



**Città di Samarate**  
Provincia di Varese

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E  
SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO  
(Art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12)**

**Relazione geologica illustrativa  
e norme geologiche di piano**

Maggio 2013

**Dott. Geol. Enzo Visco**  
Via Verdi, 22  
21100 Varese  
Tel. 0332 / 283479  
P.IVA 00638730127

**Dott. Geol. Marco Parmigiani**  
Via Raffaello Sanzio, 3  
21049 Tradate (VA)  
Tel. 0331 / 810710  
P.IVA 02217070123



**CITTÀ DI SAMARATE**  
**Provincia di Varese**

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA  
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO  
(Art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12)**

**RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA  
E NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

**Sommario**

<b>1. PREMESSA ED OBIETTIVI.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO METEO – CLIMATICO .....</b>	<b>3</b>
2.1 CARATTERI GENERALI.....	3
2.2 CLIMATOLOGIA DELL'AREA.....	4
2.2.1 <i>Regime termico</i> .....	5
2.2.2 <i>Precipitazioni ed evapotraspirazione</i> .....	8
2.2.3 <i>Definizione del clima</i> .....	11
<b>3. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
3.1 GEOMORFOLOGIA.....	13
3.2 GEOLOGIA DI SUPERFICIE .....	14
3.3 OSSERVAZIONI LITOSTRATIGRAFICHE DI DETTAGLIO .....	16
<b>4. IDROGEOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
4.1 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ DI SOTTOSUOLO .....	19
4.2 PIEZOMETRIA DELLA FALDA IDRICA SUPERIORE .....	20
4.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI .....	22
4.4 QUALITÀ DELLE ACQUE DI FALDA .....	25
4.4.1 <i>Considerazioni generali sull'idrochimica degli acquiferi</i> .....	25

4.4.2	<i>Qualità e classificazione idrochimica delle acque captate</i> .....	26
4.5	INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DI RISPETTO DELLE OPERE DI CAPTAZIONE.....	29
<b>5.</b>	<b>VERIFICA DELLA DISPONIBILITÀ IDRICA</b> .....	<b>31</b>
5.1	PREMESSA E QUALITÀ DEI DATI DISPONIBILI .....	31
5.2	IDENTIFICAZIONE DEL FABBISOGNO IDRICO E BILANCIO ACQUEDOTTISTICO .....	32
5.2.1	<i>Stato attuale</i> .....	33
5.2.2	<i>Proiezione futura</i> .....	35
5.3	INDAGINE IMPIANTISTICA.....	37
5.3.1	<i>Schema della rete e caratteristiche delle opere</i> .....	37
5.3.2	<i>Regime dei prelievi</i> .....	38
5.3.3	<i>Stima delle perdite della rete di adduzione e di distribuzione</i> .....	40
5.3.4	<i>Criticità della rete acquedottistica</i> .....	41
5.4	ANALISI IDROGEOLOGICA.....	42
5.4.1	<i>Analisi delle piezometrie dei pozzi</i> .....	42
5.4.2	<i>Bilancio idrogeologico</i> .....	44
5.5	CONSIDERAZIONI FINALI .....	48
<b>6.</b>	<b>IDROGRAFIA</b> .....	<b>50</b>
6.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TIPOLOGIA DEI CORSI D'ACQUA.....	50
6.2	INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE.....	53
<b>7.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TECNICO</b> .....	<b>55</b>
7.1	PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....	55
7.2	INDAGINI E STUDI GEOLOGICI PRECEDENTI.....	57
<b>8.</b>	<b>VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO</b> .....	<b>62</b>
8.1	RIFERIMENTI NORMATIVI E DI PIANIFICAZIONE.....	64
8.1.1	<i>Analisi normativa</i> .....	64
8.1.2	<i>Altre norme</i> .....	73
8.2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	73
8.2.1	<i>Assetto morfologico e idraulico</i> .....	73
8.2.2	<i>Notizie sugli eventi alluvionali</i> .....	76
8.2.3	<i>Inquadramento territoriale del bacino</i> .....	78
8.3	RILIEVI DI CAMPO .....	79
8.3.1	<i>Topografia</i> .....	79
8.3.2	<i>Foto aeree</i> .....	79
8.3.3	<i>Rilievi idrometrici</i> .....	79
8.4	LINEE DI INTERVENTO STABILITE DALL'AUTORITÀ DI BACINO .....	80
8.4.1	<i>Stima della pericolosità a livello comunale</i> .....	80
8.4.2	<i>Criteri per la definizione delle linee di intervento</i> .....	81
8.4.3	<i>Quadro degli interventi strutturali</i> .....	81
8.4.4	<i>Quadro degli interventi non strutturali</i> .....	83
8.4.5	<i>Criteri di compatibilità per interferenze varie</i> .....	85
8.5	ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI IDROLOGICI.....	86
8.5.1	<i>Introduzione</i> .....	86
8.5.2	<i>Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica</i> .....	87
8.5.3	<i>Scelta dello ietogramma di progetto</i> .....	89
8.6	CALCOLO DELLE MASSIME PORTATE .....	91
8.6.1	<i>Modello di trasformazione afflussi - deflussi</i> .....	91
8.6.2	<i>Descrizione del modello di simulazione del funzionamento idraulico del torrente Arno</i> .....	93
8.7	DETERMINAZIONE DEI PROFILI DI CORRENTE .....	96

8.7.1	<i>Codice di calcolo utilizzato per il tracciamento dei profili di corrente</i> .....	96
8.7.2	<i>Modello di simulazione</i> .....	99
8.7.3	<i>Risultati del modello di simulazione</i> .....	99
8.8	CONCLUSIONI .....	103
<b>9.</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO SISMICO</b> .....	<b>105</b>
9.1	ASPETTI NORMATIVI E METODOLOGICI .....	105
9.2	ANALISI SISMICA DI BASE DEL TERRITORIO COMUNALE .....	106
9.2.1	<i>Analisi multicanale delle onde superficiali (Masw)</i> .....	110
9.3	SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E POSSIBILI EFFETTI INDOTTI .....	120
9.4	ANALISI DI LIVELLO II PER EDIFICI ED OPERE INFRASTRUTTURALI STRATEGICI E RILEVANTI (ELENCO TIPOLOGICO D.D.U.O. 21/11/2003 N. 19904) .....	121
<b>10.</b>	<b>QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI VIGENTI SUL TERRITORIO</b> .....	<b>136</b>
10.1	VINCOLI DERIVANTI DALLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE....	136
10.2	VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA .....	139
10.3	VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO (L. 183/89) .....	139
<b>11.</b>	<b>SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE</b> .....	<b>142</b>
<b>12.</b>	<b>CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO</b> .....	<b>144</b>
12.1	CONSIDERAZIONI GENERALI E METODOLOGICHE .....	144
12.2	CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME TECNICHE .....	147
12.3	NORME ANTISISMICHE .....	154
12.3.1	<i>Norme di carattere generale</i> .....	154
12.3.2	<i>Indagini per la caratterizzazione sismica locale</i> .....	156
12.3.3	<i>Norme relative agli ambiti di amplificazione sismica locale</i> .....	156
12.3.4	<i>Norme specifiche per gli edifici ed opere infrastrutturali di cui alla D.D.U.O. 21/11/2003 (opere ed edifici strategici e rilevanti)</i> .....	157
12.4	NORME GENERALI PER L'ACCERTAMENTO DELLA SALUBRITÀ DEI TERRENI NELL'AMBITO DELLA RICONVERSIONE DI ATTIVITÀ INDUSTRIALI DISMESSE .....	159
12.5	IL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON .....	160
12.5.1	<i>La mappatura del territorio lombardo</i> .....	160
12.5.2	<i>Riferimenti normativi</i> .....	161
12.5.3	<i>Risultati preliminari dello studio ARPA</i> .....	162
12.5.4	<i>Accorgimenti costruttivi per le nuove edificazioni</i> .....	163
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>164</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>166</b>

## **ALLEGATI ALLA DOCUMENTAZIONE**

### **Allegati**

- All. 1:** Elenco pozzi pubblici della Città di Samarate
- All. 2:** Schede dei pozzi pubblici
- All. 3:** Stratigrafie dei pozzi pubblici
- All. 4:** Referti delle analisi chimiche effettuate sulle acque dei pozzi
- All. 5:** Stima fabbisogni idrici e bilancio acquedottistico del Comune di Samarate secondo i criteri del Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A. appendice F)
- All. 6:** Regime dei prelievi, misure piezometriche e dati tecnici dei pozzi (dati forniti dal Comune di Samarate)
- All. 7:** Approvazione della ridelimitazione delle Zone di Rispetto delle opere di captazione
- All. 8:** Estratto tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali P.A.I.
- All. 9:** Risultati delle prove sismiche per la determinazione delle Vs30 (MASW)

### **Tavole**

- Tav. 1:** Inquadramento geologico e geomorfologico – scala 1:10.000
- Tav. 2:** Inquadramento idrogeologico, vulnerabilità della falda e traccia delle sezioni idrogeologiche – scala 1:10.000
- Tav. 3:** Sezioni idrogeologiche – scala 1:25.000
- Tav. 4:** Caratterizzazione geologico – tecnica – scala 1:5.000
- Tav. 5a:** Adeguamento del P.R.G. al Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Individuazione di dettaglio delle fasce P.A.I. ed esiti dello studio idraulico – scala 1:5.000
- Tav. 5b:** Adeguamento del P.R.G. al Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Individuazione dei livelli di rischio – scala 1:5.000
- Tav. 6:** Sezioni idrauliche del Torrente Arno – scala 1:200
- Tav. 7:** Carta della Pericolosità sismica locale – scala 1:5.000
- Tav. 8:** Sintesi degli elementi conoscitivi – scala 1:5.000
- Tav. 9:** Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tav. 10:** Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5.000
- Tav. 11:** Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:10.000

## 1. PREMESSA ED OBIETTIVI

La Città di Samarate ha affidato incarico per l'aggiornamento dello studio geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale secondo quanto previsto dai criteri attuativi delle L.R. 12/05 per il Piano di Governo del Territorio (D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, aggiornata con la D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011).

La documentazione geologica agli atti del Comune comprende già il precedente studio geologico comunale (Visco, 2004 – 2005) e l'adeguamento alla L.R. 12/2005 (Visco e Parmigiani, 2009).

Gli adempimenti integrativi contenuti nella presente relazione riguardano la verifica della disponibilità idrica sotterranea all'interno del territorio comunale, secondo i criteri e gli approfondimenti di studio previsti dalle linee guida del PTCP, e l'approfondimento dell'analisi del rischio sismico.

In particolare i contenuti della presente relazione, che andranno a sostituire integralmente la documentazione già agli atti della Città di Samarate, hanno riguardato i seguenti aspetti:

- l'aggiornamento della verifica della disponibilità idrica comprensiva di un bilancio quantitativo che raffronta la disponibilità idrogeologica del territorio comunale con i fabbisogni della popolazione attuale e gli scenari di crescita previsti con l'attuazione delle previsioni di piano;
- l'esecuzione di uno studio di approfondimento sul rischio sismico, comprendente l'esecuzione di prove dirette (analisi Masw) sul territorio e l'aggiornamento della relativa cartografia;
- l'aggiornamento della cartografia di sintesi, dei vincoli e della fattibilità geologica delle azioni previste dal PGT e delle relative Norme Geologiche di Piano.

## *FASE DI ANALISI*

### **Allegati**

- All. 1:** Elenco pozzi pubblici della Città di Samarate
- All. 2:** Schede dei pozzi pubblici
- All. 3:** Stratigrafie dei pozzi pubblici
- All. 4:** Referti delle analisi chimiche effettuate sulle acque dei pozzi
- All. 5:** Stima fabbisogni idrici e bilancio acquedottistico del Comune di Samarate secondo i criteri del Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A. appendice F)
- All. 6:** Regime dei prelievi, misure piezometriche e dati tecnici dei pozzi (dati forniti dal Comune di Samarate)
- All. 9:** Risultati delle prove sismiche per la determinazione delle Vs30 (MASW)

### **Tavole**

- Tav. 1:** Inquadramento geologico e geomorfologico – scala 1:10.000
- Tav. 2:** Inquadramento idrogeologico, vulnerabilità della falda e traccia delle sezioni idrogeologiche – scala 1:10.000
- Tav. 3:** Sezioni idrogeologiche – scala 1:25.000
- Tav. 4:** Caratterizzazione geologico – tecnica – scala 1:5.000
- Tav. 5a:** Adeguamento del P.R.G. al Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Individuazione di dettaglio delle fasce P.A.I. ed esiti dello studio idraulico – scala 1:5.000
- Tav. 5b:** Adeguamento del P.R.G. al Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Individuazione dei livelli di rischio – scala 1:5.000
- Tav. 6:** Sezioni idrauliche del Torrente Arno – scala 1:200
- Tav. 7:** Carta della Pericolosità sismica locale – scala 1:5.000

## **2. INQUADRAMENTO METEO – CLIMATICO**

### **2.1 Caratteri generali**

Se consideriamo l'aspetto fisico della regione Lombardia e l'ambito geografico in cui è inserita, notiamo una serie di elementi fondamentali ai fini della caratterizzazione climatica del territorio, quali la vicinanza del Mediterraneo, la vicinanza dell'area atlantica e della massa continentale europea e la presenza dell'Arco Alpino e dell'Appennino Settentrionale, barriere in grado di creare notevoli discontinuità nelle masse d'aria.

L'Arco Alpino, che delimita a Nord la Pianura Padana, costituisce una barriera difficilmente valicabile per le perturbazioni Atlantiche, che nel loro moto da Ovest verso Est interessano l'area Europea. Ciò conferisce caratteri di elevata stabilità alle masse d'aria della pianura, il che risulta particolarmente evidente nel periodo invernale ed in quello estivo.

In inverno, in particolare, si riscontra un'elevata frequenza di nebbie e di gelate associate a fenomeni di inversione termica nei bassi strati, condizioni queste peraltro favorevoli all'accumulo di inquinanti negli strati atmosferici più vicini al suolo.

In estate, il tempo è caratterizzato dalla distribuzione relativamente uniforme della pressione (campi a debole gradiente o campi livellati). In tale stagione assistiamo ad elevati accumuli di energia nei bassi strati in forma di vapore, per effetto dell'intenso soleggiamento.

Tali accumuli, favoriti dalla presenza di una fitta rete idrica superficiale e di vaste aree a colture irrigue, fanno sì che instabilità di entità relativamente modesta (es.: irruzioni di aria più fredda nella media troposfera) possano dar luogo ad attività temporalesca anche intensa, accompagnata da vento forte, rovesci e grandinate.

Prescindendo dall'attività temporalesca estiva, possiamo osservare che le principali strutture meteorologiche responsabili delle situazioni di tempo perturbato sull'area sono le saccature (depressioni a forma di V) alimentate dal flusso perturbato atlantico ed i minimi isolati sul Mediterraneo (fra cui rientrano le depressioni del Golfo di Genova). In particolare, il maggior contributo alle precipitazioni della Lombardia deriva da condizioni di flusso perturbato meridionale, di norma associate a saccature che nel loro transito da Ovest verso Est interessano il Mediterraneo centro – occidentale.

In tali condizioni, è frequente assistere all'isolarsi di minimi depressionari sul Golfo di Genova (ciclogenesi sottovento alle Alpi), che esercitano un

caratteristico effetto volano, determinando il protrarsi delle condizioni di tempo perturbato sulla nostra area; infatti la traiettoria di tali sistemi, di norma verso oriente, fa sì che essi transitino sulla Pianura Padana, influenzandone le condizioni meteorologiche, prima di esaurirsi in Adriatico.

Un certo effetto sul quadro delle precipitazioni della Lombardia è poi dovuto agli altri tipi di depressioni isolate presenti sul Mediterraneo (es. depressioni africane).

Tutte le situazioni perturbate sopra descritte sono particolarmente frequenti nei periodi autunnale e primaverile, ma possono manifestarsi in qualunque periodo dell'anno.

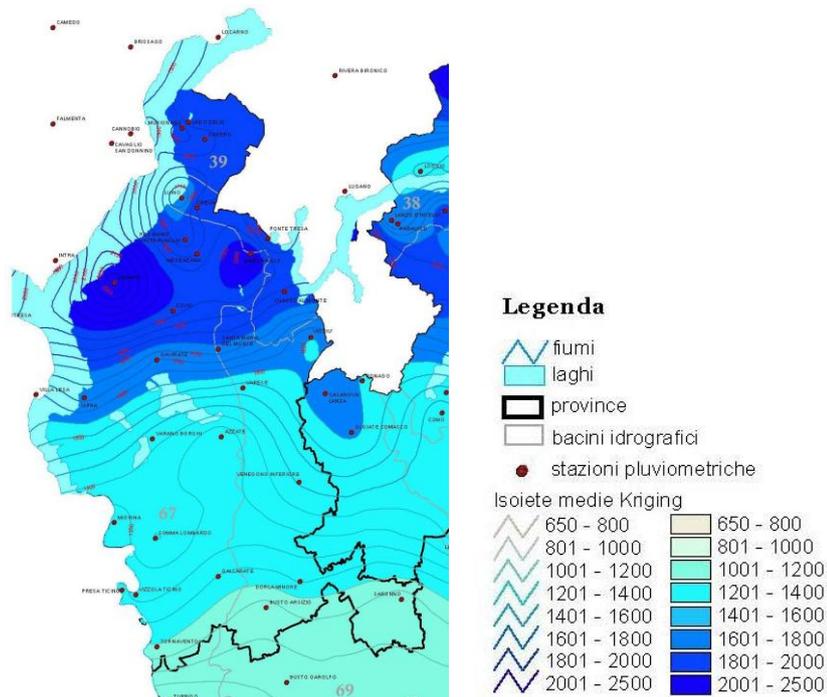
Da ricordare, in particolare, le perturbazioni intense, note con il nome di tempeste equinoziali, che ad inizio autunno o inizio primavera segnano la "rottura" del tempo al termine della fasi di maggior stabilità estiva o invernale.

## **2.2 Climatologia dell'area**

Le condizioni climatiche dell'area sono sostanzialmente di tipo continentale (anche se non paragonabile a quello delle aree continentali interne), con inverni rigidi ed estati calde, elevata umidità specie nelle zone con più ricca idrografia, nebbie frequenti specie in inverno, piogge piuttosto limitate (600-1100 mm/anno) e relativamente ben distribuite durante tutto l'anno; la ventosità è ridotta e frequenti sono gli episodi temporaleschi estivi.

Il regime pluviometrico nel territorio di interesse è di tipo "padano", caratterizzato in generale da stagioni autunnali e primaverili più piovose, in quanto la frequente presenza di correnti atlantiche, spesso associate a depressioni sul Mediterraneo, favorisce le cosiddette "piogge equinoziali".

La successiva figura, tratta dalla "Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891÷1990)", mostra che le precipitazioni medie annue tendono progressivamente a diminuire spostandosi dai rilievi prealpini ai settori dell'alta e media pianura.



**Precipitazioni medie – Estratto della Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)**

I dati meteorologici utilizzati per la determinazione dei tipi climatici si riferiscono alle seguenti stazioni di misura ovvero le più prossime all'area di studio:

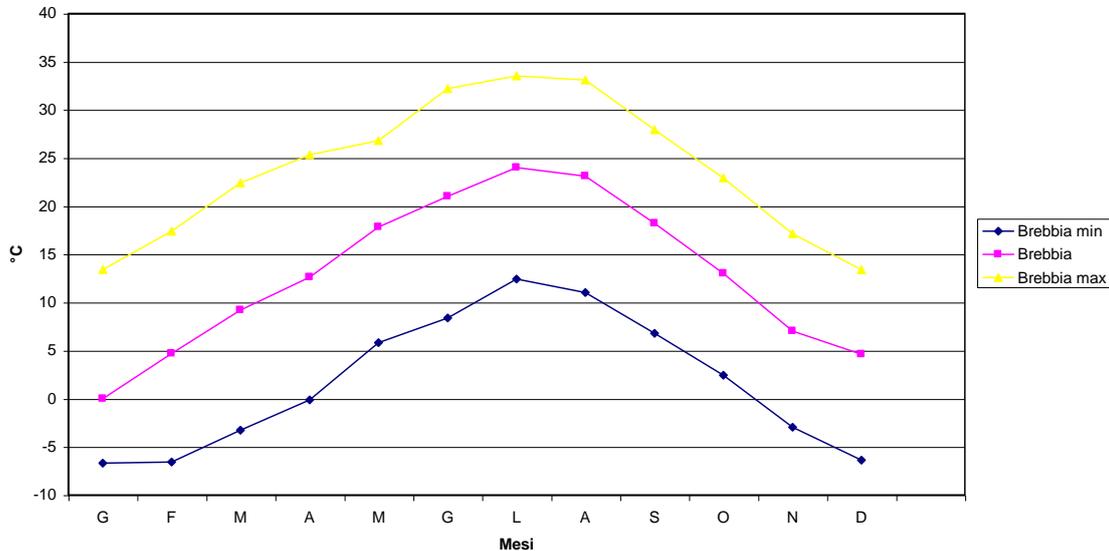
- *Gavirate*                   periodi 1921-1950, 1957-1968
- *Ispra*                        periodo 1921-1944 e 1959-1972
- *Varano Borghi*           periodo 1921-1950 e 1957-1964
- *Azzate*                     periodi 1921-1950, 1957-1961, 1964 e 1967-1968
- *Presa Ticino*             periodo 1921-1947
- *Miorina*                  periodo 1957-1968
- *Brebbia*                  periodo 1986-2001

### 2.2.1 Regime termico

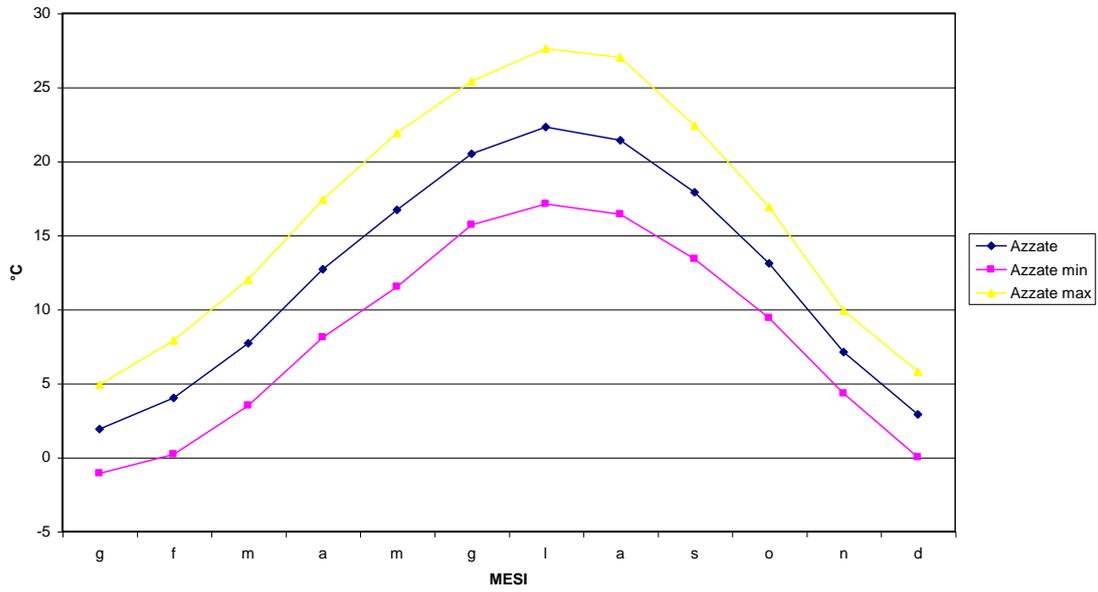
La temperatura dell'aria presenta un valore medio annuo per le stazioni considerate di circa 12 °C con un'escursione media di circa 20.9 °C tipica di climi continentali. Le temperature raggiungono i valori massimi nei mesi di Luglio e Agosto. I minimi si registrano in Gennaio e Febbraio.

Tabella 1: Temperature medie mensili: °C

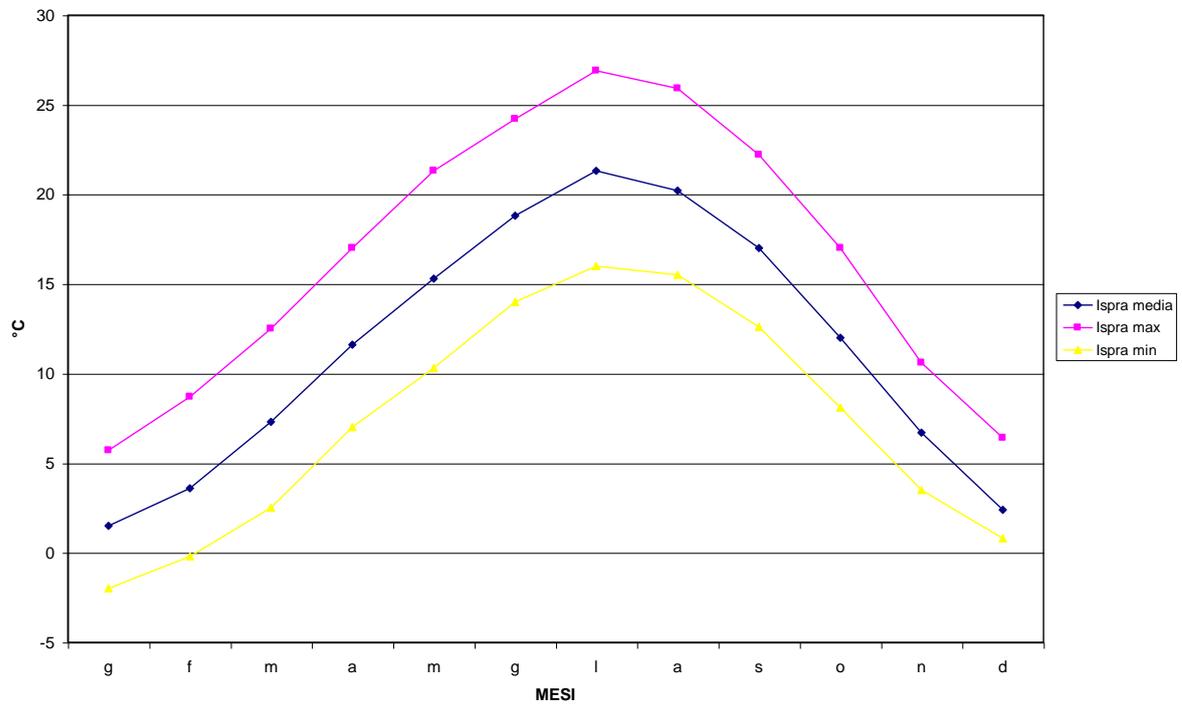
PERIODO	STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	T M ANNUA
1958-1964	Varano Borghi min.	-2,7	-1,4	2,3	7,9	12,0	15,8	17,8	17,1	13,4	8,3	4,1	-1,2	
1958-1964	Varano Borghi	0,7	2,9	6,9	12,6	17,4	21,2	23,2	22,5	18,2	12,5	7,2	2,1	12,3
1958-1964	Varano Borghi max	4,0	7,1	11,4	17,6	22,8	26,7	28,6	27,8	22,9	16,6	10,3	5,3	16,3
1958-1967	Azzate min.	-1,1	0,2	3,5	8,1	11,5	15,7	17,1	16,4	13,4	9,4	4,3	0	8,2
1958-1967	Azzate	1,9	4,0	7,7	12,7	16,7	20,5	22,3	21,4	17,9	13,1	7,1	2,9	12,4
1958-1967	Azzate max	4,9	7,9	12,0	17,4	21,9	25,4	27,6	27,0	22,4	16,9	9,9	5,8	16,6
1959-1972	Ispra min.	-2,0	-0,2	2,5	7,0	10,3	14,0	16,0	15,5	12,6	8,1	3,5	0,8	7,3
1959-1972	Ispra	1,5	3,6	7,3	11,6	15,3	18,8	21,3	20,2	17,0	12,0	6,7	2,4	11,5
1959-1972	Ispra max	5,7	8,7	12,5	17,0	21,3	24,2	26,9	25,9	22,2	17,0	10,6	6,4	16,5
1986-2000	Brescia min.	-6,7	-6,6	-3,28	-0,14	5,83	8,38	12,4	11,0	6,77	2,43	-2,97	-6,4	1,7
1986-2000	Brescia	2,8	4,7	9,2	12,6	17,8	21,0	24,0	23,1	18,2	13,0	7,0	4,6	13,6
1986-2000	Brescia max	13,4	17,4	22,4	25,3	26,8	32,2	33,5	33,1	27,9	22,9	17,1	13,4	23,8

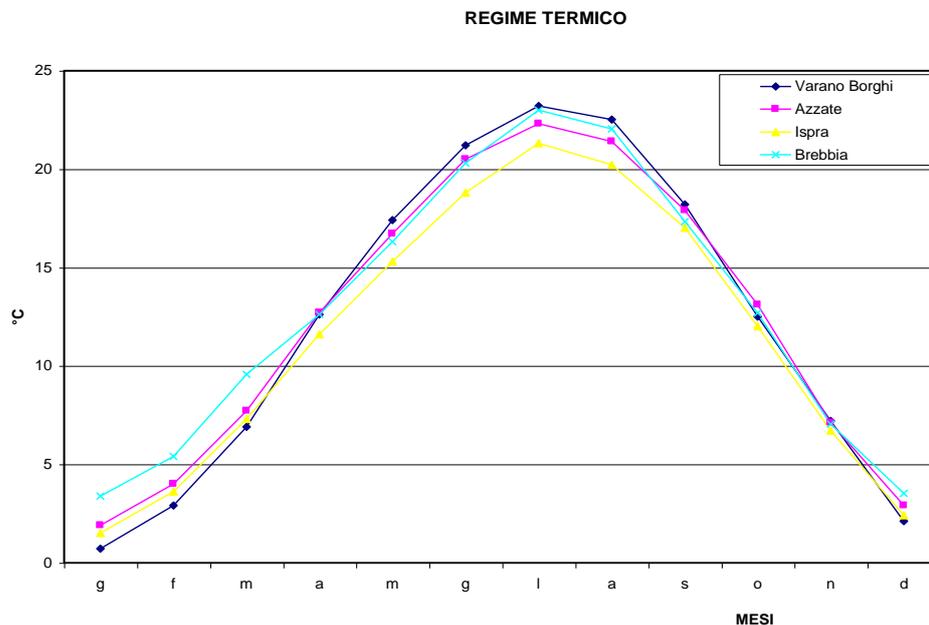
Regime termico alla Stazione A.V.E.S di Brebbia  
Dati 1986-2000

REGIME TERMICO



REGIME TERMICO



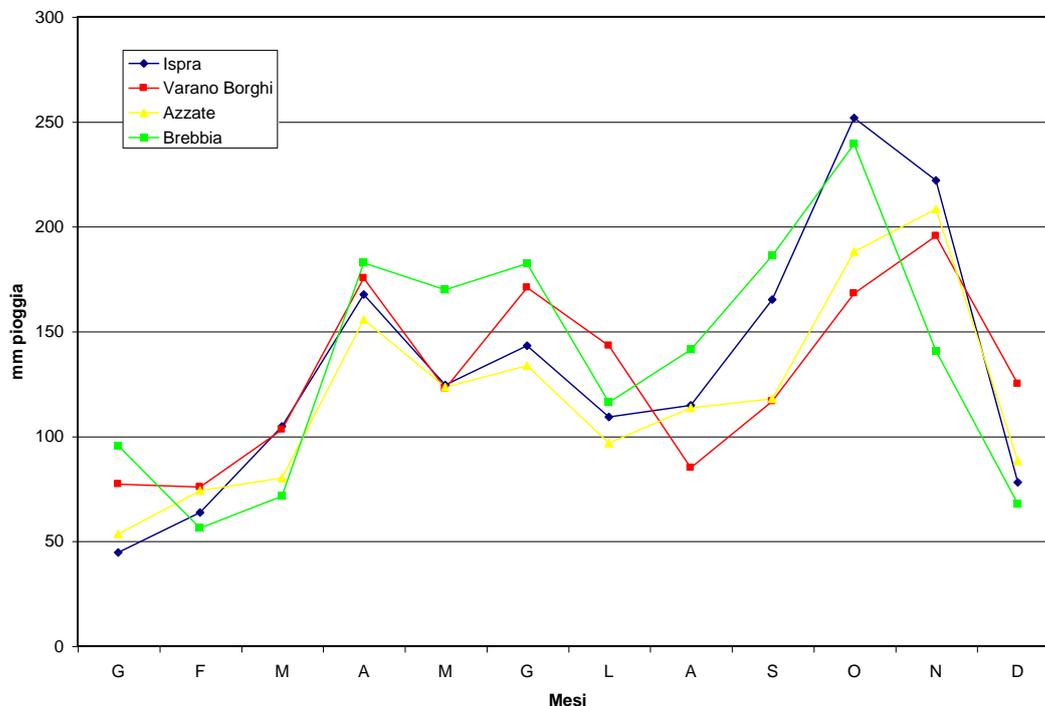


### 2.2.2 Precipitazioni ed evapotraspirazione

Le **precipitazioni** sono abbondanti e mediamente sono comprese tra 1400 e 1900 mm annui nelle stazioni di Ispra, Varano Borghi, Azzate, Gavirate e Brebbia.

**Tabella 2: Precipitazioni medie mensili: mm**

PERIODO	1959-1967	1955-1964	1958-1967	1966-1975	1986-2001
STAZ.	Ispra	Varano B.	Azzate	Gavirate	Brebbia
Gennaio	44,5	77,0	53,4	92,2	95,5
Febbraio	63,5	75,7	74,0	160,4	56,1
Marzo	104,7	103,1	80,1	138,5	71,4
Aprile	167,5	175,3	155,5	173,9	182,5
Maggio	124,4	122,7	123,3	252,7	169,8
Giugno	143,1	170,8	133,6	164,3	182,3
Luglio	109,1	143,1	96,6	157,9	116,0
Agosto	114,6	84,9	113,5	169,5	141,1
Settembre	165,0	116,6	117,8	159,4	186,1
Ottobre	251,6	168,0	188,0	157,6	239,2
Novembre	221,9	195,4	208,2	198,9	140,6
Dicembre	78,0	124,8	88,2	74,1	67,7
TOT	1541,9	1557,3	1432,1	1900,2	1648,3

Precipitazioni medie registrate ad alcune  
stazioni meteo della Provincia di Varese

L'**evapotraspirazione** è stata ricavata con il metodo del Turk e di Thornthwaite.

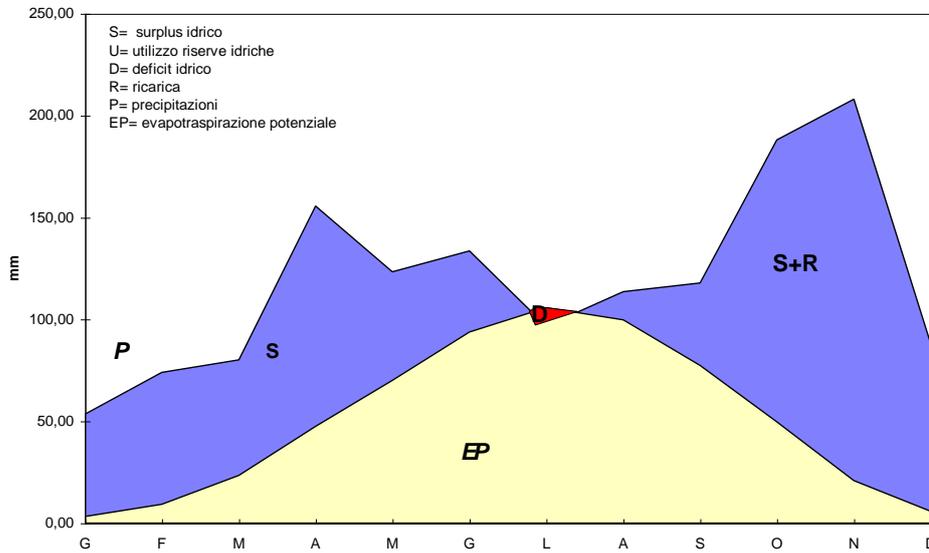
Il primo fornisce valori che vengono definiti troppo prudenti nei climi continentali essendo la formula nata per i climi africani. Anche il secondo metodo fornisce dati approssimativi per difetto ma è ampiamente usato per la facilità di calcolo.

- Per la stazione di Azzate il valore di EP annua varia da 606 mm (Turk) a 718 mm (Thornthwaite).
- Per la stazione di Ispra il valore di EP annua stimata varia da 585 mm (Turk) a 731 mm (Thornthwaite).
- Per la stazione di Varano Borghi il valore di EP stimata varia da 615 mm (Turk) a 730 mm (Thornthwaite).

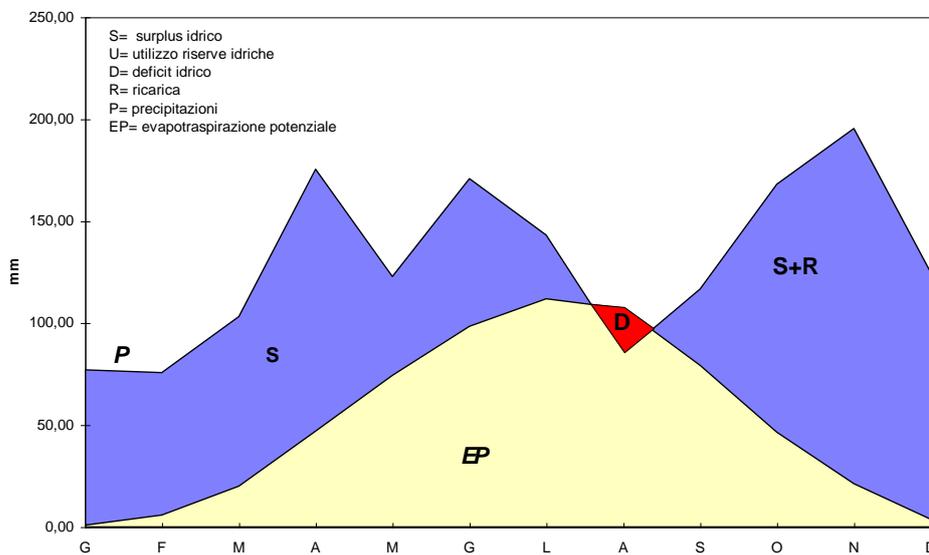
Il **bilancio idrico** definisce la presenza di piccoli deficit idrici nei mesi estivi, in Luglio (Azzate) e Agosto (Varano Borghi). Nella stazione di Ispra non si registra deficit.

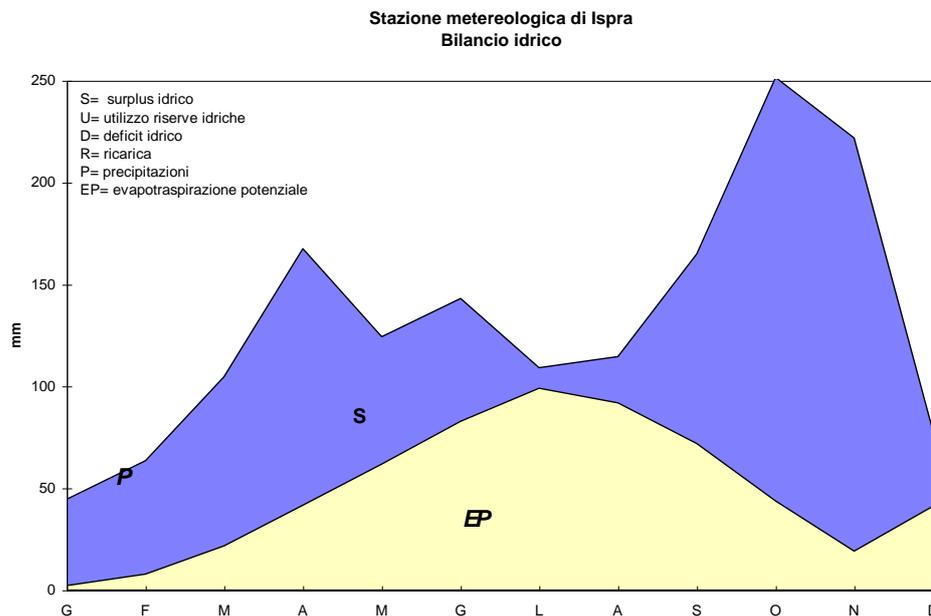
Il notevole surplus idrico dei mesi primaverili e autunnali dà origine all'eliminazione delle acque in eccesso per percolazione superficiale.

Stazione meteorologica di Azzate  
Bilancio idrico



Stazione meteorologica di Varano Borghi  
Bilancio idrico

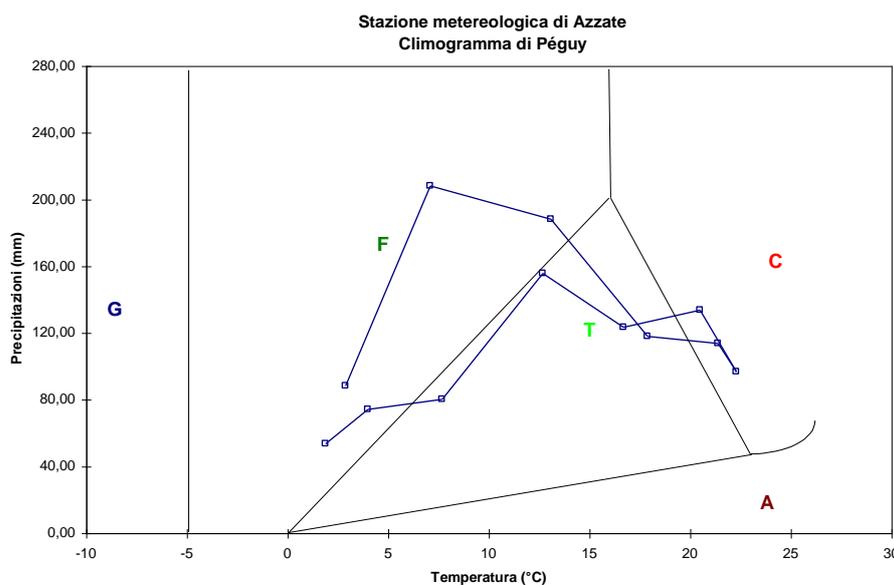




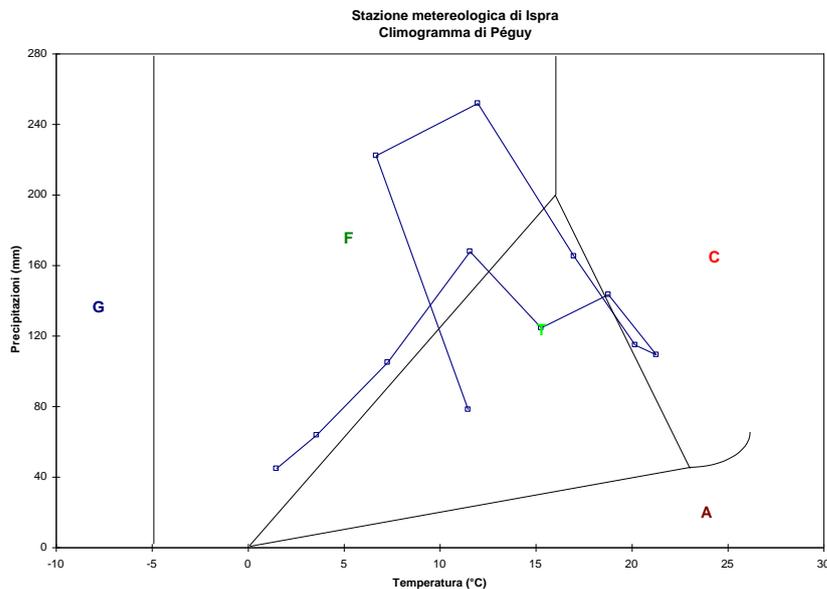
### 2.2.3 Definizione del clima

La zona climatica secondo Pavari (1916) è di tipo *B Castanetum calda I° Tipo*.

Il climogramma di Péguy è stato realizzato per tre stazioni prese in esame: Azzate, Ispra e Varano Borghi. I climogrammi, definiscono i seguenti climi:

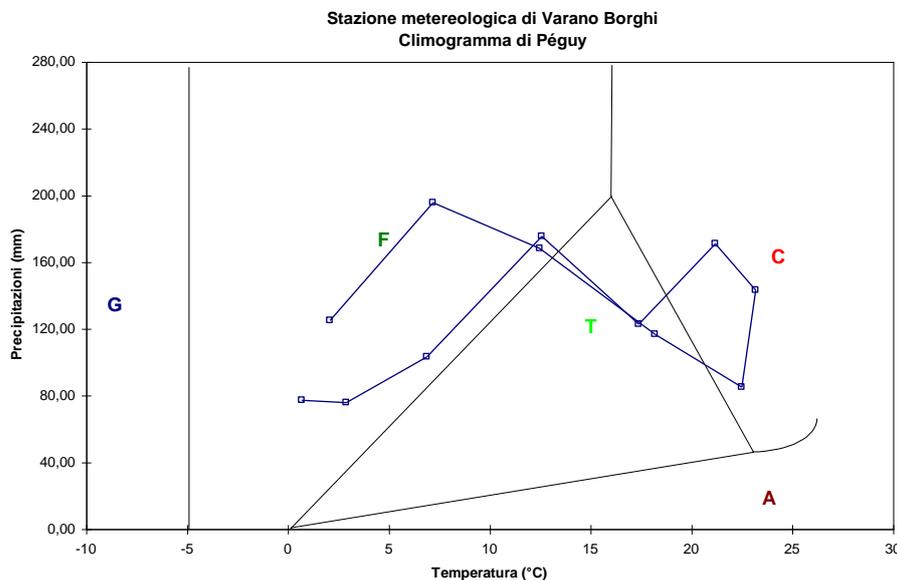


**AZZATE** mesi freddi (Gennaio, Febbraio, Ottobre, Novembre, Dicembre),  
 mesi temperati (Marzo, Aprile, Maggio, Settembre)  
 mesi caldi (Giugno, Luglio, Agosto)



**ISPRA**

mesi freddi (Gennaio, Febbraio, Marzo, Aprile, Ottobre, Novembre),  
mesi temperati (Maggio, Settembre, Dicembre)  
mesi caldi (Giugno, Luglio, Agosto)



**VARANO B.**

mesi freddi (Gennaio, Febbraio, Marzo, Aprile, Ottobre, Novembre, Dicembre),  
mesi temperati (Maggio, Settembre,)  
mesi caldi (Giugno, Luglio, Agosto)

In definitiva da quanto sopra espresso si nota la presenza di regimi climatici temperato - freddi.

### 3. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA

#### 3.1 Geomorfologia

L'ambito territoriale entro cui è situato il comune di Samarate (**Tav. 1**) presenta una morfologia prevalentemente pianeggiante, caratteristica di pianure alluvionali; solo nell'estremità settentrionale del territorio analizzato, in comune di Cardano al Campo, sono presenti le propaggini meridionali del sistema di cerchie moreniche dell'anfiteatro del Verbano.

Gli elementi morfologici più significativi sono rappresentati dalle scarpate che, insieme ad altri indizi geologici, permettono di definire tre ordini principali di terrazzi:

- A) Terrazzo di Cardano al Campo:** scomposto in una serie di terrazzi minori con superfici fortemente incise dall'erosione. I terrazzi sono situati a ridosso delle morene terminali dell'anfiteatro Verbano e probabilmente ne ricoprono le propaggini. Il sistema rappresenta l'elemento morfologico più rilevato dell'area considerata.
- B) Terrazzo di Lonate Pozzolo:** costituito da una serie di terrazzi minori, con rete idrografica superficiale parzialmente sviluppata. È separato dal terrazzo di Samarate da un terrazzo avente dislivello variabile fino ad un massimo di una decina di metri. Costituisce la propaggine più meridionale della serie di terrazzi fluvioglaciali ferrettizzati dell'apparato glaciale Verbano.
- C) Terrazzo di Samarate:** è il terrazzo più esteso dell'area; entro di esso è situata la maggior parte del territorio comunale di Samarate. Rappresenta, secondo la bibliografia geomorfologica il *livello fondamentale della pianura*: esso infatti si amplia verso Sud e si raccorda, senza evidenti interruzioni di continuità, alla Pianura Padana. La pendenza della superficie topografica evidenzia la presenza di una serie di blandi conoidi coalescenti aventi apice in corrispondenza delle aree in cui i corsi d'acqua (Ticino, Arno, Olona) sboccano dalla zona collinare (a Nord) nella pianura lombarda. Il terrazzo è delimitato ad Ovest, verso il Ticino, da una scarpata avente un dislivello variabile fino a qualche decina di metri. La sua estensione laterale è interrotta dal terrazzo di Lonate Pozzolo.

Sono inoltre presenti dei piccoli terrazzamenti minori, poco definiti, sviluppati in prossimità del T. Arno.

Nell'area considerata è praticamente assente la rete idrografica naturale superficiale, ad eccezione del Torrente Arno. Esso possiede una configurazione sinusoidale, a tratti meandriforme, fino ai limiti settentrionali del

Comune di Samarate; più a sud invece ha un corso marcatamente rettilineo, indotto da regimazioni antropiche. Circa 5 km più a valle il T. Arno termina in un'area di spaglio, dove si disperde per infiltrazione nel sottosuolo. Il torrente scorre incassato entro un alveo, prevalentemente artificiale, largo qualche metro. Il dislivello tra l'alveo e la pianura circostante diminuisce progressivamente verso Sud, fino quasi ad azzerarsi a Sud del territorio comunale di Samarate.

Posteriormente alla costruzione della vasca di laminazione di Gallarate, si sono notevolmente limitate le aree di possibile esondazione e/o allagamento (**Tav. 5a**). Secondo quanto emerso dallo studio idraulico (vedi **Cap. 8**), in corrispondenza delle massime piene si verificano delle limitate esondazioni, che interessano aree circoscritte nel territorio comunale.

### **3.2 Geologia di superficie**

La geologia di superficie è stata definita mediante un rilevamento geologico dell'area a scala 1:10.000 (**Tav. 1**), completato dallo studio delle sezioni stratigrafiche messe in luce da scavi in cantieri aperti.

Sono state identificate 5 unità litostratigrafiche di superficie e un'unità non affiorante nell'area studiata, ma presente nel sottosuolo ed affiorante nella valle del Ticino. Le unità individuate sono qui di seguito descritte, a partire dalla più antica:

#### **UNITÀ DELLE GHIAIE**

*(Ceppo Auct.)*

È costituita da ghiaie a supporto clastico, talvolta a supporto di matrice sabbiosa, organizzate in strati di spessore pluridecimetrico. Le superfici di stratificazione presentano andamento ondulato e costituiscono superfici di discontinuità di basso ordine, che tagliano le strutture sedimentarie degli strati sottostanti. Sono presenti strutture sedimentologiche tipiche di ambiente fluviale quali laminazioni incrociate, ripple, embriciature e isorientazioni dei clasti, sequenze di abbandono dei canali. La petrografia dei clasti è variabile in funzione della vicinanza con i vari corsi d'acqua: nei pressi del Ticino prevalgono i clasti di provenienza alpina (metamorfiti e rocce intrusive), mentre nel settore orientale dominano i clasti di origine prealpina (carbonati e vulcaniti acide). Il limite con la soprastante unità Samarate è definito a causa delle caratteristiche litologiche analoghe e dalla mancanza, nelle sezioni osservate, di evidenti superfici di discontinuità marcate da suoli sepolti. L'unità affiora lungo la scarpata del Ticino ed in alcune cave, entro cui sono evidenti le

strutture sedimentologiche. Pur essendo presente nel sottosuolo di tutta l'area cartografata, essa non affiora mai e quindi non è indicata nella **Tav. 1**.

### **UNITÀ CARDANO**

*("Glaciale e fluvioglaciale Mindel" Auct.)*

L'unità affiora nel settore settentrionale dell'area rilevata, nei pressi di Cardano al Campo, dove dà luogo ad una morfologia articolata, con indizi di cordoni morenici scomposti dall'erosione. Negli spaccati individuati vengono riscontrate litologie fluvioglaciali (ghiaie a supporto di matrice limosa, talvolta a supporto clastico) e glaciali (diamicton) molto alterate ed arrossate, ricoperte da sequenze sommitali fini (loess, suoli, colluvi) spesse 1 - 3 metri.

I rapporti stratigrafici con l'Unità delle ghiaie sono certamente di ricoprimento, ma mancano affioramenti in grado di avere un maggior dettaglio; le unità successive sono in rapporto di appoggio laterale e ricoprimento.

### **UNITÀ LONATE**

*("Fluvioglaciale Riss" Auct.)*

L'unità affiora nel settore occidentale dell'area rilevata, dove costituisce il terrazzo di Lonate P. Litologicamente è formata da ghiaie e sabbie a supporto di matrice sabbioso limosa e da sequenze sommitali fini di origine eolica, colluviale e pedologica, aventi spessore nell'ordine dei 2 m; lo spessore delle sequenze sommitali diminuisce, per erosione, ai bordi del terrazzo. Il colore di alterazione è nel range dei 7.5YR delle tavole Munsell.

I rapporti stratigrafici con l'Unità Ticino sono certamente di ricoprimento, ma mancano affioramenti in grado di avere un maggior dettaglio; l'unità successiva (Unità di Samarate) è in rapporto di appoggio laterale e ricoprimento.

### **UNITÀ SAMARATE**

*("Fluvioglaciale Würm" Auct.):*

È l'unità di maggior estensione areale in affioramento nell'area in esame e rappresenta l'unità geologica più superficiale del "Terrazzo di Samarate". L'unità è costituita da ghiaie arrotondate a supporto clastico, raramente a supporto di matrice sabbiosa; sono presenti strutture sedimentologiche indicanti un ambiente di deposizione fluviale ad elevata energia. I clasti sono poligenici, con netta prevalenza locale della componente prealpina (carbonati e vulcaniti). Le sequenze sommitali sono costituite da suoli e colluvi aventi spessore compreso tra 30 e 60 cm, litologicamente definibili come ghiaie subarrotondate, a selezione scarsa, a supporto di matrice sabbioso - limosa debolmente arrossata; sono localmente presenti livelli discontinui di spessore decimetrico di sabbie limose con rari ciottoli.

L'unità viene tradizionalmente attribuita al Würm; in base agli studi recenti del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano (A. Bini, com.pers.)

ed allo spessore delle sequenze sommitali appare probabile l'attribuzione di questa unità al ciclo deposizionale precedente (Würm antico?, Pleistocene medio ?). L'unità ricopre l'Unità Lonate, Cardano e l'Unità delle ghiaie; è a sua volta ricoperta dall'Unità Arno.

### **UNITÀ ARNO**

("Olocene" Auct.)

Costituisce la piana alluvionale del T. Arno, a Sud di Samarate; tale piana è priva di chiara espressione morfologica e tende a raccordarsi alla piana principale dell'area. L'unità è costituita da sabbie fini, prevalentemente massive, entro cui sono intercalati livelli di ghiaie a supporto clastico con ciottoli inalterati; entro i livelli ghiaiosi sono presenti strutture sedimentologiche tipiche di ambiente fluviale. Lo spessore della formazione, dedotta dall'unico spaccato osservabile, è nell'ordine di 1-2 m. L'unità poggia sull'Unità Samarate, da cui è separata per mezzo di una superficie erosionale. I limiti non sono cartografabili con precisione, soprattutto nel settore meridionale, per la carenza di spaccati e per la scarsa evidenza morfologica.

### **3.3 Osservazioni litostratigrafiche di dettaglio**

Le caratteristiche litologiche di ciascuna delle unità riconosciute sono state osservate in aree di affioramento (spaccati naturali ed artificiali), nonché in aree di cantiere edile con scavi accessibili.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche riscontrate in ciascuno dei punti di osservazione; l'ubicazione dei quali è riportata in **Tav. 1** e in **Tav. 4**.

#### **SEZIONE DI DETTAGLIO N. 1**

0-120 cm	sabbie limose massive, color tabacco, con rari ciottoli subarrotondati sparsi, diametro massimo 1cm. Limite inferiore netto ondulato.
120-220 cm	ghiaie arrotondate a supporto clastico con abbondante matrice sabbioso-limosa; selezione buona, con diametro modale dei clasti compreso tra 1 e 5 cm. Al tetto il deposito si presenta pedogenizzato. Limite inferiore netto.

**SEZIONE DI DETTAGLIO N. 2**

0-50 cm	limi argillosi massivi di colore rossiccio; a tetto è presente un livello discontinuo, spesso fino a 10 cm, di ghiaie.
50-150 cm	ghiaie a supporto clastico, passante a supporto di matrice limoso-sabbiosa, di colore rossiccio. Clasti arrotondati, mal selezionati con diametro variabile tra 1 e 30 cm. Carbonati assenti, micascisti molto alterati, cristallini piuttosto alterati; presente un cortex plurimillimetrico. Limite inferiore non affiorante.

**SEZIONE DI DETTAGLIO N. 3**

0-80 cm	limo debolmente argilloso, massivo, di colore rossiccio. Limite inferiore transizionale.
80-130 cm	limi simili ai soprastanti, con rari ciottoli sparsi aventi diametro massimo pari a 10 cm; petrografia esclusivamente cristallina.

**SEZIONE DI DETTAGLIO N. 10**

0-100 cm	ghiaie a supporto clastico, con matrice limosa, poco alterate. Limite erosionale inferiore netto e ondulato.
100-700 cm	ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa; sono presenti livelli lenticolari decimetrici, ben definiti, di sabbie grossolane. Si riconoscono strutture sedimentarie di flusso (embriciature e isoorientazioni dei ciottoli, accenni di laminazioni e gradazioni). I ciottoli sono arrotondati, talvolta selezionati fino a misure di 30 cm; sono costituiti in prevalenza da carbonati inalterati e vulcaniti. La base dell'orizzonte descritto non è affiorante.

**SEZIONE DI DETTAGLIO N. 14**

0-150 cm	sabbie limose massive, color tabacco, con rari ciottoli sparsi. Clasti arrotondati con diametro massimo di 10 cm, inalterati. Riconoscibili livelli maldefiniti di spessore decamentrico, tra i quali sono intercalate delle lenti, spesse fino a 30 cm, di ghiaie fini (diametro fino a 5 cm) a supporto clastico,
150-200 cm	ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa talora abbondante; clasti poligenici (carbonati, vulcaniti) con diametro massimo fino a 20 cm. Deposito ben selezionato, con diametro modale dei clasti intorno ai 10 cm. Limite inferiore non affiorante.

**SEZIONE DI DETTAGLIO N. 210/08**

0-60 cm	terreno humico - vegetale
> 60 cm	sabbie da fini a medio grossolane con ghiaia e ciottoli subarrotondati, con stato di addensamento da medio a sciolto.

## 4. IDROGEOLOGIA

### 4.1 *Classificazione delle unità di sottosuolo*

Sulla base delle caratteristiche litologiche dedotte dalle stratigrafie di pozzi significativi, si sono classificate nel sottosuolo varie unità idrogeologiche, distinguibili per la loro omogeneità di costituzione e di continuità orizzontale e verticale.

La loro distribuzione è sintetizzata in **Tav. 3** nelle sezioni idrogeologiche di riferimento, secondo le tracce riportate in **Tav. 2**; in esse le unità idrogeologiche si succedono, dalla più profonda alla più superficiale, secondo il seguente schema:

#### 1) **UNITÀ DELLE ARGILLE PREVALENTI**

È costituita prevalentemente da depositi di ambiente marino ad argille grigio - azzurre, spesso fossilifere, con sabbie argillose, limi e rare intercalazioni ghiaioso - sabbiose contenenti falde di tipo confinato di scarso valore acquedottistico. L'unità può essere considerata la base impermeabile delle strutture acquifere significative.

Il limite superiore dell'unità ha andamento irregolare con repentine culminazioni e depressioni dovute alla sua natura erosionale. Le massime risalite dell'unità sono riscontrabili nell'area centro - occidentale di Samarate e nord - orientale di Ferno, nella porzione nord - orientale del Comune di Cardano al Campo, al confine con Gallarate, e isolatamente nei dintorni del pozzo 0 di Casorate Sempione. Le massime depressioni del fondo argilloso sono osservabili nei pozzi del settore meridionale del Comune di Cardano al Campo e nel pozzo n. 12 di Gallarate.

#### 2) **UNITÀ DELLE ALTERNANZE DI ARGILLE E GHIAIE**

È caratterizzata da alternanze di strati a litologia argilloso - limosa e litologia ghiaioso - sabbiosa con presenza di torba; l'ambiente deposizionale è di tipo transizionale.

Lo spessore dell'unità varia in modo irregolare da un minimo di 10 - 25 m a un massimo di 170 m in relazione al bordo erosionale del tetto dell'unità sottostante.

È sede di acquiferi confinati captati da buona parte dei pozzi di Samarate, la cui vulnerabilità è mitigata dalla presenza al tetto di strati argillosi di spessore variabile, con discreta continuità laterale.

### 3) **UNITÀ DELLE GHIAIE E SABBIE**

È presente con continuità in tutto il territorio di Samarate con spessori variabili da 60 a oltre 100 m. Rappresenta l'acquifero più suscettibile ad eventuali inquinamenti. Si possono distinguere due sub - unità:

**3/1) sabbie e ghiaie prevalenti** con locale presenza di sabbie e ghiaie argillose e sporadiche sottili intercalazioni di argille; tali depositi si riscontrano nel settore occidentale del territorio di Samarate e comuni limitrofi, verso il Fiume Ticino, ove occupano l'intero spessore dell'unità mentre nella parte orientale del territorio costituiscono la parte più superficiale dell'unità. Rappresenta un acquifero libero.

**3/2) sabbie e ghiaie con frequenti intercalazioni limoso - argillose** presenti nella zona centrale e orientale del territorio di Samarate e comuni limitrofi, costituenti la parte più profonda dell'unità. La presenza di intercalazioni limoso - argillose determina la presenza di acquiferi sovrapposti che assumono caratteristiche variabili da liberi a confinati. L'ambiente deposizionale è di tipo fluviale.

#### 4.2 **Piezometria della falda idrica superiore**

La ricostruzione della superficie piezometrica dell'acquifero superiore è basata sull'elaborazione dei dati di livello di una campagna di misurazioni effettuata dallo Studio Idrogeotecnico in data 04/12/01, integrati dai dati dei pozzi della rete di monitoraggio ARPA di Varese.

Come illustrato in **Tav. 2**, l'andamento morfologico della superficie piezometrica indica che le direzioni di flusso hanno un andamento NNE – SSW, evidenziando il ruolo drenante del F. Ticino che condiziona la direzione generale del flusso della falda sotterranea.

Il gradiente idraulico medio è pari all'8÷10 % con quote della superficie piezometrica in corrispondenza del territorio comunale che decrescono verso SW da 215 e 185 m s.l.m.

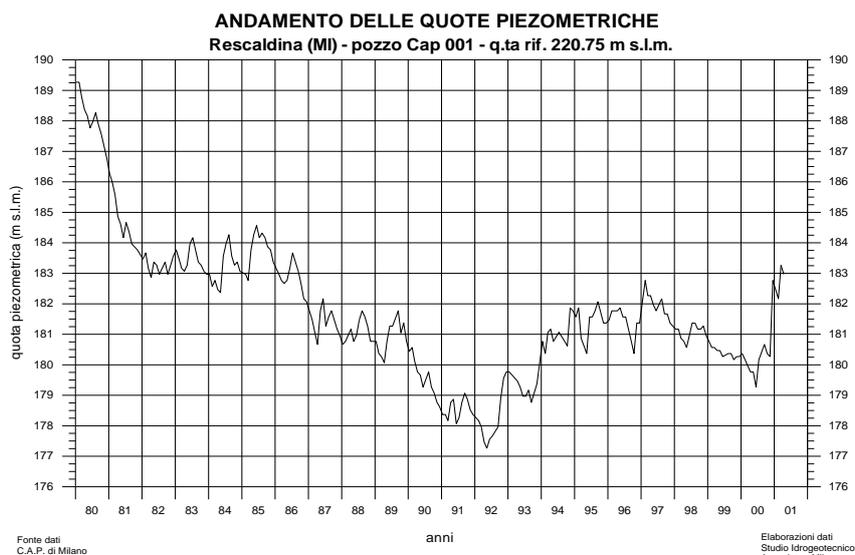
L'andamento delle quote piezometriche della falda superiore è ben rappresentato dalla serie storica delle misure di livello dei pozzi della rete acquedottistica comunale e di altri pozzi nelle vicinanze.

I dati relativi al pozzo 013 di Busto Arsizio, appartenente alla rete di controllo del CAP di Milano evidenziano dal 1980 fino al 1992 (ad eccezione del 1985) una generale e marcata tendenza alla decrescita dei livelli piezometrici (-13 m), manifestatasi a livello regionale e determinata da un'alimentazione deficitaria dell'acquifero in relazione alla scarsità degli apporti meteorici registrati dal

1978. Dalla seconda metà del '92, parallelamente ad un aumento medio delle precipitazioni, si assiste ad una significativa risalita dei livelli registrata fino a tutto il 1995 (+ 8 m), ultimo anno di misure disponibili.

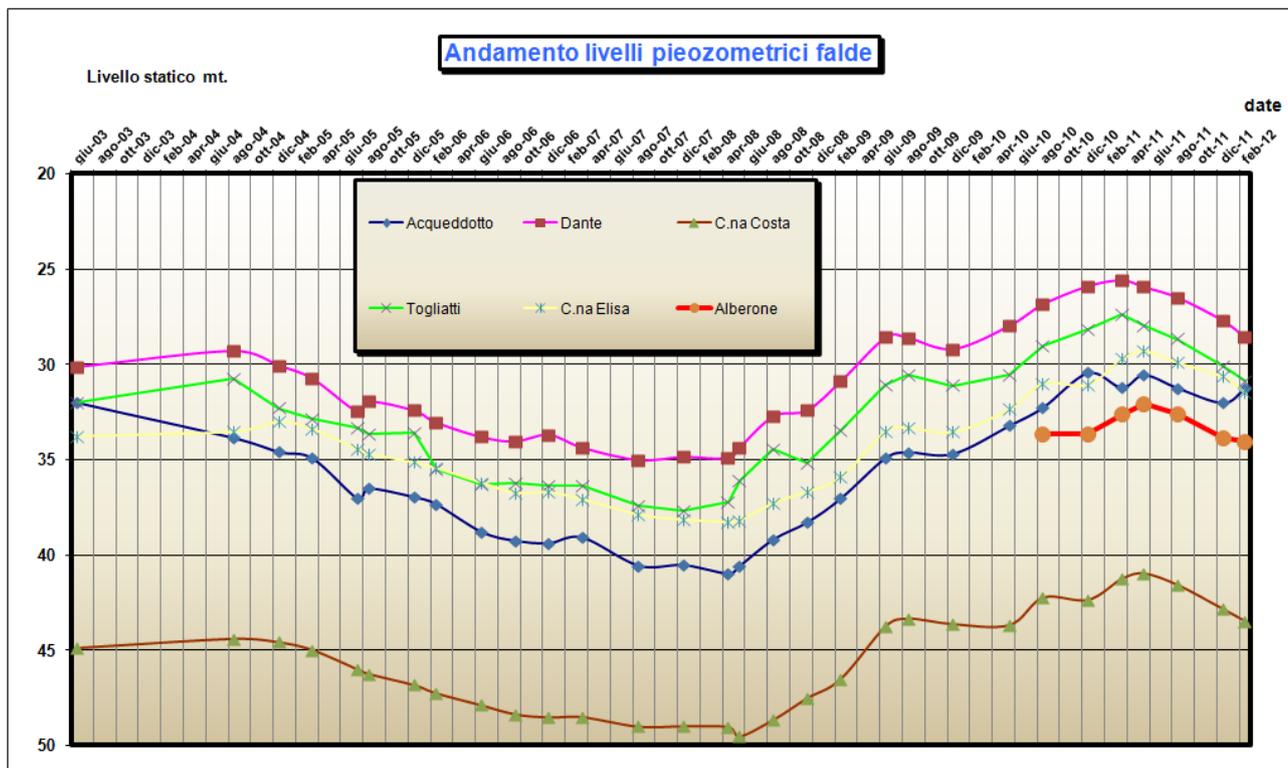


I dati del pozzo Cap 001 di Rescaldina, strutturalmente simile e dall'analogo andamento piezometrico, evidenziano una sostanziale stabilità dei livelli fino al 1996, seguito da una nuova e progressiva decrescita fino alla prima metà del 2000. Il rapido innalzamento piezometrico provocato dalle abbondanti precipitazioni dell'autunno 2000 prosegue sino agli ultimi dati disponibili (aprile 2001).



La dinamica della falda mostra pertanto il prevalere di fattori naturali di ricarica legati ai regimi meteorici, rispetto all'entità dei prelievi in atto.

I livelli statici dei pozzi della rete acquedottistica comunale, rilevati tra il 2003 e il 2012 (dati forniti dalla A.S.C. SRL) confermano questa tendenza



Non si osservano infatti forti variazioni nei livelli statici nei pozzi nel corso del monitoraggio, nonostante tra il 2005 e il 2008 si abbia un contemporaneo leggero decremento dei livelli, probabilmente a causa della crisi idrica per scarsità di precipitazioni meteoriche di quegli anni.

#### 4.3 Vulnerabilità degli acquiferi

La caratterizzazione riguardante la vulnerabilità degli acquiferi nel territorio comunale è riportata in **Tav. 2**.

La vulnerabilità intrinseca è una caratteristica idrogeologica areale che descrive la facilità con cui un inquinante generico, idroveicolato, sversato sul suolo o nel primo sottosuolo, raggiunge la falda libera e la contamina.

Nel caso del territorio comunale di Samarate, non tutti i pozzi captano la falda libera. Tuttavia, considerato che localmente il confinamento della falda profonda non è continuo, il grado di vulnerabilità indicato si riferisce, sia pure parzialmente, a tutte le risorse idriche sotterranee presenti nel territorio comunale.

La vulnerabilità intrinseca di un'area viene definita principalmente in base alle caratteristiche ed allo spessore dei terreni attraversati dalle acque di infiltrazione (e quindi dagli eventuali inquinanti idroveicolati) prima di raggiungere la prima falda acquifera, nonché dalle caratteristiche della zona satura. Nel territorio comunale di Samarate essa dipende sostanzialmente da quattro fattori:

1. *caratteristiche di permeabilità dell'unità acquifera e modalità di circolazione delle acque sotterranee in falda*: l'acquifero più superficiale, a cui si riferisce la carta, è comune a tutta l'area ed è da considerarsi complessivamente omogeneo. Esso è costituito da ghiaie e sabbie, talvolta cementate, e possiede quindi un'elevata permeabilità primaria; sono scarsi o assenti gli elementi litologici (argille, torbe) in grado di attenuare eventuali fenomeni di inquinamento delle acque sotterranee.
2. *soggiacenza della falda*: la soggiacenza della falda varia tra 25 e 35 metri. Tali valori rientrano in un'unica classe per quanto riguarda la definizione del grado di vulnerabilità.
3. *caratteristiche litologiche e di permeabilità del non saturo*: esse dipendono principalmente dai caratteri litologici e tessiturali dei depositi superficiali, ed in particolare delle sequenze sommitali, in quanto l'elevata permeabilità dell'unità sottostante consente solo una limitata attenuazione di eventuali fenomeni di inquinamento. L'asportazione dei suoli, verificata in corrispondenza delle cave, aumenta localmente la vulnerabilità dell'acquifero. Nell'ambito del territorio comunale sono distinguibili due aree con caratteristiche differenti per quanto attiene la vulnerabilità: quelle di affioramento dell'Unità Lonate, dove sono presenti sequenze sommitali fini continue spesse circa 1,5 - 2 m, ed il resto del territorio comunale, dove le sequenze fini pedogenizzate ("coltivo") hanno uno spessore di circa 50 cm.
4. *presenza di corsi d'acqua superficiali, anche artificiali (aree di spaglio) sospesi rispetto alla piezometrica*: in accordo con quanto riportato sulla Legenda unificata, la presenza di corsi d'acqua superficiali (in questo caso, il T. Arno) aumenta di un grado la vulnerabilità nei pressi dell'alveo.

L'incrocio dei fattori descritti, definito dal rilevamento geologico di superficie, dall'analisi delle stratigrafie dei pozzi presenti nell'area e dalle indagini idrogeologiche, ha permesso di definire, nell'ambito del territorio comunale, tre differenti condizioni di vulnerabilità dell'acquifero:

- 1) Acquifero alluvionale di tipo libero, con sequenze fini sommitali di spessore inferiore al metro. Soggiacenza nell'ordine dei 30 m e superiore. Le condizioni descritte corrispondono all'area di estensione dell'Unità di

Samarate (pozzo di Via Ricci), ovvero l'intero territorio Samaratese ad eccezione del terrazzo di Lonate e delle zone prossime al T. Arno.

Grado di vulnerabilità: Elevato

- 2) Acquifero alluvionale di tipo libero, con sequenze fini sommitali di spessore di circa un metro. Soggiacenza superiore a 30 m. Presenza di un corso d'acqua superficiale, inquinato, sospeso rispetto alla piezometrica e pertanto potenzialmente alimentante la falda sottostante. Le condizioni descritte corrispondono all'immediato intorno del T. Arno, alle aree di spaglio di reflui fognari.

Grado di vulnerabilità: Estremamente elevato

- 3) Acquifero alluvionale di tipo libero, con sequenze fini sommitali di spessore nell'ordine dei 2 metri. Soggiacenza superiore a 30 m. Le condizioni descritte corrispondono all'area del terrazzo di Lonate dove la presenza di sequenze sommitali fini sufficientemente spesse e continue, nonché il grado di alterazione delle ghiaie sottostanti, determina una consistente protezione dell'acquifero sottostante.

Grado di vulnerabilità: Basso

Dall'analisi delle condizioni di vulnerabilità viste in precedenza si rilevano le seguenti situazioni:

- larga parte del territorio comunale è caratterizzato da vulnerabilità intrinseca elevata (pozzo di Via Ricci) o estremamente elevata;
- solo l'area corrispondente al terrazzo di Lonate presenta minore vulnerabilità intrinseca ed è quindi maggiormente adatta ad ospitare eventuali interventi antropici potenzialmente rischiosi per la qualità delle acque sotterranee;
- nel territorio sono inoltre presenti vari centri di pericolo di tipo puntuale, lineare ed areale quali:
  - insediamenti industriali sia attivi che dismessi;
  - presenza di aree di spaglio di reflui fognari (situazione in corso di risanamento);
  - acque del T. Arno di dubbia qualità, che alimentano la falda libera.

#### **4.4 Qualità delle acque di falda**

La qualità delle acque sotterranee è un importante indicatore della entità della pressione antropica sugli acquiferi e della efficacia degli interventi di salvaguardia.

L'esame della serie storica delle analisi chimiche e batteriologiche consente di verificare l'adeguatezza della risorsa al consumo umano ed industriale e di individuare le principali fonti di inquinamento.

##### 4.4.1 Considerazioni generali sull'idrochimica degli acquiferi

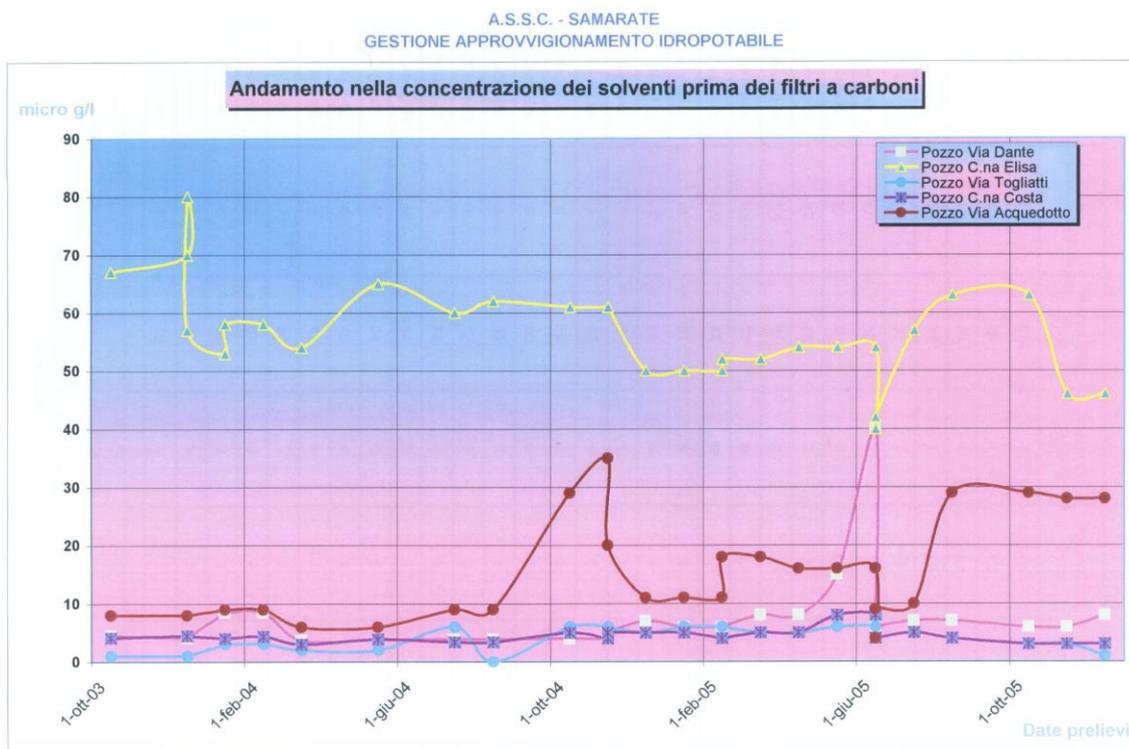
La facies idrochimica dell'acquifero superiore è caratterizzata da una maggiore mineralizzazione complessiva delle acque, con valori di conducibilità medio - elevati (mediamente intorno a 400  $\mu\text{S/cm}$ ) e concentrazione di solfati superiore a quella dell'acquifero profondo, ad indicare un più diretto rapporto con le contaminazioni indotte dalla superficie.

Gli acquiferi profondi, definibili come protetti, sono caratterizzati da una ridotta mineralizzazione complessiva e la generale assenza di contaminazioni di origine agricola e/o industriale, differenziandosi significativamente dalla falda superiore. La facies idrochimica delle falde profonde presenta bassi valori di conducibilità (200-220  $\mu\text{S/cm}$ ), concentrazioni di nitrati, solfati e cloruri prossimi o inferiori ai valori guida delle acque potabili ed assenza di parametri indicatori di contaminazione di origine industriale e/o agricola.

L'elevata vulnerabilità dell'acquifero superiore è testimoniata dalla presenza di parametri indicatori di contaminazione di origine industriale e/o agricola. I parametri penalizzanti sono rappresentati dai nitrati, presenti nelle acque in concentrazioni medie di 25 - 30 mg/l (ma occasionalmente anche con valori che superano temporaneamente i 50 mg/l) e dai solventi clorurati.

Per quanto riguarda la concentrazione di solventi clorurati, si riscontrano valori superiori al limite di potabilità solo per il pozzo n. 4/2 – C.na Elisa. Saltuariamente, si sono registrati picchi sopra il limite anche per il pozzo n. 6/2 – Via Acquedotto e n. 2/2 – Via Dante.

Per mitigare la concentrazione di tali inquinanti, i pozzi pubblici, ad eccezione del n. 2/2 - Via Dante, sono stati provvisti di impianto di trattamento a carboni attivi.



#### 4.4.2 Qualità e classificazione idrochimica delle acque captate

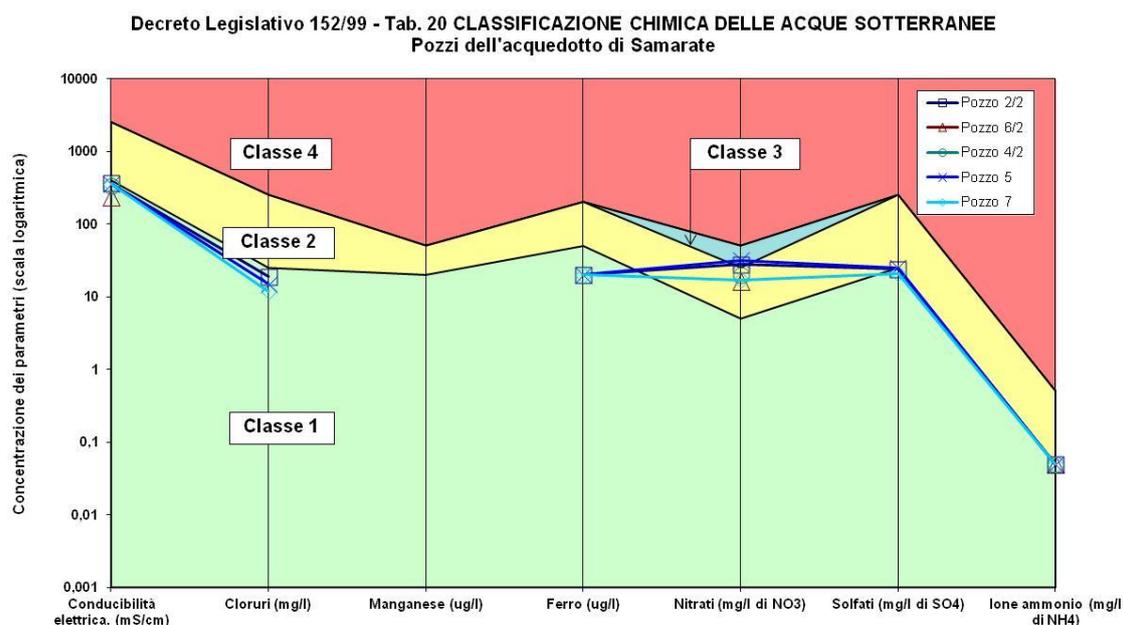
La qualità delle acque di falda nel territorio di Samarate è stata desunta dalle ultime analisi disponibili riferite ai pozzi del pubblico acquedotto (**All. 4**). Le analisi sono state condotte dal laboratorio di Gallarate della Servizio Ambiente S.r.l. e messe a disposizione dal Comune di Samarate.

La classificazione dello stato idrochimico delle acque sotterranee è stata operata riconducendosi a quella proposta dalla precedente normativa (D. Lgs. 152/99), in analogia a quanto presente nel Programma di Uso e Tutela delle Acque della Regione Lombardia.

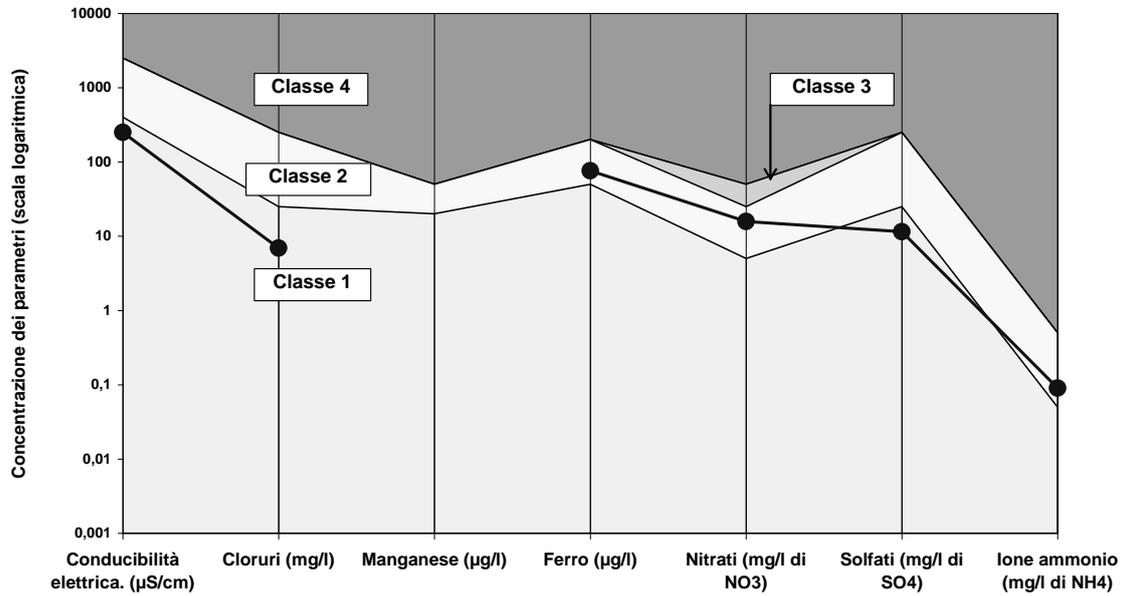
Vengono quindi individuate quattro classi che esprimono una stima dell'impatto antropico sulle acque sotterranee e ne definiscono le caratteristiche idrochimiche, valutate considerando le concentrazioni di 7 parametri di base o "macroscrittori" (conducibilità, cloruri, solfati, nitrati, ferro, manganese, ammoniaca); le classi vengono descritte come:

<b>Classe 1:</b>	Impatto antropico nullo o trascurabile, con pregiate caratteristiche idrochimiche
<b>Classe 2:</b>	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo, con buone caratteristiche idrochimiche
<b>Classe 3:</b>	Impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione
<b>Classe 4:</b>	Impatto antropico rilevante, con caratteristiche idrochimiche scadenti

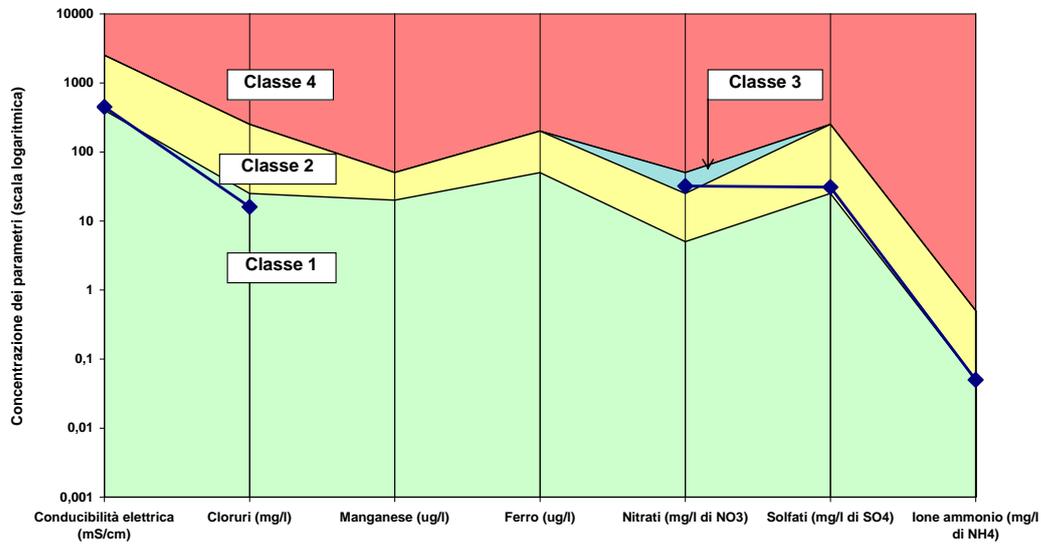
La graficizzazione dei parametri chimici relativi alle acque dei pozzi appartenenti alla rete acquedottistica comunale indica che lo stato chimico complessivo delle acque della falda superiore ricade a cavallo tra la classe 2 e la classe 3 (parametro nitrati), ad indicare la tendenza verso un impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche che denotano segnali di compromissione.



Decreto Legislativo 152/99 - Tab. 20 CLASSIFICAZIONE CHIMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE  
Pozzo n. 8 - CAMPO SPORTIVO - Data prelievo 08/09/2003



Decreto Legislativo 152/99 - Tab. 20 CLASSIFICAZIONE CHIMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE  
Pozzi 3/2 Via Ricci



#### 4.5 Individuazione delle zone di rispetto delle opere di captazione

La rete acquedottistica del Comune di Samarate è alimentata da 6 pozzi (**Tav. 2**):

N.	Cod. Provincia	Proprietario	Località	Criterio di delimitazione della ZR
2/2	PO12118002020 PO12118002030	A.C.	Via Dante	Temporale (60 gg)
3/2	PO12118003020	A.C.	Via Ricci	Temporale (60 gg) in istruttoria
4/2	PO12118004020	A.C.	C.na Elisa	Temporale (60 gg)
5	PO12118005000	A.C.	C.na Costa	Temporale (60 gg)
6/2	PO12118006020	A.C.	Via Acquedotto	Temporale (60 gg)
7	PO12118007000	A.C.	Via Togliatti	Temporale (60 gg)
8	PO12118008000	A.C.	Via dell'Alberone	Idrogeologico

I dati completi sui pozzi dell'A.C. sono riportati nell'elenco di **Ail. 1** e nelle schede per il censimento delle opere di captazione degli **Ail. 2**.

Le Zone di Rispetto dei pozzi (ZR) sono individuate in **Tav. 2**, dove sono stati riportati gli elementi idrogeologici e, con maggior dettaglio, in **Tav. 9**.

In base alle prescrizioni tecniche della D.G.R. 15137/96, per tutti i pozzi (ad eccezione del n. 8 di Via dell'Alberone) è stata proposta la ripermimetrazione della Zona di Rispetto con criterio temporale ( $t=60$ gg).

Pertanto, con tale criterio, la delimitazione della Zona di Rispetto coincide con l'involuppo dei punti isocroni circostanti i pozzi, corrispondenti ad un tempo di sicurezza di 60 giorni, calcolati sulla base delle condizioni di emungimento alla massima portata di esercizio.

Tale rappresentazione indica che un eventuale inquinante che contamina la falda in prossimità del limite della Zona di Rispetto così individuata, giunge al pozzo in un tempo di circa 60 giorni, intervallo di tempo considerato sufficiente alla degradazione di molti inquinamenti di tipo batteriologico.

Per quanto riguarda invece il pozzo n. 8, è stata proposta la ripermimetrazione della Zona di Rispetto con criterio idrogeologico, quindi coincidente con la Zona di Tutela Assoluta (10 m di raggio intorno al pozzo), in quanto captante un acquifero protetto.

Per acquifero protetto si intende un acquifero idraulicamente separato dalla superficie o da una generica falda sovrastante, da uno o più corpi geologici a bassissima conducibilità idraulica (indicativamente non superiore a  $10^{-8}$  m/s)

aventi uno spessore complessivo dell'ordine di una decina di metri e un'adeguata continuità areale (indicativamente dell'ordine di 200 m di raggio).

È stata altresì proposta la Zona di Protezione (ZP), cioè un'ulteriore zona in cui possono essere adottate prescrizioni e misure di controllo finalizzate alla tutela del patrimonio idrico.

Per i pozzi, in accordo con i criteri della D.G.R. 6/15137/96, essa può essere assunte come coincidente con l'isocrona corrispondenti ad un tempo di sicurezza pari a 180 giorni.

La ridelimitazione delle Zone di Rispetto di tutte le opere di approvvigionamento è stata approvata dalla provincia di Varese – Settore Ecologia ed Energia (**AII. 7**), ad eccezione del pozzo n. 3/2 per il quale è ancora in corso l'iter di approvazione.

Fino alla conclusione dello stesso e alla definitiva approvazione da parte degli Enti preposti, per il suddetto pozzo è ancora vigente la Zona di rispetto definita con criterio geometrico (raggio=200 m).

Il quadro normativo da applicare all'interno di tali aree è riferibile al D.Lgs. 152/06 modificato dal D.Lgs. 4/08 ed integrato dalla D.G.R. 7/12693/03, che definiscono le attività compatibili nelle aree di salvaguardia delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano (cfr. **Cap. 10**).

## 5. VERIFICA DELLA DISPONIBILITÀ IDRICA

### 5.1 Premessa e qualità dei dati disponibili

Ai sensi dell'Art. 95 ("Contenimento e governo dei consumi idrici") delle Norme Tecniche di Attuazione del P.T.C.P. di Varese, facendo riferimento alle *LINEE GUIDA – Criteri per la documentazione minima dei PGT*, si è realizzata un'analisi della effettiva disponibilità della risorsa idrica sotterranea nel territorio comunale, in relazione al possibile incremento del fabbisogno futuro correlato con le trasformazioni previste dal Piano di Governo del Territorio.

Tale analisi verifica l'effettiva disponibilità attuale e futura della risorsa e valuta che il suo sfruttamento rientri nei termini di salvaguardia previsti dal P.T.U.A.

A tal fine, lo studio è costituito da tre fasi di analisi, distinte ma allo stesso tempo interdipendenti:

- *Identificazione del fabbisogno idrico*, cioè un'analisi di natura urbanistica nella quale viene indicato lo stato di fatto e futuro della situazione demografica comunale e la stima dell'incremento del fabbisogno idrico indotto;
- *Indagine impiantistica*, finalizzata alla valutazione dell'efficienza e della potenzialità della rete di distribuzione dell'acquedotto e l'effettivo tasso di sfruttamento delle risorse captate, per dimostrare la capacità della rete di soddisfare il fabbisogno idrico aggiuntivo connesso allo sviluppo insediativo e alle trasformazioni previste dal PGT;
- *Analisi idrogeologica*, volta a valutare la consistenza della risorsa idrica disponibile in particolare evidenziando le situazioni di deficit e di surplus rispetto alla disponibilità della falda idrica sotterranea.

Le valutazioni descritte nei paragrafi seguenti sono state condotte per mezzo dei dati forniti dal Comune di Samarate e dall'A.S.C. SRL (azienda municipalizzata che gestisce i servizi di acquedotto). Tali dati sono di seguito elencati:

- Schema della rete di adduzione e di distribuzione;
- Caratteristiche tecniche degli impianti di sollevamento e dei serbatoi di accumulo;
- Volumi sollevati dai pozzi (dati rilevati), i volumi annui fatturati e la stima delle perdite di rete per il periodo 2002 - 2011;
- Livelli piezometrici statici e dinamici dei pozzi di Via Acquedotto, di Via Dante, di Cascina Costa, di Via Togliatti e di Cascina Elisa (periodo compreso tra il 2003 e il 2009);

- Livelli piezometrici statici e dinamici dei pozzi di Via Acquedotto, di Via Dante, di Cascina Costa, di Via Togliatti, di Cascina Elisa e di Via Alberone (anni 2010-2011)
- Analisi dello stato del carico idraulico della rete idrica comunale (A.S.C. SRL, Giugno 2009).

In base ai dati e alla documentazione raccolta, giudicata esaustiva e sufficiente, è stato possibile effettuare le analisi e le verifiche necessarie per dimostrare e avvalorare le conclusioni cui si è giunti circa lo stato di disponibilità di risorsa idrica del Comune di Samarate rispetto agli scenari di P.G.T.

## 5.2 Identificazione del fabbisogno idrico e bilancio acquedottistico

Per fornire un'analisi dello stato delle risorse idriche del Comune, sono stati innanzitutto valutati i fabbisogni idrici (attuali e previsti), per correlarli successivamente con la disponibilità potenziale complessiva dei singoli pozzi.

In particolare, per questo tipo di analisi si è tenuto in considerazione solo il volume medio di acqua sollevato annualmente dalle opere di captazione dell'acquedotto comunale, ossia il pozzo di Via Acquedotto (pozzo 6/2), il pozzo di Via Dante (pozzo 2/2), il pozzo di Cascina Costa (pozzo 5), il pozzo di Via Togliatti (pozzo 7) e il pozzo di Cascina Elisa (pozzo 4/2). Va osservato che solo recentemente (2010) è stato messo in rete anche il Pozzo di Verghera Via Alberone (pozzo 8) con portate inferiori alla sua reale potenzialità.

La stima dei fabbisogni idrici (potabili e produttivi) attuali e futuri comunali è realizzata conformemente ai criteri del P.T.U.A. (*Appendice F*).

Per le seguenti analisi numeriche, si è preso in considerazione un valore di disponibilità idrica annua pari a **1.985.000 m<sup>3</sup>**, valutato sulla base del prelievo relativo all'anno 2009, corrisponde al sollevato massimo estratto dai pozzi comunali rinegli agli anni considerati (2004 - 2011). Esso rappresenta dunque un valore di disponibilità idrica "certa" da parte dell'acquedotto comunale.

	Volume sollevato riferito all'anno solare (m <sup>3</sup> /anno)
2004	1.697.629
2005	1.707.487
2006	1.895.834
2007	1.908.737
2008	1.860.367
2009	1.985.662
2010	1.849.121
2011	1.897.235

### 5.2.1 Stato attuale

Il fabbisogno idrico del Comune di Samarate è rappresentato dalla somma dei consumi idrici (espressi in l/s) ad uso civile (domestico e pubblico), industriale e zootecnico.

- Usa potabile e domestico residenziale

La popolazione residente nel Comune di Samarate, al 2011, risulta pari a 16.168 abitanti, cui deve essere aggiunta la popolazione stabile non residente (ospiti di ospedali, caserme, collegi ecc), la popolazione fluttuante (ospiti di alberghi, camping, seconde case ecc) e la popolazione senza pernottamento (addetti di attività lavorative, scuole ecc).

I dati del Comune di Samarate, relativi alla popolazione, sono riassunti nella tabella seguente:

Popolazione residente (dato 2008)	16.168 ab
Popolazione stabile non residente	10 ab
Popolazione fluttuante	50 ab
Popolazione senza pernottamento	4.448 ab

- Usi industriali e zootecnici

Per quanto riguarda gli usi produttivi delle attività industriali e zootecniche, il dato preso in considerazione è quello relativo alla superficie delle aree destinate a questo tipo di attività, attualmente pari a circa 42 ettari. Tale dato corrisponde allo stato di fatto stimato dalle tavole del P.R.G. vigente e confrontato con i dati del SIT Regione Lombardia.

Il calcolo dei fabbisogni idrici attuali, con l'indicazione delle dotazioni idriche di riferimento, degli indici e dei coefficienti utilizzati, è riportato integralmente in **All. 5**.

\*\*\*\*\*

Il Comune di Samarate non presenta attualmente particolari problematiche dal punto di vista del soddisfacimento dei fabbisogni idrici. Infatti, osservando i dati di sollevato dalle opere di captazione, si osserva come i fabbisogni comunali negli ultimi anni risultino pienamente soddisfatti da una disponibilità idrica pari mediamente a **1.850.259 m<sup>3</sup>**.

Ai fini dell'analisi numerica, si è però impiegato un valore di disponibilità idrica pari a **1.985.000 m<sup>3</sup> (62,9 l/s)**, corrispondente al sollevato dai pozzi dell'anno 2009, un valore particolarmente rappresentativo della disponibilità idrica potenziale del Comune in quanto è il sollevato massimo registrato negli ultimi anni.

In base a tale dato, si è effettuata una vera e propria taratura del modello P.T.U.A., il quale in generale non risulta essere particolarmente adatto alla valutazione dei fabbisogni idrici delle piccole comunità, tendendo spesso a sovrastimare le dotazioni idriche per abitante e di conseguenza gli effettivi fabbisogni del comune. Partendo perciò dal presupposto che attualmente il bilancio disponibilità/fabbisogni di Samarate risulti pienamente soddisfatto, facendo in modo che almeno i fabbisogni potabili del giorno di massimo consumo siano circa pari alla disponibilità idrica potenziale, si è stimata una dotazione idrica giornaliera per abitante (per la popolazione residente), specifica per il comune in esame, pari a **190 l/abit.** Allo stesso modo sono state modificate le dotazioni idriche giornaliere per abitante per le altre categorie di popolazione, riducendole a **150 l/abit.** per la popolazione stabile non residente e la popolazione fluttuante e a **40 l/abit.** per la popolazione senza pernottamento.

In base alle considerazioni precedenti, si è perciò valutato che attualmente i fabbisogni potabili medi sono pari a **37,7 l/s** e i fabbisogni produttivi medi pari a **7,5 l/s**, per un totale di **45,3 l/s**. Gli stessi parametri, nel giorno di massimo consumo, risultano essere rispettivamente **55,5 l/s** e **7,5 l/s**, per un totale di **63,1 l/s**.

Con una disponibilità media di **62,9 l/s**, il bilancio disponibilità/fabbisogni futuri risulta quindi pienamente soddisfatto per quanto riguarda i consumi medi e risulta allo stesso modo sostanzialmente soddisfatto anche nelle condizioni di picco (giorno di massimo consumo). Infatti, nonostante l'apparente deficit di **0,2 l/s**, nella realtà, tale richiesta massima viene comunque soddisfatta dalla riserva idrica attuata mediante accumulo al serbatoio pensile di Via Acquedotto. Questo serbatoio, nonostante la ridotta capacità pari a 150 m<sup>3</sup>, consente comunque un accumulo in grado di compensare le situazioni di richiesta idrica di punta.

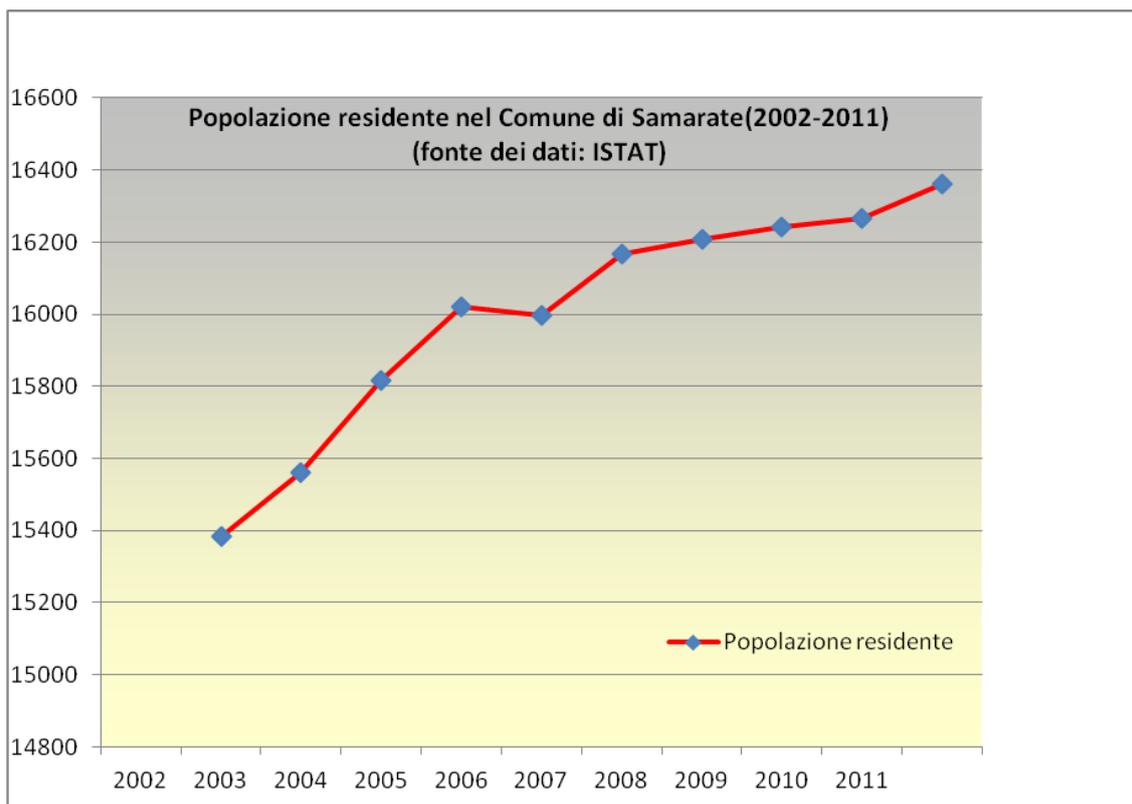
Occorre osservare infine che per quanto riguarda il fabbisogno idrico per usi produttivi, esso risulta maggiore della massima portata erogabile per tali usi dall'acquedotto pubblico, in relazione al limite del 20% indicato dal P.T.U.A.

A tale proposito va precisato che il risultato relativo agli usi produttivi ricavato dal modello del P.T.U.A. rappresenta a tutti gli effetti una sovrastima degli effettivi fabbisogni in tale ambito. Nel calcolo si considera infatti la superficie totale delle attività produttive senza poter escludere né le attività dotate di sistemi di approvvigionamento autonomo (pozzi, sorgenti, derivazioni) effettivamente presenti nel territorio, né le attività dotate di allacciamento assimilabile esclusivamente a civile/potabile (questi ultimi già considerati negli usi potabili sulla base del numero di addetti delle attività produttive).

## 5.2.2 Proiezione futura

- Usa potabile e domestico residenziale

Di seguito si riporta l'andamento della popolazione residente negli ultimi 11 anni (periodo compreso tra il 2002 e il 2011):



Il periodo di tempo considerato (2002 – 2011) è in generale caratterizzato da un costante aumento della popolazione residente all'interno del Comune. Tra il 2002 e il 2005 il tasso di crescita è pari a 1 %, mentre tra il 2005 e il 2008 il trend è meno marcato, con un tasso pari allo 0,7%. Tra il 2008 e il 2011 il tasso di crescita si assesta intorno allo 0,3 %.

I tassi di crescita sono stimati mediante la formula seguente:

$$t_m = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1$$

dove  $t_m$  è il tasso di crescita geometrico,  $n$  sono gli anni dell'intervallo temporale considerato,  $P_n$  è il numero di abitanti dell'estremo superiore di tale intervallo di tempo e  $P_0$  è il numero di abitanti dell'estremo inferiore.

In proiezione futura, l'attuazione delle trasformazioni previste dal P.G.T. porterà ad un aumento nella popolazione residente, la quale si attesterà ad un valore pari a **circa 17.338 unità**. Tale valore è ottenuto in base a specifiche valutazioni e riportato nelle tabelle del Documento di Piano a cui si rimanda.

Per quanto riguarda la "popolazione senza pernottamento", la "popolazione fluttuante" e la "popolazione stabile non residente", non avendo specifiche indicazioni circa il sostanziale incremento, si sono tenuti validi i valori attuali, essendo comunque tali valori di incidenza molto contenuta.

I dati relativi alla popolazione del Comune di Samarate (proiezioni stimate al compimento delle azioni di Piano) sono quindi riassunti nella tabella seguente:

Popolazione residente	17.338 ab
Popolazione stabile non residente	10 ab
Popolazione fluttuante	50 ab
Popolazione senza pernottamento	4.448 ab

- Usi industriali e zootecnici

Per quanto riguarda gli usi produttivi delle attività industriali e zootecniche, il dato preso in considerazione è quello relativo alla superficie totale delle aree destinate a questo tipo di attività, ottenuto sommando allo stato di fatto ricavato dalle tavole del P.R.G. vigente (circa 42 ettari) l'espansione prevista dal P.G.T. (circa 5 ettari); l'area totale considerata è perciò pari a circa 47 ettari.

Il calcolo dei fabbisogni idrici futuri, con l'indicazione delle dotazioni idriche di riferimento, degli indici e dei coefficienti utilizzati, è riportato integralmente in **All. 5**.

\*\*\*\*\*

Impiegando la dotazione idrica giornaliera per abitante ottenuta dalla taratura del modello sulle condizioni attuali (pari a 190 l/abit. per la popolazione residente), i fabbisogni potabili futuri risultano pari a **41,4 l/s** mentre i fabbisogni produttivi pari a **8,3 l/s**, per un totale di **49,7 l/s**. Gli stessi parametri, nel giorno di massimo consumo, crescono rispettivamente a **60,6 l/s**, **8,3 l/s** per un totale di **68,9 l/s**.

Il dato assunto come riferimento per la disponibilità idrica comunale potenziale è ancora quello riferito all'anno 2009, pari a **1.985.000 m<sup>3</sup> (62,9 l/s)**. Ciò permette di verificare l'adeguatezza della disponibilità acquedottistica al soddisfacimento dei fabbisogni previsti, non modificando in alcun modo né la gestione né la dotazione.

In previsione dell'attuazione delle azioni di Piano, mantenendo inalterata la gestione delle risorse idriche, i fabbisogni idrici medi (potabili + produttivi) risultano ancora ampiamente soddisfatti. Per quanto riguarda invece i fabbisogni di punta, risultano soddisfatti solo i fabbisogni potabili mentre si registra un significativo deficit (5,8 l/s) per il soddisfacimento dei fabbisogni totali (potabili + produttivi).

Va comunque sottolineato che, come meglio specificato nel seguito della presente relazione, il Comune di Samarate può disporre di portate significativamente superiori rispetto a quelle considerate dallo scenario sopra descritto. In particolare possono essere incrementate le ore di funzionamento di alcuni pozzi e potenziato l'emungimento del pozzo di Verghera Via Alberone, attualmente sottoutilizzato.

Il risultato del bilancio idrico, che delinea l'instaurarsi di una situazione di deficit idrico per i consumi totali di punta, nella realtà non andrà di fatto a generarsi.

### **5.3 Indagine impiantistica**

#### 5.3.1 Schema della rete e caratteristiche delle opere

Lo schema della rete acquedottistica del Comune di Samarate è riportato nella **Tav. 4**, mentre l'ubicazione delle opere di captazione (pozzi) è riportata in **Tav. 2**.

La rete acquedottistica del Comune di Samarate è strutturata come una classica rete in territorio di pianura. L'omogeneità altimetrica del territorio di Samarate consente alle singole opere di captazione di servire direttamente le utenze nelle zone limitrofe al pozzo, alimentando diversi anelli di distribuzione.

La rete idrica, oltre ad essere collegata ad anelli, è idraulicamente collegata ad un serbatoio pensile ubicato in località Verghera, in corrispondenza del pozzo di Via Acquedotto (pozzo 6/2). Tale bacino, dotato di una capacità di circa 150 m<sup>3</sup>, determina un certo accumulo ma ha principalmente funzione di compenso delle pressioni in rete, essendo posto ad un'altezza di circa 25 m rispetto al p.c. (quest'ultimo a quota 230 m s.l.m.).

Le caratteristiche tecniche delle opere di captazione sono riportate nelle apposite schede in **All. 6**.

Le caratteristiche tecniche degli organi idraulici sono invece di seguito sintetizzate, in base all'aggiornamento fornito da A.S.C. SRL di Samarate:

Pozzo	Tipo di pompa (marca – modello)	Tipo di motore	Potenza (KW)	Prevalenza (m)	Portata (l/s)
Via Dante (2/2)	SAER NA 150C/10	NA 150C/10	5,5	91 -46	4,1 – 7,1
	SAER S150B/7	S 150B/7	15	89 - 38	6,6 - 18
	KSB UPA 150S-12/10 (*)	F4/5,5	5,5	73	4,16
C.na Elisa (4/2)	KSB UPA 250-120/4d	UMA 200B-65/21	60	120-98	35-44
	KSB UPA 250B-120/4d (*)	UMA 200B-65/21	56	121,54	35
C.na Costa (5)	KSB UPA 200-14/6C	UMA 150 B 21/21	20,47	101,96	13 – 19
	KSB UPA 150S-65/12	UMA 150 D 26/21	26	100 - 82	16 - 19
	KSB UPA 200-14/16B (*)	UMA 150 B 21/21	21 CV	110	11 – 13,8
Acquedotto (6/2)	KSB UPA 200-14/6C (*)	453	45,5		
	KSB UPA 200-35/6	UMA 200D-45/21	42,8		33,00
Via Togliatti (7)	MS 8/5 D		50 CV	98	15 - 20
	KSB UPA 200-21/6	UMA 150 B 33/21	33	100 - 82	21
Verghera (8)	Grundfos SP95/6	MS6000	26	90	20
	KSB BPN 385/3A+9A 453 (*)	UMA 150 B 33/21	33	100 - 82	16 – 22
	KSB UPA 200-21/6 (*)	UMA 150 B 33/21	33	100-82	16-22

(\*) Elettropompe di scorta

Per quanto riguarda la potabilizzazione delle acque estratte, i pozzi di C.na Costa (pozzo 5), di Via Alberone (pozzo 8), di via Acquedotto (pozzo 6/2), di C.na Elisa (pozzo 4/2) e di Via Togliatti (pozzo 7) sono dotati di impianti per l'abbattimento della carica batterica e per la filtrazione dei solventi clorurati.

Ogni pozzo è dotato di:

- una pompetta dosatrice dell'ipoclorito di sodio al 13% ad azionamento elettromagnetico e sistema di regolazione della concentrazione tramite il misuratore di portata;
- un impianto a carboni attivi con due filtri di 15 MC/cad. con funzionamento in parallelo.

### 5.3.2 Regime dei prelievi

La tabella seguente mostra il regime dei prelievi medi annui dai pozzi facenti parte dell'acquedotto comunale (dati forniti dall' A.S.C. SRL):

	Volume sollevato riferito all'anno solare (m <sup>3</sup> /anno)
2004	1.697.629
2005	1.707.487
2006	1.895.834
2007	1.908.737
2008	1.860.367
2009	1.985.662
2010	1.849.121
2011	1.897.235

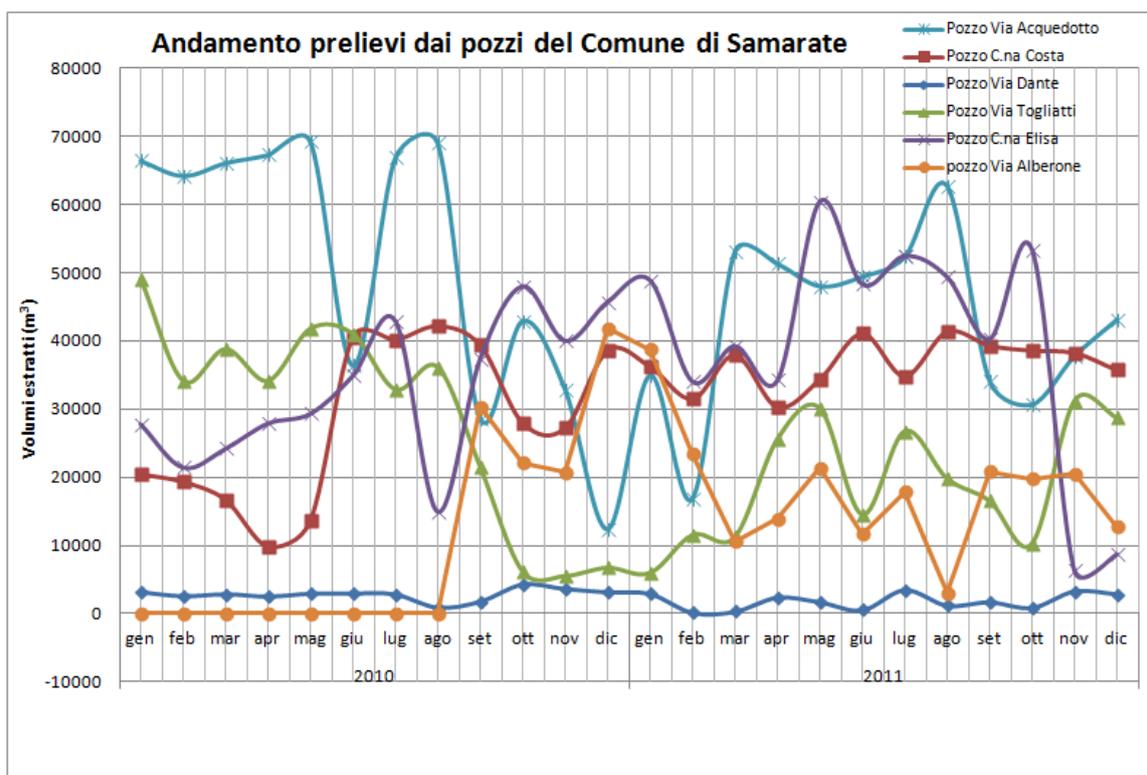
Il sollevato annuo dalle opere di captazione comunali risulta essere perlopiù costante e si attesta attorno a un valore medio di circa **1.850.259 m<sup>3</sup>/anno** anche se durante il 2004 e il 2005 il sollevato dai pozzi è stato sensibilmente più contenuto, probabilmente a causa dei provvedimenti intrapresi per fronteggiare la crisi idrica che ha caratterizzato quegli anni e che ha reso meno produttivi gli acquiferi.

La tabella seguente mostra il sollevato dai singoli pozzi per gli anni 2010 e 2011 e aiuta a comprendere il contributo fornito da ciascun pozzo al sollevato totale:

	2010	2011
Pozzo Via Acquedotto (6/2)	622.205	514.468
Pozzo Via Dante (2/2)	33.395	21.225
Pozzo C.na Costa (5)	336.158	439.367
Pozzo Via Togliatti (7)	347.688	232.243
Pozzo C.na Elisa (4/2)	394.563	475.631
Pozzo Via Verghera Alberone	115.112	214.301
<b>Totale</b>	<b>1.849.121</b>	<b>1.897.235</b>

I contributi più significativi sono forniti dal pozzo di Via Acquedotto (6/2) e dal pozzo di C.na Elisa (4/2), i quali da soli coprono più della metà dei fabbisogni idrici comunali. Al contrario, il pozzo di Via Dante (2/2) è quello che fornisce il contributo più esiguo, il quale nei due anni in questione non supera mai i 34.000 m<sup>3</sup> d'acqua. Anche il pozzo di Verghera Via Alberone si caratterizza per contributi contenuti (mas 214 m<sup>3</sup>) al di sotto delle sue massime potenzialità.

Il grafico di seguito riportato mostra l'andamento dei prelievi mensili dai pozzi facenti parte dell'acquedotto di Samarate, negli anni 2010 e 2011.



L'andamento dei prelievi d'acqua è piuttosto discontinuo, in quanto le modalità di funzionamento dei pozzi dipendono fortemente dalla richiesta idrica delle singole utenze. Dal grafico si osserva che il pozzo di Via Alberone è entrato in funzione a partire dal 2010.

### 5.3.3 Stima delle perdite della rete di adduzione e di distribuzione

La tabella seguente riassume i volumi totali medi annui sollevati e fatturati dai pozzi che alimentano la rete acquedottistica comunale di Samarate:

	Volume d'acqua sollevata (da novembre a novembre) ripartita ai fini della fatturazione (m <sup>3</sup> )	Volume d'acqua fatturata (m <sup>3</sup> )
2004	1.697.629	1.403.449
2005	1.707.487	1.442.718
2006	1.895.834	1.402.799
2007	1.908.737	1.424.987
2008	1.860.367	1.147.972
2009	2.121.348	1.458.527
2010	1.733.709	1.219.799
2011	2.038.393	1.530.854

**Nota:** I valori di sollevato delle annualità 2009÷2011 non corrispondono a quelli dell'anno "solare" in quanto le letture ai fini della fatturazione sono eseguite a novembre e non a dicembre.

Se si calcolassero le percentuali di perdita apparente mediante differenza tra i valori indicati nella precedente tabella, risulterebbero valori variabili tra il 15 e il 35% dovuti principalmente alla non corrispondenza amministrativa diretta tra i valori di sollevato e fatturato relativi a ciascuna annualità.

L' A.S.C. SRL gestore dell'acquedotto ha comunicato a tal proposito che in base a valutazioni tecniche interne, l'entità delle perdite apparenti si può considerare attestarsi attorno al 25% del sollevato e che questo valore risulta pressoché costante nell'intervallo temporale esaminato.

Va precisato che tale percentuale, oltre alle perdite vere e proprie, comprende un'aliquota di sollevato idrico che effettivamente viene fornito alle utenze ma che non viene contabilizzato a causa della bassa sensibilità che caratterizza moti contatori di allaccio alle utenze residenziali.

A seguito di tali riscontri, dal 2003 il Comune di Samarate ha iniziato una politica di ringiovanimento dei contatori, molti dei quali vetusti (oltre 30 anni) e mal funzionanti, sostituendoli con apparecchi multi getto omologati in classe "C", più precisi e sensibili alle basse portate. Tale provvedimento ancora in corso, accompagnato da una campagna sistematica di ricerca delle perdite su tutta la rete (utilizzando un sistema di correlazione per la ricerca delle fughe), si ritiene possa aver determinato la riduzione della percentuale di perdite reali almeno del 10%. dal 2004 ad oggi.

#### 5.3.4 Criticità della rete acquedottistica

Per quanto riguarda l'analisi della rete e l'individuazione delle criticità che la caratterizzano, si è fatto riferimento alla relazione tecnica realizzata dall'A.S.C. SRL (giugno 2006 e successivi aggiornamenti).

Una delle criticità che viene evidenziata riguarda la collocazione dei punti di captazione in relazione all'altimetria geografica del territorio. Si è osservato che l'eventuale sospensione dell'approvvigionamento di un singolo pozzo (per avaria dell'impianto o per inquinamento della falda), causerebbe, soprattutto nelle ore di maggior richiesta, una carenza idrica nella zona limitrofa al pozzo stesso.

Tale disagio risulterebbe più avvertibile se si dovessero fermare pozzi con portata medio – alta, quali ad esempio quello di Via Togliatti (22 l/s) e quello di C.na Elisa (35 l/s), che potrebbe generare una diminuzione significativa del carico idraulico nelle zone periferiche del paese, soprattutto in concomitanza dei mesi estivi e durante le ore di maggior prelievo.

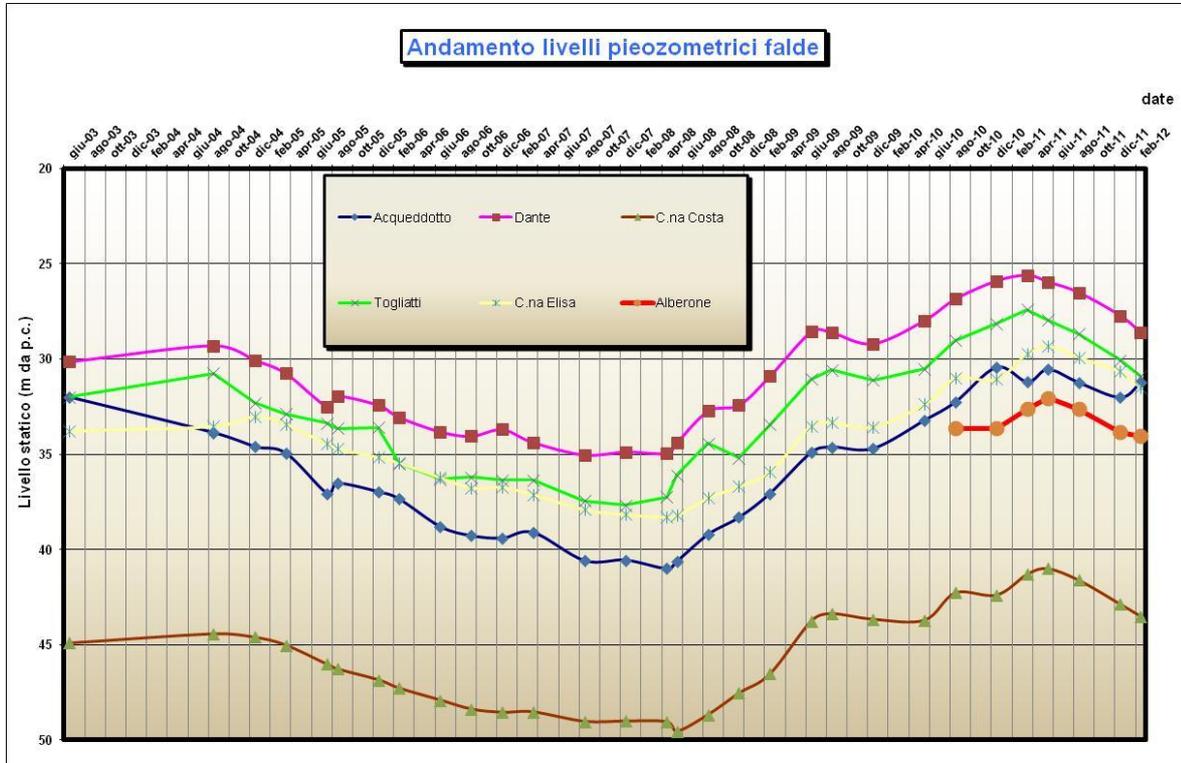
Il problema principale che condiziona lo sfruttamento della risorsa idropotabile all'interno di Samarate riguarda comunque la qualità delle acque captate in alcuni dei pozzi comunali, nelle quali si è rinvenuta la presenza di solventi clorurati e nitrati presenti in falda in concentrazioni prossime o superiori ai limiti di potabilità.

Tale condizione è comunque attualmente sotto controllo; per i nitrati si procede alla temporanea esclusione dalla rete ogni qualvolta i valori si approssimano al limite di legge, mentre per i solventi sono installati appositi impianti di trattamento a carboni attivi (rif. Par. 5.3.1.), pressochè su tutti i pozzi, ad eccezione del pozzo 2/2 di Via Dante, per il quale la concentrazione di solventi è comunque molto al di sotto della soglia limite di potabilità.

## 5.4 Analisi idrogeologica

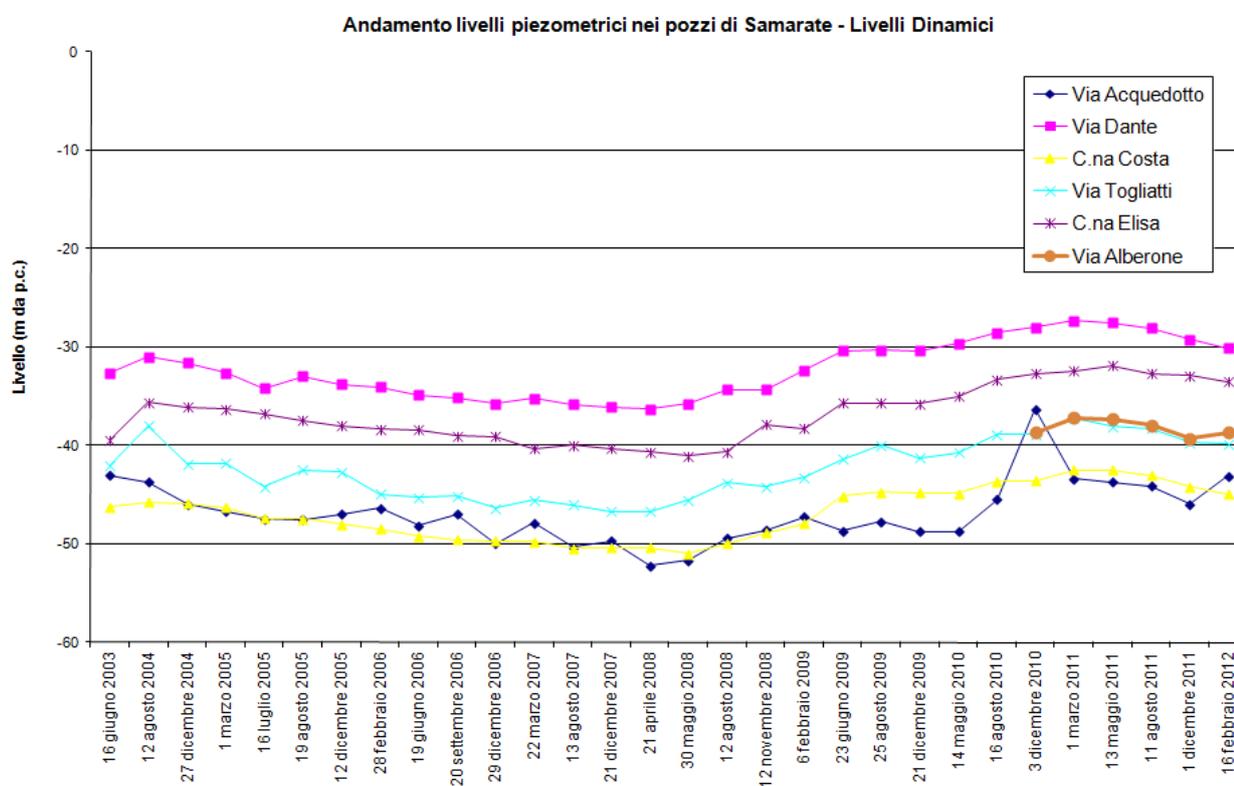
### 5.4.1 Analisi delle piezometrie dei pozzi

Si riportano di seguito i livelli statici e dinamici dei pozzi della rete acquedottistica comunale, rilevati tra il 2003 e il 2012 (dati forniti dalla A.S.C. SRL).



Il grafico mostra in generale, nell'arco dei dieci anni di misure, uno sviluppo dell'andamento dei livelli nei 6 pozzi pressoché identico e perlopiù costante. Si ricorda che il pozzo di Via Alberone è entrato in funzione nell'anno 2010.

Non si osservano infatti forti variazioni nei livelli statici nei pozzi nel corso del monitoraggio, nonostante tra il 2005 e il 2008 si abbia un contemporaneo leggero decremento dei livelli, probabilmente a causa della crisi idrica per scarsità di precipitazioni meteoriche di quegli anni. La soggiacenza alta dell'acquifero superficiale rende ridotto il contributo delle precipitazioni meteoriche alla ricarica della falda. Ecco perché la drastica diminuzione delle precipitazioni sembra aver influenzato solo marginalmente il livello nei pozzi.



Anche l'andamento dei livelli dinamici risulta essere pressoché il medesimo per tutti e cinque i pozzi considerati. Gli abbassamenti più consistenti si osservano nei pozzi di Via Acquedotto e di Via Togliatti, rispettivamente dell'ordine di 10 e 9 m (sollevando nel primo caso portate comprese tra i 25 e i 30 l/s e nel secondo caso comprese tra i 18 e i 22 l/s).

Negli altri pozzi gli abbassamenti sono invece più contenuti, essendo dell'ordine di 1,5 - 2 m per il pozzo di Via Dante (portata estratta compresa tra 2 e 4 l/s), dell'ordine di 1 - 1,5 m per il pozzo di C.na Costa (portata estratta compresa tra 13 e 15 l/s) e infine dell'ordine di 2 - 4 m per il pozzo di C.na Elisa (portata estratta compresa tra 19 e 29 l/s).

## 5.4.2 Bilancio idrogeologico

### **Teoria di base**

La modellizzazione del deflusso in un acquifero di pianura avviene mediante la costruzione di un reticolo di deflusso, costituito da due gruppi di linee, *linee di flusso* e *linee equipotenziali*, disposte in modo da formare una rete ortogonale di piccoli quadrati. Le linee di flusso rappresentano la traiettoria che le particelle di acqua seguono spostandosi attraverso l'acquifero, mentre le linee equipotenziali sono linee che uniscono punti di eguale carico piezometrico. Le zone comprese tra due linee di flusso adiacenti vengono chiamate "filetti idrici". Nessun deflusso può attraversare una linea di flusso perché, per definizione, la velocità di una particella in ogni punto di una linea di flusso è tangenziale ad essa.

### **Applicazione della teoria ad un acquifero di pianura**

L'acquifero superficiale di Samarate, comune di pianura, ha una soggiacenza piuttosto elevata, in media pari a circa 35÷40 m dal p.c; di conseguenza, per quanto attiene la ricarica della falda, è in generale possibile considerare molto ridotto l'apporto diretto fornito dalle precipitazioni meteoriche locali e dall'alimentazione da parte dei corsi d'acqua. Tale ipotesi, a maggior ragione, risulta valida anche per l'acquifero profondo, che risulta protetto dalla presenza di livelli argillosi di discreto spessore e significativa continuità laterale.

Di conseguenza, il bilancio idrogeologico può essere effettuato, in maniera semplificata, considerando come termine in ingresso esclusivamente l'afflusso dell'acquifero proveniente da monte e come termine in uscita le portate sollevate dalle opere di captazione presenti nel territorio comunale.

In un acquifero a sezione variabile, dove la corrente idrica si muove in moto permanente, la portata non cambia. Sotto questa ipotesi, il deflusso  $dq$  in due sezioni normali alla direzione di deflusso è dato dall'equazione di continuità:

$$dq = v_1 A_1 = v_2 A_2$$

dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dell'acqua in corrispondenza delle due sezioni  $A_1$  e  $A_2$ . Secondo la legge di Darcy, l'equazione precedente diventa

$$dq = k_1 i_1 A_1 = k_2 i_2 A_2$$

Il deflusso in un filetto idrico  $dq$  è perciò dato da

$$dq = kHB \left( \frac{dh}{L} \right)$$

dove  $k$  è la permeabilità dell'acquifero,  $H$  è lo spessore saturo dell'acquifero,  $B$  è l'intervallo tra linee di deflusso adiacenti,  $dh$  è l'intervallo tra due successive linee equipotenziali e  $L$  è la distanza tra esse ( $\frac{dh}{L}$  è dunque il gradiente  $i$ ).

Assumendo che l'acquifero sia omogeneo, gli spazi tra le linee di flusso sono uguali e di conseguenza sarà uguale anche il deflusso in ogni filetto idrico. Il deflusso totale dell'acquifero, dato dalla somma dei deflussi dei singoli filetti idrici, si è ottenuto moltiplicando  $dq$  per la larghezza dell'acquifero nel territorio considerato (il Comune di Samarate).

Pertanto, con i seguenti parametri idrogeologici (distinti per i due acquiferi), desunti dalla documentazione disponibile (prove pozzi e sezioni idrogeologiche) e/o opportunamente stimati e corretti,

	$k$ (m/s)	$H$ (m)	$B$ (m)	$i$ (m/m)
Acquifero superficiale	0,000088	45	5800	0,0087
Acquifero profondo	0,000088	35	5800	0,0087

applicando la formula precedente, si ottengono i risultati seguenti:

	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q$ (l/s)
Acquifero superficiale	0,200	200
Acquifero profondo	0,155	155

La permeabilità  $k$  degli acquiferi è stata valutata in base ai risultati delle prove idrauliche di pompaggio a portata costante effettuate sui pozzi di Via Dante (pozzo 2/2), di Via Acquedotto (pozzo 6/2), di Via Togliatti (pozzo 7) e in base alle stratigrafie dei pozzi a disposizione. Sui pozzi C.na Elisa (pozzo 4/2) e C.na Costa (pozzo 5) ove non sono state effettuate prove di pompaggio, sono stati attribuiti i parametri idrogeologici rispettivamente del pozzo di Via Acquedotto e di Via Dante per analogia idrogeologica. L'attribuzione del valore di  $k$  è stata effettuata analizzando le permeabilità desunte dalle diverse prove e impiegando il valore più ricorrente. Il valore di  $H$  è stato invece stimato facendo una media degli spessori degli acquiferi, in base alle stratigrafie dei pozzi a disposizione (cfr le sezioni in **Tav. 3**). Infine, il valore  $B$ , pari a 5800 m, e il gradiente  $i$ , pari a 0,0087, corrispondono rispettivamente alla larghezza del fronte dell'acquifero all'interno del territorio comunale e al gradiente medio della falda.

I pozzi che alimentano l'acquedotto comunale sono i pozzi di Via Dante (2/2), il pozzo di C.na Costa (5), che captano esclusivamente l'acquifero superficiale, il

pozzo di C.na Elisa (4/2), il pozzo di Via Togliatti (7) e Via Alberone (8), che captano esclusivamente l'acquifero profondo, e il pozzo di Via Acquedotto (6/2), che capta entrambi. Nella tabella seguente sono indicati sia i pozzi comunali che i pozzi privati attivi presenti nel territorio comunale, questi ultimi soprattutto ad uso industriale e irriguo (fonte dati "Studio idrogeologico ed idrochimico della Provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili e del piano d'ambito" – AATO Varese, 2007).

pozzo	Q (l/s)	acquifero
2.2	4,5	superficiale
4.2	33	profondo
5	15	superficiale
6.2	33	superficiale/profondo
7	25,5	profondo
8	20	profondo
21.1	10	superficiale
21.3	20	superficiale/profondo
22	2	superficiale
24	12	superficiale
25.1	14	superficiale
25.2	5	superficiale
25.3	10	superficiale
25.4	2	superficiale
26	10	superficiale
27	2	superficiale
30.1	2	superficiale
32	1,7	superficiale
34	5	superficiale
35	2	superficiale
36	1	superficiale
37	2	superficiale
38	4	superficiale

Nella seconda colonna della tabella è indicata la portata di concessione del singolo pozzo, mentre nella terza colonna l'acquifero captato, valutato in base alla profondità dei filtri.

Per il pozzo 34, invece, non essendo nota la portata di concessione, è stata indicata la portata di collaudo, che in generale rappresenta una sovrastima dell'effettiva portata sollevata. Per quanto riguarda i pozzi privati, essi in

generale captano tutti l'acquifero superficiale, ad eccezione del pozzo 21/3 che capta sia quello superficiale che quello profondo.

Per il pozzo di via Alberone (in funzione dal 2010) è stata considerata la portata di concessione pari a 20 l/s anche se attualmente il prelievo è decisamente inferiore a tale potenzialità.

La tabella seguente riassume le portate totali sollevate dai pozzi all'interno del territorio comunale, distinguendone la provenienza (i prelievi dai pozzi che interessano entrambi gli acquiferi sono stati ascritti all'acquifero profondo).

	Acquifero superficiale	Acquifero profondo	Tot.
Q <sub>out</sub> (l/sec)	133	132	264

La tabella seguente mostra infine i risultati del bilancio tra portata transitante e portata estratta da ciascun acquifero:

	Q (l/sec)	Q <sub>out</sub> (l/sec)	Δ (l/sec)
Acquifero superficiale	200	133	67
Acquifero profondo	155	132	24

In generale si osserva come il bilancio risulti pienamente positivo sia per l'acquifero superficiale che per quello profondo, segno che entrambi gli acquiferi hanno un significativo margine di ulteriore sfruttamento (pari a circa **2.112.912 m<sup>3</sup>/anno** per l'acquifero superficiale e a **756.864 m<sup>3</sup>/anno** per quello profondo).

## 5.5 Considerazioni finali

Attualmente i fabbisogni idrici potabili del Comune di Samarate risultano sostanzialmente soddisfatti dalle opere di captazione dell'acquedotto comunale.

Il corretto sfruttamento delle opere di captazione ha consentito negli ultimi anni di fare pienamente fronte ai fabbisogni senza l'impiego sistematico di serbatoi di accumulo. L'unico serbatoio presente, ubicato in località Verghera, è dotato di una capacità di soli 150 m<sup>3</sup> ed ha pertanto una limitata funzione di riserva a fronte della sua funzione principale di compenso delle pressioni in rete, essendo posto ad un'altezza di circa 25 m rispetto al p.c.

Dai dati di sollevato dalle fonti idropotabili, si stima che i fabbisogni attuali del comune si attestano mediamente attorno 1.800.000/1.815.000 m<sup>3</sup>.

Le previsioni di incremento demografico derivanti dall'attuazione del P.G.T. (dalle attuali 16.168 a 17.338 unità) determineranno un conseguente incremento dei fabbisogni idrici che potrebbero instaurare uno scompenso quantitativo, ma solo nell'ipotesi di non modificare né il numero di fonti idropotabili né la loro gestione.

A tal proposito, per fronteggiare il maggiore fabbisogno (stimato in circa 6 l/s), l'acquedotto di Samarate può contare su alcune soluzioni concomitanti tra cui:

- l'allacciamento all'acquedotto cittadino di pozzi già esistenti ma al momento non utilizzati, quali ad esempio il pozzo di via Ricci (3/2) per il quale è stata valutata una portata di concessione di 6 l/s (pratica provinciale in istruttoria);
- l'aumento di prelievo (in termini di ore di funzionamento) dal pozzo di Verghera Via Alberone (8), attualmente sottoutilizzato e funzionante solo su "richiesta" della rete, ad integrazione delle portate erogate dal pozzo di Via Acquedotto (6/2). La portata di concessione del Pozzo di Via Alberone (8) è infatti di 20 l/s a fronte di un utilizzo attuale che si aggira su soli 7 l/s;
- la futura realizzazione di nuove opere di captazione, essendo il bilancio idrogeologico a scala comunale del tutto in attivo, con possibilità di prelievo incrementale dell'ordine di 67 l/s dall'acquifero superficiale e 24 l/s dall'acquifero profondo.

In questo modo, il bilancio fabbisogni / disponibilità anche nella proiezione futura risulterà pienamente soddisfatto.

Va infine precisato che il gestore A.S.C SRL redige su base triennale un piano di manutenzione e ammodernamento della rete. Gli interventi riguardano le videoispezioni periodiche delle colonne dei pozzi al fine di valutarne lo stato di conservazione, la pulizia periodica dei tratti finestrati dei pozzi stessi, la sostituzione delle colonne delle pompe con tubazioni in acciaio inox, il risanamento dei serbatoi dei filtri a carboni attivi, nonché la sostituzione di tratti di tubazione della rete (per l'inadeguatezza dimensionale o il cattivo stato di conservazione) e il collegamento di tali porzioni di rete con chiusura ad anello.

Il proseguimento di tale attività di manutenzione programmata e controllo costante degli impianti acquedottistici e dei pozzi contribuirà anch'esso in modo significativo a supportare i fabbisogni garantendo la massima efficienza del sistema acquedottistico comunale.

## 6. IDROGRAFIA

### 6.1 *Inquadramento geografico e tipologia dei corsi d'acqua*

Nel territorio comunale di Samarate, il reticolo idrografico è costituito esclusivamente dal **Torrente Arno**, che attraversa il territorio comunale con andamento N - S.

Il Torrente Arno, così come i vicini torrenti Rile e Tenore, si sviluppa nella parte meridionale della Provincia di Varese e contribuisce a costituire la struttura principale della rete idrica superficiale del territorio compreso fra l'anfiteatro morenico del lago di Varese a Nord, il torrente Strona ed il fiume Ticino a Ovest, il canale Villoresi a Sud ed il fiume Olona ad Est.

Il Torrente Arno nasce nel territorio del Comune di Gazzada Schianno e scende in direzione Nord - Sud lungo l'omonima Valdarno fino all'ingresso in Gallarate, il percorso del torrente è circa parallelo a quello dell'autostrada A8 Milano - Varese.

Nella sua parte montano - collinosa, cioè fino al suo ingresso nell'abitato di Gallarate, questo corso d'acqua riceve gli apporti di numerosi rivi secondari, privi di una denominazione precisa (in generale gli abitanti della zona usano la denominazione "riale" o "fontanile").

Tutti questi rami tributari sono pressoché privi di una portata propria, salvo in tempo di pioggia; in tempo asciutto le acque che vi scorrono provengono da scarichi fognari, civili o industriali.

I principali affluenti del torrente Arno sono: il torrente Scirona, il riale della Trenca, il torrente Riale, il riale di Oggiona – Carnago, il fosso Tenore e la roggia Sorgiorile.

Con l'immissione del Sorgiorile in Gallarate (in corrispondenza del ponte di via Ronchetti) si può considerare esaurito il bacino idrografico del torrente Arno, il quale, più a valle, non riceve apporti da altri tributari.

In effetti a valle della città di Gallarate non ha più significato parlare di un bacino imbrifero del torrente in quanto, a causa dell'elevata permeabilità dei terreni circostanti, la superficie drenante si riduce ad una fascia di qualche decina di metri. Nel suo tratto finale, in località S. Antonino ricino (fraz. di Lonate Pozzolo) e Vanzaghello, il fondo alveo del torrente è all'incirca alla stessa quota del terreno circostante.

Dopo avere attraversato i comuni di Cardano al Campo, Samarate, Ferno, Lonate Pozzolo e Vanzaghello, le acque dell'Arno spagliano nelle campagne di

Castano Primo e Nosate, aumentando di anno in anno le superfici allagate cui fa da limite inferiore l'argine sinistro del canale Villoresi.

Il torrente Arno è classificato come corso d'acqua di 3a categoria nel tratto compreso fra il ponte della strada Gazzada Schianno - Brunello e la zona di spagliamento.

Il bacino idrografico del torrente Arno ha una superficie di 52,92 km<sup>2</sup> di cui 20,35 km<sup>2</sup> di bacino proprio e 32,57 km<sup>2</sup> dei bacini dei suoi principali affluenti. Le superfici dei bacini sono riportate nella seguente tabella:

Sottobacini principali	Superficie [Km <sup>2</sup> ]	%
Torrente Arno	20,35	38,5
Torrente Scirona	3,71	7,0
Riale della Trenca	1,31	2,5
Torrente Riale	2,79	5,3
Riale di Oggiona - Carnago	2,39	4,5
Fosso Tenore	3,83	7,2
Roggia Sorgiorile	18,54	35,0
Totale	52,92	100,0

L'idrografia del T. Arno, e dei vicini Rile e Tenore, è caratterizzata nella zona montuoso - collinare della presenza di un reticolo idrografico ben sviluppato con numerosi rivi affluenti.

Questi sono tutti di limitata estensione, con portate ridotte in tempo asciutto, derivanti soprattutto da scarichi fognari civili ed industriali. Con l'estensione della rete di collettori fognari intercomunali del Consorzio di depurazione ivi operante, si può prevedere una ulteriore riduzione delle portate di tempo asciutto.

Viceversa, in tempo di pioggia, si hanno notevoli portate derivanti sia dal bacino idrografico vero e proprio, sia dalle aree urbanizzate con l'entrata in funzione degli apposti sfioratori disposti sulle reti fognarie comunali miste. Quando i tre torrenti, abbandonata la zona collinare, sboccano in pianura non risulta delimitabile un bacino idrografico per la mancanza di un qualsiasi reticolo.

In effetti l'elevata permeabilità del terreno alluvionale non ha permesso lo svilupparsi di un'idrografia superficiale ed i tre torrenti si presentano con la sola asta fluviale, con un aspetto molto simile a quello di un canale artificiale.

I torrenti risultano però oggetto di notevoli scarichi fognari in tempo di pioggia (in tempo asciutto, almeno per il torrente Arno, gli scarichi sono avviati al trattamento depurativo) in quanto nei tratti di pianura attraversano i Comuni più popolati quali Gallarate, Cassano Magnago, Cardano al Campo e Samarate.

I tre torrenti non trovano recapito in un corso d'acqua principale, ma si esauriscono nella pianura, con assorbimento delle acque da parte del terreno.

Le acque dei torrenti Rile e Tenore sono addotte in apposite vasche di accumulo e disperdimento localizzate nella posizione meridionale del territorio di Cassano Magnago; le vasche sono peraltro collegate al fiume Olona mediante condotte di dimensioni tali da consentirne un rapido svuotamento ma inadeguate a convogliare la portata di piena dei due torrenti.

Le acque del torrente Arno allo stato attuale spagliano in una vasta area nei territori di Vanzaghello, Lonate Pozzolo, Castano Primo e Nosate. La Regione Lombardia ha già redatto un progetto per il recupero ambientale di tale zona e per la realizzazione di un sistema di vasche di accumulo delle acque del torrente.

Vengono di seguito indicate le principali caratteristiche dell'idrografia del torrente Arno.

Il torrente Arno ha una lunghezza complessiva di 28,56 km, di cui 15,96 km nella parte montuosa - collinare e 12,60 km nella parte di pianura.

Ad oggi sono stati oggetto di sistemazione idraulica, con interventi di protezione spondale, circa 12,1 km di alveo.

Complessivamente i tratti urbani del torrente Arno assommano a 16,72 km pari al 62% della lunghezza complessiva; risultano tombinati n. 4 tratti di alveo in Gazzada ed in Gallarate, per una lunghezza complessiva di 0,50 km.

L'asta fluviale presenta una pendenza media nel tratto a monte pari al 0,7% e pari al 0,4% nel tratto di valle.

I due principali affluenti del torrente Arno risultano essere il fosso Tenore e la Roggia Sorgiorile. Il fosso Tenore ha origine in territorio di Sumirago e si innesta in sponda destra del torrente Arno all'altezza della Cascina S. Vittore a Orago.

La roggia Sorgiorile si compone di due rami: il primo ramo nasce in territorio di Quinzano e scende a Sud attraversando Besnate con la denominazione di roggia Pont - Peder; il secondo ramo ha origine in territorio di Arsago Seprio con due rami secondari (Fontanile nuovo e Fontanile vecchio); dopo aver attraversato la parte meridionale di Besnate e sottopassato l'autostrada A8 Gallarate - Arona, confluisce nella roggia Pont - Peder formando la roggia Sorgiorile.

Questo corso d'acqua dopo aver ricevuto l'insieme di altri due piccoli affluenti penetra in territorio di Gallarate all'altezza della frazione Caiello e si immette

nell'alveo del torrente Arno in corrispondenza del ponte di via Ronchetti, dopo aver percorso l'ultimo tratto in sezione tombinata.

Nella tabella seguente vengono indicate le caratteristiche principali del reticolo idrografico del torrente Arno.

Corsi d'acqua principali	Sviluppo aste principali [Km]	Sviluppo idrografia secondaria [Km]
Torrente Arno	28,56	
Torrente Scirona	3,93	3,74
Riale della Trenca	1,70	2,11
Torrente Riale	4,11	2,31
Riale di Oggiona - Carnago	4,31	1,29
Fosso Tenore	5,12	2,64
Roggia Sorgiorile	6,04	16,37
Totale	53,77	28,46

Nell'ambito dello studio condotto dall'Autorità di Bacino del fiume Po nel 1999 sulla sistemazione idraulica e ambientale dei torrenti Arno, Rile e Tenore è stato rilevato, a seguito di apposito rilievo topografico il profilo di fondo alveo e n. 134 sezioni trasversali, per il tratto del torrente Arno compreso fra la tombinatura di Gazzada e l'impianto di depurazione di S. Antonino Ticino. Sono stati altresì individuati n. 71 ponti stradali sul torrente, con una frequenza media di oltre 2 ponti per km.

## 6.2 Individuazione del reticolo idrico principale e minore

Con la D.G.R. 25 ottobre 2012 n. 9/4287 – “*Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica*” la Regione Lombardia ha aggiornato le modalità di individuazione del **reticolo idrico principale** e, per differenza, del **reticolo idrico minore** già disciplinate in diverse delibere a partire dal 2002.

La delibera, inoltre, conferma la delega all'amministrazione comunale per l'individuazione delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua e della relativa regolamentazione con indicazione delle attività vietate o soggette ad autorizzazione e stabilisce il trasferimento ai comuni, alle comunità montane e ai consorzi di bonifica delle funzioni concernenti la manutenzione, la polizia idraulica e l'amministrazione dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore già disposte precedentemente.

La definizione dei corpi idrici appartenenti al reticolo idrografico principale (Allegato A – “*Individuazione del reticolo idrico principale*” – D.G.R. 9/4287/12, che sostituisce gli elenchi precedenti), è stata effettuata dalle strutture ex Genio

Civile; i corsi d'acqua individuati possiedono i requisiti presenti nella D.G.R. n. VI/47310 del 20/12/1999 e soddisfano i seguenti criteri:

- *Significatività dei bacini*: sono considerati tali quelli sottesi da corsi d'acqua di lunghezza superiore a 2 km.
- *Particolarità dei corsi d'acqua di lunghezza inferiore a 2 km*: caratterizzati da rilevanti problematiche idrauliche o idrogeologiche; interessati da interventi idraulici o di versante particolarmente significativi; con presenza di opere di sbarramento di cui alla l.r. 8/98; oggetto di significative autorizzazioni di derivazioni d'acqua a scopo idroelettrico.
- *Significatività dei corsi d'acqua totalmente compresi nel territorio di un comune* (come sopra).
- *Individuabilità dei tratti costituenti il reticolo principale* attraverso elementi territorialmente visibili e *visibilità in cartografia* dei limiti che definiscono il reticolo principale
- *Congruenza con i limiti di definizione dei laghi principali*

I corsi d'acqua naturali o artificiali non indicati nell'elenco dell'Allegato A della delibera, o i tratti di quelli presenti non rientranti nella descrizione "*tratto indicato come principale*" sono da considerarsi non appartenenti al reticolo idrico principale, così come previsto nella D.G.R. n. 6/47310 del 22/12/1999.

Il reticolo idrografico minore, di competenza comunale, è individuato in base al regolamento di attuazione della L. 36/94 e coincide con il reticolo idrico costituito da tutte le acque superficiali ad esclusione dei corpi idrici classificati come principali e di tutte "*le acque piovane non ancora convogliate in un corso d'acqua*"; in particolare comprende tutti i corsi d'acqua che rispondono ad almeno uno dei seguenti criteri:

- corsi d'acqua indicati come demaniali nelle carte catastali o in base alle normative vigenti;
- corsi d'acqua oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici e/o interessati da derivazioni d'acqua;
- corsi d'acqua rappresentati nelle cartografie ufficiali (IGM, CTR).

Secondo gli elenchi riportati nell'Allegato A – "*Individuazione del reticolo principale*" della D.G.R. D.G.R. 9/4287/12 e in base alle indicazioni di cui sopra il territorio comunale di Samarate è interessato esclusivamente dal corso del **Torrente Arno** (VA057, n. iscrizione El. AAPP 229/C), identificato come appartenente al reticolo principale.

## 7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TECNICO

### 7.1 *Prima caratterizzazione geotecnica dei terreni*

La classificazione del territorio su base geologico – tecnica e geopedologica ha seguito le indicazioni della D.G.R. 9/2616/11 che raccomanda l'effettuazione di una prima caratterizzazione geotecnica sulla scorta dei dati disponibili e delle osservazioni dirette.

A tale scopo si sono considerati i dati derivanti dai punti stratigrafici di riferimento (vedi **Par. 3.3**) quali:

- affioramenti naturali,
- punti stratigrafici di riferimento (da P.R.G. 1994 e 2004),
- nuovi scavi edili presenti nelle aree urbanizzate,

Inoltre sono state esaminate indagini geognostiche e studi geologici precedenti disponibili presso gli Uffici Tecnici del Comune di Samarate.

Nella **Tav. 4** sono state definite le aree con caratteristiche litologiche, pedologiche e morfologiche omogenee e sono state indicati i punti di osservazione diretta. Le caratteristiche principali di queste aree sono di seguito descritte.

#### **ZONA A**

Litologia: Ghiaie e sabbie in matrice sabbioso - limosa con limi sommitali di spessore circa 2 m.

Pedologia: Suolo profondo (1,5-2 m).

Geotecnica: Terreni fini coesivi sovraconsolidati; permeabilità bassa, crescente con la profondità

Drenaggio: Drenaggio delle acque difficoltoso in superficie e nel primo sottosuolo con possibilità di formazione di orizzonti saturi.

#### **ZONA B**

Litologia: Ghiaia a supporto clastico in matrice sabbioso - limosa; orizzonte sommitale limoso fino a 1,3 m di profondità

Pedologia: Suolo moderatamente profondo (0,6 - 1,3 m).

Geotecnica: Terreni granulari poco alterati con stato di addensamento discreto, sovrastati dall'orizzonte sommitale caratterizzato da addensamento "sciolto".

Drenaggio: Drenaggio delle acque difficoltoso in superficie e nell'avvicinamento all'area del Torrente Arno.

## ZONA C

Litologia: Sabbie fini massive intercalate a livelli ghiaiosi a supporto clastico; livello sommitale di limo argilloso di circa 1 m di spessore.

Pedologia: Suoli da sottili a poco profondi (0,1 - 0,5 m)

Geotecnica: Terreni granulari mediamente addensati con buone caratteristiche geotecniche; orizzonte sommitale con addensamento sciolto.

Drenaggio: Drenaggio delle acque discreto in superficie, con miglioramento in profondità.

I limiti delle zone identificate, avendo come principale carattere distintivo la costituzione litologica, coincidono sostanzialmente con i limiti delle unità geologiche di superficie.

Stante le suddette caratteristiche fisiche, nel territorio non si ravvisano particolari problematiche di carattere geotecnico e l'assenza di versanti acclivi facilita le condizioni di esame su tutto il territorio comunale.

Nella zona B, largamente edificata, si evidenzia la presenza di un orizzonte sommitale caratterizzato da addensamento sciolto e, in generale, la difficoltà di drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo a causa della ridotta permeabilità dei terreni più superficiali.

\*\*\*\*\*

Oltre alle aree sopra descritte, in **Tav. 4** sono stati cartografati alcuni elementi tecnici di interesse quali:

- aree interessate da specifiche indagini geologico – tecniche e punti stratigrafici di riferimento;
- aree di scarpata poco acclive, generalmente stabile, con inclinazione minore di 20° e dislivello massimo 12 m;
- limite dell'area di cava di recupero Rg5 - Cava Redi (D.C.R. n. VIII/698 del 30/09/2008 "Nuovo piano cave della Provincia di Varese - L.r. 14/1998");
- aree di attività produttiva dismessa, censite dalla Provincia di Varese nell'ambito del progetto "Rilevamento aree dismesse nel territorio della provincia di Varese" e relativo numero di scheda (attività previste dalla DGR n. 8/7244/08);

- aree soggette a fenomeni di esondazione e/o ristagno delle acque meteoriche che possono alterare le condizioni geotecniche locali;
- elementi della rete fognaria (acque nere, acque miste, collettore e punti di recapito) ed elementi della rete acquedottistica (dorsali principali e opere di captazione).

## 7.2 Indagini e studi geologici precedenti

Per quanto attiene le informazioni ricavate da studi geologici ed indagini geotecniche svolte precedentemente, in **Tav. 4** sono state ubicate le aree di indagine, a cui corrisponde una numerazione identificativa.

### 6: Caratterizzazione geologico – tecnica del terreno di fondazione della copertura del campo polifunzionale presso C.na Costa, Via Agusta, in comune di Samarate

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante prove penetrometriche dinamiche continue

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati due livelli; il livello superiore (da p.c. fino a 1,5 m) è costituito da limi sabbiosi con clasti sparsi e stato di addensamento “sciolto” con scadenti caratteristiche geotecniche tali da non ammettere la posa di fondazioni dirette; il livello sottostante (>1,5 m) è costituito da ghiaie a supporto di matrice sabbioso - limosa con stato di addensamento “addensato” con discrete caratteristiche geotecniche

#### Caratteri geotecnici principali

	$\phi$ angolo di attrito (°)	Dr densità relativa (%)	Nspt medio (num. colpi)	Nspt equiv (num. colpi)
Livello superiore A	Parametro non definibile	Parametro non definibile	1	2
Livello inferiore B	35°	61	9	18

### 213: Indagine geognostica per ampliamento fabbricato produttivo in comune di Samarate, Via della Prava

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante prove penetrometriche dinamiche continue

Interpretazione stratigrafica: presenza di terreni ghiaioso sabbiosi con stato di addensamento molto variabile, talora apparentemente più addensati negli strati superficiali rispetto agli strati profondi. Nei primi 5 m dal p.c. i valori delle prove

indicano uno stato di addensamento del terreno complessivamente di grado "mediamente addensato". Oltre i 5 m dal p.c. i valori delle prove sono più omogenei ed indicano che lo stato di addensamento del terreno varia da grado "poco addensato" a "mediamente addensato".

#### Caratteri geotecnici principali

$\phi$ angolo di attrito (°)	Dr densità relativa (%)	Nscpt medio (num. colpi)	Nspt equiv (num. colpi)
32	35	4	8

### **229/08: Relazione geotecnica per ristrutturazione edilizia in San Macario di Samarate – Viale Europa**

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante scavi esplorativi

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati due livelli; il livello superiore (da p.c. fino a 0,4 m) è costituito da terreno di riporto; il livello sottostante (da 0,4 a 2,5 m) è costituito da ghiaia mista con argilla.

### **210/08: Relazione geologico – tecnica a supporto di progetto fabbricato ad uso residenziale in Via Gorizia**

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno scavi esplorativi

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati due litozone; la litozona superiore (da p.c. fino a 0,6 m) è costituita da terreno humico vegetale e di riporto; la litozona sottostante (>0,6 m) è costituita da sabbie e ghiaie con ciottoli debolmente limose

#### Caratteri geotecnici principali

	$\phi$ angolo di attrito (°)	Dr densità relativa (%)	$\gamma$ Peso di volume (t/mc)
Litozona B	30 - 32	20 - 40	1,7 – 1,8

### **30/09: Relazione geologico – tecnica a supporto di progetto di palazzina residenziale (P.L. Cascine) in Via Augusta a Samarate**

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante prove penetrometriche dinamiche continue

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati tre litozone; la litozona 1, presente da 1,5 a 4,2 m, è costituita da ghiaia e ciottoli con sabbie leggermente addensate; la litozona 2, presente da 4,2 a circa 6 m, è costituita da sabbie ghiaiose con ciottoli scarsamente addensate; la litozona 3, presente oltre 6 m, è costituita da grossi ciottoli e ghiaia e sabbie mediamente addensate.

Caratteri geotecnici principali

	Litozona 1	Litozona 2	Litozona 3
Nscpt medio (num. colpi)	13	10	25
Dr densità relativa (%)	45	30	50
$\gamma$ Peso di volume (kN/mc)	19	17	19.5
$\varphi$ angolo di attrito (°)	33	30	36
E Modulo elastico (MN/mq)	12	7	20

**232/07: Relazione geologico – tecnica a supporto della realizzazione di due case di civile abitazione a Samarate**

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante prove penetrometriche dinamiche continue

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati livelli sciolti superficiali fino a circa 4 m da p.c., più profondità sono stati rilevati livelli addensati, fino ad arrivare al rifiuto dell'avanzamento della punta a 5,7 m.

Caratteri geotecnici principali

	Profondità	addensamento
Strato A	0,0 – 0,3	coltivo
Strato B	0,3 – 0,9/1,5	sciolto e da sciolto a medio
Strato C	0,9/1,5 – 3,3/3,9	sciolto
Strato D	3,3/3,9 – 4,5/5,1	da sciolto a medio
Strato E	4,5/5,1 – 5,4/5,7	denso

### **209/07: Relazione geologico – tecnica a supporto della demolizione e ricostruzione di unità abitativa in Via Tevere a Samarate**

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante prove penetrometriche dinamiche continue

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati 4 livelli con caratteristiche omogenee. Il primo livello, presente fino a circa 3 m, è costituito da materiale di riporto a comportamento da granulare a semicoesivo. Il secondo livello, presente da 3 a 4,2 m di profondità, è costituito da sabbie limoso – argillose con tracce di ghiaia, con proprietà meccaniche da scadenti a mediocri. Il terzo livello, presente da 4,2 a 5,1 m di profondità, è costituito da sabbie ghiaiose da moderatamente a mediamente addensate. Il quarto livello, presente da 5,1 m, è costituito da ghiaie e ghiaie sabbiose con ciottoli sparsi addensate.

### **201/07: Relazione geologico – tecnica a supporto del progetto di ampliamento di edificio residenziale in Via San Francesco a Samarate**

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante prove penetrometriche dinamiche continue

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati 4 livelli con caratteristiche omogenee. Il primo livello, presente fino a circa 0,6 m, è attribuibile a terreno pedogenizzato o di riporto con buon addensamento. Il secondo livello, presente da 0,6 a circa 1,5-1,8 m di profondità, è costituito da sabbie scarsamente addensate. Il terzo livello, presente da 1,8 a 6 m di profondità, è costituito da sabbie ghiaiose con addensamento variabile da medio a scarso. Il quarto livello, presente da 6 m, è costituito da ghiaie sabbiose con ciottoli addensate.

### **05/09: Relazione geologico – tecnica di supporto alla realizzazione di un intervento edilizio presso la loc. C.na Tangitt a Samarate**

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante prove penetrometriche dinamiche continue

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati tre livelli. Da p.c. fino a circa 1,2-1,8 m, è presente un livello costituito da materiale di riporto e da sabbie e sabbie limose con grado di addensamento mediocre. Da 1,2-1,8 m a 3-5 m è presente un livello costituito da sabbie limose e sabbie ghiaiose con grado di addensamento scarso. Da 3-5 m è presente un livello costituito da ghiaie sabbioso – limose con grado di addensamento buono.

Caratteri geotecnici principali

	$\gamma$ peso di volume (kN/mc)	$\phi$ angolo di attrito (°)	Cu coesione non drenata kPa	Dr densità relativa (%)
Strato A	17	26	0	36
Strato B	17	24	0	25
Strato C	20	32	0	58

**158/08: Relazione geotecnica di supporto alla costruzione di due edifici presso la loc. C.na Tangitt a Samarate**

Argomento: caratterizzazione geologico – tecnica del terreno mediante prove penetrometriche dinamiche continue

Interpretazione stratigrafica: sono stati riscontrati tre livelli. Da p.c. fino a circa 1,2-1,8 m, è presente un livello costituito da coltivo e ciottoli, ghiaia e sabbia scarsamente addensate. Da 1,2-1,8 m a 3,3-3,9 m è presente un livello costituito da sabbie ghiaiose sciolte con ciottoli. Da 3,3-3,9 m è presente un livello costituito da ghiaia e sabbia addensate.

Caratteri geotecnici principali

	Litozona 1	Litozona 2	Litozona 3
Nscpt medio (num. colpi)	9	3	27
Dr densità relativa (%)	40	25	60
$\gamma$ Peso di volume (kN/mc)	17	15	21
$\phi$ angolo di attrito (°)	30	27	38
E Modulo elastico (MN/mq)	7	3	25

## 8. VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Di seguito si ripropone la valutazione del rischio idraulico condotta nell'ambito dell'adeguamento del proprio strumento urbanistico alle norme P.A.I. – D.G.R. 11 dicembre 2001 n. 7/7365 – effettuato nel 2005.

I rilievi topografici sono stati realizzati dal Geom. Lucio Giovanni Giudici, mentre i calcoli idraulici sono stati effettuati dall'Ing. Massimo Guarino.

\*\*\*\*\*

Lo studio è finalizzato alla valutazione del grado di compatibilità idraulica dell'alveo del torrente Arno che scorre nel territorio comunale di Samarate (Varese) ed alla quantificazione delle linee di allagamento con l'individuazione delle effettive aree potenzialmente soggette ad esondazione e degli interventi strutturali atti a prevenire tali fenomeni.

Considerata infatti la conformazione del bacino, gli eventi alluvionali avvenuti anche nel recente passato, la distribuzione delle opere di difesa previste e/o già in fase di realizzazione, l'elevato livello di densità abitativa e di attività produttive dell'area e quindi il considerevole livello di vulnerabilità di tutta l'area, è chiaro che possono risultare necessari una serie di interventi di protezione e di adeguamento per difendere abitazioni e infrastrutture presenti sul territorio. Come detto sopra, tale necessità è avvalorata dal verificarsi anche nel recente passato, di eventi di allagamenti con danni a beni materiali.

Lo studio è stato sviluppato partendo, come prima attività, da un inquadramento generale dell'area, arricchito e supportato da ricerche per caratterizzare il sito in esame sia per quanto riguarda il bacino del torrente Arno dal punto di vista morfologico e geologico, sia per ciò che concerne le peculiarità dell'area dal punto di vista storico ed economico.

La seconda fase del lavoro è consistita nella determinazione delle variabili idrauliche ed idrologiche necessarie alla quantificazione delle portate e dei tiranti idrici nelle diverse sezioni del corso d'acqua.

Con tale obiettivo, sono stati svolti i calcoli per la definizione delle linee di allagamento, sul torrente Arno, nel comune di Samarate, in corrispondenza di tutto il tratto che interessa il territorio comunale.

Occorre subito dire che lo studio non può prescindere dal progresso elaborato proprio dall'Autorità di Bacino del fiume Po e che ha portato ad individuare una serie di interventi di protezione e difesa del territorio che dovrebbero scongiurare rischi elevati di esondazione. Di fatto solo alcuni di questi interventi sono già in fase di realizzazione e conseguentemente lo studio ha considerato

il confronto fra la situazione futura, con ciò che é in fase di costruzione già in esercizio, ed il transitorio che si riferisce alla situazione attuale.

In particolare, l'individuazione delle aree che potenzialmente sono soggette ad allagamenti per insufficienza dell'alveo e/o carenze degli eventuali tratti tombinati, in occasione di particolari eventi alluvionali, è stata ottenuta in corrispondenza di portate con tempo di ritorno pari a 10, 20, 50 e 100 anni (pari al tempo di riferimento indicato dal Piano di Assetto Idrogeologico, che, come per il fiume Olona, è fissato in 100 anni).

Data l'impossibilità di disporre, per il fiume in esame, di serie storiche di misura delle portate al colmo, lo studio delle caratteristiche idrauliche dei deflussi di piena, cioè il calcolo dei profili di corrente necessari per il tracciamento delle linee di esondazione, è stato svolto dopo aver determinato l'entità delle portate di piena che possono generarsi nell'asta fluviale con un modello di trasformazione afflussi - deflussi.

Naturalmente a supporto dello studio, è stata preliminarmente condotta un'accurata indagine topografica per la caratterizzazione dei piani quotati dell'area oggetto dello studio e delle sezioni di riferimento del corso d'acqua. Pertanto le operazioni conoscitive preliminari ed indagini di campo, sono consistite in:

- presa in carico della cartografia necessaria alla redazione degli elaborati grafici;
- presa in carico dei rilievi fotografici aerei recentemente effettuati sull'area;
- effettuazione di sopralluoghi tecnici presso l'area;
- individuazione delle sezioni idrauliche di interesse per il rilievo topografico;
- effettuazione della battuta delle sezioni ed aggancio all'aerofotogrammetrico comunale ed eventualmente al CTR regionale;
- acquisizione del materiale disponibile presso gli uffici tecnici competenti riguardante le opere di difesa in fase di realizzazione, compreso tempi di attuazione, materiali, dimensioni;
- contatti con i Funzionari di Comune e Magistrato del Po per l'acquisizione dello stato di fatto in ordine agli interventi realizzati o programmati sul corso d'acqua, con particolare riferimento allo stato di attuazione della Fascia B di progetto;
- inquadramento geologico e di uso del suolo ai fini della stima dei parametri di bacino necessari al calcolo delle portate fluenti nelle sezioni di interesse;
- rilievo geomorfologico di dettaglio di alcuni punti dell'area.

Lo studio idraulico seguente è stato completato con la valutazione del grado di compatibilità allo stato attuale, con l'indicazione di eventuali interventi correttivi e migliorativi per il raggiungimento di un livello di sicurezza e di compatibilità confacenti a valori ritenuti accettabili.

Nei capitoli seguenti, oltre ad una descrizione del bacino del torrente, sono riportate le elaborazioni condotte sui dati pluviometrici, la procedura adottata per determinare le portate al colmo e, infine, la stima, ottenuta in condizioni di moto permanente, dei livelli idrometrici.

## **8.1 Riferimenti normativi e di pianificazione**

### **8.1.1 Analisi normativa**

La legge 18 maggio 1989, n. 183 "*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*" successivamente modificata con le leggi n. 253/90, n. 493/93, n. 61/94 e n. 584/94 ha riformato il settore della difesa del suolo, introducendo una serie di norme dirette a dare un assetto definitivo al territorio.

Lo scopo del provvedimento è quello di assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi (art. 1 comma 1).

La legge ha previsto la suddivisione di tutto il territorio nazionale in "Bacini idrografici", da intendersi quali entità territoriali che costituiscono ambiti unitari di studio, programmazione ed intervento, prescindendo dagli attuali confini ed attribuzioni amministrative.

Tali bacini sono stati classificati su tre livelli: nazionali, interregionali e regionali.

Al governo dei bacini idrografici, la Legge 183/1989 prevede siano preposte le Autorità di Bacino, strutture di coordinamento istituzionale, che hanno il compito di garantire la coerenza dei comportamenti di programmazione ed attuazione degli interventi delle amministrazioni e degli enti locali che, a vario titolo ed a vari livelli, espletano le proprie competenze nell'ambito del bacino idrografico.

Tale funzione, ai sensi della citata Legge n. 183/89, trova la massima espressione nella redazione del Piano di Bacino che, come già detto, rappresenta lo strumento operativo, normativo e di vincolo finalizzato a regolamentare l'azione nell'ambito del bacino.

Il Piano di Bacino ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il piano offre, al suo interno, una previsione normativa diretta a stabilire la tipologia e le modalità degli interventi necessari a far fronte non solo alle problematiche idrogeologiche, ma anche ambientali, al fine della salvaguardia del territorio sia dal punto di vista fisico che da quello dello sviluppo antropico.

I piani di bacino idrografico infine possono essere redatti ed approvati anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali.

Il ripetersi durante questi ultimi anni di gravissimi fenomeni di dissesto idrogeologico ha portato alla emanazione del Decreto Legge 11 giugno 1998, n. 180 convertito in legge, con modificazioni, dalla Legge 3 agosto 1998, n. 267 *"Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania"*.

La norma prevede, tra le altre cose, che le autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le regioni per i restanti bacini adottino, ove non si sia già provveduto, piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico.

Il provvedimento legislativo evidenzia anche la necessità di attivare misure di incentivazione per ottenere l'adeguamento delle infrastrutture e la rilocalizzazione fuori dell'area a rischio delle attività produttive e delle abitazioni private.

Il metodo per la valutazione del rischio dipendente dai fenomeni di carattere idrogeologico viene indicato dal D.P.C.M. del 29 ottobre 1998, che costituisce l'atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art.1, comma 1 e 2, del Decreto Legge n. 180/98.

In particolare nel citato atto di indirizzo e coordinamento per valutare il rischio dipendente da fenomeni di carattere naturale viene fatto riferimento al prodotto "logico" di tre fattori:

- *la pericolosità*: cioè la probabilità di accadimento di un evento calamitoso;
- *il valore degli elementi a rischio*: ovvero delle persone, dei beni localizzati, del patrimonio ambientale. In particolare, a questo proposito, sono considerati elementi a rischio fattori come: l'incolumità delle persone, gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica, le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, in particolare quelli definiti a rischio ai sensi di legge, le infrastrutture a rete e le

vie di comunicazione di rilevanza strategica anche a livello locale, il patrimonio ambientale ed e i beni culturali di interesse rilevante, le aree sede di servizi pubblici e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive e infrastrutture primarie, gli agglomerati urbani;

- *la vulnerabilità degli elementi a rischio*: che dipende sia dalla capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento sia dall'intensità dell'evento stesso.

Le attività previste vengono articolate in tre fasi di azione successive corrispondenti a un diverso livello di approfondimento delle stesse.

Nella prima fase devono essere individuate le aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso l'acquisizione di tutte le informazioni disponibili sullo stato del dissesto.

Nella seconda fase deve essere effettuata l'attività di perimetrazione, e la valutazione del livello di rischio esistente nelle diverse aree del territorio. Inoltre in questa fase devono essere definite le misure di salvaguardia necessarie.

L'ultima fase prevede la programmazione della mitigazione del rischio.

Nel caso del rischio idraulico, effettuate le attività di prima fase individuando sul territorio le aree soggette a dissesto, si possono distinguere tre zone caratterizzate da una diversa probabilità di evento calamitoso. In particolare le zone corrispondono ad:

- *aree ad alta probabilità di inondazione* (indicativamente con tempo di ritorno "Tr" di 20-50 anni);
- *aree a moderata probabilità di inondazione* (indicativamente con tempo di ritorno "Tr" di 100-200 anni);
- *aree a bassa probabilità di inondazione* (indicativamente con tempo di ritorno "Tr" di 300-500 anni).

Le zone protette da argini devono comunque essere inserite almeno tra le aree a bassa probabilità di inondazione.

Per valutare le situazioni di rischio devono quindi essere considerati gli insediamenti, le attività antropiche, il patrimonio ambientale che sono presenti nel territorio in modo da individuare gli elementi distintivi delle diverse zone soggette ad allagamento.

Esaminando le aree soggette ad allagamento assieme alle loro caratteristiche sociali economiche ed ambientali è possibile valutare il differente livello di

rischio esistente nelle diverse zone di territorio e stabilire le misure più urgenti di prevenzione mediante interventi e/o misure di salvaguardia.

L'atto di indirizzo, facendo riferimento ad esperienze di pianificazione già effettuate, propone di aggregare le diverse situazioni in quattro classi di rischio a gravosità crescente (1=moderato/a; 2=medio/a; 3=elevato/a; 4=molto elevato/a), definite nel modo seguente:

<b>Moderato R1:</b>	per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.
<b>Medio R2:</b>	per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture, e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
<b>Elevato R3:</b>	per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità della attività socio – economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale e culturale
<b>Molto elevato R4:</b>	per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni rilevanti al patrimonio ambientale e culturale, la distruzione di attività socio – economiche

A questo punto devono essere individuate le tipologie di interventi da realizzare per mitigare il rischio e devono inoltre essere posti i necessari vincoli all'utilizzazione territoriale.

Il Decreto Legge del 12 ottobre 2000, n. 279 *"Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali"*, convertito in legge con modificazioni dalla Legge 11 dicembre n. 365, individua infine una nuova procedura ed una nuova data per l'approvazione dei Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

Così il termine, inizialmente previsto per l'adozione dei piani stralcio del 30 giugno 1999, ha subito la sua definitiva modifica al 30 giugno 2001.

Per il Bacino del Po di interesse, il P.A.I. è stato adottato il 26 aprile 2001 ed è stato definitivamente approvato nell'agosto dello stesso anno.

Il P.A.I. è fondamentalmente costituito da:

- una cartografia con la delimitazione delle fasce di pertinenza fluviale, che individuano le aree soggette a diversi gradi di pericolosità;
- una cartografia del dissesto che individua le aree soggette ad instabilità dei versanti, fenomeni valanghivi e dissesti della rete idrografica minore;

- l'insieme di norme che disciplinano l'utilizzo del territorio su tali aree, comprese quelle che forniscono indirizzi alla pianificazione urbanistica;
- i criteri generali, che rinviano a direttive successive, per la progettazione e la gestione delle opere idrauliche e di sistemazione dei versanti, nonché i criteri per la gestione del reticolo idrografico artificiale in relazione a quello naturale.

La normativa del P.A.I. del bacino idrografico del fiume Po disciplina:

- le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto della rete idrografica e dei versanti, al Titolo I;
- l'assetto delle fasce fluviali dei corsi d'acqua principali di pianura e fondovalle, al Titolo II;
- le derivazioni di acque pubbliche, al Titolo III;
- le azioni e le norme d'uso riguardanti le aree a rischio idrogeologico molto elevato, al Titolo IV.

Le norme relative ai diversi Titoli di cui si compone il P.A.I. comportano diversi adempimenti di competenza comunale aventi modalità, procedure e tempistiche differenti tra loro.

Relativamente al Titolo II del P.A.I. occorre specificare che, estendendo la delimitazione e la normazione contenuta nel D.P.C.M. 24 luglio 1998 (primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali), esso costituisce il secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

L'articolato della delibera di adozione del P.A.I. (n. 18 del 26 aprile 2001) dispone che le Fasce Fluviali del P.A.I., per le parti difformi, modificano ed integrano il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali vigente, per quanto attiene sia alla delimitazione grafica, sia alla normativa; laddove le disposizioni del P.A.I. si discostano da quelle del Piano Fasce Fluviali vigente, prevalgono quelle del P.A.I..

L'art. 38 ter, è contenuto nel Titolo II e pertanto se ne fornisce di seguito qualche elemento ulteriore.

Le linee di intervento strategiche del Piano Stralcio Fasce Fluviali, riferite principalmente alla parte di pianura del reticolo idrografico del bacino, sono coerenti con l'obiettivo del "recupero della funzionalità dei sistemi naturali, riduzione dell'artificialità, del bacino, tutela e valorizzazione dei beni ambientali e paesistici" e sono orientate alle seguenti opzioni di fondo, in ragione delle specifiche caratteristiche dei singoli corsi d'acqua:

- definire il limite delle aree inondabili rispetto alla piena di riferimento, rispetto alla quale devono essere individuati e progettati gli interventi di protezione dei centri abitati, delle infrastrutture e delle attività produttive soggetti a rischio;
- delimitare l'alveo di piena e le aree di espansione della stessa, con le relative caratteristiche morfologiche e idrodinamiche, secondo un modello funzionale che consenta di salvaguardare e, ove possibile, ampliare le aree naturali di esondazione, nei tratti in cui questo è compatibile con la presenza di centri abitati e di attività antropiche, e di stabilire condizioni di equilibrio tra esigenze di contenimento delle piene, al fine della sicurezza della popolazione e dei luoghi, e di laminazione delle stesse, in rapporto agli effetti sulle condizioni di deflusso nella rete idrografica a valle;
- favorire, ovunque sia possibile, l'evoluzione morfologica naturale dell'alveo del corso d'acqua, riducendo al minimo le interferenze antropiche sulla dinamica evolutiva;
- favorire il recupero e il mantenimento di condizioni di naturalità, salvaguardando le aree sensibili e i sistemi di specifico interesse naturalistico e garantendo la continuità ecologica del sistema fluviale.

L'ambito territoriale di riferimento del piano stralcio è costituito dal sistema idrografico dell'asta del Po e dei suoi affluenti, così come specificati negli allegati alla norme.

Per la parte di rete idrografica non compresa negli allegati, fatte salve le successive integrazioni degli ambiti territoriali interessati dal piano stralcio delle fasce fluviali, le Regioni, nei rispettivi strumenti di pianificazione territoriale, possono individuare corsi d'acqua per i quali procedere alla delimitazione delle fasce fluviali e all'applicazione ad esse delle norme del piano stralcio operando sulla base degli obiettivi e degli indirizzi dello stesso.

La classificazione delle Fasce Fluviali è evidenziata da apposito segno grafico nelle tavole grafiche appartenenti al piano stralcio stesso, ed è la seguente:

- *Fascia di deflusso della piena (Fascia A)*, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'allegato 3 facente parte integrante delle Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- *Fascia di esondazione (Fascia B)*, esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'allegato 3. Il limite di tale fascia si estende fino

al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", 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 di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del piano stralcio delle fasce fluviali, per il tracciato di cui si tratta;

- *Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)*, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'allegato 3.

Per ognuna delle fasce suddette esistono speciali obblighi e divieti.

Sempre nella medesima delibera di adozione si introduce l'obbligo di un adempimento comunale che non era inizialmente previsto dal P.S.F.F.; in particolare per i territori delle fasce C retrostanti i limiti di progetto tra la fascia B e la fascia C i Comuni (e pertanto anche quelli compresi nel precedente P.S.F.F.), in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici alle disposizioni del P.A.I., sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e ad applicare le disposizioni relative alla Fascia B secondo modalità e nei tempi previsti dalle Norme di attuazione.

Le norme del P.A.I. contengono alcune disposizioni immediatamente vincolanti. In tutti i casi in cui le prescrizioni del P.A.I. sono immediatamente vincolanti, si ritengono fatti salvi gli interventi già autorizzati, rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del P.A.I. e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.

Fermo restando tali disposizioni di vincolo, tali Enti territorialmente interessati, ai sensi dell'art. 17 comma 6 della legge 183/89, hanno l'obbligo di adeguare i propri strumenti urbanistici entro nove mesi dalla pubblicazione dell'atto di approvazione del P.A.I..

In particolare, i Comuni, nei cui territori ricadono aree classificate come fascia fluviale A e B, dovranno mettere in atto le seguenti attività:

- il tracciamento delle fasce fluviali alla scala dello strumento urbanistico;
- il recepimento nelle Norme Tecniche di Attuazione degli strumenti urbanistici comunali, delle norme del P.A.I. riguardanti le Fasce fluviali, con

particolare riguardo a quanto stabilito dagli articoli 1 (comma 6), 29, 30, 32, 38, 38bis, 38ter e 39;

- la modifica delle previsioni degli strumenti urbanistici comunali in contrasto con la delimitazione delle Fasce Fluviali e con le Norme del P.A.I..

Inoltre, ai sensi dell'art. 31 comma 5, i comuni nei quali ricadono aree classificate come "limite di progetto tra le fasce B e C", in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare, anche parzialmente fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle norme P.A.I. relative alla fascia B.

La rilevanza delle verifiche di compatibilità introdotte dal P.A.I. impongono di rivalutare, secondo differenti livelli di approfondimento, quanto già prodotto dai comuni e valutato o approvato dalla Regione Lombardia.

Secondo la deliberazione D.G.R. n. 7/7365 del dicembre 2001<sup>1</sup> della Regione Lombardia le valutazioni delle condizioni di rischio possono essere effettuate a due diversi livelli di approfondimento (metodo semplificato e metodo di approfondimento), riportati rispettivamente nell'allegato 2 e nell'allegato 3 alla suddetta D.G.R. n. 7/7365 di approvazione della direttiva.

Infatti, in considerazione del breve tempo a disposizione per l'effettuazione delle verifiche in questione si è ritenuto opportuno fornire due possibili metodologie.

La prima, di tipo semplificato, costituisce il livello minimo di approfondimento da effettuare in fase di adeguamento dello strumento urbanistico al P.A.I. e pertanto entro il termine ultimo (già scaduto) di nove mesi dalla pubblicazione del D.P.C.M. di approvazione del P.A.I..

La seconda, che costituisce il livello di approfondimento di tipo ottimale, potrà essere sviluppato anche in tempi successivi e costituisce altresì lo standard per la valutazione delle condizioni di rischio nei territori classificati come fascia A e B ricadenti all'interno dei centri edificati.

In sintesi il metodo prevede che:

- sia realizzato un nuovo rilievo topografico;

---

<sup>1</sup> D.G.R. 7/7365 intitolata "Attuazione del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (P.A.I.) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989 n. 183"

- venga eseguita una modellazione in moto permanente (o vario, se ritenuto necessario);
- sia effettuato un confronto dei livelli di piena ottenuti con la morfologia del territorio;
- all'interno delle aree esondabili si effettui una suddivisione in zone da assoggettare a differenti norme di uso del suolo in funzione dei diversi livelli di rischio secondo le quattro classi definite dal P.A.I. (vedi inizio paragrafo).

La quantificazione del rischio dovrà essere effettuata essenzialmente sulla base della probabilità di esondazione, dei livelli idrici raggiunti, dalla velocità di scorrimento, dall'analisi delle tipologie insediative attuali e previste dallo strumento urbanistico.

Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a R3 ed R4 sono da ritenersi in condizioni di non compatibilità e in suddette aree dovranno essere escluse nuove edificazioni e/o dovranno essere individuate e attuate le misure di mitigazione del rischio necessarie per rendere compatibili le previsioni urbanistiche con la situazione di dissesto.

Infine la D.G.R. prevede alcuni interventi per le aree in dissesto<sup>2</sup>. L'ambito di applicazione delle norme per le aree in dissesto riguarda i comuni dei territori montuosi e collinari della Regione Lombardia.

A tal fine nella deliberazione della Giunta lombarda viene stabilito quali comuni sono giudicati esonerati, parzialmente esonerati o non esonerati dalla rivalutazione dei propri strumenti urbanistici.

Per "comuni esonerati", secondo le indicazioni del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del fiume Po (si veda l'art. 18 comma 1 delle Norme tecniche del P.A.I.) sviluppate nella D.G.R. n. 7/7365, si intendono quelli che sono già dotati di uno strumento urbanistico (P.R.G.) compatibile con le condizioni di dissesto idraulico ed idrogeologico presente o potenziale; la compatibilità ricorre quando lo strumento urbanistico è stato redatto sulla base della redazione di uno studio idrogeologico finalizzato ad individuare ambiti di criticità per i quali lo strumento urbanistico stesso stabilisca norme e prescrizioni d'uso del territorio, al fine della prevenzione del rischio esistente.

Si accenna appena al fatto che la Regione Lombardia ha affrontato questa problematica già a partire dal 1997 con la legge regionale n. 41/97 intitolata

---

<sup>2</sup> Si precisa a tal fine che le disposizioni del Titolo II della normativa P.A.I. non si riferiscono alle aree di esondazione per fenomeni torrentizi (Ee, Eb, Em) contenute nella delimitazione delle aree in dissesto.

*“Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti”.*

### 8.1.2 Altre norme

Oltre a quelle sopra descritte, possono essere citati altri riferimenti normativi che regolano il settore:

- D.P.R. 14 aprile 1993 *“Criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica”*;
- D.P.R. 14 aprile 1994 *“Delimitazione bacini”*;
- D.P.R. 18 luglio 1995 *“Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino”*;
- D.M. Lavori Pubblici 14 febbraio 1997 *“Direttive tecniche per l'individuazione e perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico”*;
- Decreto - legge coordinato con la legge di conversione 3 agosto 1998, n. 267;
- Decreto - legge 13 maggio 1999, n. 132;
- Legge 5 gennaio 1994 n. 37 *“Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche”*;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 settembre 1998 *“Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto - legge 11 giugno 1998, n. 180”*;
- Legge del 1994 n.109 e successive modificazioni;
- Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554 *“Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni”*.

## **8.2 Inquadramento territoriale**

### 8.2.1 Assetto morfologico e idraulico

I tre torrenti Arno, Rile e Tenore sono stati interessati dalla piena del settembre 1995 di gravosità straordinaria, che a causa dell'insufficienza generale delle sezioni idriche e soprattutto di quelle dei ponti di attraversamento, ha determinato estesi allagamenti sia di aree urbane ed industriali che di aree agricole.

Le caratteristiche d'insieme di natura morfologica ed idraulica del torrente Arno sono di seguito sinteticamente elencate:

- tratto in Gazzada: il torrente Arno, per una lunghezza di 1.350 m su un totale di 2.300 m nel territorio di Gazzada, risulta tombinato. Il tratto rimanente è attraversato più volte da ponti stradali, compreso il sottopasso della SS 341 e quello dell'autostrada A8; la tombinatura si trova in stato precario di conservazione con deterioramento sia della volta che delle pareti. Le sezioni delle tombinature e quelle dei tratti liberi sono insufficienti al transito delle piene;
- tratto da Gazzada a Castronno: il tratto inizia a valle del primo sottopasso dell'autostrada A8 e termina al 2° sottopasso della medesima autostrada. Il torrente si presenta con sezioni trasversali rivestite in massi solo in alcuni brevi tratti. In condizioni di piena anche non eccezionale, l'alveo risulta del tutto insufficiente per il transito delle acque che spagliano nei boschi e nei prati circostanti;
- tratto in Castronno: dopo aver sottopassato l'autostrada il torrente corre a lato della strada SS 341, attraversa la statale stessa, la ferrovia Gallarate-Varese e riceve l'immissione del torrente Scirona. Ad accezione del tratto in vicinanza del campo sportivo di Castronno, l'alveo è rivestito in massi. Al fine di ovviare alle insufficienti dimensioni della sezione idrica del tratto a lato della SS 341 è stato recentemente riattivato, seppure parzialmente, un ramo secondario del torrente che si ricongiunge a quello principale dopo il sottopasso della statale. Il tratto in esame interessa le strutture sportive di Castronno, un'area artigianale ed alcune abitazioni della località Gazza;
- tratto in Albizzate: si estende dall'immissione del torrente Scirona fino al ponte della SP 34 interessando il territorio comunale di Albizzate e Solbiate Arno. Tale tratto interessa oltre ad aree agricole e boschive anche un'importante industria, un impianto di depurazione industriale, l'abitato di Tarabara ed un centro commerciale di recente realizzazione. L'alveo si presenta in alcuni tratti rivestito su entrambe le sponde, in altri con rivestimento solo su una sponda ed in altri ancora con argini in terra con vegetazione;
- tratto in Solbiate Arno - Oggiona: il tratto si estende dal ponte della SP 34 a quello della SP 20. Il torrente si sviluppa circa parallelamente all'autostrada sottopassandola due volte e lambendo lo svincolo di Cavaria. Sono interessate principalmente due zone industriali e la località Molinello di Solbiate Arno. L'alveo rivestito per un primo tratto con massi su una sola sponda, poi, verso valle, con massi su entrambe le sponde ed infine presenta sezioni con sponde in terra;

- tratto in Cavaria: il torrente scorre in centro urbano interessando vaste aree abitative, industriali e artigianale. Nella parte terminale il percorso del torrente è stato recentemente rettificato e si presenta parallelo all'autostrada. L'alveo è generalmente rivestito in massi su una sola sponda. In questo tratto, una eventuale esondazione del torrente (per altro verificatosi anche nel 1995), determinerebbe ingentissimi danni economici al Comune di Cavaria.

Proseguendo verso valle il torrente Arno scorre in campagna (territorio di Cassano Magnago) fino alle porte della città di Gallarate:

- tratto in Gallarate: per circa 4,0 km il torrente Arno scorre all'interno della città di Gallarate, continuamente attraversato da ponti (ben 23) e per lunghi tratti si presenta racchiuso fra muri di sostegno di abitazioni e insediamenti industriali (per circa 170 m risulta anche tombinato). Le sezioni si presentano prevalentemente con sponde in calcestruzzo in muratura nel centro urbano e propria, mentre a monte sono rivestite in massi su una sola sponda e a valle su entrambe le sponde (zona di Arnate). L'alveo presenta buone capacità di portata, limitate in alcuni tratti dalla presenza di ponti (per esempio quello di via Ronchetti sotto il quale si immette in Arno la roggia Sorgiorile);
- tratto a valle di Gallarate: dopo la frazione Arnate di Gallarate il torrente sottopassa la SS 336 della Malpensa ed entra nel territorio di Samarate. Procedendo verso valle la sezione idrica del torrente va riducendosi di circa il 30%, nonostante gli ingenti apporti determinati dagli scarichi fognari di Gallarate, Cardano al Campo e di Samarate. Anche in questo tratto sono interessate ampie zone abitative ed industriali. A valle della frazione di Verghera, il torrente Arno entra in campagna, lambendo l'abitato di San Macario, di Lonate Pozzolo e di S. Antonino Ticino. L'andamento del torrente si presenta con lunghi tratti rettilinei interrotti da brusche curve a 90° conferendo al torrente l'aspetto tipico di un canale. Dal ponte della strada Cardano - Samarate fino al ponte della strada per Cascina Costa, l'alveo del torrente è rivestito in massi su entrambe le sponde, mentre più a valle il rivestimento è solamente su una sponda; procedendo ancora verso valle il torrente ha sezione pressoché trapezia in terra e rivestimento su una sola sponda nelle curve. Il tratto in esame termina dove è ubicato l'impianto di depurazione consortile di S. Antonino Ticino, in quanto più a valle, dopo circa 500 m, inizia la vasta zona di spagliamento. Poiché in questa zona l'alveo si presenta pensile rispetto al piano campagna, notevoli sono i pericoli connessi con una possibile esondazione del torrente che interesserebbe un impianto tecnologico fondamentale per il risanamento ambientale dei territori dei torrenti Arno, Rile e Tenore.

Viene anche simulato il comportamento delle opere per la laminazione delle piene.

Nel modello, le altezze di pioggia definite attraverso la curva di possibilità climatica, sono ragguagliate all'area utilizzando i coefficienti forniti da Columbo.

Lo zona soggetta all'evento di pioggia è stato supposta ellittica con un'area circa doppia rispetto a quella dei bacini allo studio; il centro di scroscio si posiziona in coincidenza con il centro dell'ellisse con precipitazione decrescente verso il bordo della stessa.

Il modello prevede la possibilità di spostare il centro di scroscio e di determinare pertanto la posizione più sfavorevole alla formazione delle piene.

Il modello tiene conto esplicitamente della peculiarità dei bacini in studio (soprattutto quello dell'Arno ) caratterizzati da una notevole superficie drenata dai sistemi di fognatura urbani e da immissioni di scarichi fognari extra - bacino.

Il modello è stato realizzato per i torrenti Arno e Tenore, mentre per il torrente Rile è già stato predisposto un progetto esecutivo di salvaguardia idraulica.

Torrente	Superficie bacino idrografico [km <sup>2</sup> ]	Aree urbane nel bacino [km <sup>2</sup> ]	Aree urbane extra- bacino [km <sup>2</sup> ]	Bacino totale [km <sup>2</sup> ]	Aree urbane sul bacino [%]
	1	2	3	4=1+3	(2+3)/4*100
Arno	52,92	17,07	15,85	68,77	48
Rile	4,76	0,63	3,18	7,94	48
Tenore	13,50	0,91	2,00	15,50	19

### 8.2.2 Notizie sugli eventi alluvionali

Vengono di seguito riportati i risultati di una vasta raccolta di dati e informazioni sugli eventi di piena in Provincia di Varese, per lo più di tipo storico e di cronaca, focalizzando l'attenzione sulla zona in esame.

Le poche e frammentarie notizie relative ad eventi alluvionali catastrofici, sono opera di alcuni studiosi gallaratesi, e risalgono al secolo XXVII.

Notizie pressoché certe si hanno invece a partire dall'evento del 1951. I maggiori eventi sono stati i seguenti:

- ottobre 1629;
- settembre 1640;
- maggio 1983;

- luglio 1732;
- agosto 1763;
- settembre 1773;
- luglio 1843;
- settembre 1854;
- dicembre 1910;
- novembre 1951;
- giugno 1992;
- settembre 1995.

L'attenzione degli osservatori è sempre rivolta alle piene del torrente Arno nella città di Gallarate, non si hanno pertanto notizie riguardo le piene dello stesso torrente nei centri e nei territori ubicati sia a Nord che a Sud di Gallarate, e men che meno per le piene dei torrenti Rile e Tenore, se non per gli ultimi due eventi alluvionali.

Nel 1992 l'intenso evento piovoso avvenuto nella notte tra l'1 e il 2 giugno provocarono la piena dei tre torrenti. In particolare il torrente Rile allagò buona parte di Cassano Magnago causando danni molto ingenti.

Alluvione del 12-13 settembre 1995 avvenuta a seguito di un evento meteorico molto intenso localizzato all'estrema propaggine settentrionale del bacino del torrente Arno. La piena interessò i tre torrenti, ma le tracimazioni dell'alveo si manifestarono lungo l'Arno e sul Tenore. In particolare per il torrente Arno:

- esondazioni in Comune di Gazzada Schianno a monte del ponte ferroviario per un tratto di circa 500 m e dal ponte sulla SS 341 lungo la stessa, verso sud, per un tratto di circa 400 m. Gli allagamenti hanno interessato complessivamente una superficie di circa 0,1 km<sup>2</sup>;
- esondazioni in Comune di Castronno nel tratto boschivo dal ponte dell'autostrada in prossimità del monte Roncaccio fino a circa 600 m a monte della strada che collega Castronno alla frazione S. Alessandro su una superficie complessiva di circa 0,16 km<sup>2</sup>;
- esondazione a Castronno nell'area adibita a centro sportivo e nell'adiacente zona artigianale compreso tra l'autostrada e la SS 341 aggravata peraltro dall'immissione di un affluente secondario in sponda destra e nell'area compresa tra l'autostrada, la SS 341 e la linea ferroviaria anche in questo caso aggravata dall'immissione di un effluente secondario di destra. Gli allagamenti hanno interessato una superficie complessiva di circa 0,08 km<sup>2</sup>;

- esondazioni in aree di limitata estensione in corrispondenza di tutti i ponti sull'Arno ubicati nei comuni di Albizzate e Solbiate Arno, ad eccezione del ponte dell'autostrada localizzato sulla 4<sup>a</sup> intersezione del torrente con la stessa (a monte dell'immissione del riale della Trenca). Le esondazioni hanno interessato un'area più vasta in corrispondenza del ponte sulla strada provinciale SP 34 estendendosi sia a monte che a valle per una lunghezza di circa 800 m lambendo, a valle, anche lo svincolo autostradale. La superficie allagata è stata complessivamente di 0,08 km<sup>2</sup>;
- esondazioni a Orago (comune di Jerago con Orago) sul fosso Tenore, appena a monte dell'immissione in Arno, dal ponte della A8 verso sud lungo lo stesso rilevato autostradale fino a lambire lo svincolo per Cavaria. Gli allagamenti hanno interessato una superficie complessiva di circa 0,05 km<sup>2</sup>;
- estese esondazioni nei comuni di Oggiona con S. Stefano e Cavaria con Premezzo (in particolare quest'ultimo) ad iniziare da circa 400 m a monte dell'immissione del fosso Tenore verso valle fino alla barriera dell'autostrada situata in località Caiello di Gallarate. Le acque contenute verso Ovest del rilevato autostradale hanno interessato una fascia di larghezza crescente da monte verso valle fino ad un massimo di circa 700 m. In questo caso la superficie complessiva allagata è stata circa 0,85 km<sup>2</sup>;
- estese esondazioni a Gallarate in località Lazzaretto, in sponda destra, a partire dal ponte sull'Arno verso monte per un tratto di torrente di circa 650 m e, ancora a Gallarate in località Arnate ad iniziare da circa 100 m a valle del ponte di Via Ferrario fino a ridosso della SS 336 per una fascia di circa 400 m. La superficie complessivamente allagata è stata di circa 0,5 km<sup>2</sup>;
- esondazioni a Cardano al Campo (zona industriale/artigianale) e Samarate dalla SS 336 fino alla SP 40 in direzione Ferno; la superficie interessata da allagamenti è stata di circa 0,6 km<sup>2</sup>;
- esondazioni in Comune di Ferno in corrispondenza del ponte che conduce alla frazione S. Macario per un tratto di circa 500 m a monte dello stesso. La superficie complessivamente allagata è stata circa 0,05 km<sup>2</sup>.

### 8.2.3 Inquadramento territoriale del bacino

Analizzando la i rilievi aereo - fotografici dell'area si può notare come il bacino in esame, sia costituito prevalentemente da terreno pianeggiante con un'elevata densità urbanizzata e relativamente modesta superficie boscata.

A questo proposito si ricorda che la definizione della tipologia di copertura vegetale mediante la classificazione dell'uso del suolo condiziona in modo significativo la percentuale di assorbimento e/o di ruscellamento superficiale delle acque meteoriche e quindi la quantità delle acque defluenti ed i relativi tempi di corrivazione.

### **8.3 Rilievi di campo**

#### 8.3.1 Topografia

L'asta del torrente Arno è stata battuta per buona parte del suo sviluppo nella zona in esame, per definire le sezioni critiche, anche in riferimento agli eventi di apporti meteorici intensi e conseguenti piene verificatisi nel recente passato.

Le sezioni sono state rilevate ed è stato definito anche il piano quotato di alcune zone dell'area in esame.

La scelta delle sezioni di interesse è stata fatta scegliendo i punti in cui i restringimenti e/o la conformazione della sezione (dimensioni, linea planimetrica del fondo alveo, dimensioni e forma) potrebbero causare potenzialmente problemi sulla capacità complessiva di deflusso delle acque del torrente Arno.

Nella **Tav. 5a** è riportata la planimetria dell'area con le sezioni di riferimento, mentre la **Tav. 6** riporta le sezioni rilevate.

#### 8.3.2 Foto aeree

Sono state rese disponibili dal Comune di Samarate le foto aeree riferite alle strisciate n. 1, 2, 3 e 4 del 26 maggio 2001, che illustrano l'esatta conformazione ed utilizzo dell'area in esame. Si tratta di uno strumento estremamente utile per valutare il grado di rispondenza della cartografia disponibile con l'effettivo utilizzo del territorio e per definire in maniera più precisa le aree effettivamente vulnerabili agli effetti delle potenziali esondazioni del corso d'acqua.

#### 8.3.3 Rilievi idrometrici

Preliminarmente all'analisi afflussi - deflussi per la determinazione delle portate per fissati tempi di ritorno, è stata fatta una ricerca per valutare l'applicabilità delle osservazioni dirette di tipo idrometrico. Purtroppo la ricerca non ha dato esito nel senso che non sono presenti stazioni idrometriche lungo l'asta del torrente Arno.

Tra l'altro, anche laddove disponibili, è bene integrare le informazioni delle stazioni idrometriche con altri rilievi relativi agli afflussi meteorici e questo perché:

- spesso la scala delle portate si riferisce ad una stazione idrometrica la cui sezione in alveo è andata mutando nel tempo (lavori, ripristini, depositi, erosioni, ecc.);
- spesso l'esiguo numero di osservazioni relative alle sezioni di interesse da una parte, e la limitata estensione temporale delle serie a disposizione dall'altra, non consentono di condurre significative stime locali della portata al colmo per assegnati tempi di ritorno elevati: infatti i tempi di ritorno solitamente adottati nella progettazione di piani e di opere per la difesa idraulica del territorio sono compresi fra 100 e 500 anni.

## **8.4 Linee di intervento stabilite dall'autorità di bacino**

### **8.4.1 Stima della pericolosità a livello comunale**

A partire dal censimento dei dissesti, tanto in termini tipo logici che geometrici e geografici, è stata stimata da parte dell'Autorità di Bacino del fiume Po, la pericolosità dei territori del bacino utilizzando il confine comunale come unità di riferimento.

Si ricorda che nella stima della pericolosità non si tiene in alcun conto il contesto socio - economico che interferisce con il dissesto; questo interviene nella successiva valutazione del rischio, inteso come indicatore delle condizioni di squilibrio, cioè delle interferenze tra fenomeni di dissesto e caratteri antropici.

La pericolosità comunale viene valutata singolarmente per ognuna delle cinque i tipologie di dissesto (frane, esondazioni, dissesti della rete idrografica, conoidi e valanghe) e graduata in quattro livelli a pericolosità via via crescente (1 = 1 pericolosità minima, 4 = pericolosità massima); in questo modo viene restituito, in buona sostanza, un quadro normalizzato dei dissesti.

Successivamente si producono due tipi di sintesi della pericolosità: quella totale, che scaturisce dall'analisi di tutte e cinque le singole componenti e quella riferita alla rete idrografica, che prende in considerazione solo tre componenti (esondazioni, processi di sovralluvionamento e/o di erosione spondale, i fenomeni di trasporto di massa in corrispondenza delle conoidi).

**Numero e percentuale di Comuni per classe di pericolosità**

Classe di pericolosità	N. Comuni	Moderata		Media		Elevata		Molto elevata	
		N.	%	N.	%	N.	%	N.	%
Arno, Rile, Tenore	21	7	33,3	12	57,2	2	9,5	0	0,0

**8.4.2 Criteri per la definizione delle linee di intervento**

Le linee di intervento di seguito indicate rappresentano l'applicazione alla situazione dei bacini idrografici dei torrenti Arno, Rile e Tenore dei criteri generali definiti a scala di intero bacino idrografico del Po, espressi nella Relazione Generale del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Per i torrenti Arno e Tenore ci si riferisce inoltre alle analisi conoscitive ed alle elaborazioni condotte nell'ambito dello studio per la "*Sistemazione idraulica ed ambientale dei territori appartenenti ai bacini idrografici dei torrenti Arno, Rile e Tenore*" e, per il torrente Rile, al progetto delle "*Opere idrauliche di difesa del centro abitato dalle piene del torrente Rile*" del Comune di Cassano Magnago.

La delimitazione della fascia di esondazione di progetto (fascia B) per i tre corsi d'acqua esaminati è stata effettuata con riferimento ad eventi pluviometrici con tempo di ritorno di 100 anni.

**8.4.3 Quadro degli interventi strutturali**

Le linee di intervento sono definite con riferimento ad una suddivisione del bacino nelle seguenti componenti:

- asta principale
- principali affluenti:
  - torrente Scirona;
  - riale della Trenca;
  - torrente Riale;
  - fosso Tenore;
  - riale di Oggiona - Carnago;
  - roggia Sorgiorile;

Le opere strutturali sono di seguito individuate:

- contenimento dei livelli di piena tramite completamento o adeguamento degli argini esistenti; tali interventi si rendono necessari nel territorio dei Comuni di Gazzada Schianno, Castronno e Solbiate Arno per una lunghezza complessiva di circa 1,0 km;
- adeguamento delle sezioni dalle portate di piena tramite ricalibratura dell'alveo; tali interventi si rendono necessari nei territori dei comuni di Gazzada Schianno, Brunello, Castronno, Albizzate, Gallarate (loc. Arnate), Cardano al Campo, Samarate, Ferno e Lonate Pozzolo per una lunghezza complessiva di circa 8,8 km;
- riduzione del colmo di piena mediante interventi di laminazione controllata sull'asta principale:
  - bacino di laminazione a monte dell'abitato di Castronno (volume utile pari a 87.000 m<sup>3</sup>);
  - bacino di laminazione in località Tarabara di Albizzate, suddiviso in tre sottobacini (volume utile pari a 225.000 m<sup>3</sup>);
  - bacino di laminazione a monte della città di Gallarate nei territori comunali di Gallarate e Cassano Magnago (volume utile pari a 1.070.000 m<sup>3</sup>);
  - bacino di laminazione in Samarate a confine con Cardano al Campo (volume utile pari a 195.000 m<sup>3</sup>);
  - bacino di laminazione in Samarate località Fornace (volume utile pari a 280.000 m<sup>3</sup>);
- zone golenali di allagamento controllato, al fine di laminare le portate di piena e mantenere le attuali zone umide; tali aree sono ubicate nei territori comunali di Brunello e Castronno (lunghezza complessiva circa 1,5 km) e di Solbiate Arno, Jerago con Orago e Oggiona con S. Stefano (lunghezza complessiva circa 0,9 km).
- riduzione del colmo di piena mediante interventi di laminazione controllata sui principali affluenti:
  - bacino di laminazione sul torrente Scirona in corrispondenza dell'immissione nel torrente Arno (territorio comunale di Albizzate, Castronno e Caronno Varesino), con un volume utile pari a 106.000 m<sup>3</sup>;
  - laminazione del riale della Trenca nel bacino di laminazione del torrente Arno in località Tarabara di Albizzate (sottobacino di monte);
  - bacino di laminazione del torrente Riale nella valletta a lato della circonvallazione di Solbiate Arno, a monte del campo sportivo; volume utile pari a 30.000 m<sup>3</sup>;
  - bacino di laminazione del fosso Tenore nella valletta a monte dell'attraversamento della SP 34, in territorio di Albizzate, volume utile pari a 58.000 m<sup>3</sup>;

- bacino di laminazione del riale di Oggiona - Carnago nella valletta a monte del ponte della SP 20, in territorio di Oggiona con S. Stefano, volume utile pari a 23.000 m<sup>3</sup>;
- bacino di laminazione del torrente Sorgiorile, in corrispondenza della zona paludosa posta al confine fra i comuni di Besnate, Cavaria con Premezzo e Gallarate; volume utile pari a 170.000 m<sup>3</sup>.
- smaltimento in falda delle acque di pioggia: poiché il torrente Arno non trova recapito in un altro corso d'acqua, sono state previste apposite opere per lo smaltimento delle acque negli strati superficiali del sottosuolo. La Regione Lombardia ha individuato le seguenti opere a valle di S. Antonino Ticino, per un volume di circa 1.400.000 m<sup>3</sup>:
  - bacino impermeabilizzato di accumulo e sedimentazione per le acque di magra e di prima pioggia del torrente Arno;
  - bacino impermeabilizzato di accumulo e sedimentazione per le acque di piena del torrente Arno;
  - bacino di accumulo e di disperdimento delle acque di magra e di pioggia del torrente Arno, in grado di contenere tutti i deflussi primaverili/estivi da questo convogliati;
  - canale di collegamento del torrente Arno ai suddetti bacini e proseguimento dello stesso con manufatti e opere idrauliche fino allo scarico nel canale Marinone e quindi al fiume Ticino, da attivarsi solo nel periodo autunnale/invernale in caso di completo riempimento dei bacini.

Si prevedono le seguenti ulteriori opere integrative per contenere i volumi di piena:

- accumulo per lo smaltimento in falda di circa 2.000.000 m<sup>3</sup> di acqua nei bacini di laminazione di Gallarate e Samarate, approfondendo di 2,5 m il fondo dei bacini stessi;
- fascia B di progetto a valle di S. Antonino Ticino fino al canale Villoresi, con previsione di spaglio su un'area utile di 330 ha e per una altezza media di acqua di 0,80 m; quest'area dovrà essere protetta con appositi argini di altezza 1,50 m. Dovranno pure essere protetti gli insediamenti rurali ivi compresi.

#### 8.4.4 Quadro degli interventi non strutturali

Il quadro degli interventi strutturali sopra evidenziato va integrato ai fini del conseguimento del livello di rischio compatibile, che rappresenta l'obiettivo del Piano, da interventi a carattere non strutturale collegati sia allo specifico sistema di difesa progettato sia alla riduzione delle portate meteoriche

convogliate dalle reti fognarie comunali (in termini di portata di colmo e di volumi scaricati).

L'individuazione delle fasce fluviali per i tre torrenti, prioritario intervento di carattere non strutturale si è basata sulle seguenti assunzioni specifiche:

- come già accennato, trattandosi di corsi d'acqua di pianura secondari, fortemente artificializzati, che scorrono prevalentemente in centri abitati, è stata scelta come piena di riferimento quella con tempo di ritorno pari a 100 anni (anziché a 200, come per i corsi d'acqua principali);
- non essendo i volumi delle piene con tempo di ritorno di 100 anni contenibili nelle vasche di accumulo e disperdimento, previste lungo il percorso, e contestualmente trattandosi di torrenti che non confluiscono in altri corsi d'acqua, è stato previsto l'accumulo e il disperdimento dei volumi idrici per la piena di riferimento in aree delimitate da nuove arginature ubicate nel tratto terminale del torrente.

Per quanto riguarda la fascia di esondazione del torrente Arno, questa ha dimensioni limitate, dalle attuali sponde, piuttosto ravvicinate. Fanno eccezione alcuni tratti in cui si amplia in corrispondenza di bacini di laminazione individuati, alcuni dei quali sono localizzati sui torrenti affluenti, e l'ampia area terminale di valle del torrente, compresa tra S. Antonio Ticino (zona a Sud del cimitero nuovo) e il canale Villoresi dove si chiude. In questo tratto la fascia B corrisponde all'area delimitata da nuove arginature atte a contenere i volumi eccedenti la capacità delle vasche di accumulo e disperdimento. Nella zona in corrispondenza del confine tra i comuni di Fermo e Samarate è stata prevista in progetto la rettifica dell'alveo; in questo caso la fascia di deflusso della piena corrisponde all'alveo attuale mentre la fascia di esondazione di progetto all'alveo previsto.

Le modalità di uso del suolo nei territori delimitati dalle fasce fluviali sono definite dalle relative norme del Piano.

Ad integrazione è necessaria la realizzazione di un sistema di monitoraggio con fini di previsione in tempo reale degli eventi di piena, funzionale a permettere un'adeguata gestione delle opere realizzate nelle fasi critiche in cui sono in corso eventi di piena. Per l'Autorità di Bacino, la domanda di monitoraggio di previsione posta in specifico dalle opere in progetto deve prevedere:

- realizzazione di un'adeguata rete di misura delle piogge;
- costituzione di sezioni di misura delle portate e dei livelli idrici;
- costituzione di sezioni per il controllo del trasporto solido;

- utilizzo di apposito modello matematico di previsione delle piene e di gestione delle opere di laminazione.

Gli interventi sulle aree drenate dai sistemi di fognatura urbana devono prevedere le seguenti azioni:

- separazione delle reti fognarie miste in reti bianche e in reti nere, queste ultime da allacciare al sistema dei collettori fognari intercomunali del Consorzio Volontario per la Tutela, il Risanamento e la Salvaguardia delle acque dei torrenti Arno, Rile e Tenore; pure dovranno essere addotte al sistema fognario nero le acque di prima pioggia, così come previsto dalla vigente legislazione della Regione Lombardia;
- per le nuove urbanizzazioni, oltre alla realizzazione delle reti fognarie separate, riduzione delle aree impermeabilizzate con utilizzazione di tecnologie costruttive che favoriscano il disperdimento in situ delle acque di pioggia;
- per le aree a buona permeabilità, realizzazione di reti fognarie per le acque meteoriche che prevedano localmente il disperdimento delle stesse negli strati superficiali del sottosuolo, p.e. con utilizzo di pozzi perdenti;
- laminazione delle portate di pioggia delle reti fognarie lungo le reti stesse e prima dell'immissione nei corsi d'acqua, valutando la reale possibilità di riduzione dei picchi di piena e l'economicità delle opere.

Da quanto sopra esposto, consegue la necessità di completare lo schema dei collettori fognari intercomunali del Consorzio Arno, Rile e Tenore, che già dispone di un impianto di depurazione atto a trattare tutti i reflui provenienti dai bacini dei torrenti Arno, Rile e Tenore.

#### 8.4.5 Criteri di compatibilità per interferenze varie

Numerose infrastrutture viarie e ferroviarie interferiscono con l'asta del torrente Arno e dei suoi affluenti; trattasi in particolare:

- autostrada A8 Gallarate - Varese;
- autostrada A8 Gallarate - Sesto Calende;
- strada statale SS 341 Novara - Varese;
- strada statale SS 33 del Sempione;
- strada statale SS 336 dell'Aeroporto della Malpensa;
- strada statale SS 527 Busto Arsizio - Lonate Pozzolo;
- strade provinciali SP 57, SP 49, SP 34, SP 26, SP 20, SP 40, SP 38;
- strade comunali varie;

- linea ferroviaria dello Stato: Milano - Gallarate - Domodossola;
- linea ferroviaria Nord Milano: Milano - Saronno - Novara (in progetto).

Tali opere condizionano l'assetto morfologico dell'alveo ed i relativi manufatti di attraversamento ostacolano e impediscono in alcuni casi il regolare deflusso della piena. La compatibilità delle infrastrutture esistenti con l'assetto idraulico del corso d'acqua e con le condizioni di sicurezza e stabilità delle strutture stesse a fronte dei fenomeni connessi alla piena è da valutare mediante verifiche idrauliche di dettaglio dei singoli manufatti di attraversamento e delle relative opere di accesso; nei casi in cui se ne evidenzia la necessità, le opere in questione devono essere oggetto degli interventi di adeguamento opportuni.

Si evidenzia che, per l'Autorità di Bacino del fiume Po, non risultano coerenti con l'assetto idraulico di progetto le seguenti principali opere:

- attraversamento SS 341 in Gazzada;
- attraversamento autostrada A8 in Brunello;
- ponte per campo sportivo di Castronno;
- ponte SS 341 in Castronno;
- ponte autostrada A8 in Albizzate;
- ponte di via Cappuccini in Gallarate;
- ponte di via Cairoli in Gallarate;
- ponte strada comunale da Cardano al Campo a Samarate;
- ponte strada comunale da Ferno a S. Macario;
- ponte strada comunale da S. Antonino Ticino a Vanzaghello;
- ponte strada comunale da S. Antonino Ticino a Castano Primo.

## **8.5 *Acquisizione ed elaborazione dei dati idrologici***

### **8.5.1 Introduzione**

L'idrologia del torrente Arno, insieme a quella del Rile e del Tenore, è stata affrontata nello studio, redatto nel 1999 dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, condotto al fine di individuare gli interventi necessari per il contenimento delle piene lungo i suddetti corsi d'acqua.

Si riporta di seguito una sintesi dello studio idrologico nel quale la stima delle portate è stata effettuata partendo dalle osservazioni pluviometriche, con la determinazione di uno ietogramma di progetto da utilizzare nella simulazione afflussi – deflussi operata sul bacino.

Tale metodologia è stata sviluppata in quanto non sono disponibili osservazioni di portata che consentono elaborazioni statistiche volte alla determinazione delle portate di piena in corrispondenza di assegnati tempi di ritorno.

#### 8.5.2 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

L'elaborazione dei dati pluviometrici, mediante l'applicazione di metodologie statistico - probabilistiche, consente di individuare la relazione esistente tra le massime altezze di precipitazione di varia durata e la frequenza con la quale tali altezze possono verificarsi. In pratica si opera con lo scopo di definire curve segnalatrici di possibilità pluviometrica le quali, una volta fissata la probabilità di accadimento (o tempo di ritorno) dell'evento meteorico, esprimono il legame tra durata e altezza di precipitazione.

Si ricorda che il tempo di ritorno, associato all'altezza di precipitazione, è definito come il numero medio di anni che intercorrono tra due eventi in grado di produrre un'altezza di pioggia uguale o superiore al valore considerato.

L'analisi statistica dei dati pluviometrici si propone di fornire le conoscenze necessarie a prevedere le principali caratteristiche delle precipitazioni di forte intensità, che possono provocare allagamenti ed esondazioni.

I dati pluviometrici necessari per la definizione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica sono costituiti, in generale, dalle registrazioni delle massime precipitazioni annuali per durate di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Per poter disporre dei suddetti dati si è effettuata una ricerca delle stazioni di misura delle piogge dotate di pluviografo registratore ubicate internamente al bacino in esame o nelle immediate vicinanze, ovvero delle stazioni la cui posizione geografica possa ritenersi sufficientemente rappresentativa dell'area in esame.

A causa delle dimensioni abbastanza estese del bacino si è operato ritenendo che il regime pluviometrico possa essere rappresentato da una curva media di possibilità climatica, basata sulla elaborazione congiunta dei dati delle stazioni pluviometriche considerate. L'utilizzo delle osservazioni relative a più stazioni permette di operare con una serie maggiore di dati e di mediare i differenti regimi pluviometrici sull'area d'indagine.

Le stazioni del Servizio Idrografico Italiano che ricadono nell'area in esame sono: Azzate, Busto Arsizio, Gallarate, Gavirate, Ispra, Miorina, Turbigo, Varano Borghi, Varese, Venegono Inferiore e Vizzola Ticino.

Per individuare la curva di possibilità pluviometrica è necessario conoscere i massimi annuali dell'altezza di precipitazione osservata in funzione delle

diverse durate. Nel periodo 1936 – 1986 le stazioni che dispongono dei suddetti dati sono soltanto: Azzate, Busto Arsizio, Gallarate, Ispra, Miorina, Varese e Venegono Inferiore.

Per rappresentare analiticamente le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica si è fatto ricorso all'espressione a tre parametri, abbastanza flessibile da poter essere adottata per l'intero campo delle durate considerate. Tale espressione ha la seguente forma:

$$h_T(D) = K(T) \frac{aD}{(D+c)^b}$$

dove:

- $h_T(D)$  [mm] indica l'altezza massima di precipitazione di durata  $D$  [ore] e tempo di ritorno  $T$  [anni];
- $K(T)$  è il fattore di crescita;
- $a$ ,  $b$  e  $c$  sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica.

Le linee relative alle stazioni pluviometriche considerate sono state determinate assumendo che la variabile altezza di precipitazione, in corrispondenza di una prefissata durata, fosse distribuita secondo una legge log - normale e calcolando la media e la deviazione standard di ciascuna serie di osservazioni.

Nel caso in esame, inoltre, è stato supposto che il coefficiente di variazione  $CV(h)$ , pari al rapporto tra deviazione standard e media di ogni serie di osservazione, fosse indipendente dalla durata del fenomeno.

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i valori delle curve di possibilità climatica delle stazioni considerate.

**Curve di possibilità pluviometrica per le diverse stazioni pluviometriche**

Stazione	a	b	c	CV(h)
Azzate	37,2	0,725	0,07	0,300
Busto Arsizio	43,8	0,803	0,33	0,325
Gallarate	34,8	0,693	0,05	0,397
Ispra	43,0	0,734	0,30	0,288
Miorina	38,2	0,745	0,25	0,403
Varese	38,6	0,688	0,05	0,301
Venegono Inferiore	47,8	0,808	0,32	0,306

L'espressione media della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica definita assume la forma:

$$hT(D) = K(T) \frac{41.8D}{(D+0.23)^{0.769}}$$

Il valore del fattore di crescita  $K(T)$ , in corrispondenza dei tempi di ritorno di riferimento prescelti, sono riportati nella tabella seguente.

T [anni]	5	10	20	50	100
KT	1,252	1,449	1,634	1,872	2,050

### 8.5.3 Scelta dello ietogramma di progetto

Lo ietogramma di progetto è stato determinato ipotizzando la zona soggetta all'evento di pioggia di forma ellittica, con un'area pari a 640 km<sup>2</sup>. La scelta di considerare un'area maggiore della superficie del bacino in studio è stata dettata dalla possibilità di spostare il centro di scroscio.

L'altezza di precipitazione totale è stata ricavata dalla linea segnalatrice di possibilità pluviometrica ragguagliata all'area di 640 km<sup>2</sup> in corrispondenza della durata di 24 ore.

Il ragguaglio dell'altezza di precipitazione è stato ottenuto applicando un fattore di riduzione determinato in funzione della durata dell'evento e della estensione della superficie per mezzo delle formule di Columbo.

Per distribuire nel tempo l'altezza di precipitazione totale si è scelta una discretizzazione temporale basata su intervalli di tempo  $\Delta t$  pari a 0,25 ore; si è quindi adottato un metodo di distribuzione nel tempo che corrisponde ad una particolare applicazione dello ietogramma di progetto Chicago.

Determinato l'incremento  $\Delta h$  corrispondente agli intervalli elementari  $\Delta t$ , si è ottenuta una serie di incrementi di altezze di pioggia decrescenti. Al centro dello ietogramma si è posto l'incremento  $\Delta h$  maggiore e quindi a seguire immediatamente prima e dopo questo gli incrementi più piccoli. È stato così ottenuto uno ietogramma che fornisce per qualsiasi durata assegnata un'altezza di precipitazione uguale a quella fornita dalla linea segnalatrice di possibilità pluviometrica.

La variabilità spaziale è stata definita mediante coefficienti di ragguaglio all'area su di una serie di ellissi concentriche. Per ogni intervallo di durata pari a 15 minuti è stato ricavato, per differenza, un valore di altezza di pioggia su ciascuna delle fasce individuate da due ellissi vicine: si è costruito così uno ietogramma sintetico che definisce la precipitazione su quell'area.

Nelle tabelle successive vengono riportate le caratteristiche delle suddivisioni elementari dell'area soggetta all'evento di pioggia e la distribuzione della quantità di pioggia.

In particolare, nella tabella sottostante si riportano l'asse maggiore "a" e l'asse minore "b" delle ellissi elementari in cui è stata divisa l'area soggetta all'evento di pioggia.

#### Assi delle ellissi elementari di ripartizione dell'evento di pioggia

Area [km]	a [km]	b [km]	$\Delta A$ [km]
640	22,568	9,027	320
320	15,958	6,383	160
160	11,285	4,514	80
80	7,980	3,192	40
40	5,642	2,257	20
20	3,989	1,596	10
10	2,821	1,128	5
5	1,995	0,798	4
1	0,892	0,357	1

Nella tabella seguente, invece, si riporta la distribuzione della quantità di precipitazione nelle ellissi elementari in cui è divisa l'area in studio. In particolare, l'altezza media di precipitazione sulla superficie anulare è rappresentata dal termine  $\Delta h''$ , mentre il termine  $\Delta h'$  rappresenta l'altezza media di precipitazione sulla superficie ellittica complessiva.

#### Distribuzione della quantità di precipitazione nelle ellissi elementari

Area [km]	$\Delta A$ [km]	$\Delta h'$ [mm]	V [m <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup> ]	$\Delta V$ [m <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup> ]	$\Delta h''$ [mm]
640	320	9,7	6.208	2.816	8,8
320	160	10,6	3.392	1.552	9,7
160	80	11,5	1.840	848	10,6
80	40	12,4	992	460	11,5
40	20	13,3	532	244	12,2
20	10	14,4	288	135	13,5
10	5	15,3	153	72	14,4
5	4	16,2	81	63,2	15,8
1	1	17,8	17,8	17,8	17,8

## **8.6 Calcolo delle massime portate**

### 8.6.1 Modello di trasformazione afflussi - deflussi

Nel seguito viene affrontato il problema della determinazione delle portate al colmo a partire dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ricavate dall'elaborazione dei dati di pioggia.

Non essendo disponibili misure dirette di portata, come descritto precedentemente, l'onda di piena che si genera in una prefissata sezione del corso d'acqua, a seguito di un dato evento pluviometrico, è stata ricavata attraverso un modello di trasformazione afflussi - deflussi.

La portata al colmo nell'area d'interesse è stata ricavata effettuando una simulazione del comportamento idraulico del torrente Arno, nel suo complesso, a partire dalle caratteristiche geometriche e topografiche del sistema stesso e considerando le portate provenienti dai sottobacini afferenti.

L'onda di piena lungo il torrente Arno è stata dunque costruita tenendo in considerazione sia il contributo delle aree rurali sia quello delle aree urbanizzate che, tramite fognature versano le acque di pioggia nei corsi d'acqua.

Il torrente Arno è stato schematizzato con una serie di lati consecutivi separati da nodi nei quali sono stati localizzati gli ingressi suddetti. Allo scopo si è adottato un modello a più ingressi di tipo misto; a parametri concentrati per la rappresentazione del bacino scolante e a parametri distribuiti per quella della rete drenante principale.

Il modello a parametri distribuiti ha consentito di individuare l'andamento nel tempo dei livelli e delle portate lungo i vari tratti dell'asta fluviale. Il modello a parametri concentrati ha consentito, invece, di simulare in modo globale i principali affluenti e la rete scolante minore.

In particolare, in corrispondenza delle precipitazioni considerate, gli idrogrammi di piena, costituiti dai deflussi provenienti dai bacini urbani e rurali, sono stati ricavati mediante modelli sintetici di trasformazione afflussi - deflussi.

I bacini rurali considerati nello studio sono quelli relativi alla roggia Sorgiorile, al fosso Tenore, al torrente Scirona, al riale di Oggiona - Carnago, al torrente Riale ed al riale della Trenca.

I bacini urbani, che come detto rappresentano i sistemi fognari che contribuiscono alla formazione delle piene, sono stati individuati all'interno dei bacini rurali.

La trasformazione afflussi – deflussi è stata effettuata considerando lo ietogramma di progetto descritto nel capitolo precedente e ricavando la pioggia netta attraverso il calcolo delle perdite idrologiche con il metodo del coefficiente d'afflusso  $\varphi$  per i bacini urbani e con il metodo del CN per i bacini rurali.

La formazione dell'onda di piena nei singoli bacini è stata determinata mediante l'Idrogramma Unitario Istantaneo dell'invaso lineare.

Per i bacini rurali la costante d'invaso  $k$  è stata determinata, dopo aver ricavato il tempo di corrivazione  $T_c$ , dall'equazione:

$$k = 0,26 T_c$$

$T_c$  è stato calcolato con la nota formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

dove  $S$  è la superficie del bacino,  $L$  la lunghezza dell'asta principale e  $H$  l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura.

Per i bacini urbani la costante d'invaso è stata definita utilizzando la relazione proposta da Ciaponi e Papi che lega il valore di  $k$  alle grandezze fisiche caratteristiche del bacino:

$$k = 0,5A^{0,351} S_r^{-0,29} d^{0,358} A_i^{-0,163}$$

in cui compare la densità di drenaggio  $d = L/A$  [m/ha] e l'area impermeabile  $A_i$  [ha].

Per il calcolo del coefficiente di afflusso  $\varphi$  è stata utilizzata l'espressione:

$$\varphi = \varphi_p(1 - imp) + \varphi_i imp$$

ove  $imp$  è l'indice di impermeabilizzazione.

Per  $T = 50 - 100$  anni  $\varphi_p = 0,2$  mentre  $\varphi_i = 0,8$ .

Per tali bacini è stata inoltre considerata una velocità media di percorrenza della rete fognaria ed un ritardo calcolato in funzione della distanza fra il punto d'immissione ed il nodo d'ingresso.

Il valore ottenuto mediante la convoluzione dello ietogramma di progetto con l'idrogramma unitario istantaneo è stato infine confrontato con la portata di progetto transitante nelle sezioni di chiusura delle fognature. Come portata

limite per i sistemi di collettamento delle acque di scarico si è considerato il valore determinato in corrispondenza di un evento con tempo di ritorno decennale.

## 8.6.2 Descrizione del modello di simulazione del funzionamento idraulico del torrente Arno

### 8.6.2.1 Il modello di propagazione in rete

Il torrente Arno, dalla SS341 nel comune di Gazzada Schianno fino all'impianto di depurazione di Sant'Antonino Ticino, è stato schematizzato mediante il rilievo di 134 sezioni e attribuendo un indice di scabrezza di Strickler compreso fra 30 e 50 m<sup>1/3</sup>/s.

La propagazione in rete dell'onda di piena è stata simulata mediante il modello S.O.C.S. del Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Ambientale dell'Università di Pavia che, in reti ad albero o a maglie e con sezioni sia chiuse che aperte, è in grado di risolvere numericamente le equazioni di De Saint Venant.

Accanto alle equazioni suddette sono state aggiunte, per ogni nodo, l'equazione di continuità per la conservazione della portata e l'uguaglianza delle quote assolute del nodo e dei rami connessi al generico nodo.

Tale modello consente di simulare il comportamento della corrente veloce e di rappresentare l'effetto delle discontinuità localizzate dovute alle brusche variazioni di geometria ed alla presenza di manufatti di varia tipologia. La soluzione delle equazioni di De Saint Venant nei singoli rami è stata ottenuta adottando lo schema numerico di tipo implicito di Preissmann.

Nel caso considerato il sistema di equazioni di De Saint Venant è stato semplificato considerando la corrente sempre lenta; questa situazione è quella che normalmente si presenta durante gli eventi di piena nei corsi d'acqua con pendenza poco elevata (valore medio pari allo 0,5 %).

Operativamente, poiché l'alveo a monte di Gallarate presenta un salto di fondo di notevoli dimensioni, la simulazione è stata condotta, esclusivamente per comodità, dividendo l'intera asta del corso d'acqua in due parti: da Gazzada Schianno a Gallarate e da Gallarate a Sant'Antonino Ticino.

Le condizioni al contorno necessarie per la risoluzione del problema sono state definite nelle sezioni di monte e di valle dei due tratti: nella sezione di monte della prima parte si è imposto l'idrogramma in ingresso al nodo 1, mentre in quella della seconda parte si è imposto l'idrogramma in uscita dal tronco precedente. Per quanto riguarda la condizione di valle, per il primo tratto si è

imposta l'altezza critica, mentre per il secondo si è imposta la condizione di moto uniforme.

La taratura del modello è stata effettuata confrontando le aree allagate ottenute con quelle relative alla piena storica del settembre 1995.

#### 8.6.2 Risultati delle simulazioni effettuate

Le simulazioni con il modello sopra descritto sono state condotte in corrispondenza di tempi di ritorno pari a 10 e 100 anni.

In particolare, in corrispondenza del tempo di ritorno decennale è stata operata una verifica dell'alveo nelle condizioni attuali.

Dalla suddetta verifica sono emersi una serie d'interventi da realizzare sul corso d'acqua allo scopo di eliminare le possibili esondazioni. L'efficacia delle opere previste è stata verificata con la piena centennale.

In definitiva, sono state effettuate le simulazioni considerando le seguenti portate:

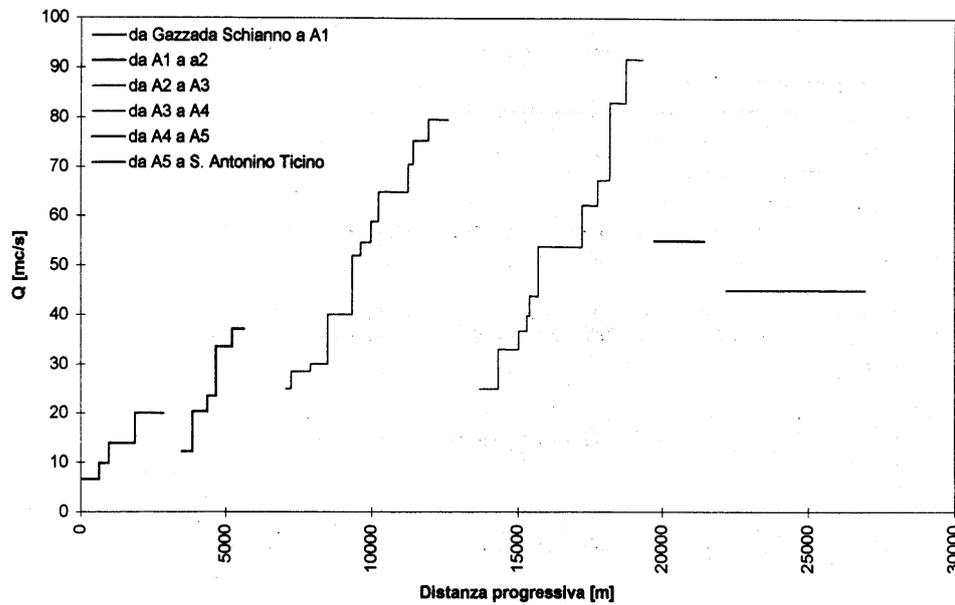
- nelle condizioni attuali, la piena decennale in corrispondenza del Comune di Samarate ha un colmo di circa  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- nel caso in cui venissero attuati gli interventi di progetto previsti nello studio dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (serbatoi di laminazione delle portate sul torrente Arno e sui principali affluenti), la portata in arrivo a Samarate, con tempo di ritorno pari a 100 anni, sarebbe di  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tenuto conto che il bacino di laminazione A3 a monte della città di Gallarate è in fase di realizzazione e che la massima portata che potrà essere scaricata, compatibilmente con le caratteristiche della rete idrica di valle, risulta pari a  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ , sono state condotte delle ulteriori simulazioni per la verifica delle condizioni di deflusso nel comune di Samarate di un'onda di piena con tempo di ritorno decennale e centennale:

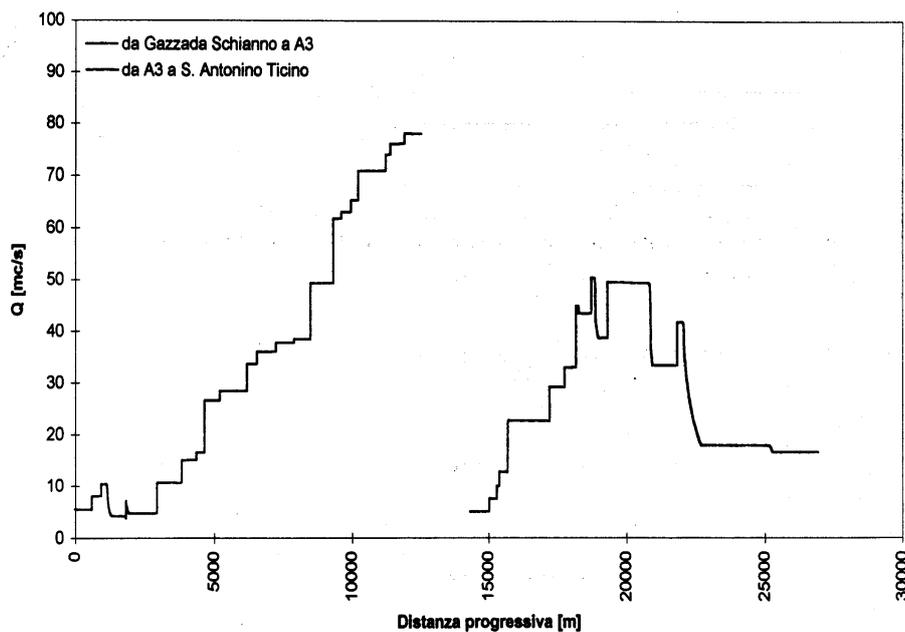
- se sul torrente Arno fosse dunque realizzato il solo bacino di laminazione A3 a monte della città di Gallarate, considerata opera prioritaria per la salvaguardia della stessa città, a Samarate avremmo, in corrispondenza di un tempo di ritorno decennale, una portata al colmo di circa  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- per un tempo di ritorno centennale, invece, si stima una portata in arrivo a Samarate pari a circa  $98 \text{ m}^3/\text{s}$ .

I grafici seguenti riportano l'inviluppo dei valori di portata massima lungo il torrente Arno negli scenari considerati. Si precisa che le portate relative a

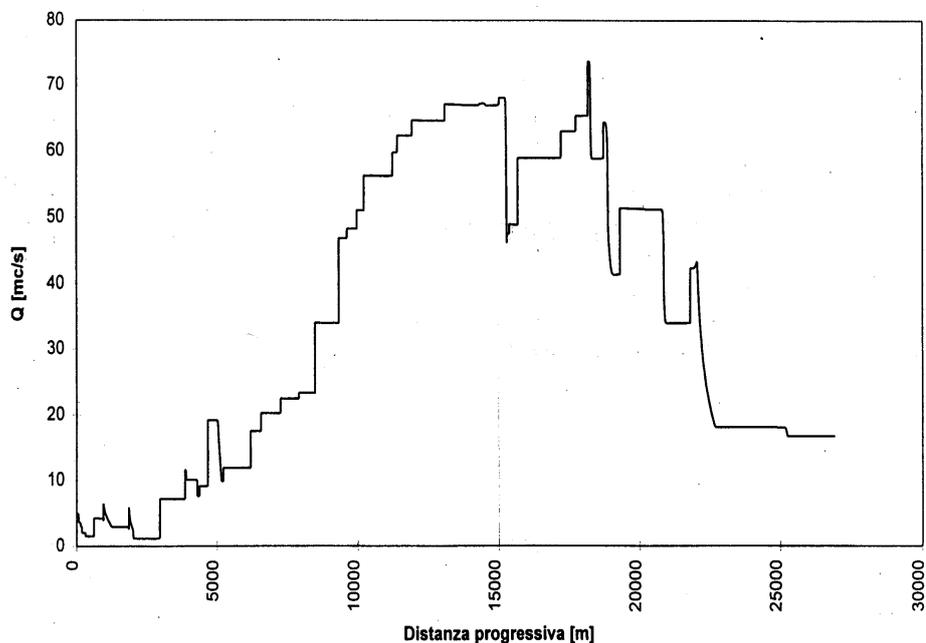
Samarate si ottengono, dai grafici, in corrispondenza della progressiva 20.000 m.



Piena di progetto T=10 anni: portate massime



### Piena di progetto T=100 anni: Inviluppo delle portate massime per la verifica idraulica degli interventi proposti



### Piena di progetto T=10 anni: Inviluppo delle portate massime per la verifica idraulica con il solo bacino di laminazione di Gallarate

Dallo studio effettuato, allo stato attuale, le maggiori criticità nel comune di Samarate sono emerse in vicinanza della SP 40 e a valle dello scarico fognario di via Fornace fino al ponte della strada da Ferno a San Macario.

## 8.7 Determinazione dei profili di corrente

### 8.7.1 Codice di calcolo utilizzato per il tracciamento dei profili di corrente

Definite le portate di riferimento lungo il tratto di interesse, si è passati alla realizzazione di un modello di simulazione idraulica in grado di calcolare i profili di corrente che si generano nell'alveo in corrispondenza del passaggio dei suddetti valori.

A tale scopo si è fatto ricorso ad un codice di calcolo che, a partire dalla conoscenza della geometria del corso d'acqua, definita attraverso sezioni trasversali dello stesso, ricava il profilo in moto permanente ovvero fornisce il livello idrico, in dette sezioni, generato dal passaggio di prefissati valori di portata.

Per la definizione della geometria del corso d'acqua sono state utilizzate complessivamente 17 sezioni trasversali. In particolare, le sezioni trasversali

definite nello studio dell'Autorità di Bacino del Fiume Po sono state integrate da un rilievo di dettaglio eseguito per rendere più completa la descrizione dell'area d'interesse.

Per la determinazione del profilo di corrente in condizioni di moto permanente è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-2, elaborato dall'U.S. Army Corps of Engineering.

Tale programma è basato sostanzialmente sull'integrazione, in termini finiti, dell'equazione dell'energia di una corrente:

$$\frac{\Delta E}{\Delta S} = i - j$$

dove:

- $\Delta E$  = variazione dell'energia della corrente tra due sezioni di calcolo [m];
- $\Delta S$  = distanza tra le due sezioni di calcolo [m];
- $i$  = pendenza del fondo alveo;
- $j$  = cadente della linea dell'energia.

In particolare HEC-2 utilizza lo "standard step method" per integrare la precedente equazione discretizzata nella forma seguente:

$$Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \Delta H$$

dove:

- $Z$  = quota assoluta del pelo libero [m];
- $\alpha$  = coefficiente di velocità;
- $V$  = velocità media [m s<sup>-1</sup>];
- $g$  = accelerazione di gravità [m s<sup>-2</sup>];
- $\Delta H$  = perdita di carico tra due sezioni successive 1 e 2 [m].

Le grandezze con pedice 1 hanno analogo significato, ma con riferimento alla sezione 1 e sono tutte quantità note.

Il termine  $\Delta H$  rappresenta la perdita di carico che si genera nella corrente tra una sezione e l'altra ed è calcolato come somma del termine relativo alle perdite distribuite e del termine relativo alle perdite concentrate per contrazione o espansione dovute alla variazione di larghezza della sezione trasversale:

$$\Delta H = LJ + K \left( \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

- $L$  = distanza fra le due sezioni [m];
- $J$  = cadente della linea dell'energia [m m<sup>-1</sup>];
- $K$  = coefficiente di espansione o contrazione.

La cadente  $J$  è calcolata tramite la ben nota espressione di Chézy:

$$J = \frac{V^2}{C^2 R}$$

che, utilizzando per l'indice di resistenza  $C$  la forma proposta da Manning, si trasforma nella:

$$J = n^2 \frac{V^2}{R^{4/3}}$$

dove:

- $n$  = coefficiente di scabrezza di Manning [s/m<sup>1/3</sup>];
- $V$  = velocità media nella sezione [m/s];
- $R$  = raggio idraulico della sezione [m].

Per la schematizzazione dei ponti, si è fatto riferimento al cosiddetto "Normal Bridge Method", che è una metodologia di calcolo che consente di tenere conto delle perdite di carico concentrate per espansione e contrazione dovute alle spalle del ponte, alle pile in alveo ed all'impalcato, nell'eventualità che il livello idrico lambisca l'intradosso del ponte.

Con il Normal Bridge Method l'effetto sulla corrente dei ponti viene schematizzato mediante quattro sezioni di calcolo che si rifanno tutte alla geometria rilevata topograficamente.

Di queste quattro sezioni, partendo da valle verso monte, la prima descrive la sezione naturale posta un metro a valle del ponte, con andamento del terreno pari a quello dell'alveo in corrispondenza del manufatto; la seconda e la terza sezione descrivono, rispettivamente, la faccia di valle e la faccia di monte del ponte e sono poste ad una distanza fra loro pari alla larghezza dell'impalcato; la quarta, infine, descrive la sezione naturale posta un metro a monte del manufatto, con andamento del terreno pari a quello dell'alveo sotto al ponte.

In definitiva, questo schema consente al modello di sovrapporre all'andamento dell'alveo l'ingombro del ponte e cioè di rappresentare l'effettivo stato di fatto della sezione trasversale, tenendo conto sia dell'eventuale effetto dell'impalcato, sia del fatto che il ponte possa avere forma diversa in ingresso e in uscita.

### 8.7.2 Modello di simulazione

Per l'analisi del profilo idraulico del corso d'acqua in esame, si sono assunti i seguenti valori di scabrezza secondo Manning:

- $n = 0,033 \text{ s/m}^{1/3}$  (corrispondente ad un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a  $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ) nei tratti di alveo in terra;
- $n = 0,020 \text{ s/m}^{1/3}$  (corrispondente ad un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a  $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ) nei tratti di alveo in calcestruzzo o con massi;
- $n = 0,040 \text{ s/m}^{1/3}$  (corrispondente ad un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a  $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ) per le golene.

Tali valori sono stati utilizzati anche nello studio dell'Autorità di Bacino del Fiume Po per descrivere correttamente la condizioni di deflusso della corrente.

Per il coefficiente K di contrazione e di espansione, invece, si sono utilizzati i valori riportati nella tabella seguente, con riferimento alla situazione di graduale variazione di larghezza tra una sezione e l'altra e a quella di variazione generalmente più brusca dovuta alla presenza di ponti.

**Valori del coefficiente K**

Caratteristiche del tratto	K - Contrazione	K - Espansione
Variazione graduale	0,1	0,3
Ponti - tratti tombinati	0,3	0,5

### 8.7.3 Risultati del modello di simulazione

Come descritto dettagliatamente nel capitolo precedente, per il calcolo dei profili idraulici in corrispondenza di Samarate, sono stati ipotizzati i seguenti scenari:

- stato attuale, ovvero con la sola presenza sul territorio del bacino di laminazione A3 a monte della città di Gallarate. Tale bacino, infatti, è attualmente in fase di costruzione;
- progetto, ovvero al termine della realizzazione delle opere di laminazione delle piene previste dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Per quanto concerne la situazione di progetto, rimandando al capitolo dedicato al quadro degli interventi strutturali per una descrizione completa delle opere. Si ricorda che l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha previsto la realizzazione di bacini di laminazione controllata sull'asta principale e sui principali affluenti.

In particolare, a Samarate, sono previsti due bacini di laminazione controllata (A4 e A5), di cui uno al confine con Cardano al Campo (in corrispondenza delle sezioni 2 e 3) nel tratto iniziale del territorio comunale procedendo solidalmente con la corrente.

In conclusione, dunque, sono state effettuate due simulazioni:

- nelle condizioni di stato di fatto e con una portata di riferimento pari a 50 m<sup>3</sup>/s, corrispondente ad un tempo di ritorno di 10 anni;
- nelle condizioni di progetto e con una portata di riferimento pari a 55 m<sup>3</sup>/s, corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni. Quest'ultima simulazione è stata condotta solo per il tratto compreso fra le sezioni 4 e 12, infatti le sezioni precedenti sono inserite nel bacino di laminazione A4, mentre le sezioni successive sono incluse nel bacino di laminazione A5.

Rispetto a quanto inizialmente definito in sede di programmazione del lavoro ci sarebbe stato un altro scenario per l'effettuazione delle simulazioni, ovvero nelle condizioni di stato di fatto e con una portata di riferimento pari a 98 m<sup>3</sup>/s, corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni. Di fatto questo scenario viene a cadere nel momento in cui entrerà in funzione la vasca di laminazione a monte di Gallarate (A3) attualmente già in fase di collaudo. Stando così le cose, è chiaro che anche nello scenario definibile come attuale la portata centennale rientra nel primo dei casi sopra esposti.

I risultati del modello matematico di simulazione in condizioni di moto permanente hanno indicato che il deflusso nel corso d'acqua in esame, per le portate utilizzate, assume le caratteristiche di una corrente lenta.

Per il calcolo dei profili di corrente lenta la simulazione procede da valle verso monte; come altezza d'acqua di partenza, in corrispondenza della sezione terminale posta 100 m a valle dell'ultima sezione rilevata, è stata assunta un'altezza pari all'altezza di moto uniforme.

In occasione del passaggio della portata di 50 m<sup>3</sup>/s (presenza del solo bacino di laminazione A3 ed evento pluviometrico con tempo di ritorno decennale) è possibile constatare la presenza di allagamenti in corrispondenza della sezione 2, in sponda sinistra.

La situazione appare tuttavia particolarmente delicata in corrispondenza della sezione 13 (sponda destra) e in sezione 9 dove si osserva una quota d'acqua

pari alla quota di ritenuta della sponda sinistra. In tale sezione sono presenti importanti sedi stradali che se raggiunte dalla piena possono fungere da via preferenziale per la propagazione dell'acqua fuoriuscente dall'alveo.

Il convogliamento della portata considerata avviene con franchi esigui anche in corrispondenza delle sezioni 5 e 6 (franco pari a circa 20 cm) e delle sezioni 7, 8 10 e 11 (franco inferiore a 50 cm).

Inoltre, in corrispondenza dei manufatti di attraversamento posti nelle sezioni 1, 7, 9 e 13 il deflusso avviene con moto in pressione. Nella tabella seguente i risultati dei calcoli effettuati.

#### Simulazione nella situazione attuale

sezione	quota fondo alveo	quota acqua	velocità	quota energia	numero di Froude
	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m/s]	[m s.l.m.]	
108	226,00	227,75	3,99	228,56	0,98
1	224,64	227,25	2,19	227,50	0,49
2	222,25	224,82	2,86	225,23	0,65
3	221,97	224,00	2,99	224,46	0,80
4	220,55	223,76	2,03	223,97	0,44
5	221,13	223,39	2,75	223,77	0,70
6	220,83	223,11	2,56	223,44	0,63
7	219,52	222,57	2,78	222,97	0,60
8	219,28	222,01	2,66	222,37	0,60
9	218,43	221,73	1,97	221,93	0,39
10	218,09	220,20	3,87	220,96	1,00
11	217,25	219,64	2,89	220,07	0,69
116	216,86	219,22	3,49	219,84	0,77
12	216,01	218,22	2,67	218,58	0,66
117	215,10	217,14	4,21	218,58	0,99
13	21,82	215,04	1,54	215,12	0,37

L'ultima simulazione è stata effettuata, come accennato in precedenza, nelle condizioni di progetto, cioè nell'ipotesi che sussistano i bacini di laminazione A4 e A5 oltre ad A3, e solo per il tratto compreso fra le sezioni 4 e 12 assumendo, proprio in corrispondenza della sezione 12, un'altezza d'acqua pari all'altezza di moto uniforme. In questo scenario la portata con tempo di ritorno centennale risulta pari a 55 m<sup>3</sup>/s. Poiché la suddetta portata è del tutto simile al valore considerato nella prima simulazione valgono le considerazioni riportate al termine della prima verifica.

Le situazioni maggiormente delicate si osservano in corrispondenza delle sezioni 5, 6 e 9. In particolare, in corrispondenza della sezione 9 si registra una

quota d'acqua superiore alla quota di ritenuta della sponda sinistra di circa 10 cm. In corrispondenza della sezione 5, invece, si determina una quota d'acqua superiore alla quota di ritenuta della sponda destra di circa 10 cm, mentre per la sponda sinistra i due valori sono uguali. Anche in corrispondenza della sezione 6, in sponda destra, si ha una quota d'acqua pari alla quota di sponda.

Per quanto riguarda la sezione 9 si è già discusso precedentemente dei problemi connessi ad una possibile esondazione, per le sezioni 5 e 6 è da sottolineare che, proprio in sponda destra, c'è la volontà di realizzare un ampliamento dello stabilimento esistente. Di fatto quest'ultimo resta all'esterno della fascia di allagamento potenziale, al contrario del terreno attiguo immediatamente a ridosso del corso d'acqua.

La portata considerata defluisce con franchi esigui anche in corrispondenza delle sezioni 7, 8 e 11 (franco pari a circa 15 cm) e della sezione 10 (franco pari a circa 50 cm).

In ultimo, il deflusso al di sotto dei ponti in corrispondenza delle sezioni 7 e 9 avviene in pressione.

#### Simulazione nella situazione futura

sezione	quota fondo alveo	quota acqua	velocità	quota energia	numero di Froude
	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m/s]	[m s.l.m.]	
4	220,55	223,66	2,35	223,94	0,52
5	221,13	223,63	1,16	223,67	0,28
6	220,83	223,34	2,28	223,59	0,53
7	219,52	222,82	2,73	223,20	0,57
8	219,28	222,16	2,71	222,54	0,60
9	218,43	221,86	2,04	222,04	0,39
10	218,09	220,31	3,96	221,11	1,00
11	217,25	219,84	2,84	220,25	0,69

Le linee di allagamento sono rappresentate nella **Tav. 5a**.

## 8.8 Conclusioni

Sono state condotte le valutazioni circa le caratteristiche idrologiche dell'area in esame e, utilizzando le elaborazioni fatte di recente dall'Autorità di bacino, sono state definite le condizioni di deflusso riconducibili a due scenari di riferimento.

I due scenari considerati, situazione attuale e futura, differiscono sostanzialmente per la presenza nel secondo caso di due bacini di laminazione nel territorio di Samarate, una delle quali nel tratto a monte del territorio comunale rispetto al deflusso delle acque del torrente.

Nel caso della situazione attuale, in occasione del passaggio della portata di 50 m<sup>3</sup>/s (presenza del solo bacino di laminazione A3 a monte di Gallarate, attualmente in fase di collaudo, ed evento pluviometrico con tempo di ritorno decennale) è possibile constatare la presenza di allagamenti in corrispondenza della sezione 2, in sponda sinistra. La situazione appare tuttavia particolarmente delicata in corrispondenza della sezione 13 (sponda destra) e in sezione 9 dove si osserva una quota d'acqua pari alla quota di ritenuta della sponda sinistra. In tale sezione sono presenti importanti sedi stradali che se raggiunte dalla piena possono fungere da via preferenziale per la propagazione dell'acqua fuoriuscente dall'alveo. In sostanza l'area di allagamento è fortemente condizionata dall'andamento e dalla manutenzione della sede stradale.

Il convogliamento della portata considerata avviene con franchi esigui anche in corrispondenza delle sezioni 5 e 6 (franco pari a circa 20 cm) e delle sezioni 7, 8 10 e 11 (franco inferiore a 50 cm).

Inoltre, in corrispondenza dei manufatti di attraversamento posti nelle sezioni 1, 7, 9 e 13 il deflusso avviene con moto in pressione.

La seconda simulazione (situazione futura) è stata effettuata, come accennato in precedenza, nelle condizioni di progetto, cioè nell'ipotesi che sussistano i bacini di laminazione A4 e A5 oltre ad A3, e solo per il tratto compreso fra le sezioni 4 e 12 assumendo, proprio in corrispondenza della sezione 12, un'altezza d'acqua pari all'altezza di moto uniforme. In questo scenario la portata con tempo di ritorno centennale risulta pari a 55 m<sup>3</sup>/s. Poiché la suddetta portata è del tutto simile al valore considerato nella prima simulazione valgono le considerazioni riportate al termine della prima verifica.

Le situazioni maggiormente delicate si osservano in corrispondenza delle sezioni 5, 6 e 9. In particolare, in corrispondenza della sezione 9 si registra una quota d'acqua superiore alla quota di ritenuta della sponda sinistra di circa 10 cm. In corrispondenza della sezione 5, invece, si determina una quota d'acqua superiore alla quota di ritenuta della sponda destra di circa 10 cm, mentre per

la sponda sinistra i due valori sono uguali. Anche in corrispondenza della sezione 6, in sponda destra, si ha una quota d'acqua pari alla quota di sponda.

Per quanto riguarda la sezione 9 si è già discusso precedentemente dei problemi connessi ad una possibile esondazione, per le sezioni 5 e 6 è da sottolineare che le aree di allagamento potenziale delineate in sponda destra, non riguardano le superfici interessate all'ampliamento di uno stabilimento produttivo esistente.

La portata considerata defluisce con franchi esigui anche in corrispondenza delle sezioni 7, 8 e 11 (franco pari a circa 15 cm) e della sezione 10 (franco pari a circa 50 cm).

In ultimo, il deflusso al di sotto dei ponti in corrispondenza delle sezioni 7 e 9 avviene in pressione.

Le considerazioni sopra esposte sono valide in assenza degli interventi di ricalibratura dell'alveo, ovvero di allargamento della sezione senza tuttavia modificarne le caratteristiche essenziali. Di fatto per l'esiguità delle differenze fra le portate del primo e del secondo scenario, le conclusioni sopra illustrate, nel caso di ricalibratura dell'alveo in alcuni tratti, verosimilmente appiattirebbero i due scenari alla situazione rappresentata dal primo.

Infine va detto che i risultati del presente studio risultano in linea con quanto ottenuto da analoghi studi nella medesima area di indagine.

## 9. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

### 9.1 *Aspetti normativi e metodologici*

Con la D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616, la Regione Lombardia ha ulteriormente aggiornato le linee guida e le procedure operative per la valutazione degli effetti sismici di sito a cui uniformarsi nella definizione del rischio sismico locale, già definiti nelle precedenti D.G.R. n. 8/1566/05 e n. 8/7374/08.

Nel caso specifico, nell'ambito dei tre livelli di approfondimento previsti dalla suddetta normativa e tenuto conto:

- della classificazione del territorio comunale di Samarate in Zona Sismica 4 ai sensi della OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e s.m.i.;
- della D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 *Disposizioni preliminari per l'attuazione della OPCM n. 3274 del 20/03/2003*;
- del D.M. 14 gennaio 2008 *Norme tecniche per le costruzioni*,

l'analisi del rischio sismico è stata condotta adottando la **procedura di I livello** che, a partire dalle informazioni territoriali di base disponibili, consente di individuare le zone caratterizzate da specifici scenari di pericolosità sismica locale (*PSL*).

La procedura di I livello (obbligatoria per tutti i comuni lombardi) rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, per la caratterizzazione semi-quantitativa (II livello) o quantitativa (III livello) degli effetti di amplificazione sismica attesi.

Per i comuni ricadenti in Zona sismica 4 come Samarate, l'applicazione dei livelli di approfondimento sono così regolati (D.G.R. 9/2616/11):

- *livello II*: si applica in fase pianificatoria solo per edifici strategici e rilevanti<sup>3</sup> di nuova previsione (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03) nelle

---

<sup>3</sup> costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

zone di pericolosità sismica locale suscettibili di amplificazioni topografiche e/o litologiche (PSL Z3 e Z4);

- *livello III*: si applica in fase progettuale nelle aree indagate con il livello II quando il fattore d'amplificazione calcolato supera il fattore soglia comunale e nelle zone di pericolosità sismica locale suscettibili di effetti di instabilità o cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1 e Z2) solo per edifici strategici e rilevanti.

Per l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale si è fatto riferimento alla *Tabella 1* di cui all'Allegato 5 alla D.G.R. n. 9/2616/11 riportata di seguito.

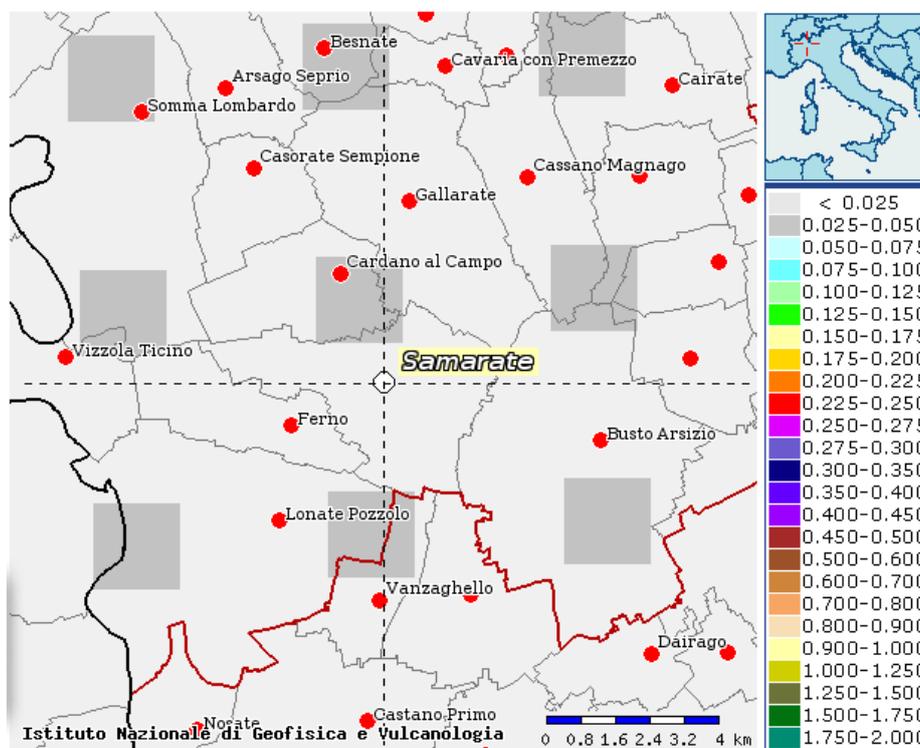
<b>SIGLA</b>	<b>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI</b>
<b>Z1a</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
<b>Z1b</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
<b>Z1c</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
<b>Z2a</b>	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc.)	Cedimenti
<b>Z2b</b>	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
<b>Z3a</b>	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, etc.)	Amplificazioni topografiche
<b>Z3b</b>	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
<b>Z4b</b>	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
<b>Z4c</b>	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
<b>Z4d</b>	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
<b>Z5</b>	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Ai fini dell'individuazione dei possibili scenari di pericolosità sismica locale elencati in tabella, si sono analizzati criticamente i dati geologici e geotecnici acquisiti nell'ambito del presente studio e descritti nei capitoli precedenti.

## **9.2 Analisi sismica di base del territorio comunale**

Con riferimento al D.M. 14/01/08 *Norme tecniche per le costruzioni* la sismicità di base del territorio comunale Samarate è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni

definita nella tabella 1 allegata al citato D.M. in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento nazionale mostrato nella figura sottostante per l'area in esame.



In particolare i valori di scuotimento relativi ai quattro nodi utilizzabili per la definizione del valore medio significativo per il territorio in esame sono mostrati nella seguente tabella unitamente ai parametri di base che definiscono lo spettro di risposta elastico:

ID Punto [-]	Coord. Nord [°]	Coord. Est [°]	$a_{g(475)}$ [g]	$F_{o(475)}$ [-]	$T_c^* (475)$ [s]
11366	45.6404	8.7037	0,037	2,617	0,275
11367	45.6432	8.7751	0,038	2,617	0,274
11368	45.6459	8.8464	0,038	2,623	0,278
11588	45.5904	8.7079	0,037	2,611	0,276
11589	45.5932	8.7791	0,038	2,616	0,276
11590	45.5960	8.8503	0,038	2,634	0,279

Sulla base dei dati sopra indicati è possibile definire un valore medio valido nell'ambito del territorio esaminato ai soli fini pianificatori ed amministrativi mentre per la definizione delle azioni sismiche a livello progettuale occorrerà definire puntualmente le azioni sismiche come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente

il punto in esame adottando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in esame ed i vertici considerati. Nel caso in esame si ottengono i seguenti valori medi dei parametri sismici di base:

$a_{g(475)}$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
0.038	2.619	0.276

Il D.M. 14/01/2008, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto per gli interventi edificatori prevede una classificazione del suolo di fondazione, ovvero del terreno compreso tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento (bedrock sismico), nelle seguenti categorie:

- A.** *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B.** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, 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  $N_{SPT30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- C.** *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- D.** *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- E.** Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

Tale classificazione si basa sulla specifica caratterizzazione del suolo di fondazione secondo la stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs, ovvero del numero di colpi  $N_{SPT}$  ottenuti mediante prova

penetrometrica dinamica e, nel caso di terreni coesivi, della coesione non drenata  $C_u$ .

Inoltre risulta determinante la valutazione della profondità del bedrock sismico inteso come il livello in cui le velocità di propagazione delle onde di taglio raggiungono valori pari o superiori a 800 m/s.

Tenuto conto della classificazione sopra citata, in **Tav. 7** è stata pertanto descritta la classificazione sismica di base estesa all'intero territorio comunale di Samarate, suddividendo con apposito segno grafico tre aree omogenee con peculiari caratteristiche litologico stratigrafiche.

L'analisi è stata condotta sulla base sia delle conoscenze geologiche e geomorfologiche del territorio, sia dei valori di resistenza delle prove penetrometriche dinamiche disponibili (**Par. 7.2** della presente relazione). Ove possibile questi dati sono stati integrati con le informazioni desunte dalle descrizioni stratigrafiche dei pozzi per acqua sino a circa 30 m di profondità (**All. 3**).

Inoltre, al fine di definire con maggior precisione il valore medio delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno nelle aree di maggior interesse urbanistico, sono state effettuate due misurazioni in sito mediante analisi multicanale delle onde superficiali (Masw) per il calcolo delle Vs30 e relativa classificazione del suolo di fondazione secondo quanto riportato nel D.M. 14/01/2008, confrontate e integrate con i risultati di un'altra analisi Masw e di un'analisi dei microtremori (ReMi) per il calcolo delle Vs30 effettuate precedentemente a supporto di singoli interventi (documentazione agli atti del comune). I risultati delle suddette analisi sono riportati nel **Par. 9.2.1**.

In base a quanto rilevato nel territorio comunale, sono state individuate le seguenti aree con caratteristiche omogenee:

- (A) Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie e sabbie in matrice sabbioso - limosa con limi sommitali di spessore circa 2m – *suolo di tipo C e di tipo E*;
- (B) Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaia a supporto clastico in matrice sabbioso - limosa con presenza di un orizzonte sommitale limoso fino 1,3 m di profondità. – *suolo di tipo B e di tipo C*;
- (C) Depositi fluviali costituiti da sabbie fini massive intercalate a livelli ghiaiosi a supporto clastico, con presenza di un livello sommitale di limo argilloso di circa 1m di spessore. – *suolo di tipo B e di tipo C*.

### 9.2.1 Analisi multicanale delle onde superficiali (Masw)

A titolo di approfondimento rispetto all'analisi di 1° livello, è stata effettuata un'indagine geofisica mediante delle prove MASW (*Multichannel Analysis Surface Waves*) per la valutazione della stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs, da cui ricavare il parametro Vs30. Il parametro Vs30, che rappresenta la velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno, è necessario per la classificazione dei terreni indagati in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

All'interno del territorio del Comune di Samarate, si sono realizzate 2 prove MASW, la prima in un'area in corrispondenza di Via Pascoli e la seconda in un'area in corrispondenza di Via Togliatti.

Sono state altresì considerate un'ulteriore prova Masw (area tra Via Ferrini e Via Isonzo) e un'analisi ReMi (area in Via Montenero) contenute in studi di supporto a interventi precedenti.

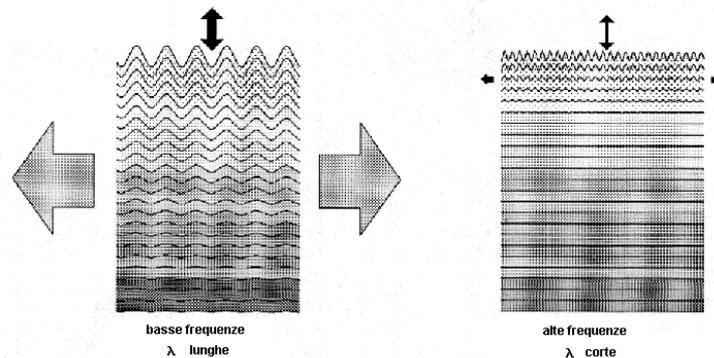
L'ubicazione degli stendimenti è riportata in **Tav. 7**.

#### 9.2.1.1 Descrizione del metodo, strumentazione e criteri di acquisizione

La determinazione delle Vs30 risulta fondamentale per la definizione dei suoli, secondo l'inquadramento della nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica.

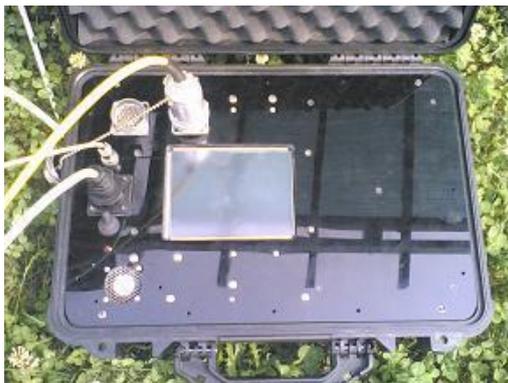
Per tale valutazione, oltre alla sismica in foro (downhole e crosshole) ed alla sismica di superficie (rifrazione e riflessione ad onde S), metodi alternativi di modellazione del sottosuolo basati sull'analisi delle onde superficiali (Rayleigh) hanno assunto importanza progressivamente crescente negli ultimi anni.

Sebbene le onde superficiali siano spesso 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.



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 costruzione del 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 di impiego delle proprietà dispersive delle onde superficiali.



Tra le varie tecniche che si basano sull'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vi sono l'analisi multicanale delle onde superficiali (MASW, *Multichannel Analysis of Surface Waves*) e l'analisi dei microtremori (*ReMi - Refraction Microtremor*). Per entrambe le tecniche, il processo comprende tre fasi successive: l'acquisizione delle onde superficiali, 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  $V_s$ .

## MASW

Per quanto riguarda le MASW, per ottenere un profilo Vs occorre innanzitutto produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore. Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde: 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. 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 in base alla distanza dalla sorgente. La scelta dei parametri di elaborazione, così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

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. La MASW consente in generale 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 Vs di inversione.



L'inversione della curva di dispersione serve per ricavare il profilo verticale delle Vs; tale operazione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento, sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Per ricavare il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione occorrono i valori approssimati del rapporto di Poisson e della densità, solitamente stimati utilizzando i risultati di misure effettuate in loco o valutando le tipologie dei materiali presenti.

Per l'acquisizione sismica è stato impiegato un sismografo EEG BR24 a 24 canali e un

doppio stendimento, ciascuno dotato di 12 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura costante pari a 2 metri, per un totale di 24 geofoni. La generazione di onde sismiche avviene mediante l'impiego di un fucile sismico o di una mazza battente da 6 kg.

L'analisi MASW può fornire risultati con un buon grado di attendibilità anche impiegando solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz). L'impiego di due stendimenti costituiti da 12 geofoni contribuisce ad ottimizzare ulteriormente i risultati.

### **ReMi**

Per quanto riguarda le ReMi, anziché generare un treno d'onde da una sorgente sismica, vengono registrate le onde prodotte dal "rumore" di fondo.

Le geometrie e la strumentazione di acquisizione devono essere in grado di fornire informazioni sulle onde di superficie internamente ad una banda di frequenza che va dai 2 ai 40 Hz circa e i tempi di registrazione dei files sismici devono essere generalmente non inferiori ai 15 secondi.

L'elaborazione del segnale consiste nel trasformare le registrazioni effettuate in spettri bidimensionali "slowness-frequency" che consentono la valutazione delle velocità di fase pertinenti a ciascuna singola componente in frequenza dei treni d'onda che si propagano in superficie.

Questi spettri consentono, attraverso un picking manuale, la definizione di una curva di dispersione caratteristica del moto sismico in superficie che è strettamente correlato alla distribuzione delle onde S con la profondità.

L'inversione di questa curva consente di ottenere una ricostruzione dell'andamento delle onde S da cui risulta poi essere agevole arrivare alla determinazione delle Vs30.



Per l'acquisizione sismica si utilizza un sismografo a 24 canali, dotato di un convertitore analogico-digitale a 16 bit (15+1) e di un amplificatore analogico digitale (24 dB) che determinano un dynamic range (120 dB), in grado di riprodurre in modo molto accurato il segnale sismico.

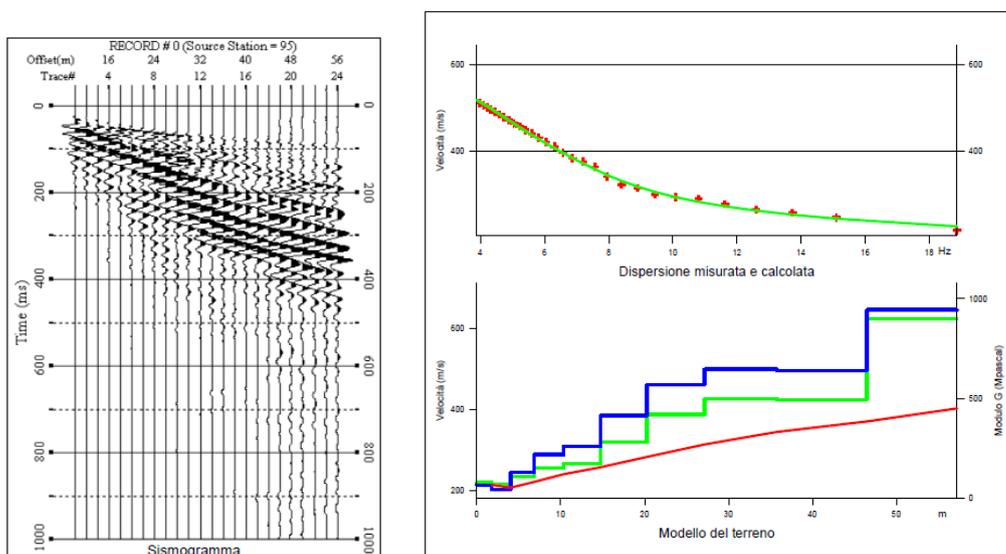


I sensori disposti sul terreno sono geofoni (Mark Products) caratterizzati da una frequenza di smorzamento di 14 Hz. Vengono adottate semplici geometrie di acquisizione, esse prevedono l'allineamento di n. 24 geofoni con spaziatura costante pari a 2 metri.

### 9.2.1.2 *Analisi dei risultati e calcolo delle Vs30*

Si riportano di seguito i risultati delle 3 analisi MASW e dell'analisi ReMi effettuate nel Comune di Samarate.

#### MASW 1 – VIA PASCOLI



Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno  
(MASW1 Samarate – Via Pascoli)

Il grafico in alto mostra la sovrapposizione della curva di dispersione misurata (curva a dispersione) e di quella calcolata (polilinea), mentre il grafico sotto mostra l'andamento della velocità Vs nei primi 30-50 m di terreno, ottenuto grazie all'inversione della curva di dispersione.

L'inversione della curva di dispersione ha condotto ai seguenti risultati:

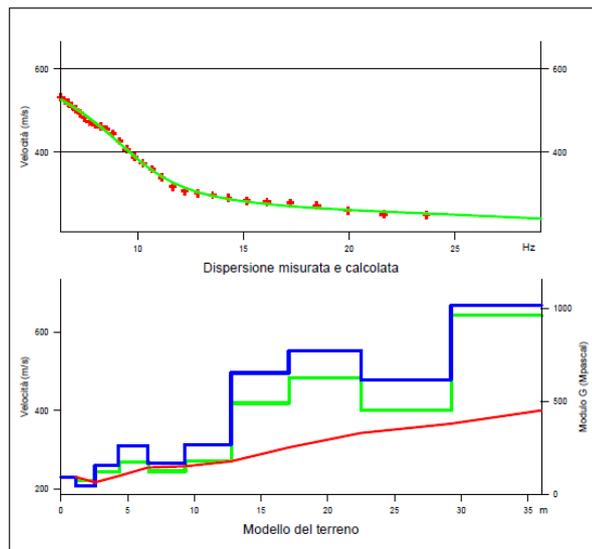
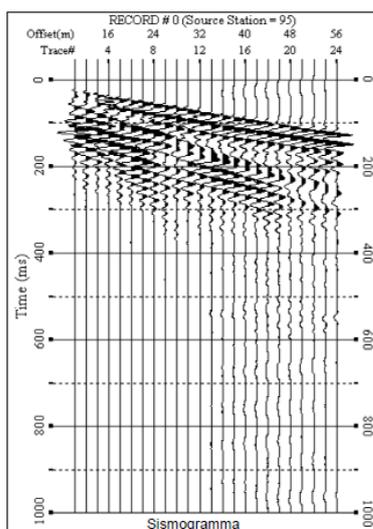
Tabella di calcolo Vs30			
Da profondità	A profondità	Vs	Hi/Vi
0	1,8	214	0,0084
1,8	4,1	202	0,0111
4,1	6,9	245	0,0115
6,9	10,4	289	0,0122
10,4	14,8	310	0,0142
14,8	20,3	385	0,0143
20,3	27,1	462	0,0149
27,1	35,7	499	0,0172
35,7	46,5	496	0,0216
46,5	57,2	646	0,0166

Per il calcolo della Vs30 è stata impiegata la formula riportata nel D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” così di seguito enunciata:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (m/s) (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori. Nel sito in esame l'analisi MASW ha condotto ad un valore di Vs30 pari a **325 m/s**.

#### MASW 2 – VIA TOGLIATTI



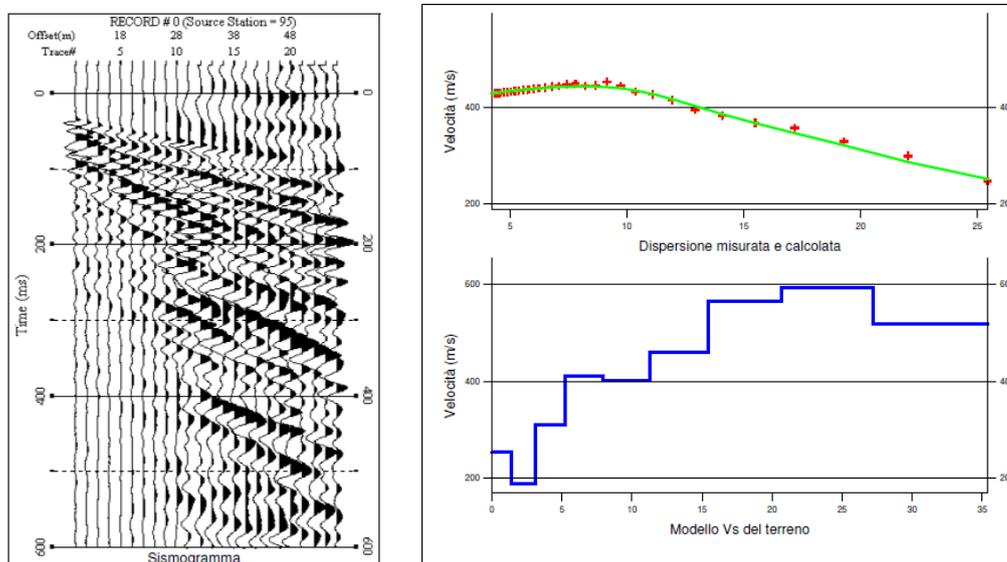
Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno (MASW2 Samarate – Via Togliatti)

L'inversione della curva di dispersione ha condotto ai seguenti risultati:

Tabella di calcolo Vs30			
Da profondità	A profondità	Vs	Hi/Vi
0	1,1	231	0,0049
1,1	2,5	208	0,0068
2,5	4,3	261	0,0068
4,3	6,5	311	0,0071
6,5	9,3	265	0,0104
9,3	12,8	313	0,0111
12,8	17,1	496	0,0087
17,1	22,5	554	0,0098
22,5	29,2	479	0,0141
29,2	36	667	0,0101

Impiegando la formula precedentemente descritta, i dati illustrati in tabella hanno condotto a un valore di Vs30 pari a **371 m/s**.

### MASW 3 – VIA FERRINI ANG. VIA ISONZO



Sismogramma registrato, curva di dispersione e modello Vs del terreno  
(MASW3 Samarate – Via Ferrini ang. Via Isonzo)

L'inversione della curva di dispersione ha condotto ai seguenti risultati:

Tabella di calcolo Vs30			
Da profondità	A profondità	Vs	Hi/Vi
0	1,4	254	0,0054
1,4	3,1	188	0,0092
3,1	5,2	309	0,0069
5,2	7,9	411	0,0065
7,9	11,2	400	0,0083
11,2	15,4	461	0,0091
15,4	20,7	565	0,0093
20,7	27,2	594	0,0110
27,2	30	518	0,0054

Impiegando la formula precedentemente descritta, i dati illustrati in tabella hanno condotto a un valore di Vs30 pari a **422 m/s**.

#### REMI – VIA MONTENERO

La registrazione effettuata è stata convertita in uno spettro *frequency-slowness*, sul quale è stata interpretata la curva di dispersione relativa alle componenti in frequenza dei tremori a cui è sottoposto il sottosuolo sul sito in esame.

Attraverso un picking manuale, viene definita la curva di dispersione caratteristica del moto sismico in superficie che è strettamente correlato alla distribuzione delle onde S con la profondità.

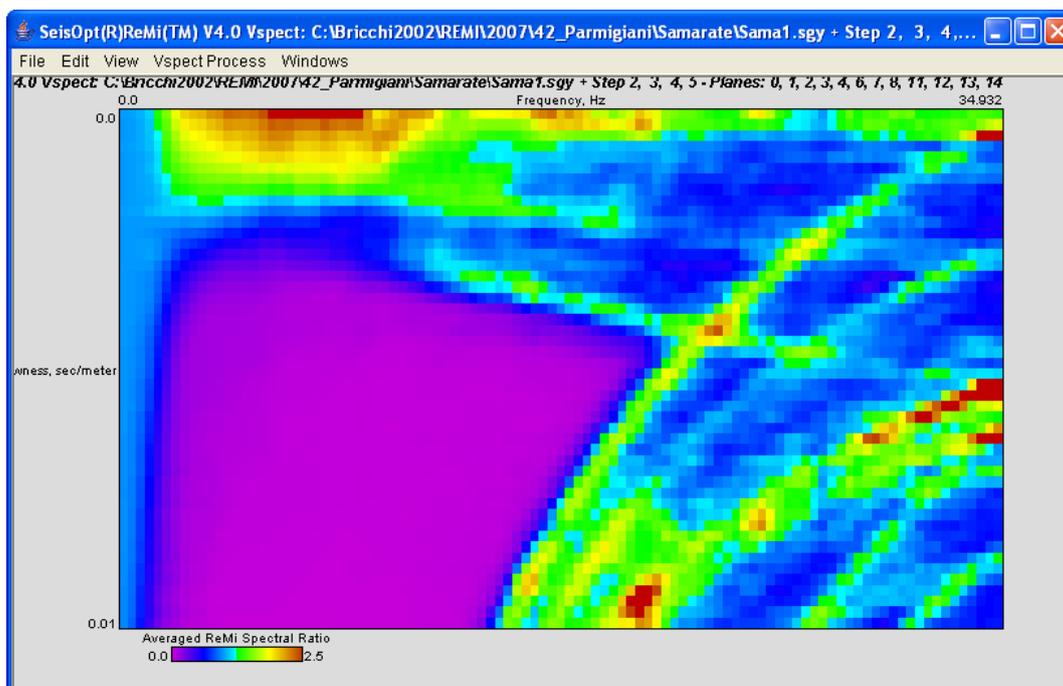


Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori con picking dei segnali)

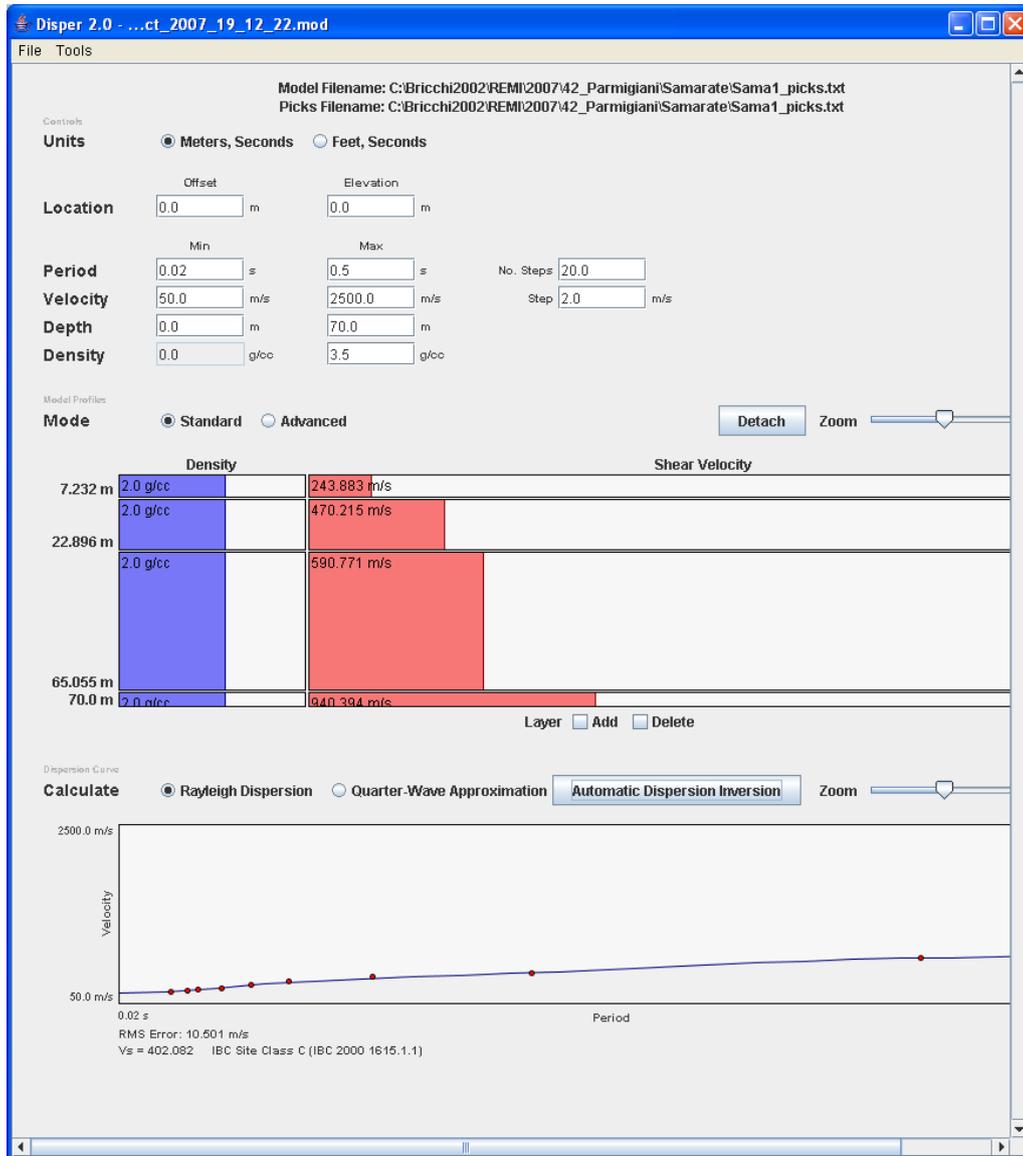
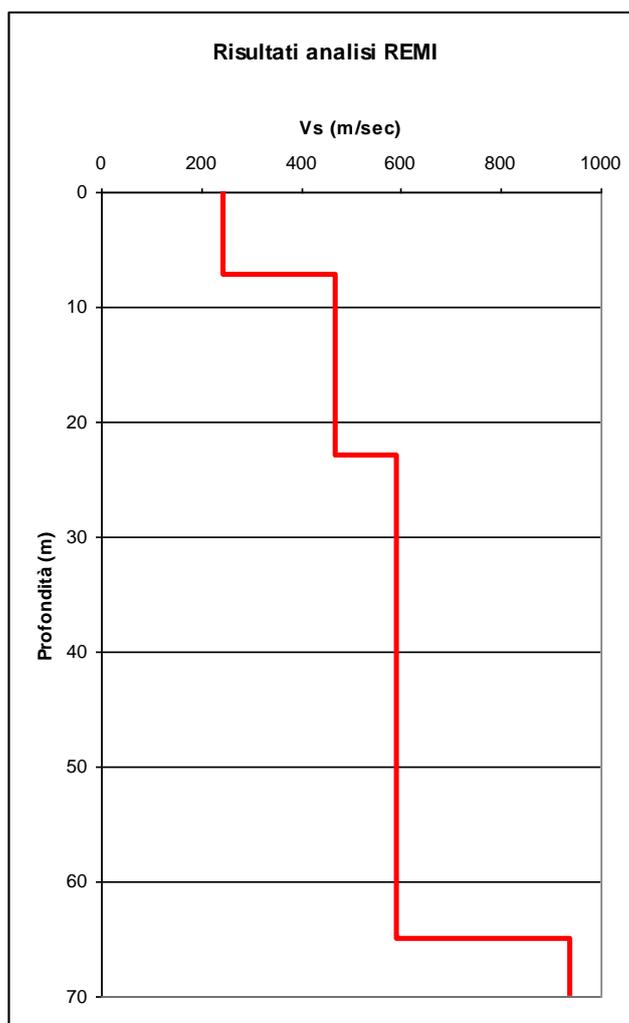


Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata

<b>ReMi</b>		
<i>Strato</i>	<i>Spessore</i>	<i>Velocità</i>
<i>(n)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m/s)</i>
1	7,23	244
2	15,66	470
3	42,16	591
4	4,94	940

Per il calcolo delle Vs30, sulla base dei dati ricavati dalle indagini dei microtremori (**ReMi**), viene utilizzata la medesima formula vista in precedenza. Pertanto si ricava:

$$Vs_{30} = 400 \text{ m/sec}$$



\*\*\*\*\*

Dai risultati delle diverse prove, si può osservare che in tutte l'andamento delle velocità è generalmente concorde e simile in termini di valori assoluti.

I valori di Vs30 ottenuti variano da un minimo di 325 m/s (Masw1) ad un massimo di 422 m/s (Masw3) e **indicano pertanto terreni di categoria B, ad eccezione della Masw 1 per la quale i valori indicano terreni di categoria C.**

### **9.3 Scenari di pericolosità sismica locale e possibili effetti indotti**

L'esame della documentazione analitica di base e l'osservazione dettagliata dell'assetto morfologico del territorio ha consentito l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale, di seguito descritti, in grado di dar luogo ad amplificazioni dello spettro di risposta elastica.

La distribuzione delle aree di pericolosità sismica locale individuate all'interno del territorio esaminato è mostrata nella **Tav. 7** redatta in scala 1:5.000.

#### **Z3 – Zone con potenziali effetti di amplificazione topografica**

Nell'ambito di tale classe sono stati inseriti il terrazzo fluvioglaciale presente nel settore occidentale, tra la loc. C.na Costa e l'area di Malpensa e la scarpata della cava Redi, presente nel settore orientale del territorio comunale.

L'ubicazione degli aree interessate a fenomeni di amplificazione sismica in prossimità di scarpate è stata definita in base ai parametri riportati nelle apposite schede di valutazione dell'Allegato 5 alla D.G.R. n. 9/2616/11 (vedi profili topografici esemplificativi riportati in **Tav. 7**).

Z3a – Zona di ciglio  $H > 10$  m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo o di natura antropica)

Sono state considerate scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un pendio con inclinazione maggiore o pari a  $10^\circ$  e un dislivello minimo di 10 m;
- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15 – 20 m;
- un fronte superiore con inclinazione ( $\beta$ ) inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale (per  $\beta > 1/5\alpha$  la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpata in contropendenza (per  $h > 1/3H$  la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

L'estensione dell'area di influenza delle linee di scarpata è stata determinata in funzione dell'altezza della scarpata in accordo alle indicazioni di cui all'Allegato 5 alla D.G.R. n. 9/2616/11, basate su considerazioni relative alla modalità di propagazione delle onde di taglio nel sottosuolo, come riportato nella seguente tabella:

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$A_i = 3/4 H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$A_i = 2/3 H$

In tali zone, estese fino alla base del pendio sotteso al ciglio di scarpata, sono prevedibili effetti di amplificazione della sollecitazione sismica al suolo conseguenti a fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione tra l'onda incidente e l'onda diffratta.

\*\*\*\*\*

Si precisa che alle aree omogenee (A), (B) e (C) della **Tav. 7**, appartenenti a contesto di "pianura alluvionale" con sedimenti granulari, non è stato associato lo scenario di pericolosità sismica locale Z4a in quanto non è stata rilevata la presenza di bedrock sismico a profondità inferiori a 30 m da piano campagna.

L'analisi delle stratigrafie dei pozzi per acqua presenti nella zona, delle indagini mediante Scpt e i risultati delle indagini sismiche effettuate, infatti, non indicano la presenza di un substrato caratterizzato da velocità medie di propagazione delle onde di taglio superiori a 800 m/s quindi definibile come bedrock sismico, condizione quest'ultima necessaria al possibile innesco di effetti di amplificazione sismica in luogo dello smorzamento tipico delle spesse coltri alluvionali.

#### **9.4 Analisi di livello II per edifici ed opere infrastrutturali strategici e rilevanti (elenco tipologico D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904)**

L'analisi di livello II fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (Fa) e si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche.

In base alla D.G.R. 9/9/2616/11, per i Comuni ricadenti in Zona sismica 4, come Samarate, l'analisi di livello II è obbligatoria in fase di pianificazione solo per gli edifici strategici e rilevanti di nuova previsione, compresi nell'elenco tipologico del D.D.U.O. n. 19904/03.

In base alle previsioni di piano, nel territorio comunale di Samarate sono previste alcune opere rientranti nella definizione di "opere rilevanti" in base al citato elenco tipologico. (vedi ubicazione su **Tav. 7**):

- Casa di riposo Anziani in Via Pascoli – San Macario;
- Media struttura di vendita commerciale in Via Torino ang. Via Roma;
- Ampliamento del centro sportivo in Via dell’Alberone – Verghera

Tali opere non ricadono nelle zone di pericolosità sismica locale individuate nel precedente paragrafo, tuttavia, su specifica richiesta del comune, è stata effettuata l’analisi di livello II.

Le suddette opere ricadono tutte nella medesima area omogenea, caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaia a supporto clastico in matrice sabbioso - limosa con presenza di un orizzonte sommitale limoso fino 1,3 m di profondità (Zona B – **Cap. 7**).

Pertanto, in base alla litologia prevalente in sito, per tutte le opere in oggetto è stata scelta, tra quelle proposte nell’Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11, la scheda di valutazione per le litologie prevalentemente sabbiose e ne è stata verificata la validità utilizzando i risultati delle prove Masw e della prova ReMi effettuate sul territorio, considerando quelle più prossime alla singola opera.

Di seguito si riportano le analisi di II livello effettuate per ogni ambito di interesse.

#### **Casa di riposo anziani – Via Pascoli San Macario**

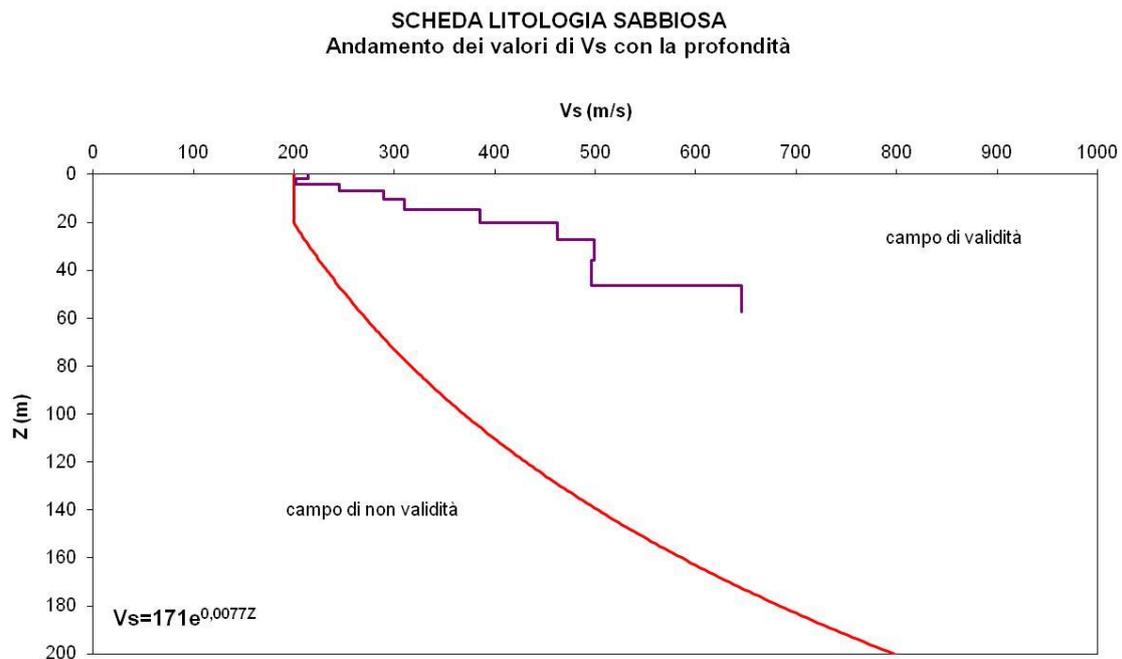
Come già indicato, per la valutazione è stata scelta la scheda per le litologie prevalentemente sabbiose e ne è stata verificata la validità utilizzando i risultati dell’analisi multicanale Masw1 di Via Pascoli.

I valori delle Vs rilevate sono riassunti nella tabella seguente:

<b>Tabella di calcolo Vs30</b>			
<i>Da profondità</i>	<i>A profondità</i>	<i>Vs</i>	<i>Hi/Vi</i>
0	1,8	214	0,0084
1,8	4,1	202	0,0111
4,1	6,9	245	0,0115
6,9	10,4	289	0,0122
10,4	14,8	310	0,0142
14,8	20,3	385	0,0143
20,3	27,1	462	0,0149
27,1	35,7	499	0,0172
35,7	46,5	496	0,0216
46,5	57,2	646	0,0166

Nel sito in esame, l'analisi MASW ha condotto ad un valore di  $V_{s30}$  pari a **325 m/s**, corrispondente a **suoli di categoria C**.

Come si può osservare dal grafico seguente, l'andamento dei valori di  $V_s$  con la profondità rientra nel campo di validità della scheda scelta.



Utilizzando la matrice della scheda di valutazione, in base allo spessore e alla velocità dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata.

Nel presente caso è stata calcolata la media pesata dei primi 4 m, in quanto i criteri regionali indicano che lo strato superficiale deve avere almeno tale profondità; qualora abbia sia inferiore, andrà utilizzato lo strato superficiale equivalente, a cui si è assegnata come velocità  $V_s$  la media pesata delle velocità degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore, 4,1 m – 207 m/s nel presente caso.

Pertanto per la stima del  $F_a$  è stata scelta la curva 2, come indicato nello schema seguente.

		Profondità primo strato (m)																								
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180			
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1.2	2	3	3	3	3	3	3															
	250		2	1.2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA											
	300		2	1.2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA									
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA								
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA						
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA					
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA		
	700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Le formule di correlazione tra  $F_a$  e  $T$  per gli intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s sono pertanto le seguenti:

### Correlazione $F_{a_{0.1-0.5s}} - T$

$$0,03 \leq T \leq 0,45 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = -8.65T^2 + 5.44T + 0.84$$

$$0,45 < T \leq 0,80 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = 0.83 - 0.88 \ln(T)$$

$$T > 0,80 \quad F_{a_{0.1-0.5s}} = 1.00$$

### Correlazione $F_{a_{0.5-1.5s}} - T$

$$0,08 \leq T < 0,80 \quad F_{a_{0.5-1.5s}} = -6.11T^3 + 5.79T^2 + 0.44T + 0.93$$

$$0,80 \leq T \leq 1,80 \quad F_{a_{0.5-1.5s}} = -1.73 - 0.61 \ln(T)$$

$T$  è il periodo proprio del sito, dato dalla seguente equazione:

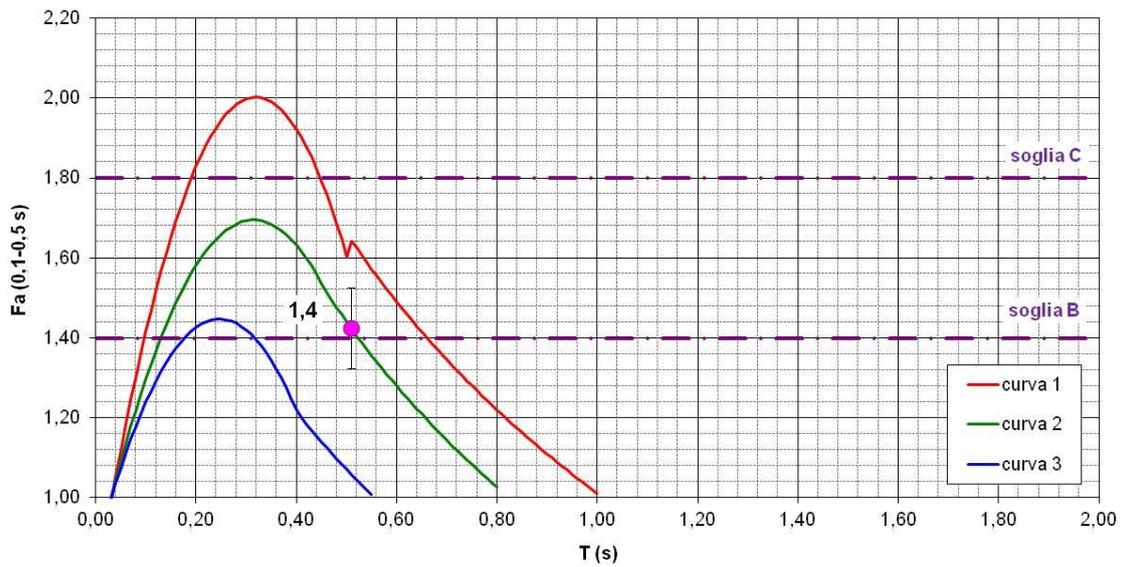
$$T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità di ogni strato del modello adottato.

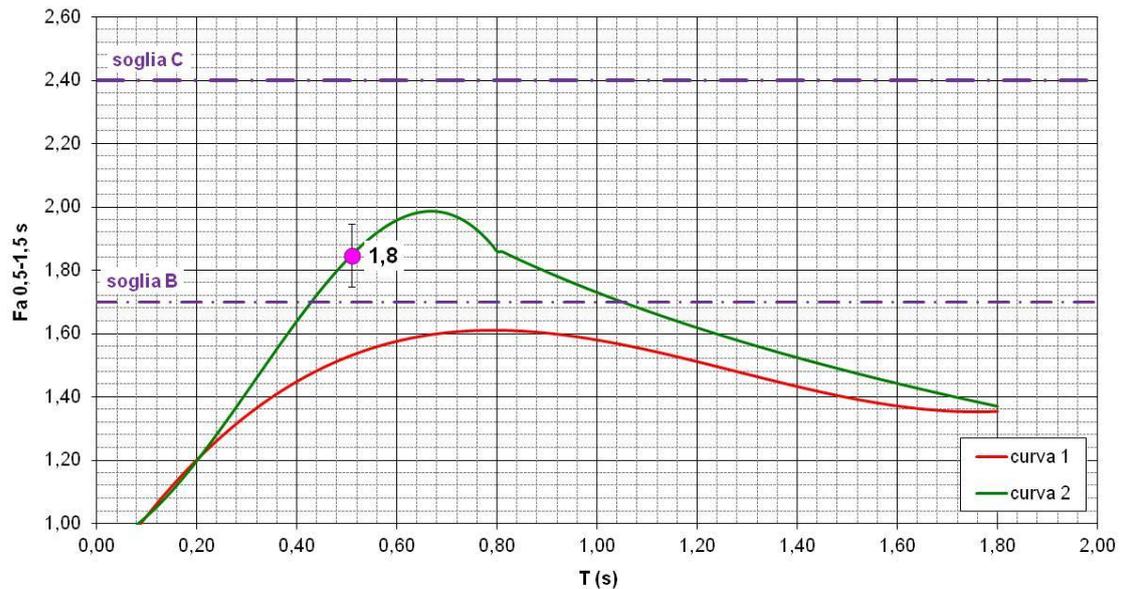
I risultati dell'analisi relativamente al sito in esame sono illustrati nei grafici seguenti e riassunti nella tabella sottostante:

T	Fa	
	0,1-0,5 s	0,5-1,5 s
<b>0,51s</b>	<b>1,4</b>	<b>1,8</b>

SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA  
Correlazione T - Fa 0,1-0,5 s



SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA  
Correlazione T - Fa 0,5-1,5 s



Come si può osservare dai grafici, il valore di  $F_a$  calcolato risulta inferiore ai valori soglia comunali (banca dati Regione Lombardia – tabella seguente) per la categoria di terreno di tipo C come quello in esame sia per l'intervallo 0.1-0.5 s che per l'intervallo 0.5-1.5 s.

	B	C	D	E
$F_{a_{0,1 - 0,5s}}$	1,4	1,8	2,2	2,0
$F_{a_{0,5 - 1,5s}}$	1,7	2,4	4,2	3,1

La normativa nazionale risulterebbe quindi pienamente sufficiente a salvaguardare gli effetti di amplificazione sismica locale.

Pertanto, in fase progettuale, per tale opera potrà essere applicato lo spettro previsto dalla normativa.

### **Media struttura di vendita commerciale – Via Roma/Via Torino**

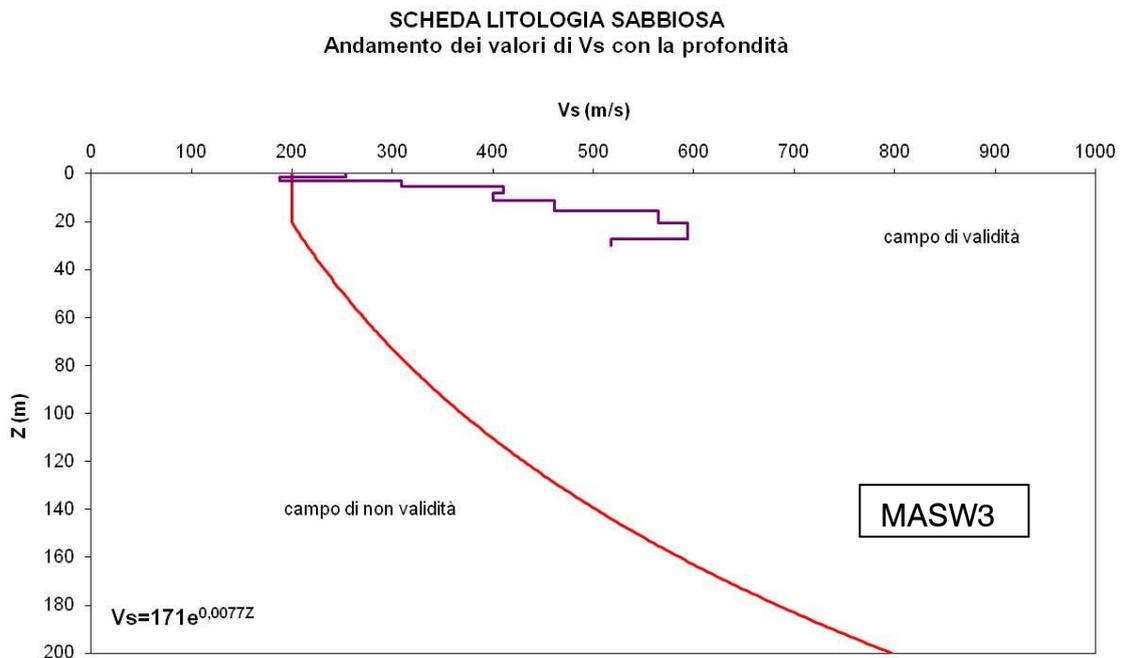
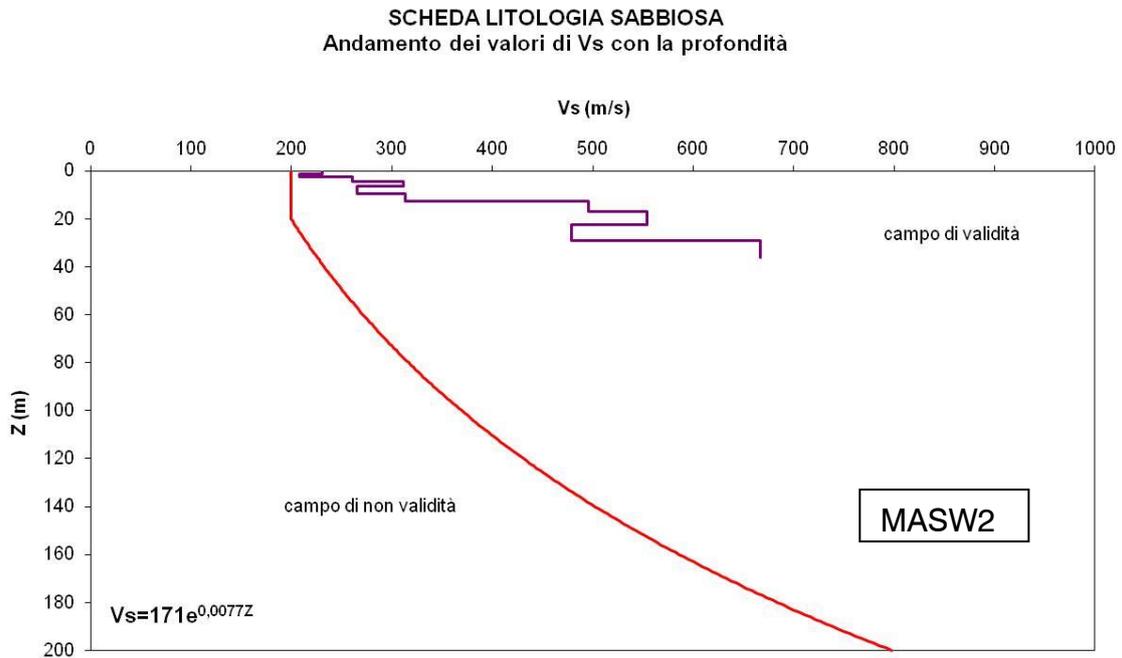
Anche in questo caso per la valutazione è stata scelta la scheda per le litologie prevalentemente sabbiose e ne è stata verificata la validità utilizzando i risultati sia dell'analisi multicanale Masw2 di Via Togliatti che della Masw 3 di Via Ferrini/Via Isonzo, in quanto l'ambito di trasformazione si colloca tra le due.

I valori delle Vs rilevate sono riassunti nella tabella seguente:

Tabella di calcolo Vs30					
MASW2			MASW3		
Da	A	Vs	Da	A	Vs
0	1,1	231	0	1,4	254
1,1	2,5	208	1,4	3,1	188
2,5	4,3	261	3,1	5,2	309
4,3	6,5	311	5,2	7,9	411
6,5	9,3	265	7,9	11,2	400
9,3	12,8	313	11,2	15,4	461
12,8	17,1	496	15,4	20,7	565
17,1	22,5	554	20,7	27,2	594
22,5	29,2	479	27,2	30	518
29,2	36	667			
<b>Vs30 = 371 m/s</b>			<b>Vs30 = 422 m/s</b>		

Nel sito in esame, le analisi MASW hanno condotto a valori di Vs30 corrispondenti a **suoli di categoria B**.

I grafici seguenti mostrano come l'andamento dei valori di Vs con la profondità rientri nel campo di validità della scheda scelta.



Utilizzando la matrice della scheda di valutazione, in base allo spessore e alla velocità dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata.

Anche nel presente caso, sia nel caso della Masw2 che della Masw3, è stata calcolata la media pesata dei primi 4 m, cioè lo strato superficiale equivalente:

$$\text{Masw2} \quad 4,3 \text{ m} \quad V_s = 236 \text{ m/s}$$

$$\text{Masw3} \quad 5,2 \text{ m} \quad V_s = 255 \text{ m/s}$$

Per la stima del Fa è stata scelta la curva 2, come indicato nello schema seguente, valida in entrambi i casi.

		Profondità primo strato (m)																						
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1,2	2	3	3	3	3	3	3													
	250		2	1,2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA									
	300		2	1,2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA						
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA					
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
	700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Le formule di correlazione tra Fa e T per gli intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s sono le stesse del precedente caso, con T periodo proprio del sito:

#### Correlazione $Fa_{0,1-0,5s} - T$

$$0,03 \leq T \leq 0,45 \quad Fa_{0,1-0,5s} = -8,65T^2 + 5,44T + 0,84$$

$$0,45 < T \leq 0,80 \quad Fa_{0,1-0,5s} = 0,83 - 0,88 \ln(T)$$

$$T > 0,80 \quad Fa_{0,1-0,5s} = 1,00$$

#### Correlazione $Fa_{0,5-1,5s} - T$

$$0,08 \leq T < 0,80 \quad Fa_{0,5-1,5s} = -6,11T^3 + 5,79T^2 + 0,44T + 0,93$$

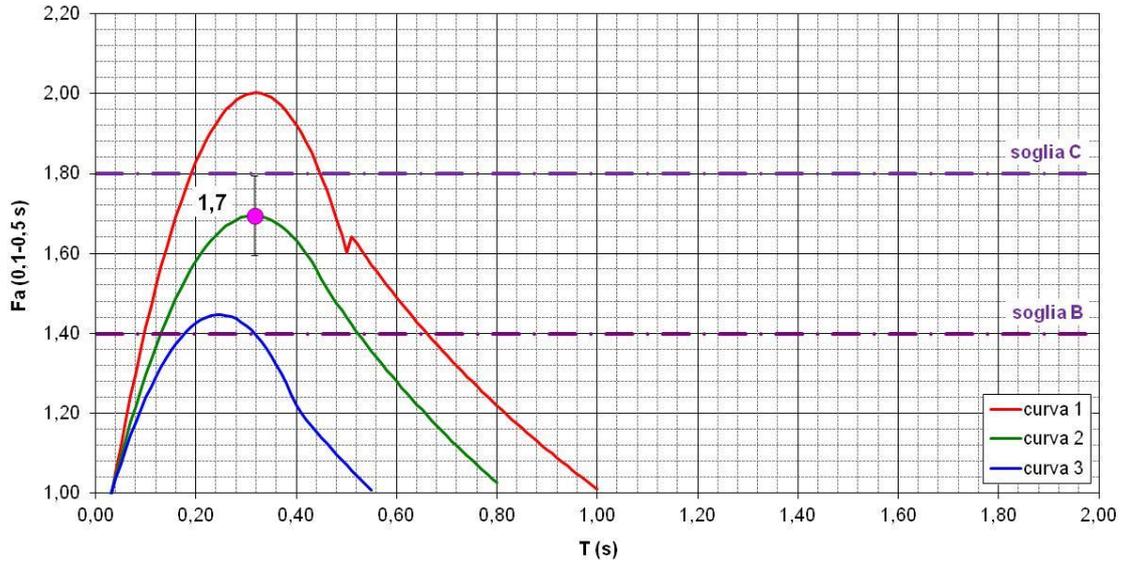
$$0,80 \leq T \leq 1,80 \quad Fa_{0,5-1,5s} = -1,73 - 0,61 \ln(T)$$

I risultati dell'analisi relativamente al sito in esame sono illustrati nei grafici seguenti e riassunti nella tabella sottostante:

	T	Fa	
		0,1-0,5 s	0,5-1,5 s
<b>MASW2</b>	<b>0,32s</b>	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>
<b>MASW3</b>	<b>0,26</b>	<b>1,7</b>	<b>1,3</b>

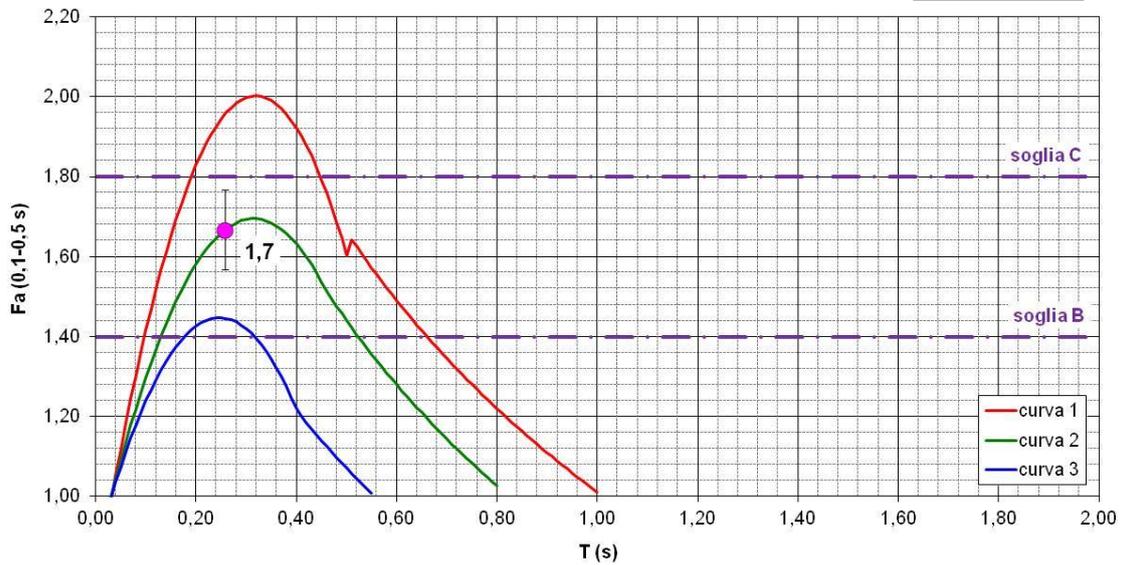
SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA  
Correlazione T - Fa 0,1-0,5 s

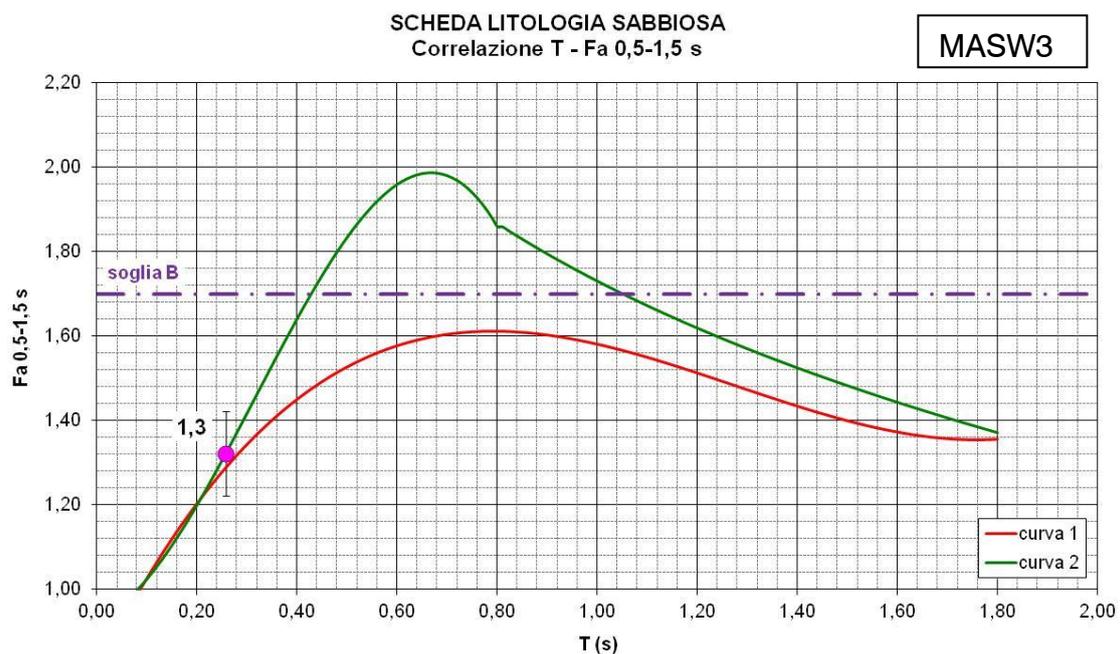
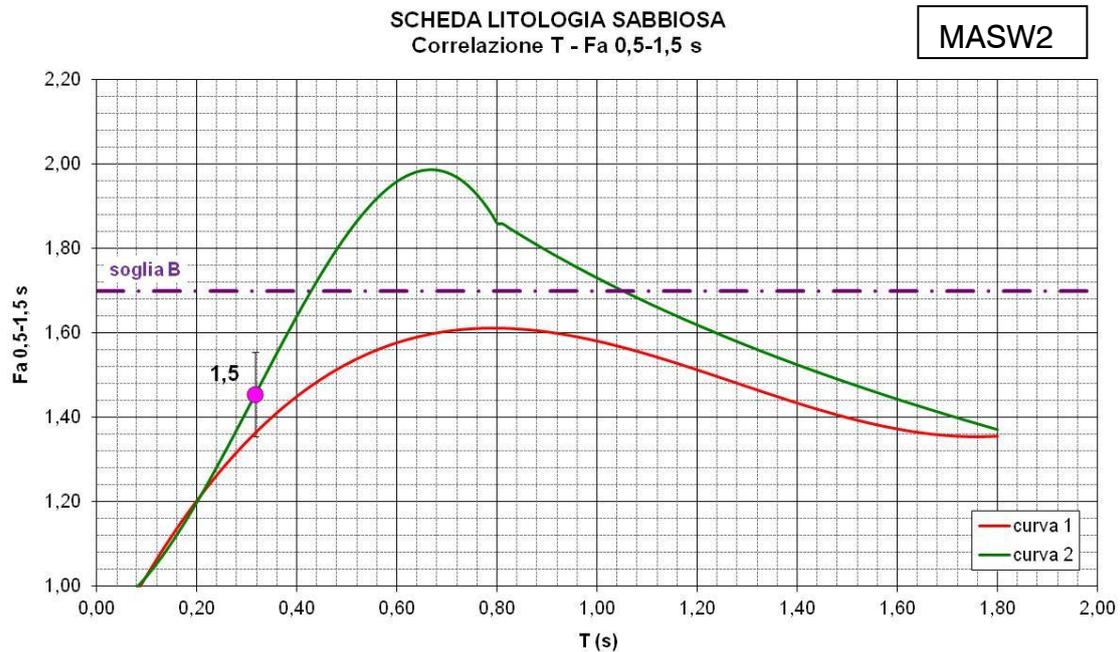
MASW2



SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA  
Correlazione T - Fa 0,1-0,5 s

MASW3





Come si può osservare dai grafici, il valore di Fa calcolato per l'intervallo 0.1-0.5 s è superiore rispetto ai valori soglia comuni (banca dati Regione Lombardia – tabella seguente) per la categoria di terreno di tipo B dei suoli in esame, mentre il valore di Fa calcolato per l'intervallo 0.5-1.5 s risulta molto minore rispetto ai valori soglia comuni.

	B	C	D	E
$Fa_{0,1 - 0,5s}$	1,4	1,8	2,2	2,0
$Fa_{0,5 - 1,5s}$	1,7	2,4	4,2	3,1

La normativa nazionale non risulta quindi pienamente sufficiente a salvaguardare gli effetti di amplificazione sismica locale.

Pertanto, in fase progettuale, per tali opere sarà comunque necessario definire quantitativamente gli effetti di amplificazione sismica attesi mediante approfondimenti di livello III, come da Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11.

### **Ampliamento centro sportivo – Via dell’Alberone Verghera**

In questo ultimo caso, la scheda per le litologie prevalentemente sabbiose è stata confrontata con i risultati dell’analisi dei microtremori (ReMi) di Via Montenero, nelle vicinanze del centro sportivo di Verghera.

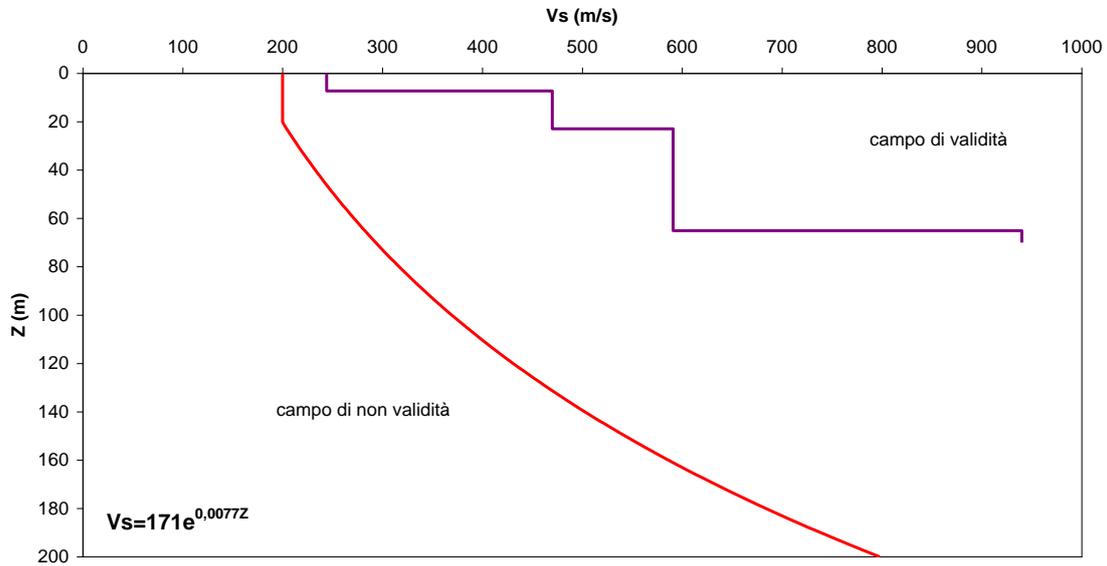
I valori delle Vs rilevate sono riassunti nella tabella seguente:

ReMi P.I.I. Montenero		
strato	spessore	velocità
(n)	(m)	(m/s)
1	7,23	244
2	15,66	470
3	42,16	591
4	4,94	940

Nel sito in esame, l’analisi ReMi ha condotto ad un valore di Vs30 pari a **400 m/s**, corrispondente a **suoli di categoria C**.

Come si può osservare dal grafico seguente, l’andamento dei valori di Vs con la profondità rientra nel campo di validità della scheda scelta.

**SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA**  
Andamento dei valori di Vs con la profondità



Utilizzando la matrice della scheda di valutazione, in base allo spessore e alla velocità dello strato superficiale (7,23 m – 244 m/s), per la stima del Fa è stata scelta la curva 2.

		Profondità primo strato (m)																						
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
Velocità primo strato (m/s)	200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3													
	250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA									
	300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA						
	400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
	500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
	600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Analogamente ai casi precedenti, le formule di correlazione tra Fa e T per gli intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s sono le seguenti, dove T è il periodo proprio del sito:

**Correlazione Fa<sub>0.1-0.5s</sub> – T**

$$0,03 \leq T \leq 0,45 \quad Fa_{0.1-0.5s} = -8.65T^2 + 5.44T + 0.84$$

$$0,45 < T \leq 0,80 \quad Fa_{0.1-0.5s} = 0.83 - 0.88 \ln(T)$$

$$T > 0,80 \quad Fa_{0.1-0.5s} = 1.00$$

**Correlazione  $Fa_{0,5-1,5s} - T$** 

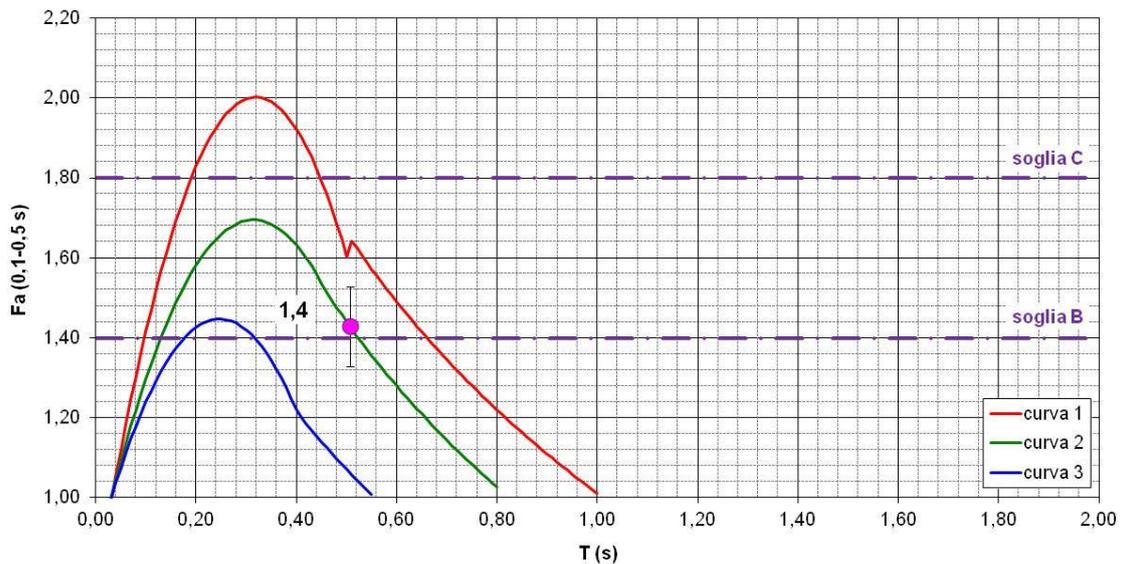
$$0,08 \leq T < 0,80 \quad Fa_{0,5-1,5s} = -6.11T^3 + 5.79T^2 + 0.44T + 0.93$$

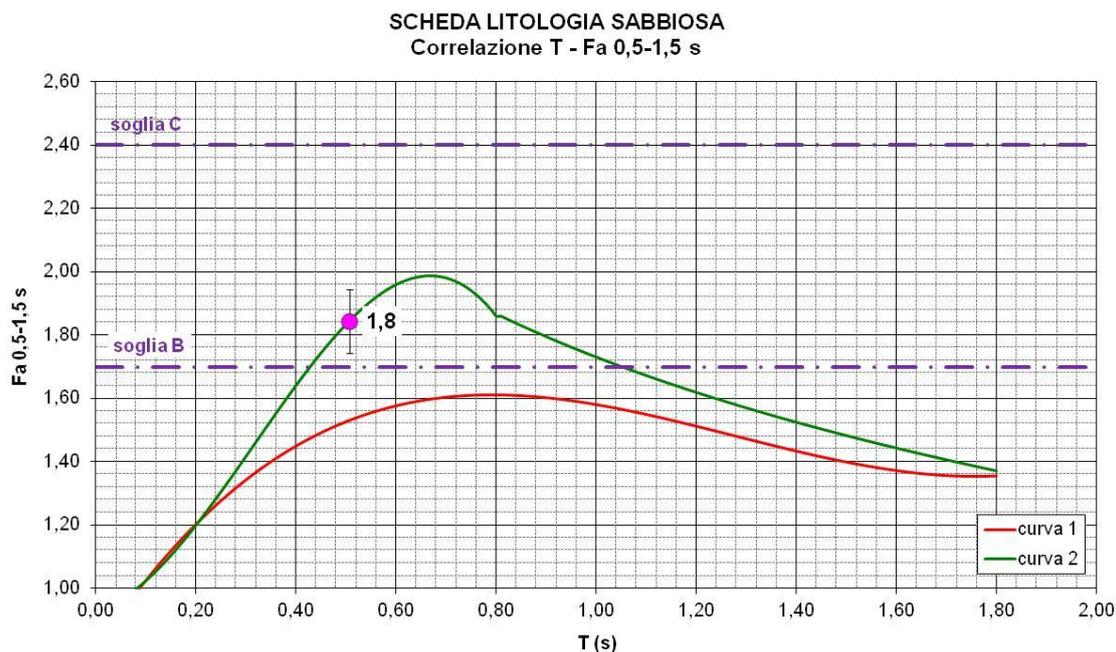
$$0,80 \leq T \leq 1,80 \quad Fa_{0,5-1,5s} = -1.73 - 0.61 \ln(T)$$

I risultati dell'analisi relativamente al sito in esame sono illustrati nei grafici seguenti e riassunti nella tabella sottostante:

T	Fa	
	0,1-0,5 s	0,5-1,5 s
<b>0,51s</b>	<b>1,4</b>	<b>1,8</b>

SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA  
Correlazione T - Fa 0,1-0,5 s





Entrambi i valori di  $F_a$  calcolati risultano uguali o prossimi ai valori soglia comuni (banca dati Regione Lombardia – tabella seguente) per la categoria di terreno in esame, cioè terreni di tipo B.

	B	C	D	E
$F_{a,0.1 - 0.5s}$	1,4	1,8	2,2	2,0
$F_{a,0.5 - 1.5s}$	1,7	2,4	4,2	3,1

La normativa nazionale non risulta quindi pienamente sufficiente a salvaguardare gli effetti di amplificazione sismica locale.

Pertanto, in fase progettuale, per tali opere sarà necessario definire quantitativamente gli effetti di amplificazione sismica attesi mediante approfondimenti di livello III, come da Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11.

## *FASE DI SINTESI – VALUTAZIONE – PROPOSTA*

### **Allegati**

- All. 1:** Elenco pozzi pubblici della Città di Samarate
- All. 2:** Schede dei pozzi pubblici
- All. 7:** Approvazione della ridelimitazione delle Zone di Rispetto delle opere di captazione
- All. 8:** Estratto tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali P.A.I.

### **Tavole**

- Tav. 8:** Sintesi degli elementi conoscitivi – scala 1:5.000
- Tav. 9:** Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tav. 10:** Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5.000
- Tav. 11:** Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:10.000

## 10. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI VIGENTI SUL TERRITORIO

Il quadro dei vincoli in materia ambientale, geologica, idrogeologica e di difesa del suolo esistenti sul territorio comunale di Samarate è da riferirsi sia a normative nazionali che a direttive e regolamenti regionali.

Nella *Carta dei vincoli (Tav. 9)* sono rappresentati i limiti degli ambiti territoriali sottoposti a limitazioni d'uso secondo quanto previsto dalla D.G.R. 9/2616/11.

I vincoli geologico – ambientali in vigore sono di seguito elencati con particolare riferimento alle specifiche tecniche previste dalla normativa.

### 10.1 *Vincoli derivanti dalle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile*

Le aree di salvaguardia delle opere di captazione per acque sotterranee sono porzioni territoriali prestabilite per forma ed estensione, con lo scopo di proteggere le risorse idriche da contaminazioni di origine antropica.

Il **D.Lgs. 152/06** disciplina le aree di salvaguardia con diverso grado di tutela:

- *Zona di Tutela Assoluta*: è l'area immediatamente adiacente all'opera di captazione (comprende un intorno di 10 m di raggio dal pozzo) recintata e adibita esclusivamente ad opere di presa e a costruzioni di servizio;
- *Zona di Rispetto*: è la porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta nella quale é vietato l'insediamento di attività giudicate incompatibili (centri di pericolo); definita con criterio temporale (isocrona corrispondente ad un tempo  $t = 60$  gg.), in base alla D.G.R. 15137/96, per i pozzi dell'acquedotto comunale; per il pozzo di Via dell'Alberone, captante acquiferi protetti, in base alla D.G.R. 15137/96, la zona di rispetto è definita con criterio idrogeologico (10 m di raggio dall'asse del pozzo);
- *Zona di Protezione*: definita con criterio temporale in base alla D.G.R. 15137/96 (isocrona corrispondente ad un tempo  $t = 180$  gg), che costituisce una zona allargata di particolare attenzione ai fini della tutela delle acque di falda.

In particolare nella Zona di Rispetto, in base all'art. 94 del D.Lgs. 152/06, sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- A. *dispersione di fanghi e 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 dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;*
- H. *gestione di rifiuti;*
- I. *stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;*
- J. *centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
- K. *pozzi perdenti;*
- L. *pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.*

Per gli insediamenti o le attività suddette, 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.

Nella direttiva **D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693** sono descritti i criteri e gli indirizzi in merito alla realizzazione di strutture e all'esecuzione di attività ex novo nelle zone di rispetto delle opere di captazione esistenti; in particolare, all'interno dell'All. 1 – punto 3 della detta delibera, sono elencate le direttive per la disciplina delle seguenti attività all'interno delle zone di rispetto:

- realizzazione di fognature;
- realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;

- realizzazione di infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione.

Per quanto riguarda la realizzazione di fognature (punto 3.1) la delibera cita le seguenti disposizioni:

- i nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono:
  - costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;
  - essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e opere di sollevamento.
- nella Zona di Rispetto di una captazione da acquifero non protetto:
  - non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;
  - è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia.
- per tutte le fognature nuove (principali, secondarie, allacciamenti) insediate nella Zona di Rispetto sono richieste le verifiche di collaudo.

Per quanto riguarda la realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione (punto 3.2), nelle zone di rispetto la delibera dispone:

- per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;
- le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata [...].

In tali zone, inoltre, non è consentito:

- la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo;
- l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;

- l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini [...].

Nelle zone di rispetto è consentito l'insediamento di nuove infrastrutture viarie e ferroviarie, fermo restando che:

- le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda [...];
- lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose;
- lungo gli assi ferroviari non possono essere realizzati binari morti adibiti alla sosta di convogli che trasportano sostanze pericolose.

Nei tratti viari o ferroviari che attraversano la Zona di Rispetto è vietato il deposito e lo spandimento di sostanze pericolose, quali fondenti stradali, prodotti antiparassitari ed erbicidi, a meno di non utilizzare sostanze che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non dovranno interferire con l'acquifero captato.

Nelle zone di rispetto è inoltre vietato lo spandimento di liquami e la stabulazione, l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi e di fanghi di origine urbana o industriale (punto 3.4).

## **10.2 Vincoli di polizia idraulica**

Le attività di "polizia idraulica" riguardano il controllo degli interventi di gestione e trasformazione del demanio idrico e del suolo in fregio ai corpi idrici, allo scopo di salvaguardare le aree di espansione e di divagazione dei corsi d'acqua, al fine della moderazione delle piene, e mantenere l'accessibilità al corso stesso.

Nella carta dei vincoli è stata riportata la fascia di inedificabilità assoluta estesa a 10 m dagli argini secondo quanto definito dal R.D. 523/1904.

## **10.3 Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino (I. 183/89)**

In **Tav. 9** sono stati riportati alla scala dello strumento urbanistico comunale i vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino (fasce fluviali), così come rilevato nel precedente studio.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato il 26 aprile 2001 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001, identifica sul T. Arno tre fasce il cui significato idrologico è strettamente connesso alla definizione dei tempi di ritorno con cui valutare le portate di riferimento.

La classificazione delle Fasce Fluviali è evidenziata da apposito segno grafico nelle tavole grafiche appartenenti al piano stralcio stesso, ed è la seguente:

- *Fascia di deflusso della piena (Fascia A)*, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'allegato 3 facente parte integrante delle Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- *Fascia di esondazione (Fascia B)*, esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'allegato 3. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", 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 di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del piano stralcio delle fasce fluviali, per il tracciato di cui si tratta;
- *Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)*, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'allegato 3.

**Per ognuna delle fasce suddette esistono speciali obblighi e divieti definiti nelle Norme di Attuazione del PAI , rispettivamente ai seguenti articoli:**

- **Norme generali, articolo: 1 (comma 6);**
- **Titolo II, Parte I, articoli: 28, 29, 30, 31, 32;**
- **Titolo II, Parte II, articoli: 38, 38bis, 38ter e 39.**

Ad essi si rimanda in quanto norma di legge.

I Comuni, nei cui territori ricadono aree classificate come fascia fluviale A e B, dovranno mettere in atto le seguenti attività:

- il tracciamento delle fasce fluviali alla scala dello strumento urbanistico;
- il recepimento nelle Norme Tecniche di Attuazione degli strumenti urbanistici comunali, delle norme del PAI riguardanti le Fasce fluviali, con particolare riguardo a quanto stabilito dagli articoli: Norme generali, articolo 1 (comma 6); Titolo II, Parte I, articoli 28, 29, 30, 31, 32; Titolo II, Parte II, articoli 38, 38bis, 38ter e 39.
- la modifica delle previsioni degli strumenti urbanistici comunali in contrasto con la delimitazione delle Fasce Fluviali e con le Norme del PAI.

Inoltre, ai sensi dell'art. 31 comma 5, i comuni nei quali ricadono aree classificate come "limite di progetto tra le fasce B e C", in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare, anche parzialmente fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle norme PAI relative alla fascia B.

Tale approfondimento, già effettuato nel precedente studio, è stato ripreso in tutte le sue parti nel presente aggiornamento.

## 11. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE

La sintesi degli elementi conoscitivi ha permesso di perimetrare zone del territorio comunale che presentano caratteristiche generali omogenee dal punto di vista della pericolosità – vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno geologico ed idrogeologico.

Pertanto tale carta è costituita da porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico – geotecnica e idrogeologica omogenee.

La classificazione del territorio che sintetizza le conoscenze emerse dalla fase di analisi è illustrata in **Tav. 8** – *Sintesi degli elementi conoscitivi*; la descrizione dei caratteri di ciascuna area è riportata di seguito.

### ZONA A

#### Caratteristiche geotecniche:

Terreni fini coesivi sovraconsolidati; permeabilità superficiale bassa, crescente con la profondità.

#### Caratteristiche degli acquiferi:

Acquifero alluvionale di tipo libero protetto in superficie da sequenze sommitali fini con spessore superiore al metro. Soggiacenza maggiore di 30 m.

Grado di vulnerabilità: basso

### ZONA B

#### Caratteristiche geotecniche:

Terreni granulari poco alterati con stato di addensamento "mediamente addensato", con soprastante orizzonte caratterizzato da addensamento "sciolto".

#### Caratteristiche degli acquiferi:

Acquifero alluvionale di tipo libero (ghiaie prevalentemente a supporto clastico), con sequenze fini sommitali di spessore circa 1 m. Soggiacenza maggiore di 30 m.

Grado di vulnerabilità: elevato

### ZONA C

#### Caratteristiche geotecniche:

Terreni granulari caratterizzati da addensamento medio; orizzonte sommitale con addensamento "sciolto".

Caratteristiche degli acquiferi:

Acquifero con corso d'acqua (T.Arno) inquinato sospeso rispetto alla superficie piezometrica della falda sottostante.

Grado di vulnerabilità: estremamente elevato

\*\*\*\*\*

In aggiunta al suddetto azionamento, l'elaborato riporta alcuni elementi di interesse, quali:

*AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO*

- alveo del T. Arno ed aree adiacenti, estese per 10 m dagli argini, da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità al corso d'acqua per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa;
- aree soggette a ristagno superficiale delle acque meteoriche in occasione di intense precipitazioni (eventi eccezionali);
- aree di esondazione osservate in passato (fenomeni frequenti);
- aree di esondazione calcolate da modello idraulico (2003) tenendo conto della vasca di laminazione di Gallarate;
- aree appartenenti al contesto di piana alluvionale del T. Arno per le quali lo studio idraulico non ha rilevato problematiche particolari.

*AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA GEOTECNICO*

- aree di scarpata poco acclive, generalmente stabile, con inclinazione minore di 20° e dislivello massimo 12 m;
- area di spaglio della fognatura;
- limite dell'area di cava di recupero Rg5 - Cava Redi (D.C.R. n. VIII/698 del 30/09/2008 "Nuovo piano cave della Provincia di Varese - L.r. 14/1998").

## 12. CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO

### 12.1 Considerazioni generali e metodologiche

Sulla base dell'analisi effettuata nella prima fase del presente studio e dell'azonamento di sintesi, ad ogni area omogenea del territorio comunale è stata proposta una classe di **fattibilità geologica** delle azioni di piano e delle **norme geologiche** di piano.

Le 4 classi di fattibilità geologica sono qui di seguito riassunte, riprese direttamente dalla D.G.R. 9/2616/11:

#### **Classe 1 (bianca) - Fattibilità senza particolari limitazioni**

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle "Norme tecniche per le costruzioni", di cui alla normativa nazionale.

#### **Classe 2 (gialla) - Fattibilità con modeste limitazioni**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico - costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

#### **Classe 3 (arancione) - Fattibilità con consistenti limitazioni**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

#### **Classe 4 (rossa) - Fattibilità con gravi limitazioni**

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Le classi di fattibilità geologica, individuate su base fotogrammetrica a scala 1:2.000, sono state rappresentate nella **Tav. 10** alla scala 1:5.000 e nella **Tav. 11** alla scala 1:10.000, utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, al fine di consentire l'aggiornamento della banca dati del SIT – Regione Lombardia.

Il conferimento delle classi di fattibilità avviene attraverso l'attribuzione a ciascun poligono della carta di sintesi di un valore di ingresso, seguendo le prescrizioni della Tabella 1 della D.G.R. 9/2616/11, che in seguito può essere modificato in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito.

Per l'intero territorio comunale sono risultate prioritarie nell'azonamento della carta della fattibilità geologica le caratteristiche geomorfologiche, geologico – tecniche ed idrogeologiche delle aree omogenee individuate.

In generale, per l'attribuzione della classe di fattibilità, è stato seguito il principio della “classe più limitante”, cioè ogni area è stata classificata in base alla pericolosità/vulnerabilità di grado più elevato, o a parità di rischio, in base alla maggior probabilità di accadimento di un dato fenomeno.

La legenda descrittiva è strutturata tipo "matrice azioni – risorse", ponendo in relazione le caratteristiche di ogni area al parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso.

Per ciascuna area, inoltre, sono state definite ed indicate le indagini minime di approfondimento che si ritengono necessarie preventivamente alla progettazione e realizzazione di interventi od opere, suddivise in 5 grandi tipologie:

TIPOLOGIA DELLE AZIONI EDIFICATORIE E OPERE AMMISSIBILI (IN RELAZIONE AL CONTESTO GEOMORFOLOGICO)	
Tipo 1	edilizia singola uni-bifamiliare di limitata estensione
Tipo 2	edilizia intensiva uni-bi familiare, 2 piani al massimo, o edilizia plurifamiliare
Tipo 3	edilizia plurifamiliare o strutture edilizie consistenti
Tipo 4	edilizia produttiva di significativa estensione areale (> 500 mq)
Tipo 5	opere infrastrutturali e/o posa di reti tecnologiche
Tipo 6	interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche

In attuazione del DM 14/01/2008, per ogni tipo di azione edificatoria, in relazione al contesto geologico locale, dovranno essere programmati approfondimenti geologici e geotecnici così strutturati:

APPROFONDIMENTI ED INDAGINI MINIME NECESSARIE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE	
IGT	caratterizzazione geologica e geotecnica da eseguirsi con rilievi ed indagini geognostiche commisurate alla tipologia e all'entità delle opere in ottemperanza al D.M. 14/01/2008
VCA	valutazione della compatibilità ambientale nei riguardi degli obiettivi di tutela della falda idrica sotterranea destinata all'approvvigionamento idropotabile (ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i. e dei R.R. n. 2, 3 e 4 del 24/03/06)
VCI	valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio di esondazione secondo la normativa P.A.I.
PCA	piani di indagine ambientale preliminare e piani di caratterizzazione ambientale ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i.
SV	valutazione di stabilità dei fronti di scavo, in ottemperanza al D.M. 14/01/2008

Analogamente, ogni azione edificatoria necessita di interventi da prevedere già in fase progettuale così suddivisi:

INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE	
CA	predisposizione di sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento edificatorio
RE	opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque superficiali e meteoriche in quanto il deflusso naturale è ostacolato da cause geomorfologiche/geolitologiche
CO	collettamento, allontanamento o trattamento delle acque reflue in fognatura, in conformità al R.R. n. 3 del 24/03/06
IRM	interventi di recupero morfologico e/o di funzione paesistico ambientale
DE	misure ed accorgimenti per la difesa dei beni e delle strutture, come indicati nell'Allegato 3 della D.G.R. 7365/01
DS	opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati in quanto gli interventi potrebbero alterare le condizioni di equilibrio e innescare situazioni di dissesto
DR	opere per il drenaggio delle acque sotterranee che si potrebbero rinvenire a debole profondità e che potrebbero interferire con le fondazioni e i vani interrati

Le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità individuate nel presente studio (classe 2, 3 e 4 limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi, in quanto propedeutici alla pianificazione e alla progettazione degli stessi.

Nel caso di Piani Attuativi potrà essere presentata per l'approvazione urbanistica una relazione geologica preliminare che attesti la compatibilità del piano con le classi di fattibilità definite dallo studio. Nel qual caso, tale approfondimento preliminare non sostituisce, anche se può comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008, comunque da eseguirsi a supporto della progettazione.

Le singole classi di fattibilità geologica riconosciute e perimetrare sul territorio comunale di Samarate hanno le caratteristiche descritte nel seguente paragrafo.

## **12.2 Classi di fattibilità geologica e norme tecniche**

### **CLASSE 2A – AREE PIANEGGIANTI DEL LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA**

#### Principali caratteristiche

Aree pianeggianti tradizionalmente urbanizzate, caratterizzate da terreni prevalentemente ghiaioso sabbiosi mediamente addensati con locale presenza di sottili orizzonti limoso sabbiosi in superficie. I problemi generali sono legati alla elevata vulnerabilità della falda.

#### Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con modeste limitazioni legate alla vulnerabilità della falda.

#### Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere edificatorie di ogni tipologia, comprese quelle che prevedono una significativa estensione areale.

#### Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento, in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

#### Interventi da prevedere in fase progettuale

E' sempre da prevedere la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi del R.R. n. 3 del 24/03/06 (CO). Per gli insediamenti produttivi sono inoltre da prevedere sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento (CA).

### **CLASSE 2B – AREE PIANEGGIANTI DEL TERRAZZO DI CARDANO**

#### Principali caratteristiche

Aree pianeggianti in parte urbanizzate, caratterizzate in superficie da terreni a granulometria prevalentemente fine (limi argillosi) di spessore medio pari a 2 m. I problemi generali sono di ridotta entità, legati principalmente alla difficoltà di infiltrazione delle acque meteoriche.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con modeste limitazioni legate al possibile ristagno idrico superficiale.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere edificatorie di ogni tipologia, comprese quelle che prevedono una significativa estensione areale.

Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento, in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi del R.R. n. 3 del 24/03/06 (CO). Per gli insediamenti produttivi sono inoltre da prevedere sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento (CA).

**CLASSE 2C – AREE DI PIANA ALLUVIONALE A PERICOLOSITÀ BASSA**

Principali caratteristiche

Aree appartenenti al contesto di piana alluvionale del T. Arno individuate come fascia C con limite di progetto tra fascia B e fascia C dal P.A.I., per le quali lo studio idraulico non ha rilevato problematiche particolari (R1).

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con modeste limitazioni di carattere idraulico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere edificatorie di ogni tipologia, comprese quelle che prevedono una significativa estensione areale.

Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità

dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio di esondazione, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi del R.R. n. 3 del 24/03/06 (CO). Per gli insediamenti produttivi sono inoltre da prevedere sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento (CA).

**CLASSE 3A – AREE SOGGETTE A RISTAGNO DELLE ACQUE METEORICHE**

Principali caratteristiche

Aree per le quali si sono verificate in passato situazioni di ristagno delle acque meteoriche, in occasione di eventi eccezionali ed in concomitanza con eventi di piena del T. Arno (R1).

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con consistenti limitazioni di carattere idraulico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere edificatorie di ogni tipologia, comprese quelle che prevedono una significativa estensione areale.

Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio di esondazione, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi del R.R. n. 3 del 24/03/06 (CO). E' inoltre necessaria la realizzazione di sistemi di difesa dell'edificato mediante impostazione del piano abitabile 50 cm sopra la quota naturale del terreno. Per gli insediamenti produttivi sono altresì

da prevedere sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento (CA).

### **CLASSE 3B – AREE DI PIANA ALLUVIONALE A PERICOLOSITÀ MEDIA**

#### Principali caratteristiche

Aree appartenenti al contesto di piana alluvionale del T. Arno, ricadenti nella fascia C con limite di progetto tra fascia B e fascia C dal P.A.I., per le quali sono state segnalate in passato situazioni di esondazione durante eventi eccezionali (R2).

#### Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con consistenti limitazioni di carattere idraulico.

#### Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere edificatorie di ogni tipologia, comprese quelle che prevedono una significativa estensione areale.

#### Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio di esondazione, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

#### Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e la realizzazione di sistemi di difesa dell'edificato mediante impostazione del piano abitabile 50 cm sopra la quota naturale del terreno, escludendo la realizzazione di vani interrati con destinazione abitativa. Va prevista la rinuncia del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno idraulico. E' inoltre necessario prevedere la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi del R.R. n. 3 del 24/03/06 (CO). Per gli insediamenti produttivi sono altresì da prevedere sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento (CA).

**CLASSE 3C – AREE COMPROMESSE DA ATTIVITÀ ANTROPICA**Principali caratteristiche

Aree di cava cessata e aree di spaglio della fognatura per le quali ogni trasformazione d'uso del suolo è vincolata a specifiche indagini per la valutazione delle locali condizioni geotecniche e ambientali. Tali trasformazioni dovranno in ogni caso garantire la salvaguardia o la mitigazione degli impatti sulla falda idrica sotterranea.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e ambientale.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere edificatorie di ogni tipologia, comprese quelle che prevedono una significativa estensione areale.

Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la redazione di piani di indagine ambientale preliminare e piani di caratterizzazione ambientale ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i. preventivi al cambio di destinazione d'uso.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione delle acque meteoriche (RE) e la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi del R.R. n. 3 del 24/03/06 (CO). Per le aree di cava sono inoltre da prevedere opere per la difesa del suolo (DS) e interventi di recupero morfologico e/o di funzione paesistico ambientale (IRM). Sono altresì da prevedere sistemi di controllo ambientale da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento (CA).

**CLASSE 3D – AREE DI SCARPATA POCO ACCLIVE**Principali caratteristiche

Aree stabili di scarpata poco acclive (inclinazione minore di 20° e dislivello massimo 12 m), per le quali non sussistono attualmente problematiche

geologiche. Non si esclude il possibile sviluppo di erosione accelerata del suolo o dissesti a causa di interventi antropici non adeguatamente progettati.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono ammissibili opere di edilizia singola uni-bifamiliare di limitata estensione (Tipo 1) e di edilizia intensiva uni-bi familiare, 2 piani al massimo, o plurifamiliare (Tipo 2). Sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) e interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico (Tipo 5 e 6).

Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili sono sempre necessarie un'indagine geognostica (IGT) e la valutazione della stabilità dei fronti di scavo (SV) commisurate alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di drenaggio delle acque sotterranee (DR) e regimazione delle acque meteoriche (RE), nonché opere per la difesa del suolo (DS). E' sempre da prevedere la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi dei R.R. n. 3 e n. 4 del 24/03/06 (CO).

**CLASSE 4A – AREE DI PIANA ALLUVIONALE A PERICOLOSITÀ MEDIA O ALTA**

Principali caratteristiche

Aree appartenenti al contesto di piana alluvionale del T. Arno ricadenti nella fascia B definita dal P.A.I. e aree direttamente coinvolgibili da fenomeni di esondazione a pericolosità media o alta definite dallo studio idraulico condotto.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico.

### Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche; sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

### Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio di esondazione, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

### Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono raccomandabili unicamente gli interventi di regimazione idraulica e opere per la difesa dell'esistente (RE). E' sempre da prevedere la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi del R.R. n. 3 del 24/03/06 (CO).

## **CLASSE 4B – ALVEO DEL T. ARNO E AREE ADIACENTI**

### Principali caratteristiche

Alveo del T. Arno ed aree adiacenti, estese per 10 m dagli argini, da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità al corso d'acqua per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa. Comprendono le aree ricadenti nella fascia A definita dal P.A.I.

### Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico.

### Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche. Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente 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. 27 comma 1 della L.R. 12/2005, in ogni caso ad eccezione degli interventi di modifica delle destinazioni d'uso e rinnovo degli elementi costitutivi degli edifici, in quanto concettualmente non

compatibili con il R.D. 523/1904. Sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 5).

#### Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008; è inoltre necessaria la valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio di esondazione, secondo la normativa P.A.I. (VCI).

#### Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono raccomandabili unicamente gli interventi di regimazione idraulica e opere per la difesa dell'esistente (RE). E' sempre da prevedere la realizzazione di sistemi di collettamento/trattamento delle acque reflue ai sensi del R.R. n. 3 del 24/03/06 (CO).

### **12.3 Norme antisismiche**

#### 12.3.1 Norme di carattere generale

Su tutto il territorio comunale gli interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione edilizia, di restauro e risanamento conservativo e di manutenzione ordinaria/straordinaria così come definiti all'Art. 27 comma 1 della L.R. n. 12 dell'11/03/2005 "*Legge per il Governo del Territorio*" dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 14/01/2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*".

Tale decreto indica che per qualsiasi opera/intervento interagente con i terreni e le rocce deve essere prevista la caratterizzazione geologica e la modellazione geotecnica dei terreni ottenuta per mezzo di studi, rilievi, indagini e prove commisurate all'importanza ed estensione dell'opera in progetto e alle conseguenze che gli interventi possono produrre sull'ambiente circostante.

Le relazioni geologiche e geotecniche previste dal D.M. 14/01/2008 hanno lo scopo di valutare la fattibilità delle opere, garantire la stabilità e la sicurezza dei manufatti limitrofi e l'idoneità delle scelte progettuali ed esecutive. Pertanto esse dovranno comprendere:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, spinte sino a profondità

significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni delle opere da realizzare;

- definizione della categoria del suolo di fondazione sulla base valore di  $V_{s30}$  calcolato sulla base del profilo di  $V_s$  ottenuto a mezzo di indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole), indagini geofisiche di superficie (SASW – *Spectral Analysis of Surface Waves* -, MASW - *Multichannel Analysis of Surface Waves* - o REMI – *Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity* o attraverso correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica e, responsabilmente, attraverso la correlazione e l'extrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo e definizione dello spettro di risposta elastico di progetto.

La scelta della metodologia di indagine dovrà essere commisurata all'importanza dell'opera e in ogni caso dovrà essere adeguatamente motivata.

A tale proposito, in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, il D.M. 14/01/2008 suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso così definite:

**Classe I:** costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV:** costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

### 12.3.2 Indagini per la caratterizzazione sismica locale

A titolo orientativo, fatte salve le condizioni per cui il D.M. 14/01/2008 ammette l'applicazione di metodi di progetto – verifica semplificati, la tipologia di indagine minima da adottare per la caratterizzazione sismica locale è definibile in base alla suddivisione in classi d'uso del D.M. 14/01/2008 (**Par. 12.4.1**) ed è riassunta nella seguente tabella:

<b>Tipologia opere</b>	<b>Indagine minima</b>
<b>Classe I</b>	Correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica integrate in profondità con estrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo.
<b>Classe II</b> (edifici residenziali di piccole dimensioni, singoli edifici industriali e opere infrastrutturali di minore importanza)	
<b>Classe II</b> (complessi residenziali ed industriali strutturalmente consistenti e opere infrastrutturali di maggiore importanza, anche se non ricadenti nel D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904)	indagini geofisiche di superficie: SASW – Spectral Analysis of Surface Waves -, MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves - o REMI – Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity.
<b>Classe III</b>	indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole).
<b>Classe IV</b>	

### 13.3.3 Norme relative agli ambiti di amplificazione sismica locale

L'analisi della sismicità effettuata sul territorio di Samarate ha permesso di individuare diversi scenari di Pericolosità Sismica Locale (**Cap. 9 e Tav. 7**):

- **Z3** – Zone con possibili effetti di amplificazione topografica

Fermo restando l'applicazione del D.M. 14/01/2008, all'interno dei suddetti ambiti di amplificazione sismica, la documentazione di progetto delle opere rientranti nelle seguenti classi d'uso:

- **Classe II** in parte (complessi residenziali ed industriali strutturalmente consistenti e opere infrastrutturali di maggiore importanza),
- **Classe III**,
- **Classe IV**,

nonché delle opere classificabili come:

- **“strategiche” o “rilevanti”** rientranti nelle definizioni del D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904 (opere il cui uso prevede affollamenti significativi, edifici industriali con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali),

dovrà comprendere la definizione degli effetti di amplificazione sismica attesi per lo specifico scenario.

In particolare, la documentazione di progetto dovrà comprendere la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica topografica attesi (livello 2 dell'Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11).

Inoltre, dovranno essere eseguite analisi di stabilità del complesso opere/pendio nelle condizioni finali di progetto comprensive delle azioni sismiche di progetto.

#### 12.3.4 Norme specifiche per gli edifici ed opere infrastrutturali di cui alla D.D.U.O. 21/11/2003 (opere ed edifici strategici e rilevanti)

Il D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904 definisce le opere e gli edifici strategici e rilevanti quali opere il cui uso prevede affollamenti significativi, edifici industriali con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali.

Qualora tali interventi ricadessero in zona di amplificazione sismica Z3, in fase di pianificazione urbanistica la documentazione dovrà contemplare l'analisi sismica come da livello II dell'Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11.

Per quanto riguarda il territorio di Samarate, dalle ipotesi di piano si rileva che è prevista la realizzazione di una casa di riposo per anziani, una media struttura di vendita commerciale e l'ampliamento di un centro sportivo esistente, i quali potrebbero rientrare nella definizione di “opere rilevanti” in base al suddetto elenco tipologico.

I risultati dell'analisi di livello II (vedi **Par. 9.4**) possono essere così riassunti:

	$Fa_{0.1 - 0.5s} - Fa_{0.5 - 1.5s}$ AFFIDABILITÀ	$SC_{0.1 - 0.5s} - SC_{0.5 - 1.5s}$	LIVELLI DI APPROFONDIMENTO PREVISTI DAI CRITERI REGIONALI
RSA	1,4 – 1,8 media	1,8 – 2,4	Applicazione dello spettro previsto dalla normativa
Comm.	1,7 – 1,4 media	1,4 – 1,7	Analisi di livello III o utilizzo di spettro norma caratteristico suolo C
C. sport.	1,4 – 1,8 media	1,4 – 1,7	Analisi di livello III o utilizzo di spettro norma caratteristico suolo C

I suddetti esiti indicano che per la media struttura di vendita e per l'ampliamento del centro sportivo la fase progettuale dovrà comprendere la **definizione quantitativa** degli effetti di amplificazione sismica attesi come da **livello III** dell'Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11.

In ogni caso, la medesima procedura si deve applicare anche a tutte le "opere strategiche e rilevanti" previste sul territorio di Samarate, anche se non comprese in un ambito di amplificazione sismica locale.

Pertanto, su tutto il territorio comunale, la fase progettuale delle suddette opere dovrà comprendere la definizione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi come da livello III dell'Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11 e dovrà perciò comprendere i seguenti elementi:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, in termini di caratteristiche granulometriche e di plasticità e di parametri di resistenza e deformabilità, spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni dell'opera da realizzare;
- determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità al di sotto del prescelto piano di posa delle fondazioni ottenibile a mezzo di indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole);
- definizione del modulo di taglio G e del fattore di smorzamento D dei terreni di ciascuna unità geotecnica individuata e delle relative curve di decadimento al progredire della deformazione di taglio  $\phi$ ;
- definizione del modello geologico-geotecnico di sottosuolo a mezzo di

un congruo numero di sezioni geologico-geotecniche atte a definire compiutamente l'assetto morfologico superficiale, l'andamento dei limiti tra i diversi corpi geologici sepolti, i loro parametri geotecnici, l'assetto idrogeologico e l'andamento della superficie piezometrica;

- individuazione di almeno tre diversi input sismici relativi al sito, sotto forma di accelerogrammi attesi al bedrock;
- valutazione della risposta sismica locale consistente nel calcolo degli accelerogrammi attesi al suolo mediante codici di calcolo bidimensionali o tridimensionali in grado di tenere adeguatamente conto della non linearità del comportamento dinamico del terreno e degli effetti di amplificazione topografica di sito; codici di calcolo monodimensionali possono essere impiegati solo nel caso in cui siano prevedibili unicamente amplificazioni litologiche e si possano escludere amplificazioni di tipo topografico;
- definizione dello spettro di risposta elastico al sito ossia della legge di variazione della accelerazione massima al suolo al variare del periodo naturale;
- esecuzione di analisi di stabilità del complesso opere/pendio nelle condizioni finali di progetto comprensive delle azioni sismiche di progetto determinate ai sensi del D.M. 14/01/2008, in corrispondenza degli **ambiti suscettibili di amplificazione sismica locale Z3**.

#### **12.4 Norme generali per l'accertamento della salubrità dei terreni nell'ambito della riconversione di attività industriali dismesse**

Sulla base dei contenuti della Delibera Regionale D.G.R. n. 6/17252 del 01 Agosto 1996 "standard di qualità dei suoli" vanno sottoposte a verifica per la tutela ambientale del territorio:

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

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

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

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

## **12.5 Il rischio di esposizione al gas radon**

### 12.5.1 La mappatura del territorio lombardo

Il *radon* è un gas nobile naturalmente radioattivo, che si genera dal decadimento del *radio*, generato a sua volta dal decadimento dell'*uranio*. Il motivo che determina la necessità di mapparne la concentrazione risiede nel fatto che il radon è un gas molto pesante e viene considerato estremamente pericoloso per la salute umana se inalato ed è ritenuto una delle possibili cause di serie patologie polmonari.

La principale fonte di questo gas risulta essere il terreno, dal quale fuoriesce e si disperde nell'ambiente, accumulandosi in locali chiusi ove può diventare pericoloso. Le aree più a rischio sono quelle che presentano formazioni geologiche originatesi da fenomeni di vulcanesimo (lave, pozzolane, tufi, granito e porfido) ma, in ogni caso, si possono ritrovare alte concentrazioni di radon anche in rocce sedimentarie, come i marmi, le marne e i flysh. La risalita in superficie del radon è anche associabile alla presenza di discontinuità tettoniche quali faglie e fratture profonde della crosta terrestre.

Altre fonti possono essere, in misura minore, i materiali di costruzione, specialmente se di origine vulcanica, come il tufo o i graniti.

Uno dei principali fattori di rischio del radon è legato al fatto che tende ad accumularsi all'interno di abitazioni. Il gas migra dal suolo (o dai materiali da costruzione) e penetra all'interno degli edifici attraverso le fessure (anche microscopiche), gli attacchi delle pareti al pavimento, i passaggi dei vari impianti (elettrico, termico, idraulico). Di conseguenza, i livelli di radon sono generalmente maggiori nelle cantine, nei vani seminterrati e nei piani più bassi delle abitazioni.

L'ARPA della Regione Lombardia ha condotto, tra il 2003 e il 2004, una campagna di misura del gas radon in tutto il proprio territorio, al fine di individuare le aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni (*radon prone areas*), come previsto dal D.Lgs 241/00, art. 10-ter, comma 2.

Il piano per la mappatura, condotto da ARPA in collaborazione con le ASL locali, ha visto il territorio regionale suddiviso secondo una griglia a maglie rettangolari, di dimensioni variabili a seconda delle caratteristiche geologiche e morfologiche del suolo, con un infittimento nella zona alpina e prealpina, dove ci si attende concentrazioni di radon più elevate e spazialmente eterogenee.

In ciascuna maglia sono stati individuati da 5 a 10 punti di misura, per un totale di 3600 punti, in 541 Comuni lombardi (1/3 del totale).

Le misure hanno avuto durata annuale e sono state effettuate attraverso l'impiego di dosimetri passivi, posizionati per 2 semestri consecutivi a partire dall'ottobre 2003.

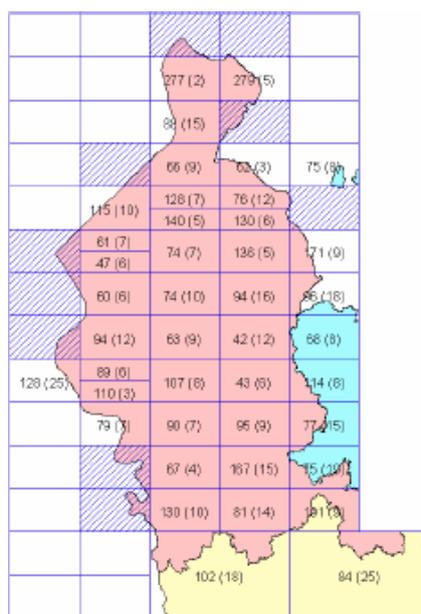
#### 12.5.2 Riferimenti normativi

Nel quadro normativo nazionale relativo alla problematica del radon indoor viene prevista la tutela dei lavoratori negli ambienti lavorativi, mentre non viene regolamentata l'esposizione della popolazione nelle abitazioni private. La norma cui si fa riferimento per l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro è il D.Lgs 240/00, art.10, che fissa come livello di riferimento una concentrazione pari a 500 Bq/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda invece la regolamentazione dell'esposizione al radon nelle abitazioni private, il più solido riferimento è rappresentato dalla raccomandazione dell'Unione Europea 90/143/EURATOM, che fornisce indicazioni precise circa il valore oltre cui intraprendere azioni di risanamento per le abitazioni esistenti (400 Bq/m<sup>3</sup>) e l'obiettivo di qualità (200 Bq/m<sup>3</sup>) per le nuove edificazioni. Tale raccomandazione prevede che, oltre all'indicazione delle misure da adottare per le nuove costruzioni, qualora il limite di riferimento per gli edifici esistenti (400 Bq/m<sup>3</sup>) sia superato, debbano essere adottati provvedimenti correttivi proporzionali all'entità di superamento del limite.

### 12.5.3 Risultati preliminari dello studio ARPA

La figura seguente mostra per la Provincia di Varese la media geometrica dei valori di concentrazione di radon misurati nei punti di campionamenti all'interno della singola maglia, espressa in Bq/m<sup>3</sup> (Bequerel per unità di volume), mentre tra parentesi è indicato il numero di misure effettuate all'interno della maglia. Il tratteggio rappresenta maglie dove non vi sono centri urbanizzati di entità rilevante.



Dalle misure effettuate sono state ricavate valutazioni geostatistiche sulle concentrazioni medie annuali attese nelle unità immobiliari site al piano terra dei vari comuni della provincia.

I risultati relativi al Comune di Samarate sono i seguenti:

Comune	% delle unità immobiliari esistenti site al pian terreno, che potrebbero superare un valore di concentrazione media annuale di 200 Bq/m <sup>3</sup>	% delle unità immobiliari esistenti site al pian terreno, che potrebbero superare un valore di concentrazione media annuale di 400 Bq/m <sup>3</sup>
Samarate	29%	7%

L'ARPA sottolinea tuttavia che le stime sopra riportate sono da ritenersi indicative in quanto la concentrazione di radon indoor dipende molto anche dalle caratteristiche costruttive di ogni singolo edificio (materiali utilizzati, modalità di aerazione e ventilazione, ecc.) oltre che dalla zona geografica e quindi dalle caratteristiche geologiche locali.

Il valore limite per le nuove edificazioni, pari a  $200 \text{ Bq/m}^3$ , è oltrepassato per il 29 % delle unità immobiliari. Tale risultato è pertanto indicativo della necessità di adottare provvedimenti obbligatori in campo edilizio al fine di ridurre il rischio radon indoor nelle nuove costruzioni.

Poiché il livello di concentrazione di riferimento, pari a  $400 \text{ Bq/m}^3$ , è anch'esso superato teoricamente per il 7% delle unità immobiliari esistenti, se ne deduce che risulterebbe necessario adottare provvedimenti volti alla riduzione della concentrazione di radon anche per le abitazioni esistenti.

#### 12.5.4 Accorgimenti costruttivi per le nuove edificazioni

Si riportano le raccomandazioni che ARPA propone per le nuove edificazioni allo scopo di minimizzare l'esposizione della popolazione al radon indoor.

Si tratta di alcuni accorgimenti costruttivi da applicare singolarmente o in combinazione tra loro, che possono variare in funzione delle caratteristiche morfologiche e litologiche del sito, nonché dalla tipologia di edificio e dalle specifiche esigenze degli occupanti.

In sintesi si elencano gli accorgimenti ritenuti più efficaci:

- Ventilazione naturale tramite formazione di vespaio aerato;
- Ventilazione meccanica controllata;
- Drenaggio delle fondazioni per l'allontanamento dell'eventuale gas presente nel terreno;
- Sigillatura delle fonometrie per il passaggio di impianti, scarichi e canalizzazioni.

La presenza di collegamento (scale), in una stessa unità immobiliare, fra seminterrato e piani superiori, può convogliare il radon, di norma presente in maggiori concentrazioni nel seminterrato, verso i piani superiori.

Infine, nei locali di abitazione e particolarmente nelle zone notte, dovrebbe essere evitato l'uso di materiali costruttivi e di finitura contenenti significative concentrazioni di radionuclidi naturali, quali i tufi, i graniti, le sieniti, i basalti, le pozzolane, i cementi contenenti polveri e scorie di altoforno, le calce eminentemente idrauliche.

Si rimanda alla competenza urbanistica la valutazione circa l'eventuale inserimento delle indicazioni fornite da ARPA all'interno del Piano delle Regole o del Regolamento Edilizio.

### 13. CONCLUSIONI

Il presente studio geologico, condotto a supporto della pianificazione urbanistica della Città di Samarate con la specifica finalità di fornire un quadro conoscitivo dei caratteri fisici del territorio comunale ed orientare le scelte di pianificazione territoriale, costituisce un aggiornamento della versione datata Ottobre 2009, comprendente in particolare l'approfondimento dell'analisi del rischio sismico e la revisione della verifica della disponibilità idrica sulla base delle nuove previsioni urbanistiche.

L'attività svolta ha consentito la redazione degli elaborati in linea con i riferimenti metodologici ed i criteri attuativi delle L.R. 12/05 per il Piano di Governo del Territorio (D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005, D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 e D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011).

Date le specifiche finalità, lo studio ha privilegiato gli aspetti pratico – applicativi che hanno condotto alla redazione di elaborati cartografici tematici facilmente rapportabili agli interventi attuabili sul territorio ed alla loro possibile interazione con suolo e sottosuolo. Il quadro conoscitivo di base dello stato fisico del territorio è descritto dalle cartografie redatte in fase di "analisi".

Nella successiva fase di "sintesi, valutazione e proposta" l'esame d'insieme degli elementi conoscitivi ha quindi permesso la redazione della carta di sintesi, con rappresentate le aree omogenee in funzione della pericolosità geologico – geotecnica e della vulnerabilità idrogeologica.

L'elaborazione finale e più specificatamente finalizzata alla pianificazione territoriale è stata comunque l'attribuzione delle classi di fattibilità geologica alle aree omogenee riconosciute. La *carta di fattibilità geologica delle azioni di piano* esprime le principali limitazioni agli interventi edificatori attuabili sul territorio ed è stata redatta secondo le indicazioni della D.G.R. n. 9/2616/11 indicante i criteri relativi alla componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.

La legenda descrittiva della tavola stessa fornisce indicazioni sulle principali caratteristiche di ogni area esprimendo un parere geologico sulla edificabilità ed indicando le indagini minime necessarie e gli interventi da prevedere in fase progettuale. In sovrapposizione sono state individuate le zone di amplificazione sismica locale dipendenti da caratteristiche litologiche e/o geometrico – topografiche.

La suddetta classificazione deve essere utilizzata congiuntamente alle “norme geologiche di piano” che ne riportano la relativa normativa d’uso (cfr. **Cap. 12**). Tale documentazione deve costituire parte integrante del Piano delle Regole ai sensi dell’art. 10, comma 1, lettera d) della L.R. 12/05.

Il presente studio geologico deve invece essere contenuto complessivamente nel Documento di Piano del P.G.T. ai sensi dell’art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/05.

I Tecnici

Dott. Geol. Enzo Visco

Dott. Geol. Marco Parmigiani

## BIBLIOGRAFIA

- A.R.P.A. (2007) – Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia 2007
- BINI A.(1987) – L'apparato glaciale Wurmiano di Como. - Tesi di Dottorato, AA. 1987, Università di Milano
- BINI A., FELBER. M.,POMICINO N.,ZUCCOLI L. (2001) – Geologia del Mendrisiotto (Canton Ticino, Svizzera): Messiniano, Pliocene e Quaternario.
- CESTARI F. (1990) – Prove geotecniche in sito
- LANCELLOTTA R. (1987) – Geotecnica
- CIVITA M. (1990) – Legenda unificata per la carta della vulnerabilità intrinseca dei corpi idrici sotterranei/ Unified legend for the aquifer pollution vulnerability maps. Pitagora Edit., Bologna, 13 p.
- CIVITA M. (1991) – La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. - Atti 1° Convegno Nazionale "Protezione e gestione delle acque sotterranee: Metodologie, Tecnologie ed Obiettivi". Marano s.P., 3, 39-86
- CNR - G.N.D.C.I - FRANCANI V, CIVITA M.(1988) – Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee.
- FUNARI E., BASTONE A., VOLTERRA L. (1992) – Acque potabili, Parametri chimici, chimico-fisici e indesiderabili.
- MAESTRELLO H., RIGAMONTI I., UGGERI A. (1993) – Carte della vulnerabilità intrinseca in ambiente di anfiteatro morenico: due esempi dalla Brianza comasca. - Atti II Convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze, Dicembre 1993
- PETRARCA S., SPINELLI F., COGLIANI E., MANCINI M. (1999) – Profilo climatico dell'Italia.
- VISCO E. (2004) – Domanda di concessione di derivazione a uso potabile di acque pubbliche sotterranee nella quantità di 95 l/s da n. 4 pozzi dell'acquedotto comunale di Samarate (VA)
- VISCO E. (2004) – Indagini geologico tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica comunale ai sensi della L.R. 41/97

Sono stati consultati inoltre studi geologici e indagini geognostiche, eseguiti per committenti privati e per la Città di Samarate, depositati presso l'U.T. del comune medesimo.