado di affidabilità dell'analisi di 2° livello è alto.

Indagini geofisiche

Nell'ambito del territorio comunale di Seriate sono stati effettuati n. 6 stendimenti MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la definizione dei seguenti parametri:

- stratigrafia sismica del sottosuolo;
- 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 (D.M. 14.01.2008).

Ubicazione MASW

L'esatta ubicazione degli stendimenti effettuati è riportata nella carta di pericolosità sismica locale (Tavv. 5a e 5b).

Nello specifico:

- MASW n. 1: porzione sud-occidentale dell'abitato di Seriate, nella zona di via Granger;
- MASW n. 2: lungo Corso Roma, in corrispondenza di un'area agricola all'ingresso dell'abitato;
- MASW n. 3: a nord-est dell'abitato, a est di viale Lombardia;
- MASW n. 4: in sponda sinistra del Fiume Serio, a monte del campo di calcio di via Marconi;
- MASW n. 5: porzione meridionale del territorio comunale, in corrispondenza di un'area a ovest della Cascina Marchesi;

- MASW n. 6: est di via Stella Alpina, in località Comonte.

Gli stendimenti nn. 1+4 sono stati posizionati in corrispondenza delle aree di trasformazione urbanistica ipotizzate dall'Amministrazione comunale.

Metodologia

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.



L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

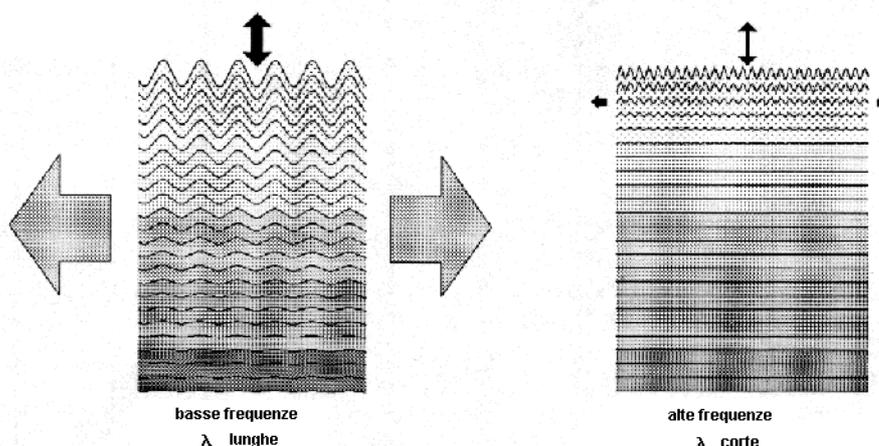
La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggiore accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione.

Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

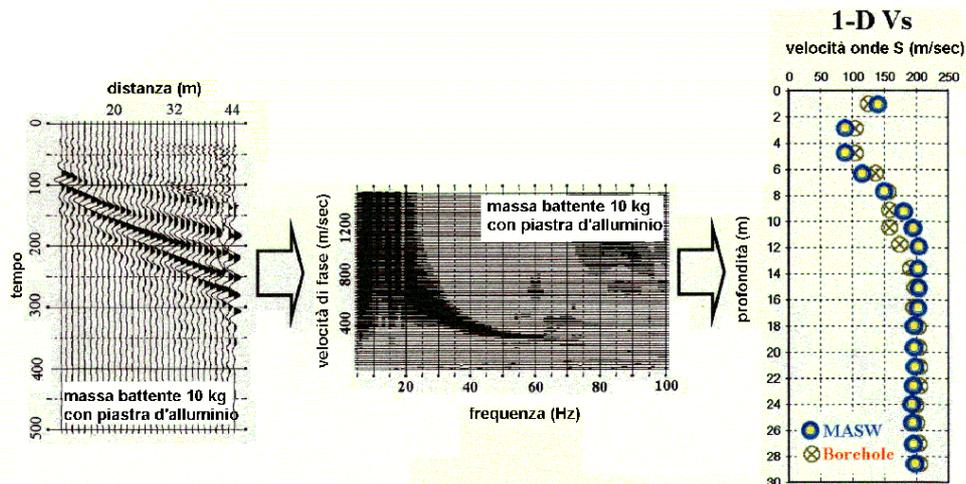
La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La strumentazione utilizzata è costituita da :

- un sismografo EEG BR24 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5Hz con offset pari a 2 m;
- una mazza da 5 Kg.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche.

Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità. Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva. Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

Il parametro Vs30 è stato calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

La determinazione del valore di V_{s30} consente di definire la categoria di suolo secondo quanto stabilito dal D.M. 14.01.2008.

In allegato sono riportate le curve di dispersione e le elaborazioni dalle prove MASW effettuate.

Risultati Vs30

Si riportano di seguito i valori di Vs30, con la corrispondente categoria di suolo (D.M. 14.01.2008), calcolati per ciascun stendimento MASW:

MASW	Valore calcolato di Vs30 (m/s)	Categoria di suolo D.M. 14.01.2008
1	626	B
2	758	B
3	633	B
4	728	B
5	791	B
6	837	A

Dai valori di Vs30 indicati in tabella, emerge che la maggior parte dei siti investigati sono caratterizzati da depositi con un addensamento variabile da discreto a buono, a cui corrisponde la categoria di suolo B definita secondo il D.M. 14.01.08 come “depositi di terreni a grana grossa molto addensati o di terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ nei terreni grossolani, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni fini)”.

La MASW n. 6 ha individuato, fin dai primi metri di profondità, la presenza di sedimenti molto consistenti, tali da determinare un valore di Vs30 elevato, pari a 837 m/s, a cui corrisponde la categoria di suolo A; secondo il D.M. 14.01.2008, trattasi di “terreni molto rigidi caratterizzati da Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m”.

Tale tipologia di suolo è considerata bedrock sismico, ovvero non in grado di generare amplificazione stratigrafica; i suoli ricadenti all'interno della categoria A appartengono alle aree non suscettibili di amplificazione sismica ($F_a = 1,0$), dove il moto sismico non viene modificato dalle caratteristiche litostratigrafiche del terreno.

Scheda litologica di valutazione

Sulla base dei dati litostratigrafici e geotecnici a disposizione (prove penetrometriche, prove SPT, analisi granulometriche, stratigrafie di sondaggi e di pozzi pubblici e privati), emerge che i terreni presenti all'interno del territorio comunale di Seriate sono costituiti principalmente da ghiaie a supporto clastico, da medio-grossolane a grossolane, in matrice sabbiosa, con scarsa presenza della frazione limoso-argillosa (Unità di Cologno, Unità di Comun Nuovo, Complesso di Palazzago, Unità Postglaciale) e da ghiaie ben cementate (Conglomerati di Seriate).

La granulometria dominante dei terreni in esame risulta pertanto essere quella ghiaioso-sabbiosa; la scheda di riferimento per l'analisi di 2° livello è rappresentata dalla "scheda litologica ghiaiosa".

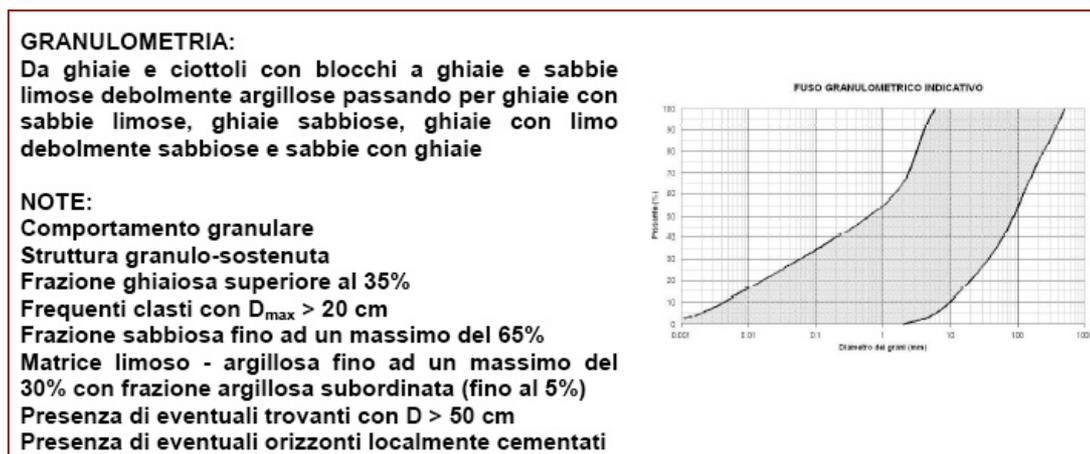


Fig. 2: Parametri indicativi della scheda per le litologie ghiaiose

La scelta della scheda di valutazione per le litologie ghiaiose è confermata anche dalla distribuzione verticale delle Vs registrate dalle indagini geofisiche effettuate; il gradiente Vs/profondità di ciascuna MASW rappresenta una curva che rientra sempre nel campo di validità del grafico proposto dalla normativa regionale per le ghiaie.

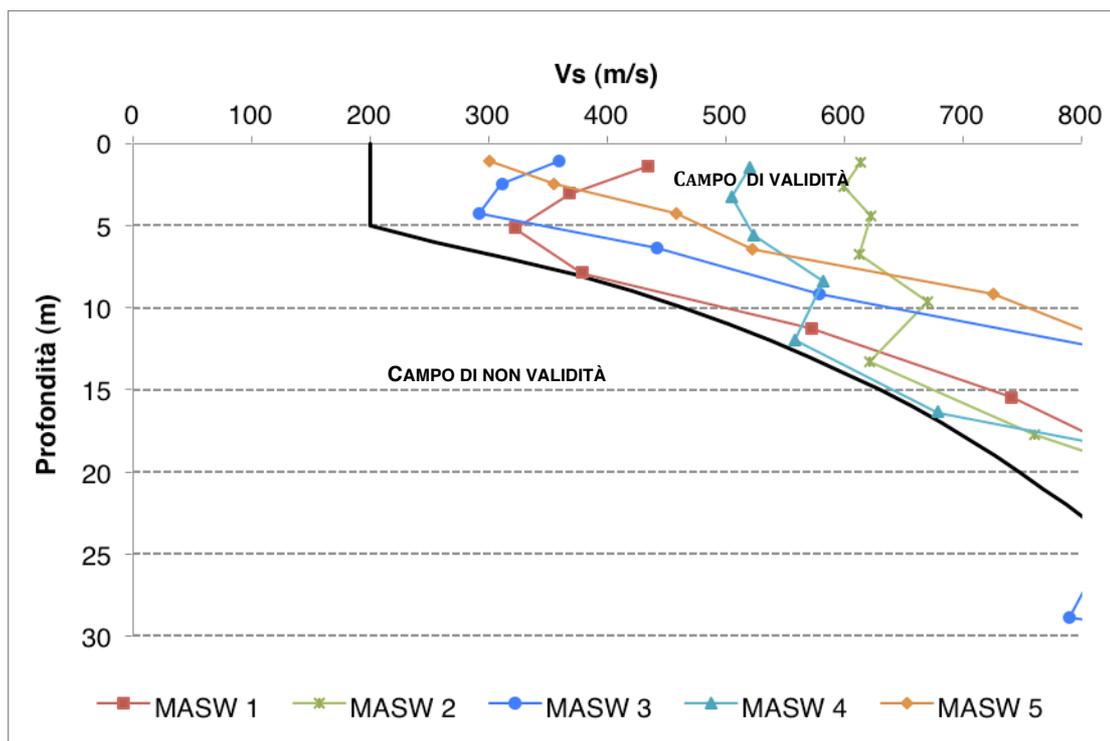


Fig. 3: Andamento dei valori di Vs con la profondità – Validazione dei dati delle indagini MASW per l'utilizzo della scheda ghiaiosa

Modello delle onde sismiche di taglio con la profondità

Di seguito sono riportati i modelli sismici monodimensionali ottenuti dalle linee sismiche effettuate.

MASW 1 –Via Granger	Prof. da (m)	Prof. a (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
	0,0	1,4	1,4	435
	1,4	3,1	1,7	369
	3,1	5,2	2,1	323
	5,2	7,9	2,7	380
	7,9	11,3	3,4	573
	11,3	15,5	4,2	742
	15,5	20,8	5,3	895
	20,8	27,3	6,5	1.009
	27,3	35,5	8,2	1.088
	35,5	43,8	8,3	1.595

MASW 2 – Corso Roma	Prof. da (m)	Prof. a (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
	0,0	1,2	1,4	435
	1,2	2,7	1,7	369
	2,7	4,5	2,1	323
	4,5	6,8	2,7	380
	6,8	9,7	3,4	573
	9,7	13,3	4,2	742
	13,3	17,8	5,3	895
	17,8	23,5	6,5	1.009
	23,5	30,5	8,2	1.088
	30,5	37,6	8,3	1.595

MASW 3 – Viale Lombardia	Prof. da (m)	Prof. a (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
	0,0	1,1	1,1	360
	1,1	2,5	1,4	312
	2,5	4,3	1,8	293
	4,3	6,4	2,1	443
	6,4	9,2	2,8	580
	9,2	12,6	3,4	828
	12,6	16,9	4,3	951
	16,9	22,2	5,3	841
	22,2	28,9	6,7	791
	28,9	35,5	6,6	1.403

MASW 4 – Via Marconi	Prof. da (m)	Prof. a (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
	0,0	1,5	1,5	521
	1,5	3,3	1,8	506
	3,3	5,6	2,3	524
	5,6	8,4	2,8	583
	8,4	12,0	3,6	559
	12,0	16,4	4,4	680
	16,4	22,0	5,6	1.083
	22,0	28,9	6,9	1.068
	28,9	35,5	6,6	1.045
	37,6	46,3	8,7	1.173

MASW 5 – Area a ovest di Cascina Marchesi	Prof. da (m)	Prof. a (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
	0,0	1,1	1,1	301
	1,1	2,5	1,4	356
	2,5	4,3	1,8	459
	4,3	6,5	2,2	523
	6,5	9,2	2,6	726
	9,2	12,6	3,4	846
	12,6	16,9	4,3	1.063
	16,9	22,3	5,4	1.238
	22,3	28,9	6,6	1.253
	28,9	35,6	6,7	1.371

MASW 6 – Via Stella Alpina	Prof. da (m)	Prof. a (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
	0,0	1,4	1,4	725
	1,4	3,0	1,6	839
	3,0	5,2	2,2	869
	5,2	7,8	2,6	820
	7,8	11,1	3,3	821
	11,1	15,2	4,1	764
	15,2	20,4	5,2	844
	20,4	26,9	6,5	922
	26,9	35,0	8,1	835
	35,0	43,0	8,0	782

Per ciascun sito investigato, è stato calcolato il periodo fondamentale di risonanza del terreno (T) (vedi par. 1.1.2 , Metodologia), considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore delle velocità delle onde di taglio è uguale o superiore a 800 m/s. Nel caso il valore di Vs dello strato superficiale risulta pari o superiore a 800 m/s, come registrato in via Stella Alpina, non si procede ad ulteriori analisi, in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla (Fa = 1,0).

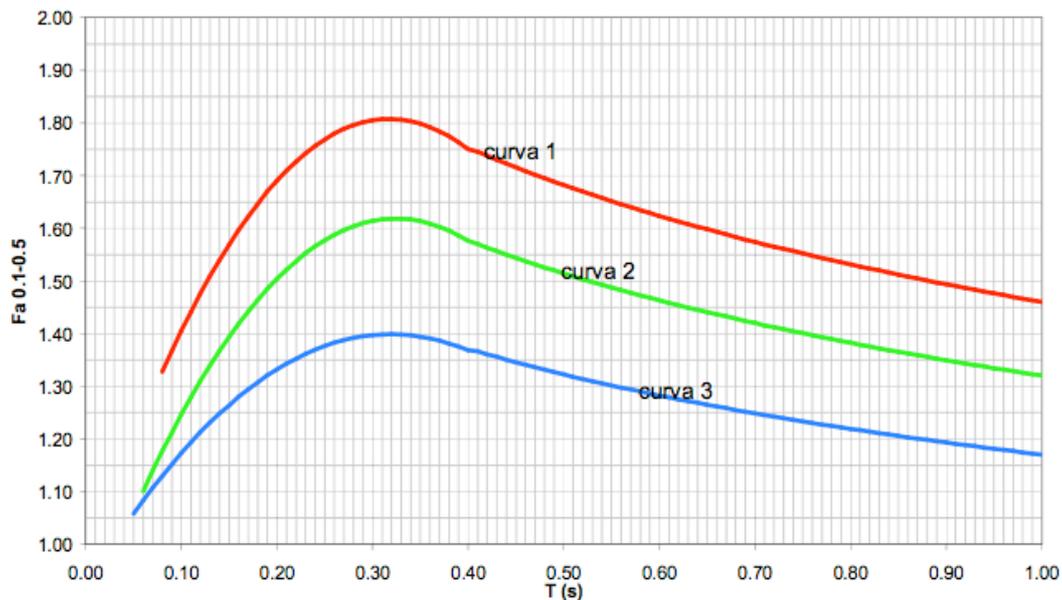
Sito	Periodo fondamentale del terreno - T (m)
Via Granger	0,14
Corso Roma	0,13
Viale Lombardia	0,16
Via Marconi	0,15
Area a ovest di Cascina Marchesi	0,08

Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi

A fronte della profondità e della velocità delle onde S dello strato superficiale individuato nei modelli sismici riportati sopra, all'interno della scheda di valutazione per le litologie ghiaiose, si sceglie la curva più appropriata (indicata con il colore e il numero di riferimento) per il calcolo del fattore di amplificazione (Fa).

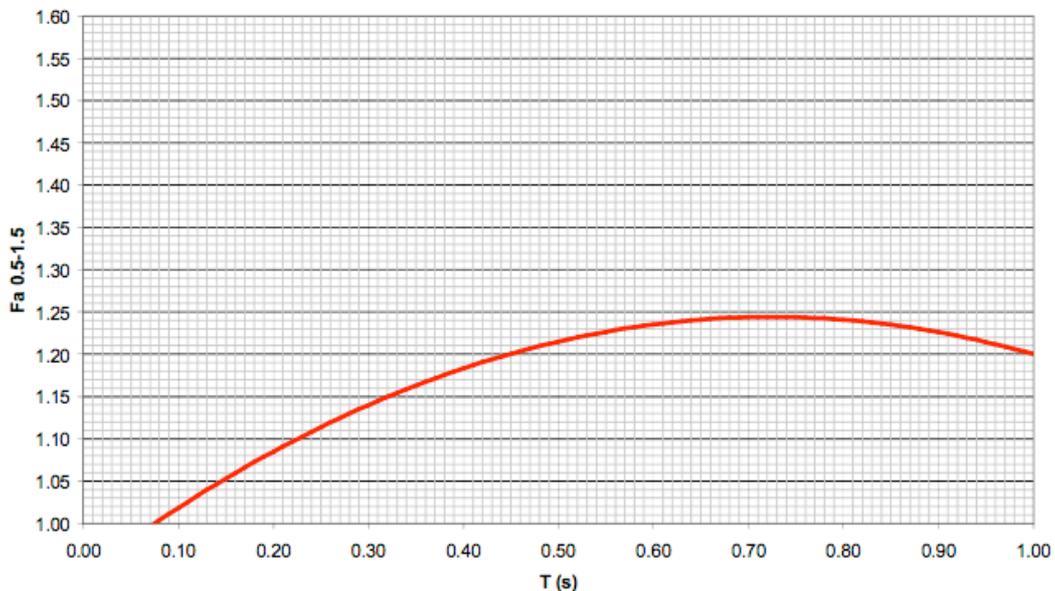


Fig. 4: Abaco per la scelta della curva da utilizzare per il calcolo di Fa



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0,1-0,5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$Fa_{0,1-0,5} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0,1-0,5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$Fa_{0,1-0,5} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0,1-0,5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$Fa_{0,1-0,5} = 1.17 - 0.22LnT$

Fig. 5: Calcolo del fattore di amplificazione per il periodo 0,1÷0,5 s



$$Fa_{0,5-1,5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Fig. 6: Calcolo del fattore di amplificazione per il periodo 0,5÷1,5 s

Considerando che i valori delle Vs del primo strato superficiale registrati dalle singole MASW non sono mai inferiori a 300 m/s, emerge che la curva da utilizzare per il calcolo del fattore di amplificazione è la n. 3.

I valori di Fa così ottenuti (riportati nella tabella sottostante) sono stati confrontati con i valori di soglia indicati dalla Regione Lombardia per ciascuna categoria di suolo.

Sito	0,1 - 0,5 s		0,5 - 1,5 s	
	<i>Fa_{calcolato}</i>	<i>Fa_{soglia}</i> <i>Categoria di</i> <i>suolo B</i>	<i>Fa_{calcolato}</i>	<i>Fa_{soglia}</i> <i>Categoria di</i> <i>suolo B</i>
Via Granger	1,2	1,5 _(+0,1)	1,0	1,7 _(+0,1)
Corso Roma	1,2	1,5 _(+0,1)	1,0	1,7 _(+0,1)
Viale Lombardia	1,3	1,5 _(+0,1)	1,1	1,7 _(+0,1)
Via Marconi	1,3	1,5 _(+0,1)	1,1	1,7 _(+0,1)
Area a ovest di Cascina Marchesi	1,1	1,5 _(+0,1)	1,0	1,7 _(+0,1)

In base ai risultati ottenuti, emerge che i fattori di amplificazione litologica calcolati in diversi ambiti del territorio comunale di Seriate, sono sempre inferiori al corrispondente fattore di amplificazione di soglia relativo alla categoria di suolo considerata (categoria B), sia per l'intervallo 0,1÷0,5 (edifici bassi e rigidi) sia per l'intervallo 0,5÷1,5 s (edifici alti e flessibili).

Lo spettro proposto dalla normativa è pertanto sufficientemente cautelativo rispetto ai possibili effetti di amplificazione litologica.

Si sottolinea che l'analisi di 2° livello è stata effettuata in corrispondenza di aree campione; non si esclude che localmente le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazioni diversi da quelli proposti.

9.6.3. Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello

Nella carta di pericolosità sismica locale di 2° livello (Tavv. 7a e 7b) sono stati riportati i risultati ottenuti dall'analisi di 2° livello per gli scenari individuati nella carta di pericolosità sismica locale di 1° livello.

Schematicamente, gli effetti di amplificazione sismica attesi nel territorio comunale di Seriate, sono:

Scenario PSL	Effetti sismici attesi	Analisi effettuate	$Fa_{0,1-0,5}$ calcolato	$Fa_{0,1-0,5}$ soglia	$Fa_{0,5-1,5}$ calcolato	$Fa_{0,5-1,5}$ soglia
Z2	Cedimenti	Passaggio diretto al 3° livello di approfondimento o applicazione della categoria di suolo superiore	-	-	-	-
Z3a	Amplificazione topografiche	Analisi di 2° livello in fase pianificatoria	1,1÷1,2	1,2 _(+0,1)	-	-
Z3b	Amplificazione topografiche	Analisi di 2° livello in fase pianificatoria	1,0÷1,1	1,2 _(+0,1)	-	-
Z4a	Amplificazioni litologiche	Analisi di 2° livello in fase pianificatoria	1,1÷1,3	1,5 _(+0,1)	1,0÷1,1	1,7 _(+0,1)

In corrispondenza del rilievo di Comonte, dove coesistono gli scenari Z3a e Z3b, è stata riportata l'area di influenza dello scenario Z3a (pari a 18 m circa secondo l'abaco previsto dalla normativa regionale), in quanto i fattori di amplificazione calcolati per lo scenario Z3a sono sfavorevoli rispetto a quelli dello scenario Z3b. Lungo le scarpate il valore del fattore di amplificazione calcolato, compreso nel range 1,1÷1,2, è stato scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario al piede del versante.

Cautelativamente, l'area di via Stella Alpina dove l'amplificazione litologica attesa è nulla ($Fa = 1,0$), è stata ricompresa all'interno del range 1,1÷1,3.

FASE DI SINTESI

10. VINCOLI ESISTENTI

La carta dei vincoli (Tavv. nn. 8a e 8b) è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1:5.000 utilizzando l'aerofotogrammetrico comunale e riportando i vincoli geologici esistenti sul territorio, sulla base di quanto previsto dai criteri attuativi della l.r. 12/05.

10.1 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (PAI)

10.1.1. Fasce fluviali

Sono state riportate le fasce fluviali del fiume Brembo definite dal PAI, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001: sono state individuate le aree ed i limiti esterni delle fasce A, B, B di progetto e C presenti sul territorio comunale.

10.1.2. Zona B-Pr

Sono state riportate le aree perimetrate dal PAI - Allegato 2 dell'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici, come "Zona - BPr", ovvero aree allagabili per piene con tempi di ritorno inferiori o uguali a 50 anni.

10.2 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 Seriate ha commissionato la redazione 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, approvato con deliberazione del Consiglio comunale n. 22 del 30 maggio 2006. Lo studio ha avuto parere favorevole dallo STER – sede territoriale di Bergamo – in data 06.04.2011 n. prot. 0003473, recependo alcune osservazioni effettuate dall'Ente di cui sopra.

Il Comune di Seriate ha approvato definitivamente lo studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore con Delibera del Consiglio Comunale n. 54 in data 28.11.2011.

Sul territorio comunale di Seriate sono stati identificati n. 3 corsi d'acqua afferenti al reticolo idrico principale (fiume Serio, scolmatore del torrente Zerra e scolmatore del torrente Morla) oltre alle rogge afferenti al reticolo consortile: nel presente aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica è stata recepita l'identificazione grafica del reticolo principale e delle rogge, compresa la perimetrazione delle relative fasce di rispetto.

Sulla Carta dei Vincoli (Tavv. nn. 8a e 8b) sono individuate le fasce di rispetto dai corsi d'acqua, perimetrare ai sensi della normativa vigente per il reticolo principale, ovvero definite nel Reticolo Idrico di Bonifica: le fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico di bonifica sono fissate, secondo quanto disposto dalle delibere regionali sopra richiamate e dal R.D. 368/1904, in linea generale in misura pari a 10 m, derogabile a 5 m a seconda dell'importanza riconosciuta ai singoli corsi d'acqua.

In particolare sul territorio comunale di Seriate sono state individuate:

- fascia di rispetto non inferiore a 10 m;
- fascia di rispetto non inferiore a 5 m per corsi che presentano dimensioni d'alveo relativamente contenute, ovvero con portate regolate a monte e ridotte durante buona parte dell'anno o per rami secondari di derivazione e per corsi tombinati e coperti che attraversano aree urbanizzate.

Le attività all'interno del reticolo idrico di bonifica sono regolamentate applicando quanto previsto dalle linee guida per la predisposizione dal regolamento del reticolo di bonifica predisposte dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca (definite con riferimento al R.D. n. 368/1904, alle disposizioni di cui alla L.R. 7/2003 e sulla base delle indicazioni riportate nella D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 e successiva D.G.R. n. 7/13950 del 01.08.2004):

1. è vietata la realizzazione di qualsiasi intervento negli alvei dei corsi d'acqua della rete consortile, ancorché in alcuni periodi dell'anno rimangano asciutti;

2. è vietata qualsiasi nuova edificazione, per gli edifici attualmente esistenti sono vietati aumenti di volumetria, sono invece consentiti interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di risanamento conservativo e di ristrutturazione;
3. non è consentita l'apposizione di recinzioni a distanza inferiore a 1,5 m rispetto alla sommità della sponda incisa per i corsi d'acqua con fascia di rispetto di 5 m; inferiore a 4 m per quelli con fascia di 10 m. Sono escluse le opere realizzate con funzione di sicurezza e protezione della pubblica incolumità, da valutarsi singolarmente da parte del Consorzio idrico competente per territorio;
4. non è consentita la realizzazione di nuove piantagioni aventi finalità economico-produttive e l'installazione di siepi per uso privato a distanza inferiore a 1,5 m rispetto alla sommità della sponda incisa per i corsi d'acqua con fascia di rispetto di 5 m; inferiore a 4 m per quelli con fascia di 10 m. Sono esclusi gli interventi volti alla rinaturalizzazione ed alla tutela ambientale, da valutarsi singolarmente da parte del Consorzio competente;
5. è vietata la movimentazione di terreno per attività connesse a bonifica dei fondi agricoli a distanza inferiore a 2 m rispetto alla sommità della sponda incisa per i corsi d'acqua con fascia di rispetto di 5 m; inferiore a 4 m per quelli con fascia di 10 m;
6. è vietata l'apertura di canali e fossi nei terreni laterali ai corsi d'acqua, a distanza minore della loro profondità dal piede degli argini o dal ciglio delle sponde. Tale distanza non può comunque essere inferiore a 2 m;
7. è vietata qualunque forma di scavo a distanza inferiore a 5 m rispetto alla sommità della sponda incisa per i corsi con fascia di rispetto di 5 m, inferiore a 10 m per quelli con fascia di 10 m;
8. è vietata l'apertura di cave, temporanee o permanenti, che possa dar luogo a ristagni d'acqua, modificando le condizioni ambientali ed alterando il regime idraulico della rete di bonifica;
9. è vietata la realizzazione di qualunque opera che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni degli argini e loro accessori e manufatti attinenti, od anche indirettamente degradare o danneggiare i corsi d'acqua, le strade,

le piantagioni e qualsiasi altra dipendenza dei corsi d'acqua della rete di bonifica;

10. non è consentita alcuna forma di deposito e stoccaggio di materiale all'interno delle fasce di rispetto;
11. non è consentito bruciare sterpaglie a distanza tale da recare danno alle sponde, alle staccionate o alle opere di bonifica, così come sradicare o bruciare i ceppi degli alberi e delle palificate che sostengono le ripe dei corsi d'acqua;
12. è vietato il dissodamento di terreni boscati o cespugliati nelle scarpate interne dei corsi d'acqua;
13. è vietato variare o alterare i ripari di difesa delle sponde dei corsi d'acqua;
14. ai sensi del D. Lgs. 152/06, art 115 "Tutela delle aree di pertinenza dei corpi idrici", (ex D. Lgs. 152/99, art. 41), è vietato qualsiasi nuovo intervento di tombinatura dei corsi d'acqua che non sia imposto da ragioni di tutela della pubblica incolumità.

Per maggiore chiarezza si riporta successivamente una tabella schematica riassuntiva delle distanze minime da rispettare per l'esecuzione degli interventi di cui sopra, distinguendo tra rogge aventi fascia di rispetto di 5 e di 10 m:

ATTIVITA'	DISTANZA	
	fascia di rispetto di 5 m	fascia di rispetto di 10 m
Apposizione di recinzioni	1,5	4
Piantagione di alberi	1,5	4
Installazione di siepi	1,5	4
Movimentazione di terreno connessa a bonifica dei fondi agricoli	2	4
Realizzazione di fabbricati	5	10
Apertura di canali	> 2	> 2
Esecuzione di scavi	> 5	> 10
Realizzazione di depositi di materiali	5	10

Sono consentiti, previo rilascio di autorizzazione o concessione da parte del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, i seguenti interventi:

1. manutenzione o di integrazione del verde ripariale;
2. modifiche di tracciato, realizzazione di sovrappassi, alterazione delle sponde;
3. realizzazione di opere di difesa che non comportino restringimenti di alveo;
4. realizzazione di attraversamenti aerei, attraversamenti in subalveo, opere di viabilità superficiale e sotterranea;
5. realizzazione di opere di derivazione per l'asservimento di fondi privati.

Per il reticolo idrico principale (Fiume Serio, scolmatore Zerra e scolmatore Morla), le fasce di rispetto sono definite secondo quanto stabilito dal R.D. 523/1904 e successive m.i.

10.3 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Per le captazioni ad uso idropotabile (n. 3 pozzi in concessione alla BAS Servizi Integrati S.p.A.) presenti all'interno del territorio di Seriate sono state definite le zone di tutela assoluta e di rispetto.

La zona di tutela assoluta comprende le aree con equidistanza di 10 m dalla captazione dei tre pozzi potabili; l'area di rispetto è stata perimetrata mediante criterio geometrico, ovvero perimetrando le aree comprese entro un raggio di 200 m dalle captazioni (ai sensi del D.Lgs. 152/2006), per i pozzi di via Venezian e via Tre Signori e per le captazioni insistenti sui comuni di Brusaporto e Bagnatica.

L'area di rispetto è stata perimetrata con criterio temporale per il pozzo Roncaglino secondo la geometria approvata dagli Uffici della Provincia di Bergamo, territorialmente competenti.

L'ampiezza delle aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili riportate in cartografia sono da intendersi come indicazione grafica di massima; per l'esatta definizione di tale limite farà fede l'effettiva larghezza dell'area di rispetto misurata in sito con un rilievo di dettaglio, considerando la posizione esatta della testa del pozzo.

Le norme relative alle aree di rispetto e di tutela assoluta devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla normativa vigente (d.g.r. 10.04.2004 n.

7/12693 “Direttiva per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto” d.lgs. 152/2006 e successive modificazioni”.

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

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

E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

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

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

11. SINTESI

11.1 Criteri

Alla luce delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riscontrate sul comune di Seriate, tenendo conto dei vincoli che condizionano l'area, è stata redatta la carta di sintesi alla scala 1:5.000, estesa all'intero territorio comunale (Tavv. nn. 10a e 10b).

Sono stati individuati diversi poligoni rappresentativi di aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che la genera, ovvero omogenee in quanto caratterizzate dalla stessa tipologia di vulnerabilità.

Per la delimitazione di tali aree sono stati seguiti i criteri indicati nella direttiva regionale, adattandoli alla realtà comunale ed integrandoli, ove ritenuto opportuno.

11.2 Aree omogenee

Sono state delimitati i seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità:

- aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
- aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico;
- aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

All'interno di tali ambiti sono state ricavate delle classi omogenee per differenti gradi di pericolosità/vulnerabilità.

11.2.1. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V"

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di instabilità lungo i versanti; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

Aree a pericolosità potenziale per la presenza di terreni a granulometria fine su pendio: corrispondono ai versanti a media e bassa acclività presenti in località Comonte, caratterizzati dalla presenza di depositi sciolti, talora fini, che possono essere sede di dissesto soprattutto in occasione di eventi piovosi particolarmente intensi.

11.2.2. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - "G"

Sono state individuate le seguenti problematiche appartenenti a questa classe:

Aree con riporti di materiale, aree colmate: si tratta di alcune zone con media estensione areale, interessate da riporti di materiale ed ubicate esternamente al centro abitato, nelle porzioni centrale e meridionale del territorio comunale, in aree oggetto di pregressa attività estrattiva ovvero interessate dalla realizzazione di infrastrutture pubbliche (autostrada).

11.2.3. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico - "ldr"

Sono state segnalate e mappate le aree che evidenziano problematiche legate alle caratteristiche idrogeologiche del territorio:

Aree ad elevata vulnerabilità del primo acquifero: comprendono le aree di pertinenza della piana fluviale del Serio, ove la permeabilità dei depositi affioranti è piuttosto elevata e sono assenti le sequenze pedogenizzate.

Aree a media vulnerabilità del primo acquifero: comprendono i terrazzi fluviali più elevati, caratterizzati dalla presenza di depositi grossolani, fluvioglaciali ed alluvionali, in assenza di copertura superficiale.

11.2.4. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - "I"

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di vulnerabilità dal punto di vista idraulico; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Fascia A definita dal PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia A, come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po; sul territorio comunale di Seriate la Fascia A corrisponde all'incirca all'alveo attivo del fiume Serio per tutto il tratto settentrionale del territorio, in centro edificato, ove i limiti esterni di fascia A e fascia B coincidono; verso sud la fascia A individua principalmente l'alveo attivo ad eccezione di due aree poste rispettivamente in destra idrografica a monte del tracciato autostradale, in una zona caratterizzata dalla presenza di serre e, più a valle, in sinistra idrografica in località Cascina Vertova.
- Aree a rischio idraulico molto elevato – classe R4: lo studio Etatec 2009 ha portato alla individuazione di due zone direttamente allagabili in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni; le aree di interesse sono ubicate su entrambe le sponde del Serio, a monte del ponte di via Italia. Esternamente al centro edificato, zone con grado di rischio R4 sono state perimetrare in sinistra idrografica (esternamente alle fasce PAI) e destra (in fascia B del PAI), all'altezza dell'ansa del fiume. Le aree a rischio 4 comprendono esclusivamente le zone di possibile scorrimento e deflusso delle acque superficiali in caso di esondazione (strade, superfici non edificate); nella classificazione del rischio non sono considerati gli edifici esistenti e le zone protette, anche solo parzialmente, da strutture esistenti. All'interno di tale classe ricadono le aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali, con tiranti idrici attesi superiori a 100 cm. L'utilizzo dei dati forniti nello studio Etatec 2009 e l'estensione degli stessi alle zone limitrofe alle vie preferenziali di scorrimento delle acque superficiali non incanalate, opportunamente supportati da sopralluoghi in sito e dai recenti studi redatti a cura dell'AdBPo sul corso del Serio, ha consentito l'individuazione delle aree allagabili in occasione di eventi meteorici calcolati con tempi di ritorno di 200 anni, con tirante idrico atteso superiore a 100 cm.
- Fascia B definita dal PAI; fascia C retrostante il limite di progetto tra la fascia B e la fascia C: è stata riportata la perimetrazione della Fascia B,

come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po; la fascia B sul territorio comunale è stata individuata in una limitata porzione areale a nord del territorio comunale e, a sud dell'abitato, lungo fasce areali variamente estese, perimetrali al corso d'acqua. La fascia C retrostante il limite di progetto tra le fasce B e C, è presente nella porzione settentrionale del territorio comunale, in sinistra idrografica, a monte del ponte di via Italia.

- Zona B-Pr: sono cartograficamente perimetrare le 2 aree potenzialmente allagabile in caso di eventi di piena con tempi di ritorno inferiori o uguali a 50 anni; la prima Zona B-Pr è collocata in sinistra idrografica, a monte del ponte di via Italia e coincide sostanzialmente con l'area della fascia B di progetto; la seconda è situata nella porzione meridionale dell'abitato (esternamente al centro edificato), in sinistra idrografica, all'altezza dell'ansa del fiume.
- Aree a rischio idraulico elevato – classe R3: lo studio Etatec 2009 ha portato alla individuazione di zone potenzialmente allagabili in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni: trattasi di aree generalmente soggette ad allagamento di tipo indiretto, con velocità e gradiente idrico compatibile con la classe di rischio R3 definita dalla normativa vigente. Zone R3 sono state individuate all'interno del centro edificato, esternamente alle fasce PAI, a monte del ponte di via Italia; esternamente all'edificato sono presenti due limitate fasce a rischio 3 all'altezza dell'ansa del fiume, in sinistra (esterna alle fasce PAI) ed in destra, in fascia B del PAI. Le aree a rischio 3 comprendono esclusivamente le zone di possibile scorrimento e deflusso delle acque superficiali in caso di esondazione (strade, superfici non edificate); nella classificazione del rischio non sono considerati gli edifici esistenti e le zone protette, anche solo parzialmente, da strutture esistenti. All'interno di tale zona omogenea ricadono le aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali, con tiranti idrici attesi compresi tra 30 e 100 cm. L'utilizzo dei dati forniti nello studio idraulico e l'estensione degli stessi alle zone limitrofe alle vie preferenziali di scorrimento delle acque superficiali non incanalate, opportunamente

supportati da sopralluoghi in sito e dai recenti studi redatti a cura dell'AdBPo sul corso del Serio, ha consentito l'individuazione delle aree allagabili in occasione di eventi meteorici calcolati con tempi di ritorno di 200 anni, con tirante idrico atteso compreso tra 30 e 100 cm.

- Fascia C definita dal PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia C, come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po; la fascia C corrisponde ad un'area a sviluppo continuo in sinistra idrografica che diparte a valle dell'abitato e prosegue parallelamente al corso del Serio, con estensione media superiore a 500 m, fino al confine del territorio di Seriate con i Comuni di Bagnatica, Calcinate e Cavernago. In sinistra idrografica, a ridosso dell'abitato, la fascia C comprende un'area che si sviluppa lungo via Nullo e si chiude sulla fascia B verso sud, all'altezza del tracciato autostradale.
- Aree a rischio idraulico da moderato a medio – classe R2-R1: lo studio idraulico redatto sull'intero territorio comunale, ha portato alla individuazione di zone potenzialmente allagabili indirettamente in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni, con basse velocità dell'acqua e ridotti tiranti idrici. Zone R1 ed R2 sono state individuate all'interno del centro edificato, esternamente alle fasce PAI, su entrambe le sponde del Serio. All'interno delle zone a rischio R1 ed R2, ad eccezione di una limitata porzione areale lungo via Bosco, sono comprese le vie di possibile scorrimento delle acque sia gli edifici lambiti dalle stesse, pertanto soggetti a vulnerabilità idraulica. Sono ricomprese anche le aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali, con tiranti idrici attesi inferiori o uguali a 30 cm: l'utilizzo dei dati forniti nello studio idraulico, i sopralluoghi in sito ed i risultati riportati nello studio redatto a cura dell'AdBPo recante "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda", ha consentito l'individuazione di alcune aree allagabili in occasione di eventi meteorici calcolati con tempi di ritorno di 200 anni, con tirante idrico atteso inferiore a 30 cm, in adiacenza e

continuità con le aree già perimetrare e definite a rischio R2 e R1 nello studio Etatec 2009.

FASE DI PROPOSTA

12. CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

Il comune di Seriate è compreso nell'elenco della Tab. 1 di cui all'Allegato 13 della d.g.r. 28.05.2008 n. 7374 recante "Individuazione dei Comuni compresi nella d.g.r. 11.12.2001 n. 7/7365 e della d.g.r. 22.12.2005 n. 8/1566 ove non risulta abbiano concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI".

Nella tabella 1 si definisce "originario" il quadro del dissesto vigente per il Comune di interesse. Alla luce della documentazione aggiornata disponibile (cartografia GeolFFI) e degli accertamenti ed indagini integrative eseguiti sul territorio, è stata redatta la carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI, secondo i criteri stabiliti dalla normativa vigente.

La carta del dissesto (Tav. 9), redatta in scala 1:10.000 su base cartografica C.T.R. per tutto il territorio comunale, non contiene modifiche o aggiornamenti delle aree in dissesto classificate dall'Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Lombardia GeolFFI e dall'Elaborato 2 del PAI, come meglio dettagliato nel paragrafo successivo.

12.1 Quadro del dissesto vigente

Le osservazioni morfologiche effettuate sul terreno, unitamente all'analisi cartografica di dettaglio (aerofotogrammetrico comunale), ai dati storici, ai contenuti dell'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto" ed agli aggiornamenti dell'Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Lombardia, hanno portato alla redazione di una carta del dissesto con legenda uniformata PAI nella quale non si introduce alcuna modifica al quadro del dissesto evidenziato nel documento "Modifiche ed integrazioni al Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici. Perimetrazione delle aree in dissesto". L'Inventario dei fenomeni franosi della

Regione Lombardia, precedentemente citato, non individua alcun dissesto di origine gravitativa sul territorio comunale di Seriate.

Sul territorio Comunale non è stata rilevata la presenza di aree franose né di elementi lineari o puntuali riconducibili a frane non fedelmente cartografabili.

Nella Carta del Dissesto sono state pertanto riportate le aree soggette a fenomeni esondivi con tempi di ritorno inferiori o uguali a 50 anni perimetrare e classificate come Zona B-Pr.

13. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 (Tavv. nn. 11a e 11b) e 1:2.000 per il centro edificato (Tavv. nn. 12a, 12b, etc...).

La carta di fattibilità, compilata secondo quanto previsto dai “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”, ha attribuito un valore di fattibilità a ciascuna area individuata nella carta di sintesi.

Le varie classi di fattibilità sono raggruppate secondo le diverse problematiche riscontrate (quattro).

Come risulta dalla carta di sintesi vi sono porzioni di territorio sulle quali sono presenti diverse problematiche contemporaneamente: in questi casi nella carta di fattibilità vengono attribuiti più valori di fattibilità quando le pericolosità naturali non interagiscono fra loro; nelle aree nelle quali sono indicate contemporaneamente due classi di fattibilità, valgono entrambe le normative.

13.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità

L’attribuzione dei valori di fattibilità alle differenti aree omogenee individuate nella carta di sintesi, ha tenuto conto 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”.

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

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	Classe
Aree a pericolosità potenziale per la presenza di terreni a granulometria fine su pendio	2 V

Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico	Classe
Aree con riporti di materiale, aree colmate	3 GT

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	Classe
Aree ad elevata vulnerabilità del primo acquifero	3 ldr
Aree a media vulnerabilità del primo acquifero	2 ldr

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	Classe
Fascia A definita dal PAI	4a I
Aree a rischio idraulico molto elevato – classe R4	4b I
Fascia B definita dal PAI, fascia C retrostante il “limite di progetto tra la fascia B e la fascia C” e zona B-Pr	3a I
Aree a rischio idraulico elevato – classe R3	3b I
Fascia C definita dal PAI	2a I
Aree a rischio idraulico da moderato a medio – classe R2-R1	2b I

14. NORME GEOLOGICHE DI PIANO

14.1 Indirizzi generali

Per tutto il territorio comunale valgono le seguenti norme:

- la caratterizzazione geotecnica (comprese valutazioni di stabilità dei pendii) deve essere svolta secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008;

- lo smaltimento dei reflui liquidi di qualsiasi natura deve essere sempre conforme alle disposizioni del Decreto Legislativo 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni.
- 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 si prescrivono norme all'utilizzazione del suolo: è 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.

14.2.2. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (sigla: "V")

Classe 2 V – Fattibilità con modeste limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori, interventi di ristrutturazione, manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, restauro di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di una relazione geologica che individui le interazioni fra il progetto e le caratteristiche litologiche, geomorfologiche, idrauliche esistenti nell'area di intervento e in un intorno significativo, con particolare attenzione alla stabilità del versante.

Modificazioni dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che ne dimostri la compatibilità con le condizioni di stabilità presenti.

Alle problematiche evidenziate devono seguire le indicazioni relative agli interventi da adottare nella progettazione a difesa e/o gli interventi di mitigazione per ridurre gli impatti sul territorio, a seguito della realizzazione del progetto.

14.2.3. Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico (sigla: "GT")

Classe 3 GT - 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 nonché la continuità verticale e laterale del terreno di fondazione 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 interventi strutturali o incrementi areali.

14.2.4. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico (sigla: "ldr")

Classe 3 ldr - Fattibilità con consistenti limitazioni

Nuovi interventi edificatori devono dotarsi di fognatura.

Gli interventi di manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti devono essere accompagnati da indagini o studi volti a verificare l'interazione fra il progetto e le caratteristiche idrogeologiche al contorno dell'area di intervento.

Le modificazioni dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che dimostri la compatibilità dell'intervento con le condizioni idrogeologiche presenti.

Gli scarichi non possono essere recapitati sul terreno. La dispersione degli stessi, in assenza di fognatura, potrà essere effettuata mediante la tecnica dei "letti assorbenti", privi di recapito nel terreno, dotati di essenze vegetali specifiche per un elevato assorbimento; solo nel caso di dimostrata impossibilità tecnica nell'attuazione di questa soluzione e solo per gli edifici privi di acqua corrente, può essere installata una vasca a tenuta stagna, quale unico recapito delle acque di scarico ("pozzo nero"). Deve essere assicurata la periodica manutenzione con evacuazione, trasporto e recapito in idoneo impianto fognario delle acque stoccate.

È vietato lo spandimento di qualsiasi sostanza sul terreno (concimi organici, chimici, diserbanti, etc).

Classe 2 Idr - Fattibilità con modeste limitazioni

Nuovi interventi edificatori devono dotarsi di fognatura.

Gli interventi di nuova edificazione, di manutenzione, risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti che prevedono scarichi nel suolo devono essere accompagnati da relazione geologica che verifichi l'interazione fra il progetto e le caratteristiche idrogeologiche al contorno dell'area di progetto.

Le modificazioni dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che dimostri la compatibilità dell'intervento con le condizioni idrogeologiche presenti.

In assenza di fognatura, la dispersione degli scarichi domestici potrà essere effettuata secondo le modalità consentite dalla vigente normativa (D.lgs. 152/2006 e s.m.i.).

14.2.5. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (sigla: "I")

Classe 4a I - Fattibilità con gravi limitazioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nelle NdA del PAI, agli artt. 29 e 39.

Art. 29. Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

1. Nella Fascia A sono vietate:

a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);

c) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);

d) le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per una ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente; le Regioni provvederanno a disciplinare tale divieto nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprassuolo, ai sensi dell'art. 41 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche e integrazioni, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904, n. 523;

e) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;

f) il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

2. Sono per contro consentiti:

a) i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;

b) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

c) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

d) i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;

e) la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;

f) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;

g) il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;

h) il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;

i) il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. m), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22;

l) l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo;

m) l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

3. Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella Fascia A.

4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

1. I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto

vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:

a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;

b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;

c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

4. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.

5. Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:

a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;

b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;

c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.

6. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del presente Piano e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.

7. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 9 luglio 1908, n. 445 e 2 febbraio 1974, n. 64, nonché quelli di cui al D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e dell'art. 82 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 e successive modifiche e integrazioni.

Classe 4b I - Fattibilità con gravi limitazioni

I criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio emanati dalla Regione Lombardia nel marzo 2006 - allegato 4, specificano che le aree caratterizzate da livelli di rischio R4 sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione, pertanto nelle stesse dovranno essere escluse nuove

edificazioni; a tali aree viene attribuita una classe di fattibilità geologica per le azioni di piano "Classe 4".

Sono consentiti gli interventi previsti nelle NdA del PAI, agli artt. 29 e 39, riportati nel precedente paragrafo recante "Classe 4a I - Fattibilità con gravi limitazioni". Sono altresì consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni culturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;

- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Sono consentiti gli interventi finalizzati alla mitigazione delle condizioni di rischio e della vulnerabilità di edifici e costruzioni esistenti. In caso di realizzazione di opere di regimazione e difesa programmate per la salvaguardia del territorio, ad avvenuta esecuzione e collaudo delle opere stesse, sarà possibile valutare idraulicamente il rischio residuo; in tal caso diventeranno obbligatorie le prescrizioni previste per la nuova classe di rischio individuata. Per le zone di fascia A e B del PAI esterne al centro edificato permangono le norme previste dal PAI.

Qualora studi di compatibilità idraulica di dettaglio, redatti ai sensi e con le modalità previste della normativa vigente su specifiche aree di interesse (con definizione di battenti idraulici e velocità delle acque di esondazione), attestino condizioni di rischio reale meno gravose, il Comune potrà valutare e recepire tali studi e prevedere, qualora possibile, il declassamento dell'area alla classe di fattibilità 3bl, compatibilmente con la vulnerabilità della stessa.

Classe 3a I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nelle NdA del PAI, agli artt. 30 e 39.

Art. 30. Fascia di esondazione (Fascia B)

1. Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione

delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. Nella Fascia B sono vietati:

a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. l);

c) in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

3. Sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al precedente comma 3 dell'art. 29:

a) gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;

b) gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;

c) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;

d) l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni;

e) il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati

dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.

4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

1. I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:

a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;

b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;

c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

4. Nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite:

a) opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

b) interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

c) interventi di adeguamento igienico - funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

d) opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore, anche ai sensi del precedente art. 20.

5. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.

6. Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:

a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;

b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;

c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.

7. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del presente Piano e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.

8. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 9 luglio 1908, n. 445 e 2 febbraio 1974, n. 64, nonché quelli di cui al D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e dell'art. 82 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 e successive modifiche e integrazioni.

Classe 3b I - Fattibilità con consistenti limitazioni

I criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio emanati dalla Regione Lombardia nel marzo 2006 - allegato 4, specificano che le aree caratterizzate da livelli di rischio R3 possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell'area da parte di persone e beni mobili.

Sulla base delle indicazioni contenute nei Criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio e nelle norme di attuazione del PAI di cui alla d.C.I. n. 18 del 26.04.2001, nella classe di fattibilità R3 sono consentiti, oltre a quelli previsti per la classe di fattibilità geologica 4b I, i seguenti interventi:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti dalla lettera d) dell'art. 3 del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 con possibilità di demolizione e ricostruzione ed ampliamento massimo del 10%, se consentito dal Piano delle regole;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale fino ad un massimo del 10% dell'esistente, se consentito dal Piano delle regole;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il PAI.

Gli interventi di nuova edificazione o ristrutturazione edilizia con aumento di superficie e volume sono consentiti alle condizioni individuate nei successivi paragrafi; in ogni caso gli interventi proposti non possono aumentare il livello di rischio e costituire un ostacolo al libero deflusso delle acque e/o una riduzione apprezzabile delle capacità di invaso.

Dovranno essere valutati i possibili battenti idrici locali (con riferimento allo studio idraulico Etatec 2009) e dimostrato che l'intervento proposto sia idoneamente protetto dal rischio idraulico.

Le norme che seguono riportano la dicitura “quota di riferimento”, definita come la quota del piano campagna nel punto considerato a cui sommare l'altezza massima del tirante (come individuato dallo studio Etatec 2009), pari a 100 cm e un franco di sicurezza di 30 cm (quota di riferimento = piano campagna + 1,30 m).

Interventi di nuova edificazione

- le superfici abitabili, le aree sede di attività produttive e/o commerciali e terziarie, gli impianti tecnologici e gli eventuali depositi di materiale, devono essere realizzate a quote superiori alla “quota di riferimento”;

- al di sotto della “quota di riferimento” possono essere realizzati solo volumi non abitabili e completamente fuori terra, destinati a finalità accessorie e di servizio, quali ingressi, cantine, ricovero autoveicoli, locali tecnici, etc;
- possono essere realizzati volumi interrati o parzialmente interrati non abitabili destinati a finalità accessorie e di servizio, quali ingressi, cantine, ricovero autoveicoli, locali tecnici, etc., purché adeguatamente protetti (aperture a tenuta stagna, comprese eventuali finestre; uscite di sicurezza verso locali non allagabili);
- gli impianti (elettrici, idrici, di riscaldamento, etc.) previsti all’interno dei volumi a rischio devono essere progettati e realizzati in modo tale da non costituire fonte di pericolo in caso di allagamento;
- i nuovi fabbricati devono essere realizzati in modo da non ostacolare il libero deflusso delle acque, limitando la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale. La viabilità interna minore e la disposizione dei fabbricati devono inoltre essere progettate con la finalità di limitare gli allineamenti di grande lunghezza nel senso di scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità. Devono essere evitati interventi che favoriscano l’accumulo di masse d’acqua (ad es.: cortili chiusi);
- si devono utilizzare materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche, a fenomeni erosivi e di scalzamento. I materiali utilizzati per la costruzione devono essere poco danneggiabili al contatto con l’acqua;
- tutti gli scarichi devono essere progettati e realizzati per evitare rigurgiti dalle potenziali esondazioni;
- le nuove edificazioni non devono in alcun modo compromettere la sicurezza di edifici e strutture esistenti.

Interventi su strutture ed edifici esistenti (ampliamento e ristrutturazione)

- le destinazioni abitabili, le attività produttive e/o commerciali e terziarie, sono consentite sopra la “quota di riferimento”;
- al di sotto della “quota di riferimento”, solo in presenza di un piano di emergenza comunale dettagliato per il rischio da allagamento, è possibile

avere destinazioni abitative solo se preesistenti (sono vietate destinazioni abitative derivanti da cambi di destinazioni d'uso), destinazioni commerciali, produttive e terziarie (che non prevedano assembramenti). Tali utilizzi devono prevedere adeguate protezioni (aperture a tenuta stagna, comprese eventuali finestre; uscite di sicurezza verso locali non allagabili);

- la realizzazione di nuovi volumi interrati è consentita solo per volumi non abitabili, destinati a finalità accessorie e di servizio, quali ingressi, cantine, ricovero autoveicoli, locali tecnici etc, purché adeguatamente protetti (aperture a tenuta stagna, comprese eventuali finestre; uscite di sicurezza verso locali non allagabili);
- gli impianti (elettrici, idrici, di riscaldamento, etc.) previsti all'interno dei volumi a rischio devono essere progettati e realizzati in modo tale da non costituire fonte di pericolo in caso di allagamento;
- si devono utilizzare materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche, a fenomeni erosivi e di scalzamento. I materiali utilizzati per la costruzione devono essere poco danneggiabili al contatto con l'acqua;
- tutti gli scarichi devono essere progettati e realizzati per evitare rigurgiti dalle potenziali esondazioni.

Sono comunque vietati:

- gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una significativa parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Qualora studi di compatibilità idraulica di dettaglio, redatti su specifiche aree, ai sensi e con le modalità previste della normativa vigente (con definizione di

battenti idraulici e velocità delle acque di esondazione), individuino condizioni locali di rischio meno gravose, il Comune potrà esaminare e recepire tali studi riservandosi di rivalutare la classe di fattibilità assegnata. Sono escluse le zone di fascia A e B del PAI esterne al centro edificato, per le quali permangono le norme previste dal PAI.

Qualora interventi edificatori prevedano la demolizione parziale o totale di edifici (o infrastrutture esistenti, muri compresi), devono essere valutate le possibili modifiche alla mappatura del rischio idraulico dovute alle mutate condizioni di uso del suolo, mediante una relazione idraulica basata sui dati contenuti nello studio Etatec 2009 e di eventuali dati di maggior dettaglio; tale documento deve dimostrare che non vengono aggravate le condizioni di rischio nelle aree circostanti e può contenere una proposta di diversa classificazione del rischio all'interno dell'area di progetto. L'Amministrazione comunale potrà accogliere la proposta mediante una diversa attribuzione della classe di fattibilità geologica.

In caso di realizzazione di opere di regimazione e difesa programmate per la salvaguardia del territorio, ad avvenuta esecuzione e collaudo delle opere stesse sarà possibile valutare idraulicamente il rischio residuo; in tal caso diventeranno obbligatorie le prescrizioni previste per la nuova classe di rischio individuata.

Tutti gli interventi consentiti potranno essere autorizzati solo previa rinuncia, da parte del soggetto interessato, al risarcimento in caso di danno ed alla presentazione di idonea copertura assicurativa per i rischi connessi alla loro realizzazione.

Classe 2a I - Fattibilità con modeste limitazioni

Sono consentiti interventi edificatori con un basso indice di utilizzazione del suolo e gli interventi che non incrementino il livello del rischio idraulico. La costruzione di edifici il cui utilizzo preveda elevate concentrazioni di persone (scuole, alberghi, ristoranti, grandi immobili residenziali, centri commerciali, etc) sono subordinati alla redazione di un Piano di emergenza che comprenda anche tale area, ai sensi della Legge 24 febbraio 1992, n. 225 (art. 31 delle NdA del PAI).

Classe 2b I - Fattibilità con modeste limitazioni

Sono consentiti gli interventi che non incrementino il livello del rischio idraulico (si tratta di zone definite a rischio idraulico R2 e R1 dallo studio Etatec 2009).

Gli interventi di nuova edificazione o di ristrutturazione con ampliamento areale o volumetrico dovranno essere corredati da uno studio che evidenzi le direzioni di scorrimento delle acque superficiali in un intorno significativo dell'area di indagine, indichi gli eventuali interventi che si rendono necessari per favorire il drenaggio delle acque e proponga adeguate misure di mitigazione del rischio: dovranno essere previste opere mobili di protezione in corrispondenza degli accessi carrabili e/o pedonali, considerando un tirante idrico di 30 cm sulle superfici stradali e un franco di sicurezza di 20 cm. L'adozione di un franco diverso dovrà essere dimostrata idraulicamente e documentata mediante redazione di una relazione da sottoporre alla valutazione dei competenti Uffici comunali.

All'esterno dei centri abitati, è necessario verificare la possibilità di localizzare gli interventi in altri siti e limitare la perdita di suolo avente importante funzione di cassa di espansione.

Qualora interventi edificatori prevedano la demolizione parziale o totale di edifici (o infrastrutture esistenti, muri compresi), devono essere valutate le possibili modifiche alla mappatura del rischio idraulico dovute alle mutate condizioni di uso del suolo, mediante una relazione idraulica basata sui dati contenuti nello studio Etatec 2009 e di eventuali dati di maggior dettaglio; tale documento deve dimostrare che non vengono aggravate le condizioni di rischio nelle aree circostanti e può contenere una proposta di diversa classificazione del rischio all'interno dell'area di progetto. L'Amministrazione comunale potrà accogliere la proposta mediante una diversa attribuzione della classe di fattibilità geologica.

14.3 Prescrizioni di carattere sismico

14.3.1. *Indirizzi generali*

Su tutto il territorio comunale gli interventi dovranno rispettare le verifiche previste dal D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Le risultanze dell’analisi della pericolosità sismica riportate nel presente studio (carta di pericolosità sismica locale di 1° e 2° livello), evidenziano come alcune porzioni del territorio comunale di Seriate siano soggette a fenomeni di amplificazione sismica locale.

Si evidenzia che le aree soggette ad amplificazione sismica sono state ricavate a partire da dati geofisici, litostratigrafici e morfologici estesi alla scala del territorio comunale. In fase di progettazione di nuovi edifici e/o di interventi di ristrutturazione, si consiglia un approfondimento preliminare che, mediante indagini geofisiche di superficie o in foro o da correlazione empiriche di comprovata validità, consenta di definire puntualmente la categoria di suolo di fondazione e la frequenza di risonanza del terreno potenzialmente suscettibile di amplificazione sismica.

14.3.2. *Prescrizioni*

Alla luce delle risultanze ottenute dall’analisi della pericolosità sismica locale (1° e 2° livello di approfondimento) riportate nel presente studio, emerge che:

- nelle aree di pericolosità sismica locale **Z2** (zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti), soggetta a fenomeni di cedimenti e/o liquefazioni, la normativa vigente prescrive il passaggio diretto al 3° livello di approfondimento da effettuarsi in fase di progettazione o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, secondo lo schema successivamente riportato:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B, si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente, si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C, si utilizzerà quello della categoria di suolo D;

- anziché lo spettro della categoria di suolo E, si utilizzerà quello della categoria di suolo D.
- nelle aree **Z3a** (zona di ciglio H>10 m) e **Z3b** (zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo), soggette a fenomeni di amplificazione topografica, è stata effettuata una verifica di 2° livello da cui emerge che il fattore di amplificazione calcolato è sempre inferiore al valore di amplificazione topografica contenuto nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14.01.2008); pertanto, lo spettro indicato dalla normativa vigente risulta essere sufficientemente cautelativo rispetto a fenomeni di amplificazione topografica.
- per le zone **Z4a** (zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi) le analisi di 2° livello sono state effettuate in n. 6 aree campione rappresentative delle condizioni litostratigrafiche presenti sul territorio comunale ed in corrispondenza delle aree di trasformazione urbanistica indicate dall'Amministrazione comunale (schede MASV nn. 1+4).
 - MASW n. 1: sud-occidentale dell'abitato di Seriate, zona di via Granger;
 - MASW n. 2: Corso Roma, un'area agricola all'ingresso dell'abitato;
 - MASW n. 3: nord-est dell'abitato, a est di viale Lombardia;
 - MASW n. 4: sponda sinistra del Fiume Serio, a monte del campo di calcio di via Marconi;
 - MASW n. 5: porzione meridionale del territorio comunale, area a ovest della Cascina Marchesi;
 - MASW n. 6: est di via Stella Alpina, in località Comonte.

I fattori di amplificazione – sia per il periodo 0,1-0,5 sec sia per il periodo 0,5-1,5 sec – calcolati in tutte le aree investigate, risultano inferiori al valore soglia indicato dalla Regione Lombardia per i terreni incontrati (categoria di suolo B): lo spettro indicato dalla normativa vigente per la categoria di suolo considerata risulta pertanto essere sufficientemente cautelativo nei confronti dei possibili fenomeni di

amplificazione litologica. Poiché alcune MASW effettuate sul territorio comunale hanno individuato la presenza contrasti di impedenza indicativamente tra 9 e 18 m dal piano campagna, si consiglia di valutare puntualmente – in fase di progettazione – la frequenza di risonanza del terreno.



DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé, dicembre 2012

15. ALLEGATI ED ELABORATI CARTOGRAFICI

- Allegato n. 1: sezioni geologiche - scala 1:2.000/1:10.000
- Allegato n. 2: sezioni idrogeologiche - scala 1:2.000/1:10.000
- Allegato n. 3: schede per il censimento dei pozzi
- Allegato n. 4: grafici e dati registrazioni MASW

- Tav. 1: Carta geologica con elementi geotecnici – scala 1:10.000
- Tav. 2: Carta pedologica – scala 1:10.000
- Tav. 3: Carta geomorfologica – scala 1:10.000
- Tav. 4: Carta idrografica con elementi idrogeologici – scala 1:10.000
- Tavv. 5a-5b: Carta di inquadramento di dettaglio – scala 1:5.000
- Tavv. 6a-6b: Carta di pericolosità sismica locale di 1° livello – scala 1:5.000
- Tavv. 7a-7b: Carta di pericolosità sismica locale di 2° livello – scala 1:5.000
- Tavv. 8a-8b: Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tav. 9: Carta del dissesto con legenda uniformata PAI – scala 1:10.000
- Tavv. 10a-10b: Carta di sintesi – scala 1:5.000
- Tavv. 11a-11b: Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:5.000
- Tavv. 12a-12b...: Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:2.000