

PGT

Piano delle Regole

PdR 2 Studio Geologico, Idrologico e Sismico
Relazione

Adottato con delibera di Consiglio Comunale n. 90 del 21/12/2010
Approvato con delibera di Consiglio Comunale n. 55 del 16/06/2011
Pubblicato sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n.51 del 21/12/2011

PGT

Piano di Governo del Territorio

Assessorato alla Pianificazione Territoriale e Ambientale



Comune
di Crema

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI CREMONA

COMUNE DI CREMA

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEL P.G.T.

L.R. 11-03-2005 n° 12 _ D.G.R. 22-12-2005 n° 8/1566_D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374

RELAZIONE

Elaborato modificato in accoglimento alle Osservazioni

Adozione

Approvazione

Il Sindaco

Il Segretario Comunale

I collaboratori

Il Tecnico

Dott. Geol. Roberto Mariotti

Dott. Giuseppe Malerba

Dott. Geol. Mauro Coffani

GEOLOGO (O.G.L. n° 253)

Corso Garibaldi, 95 – 26100 Cremona

Tel.st. (fax) 0372/23266 – Tell. Cell. 348/5640519

e-mail: MALERB15@malerbagiuseppe.191.it

giugno 2011

SOMMARIO

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEL P.G.T. DEL COMUNE DI CREMA

- INTRODUZIONE	p. 1
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE (ALL. A, SCALA 1:25.000)	p. 5
1.1 Il sistema paesistico-ambientale	p. 5
1.1.1 Fattori antropici	p. 6
1.1.2 Le componenti del sistema paesistico-ambientale	p. 6
1.1.3 I caratteri del paesaggio agricolo	p. 6
1.1.4 I caratteri del paesaggio urbano	p. 7
• Bibliografia	p. 8
<u>Allegato</u>	
All. A: Inquadramento territoriale (scala 1:25.000)	
2. CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV.1bis, SCALA 1:7.000)	p. 9
2.1 Premessa	p. 9
2.2 Principali aspetti geomorfologici	p. 9
2.3 Principali aspetti geologici	p. 13
• Bibliografia	p. 15
3. CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE (TAV.2A/2B, SCALA 1:5.000)	p. 16
3.1 Premessa	p. 16
3.2 Terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi e/o ghiaiosi	p. 17
3.3 Terreni prevalentemente sabbiosi, sabbioso-limosi e/o limoso-sabbiosi	p. 17
3.4 Terreni prevalentemente argillosi e/o argilloso-limosi	p. 18
• Bibliografia	p. 19
4. CARTA PEDOLOGICA (TAV.3A/3B, SCALA 1:5.000)	p. 20
4.1 Premessa	p. 20
4.2 Descrizione delle unità cartografiche	p. 20

- Bibliografia p. 34

5. CARTA IDROGEOLOGICA CON ELEMENTI IDROGRAFICI (TAV.4A/4B, SCALA 1:5.000)

- 5.1 Premessa p. 35
- 5.2 Modalità di realizzazione della rete piezometrica p. 36
- 5.3 Metodo di rilevamento ed analisi dei dati p. 37
- 5.4 Costruzione delle sezioni idrogeologiche (Tav. B2/ Tav. B3) p. 39
- 5.5 Il sistema idrogeologico p. 43
 - 5.5.1 Studio idrogeologico della Provincia di Cremona p. 43
 - 5.5.2 Programma di tutela e uso delle acque (P.T.U.A.) p. 44
 - 5.5.3 Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia p. 46
 - 5.5.4 Modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero provinciale p. 49
- 5.6 Idrografia di superficie p. 51
- 5.7 Idrologia del Fiume Serio p. 62
 - 5.7.1 Premessa p. 62
 - 5.7.2 Principali lineamenti del Bacino Idrografico del Fiume Serio p. 63
 - 5.7.3 Principali caratteristiche del modello di riferimento costituito dall'evento di piena del 21/22 settembre 1979 p. 64
 - 5.7.4 Caratteristiche dell'alveo fluviale in Comune di Crema p. 66
 - 5.7.5 Situazione a monte della traversa Borromea p. 67
 - 5.7.6 Situazione a valle della traversa Borromea p. 68
 - 5.7.7 Considerazioni conclusive p. 70
- Bibliografia p. 72

Allegati

All. B-1: Colonne stratigrafiche piezometri, tabella piezometri, diagrammi relativi agli andamenti dei livelli freatici.

Tav. B2: Carta idrogeologica – Sezione A – A'

Tav. B3: Carta idrogeologica – Sezione B – B'

All. B-4: Colonne stratigrafiche relative ai pozzi profondi pubblici e privati

6. CARTA DELLA VULNERABILITA' INTEGRATA DELL'ACQUIFERO FREATICO (TAV. 5A/5B, SCALA 1:5.000)

- 6.1 Premessa p. 74
- 6.2 Metodo G.O.D. p. 74
- 6.3 Applicazione del metodo G.O.D. al territorio comunale p. 76
- 6.4 Vulnerabilità integrata p. 78

6.5	Vulnerabilità delle acque ai nitrati di origine agricola	p. 80
•	Bibliografia	p. 81
7.	CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (TAV. 6, SCALA 1:5.000)	p. 82
7.1	Premessa	p. 82
7.2	Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Serio	p. 85
7.2.1	Premessa	p. 85
7.2.2	Considerazioni relative allo Studio di fattibilità	p. 86
7.3	Studi di programmazione e pianificazione provinciali	p. 89
7.4	Analisi degli studi idraulici	p. 97
7.5	Analisi delle esondazioni storiche	p. 101
7.5.1	Evento alluvionale del 22 settembre 1979	p. 104
7.6	Considerazioni conclusive	p. 108
•	Bibliografia	p. 109
 <u>Allegato</u>		
All. C: Schede per il censimento delle esondazioni storiche		
8.	CARTA GEOLOGICO – TECNICA (TAV. 7A/7B, SCALA 1:5.000)	p.111
8.1	Premessa	p.111
8.2	Modalità di espressione del giudizio sintetico relativo alle caratteristiche geologico-tecniche e geomeccaniche dei terreni	p. 113
8.3	Analisi dei risultati ottenuti	p. 114
8.4	Considerazioni conclusive	p. 117
•	Bibliografia	p. 120
9.	CARTE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (TAV. 8A/8B – TAV. 9A/9B, SCALA 1:5.000)	p. 121
9.1	Inquadramento normativo	p. 121
9.2	Definizione di rischio sismico e di pericolosità sismica	p. 123
9.3	Metodologia utilizzata	p. 125
9.4	Applicazione della metodologia al territorio comunale	p. 128
9.4.1	Primo livello di approfondimento	p. 128
9.4.1.1	Scenario di pericolosità sismica locale Z2 – cedimenti/liquefazioni	p. 129
9.4.1.2	Scenario di pericolosità sismica locale Z4a – amplificazioni litologiche e geometriche	p. 134
9.4.2	Considerazioni conclusive relative al 1° livello di approfondimento	p. 135
9.4.3	Secondo livello di approfondimento	p. 136

9.4.4	Considerazioni conclusive relative al 2° livello di approfondimento	p. 141
•	Bibliografia	p. 142
	<u>Allegato</u>	
	All. D: D.d.u.o. 31 novembre 2003 n. 19904	
10.	CARTA DEI VINCOLI (TAV. 10bis, SCALA 1:7.000)	p. 143
10.1	Strumenti di pianificazione sovracomunale	p. 143
10.2	Aree soggette a regime di tutela di leggi nazionali e regionali	p. 143
10.3	Aree soggette a regime di tutela del P.T.C.P.	p. 149
•	Bibliografia	p. 152
11.	CARTA DI SINTESI (TAV. 11A/11B, SCALA 1:5.000)	p. 153
11.1	Premessa	p. 153
11.2	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	p. 153
11.3	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	p. 154
11.4	Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	p. 155
11.5	Considerazioni conclusive	p. 156
12.	CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO E CLASSI DI FATTIBILITA' (TAV. 12bis, SCALA 1:7.000)	p. 157
12.1	Premessa	p. 157
12.2	Fase 1: attribuzione delle Classi di Ingresso alle Classi di Fattibilità	p. 158
12.3	Fase 2: attribuzione definitiva delle Classi di Fattibilità Geologica	p. 159
13.	NORME GEOLOGICHE DI PIANO	p. 166
	Tabella riassuntiva delle prescrizioni relative alle Classi di Fattibilità Geologica	p. 178
14.	CLIMATOLOGIA	p. 180
14.1	Premessa	p. 180
14.2	Regime termico e pluviometrico dell'area cremasca	p. 181
14.3	Regime pluviometrico	p. 182
14.4	Regime termico	p. 183
14.5	Caratteristiche anemometriche	p. 184
14.6	Altri fenomeni meteorologici	p. 185
•	Bibliografia	p. 185

Allegati

All. 1-13: Tabelle e grafici

Allegato fuori testo

Dichiarazione Sostitutiva dell'Atto di Notorietà

TAVOLE FUORI TESTO

Tav. 1bis: Carta geologica e geomorfologica (scala 1:7.000)

Tav. 2A / 2B: Carta della litologia di superficie (scala 1:5.000)

Tav. 3A / 3B: Carta pedologica (scala 1:5.000)

Tav. 4A / 4B: Carta idrogeologica con elementi idrografici (scala 1:5.000)

Tav. 5A / 5B: Carta della vulnerabilità integrata dell'acquifero freatico (scala 1:5.000)

Tav. 6: Carta del rischio idrogeologico (scala 1: 5.000)

Tav. 7A / 7B: Carta geologico-tecnica (scala 1: 5.000)

Tav. 8A / 8B: Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello (scala 1: 5.000)

Tav. 9A / 9B: Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello (scala 1: 5.000)

Tav. 10bis: Carta dei vincoli (scala 1:7.000)

Tav. 11A / 11B: Carta di sintesi (scala 1: 5.000)

Tav. 12bis: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano e classi di fattibilità
(scala 1:7.000)

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI CREMONA
COMUNE DI CREMA

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO
DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEL P.G.T.

- **INTRODUZIONE**

La Regione Lombardia, con la L.R. 11 marzo 2005 n. 12 “*Legge per il governo del territorio*”, ha innovato radicalmente la pianificazione e la gestione del territorio regionale, provinciale e comunale. Gli strumenti di pianificazione del territorio devono essere complessivamente coordinati, differenziati ed uniformati al criterio della sostenibilità e, in particolare, devono costituire uno strumento di riferimento nella programmazione degli interventi urbanistici.

La pianificazione a livello comunale viene attuata attraverso un nuovo strumento urbanistico, denominato “*Piano di Governo del Territorio (P.G.T.)*”, che definisce l’assetto dell’intero territorio comunale e si articola in tre atti: il “*Documento di Piano*”, il “*Piano dei Servizi*” ed il “*Piano delle Regole*”.

Come disposto nell’art. 57 della L.R. 12/05, le componenti geologica, idrogeologica e sismica devono essere definite attraverso uno studio generale o di dettaglio; in particolare:

- lo studio, articolato su tre fasi successive (fase di analisi, fase di sintesi e valutazione, fase di proposta finale), deve essere contenuto integralmente nel “*Documento di Piano*”, in quanto rappresenta una delle componenti del quadro conoscitivo del territorio comunale e costituisce la base per le scelte pianificatorie (art. 8, comma 1, lettera c ed art. 57, comma 1, lettera a della L.R.12/05 e succ. mod. e int.);
- la fase di sintesi e valutazione e la fase di proposta finale (“*Carta dei Vincoli*”, “*Carta di Sintesi*”, “*Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano*” e “*Norme Geologiche di Piano*”) sono parte integrante anche del “*Piano delle Regole*”; in tali fasi sono individuate le aree caratterizzate da pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, alle quali si applicano le prescrizioni normative in funzione della Classe di Fattibilità Geologica

di appartenenza delle stesse (art. 10, comma 1, lettera d ed art. 57 comma 1 lettera b della L.R.12/05 e succ. mod. e int.).

Gli aspetti innovativi introdotti dalla L.R. 12/05 coinvolgono anche la disciplina normativa che per quasi un decennio ha rappresentato, con le relative direttive applicative, il riferimento per la caratterizzazione delle componenti geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale negli studi a supporto dello strumento urbanistico (la L.R. 24 novembre 1997 n. 41 “*Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti*”): la L.R. 12/05, infatti, all’art. 104 lett. x, prevede l’abrogazione della L.R. 41/97 e, di conseguenza, risultano decadere anche tutte le direttive tecniche ad essa riferite, che vengono sostituite dalla **d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566** “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*”.

In seguito all’entrata in vigore, in data 5 marzo 2008, del **D.M. 14 gennaio 2008** “*Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*”, che ha apportato importanti cambiamenti rispetto alle normative previgenti, particolarmente riguardo la valutazione delle azioni sismiche di progetto, ed in seguito all’approvazione da parte dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 12 del 18 marzo 2008, degli “*Studi di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d’acqua*”, la d.g.r. 1566/2005 è stata sostituita dalla **d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374** “*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005 n. 12*”, pubblicata sul 2° Supplemento Straordinario al B.U.R.L. n. 24 del 12 giugno 2008.

I nuovi criteri di attuazione della L.R. 12/05 forniscono agli Enti Locali ed ai professionisti incaricati della redazione degli studi generali o di dettaglio, le linee guida e gli indirizzi applicativi per definire ed analizzare gli assetti geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale, attraverso l’individuazione di aree a pericolosità geologica, geomorfologica e sismica, di aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico ed idraulico e di aree scadenti dal punto di vista geologico-tecnico.

Per ognuna delle Classi di Fattibilità Geologica assegnate al territorio comunale, il professionista dovrà indicare le relative norme d’uso e prescrizioni, che dovranno essere riportate integralmente sia nel “*Documento di Piano*” che nel “*Piano delle Regole*” del P.G.T.; il Comune di Crema sarà pertanto obbligato a garantire il rispetto di dette disposizioni normative ed a verificare l’utilizzo

delle vigenti norme nazionali sulle costruzioni nell'intero territorio comunale, a prescindere dalla Classe di Fattibilità Geologica assegnata.

Il presente studio geologico è stato pertanto condotto secondo i criteri delle D.G.R. 8/1566/05 e D.G.R. 8/7374/08; esso andrà a sostituire il vigente “Studio geologico di supporto alla redazione del P.R.G.”, redatto nel Giugno 1998 dallo scrivente in ottemperanza alle normative vigenti all'atto della redazione dello stesso.

La metodologia utilizzata è basata su tre fasi di lavoro consequenziali:

➤ **FASE DI ANALISI**

Si fonda su un processo di ricerca storica e sintesi bibliografico-compilativa, integrata dai dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) della Regione Lombardia (di cui all'All. 1 della d.g.r. 7374/2008).

In questa fase, in cui si è proceduto alla rielaborazione di tutte le informazioni disponibili, sono stati approfonditi gli aspetti geologici, geomorfologici, litologici, pedologici, idrogeologici, idrografici, idraulici, sismici, geologico-tecnici, ambientali e vincolistici, opportunamente rappresentati all'interno della cartografia di inquadramento, finalizzata alla caratterizzazione dell'intero territorio comunale.

➤ **FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE**

Sono state realizzate la “Carta dei Vincoli”, elaborato di estrema importanza nell'ambito della programmazione urbanistica, con particolare riferimento alla tutela ambientale ed alla definizione delle fasce di rispetto fluviale, e la “Carta di Sintesi” degli elementi emersi nel corso della Fase di Analisi, durante la quale l'intero territorio comunale è stato suddiviso in aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologico-tecnica e della vulnerabilità idraulico-idrogeologica.

➤ **FASE DI PROPOSTA FINALE**

Dalla valutazione incrociata degli elementi riportati nella “Carta di Sintesi” e dei principali fattori ambientali ed antropici rilevati nel territorio comunale, si è giunti all'attribuzione delle Classi di Fattibilità Geologica ed alla redazione della “Carta della Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano e Classi di Fattibilità”, nella quale sono state individuate le aree ad ugual grado di rischio geologico-tecnico e/o idraulico-idrogeologico e definite le prescrizioni normative relative alle destinazioni d'uso del territorio.

I risultati ottenuti nelle tre fasi di lavoro sono stati sintetizzati nelle seguenti carte tematiche:

- All. A: Inquadramento territoriale (scala 1: 25.000)
- Tav. 1A / 1B: Carta geologica e geomorfologica (scala 1:5.000)
- Tav. 2A / 2B: Carta della litologia di superficie (scala 1:5.000)
- Tav. 3A / 3B: Carta pedologica (scala 1:5.000)
- Tav. 4A / 4B: Carta idrogeologica con elementi idrografici (scala 1:5.000)
- Tav. 5A / 5B: Carta della vulnerabilità integrata dell'acquifero freatico (scala 1:5.000)
- Tav. 6: Carta del rischio idrogeologico (scala 1: 5.000)
- Tav. 7A / 7B: Carta geologico-tecnica (scala 1: 5.000)
- Tav. 8A / 8B: Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello (scala 1: 5.000)
- Tav. 9A / 9B: Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello (scala 1: 5.000)
- Tav. 10A / 10B: Carta dei vincoli (scala 1:5.000)
- Tav. 11A / 11B: Carta di sintesi (scala 1: 5.000)
- Tav. 12A / 12B: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano e classi di fattibilità (scala 1:5.000)

Per la realizzazione dell'apparato cartografico allegato al presente studio, si è ritenuto opportuno utilizzare come base cartografica la **cartografia fotogrammetrica numerica** del Comune di Crema alla scala 1: 5.000 (anno 2003).

Ogni tavola tematica, ad eccezione della Tav. 6, è stata suddivisa, data l'estensione del territorio comunale in rapporto al fattore di scala utilizzato, in due tavole, denominate rispettivamente A, riferita alla porzione occidentale del territorio comunale, e B, riferita alla porzione orientale dello stesso.

In riferimento alla “*Carta della Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano e Classi di Fattibilità*”, conformemente a quanto disposto dalla d.g.r. 7374/2008 e dalle indicazioni operative emanate dalla Direzione Generale Territorio e Urbanistica della Regione Lombardia, sono stati prodotti gli “*shape file*” relativi alle classi di fattibilità ed alla zonazione sismica, rispettando lo schema fisico dei dati definito dalla Regione Lombardia con D.d.u.o. n. 12.520 del 10 novembre 2006, al fine di consentire l'aggiornamento del mosaico della fattibilità presente nel Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) integrato regionale.

Nell'ambito del presente studio, si presterà particolare attenzione ai problemi relativi al rischio idrogeologico, anche alla luce delle risultanze dei recenti studi approvati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, ed all'analisi delle caratteristiche sismiche del territorio comunale, conformemente alle vigenti norme sulle costruzioni, attraverso la determinazione dell'azione sismica di progetto e della pericolosità sismica associata ad un generico sito di costruzione.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE (ALL. A, SCALA 1: 25.000)

Il Comune di Crema è localizzato nella parte nord-occidentale della Provincia di Cremona ed interessa una superficie di circa 35 km²; confina a nord con i Comuni di Trescore Cremasco, Cremosano, Campagnola Cremasca, Pianengo e Ricengo, ad est con i Comuni di Offanengo e Izano, a sud con i Comuni di Madignano, Ripalta Cremasca e Capergnanica ed ad ovest con i Comuni di Chieve e Bagnolo Cremasco.

1.1 IL SISTEMA PAESISTICO – AMBIENTALE

Il territorio comunale di Crema, che presenta i caratteri morfologici tipici della Pianura Padana, è costituito dal piano terrazzato del Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.) o Piano Generale Terrazzato (P.G.T.), che presenta una debole immersione complessiva da NNO verso SSE e funge da raccordo tra la fascia delle conoidi pedemontane e la Valle del Po, profondamente inciso dalla Valle del Serio, che taglia il territorio comunale secondo una direzione N-S.

La relativa semplicità della superficie topografica dell'ambito comunale non consente di evidenziare gli esiti dei processi tettonici che hanno determinato la formazione del territorio.

Le strutture che movimentano la superficie del Livello Fondamentale della Pianura, legate alla dinamica fluviale esplicitasi durante i grandi mutamenti climatici del Quaternario, costituiscono le uniche testimonianze dei complessi fenomeni di sollevamento ed erosione che interessarono ed interessano tuttora le Alpi e l'Appennino settentrionale e che hanno dato luogo alla formazione della Pianura Padana.

Come già detto, l'azione delle acque ha svolto un ruolo fondamentale nella costruzione del territorio: le grandi variazioni climatiche del Quaternario, con i ripetuti scioglimenti delle calotte glaciali che ricoprivano le Alpi, hanno permesso imponenti fenomeni di erosione della catena alpina conseguenti massicci fenomeni di trasporto dei sedimenti mobilitati dai ghiacciai e la deposizione finale lungo l'asse del fiume Po; la successiva stabilizzazione delle condizioni climatiche ha dato luogo alla rielaborazione degli stessi depositi, con fenomeni di trasporto e sedimentazione a scala inferiore a quella dei periodi precedenti, che ha portato alla formazione delle attuali strutture fluviali.

1.1.1 FATTORI ANTROPICI

L'espressione "*fattori antropici*" viene comunemente utilizzata per indicare l'insieme delle azioni, operate dall'uomo, che hanno determinato modificazioni del territorio e del paesaggio.

Nell'ambito della Pianura Padana, estremamente favorevole all'insediamento umano, le trasformazioni antropiche sono state pervasive: le opere di bonifica e di regimazione idraulica, i nuclei storici e gli insediamenti sparsi, le opere romane e la trama dei percorsi storici di epoca tardo medievale, oltre a testimoniare la storia umana, documentano la conquista progressiva dello spazio naturale. Un esempio di questa testimonianza è sicuramente costituito dalle cascine, elemento strutturante del paesaggio agricolo, presente in modo omogeneo in tutta la pianura.

1.1.2 LE COMPONENTI DEL SISTEMA PAESISTICO – AMBIENTALE

Il territorio comunale in esame fa parte dell'ambito geografico definito "*Creмасco*", che occupa la parte nord-occidentale della Provincia di Cremona, compresa tra i corsi del fiume Adda e del fiume Serio. Sulla base degli aspetti paesistici ed ambientali della Provincia di Cremona, la tipologia del paesaggio è riconducibile a quello della bassa pianura, individuato nel Piano Territoriale Paesistico Regionale (P.T.P.R.), ovvero al paesaggio della pianura irrigua ad orientamento cerealicolo e foraggiero. Questa tipologia di paesaggio si estende con grande uniformità in quasi tutta la bassa pianura lombarda a conferma della grande vocazione agricola del territorio, la cui base è costituita dall'importante organizzazione del sistema irriguo che si sviluppa a partire dai corsi d'acqua principali e dai fontanili attraverso un complesso sistema di canali, rogge, cavi e colatori che si intrecciano in una fitta rete di distribuzione.

1.1.3 I CARATTERI DEL PAESAGGIO AGRICOLO

L'agricoltura, a causa della presenza storica, della superficie utilizzata e dei processi produttivi e mercantili, è la principale artefice dei cambiamenti subiti dal paesaggio provinciale.

Anteriormente alla massiccia opera di colonizzazione e bonifica, protratta per secoli, che ha determinato la definizione del paesaggio attuale, la pianura era occupata dalla foresta planiziale, di cui oggi rimangono sporadiche testimonianze generalmente in prossimità di corsi d'acqua o di aree non interessate dall'antropizzazione del territorio.

L'acqua, con la sua presenza sotterranea o subaerea, è l'elemento caratterizzante degli ambienti di pianura, di cui individua le stazioni vegetali tipiche.

Lungo i corsi d'acqua secondari, le strade campestri e gli elementi di parcellizzazione dei campi si è consolidata la tendenza all'abbattimento dei filari alberati superstiti, diffusasi a causa della perdita

di interesse economico degli stessi, della possibile competizione nutrizionale con le colture di campo e dell'ostacolo alla meccanizzazione agricola.

Questa logica ha portato alla perdita di quelle specie che, agli inizi del secolo scorso costituivano una fonte di reddito, come il gelso, ed alla progressiva scomparsa di quelle utilizzate tradizionalmente nel consolidamento delle sponde e delle scarpate come gli ontani.

Questa tendenza al "disboscamento" viene spesso combattuta con l'impianto di specie ad elevato tasso di crescita e rilevante interesse economico, come i pioppi ibridi, ma di dubbio valore paesaggistico.

La cascina costituisce un elemento caratteristico del paesaggio agricolo lombardo, e presenta caratteri peculiari variabili con le tecniche costruttive, le dimensioni fondiari e al tipologia di utilizzo. In ambito "cremasco", all'interno della "cassina" prevalgono unità poderali di limitate dimensioni, a base familiare; essa funge da abitazione ed è costituita da corpi di fabbrica giustapposti con la presenza di un porticato antistante.

Il territorio non urbanizzato è quasi completamente addomesticato alle forme di conduzione agricola di tipo industriale; i cambiamenti culturali, inoltre, legati alla meccanizzazione agraria ed alla diffusione della cerealicoltura, hanno notevolmente impoverito la varietà del paesaggio agricolo.

1.1.4 I CARATTERI DEL PAESAGGIO URBANO

Anche per il paesaggio urbano, numerosi sono i fenomeni che nel tempo hanno influenzato l'organizzazione dei centri abitati; i forti spostamenti degli abitanti dalle campagne alle città sono stati, nella pianura cremasca, più discreti e meno pervasivi rispetto ad altre realtà territoriali.

La crescita edilizia degli ultimi decenni è stata relativamente contenuta intorno ai maggiori centri urbani, le fasce tra un centro urbano e l'altro si configurano per un'edificazione a bassa densità e con forte varietà tipologica. Gli edifici mono e bifamiliari si affiancano ai fabbricati produttivi o commerciali senza alcun tipo di legame tipologico reciproco e senza legame con gli elementi storici presenti.

Lo sviluppo del sistema delle infrastrutture stradali, che fungono da sempre da direttrici di attrazione industriale e residenziale, ha interessato principalmente le aree contigue ai centri abitati e soprattutto le zone commerciali ed industriali che necessitano di massimizzare la loro accessibilità.

Il sistema viario ad alta percorrenza della provincia è orientato in prevalenza in direzione trasversale rispetto agli ambiti dei fiumi principali, che si sono conservati in una dimensione seminaturale di grande valore paesaggistico.

Bibliografia:

PROVINCIA DI CREMONA (2003) - “*Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)*” – Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità , Cremona.

PROVINCIA DI CREMONA (2009) - “*Variante del P.T.C.P di adeguamento alla l.r. 12/2005*” – Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità , Cremona.

REGIONE LOMBARDIA (2001) - “*Piano Territoriale Paesistico Regionale (P.T.P.R.)*” – Direzione Generale Territorio e Urbanistica, Milano.



All. A	Cartografia di inquadramento
INQUADRAMENTO TERRITORIALE	
scala 1:25.000	dott. geol. Giuseppe Malerba
Marzo 2010	

2. CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (TAV. 1bis – SCALA 1: 7.000)

2.1 PREMESSA

In questo elaborato cartografico sono state riunite le informazioni ed i dati riguardanti sia le emergenze morfologiche significative presenti entro il territorio comunale che l'assetto geologico generale dell'area in studio, comprendente l'individuazione delle formazioni geologiche presenti ed i loro relativi rapporti cronostratigrafici.

Lo studio, la verifica e la necessaria rielaborazione originale dei dati relativi alle diverse tematiche affrontate hanno richiesto due diverse metodologie di approccio, sia in ordine alla reperibilità dei dati bibliografici esistenti che alle metodologie di rilievo e successivo sviluppo delle osservazioni effettuate in situ dallo scrivente.

Per quanto riguarda l'individuazione dell'assetto geomorfologico dell'intero territorio comunale, ci si è fondamentalmente basati sull'esame di rilievi aerofotogrammetrici esistenti, in grado di fornire la totale copertura delle aree in studio, e sulla successiva fase di controllo e verifica in campagna delle osservazioni; detta metodologia, che alterna fasi di studio a tavolino a fasi di verifica e rielaborazione direttamente in situ, consente il miglior approccio possibile alla conoscenza dell'odierno assetto territoriale, intesa come comprensione delle fasi evolutive del paesaggio, necessaria per lo sviluppo di qualsiasi attività di programmazione di intervento antropico sul territorio.

Gli aspetti riguardanti l'assetto geologico dell'area sono stati affrontati facendo riferimento sia alle conoscenze dirette che a quelle bibliografiche esistenti, fra cui soprattutto la cartografia geologica ufficiale (Fig. 46 "Treviglio" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000), adattata alla scala cartografica utilizzata per l'intervento urbanistico; anche in questo caso, mediante verifiche ed integrazioni di campagna, si è giunti ad una più precisa delimitazione delle formazioni geologiche.

2.2 PRINCIPALI ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista morfologico, il comune di Crema, esteso ad occupare ambiti attribuibili all'ambiente fluviale e perfluviale, risulta marcatamente caratterizzato dall'incisione che il fiume Serio ha operato entro il livello fondamentale della pianura, definendo in tal modo una valle fluviale "a cassetta" avente direzione circa nord-sud e situata in posizione centro-orientale rispetto all'intera estensione dei confini comunali. Detta depressione presenta larghezze variabili da un minimo di 1.700 m. ad un massimo, presso il confine meridionale, di circa 3.500 m.

L'ampiezza minore della valle del Serio è rilevabile nella zona settentrionale del territorio comunale, fino all'altezza del ponte ferroviario; più a sud, la depressione valliva si allarga specialmente in sponda sinistra: la ragione di tale situazione morfologica è riconducibile alla presenza di una valle relitta del Serio, il cui tracciato procedeva pressoché parallelo a quello dell'attuale corso d'acqua fino all'altezza dell'abitato di Ripalta Arpina.

Se entro il territorio comunale di Crema le tracce di tale antica valle presentano una modesta evidenza, procedendo verso sud se ne rilevano tracce ben marcate sotto forma di scarpate morfologiche di notevole rigetto verticale presenti sia in sponda sinistra che in sponda destra. Si tratta dell'antica valle del Serio, nota in letteratura come Serio Morto di Castelleone, che si individua con chiara evidenza fino allo sbocco in Adda presso Pizzighettone.

Nell'ambito del territorio comunale, la valle attiva del corso d'acqua si presenta ulteriormente incisa entro le alluvioni medio-recenti in sponda sinistra, mentre in sponda destra si rilevano scarpate più marcate in corrispondenza del passaggio tra le alluvioni medio-recenti della valle ed il livello fondamentale della pianura.

Quanto espresso risulta segnalato nella cartografia prodotta mediante simbologie diversificate dell'entità del rigetto verticale delle scarpate.

Passando ad una descrizione più puntuale della struttura della valle del Serio, prendendo come riferimento il tratto compreso fra il ponte ferroviario e l'attraversamento del canale Vacchelli, è possibile distinguere nel tratto settentrionale del corso d'acqua un andamento a meandri liberi dell'alveo fluviale, dove gli interventi antropici succedutisi nel tempo hanno prodotto, attraverso la realizzazione delle difese di sponda, una semplice regolarizzazione del tracciato naturale del corso d'acqua, mantenendone sostanzialmente le originarie caratteristiche. Nel tratto posto a sud del riferimento convenuto, l'alveo fluviale ha subito, in tempi anche recenti, più massicce modificazioni che hanno comportato, oltre alla completa realizzazione delle difese di sponda, una complessiva ricalibratura con aumento delle sezioni utili ed una parziale rettifica del tracciato originario.

La struttura della valle, specialmente nella porzione settentrionale, manifesta, anche per quanto riguarda le scarpate marginali, impronte planimetriche abbastanza evidenti delle passate divagazioni dell'asta fluviale che hanno prodotto erosioni lungo le sponde e di cui si rilevano chiaramente le tracce. Viceversa, nel tratto meridionale della valle, l'intensa urbanizzazione delle zone prospicienti il corso d'acqua della valle fluviale non consente di rilevare alcuna evidente morfostruttura originaria; ciò si verifica sia in sponda destra che in sponda sinistra e, in entrambi i casi, le aree marginali al corso d'acqua, interne alla originaria valle fluviale, sono state occupate da insediamenti edilizi di varia natura e da infrastrutture, estesi entro quelle che rappresentano le

naturali aree di espansione del corso d'acqua. Nelle zone marginali esterne della valle fluviale, si rileva la presenza della Formazione alluvionale comunemente individuata come il livello fondamentale della pianura.

Nella disamina dei principali aspetti morfologici del territorio comunale, non si può prescindere dalla descrizione dell'estesa depressione posta ad occidente rispetto al nucleo urbanizzato del capoluogo, impostata entro il livello fondamentale della pianura e confinata al margine meridionale dall'abitato di Ombriano. Detta depressione, seppur di modesta entità dal punto di vista altimetrico, risulta piuttosto estesa, anche oltre i confini comunali, in direzione nord, fino agli abitati di Cremosano e Trescore Cremasco, presentandosi delimitata più a occidente, in corrispondenza dell'abitato di Scannabue, da una scarpata morfologica con rigetto superiore a 3 metri. Quest'ultima, procedendo ulteriormente verso settentrione, risulta progressivamente meno distinguibile, tanto che appare difficoltoso individuare il limite occidentale della citata depressione. La struttura, nota in letteratura come "Moso di Crema", rappresenta un basso topografico in corrispondenza del quale acque con caratteristiche palustri, e quindi dotate di scarso o nullo ricambio, giungevano a cingere, anche in epoca storica, le mura del capoluogo comunale. La presenza di scarpate morfologiche piuttosto pronunciate, soprattutto al di fuori degli insediamenti urbani, ne evidenziano l'origine senz'altro legata al dinamismo fluviale attivo (testimoniato dalle erosioni di sponda), evoluto successivamente verso fasi di alveo abbandonato, così come si evidenzia dalla presenza di depositi a granulometria fine argillosi, argilloso-limosi e torbosi, che ne costituiscono la coltre superficiale. Incerta rimane comunque, al livello delle conoscenze attuali, l'attribuzione al dominio d'origine, seriano o abduano, del corso fluviale responsabile di tale morfostruttura: i dati certi rimangono quelli legati alle conoscenze nella successione litostratigrafica dei terreni presenti entro tale depressione. Quest'ultima è costituita in profondità da sedimenti grossolani (ghiaiosi) o ghiaioso-sabbiosi con clasti arrotondati, testimoni quindi di un accentuato dinamismo fluviale, mentre in superficie sono preponderanti le litofacies più argillose, caratteristiche di ambienti fluviali a scarsa o nulla energia trattiva. L'assenza di litofacies intermedie a granulometria decrescente tra le due sopra descritte concorre ad ipotizzare un abbandono dell'alveo precoce e brusco, al quale è seguita una fase di dominante decantazione che ha prodotto la successione di termini litologici descritti.

La serie di alti relativi su cui sorge la frazione di Ombriano può essere interpretata, nell'ottica del modello fluviale prima accennato, come una facies di argine o di barra ove predominano le litologie sabbiose e sabbioso-limose.

Sempre dal punto di vista della evoluzione morfopaesistica di questa porzione di territorio, appare incerta l'ubicazione del corso d'acqua in grado di drenare le acque del Moso: gli

insediamenti abitativi e le infrastrutture succedutisi nel tempo tra Ombriano e Crema non solo hanno in parte o totalmente obliterato l'originale rigetto morfologico della scarpata, ma hanno cancellato ogni traccia delle via d'acqua di scolo del Moso verso il fiume Serio. Con ogni probabilità, l'attuale alveo della roggia Cresmiero rappresenta la sistemazione finale di successivi interventi volti alla regimazione e razionalizzazione del deflusso delle acque.

Congiuntamente ai processi naturali e alle blande forme morfologiche ad essi associate, nell'elaborato grafico prodotto sono state riportate le forme, i processi e i depositi dovuti all'intervento antropico. Queste ultime, come si evince in legenda, sono prevalentemente ascrivibili sia alle attività di lavorazione e sistemazione delle superfici per uso agricolo (scarpate e terrazzamenti agrari), sia alle attività estrattive, attive o non.

Sono state inoltre indicate alcune aree ribassate artificialmente, in parte ancora evidenti e talora successivamente colmate con materiali di riporto, localizzate nella zona di Ombriano; la segnalazione di tali evidenze morfologiche, che rappresentano una testimonianza della più recente evoluzione ambientale, risulta significativa in quanto le modificazioni introdotte definiscono condizioni di particolare attenzione relativamente alle proprietà geomeccaniche dei terreni.

Al di là degli elementi morfostrutturali descritti, quali la valle del Serio ed il Moso di Crema, l'intero territorio comunale è costituito da un lembo della vasta pianura alluvionale a morfologia piuttosto uniforme entro la quale si riconosce esclusivamente l'acclività tipica della pianura padana, con un generale andamento delle pendenze da nord-ovest verso sud-est. Detta peculiarità è stata evidenziata attraverso la costruzione delle curve isoipse per le quali si è adottato un valore dell'equidistanza pari a 0,50 m. Per la costruzione delle isoipse si è proceduti con la metodologia classica dell'interpolazione dei punti quotati; il grado di precisione del metodo è stato implementato dalla notevolissima mole di punti quotati, anche se, prima di procedere all'interpolazione, si è reso necessario escludere tutti quelli esclusivamente funzionali alla rappresentazione cartografica di base e quindi non rappresentativi della morfologia. Si precisa a tale scopo che, nella costruzione dell'elaborato topografico di base utilizzato, la pur alta densità di dati presente (punti quotati), non essendo strettamente funzionale ad una rappresentazione fisica del territorio, non ha consentito una precisa ricostruzione morfologica dei diversi gradienti altimetrici. Si è pertanto dovuto ricorrere alla segnalazione delle evidenze morfologiche attraverso opportune indicazioni grafiche ricavate dalla fotointerpretazione stereoscopica, in particolare dove le isoipse possono risultare di dubbia lettura. Nella indicazione delle scarpate morfologiche è stata opportunamente differenziata l'entità dei dislivelli attraverso diverso simbolismo, indicando anche l'origine, naturale, artificiale o incerta, delle strutture.

Per quanto riguarda l'assetto del territorio, i risultati dell'analisi che emergono dall'andamento delle curve isoipse sono di estremo dettaglio: si è preferito infatti omettere la pur possibile fase di rettifica delle curve allo specifico scopo di evidenziare come l'assetto morfologico attuale sia il risultato di successivi interventi antropici sovrapposti alle originarie forme naturali. Tale risultato è stato ottenuto anche in virtù della scelta dell'equidistanza (0,50 m.); il grado di dettaglio raggiunto ha consentito di evidenziare le sistemazioni superficiali che si sovrappongono all'originaria morfologia.

I generali andamenti planoaltimetrici del territorio studiato lo collocano tra le quote assolute di m. 81 e m. 65 s.l.m..

Nell'ambito del Piano Generale Terrazzato (P.G.T.), le quote più elevate si rilevano nell'intero settore settentrionale: queste decrescono progressivamente procedendo verso sud fino a raggiungere valori di 73÷74 m.. In tale ambito, la zona del Moso rappresenta una depressione relativa avente quota media pari a 75÷76 m., mentre il nucleo storico della città di Crema risulta rilevato, raggiungendo quote assolute pari a 78 m.

Le quote delle depressioni vallive del Serio, attiva e morta, sono comprese fra i 79 m. del settore settentrionale ed i 65 m. delle porzioni meridionali.

Nell'ambito delle generali cadenti topografiche rilevabili nei settori citati, il Piano Generale Terrazzato rappresenta l'antica superficie della pianura entro la quale la valle fluviale si è imposta in epoca successiva, raggiungendo un assetto a maggiore pendenza legato a cause molto probabilmente ascrivibili ad un diverso e più depresso livello di base. Tale situazione è confermata dal progressivo aumento del dislivello tra le due superfici rilevabile in corrispondenza delle scarpate.

2.3 PRINCIPALI ASPETTI GEOLOGICI

I lineamenti morfologici del territorio comunale descritti nel precedente paragrafo coincidono in quest'area anche con la suddivisione delle principali formazioni geologiche rilevabili entro la stessa. L'intero territorio comunale è infatti compreso nel vasto ambito del piano generale terrazzato di riferimento della Pianura Padana, costituito dai depositi alluvionali pleistocenici di origine fluviale e fluvio-glaciale, posteriori alla glaciazione würmiana. Tali depositi risultano successivamente erosi in corrispondenza della valle del Serio ad opera del corso d'acqua che, attraverso fasi erosive e deposizionali, ha costituito i depositi alluvionali più recenti, olocenici, ed i relativi ripiani terrazzati che definiscono nel loro complesso l'incisione valliva a "cassetta" del corso d'acqua.

Entro queste ultime alluvioni il fiume sviluppa il proprio corso, più o meno liberamente con andamento tipicamente meandriforme.

Le formazioni geologiche rilevabili nell'area sono pertanto le seguenti:

fg^{wr} Depositi alluvionali fluviali e fluvio-glaciali, sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, corrispondenti al livello fondamentale della pianura; si tratta di materiali per lo più freschi e privi di alterazione, costituenti l'ultimo strato di colmamento della pianura contemporaneo o posteriore all'evento glaciale würmiano, di spessore variabile, ma generalmente crescente dalle cerchie moreniche poste a nord verso la bassa pianura. Lo strato di alterazione superficiale presenta spessori modesti, quasi mai superiori al metro. Sono presenti entro la totalità del territorio comunale ad esclusione della fascia alluvionale del corso d'acqua corrispondente alla valle del Serio (Pleistocene Superiore).

a¹ Depositi alluvionali sabbiosi e ghiaiosi che definiscono il sistema dei terrazzi immediatamente sottostante il livello fondamentale della pianura; la quasi totale assenza dello strato di alterazione pedogenetica superficiale le distingue dai depositi fluvio-glaciali würmiani. Nell'ambito in esame sono presenti esclusivamente entro un lembo di terrazzo in sponda sinistra del Serio, nella zona nord-orientale del territorio comunale (Olocene inferiore).

a² Depositi alluvionali sabbiosi, ghiaiosi e secondariamente limosi caratteristici delle valli fluviali; questi depositi hanno subito un continuo rimaneggiamento da parte delle correnti fluviali e presentano quindi spesso una struttura costituita da lenti interdigitate, rappresentata al loro interno da litotipi a granulometria omogenea. Non è infrequente la presenza accessoria di materiali fini (limoso-argillosi o torbosi) in corrispondenza dei meandri abbandonati, successivamente colmati. Costituiscono, entro l'ambito in esame, gli ampi ripiani di base della valle del Serio, ove definiscono la fonte di approvvigionamento di sabbie e ghiaie per le cave attive, fornendo materiali inerti di buona qualità, particolarmente idonei alla produzione di calcestruzzi.

Gli aspetti litologici della coltre più superficiale delle formazioni dianzi descritte sono stati oggetto di particolare attenzione e verranno più dettagliatamente descritti nello specifico elaborato cartografico.

Bibliografia:

COMIZZOLI G., GELATI R., PASSERI L.D. – “*Carta geologica d’Italia – Foglio n° 46 “Treviglio” alla scala 1:100.000*”.

COMIZZOLI G., GELATI R., PASSERI L.D. (1969) – “*Note illustrative alla Carta geologica d’Italia alla scala 1:100.000 – Foglio 45 “Milano” e Foglio 46 “Treviglio”*” – Poligrafica e Cartevalori – Ercolano (NA).

DESIO A. (1973) – “*Geologia d’Italia*” – UTET – TORINO.

IPPOLITO F. (1978) – “*Saggi di geologia e geologia economica*” – Liguori Editore.

PELOSO G.F., PESCE M. (1981) – “*Studio idrogeologico della porzione sud-est del Foglio 46 “Treviglio” e quella sud-ovest del Foglio 47 “Brescia”*” – Estr. Atti Ist. Geol. Università di Pavia, Pavia Vol. XXX.

RICCI LUCCHI F. (1978) – “*Sedimentologia – Parte III – Ambienti Sedimentari e facies*” – Clueb.

3. CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE (TAV. 2A / 2B – SCALA 1: 5.000)

3.1 PREMESSA

L'elaborato a cui si fa riferimento in questo capitolo riassume graficamente i dati relativi all'estensione ed alla natura litologica delle principali litozone subsuperficiali estese ad occupare l'intero territorio comunale. I passaggi eteropici tra una litozona e quella adiacente sono marcati da limiti a tratto continuo o discontinuo in relazione al loro grado di determinazione (certo o incerto): la presenza ed estensione di detti limiti individua di conseguenza l'ambito occupato da ogni singola litozona. All'individuazione di detti limiti si è pervenuti anche attraverso il lavoro preliminare di fotointerpretazione.

La caratterizzazione litologica degli orizzonti subsuperficiali è stata realizzata utilizzando in una prima fase sia i dati emersi da indagini geognostiche precedenti sia quelli emersi da indagini appositamente eseguite per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni, considerandone in questi casi esclusivamente la porzione superficiale, oggetto della presente indagine tematica. In una seconda fase, a completamento dei dati relativi alle litologie di superficie, desunti dalle indagini volte alla caratterizzazione geomeccanica dei terreni, al fine di garantire una adeguata copertura delle aree di indagine, sono state effettuate prove dirette eseguite in campagna mediante l'uso di trivella manuale, che ha consentito l'osservazione e l'analisi speditiva dei litotipi compresi tra il piano campagna e la profondità di 1,5 m., così da comprendere sia l'orizzonte pedogenetico di superficie che i litotipi di base costituenti la roccia madre.

La metodologia di rilevazione dei dati adottata, ed in particolare la dislocazione dei punti di rilievo e controllo, si è basata su criterio discrezionale in relazione alle discrete conoscenze personali già in possesso sulle aree di indagine.

La caratterizzazione litologica diretta di campagna è stata eseguita sui materiali a granulometria fine (sabbie, limi e argille) seguendo il criterio suggerito dal triangolo della tessitura del terreno semplificato secondo la classificazione internazionale ed utilizzando per i singoli litotipi indicati in carta il criterio della prevalenza. L'attribuzione dei terreni alle diverse classi granulometriche di appartenenza è stata eseguita con metodi speditivi basati sull'osservazione delle superfici dei campioni prelevati, dopo avere eseguito sugli stessi un taglio con filo di acciaio armonico, secondo la metodologia suggerita dal Gruppo di Studio sul Quaternario Padano.

Per comodità di lettura, i dati emersi sono stati indicati in carta mediante colonne stratigrafiche puntualmente ubicate, dalle quali emergono le singole situazioni stratigrafiche oltre

all'attribuzione granulometrica delle singole porzioni, per ciascuna delle quali sono state aggiunte le sigle esplicative come da legenda espressa in carta.

Utilizzando quindi i dati puntuali rilevati, è stata costruita, seguendo il medesimo criterio di prevalenza, la relativa carta tematica della litologia di superficie, nella quale le diverse tonalità cromatiche definiscono le litozone attraverso la loro prevalenza granulometrica.

Non si può escludere, in relazione alla scala adottata, la presenza locale di situazioni difformi da quelle indicate esclusivamente con il criterio della prevalenza.

Si è ritenuto di riassumere nell'elaborato cartografico tre prevalenti diverse litozone, che vengono qui di seguito descritte.

3.2 TERRENI PREVALENTEMENTE SABBIOSO-GHIAIOSI E/O GHIAIOSI

Definiscono fondamentalmente i materiali alluvionali di più recente deposizione costituenti la valle attiva del Serio ed estesi all'area di pertinenza della valle del Serio Morto, presente nella zona sud-orientale limitrofa alla suddetta valle attiva. Sono costituiti da ghiaie grossolane, poligeniche, talora presenti in matrice sabbiosa in percentuali variabili; non è infrequente rilevare la presenza di banchi sabbiosi intercalati sotto forma di lenti di spessore quasi mai superiore al metro. I depositi costituiti da materiali freschi e privi di alterazione pedogenetica sono talora sottoposti ad una coltre superficiale sabbiosa e sabbioso-limoso a debole contenuto organico, specialmente nelle aree meno prossime al corso d'acqua, dove viene praticata stabilmente l'attività agricola fin da epoche storiche.

La accentuata permeabilità di questi litotipi, nonostante la presenza in superficie di termini granulometricamente meno grossolani, garantisce un ottimo drenaggio e, quindi, l'assenza di qualsiasi tipo di ristagno delle acque di precipitazione.

3.3 TERRENI PREVALENTEMENTE SABBIOSI, SABBIOSO-LIMOSI E/O LIMOSO-SABBIOSI

Si rilevano in linea di massima entro la maggior parte del territorio comunale; la loro presenza coincide con i termini più superficiali della formazione geologica attribuita al livello fondamentale della pianura alluvionale würmiana.

Questi terreni sono infatti presenti entro le fasce marginali alla valle alluvionale del Serio, sia in sponda destra che in sponda sinistra: essi occupano, in corrispondenza della prima, tutto il

territorio sud-occidentale dell'ambito comunale, comprendente anche la maggior parte del nucleo storico e di quello di più recente formazione del capoluogo, e, in corrispondenza della seconda, la quasi totalità della porzione orientale del territorio. Sono costituiti in larga prevalenza da sabbie ad ampio spettro granulometrico, contenenti una frazione limosa in percentuale molto variabile, solo talora prevalente.

Lo strato superficiale, generalmente a modesta componente organica, non è quasi mai fortemente caratterizzato, nè per quanto riguarda lo stato di alterazione, piuttosto modesto, nè per quanto concerne la potenza, pari a non più di qualche decimetro; la colorazione appare debolmente brunastra e talora tendente al bruno-nocciola. Anche in questo caso, come nella litozona precedente, il discreto grado di permeabilità assicura, nella quasi totalità dell'area, un efficace drenaggio e la quasi totale assenza di ristagni in superficie anche in periodi di accentuata piovosità. Ove non soggette ad opere di urbanizzazione entro questa zona vengono ovunque praticate efficacemente le coltivazioni agricole.

3.4 TERRENI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI E/O ARGILLOSO-LIMOSI

Si rilevano all'interno della vasta zona nord-occidentale del territorio comunale, coincidente con la depressione dei Mosi di Crema; si tratta di argille e argille limose, talora organiche, con colorazione da grigio chiara a bruna fino al nerastro, spesso intercalate, nella fascia prossima al confine meridionale, da depositi torbosi di chiara origine palustre. Per quanto riguarda gli spessori, si sono rilevati valori minimi pari a circa 1 m. e si possono indicare, specialmente nella parte meridionale dell'area, presenze anche superiori ai 2 m. Laddove ispezionate direttamente attraverso i sondaggi manuali, si è talora registrato che al di sotto dello strato argilloso, ove di potenza ridotta, è presente sabbia sciolta e/o ghiaietto fine. Risulta evidente, come già in precedenza espresso, l'origine palustre di tali materiali, dovuta alla sedimentazione in acque prive di energia, laddove per un lasso di tempo anche prolungato si è insediata una vegetazione igrofila, che ha prodotto l'abbondante frazione organica. L'area si presenta attualmente drenata artificialmente, in seguito a bonifica idraulica. Nonostante la presenza delle opere di bonifica, non si possono escludere periodici ristagni superficiali delle acque, in quanto lo strato di materiali di superficie presenta una scarsa o nulla capacità di drenaggio. Lo strato di alterazione superficiale appare generalmente poco sviluppato, polverulento in condizioni di scarsa umidità o molto molle in concomitanza con i periodi a più forte precipitazione, a causa anche dell'abbondante frazione organica.

Tutt'altra origine presentano i litotipi argilloso-limosi individuati all'estremità nord-orientale del territorio comunale, in sponda sinistra del Serio; in questo caso, la coltre argilloso-limosa di superficie rappresenta con tutta probabilità la parte sommitale dei depositi alluvionali würmiani, che hanno subito un più marcato grado di alterazione oppure può rappresentare il risultato dell'accumulo di materiali fini entro le pur blande depressioni del Piano Generale Terrazzato.

Bibliografia:

CASALICCHIO G., VIANELLO G. (1979) – “*Elementi di geopedologia*” – Clueb – Bologna.

GRUPPO DI STUDIO DEL QUATERNARIO PADANO – QUADERNO N° 3 (1976) – “*Determinazione speditiva delle granulometrie di rocce sciolte*” – a cura di Gasperi G. e Gelmini R., Litografia Massanza e Sinchetto – Torino.

4. CARTA PEDOLOGICA (TAV. 3A / 3B – SCALA 1: 5.000)

4.1 PREMESSA

La conoscenza dei caratteri pedologici delle aree di pianura a preminente vocazione agricola assume particolare rilevanza nell'ambito di una pianificazione territoriale a scala sovracomunale che pone tra gli obiettivi principali la valorizzazione dell'ambiente e del paesaggio in armonia con la costante crescita delle attività umane, nel quadro del processo di sviluppo che ha assunto negli ultimi anni un ruolo di assoluta priorità nella programmazione eco-sostenibile mondiale.

Il suolo può essere definito come un corpo complesso la cui genesi ed evoluzione sono il risultato di una serie di fattori, compresi e sintetizzati nel termine “pedogenesi”, che con la loro azione ne determinano la formazione; tra i principali agenti pedogenetici possono essere annoverati il clima, il tipo di substrato, la morfologia, l'attività biologica, l'attività antropica ed il tempo.

Un ruolo di primo piano nello studio dei suoli del territorio regionale è stato svolto dalla Regione Lombardia, in collaborazione con le province lombarde, attraverso le strutture dell'E.R.S.A.L. (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia), ora denominato E.R.S.A.F. (Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste).

Per la descrizione dei suoli e dei pedopaesaggi rilevati sul territorio comunale si è fatto riferimento, come consigliato dalle direttive di attuazione della L.R. 12/2005, alla documentazione prodotta dagli Enti citati nell'ambito del “Progetto Carta Pedologica”, iniziato intorno alla metà degli anni '80 ed esteso alle zone di pianura e pedecollinari del territorio regionale.

In particolare, nel presente studio si è fatto riferimento alla classificazione pedologica presentata nel CD-ROM “Base Informativa Suoli – Carta Pedologica – Territorio della Provincia di Cremona”, edito a scala di semidettaglio (scala 1: 50.000) nell'ottobre 2003, integrata utilizzando dati desunti da precedenti studi di maggiore dettaglio (ERSAL – “Progetto Carta Pedologica: i suoli della Pianura Cremasca”; scala 1: 37.500) e dalla banca dati del Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) regionale

4.2 DESCRIZIONE DELLE UNITÀ CARTOGRAFICHE

I pedopaesaggi della pianura lombarda si suddividono in Sistemi, Sottosistemi ed Unità di Paesaggio, a loro volta distinte in “Unità Cartografiche” (U.C.), superfici omogenee per geomorfologia, fisiografia, litologia e condizioni interne del suolo; nella cartografia pedologica prodotta, frutto di tre distinte fasi di lavoro (rilievo di campagna, analisi di laboratorio, fotointerpretazione), il territorio comunale è stato suddiviso in numerose Unità Cartografiche.

Nel presente studio, per ogni Unità Cartografica vengono riportati i caratteri fondamentali, sintetizzati in Tav. 3A / 3B, quali i principali caratteri stazionali e pedologici e le interpretazioni da essi derivate; per ogni U. C., inoltre, vengono evidenziate la localizzazione, le indicazioni morfologiche, i caratteri del substrato, la profondità utile, la tessitura, il drenaggio, la capacità protettiva nei confronti delle acque profonde e superficiali, la permeabilità, l'attitudine allo spandimento agronomico di liquami e di fanghi di depurazione urbana, il valore naturalistico e la capacità d'uso del suolo.

Il territorio del Comune di Crema è compreso nell'area denominata "*Pianura Cremasca*", situata nella parte settentrionale della Provincia di Cremona; al suo interno sono state individuate 13 Unità di Paesaggio, riconducibili a 5 sottosistemi e 2 sistemi.

SISTEMA L: piana fluvioglaciale e fluviale costituente il Livello Fondamentale della Pianura formatasi per colmamento alluvionale durante l'ultima glaciazione (Würm).

Sottosistema LG: ampie conoidi ghiaiose a morfologia subpianeggiante o leggermente convessa, costituite da materiali fluvioglaciali grossolani non alterati, comprese fra le superfici rilevate (rilievi montuosi, apparati morenici e terrazzi antichi) e il limite superiore della fascia delle risorgive ("alta pianura ghiaiosa").

U.d.P LG3: superfici ondulate o subpianeggianti di transizione ai principali sistemi fluviali che, rispetto alle attigue superfici modali, sono generalmente costituite da materiali leggermente più grossolani. Si presentano lievemente ribassate e delimitate da orli di terrazzi convergenti o raccordate in lieve pendenza in direzione dei solchi vallivi.

Sottosistema LQ: porzione centrale di pianura con intensi fenomeni di idromorfia, riconducibili all'emergenza delle risorgive e/o alla presenza di una falda sottosuperficiale, caratterizzate da variabile presenza di scheletro nel suolo e di pietrosità in superficie ("media pianura idromorfa").

U.d.P. LQ1: principali depressioni e testate legate ai fontanili, con drenaggio molto lento per la presenza di una falda semi permanente prossima al piano campagna.

U.d.P. LQ2: depressioni e superfici a drenaggio lento, prive di scolo esterno naturale delle acque eccedenti, spesso con presenza di dreni artificiali.

U.d.P. LQ3: superfici subpianeggianti interposte tra le principali linee di flusso e le zone più stabili, a drenaggio mediocre o lento. Comprendono anche le aree di transizione con l'alta pianura ghiaiosa.

U.d.P. LQ4: superfici modali stabili meglio conservate, a morfologia subpianeggiante od ondulata, dotate di drenaggio mediocre o buono.

Sottosistema LF: porzione meridionale di pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e scheletro nel suolo ("bassa pianura sabbiosa").

U.d.P. LF1: dossi isolati al centro della pianura a debole convessità ed ampio raggio di curvatura, spesso dolcemente raccordati con la superficie modale per l'assenza di significative incisioni operate da corsi d'acqua attivi o fossili.

U.d.P. LF2: superficie modale stabile, pianeggiante o leggermente ondulata, intermedia tra le aree più rilevate (dossi) e quelle depresse (conche e paleoalvei).

U.d.P. LF3: depressioni di forma subcircolare a drenaggio mediocre o lento, con problemi di smaltimento esterno delle acque, talora con evidenze di fossi scolanti e baulature dei campi.

U.d.P. LF5: superfici limitrofe ai principali solchi vallivi poco ribassate rispetto alla pianura (LF2), generate da antiche divagazioni di corsi d'acqua, delimitate da orli di terrazzo discontinui o raccordate alla superficie modale, talora dotate di pendenze molto basse.

SISTEMA V: valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolo idrico olocenico.

Sottosistema VT: superfici terrazzate costituite da "alluvioni antiche o medie", delimitate da scarpate d'erosione e variamente rilevate sulle piane (Olocene Antico).

U.d.P. VT1: terrazzi fluviali stabili, delimitati da scarpate erosive evidenti, a morfologia pianeggiante o ondulata, comprendenti antiche linee di drenaggio (paleoalvei) lievemente ribassate e affiancate dall'idromorfia.

U.d.P. VT2: terrazzi fluviali subpianeggianti condizionati da un drenaggio lento, causato dal ristagno e dal deflusso di acque provenienti da superfici più rilevate. Coincidono spesso con paleoalvei, conche e depressioni.

Sottosistema VA: pianie alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti o attuali (Olocene Recente e Attuale).

U.d.P. VA6: superfici adiacenti ai corsi d'acqua e isole fluviali inondabili durante gli eventi di piena ordinaria. Nelle pianie di tracimazione e a meandri coincidono con le "golene aperte"; nelle pianie a canali intrecciati e rettilinei si identificano con gli alvei di piena a vegetazione naturale riparia.

U.d.P. VA8: superfici subpianeggianti corrispondenti alle pianie alluvionali delle valli più incise, comprese tra i terrazzi antichi e le fasce maggiormente inondabili limitrofe ai corsi d'acqua, da cui sono generalmente separate da gradini morfologici. Appartengono ai tratti medio-alti dei fiumi ove dominano patterns intrecciati, rettilinei e sinuosi.

Per ogni Unità di Paesaggio, come riportato nella tabella in Tav. A1/2, sono state prese in considerazione le seguenti caratteristiche principali:

1. Unità di paesaggio di appartenenza;
2. Denominazione secondo la "Soil Taxonomy 1998";
3. Profondità del suolo;
4. Tessitura, ossia la composizione percentuale degli elementi costituenti la terra fine;
5. Drenaggio, ossia la capacità di smaltimento delle acque superficiali;
6. Permeabilità, funzione della granulometria e dei vuoti intergranulari;
7. Capacità protettiva del suolo, rispettivamente nei confronti delle acque profonde e delle acque superficiali, in relazione alla capacità del suolo di opporsi all'infiltrazione in profondità di eventuali sostanze contaminanti idrovelicolate ed allo scorrimento superficiale di acque contenenti sostanze nocive per l'ambiente;

8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana, in base alle caratteristiche interne ed esterne del suolo ed in relazione al rischio di inquinamento per le acque superficiali e profonde;
9. Valore naturalistico del paesaggio;
10. Classi e sottoclassi d'uso, definite in base al numero, al tipo ed alla gravità delle limitazioni fisiche.

UNITÀ CARTOGRAFICA A

1. Unità di paesaggio: VA6;
2. Denominazione: BAC2;
3. Profondità del suolo: suolo sottile o molto sottile;
4. Tessitura: grossolana con scheletro abbondante;
5. Drenaggio: rapido;
6. Permeabilità: moderatamente elevata;
7. Capacità protettiva del suolo: bassa sia nei confronti delle acque superficiali sia in quelli delle acque sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: questi suoli presentano caratteristiche tali da sconsigliare l'uso di reflui non strutturati e rendere delicate le pratiche di fertilizzazione; risulta inoltre sconsigliabile l'utilizzo agronomico di fanghi di depurazione urbana;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 5 w – suoli che pur non mostrando fenomeni di erosione, presentano tuttavia altre limitazioni, legate all'abbondante presenza di acque entro il profilo, difficilmente eliminabili, tali da restringere l'uso al pascolo o alla forestazione o come habitat naturale.

UNITÀ CARTOGRAFICA B

1. Unità di paesaggio: LG3;
2. Denominazione: BCU1;
3. Profondità del suolo: suoli profondi;
4. Tessitura: moderatamente fine;
5. Drenaggio: mediocre;
6. Permeabilità: moderatamente bassa;

7. Capacità protettiva del suolo: media nei confronti delle acque superficiali, elevata nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: su questi suoli lo spandimento agronomico di reflui zootecnici e di fanghi di depurazione urbana può avvenire senza ostacoli, secondo le norme dell'ordinaria buona pratica agricola;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 2 w – suoli che presentano moderate limitazioni, legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo, che richiedono un'opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA C

1. Unità di paesaggio: LF2;
2. Denominazione: CAG1;
3. Profondità del suolo: suoli molto profondi;
4. Tessitura: media in superficie, grossolana in profondità;
5. Drenaggio: buono;
6. Permeabilità: moderata;
7. Capacità protettiva del suolo: elevata nei confronti delle acque superficiali; media nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: su questi suoli lo spandimento di reflui zootecnici può avvenire senza ostacoli, secondo le norme dell'ordinaria buona pratica agricola; lo spandimento di fanghi di depurazione urbana richiede attenzioni specifiche e può presentare problemi di gestione;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 1 – suoli che presentano pochissimi fattori limitanti, quindi utilizzabili per tutte le colture.

UNITÀ CARTOGRAFICA D

1. Unità di paesaggio: LF5;
2. Denominazione: CTT1/SBS1;
3. Profondità del suolo: suoli moderatamente profondi;
4. Tessitura: fortemente contrastante, moderatamente grossolana in superficie e grossolana in profondità con scheletro scarso;
5. Drenaggio: buono (CTT1), buono o moderatamente rapido (SBS1);

6. Permeabilità: elevata (CTT1), moderata (SBS1);
7. Capacità protettiva del suolo: elevata nei confronti delle acque superficiali, bassa (CTT1) e media (SBS1) nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: i suoli CTT1 richiedono attenzioni specifiche nello spandimento sia di reflui zootecnici sia di fanghi di depurazione urbana, e possono presentare ostacoli alla gestione degli spandimenti; i suoli SBS1 richiedono attenzioni specifiche nello spandimento di reflui zootecnici e possono presentare alcuni ostacoli nella gestione degli stessi, mentre le caratteristiche e qualità intrinseche del suolo stesso sono tali da sconsigliare l'uso di fanghi;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 2 s – suoli che presentano moderate limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, che richiedono un'opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative (CTT1); 3 s - suoli che presentano severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative (SBS1).

UNITÀ CARTOGRAFICA E

1. Unità di paesaggio: VT2;
2. Denominazione: FLN1;
3. Profondità del suolo: suoli moderatamente profondi;
4. Tessitura: moderatamente grossolana;
5. Drenaggio: lento;
6. Permeabilità: moderata;
7. Capacità protettiva del suolo: media nei confronti sia delle acque superficiali sia di quelle profonde;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: i suoli di questa U.C. richiedono attenzioni specifiche e possono presentare alcuni ostacoli nella gestione sia dei reflui zootecnici sia dei fanghi di depurazione;
9. Valore naturalistico: medio;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 3 w – suoli che presentano severe limitazioni, legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA F

1. Unità di paesaggio: LQ3;
2. Denominazione: FMA1;
3. Profondità del suolo: suoli sottili o poco profondi;
4. Tessitura: media;
5. Drenaggio: mediocre;
6. Permeabilità: moderata;
7. Capacità protettiva del suolo: media nei confronti sia delle acque superficiali sia di quelle profonde;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: su questi suoli la gestione dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana può avvenire senza particolari ostacoli, secondo le norme dell'ordinaria buona pratica agricola;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 3 s - suoli che presentano severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA G

1. Unità di paesaggio: VA8;
2. Denominazione: FMA2;
3. Profondità del suolo: suoli profondi;
4. Tessitura: media;
5. Drenaggio: buono;
6. Permeabilità: moderata;
7. Capacità protettiva del suolo: media nei confronti sia delle acque superficiali sia di quelle profonde;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: su questi suoli la gestione dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana può avvenire senza particolari ostacoli, secondo le norme dell'ordinaria buona pratica agricola;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 3 s - suoli che presentano severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA H

1. Unità di paesaggio: LF2;
2. Denominazione: GNR1;
3. Profondità del suolo: suoli profondi su orizzonti a tessitura fortemente contrastante;
4. Tessitura: media;
5. Drenaggio: buono;
6. Permeabilità: moderata;
7. Capacità protettiva del suolo: elevata nei confronti delle acque superficiali, media nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: su questi suoli la gestione dei reflui zootecnici può avvenire senza particolari ostacoli, secondo le norme dell'ordinaria buona pratica agricola; questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare alcuni ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 2 s – suoli che presentano moderate limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo stesso, che richiedono un'opportuna scelta del colture e/o moderate pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA I

1. Unità di paesaggio: LQ4;
2. Denominazione: ISG1;
3. Profondità del suolo: suoli moderatamente o poco profondi;
4. Tessitura: media, grossolana in profondità con scheletro comune;
5. Drenaggio: lento;
6. Permeabilità: moderatamente bassa;
7. Capacità protettiva del suolo: bassa nei confronti delle acque superficiali, media nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare alcuni ostacoli sia nella gestione dei reflui zootecnici che in quella dei fanghi di depurazione urbana;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 3 w - suoli che presentano severe limitazioni, legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA L

1. Unità di paesaggio: LF1;
2. Denominazione: LRS1/PSG2;
3. Profondità del suolo: suoli molto profondi;
4. Tessitura: grossolana;
5. Drenaggio: moderatamente rapido (LRS1), rapido (PSG2);
6. Permeabilità: elevata (LRS1), moderatamente elevata (PSG2);
7. Capacità protettiva del suolo: elevata nei confronti delle acque superficiali, bassa nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei reflui zootecnici; le caratteristiche e le qualità dei suoli sconsigliano l'uso di fanghi di depurazione;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 3 s - suoli che presentano severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo stesso, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA M

1. Unità di paesaggio: VT1;
2. Denominazione: MLO2;
3. Profondità del suolo: molto profondi;
4. Tessitura: media con scheletro assente o scarso;
5. Drenaggio: mediocre;
6. Permeabilità: moderatamente bassa;
7. Capacità protettiva del suolo: media sia nei confronti delle acque superficiali che in quelli delle acque sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare alcuni ostacoli sia nella gestione dei reflui zootecnici che in quella dei fanghi di depurazione;
9. Valore naturalistico: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 2 w - suoli che presentano moderate limitazioni, legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo, che richiedono un'opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA N

1. Unità di paesaggio: LF3;
2. Denominazione: PGO2/ANL2;
3. Profondità del suolo: suoli molto profondi;
4. Tessitura: media (PGO2), media o moderatamente fine (ANL2);
5. Drenaggio: mediocre (PGO2), buono (ANL2);
6. Permeabilità: moderata;
7. Capacità protettiva del suolo: elevata (PGO2) o media (ANL2) nei confronti delle acque superficiali, media nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: su tali suoli la gestione dei reflui zootecnici può generalmente avvenire senza particolari ostacoli, secondo le norme della buona pratica agricola; questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione;
9. Valore naturalistico: B;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 2 w - suoli che presentano moderate limitazioni, legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo, che richiedono un'opportuna scelta del colture e/o moderate pratiche conservative (PGO2); 1 - suoli che presentano pochissimi fattori limitanti, quindi utilizzabili per tutte le colture (ANL2).

UNITÀ CARTOGRAFICA O

1. Unità di paesaggio: LF2;
2. Denominazione: PSG1;
3. Profondità del suolo: molto profondi;
4. Tessitura: media in superficie, grossolana in profondità;
5. Drenaggio: buono;
6. Permeabilità: moderata;
7. Capacità protettiva del suolo: elevata nei confronti delle acque superficiali, media nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare alcuni ostacoli nella gestione dei reflui zootecnici; questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione;
9. Valore naturalistico: B;

10. Classi e sottoclassi d'uso: 1 - suoli che presentano pochissimi fattori limitanti, quindi utilizzabili per tutte le colture.

UNITÀ CARTOGRAFICA P

1. Unità di paesaggio: LQ1;
2. Denominazione: PTD1/RSE1;
3. Profondità del suolo: suoli sottili o poco profondi (PTD1), poco profondi (RSE1);
4. Tessitura: moderatamente fine e scheletro da assente a scarso (PTD1), media e scheletro comune o frequente nei primi 60 cm, abbondante o molto abbondante nel substrato (RSE1);
5. Drenaggio: lento;
6. Permeabilità: bassa (PTD1), moderata (RSE1);
7. Capacità protettiva del suolo: bassa (PTD1) o media (RSE1) nei confronti delle acque superficiali; media (PTD1) o bassa (RSE1) nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: i suoli PTD1 presentano caratteristiche tali da sconsigliare l'uso di reflui zootecnici e fanghi di depurazione e tali, comunque, da rendere di norma delicate le pratiche di fertilizzazione; i suoli RSE1 richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione sia dei reflui zootecnici, sia dei fanghi di depurazione;
9. Valore naturalistico: medio;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 3 ws - suoli che presentano severe limitazioni, legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo e a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA Q

1. Unità di paesaggio: LQ2;
2. Denominazione: PTD2;
3. Profondità del suolo: suoli moderatamente o poco profondi;
4. Tessitura: moderatamente fine;
5. Drenaggio: lento;
6. Permeabilità: bassa;
7. Capacità protettiva del suolo: bassa nei confronti delle acque superficiali, media nei confronti di quelle sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei liquami

zootecnici; possono inoltre presentare alcuni ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione;

9. Valore naturalistico: medio;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 3 w - suoli che presentano severe limitazioni, legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA R

1. Unità di paesaggio: LQ2;
2. Denominazione: RSE2;
3. Profondità del suolo: da sottili a poco profondi;
4. Tessitura: media in superficie e grossolana in profondità;
5. Drenaggio: lento;
6. Permeabilità: moderatamente bassa;
7. Capacità protettiva del suolo: bassa sia nei confronti delle acque superficiali che in quelli delle acque sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: questi suoli presentano caratteristiche tali da sconsigliare sia l'uso di reflui zootecnici che di fanghi di depurazione, e tali comunque da rendere di norma delicate le pratiche di fertilizzazione;
9. Valore naturalistico: medio;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 3 ws - suoli che presentano severe limitazioni, legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo e a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative.

UNITÀ CARTOGRAFICA S

1. Unità di paesaggio: VT1;
2. Denominazione: SBS2/CLZ1;
3. Profondità del suolo: suoli poco profondi (SBS2) o moderatamente profondi (CLZ1);
4. Tessitura: moderatamente fine in superficie e grossolana in profondità (SBS2), moderatamente grossolana (CLZ1);
5. Drenaggio: buono;
6. Permeabilità: moderata (SBS2), moderatamente elevata (CLZ1);

7. Capacità protettiva del suolo: media sia nei confronti delle acque superficiali che di quelle sotterranee (SBS2); elevata nei confronti di quelle superficiali, bassa nei confronti di quelle sotterranee (CLZ1);
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: entrambi i suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare alcuni ostacoli nella gestione dei reflui zootecnici; i suoli SBS2 richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione, mentre i suoli CLZ1 presentano caratteristiche tali da sconsigliare l'uso di fanghi di depurazione;
9. Valore ambientale: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 2 s – suoli che presentano moderate limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo stesso, che richiedono un'opportuna scelta del colture e/o moderate pratiche conservative (SBS2); 3 s - suoli che presentano severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative (CLZ1).

UNITÀ CARTOGRAFICA T

1. Unità di paesaggio: VA8;
2. Denominazione: TRE2;
3. Profondità del suolo: suoli moderatamente profondi;
4. Tessitura: media in superficie, grossolana in profondità;
5. Drenaggio: buono;
6. Permeabilità: moderata;
7. Capacità protettiva del suolo: media sia nei confronti delle acque superficiali sia in quelli delle acque sotterranee;
8. Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione urbana: questi suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei reflui zootecnici; possono inoltre presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione;
9. Valore ambientale: basso;
10. Classi e sottoclassi d'uso: 2 s - suoli che presentano moderate limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo stesso, che richiedono un'opportuna scelta del colture e/o moderate pratiche conservative.

Bibliografia:

ERSAL (1997) – “*Progetto Carta Pedologica: paesaggi e suoli della provincia di Cremona*” – Provincia di Cremona.

ERSAL (2002) – “*Progetto Carta Pedologica: i suoli della Pianura Cremasca*” – Provincia di Cremona – Regione Lombardia.

ERSAF (2003) – CD ROM “*Base Informativa Suoli – Carta Pedologica – Territorio della Provincia di Cremona*” – Regione Lombardia.

ERSAF (2004) – “*Progetto Carta Pedologica: suoli e paesaggi della provincia di Cremona*” – Regione Lombardia.

REGIONE LOMBARDIA – “*Sistema Informativo Territoriale*” – Portale dell’Informazione Territoriale.

5. CARTA IDROGEOLOGICA CON ELEMENTI IDROGRAFICI

(TAV. 4A / 4B – SCALA 1: 5.000)

5.1 PREMESSA

Nella redazione dello studio, di cui alla Tav. n° 4 (A e B), si è ritenuto di evidenziare sul medesimo elaborato cartografico di base sia gli aspetti concernenti l'idrografia di superficie che quelli relativi all'idrogeologia.

Preliminarmente alle indagini di campagna ed alle rielaborazioni originali, si è svolta una accurata ricerca bibliografica, le cui principali fonti vengono indicate in calce al presente capitolo; ciò in particolare sia per quanto riguarda l'analisi dei principali elementi che identificano l'idrografia di superficie che per quanto riguarda i dati relativi alle stratigrafie dei pozzi pubblici: a questo proposito, si precisa che nel reperimento di dati stratigrafici certi non si è potuto far conto, tranne che in casi sporadici, di elementi derivanti da pozzi privati, in quanto questi, sebbene numerosi, non sono corredati da dati analitici a causa delle metodologie generalmente utilizzate per la perforazione. Tali mancanze, fra le quali anche l'individuazione cartografica, non hanno consentito l'indicazione di tali pozzi nella allegata cartografia; anche se ciò fosse stato possibile, tuttavia, si sarebbe trattato di una mera localizzazione priva di alcun significato idrogeologico.

Sono stati pertanto presi in considerazione, per le analisi stratigrafiche e le relative sezioni idrogeologiche, i dati quasi esclusivamente provenienti da pozzi pubblici, sia localizzati entro i confini comunali che esterni ad essi.

La situazione relativa all'analisi morfometrica del fiume Serio è stata estesa, per quanto concerne gli elementi principali, all'intera asta fluviale; ciò in relazione alla stretta dipendenza fra i fenomeni locali e le condizioni rilevabili nel tratto a monte.

Per quanto concerne le strutture idrogeologiche, queste sono state descritte attraverso due sezioni con valenza sia litostratigrafica che idrogeologica tracciate la prima (A-A') con direzione N-S e la seconda (B-B') con direzione O-E; le situazioni che emergono da dette sezioni possono essere ritenute attendibili, in quanto le stratigrafie utilizzate per le interpolazioni, derivando quasi esclusivamente da pozzi terebrati per scopi pubblici, risultano sufficientemente dettagliate e precise.

In relazione al particolare scopo del presente lavoro, si è ritenuto opportuno eseguire un'indagine di dettaglio sugli andamenti e consistenza della falda freatica in relazione all'interferenza che questa può presentare con le opere di fondazione delle infrastrutture e con gli scavi da eseguirsi per la loro realizzazione.

5.2 MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DELLA RETE PIEZOMETRICA

Per la realizzazione della carta delle isofreatiche, ci si è esclusivamente basati sull'acquisizione dei dati di soggiacenza della falda freatica sistematicamente rilevati in corrispondenza di opportuni punti di misura del livello freatico. Questi ultimi coincidono sia con pozzi privati poco profondi, aventi come unica fonte di approvvigionamento la falda freatica, sia con terebrazioni appositamente attrezzate per gli scopi prefissati, realizzate nell'ambito del presente studio in aree ove la scarsità o la totale mancanza di dati avrebbe portato inevitabilmente ad un risultato scarsamente rappresentativo. Si precisa che la ricerca di pozzi, privati e non, dotati delle necessarie caratteristiche (esclusivo attingimento dal primo acquifero, testata del pozzo libera da flange o comunque in grado di consentire agevolmente le operazioni di lettura), anche se estesa all'intero ambito comunale, ha fatto rilevare fin dall'inizio l'estrema scarsità dei possibili punti di acquisizione aventi le caratteristiche prescritte: ciò è attribuibile in parte alla pressochè costante necessità di attingere cospicue quantità d'acqua, che indirizza necessariamente verso l'esecuzione di pozzi profondi e con colonne filtranti multifalda, in parte alle tipologie costruttive, che prevedono apparati di emungimento esterni anche per pozzi superficiali, tali da non consentire libero accesso alla bocca del pozzo.

Pozzi privati o pubblici, attivi o dismessi, o altri punti di acquisizione dei dati in grado di rispondere alle richieste sopra espresse sono stati rilevati: nell'abitato di S. Stefano, presso la scuola comunale, nel cimitero di S. Maria, in prossimità dell'abitazione del sig. Fiorentini sita in Via Donati, in corrispondenza della cascina Boscarina attigua al lago di cava, sempre in Via Donati, in corrispondenza di una cisterna di proprietà comunale in sponda destra del Serio, nell'area di pertinenza della villa privata di proprietà dei sigg. Ravani posta in Via Allende, nel Cimitero di S. Bartolomeo dei Morti, nell'area adibita ad attività flori-vivaistica posta in fregio alla Via Visconti, entro le strutture di proprietà della ditta "Idraulica Padana" situata in località Ombriano, in Via Lodi e, infine, entro l'area adibita ad attività flori-vivaistica di proprietà della Ditta "Garden Smeraldo", posta in comune di Bagnolo Cremasco, e quindi oltre i confini del territorio in studio.

Anche se di caratteristiche costruttive differenti, i punti di acquisizione dei dati sopra citati hanno consentito il rilievo continuo e sistematico della soggiacenza della falda superficiale.

Constatata la scarsità di punti di rilievo idonei e la loro disomogenea distribuzione sul territorio, si è proceduti alla realizzazione, nell'ambito delle risorse disponibili, di ulteriori punti di rilievo freaticometrico opportunamente localizzati entro le zone "scoperte" emerse dalla prima fase di ricerca. Questi ultimi consistono in perforazioni effettuate a carotaggio continuo, spinte per qualche metro al di sotto del livello statico della falda, in considerazione delle possibili

oscillazioni stagionali della stessa, e ultimate con la posa di tubazioni in P.V.C. opportunamente fessurate in corrispondenza del livello freatico.

Questa tipologia di piezometro, definita a "tubo aperto", è stata adottata nelle seguenti località: cascina Bosco, area di pertinenza comunale in fregio alla Via Braguti, area di pertinenza del mercato coperto di Via G. Verdi, area di pertinenza privata posta in Via E. Martini ed adiacente alla linea ferroviaria, area relativa ai magazzini comunali di S. Agostino, area di pertinenza privata in località Sabbioni di Ombriano, accessibile da Via Cappuccini.

La rete di piezometri risulta quindi costituita complessivamente da n° 18 punti di rilievo, la cui distribuzione sul territorio è sufficientemente omogenea e tale da definire un quadro rappresentativo della soggiacenza della falda freatica; fa eccezione l'estrema porzione orientale del Comune, dove la prevalente presenza di attività agricole e la scarsa urbanizzazione hanno fatto ritenere meno significativa per gli scopi del lavoro, anche in considerazione delle risorse disponibili, l'acquisizione di dati in questa zona. Risulta comunque indagata la maggior parte delle aree urbanizzate poste in sponda sinistra del Serio.

5.3 METODOLOGIE DI RILEVAMENTO ED ANALISI DEI DATI

Nel periodo compreso fra il mese di agosto 1996 e quello di luglio 1997, sono state eseguite, utilizzando la rete piezometrica di cui sopra, n° 5 rilevamenti i cui risultati vengono forniti nei diagrammi allegati (All. B-1).

Nei diagrammi sono state indicate le coordinate di ciascun piezometro (riferite alla rappresentazione conforme di Gauss-Boaga) e la quota assoluta del piano campagna; sono state quindi riportate la soggiacenza e la quota assoluta della superficie della falda freatica rilevata.

Quanto eseguito consente di valutare l'escursione del livello freatico nel corso di un intero anno idrologico. I risultati dell'analisi espressi attraverso la rappresentazione delle curve isofreatiche sono stati computati ricorrendo talora ad un criterio soggettivo, in quanto gli andamenti evidenziati nel corso dell'anno idrologico in corrispondenza di ciascuno dei piezometri considerati non risultano uniformi; pertanto, anche se il periodo indicato per la realizzazione delle curve (ottobre 1996) è quello in corrispondenza del quale sono stati rilevati i valori di soggiacenza più attendibili, non si può escludere che l'analisi puntuale possa fare emergere alcune discrepanze. Si ritiene che quanto espresso nell'elaborato cartografico possa essere sufficientemente attendibile ai fini di una valutazione generale e che comunque la necessità di pervenire a indicazioni puntuali non esclude la possibilità di utilizzare i dati forniti per porzioni più ristrette di territorio. Ciò in particolare in quanto si è rilevato che gli andamenti dell'escursione del livello freatico presentano controtendenze sia tra gli andamenti relativi alle

aree poste in destra o sinistra del fiume Serio, che tra quelli delle aree settentrionali e meridionali del territorio. Tali disuniformità possono essere attribuite a fattori di origine naturale o antropica, in quanto per i primi giocano un ruolo fondamentale i diversi valori di trasmissività dei terreni alluvionali, per i secondi assumono particolare rilevanza le ricariche artificiali imputabili alla diffusa presenza dei corsi d'acqua con funzione irrigua.

Nell'ambito delle considerazioni sopra espresse, si può indicare che i valori dell'escursione massima rilevata nel corso dell'anno idrologico oscillano tra un minimo di un decimetro fino ad un massimo di 1,40 m.

Utilizzando i dati relativi al mese di ottobre 1996, integrati da misure più recenti necessarie per la taratura del modello di interpolazione adottato, si è proceduto nel lavoro attraverso la costruzione delle curve isofreatiche con equidistanza $e = 1,00$ m., che vengono riprodotte in Tav. 4A /4B. Dette curve forniscono un quadro esauriente dell'assetto complessivo della superficie freatica nella maggior parte del territorio comunale; sulla base del loro sviluppo, si sono rilevate le direzioni di flusso, così come indicate in cartografia. Le considerazioni salienti che se ne possono ricavare sono riassumibili come segue:

- Si rileva la vistosa azione drenante della valle del Serio; essa condiziona l'andamento delle isofreatiche nelle aree poste sia in sponda destra che in sponda sinistra; tale effetto si rileva nell'intero ambito del territorio comunale considerato, anche se appare più evidente nelle fasce prospicienti le scarpate morfologiche laterali alla valle fluviale.
- L'indicazione delle direzioni di flusso manifesta quanto sopra espresso attraverso la chiara rotazione delle direzioni NO-SE verso quella più decisamente orientale, in sponda destra, ove si rileva, in corrispondenza del centro storico, che l'andamento dei flussi idrici è più chiaramente diretto verso i quadranti orientali; alcune anomalie sono rilevabili in corrispondenza di alcuni dei corsi d'acqua superficiali, quali ad esempio la Roggia Rino ed il Colatorie Cresmiero.

Per quanto concerne i territori indagati in sponda sinistra, si rileva che agli andamenti generalmente impostati lungo la direzione da NE verso SO, si sovrappongono, procedendo verso sud, anomale variazioni di flusso imputabili sia alla presenza dell'antica valle del Serio Morto che alla probabile azione di disturbo dovuta al lago di cava di Cascina Ca' Vecchia.

- Ulteriori osservazioni all'assetto idrogeologico della falda superficiale possono essere suggerite dall'evidente variazione nella frequenza delle curve isofreatiche, con relativo aumento della cadente idraulica, in corrispondenza del centro abitato di Crema (quindi in

sponda destra del Serio): il fenomeno può essere ricondotto tanto alla presenza della scarpata morfologica, che qui manifesta un più evidente rigetto verticale, che ad un maggiore effetto di "richiamo" dei flussi da parte del corso d'acqua, quindi alla generale presenza, entro quest'area, di anomalie indotte dalle infrastrutture antropiche, cui non sembra estraneo anche l'effetto "trincea" prodotto dal diversivo Cresmiero. Tale fenomeno non si evidenzia al contrario in sponda sinistra del Serio, in ragione dell'andamento della velocità di flusso legata alla maggiore trasmissività dei litotipi più grossolani costituenti il paleoalveo del Serio, con un relativo più marcato effetto drenante.

Quanto espresso definisce le caratteristiche della situazione idrogeologica generale degli andamenti della falda fratica con le relative escursioni rilevate nel corso di un anno idrologico.

Attraverso i dati registrati e mediante il confronto puntuale fra i valori delle curve isofreatiche e quelli delle isoipse, quindi per differenza fra queste, sono state individuate zone a diversa soggiacenza della tavola d'acqua, rappresentate in Tav. 5A / 5B.

Il significato di tale elaborazione è particolarmente utile, in quanto esprime la soggiacenza del livello freatico rispetto alla superficie topografica ed è quindi direttamente connesso con il grado di interferenza tra le acque di falda e le strutture interrato, oltre a fornire indicazioni sulla possibilità di realizzare volumetrie sotto il piano di campagna.

In relazione a detto significato, le aree che presentano una soggiacenza della falda freatica inferiore a 2 m da p.c. verranno riportate nella Tav. 11A / 11B "*Carta di sintesi*" in quanto esse devono essere considerate vulnerabili dal punto di vista idrogeologico.

5.4 COSTRUZIONE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE (TAV. B2 / TAV. B3)

Sono state descritte le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del territorio comunale mediante la stesura di sezioni interpretative sulla base dei dati stratigrafici dei pozzi profondi, pubblici e privati.

L'intero territorio comunale di Crema viene considerato nel più vasto ambito comprendente il settore settentrionale della provincia di Cremona, fra i fiumi Adda ad ovest ed Oglio ad est.

Questo settore è caratterizzato da depositi sabbioso-ghiaiosi con caratteristiche di medio-buona trasmissività lungo il fiume Adda e dal progressivo assottigliarsi di tali depositi procedendo verso est. Tale riduzione è dovuta alla presenza di due importanti dorsali: quella di Spino-Pandino a ovest e quella di Romanengo-Soresina-Cumignano nella parte nord-orientale. La valle del Serio e le relative alluvioni sembrano poste a colmamento della depressione che separa le due dorsali, la cui evoluzione, in particolare quella nord-orientale, ha probabilmente condizionato

l'abbandono del vecchio alveo (Serio morto), rilevabile ad oriente di quello attuale, con zona di divergenza posta nei pressi del confine con il comune di Madignano.

La coltre alluvionale più superficiale dell'area in oggetto, in progressivo assottigliamento verso est, viene sostituita, in corrispondenza della valle del Serio, dalla meno potente copertura alluvionale di quest'ultimo corso d'acqua. Tale condizione è dovuta alla presenza, a ridotta profondità, delle dorsali che portano in prossimità della superficie terreni meno permeabili rappresentati da depositi limosi e argillosi con rare intercalazioni sabbiose.

Ad oriente del fiume Serio, la coltre alluvionale presenta uno spessore nettamente inferiore rispetto a quella pleistocenica del fiume Adda.

Tale assetto determina quindi, dal punto di vista idrogeologico, una situazione di diversa permeabilità: nel settore orientale della provincia, compreso fra Serio ed Oglio, si assiste ad una sensibile riduzione della coltre alluvionale sabbioso-ghiaiosa, sostituita progressivamente da materiali sabbioso-limosi. Ciò determina la presenza di strutture di captazione spinte a profondità ridotta, il cui utilizzo, nonostante la discreta produttività, può essere condizionato dall'effetto negativo indotto dalle infiltrazioni superficiali.

* * * *

Restringendo il campo di indagine al territorio comunale, si è proceduti con l'analisi delle caratteristiche geologiche attraverso la stesura delle due sezioni A-A' e B-B' con direzione ortogonale e rispettivamente N-S e O-E.

Tali sezioni sono state costruite sulla base dei dati litostratigrafici rilevati dalla terebrazione di pozzi pubblici e privati e sono state estese anche al di fuori del confine comunale, così da ottenere una rappresentazione più significativa.

- **SEZIONE A-A' (NORD-SUD)**

La sezione idrogeologica A-A' è stata costruita sulla base delle stratigrafie di n° 6 pozzi ad uso idropotabile. I pozzi utilizzati sono quelli di Ripalta Nuova (fuori confine comunale), Via Dugali, Giardini Pubblici, S. Maria, ed infine , Pianengo I e Pianengo II, esterni rispetto ai confini comunali. Essa si sviluppa sub-parallelamente alla valle del Serio, interessando quasi esclusivamente aree ricadenti entro il Piano Generale Terrazzato.

Vi si rileva, procedendo dalla superficie, un livello poroso-permeabile di natura sabbiosa e ghiaiosa costantemente presente fino alla profondità variabile intorno ai 20 m. poggiante su materiali argillosi di potenza limitata da qualche metro e fino ad una decina di metri. Tale livello impermeabile costituisce il setto di separazione tra la falda freatica e quelle sottostanti. A maggiore profondità, le terebrazioni prese in esame indicano una continua alternanza fra materiali generalmente sabbiosi e livelli argillosi; la prevalenza dei materiali permeabili su quelli

impermeabili sembra più evidente nella zona posta a media profondità in corrispondenza del settore meridionale e centrale della sezione, mentre in quello settentrionale sembrano prevalere i litotipi meno permeabili; tale zona intermedia è prevalentemente costituita da litotipi sabbiosi, organizzati in livelli di potenza anche superiore ai 20 m., che in alcuni casi (zona Via Dugali e Giardini Pubblici) si riducono a spessori inferiori, ma pur sempre idonei agli attingimenti. In corrispondenza dei pozzi di Pianengo, viceversa, nonostante la ridotta potenza dei livelli permeabili, presenti entro la zona intermedia, le granulometrie, generalmente grossolane, consentono una discreta produttività degli acquiferi.

Il passaggio alla 3^a litozona sottostante si verifica a profondità comprese tra i 60 ed i 70 m., dove, attraverso un livello argilloso di potenza assai variabile (da 15 a 40 m.), si passa ad una sequenza di livelli sabbiosi e argillosi, con prevalenza dei livelli permeabili nella zona meridionale, che si assottigliano procedendo verso nord, tanto da non essere più presenti a partire dal settore centrale della sezione.

I livelli poroso-permeabili di questa terza litozona vengono sfruttati per gli scopi idropotabili attraverso le strutture di emungimento poste a quote via via decrescenti procedendo verso nord in corrispondenza dei pozzi posti lungo la sezione.

- **SEZIONE B-B' (OVEST-EST)**

La sezione idrogeologica B-B', con direzione O-E, è stata elaborata mediante l'interpolazione delle stratigrafie dei pozzi profondi ad uso idropotabile di Bagnolo Cremasco (fuori confine comunale), Ombriano, Crema Nuova, Bendix, Giardini Pubblici, Frazione S. Bernardino, Via Martini e Izano (fuori confine comunale). La sezione sviluppa il suo tracciato quasi per intero entro aree ricadenti nel P.G.T., intersecando perpendicolarmente l'incisione della valle del Serio nei pressi del ponte della ferrovia ad est della città.

Procedendo in profondità dal piano campagna, si rileva la costante presenza di una prima litozona prevalentemente ghiaiosa e in subordine sabbiosa, di spessore decrescente procedendo da ovest verso est: essa presenta infatti una potenza anche superiore a 40 m. in corrispondenza di Bagnolo Cremasco, che si riduce ad Izano a valori di circa 20 m.. In corrispondenza del territorio comunale, lo spessore di detta coltre permeabile è di 20÷25 m., senza presentare variazioni apprezzabili anche in corrispondenza della valle del Serio, che viene intersecata dalla sezione nei pressi del centro storico di Crema, ove presenta ridotta dimensione trasversale. La litozona in oggetto presenta, nella parte centrale della sezione, alcune intercalazioni argillose, aventi potenza di qualche metro ed a ridotta continuità laterale, e che pertanto possono essere interpretate come lenti di materiale a scarsa permeabilità incluse entro materiali prevalentemente poroso-permeabili. Detta litozona costituisce il serbatoio acquifero freatico, in diretto collegamento con

le acque di superficie ed in condizioni di pressione atmosferica; deve pertanto esserne considerato elevato il grado di vulnerabilità, in relazione alla velocità di infiltrazione degli eventuali inquinanti provenienti dalla superficie.

L'acquifero freatico è separato da quelli sottostanti attraverso livelli dotati di scarsa permeabilità e di potenza via via decrescente da ovest verso est; si rileva infatti che detti materiali impermeabili, posti alla base dell'acquifero freatico variano il loro spessore, passando dalle diverse decine di metri con buona continuità stratigrafica, nella zona occidentale, a valori di potenza inferiore e marcatamente discontinui nella zona centro-orientale.

Nell'area corrispondente al territorio comunale, ed in particolare al centro abitato, i livelli argillosi, seppure presenti con una certa continuità, inglobano frequenti livelli sabbiosi di potenza anche superiore alla decina di metri.

Proseguendo in profondità, prevalgono caratteristiche di forte variabilità negli assetti litologici, sia verticalmente che longitudinalmente; si passa infatti, anche in ambiti ristretti, da potenti e continui livelli sabbiosi inglobanti rari livelli argillosi (pozzo di Ombriano), a setti argillosi di elevato spessore entro i quali compaiono, più o meno frequentemente, potenti intercalazioni sabbiose, come, per esempio, nei pozzi di Crema Nuova e della frazione di S. Bernardino. Questa seconda struttura idrogeologica, posta a profondità compresa fra i 40÷50 m. e 100 m. circa, costituisce, in alcuni casi, una discreta fonte di approvvigionamento sia per l'uso idropotabile che per altri scopi; gli strati produttivi sono quelli poroso-impermeabili inglobati entro le strutture argillose. La litozona intermedia descritta fa rilevare al proprio interno, nella zona centro-occidentale del territorio comunale, potenti e verosimilmente estesi livelli torbosi che lasciano supporre il verificarsi di locali condizioni sedimentologiche di ambiente palustro-lacustre e comunque riducente.

In profondità, fra i 100 ed i 200 metri, si rileva una prevalente e continua alternanza di livelli sabbiosi e argillosi di potenza variabile intorno ai 10 metri. I livelli poroso-permeabili presentano discrete condizioni di produttività e vengono in genere utilizzati per gli scopi idropotabili.

* * * *

Nella panoramica complessiva dianzi brevemente esposta, si individua come elemento più caratteristico il passaggio da litofacies spiccatamente ghiaiose, localizzate nei livelli più superficiali, verso quelle quasi esclusivamente sabbiose delle litozone più profonde: detto assetto, dal punto di vista delle potenzialità di approvvigionamento idropotabile, determina migliori condizioni qualitative degli acquiferi costituenti le litozone intermedia e profonda, mentre per quanto riguarda quella superficiale, che pure viene sfruttata frequentemente, se ne consiglia l'esclusione, soprattutto in relazione alla già citata vulnerabilità potenziale. Si ritiene

inoltre, visto l'assetto litologico e idrogeologico generale dell'area, di dover sconsigliare l'ulteriore approfondimento, oltre le quote già raggiunte dai pozzi esistenti, delle eventuali nuove terebrazioni pubbliche con scopo idropotabile. Per scopi diversi da quelli idropotabili, si consiglia l'uso del serbatoio acquifero superficiale e di quello intermedio, quest'ultimo limitatamente agli orizzonti meno profondi.

Con riferimento all'assetto stratigrafico del pozzo di Izano, si osserva che a profondità compresa fra i 190 ed i 250 m. è presente una sequenza praticamente continua di materiali argillosi improduttivi; il pozzo attinge infatti la risorsa idropotabile entro un livello sabbioso posto alla base di tale sequenza, e non è dato conoscere l'effettiva potenza di tale livello produttivo, a causa dell'interruzione della terebrazione. L'esempio risulta significativo, confortando le indicazioni sopra espresse circa l'opportunità di limitare l'approfondimento delle nuove eventuali terebrazioni ad una profondità non superiore ai 150 m.

Si ritiene che i serbatoi poroso-permeabili localizzati alla profondità compresa tra 80 e 150 m. possano fornire in abbondanza risorse idropotabili; tali livelli presentano infatti una adeguata protezione, costituita da livelli argillosi dotati di buona continuità laterale.

5.5 IL SISTEMA IDROGEOLOGICO

Ad integrazione delle informazioni riportate in precedenza, si ritiene opportuno presentare nei successivi paragrafi una sintetica descrizione di alcuni studi presenti in letteratura, realizzati a livello sovracomunale, che permettono di ampliare la conoscenza delle strutture idrogeologiche del sottosuolo all'interno del territorio provinciale e dei complessi rapporti che intercorrono tra le differenti variabili del ciclo idrologico.

Gli studi consultati sono i seguenti:

- Beretta et al. (1992)- *“Studio idrogeologico della Provincia di Cremona”*.
- Regione Lombardia (2004)- *“Programma di tutela e uso delle acque (P.T.U.A.)”*.
- Regione Lombardia / E.N.I. (2002) – *“Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia”*
- Università degli Studi di Milano / Provincia di Cremona (2007) – *“Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della Provincia di Cremona”*.

5.5.1 STUDIO IDROGEOLOGICO DELLA PROVINCIA DI CREMONA

Allo stato attuale, lo studio che rappresenta nel modo più completo le caratteristiche idrostratigrafiche del sottosuolo provinciale è quello realizzato da Beretta et al. (1992); la

ricostruzione della struttura idrogeologica è stata effettuata mediante la realizzazione di sezioni geologiche ricostruite sulla base delle colonne stratigrafiche di pozzi pubblici e privati presenti in territorio cremonese, che hanno permesso di individuare la seguente suddivisione all'interno del sistema acquifero:

- acquifero superficiale: caratterizzato da una falda freatica con elevato gradiente idraulico, interconnessa con la rete idrografica di superficie e prevalentemente libera nel settore settentrionale (a nord della confluenza del Serio in Adda), da un gradiente idraulico inferiore e prevalentemente semi-confinata in quello meridionale;
- acquifero profondo: nel quale circola una falda che presenta un gradiente idraulico medio del 2‰ nel settore settentrionale, con un aumento verso il Fiume Oglio, ed un gradiente idraulico medio inferiore ad 1‰ nel settore meridionale; varia da semi-confinata a confinata (artesian).

L'acquifero superficiale viene alimentato essenzialmente dalle precipitazioni, dagli apporti idrici derivanti dalle perdite della rete dei corsi d'acqua superficiali ed in modo massiccio dalle infiltrazioni legate alle pratiche irrigue.

L'acquifero profondo viene alimentato principalmente dalle falde che si alimentano nella medio-alta pianura, a monte della fascia delle risorgive, e nelle zone di conoide alluvionale al passaggio tra ambiente di collina e di pianura, dalle falde di subalveo e dalle falde direttamente connesse con i subalvei stessi.

I due acquiferi sono separati da numerosi setti impermeabili, con spessori anche notevoli ed estensione più o meno continua, per la maggior parte del territorio provinciale, mentre tendono a diventare un acquifero monostrato nell'area settentrionale, lungo il corso del Fiume Adda ed in parte del Fiume Po.

5.5.2 PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE (P.T.U.A.)

Lo studio in esame rappresenta lo strumento regionale comprensivo delle diverse discipline che attengono alla pianificazione della tutela e dell'uso della risorsa idrica, sia sotterranea che superficiale, nell'ambito della gestione del Bacino Idrografico.

Per la materia di interesse, l'attenzione è qui rivolta alla struttura idrogeologica del territorio lombardo in esso riportata, caratterizzata, sulla base degli studi di differenti autori nell'ambito del sottosuolo dell'area milanese, da tre complessi acquiferi principali, separati su aree vaste da livelli impermeabili continui ed estesi.

Nel territorio regionale vengono dunque riconosciuti un “*acquifero tradizionale*” ed un “*acquifero profondo*” (confinato); nella parte mediana della pianura, a cui corrisponde l’ambito territoriale in esame, l’acquifero tradizionale viene distinto in primo acquifero o “*acquifero superficiale*” (freatico), all’interno del quale la falda scorre libera o semi-libera, e secondo acquifero (semi-confinato), all’interno del quale la falda scorre semi-libera, separati da lenti semi-impermeabili di spessore variabile e limitata estensione.

L’acquifero profondo, all’interno del quale la falda circola in pressione, è tipicamente multistrato, con presenza di banchi argillosi impermeabili di notevole spessore, ai quali sono intercalati livelli di ghiaie e sabbie.

Per quanto riguarda gli aspetti quantitativi delle risorse idriche sotterranee relativi al territorio comunale, esso viene indicato come appartenente al Bacino Idrogeologico n° 4 “Adda – Oglio”, in parte al Settore n° 5, ubicato in corrispondenza della media pianura e limitato ad ovest dal corso del Fiume Adda, ad est dal corso del Fiume Serio, a sud dalla loro confluenza ed a nord dai confini amministrativi dei comuni di appartenenza, ed in parte al Settore n° 8, localizzato in corrispondenza della media pianura ed i cui limiti occidentale ed orientale sono definiti rispettivamente dai fiumi Serio ed Oglio, mentre quelli settentrionali e meridionali sono individuati in corrispondenza dei confini comunali.

Le caratteristiche “quantitative” principali del Settore n° 5 sono le seguenti:

- Base dell’acquifero tradizionale: a profondità comprese tra 80 m e 160 m dal p.c..
- Tramissività media: compresa tra $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ e $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.
- Piezometria: compresa tra 55 m e 78 m s.l.m..
- Prelievo medio per unità di superficie: $2,27 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.
- Rapporto tra prelievi e ricarica: 0,80.
- Classe quantitativa: **B** (equilibrio attuale tra disponibilità e consumi, con evoluzione da controllare mediante monitoraggio piezometrico; non sono prevedibili conseguenze negative nel breve periodo).
- Classificazione dello stato quantitativo ai sensi del D.lgs. 152/99: **B** (l’impatto antropico è ridotto, vi sono moderate condizioni di disequilibrio del bilancio idrico, senza che tuttavia ciò produca una condizione di sovrasfruttamento, consentendo un uso della risorsa sostenibile sul lungo periodo).

Le caratteristiche “quantitative” principali del Settore n° 8 sono le seguenti:

- Base dell’acquifero tradizionale: a profondità comprese tra 80 m e 150 m dal p.c..

- Trammissività media: $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.
- Piezometria: compresa tra 57 m e 92 m s.l.m..
- Prelievo medio per unità di superficie: $0,86 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.
- Rapporto tra prelievi e ricarica: 0,32.
- Classe quantitativa: A (situazione attuale di compatibilità fra disponibilità ed uso della risorsa; uso sostenibile delle acque sotterranee senza prevedibili sostanziali conseguenze negative nel breve-medio periodo).
- Classificazione dello stato quantitativo ai sensi del D.lgs. 152/99: A (l'impatto antropico è nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico; le estrazioni di acqua o alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo).

5.5.3 GEOLOGIA DEGLI ACQUIFERI PADANI DELLA REGIONE LOMBARDIA

L'elaborato "*Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*", risultato della collaborazione tecnica e scientifica tra la Regione Lombardia e l'Esplorazione Italia dell'Eni Divisione Agip, propone una suddivisione del sottosuolo della pianura lombarda in quattro unità idrostratigrafiche di rango superiore denominate "*Gruppi Acquiferi A, B, C, D*", rappresentate principalmente dai depositi Pleistocenici continentali e marini della Pianura Padana, delimitate da ben definiti livelli impermeabili ad estensione regionale.

Tali unità, riconosciute sulla base di informazioni derivanti da rilievi sismici a riflessione, carotaggi e stratigrafie di pozzi per la ricerca di idrocarburi e/o acqua, vengono di seguito brevemente descritte, dalla più superficiale alla più profonda.

GRUPPO ACQUIFERO A

Rappresenta la parte superiore dell'acquifero tradizionale, descritto in precedenza, ossia l'intero acquifero freatico superficiale e parte del secondo acquifero; la "*mappa delle isobate*" individua per il territorio comunale il limite basale del gruppo acquifero ad una profondità media compresa tra -10 m e +10 m s.l.m., ossia tra circa 54 m e 90 m dal piano campagna.

Lo spessore cumulativo dei depositi porosi e permeabili (ghiaiosi e sabbiosi) rappresentato nella "*mappa della sabbiosità*", che corrisponde all'effettiva consistenza dell'acquifero utile, varia tra 20 m e 80 m. Per tale gruppo acquifero l'area di ricarica diretta potenziale, a predominante

componente verticale, coincide con l'estensione areale del gruppo stesso, essendo il tetto dell'unità idrostratigrafica rappresentato dalla superficie topografica.

GRUPPO ACQUIFERO B

Rappresenta la parte inferiore dell'acquifero tradizionale il cui limite basale, che viene fatto coincidere con il tetto dei depositi Villafranchiani (Pleistocene Inf.), varia tra -50 m e -100 m s.l.m., ossia tra circa 114 m e 180 m dal p.c.; lo spessore dell'acquifero utile risulta dell'ordine dei 40/65m.

GRUPPO ACQUIFERO C

Costituisce la parte superiore dell'acquifero profondo, con un limite basale compreso tra -120 m e -220 m s.l.m., ovvero tra 184 m e 300 m da p.c., con uno spessore cumulativo dei depositi porosi e permeabili variabile tra 18 m e 40 m.

GRUPPO ACQUIFERO D

Il limite della superficie basale del gruppo coincide con l'interfaccia acqua dolce / acqua salmastra, base degli acquiferi utili per uso idropotabile ed agricolo – industriale, e varia nell'area in esame tra – 500 m e – 630 m s.l.m.; lo spessore dell'acquifero saturato con acqua dolce varia in media tra 80 m e 220 m.

Uno schema indicativo della struttura idrogeologica della Pianura Padana viene rappresentato nella successiva tabella, che rappresenta uno stralcio di quella riprodotta nello studio in esame, così come aggiornato al marzo 2005, utilizzata anche nel P.T.U.A. per descrivere la situazione idrogeologica del sottosuolo milanese.

UNITA' LITOLOGICHE		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE	UNITA' IDROGEOLOGICHE	ETA'
Mazzarella S. e Martinis B. (1971)		Francani V. e Pozzi R. (1981)		AGIP – Regione Lombardia (2002)	Avanzini et alii (1995)	-
Litozona ghiaioso-sabbiosa	Acquifero Tradizionale	Fluvioglaciale Wurm	Primo Acquifero	Gruppo Acquifero A	Unità ghiaioso – sabbiosa	Pleistocene Superiore
		Fluvioglaciale Riss - Mindel	Secondo Acquifero		Unità ghiaioso – sabbiosa – limosa	Pleistocene Medio
		Ceppo Auct.		Gruppo Acquifero B	Unità a conglomerati e arenarie basali	
Litozona sabbioso-argillosa	Acquiferi profondi	Villafranchiano	Terzo Acquifero	Gruppo Acquifero C	Unità sabbioso – argillosa (facies continentali e di transizione)	Pleistocene Inferiore
			Gruppo Acquifero D			
Litozona argillosa					Unità argillosa (facies marina)	Pliocene Superiore

5.5.4 MODELLO PRELIMINARE DEL FLUSSO IDRICO NEL SISTEMA ACQUIFERO PROVINCIALE

Il lavoro più recente relativo agli acquiferi presenti nel sottosuolo provinciale, è stato realizzato dall'Università degli Studi di Milano – Istituto di Idraulica Agraria, Dipartimento di Scienze della Terra.

Lo studio, denominato *“Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della Provincia di Cremona”*, ha raccolto ed analizzato le informazioni ed i dati esistenti relativi ai parametri meteorologici, agronomici, pedologici, idrografici ed idrogeologici di un'area di studio che comprende l'intero territorio provinciale di Cremona e parte dei confinanti territori provinciali di Bergamo, Lodi e Mantova, al fine di implementare un modello di simulazione del bilancio idrologico del terreno e dei flussi di ricarica della falda e giungere infine ad un modello preliminare del sistema acquifero.

Per la definizione del modello concettuale dell'acquifero, sono stati utilizzati sia i dati sopra menzionati che quelli derivanti dagli studi descritti in precedenza (Beretta et al., Regione Lombardia / E.N.I.), opportunamente rielaborati e rappresentati in tavole cartografiche, sulla base di una schematizzazione del sistema acquifero come bistrato (acquifero freatico ed acquifero semi-confinato) con flusso quasi-tridimensionale, considerando anche il flusso verticale che si instaura attraverso l'acquitarzo semi-impermeabile che separa detti acquiferi.

Relativamente al territorio comunale di Crema, le curve isopiezometriche dell'acquifero freatico riportate nelle tavole cartografiche allegate a detto studio presentano un andamento simile a quello rappresentato nel presente studio nelle Tavv. 4A / 4B e 5A / 5B, all'interno delle quali le curve isofreatiche sono state realizzate sulla base di un elevato numero di valori di soggiacenza, misurati all'interno di piezometri, e di conseguenza adeguatamente rappresentative dell'andamento del flusso sotterraneo della falda freatica e della soggiacenza del livello piezometrico della stessa, che presenta valori inferiori rispetto a quelli cartografati nello studio in esame, il quale utilizza peraltro una scala di minore dettaglio.

Attraverso l'analisi delle sezioni idrogeologiche esistenti e la realizzazione di ulteriori sezioni, è stata individuata la base del sistema acquifero freatico equivalente, ossia il tetto dell'acquitarzo limoso-argilloso che rappresenta la superficie di separazione tra l'acquifero freatico superficiale, caratterizzato da trasmissività elevate, acque meno pregiate e forti interazioni con le acque superficiali, e l'acquifero semi-confinato, a minore trasmissività, nel quale circolano le acque

semi-protette che vengono estratte per uso idropotabile, essenzialmente nei livelli acquiferi più profondi, dai pozzi pubblici che alimentano le reti acquedottistiche comunali.

Sulla base delle varie simulazioni realizzate utilizzando i modelli concettuali dell'acquifero, è stata ottenuta una caratterizzazione dello stesso, la quale ha permesso di suddividerlo in 11 zone, ognuna contraddistinta da un codice, con valori di trasmissività pressoché omogenei; il territorio comunale di Crema ricade all'interno di due zone:

- **Zona Sw**, con ampiezza 134 Km², che corrisponde alla porzione occidentale del Bacino Idrografico del Fiume Serio.
- **Zona Se**, con ampiezza 116 Km², che corrisponde alla porzione orientale del Bacino Idrografico del Fiume Serio.

Si riportano di seguito le tabelle nelle quali vengono quantificati i termini del bilancio idrico della Zona Sw e della Zona Se.

Zona Sw	Termine del bilancio idrico	Portate (m³/s)	
		Entrata	Uscita
	Ricarica per infiltrazione delle acque piovane ed irrigue e perdite dei canali	3,98	
	Drenaggio del Fiume Serio		1,16
	Drenaggio dei fontanili		2,70
	Drenaggio dei terrazzi geomorfologici		0,36
	Prelievi per usi industriali ed agricoli		1,00
	Prelievi per uso acquedottistico		0,37
	Portata attraverso il bordo di separazione con la zona Aa		3,40
	Portata attraverso il bordo di separazione con la zona Se		2,28
	Portata attraverso il bordo di separazione con la zona Sn	7,28	

Zona Se	Termine del bilancio idrico	Portate (m ³ /s)	
		Entrata	Uscita
	Ricarica per infiltrazione delle acque piovane ed irrigue e perdite dei canali	3,34	
	Drenaggio del Fiume Serio		0,80
	Drenaggio dei fontanili		1,68
	Drenaggio dei terrazzi morfologici		0,37
	Prelievi per usi industriali ed agricoli		0,53
	Prelievi per uso acquedottistico		0,27
	Portata attraverso il bordo di separazione con la zona Aa		0,75
	Portata attraverso il bordo di separazione con la zona Cc		0,22
	Portata attraverso il bordo di separazione con la zona Cs		0,35
	Portata attraverso il bordo di separazione con la zona On		0,64
	Portata attraverso il bordo di separazione con la zona Sw	2,28	

5.6 IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

Gli aspetti salienti dell'idrografia superficiale principale e secondaria del territorio comunale di Crema devono essere inquadrati nel più vasto ambito territoriale che si estende fra i fiumi Adda e Oglio, con il fondamentale contributo fornito dall'ampia fascia delle risorgive che si estende a monte del territorio in esame là dove le acque sotterranee riaffiorano alla superficie.

Il territorio comunale rientra integralmente nel bacino idrografico dell'Adda in quanto comprendente quello del Serio, suo tributario in sinistra idrografica. Gli aspetti relativi alle caratteristiche idrologiche e idrografiche del fiume Serio, che suddivide in parti pressoché equivalenti il settore compreso fra i due fiumi maggiori, sono ampiamente trattati nel par. 5.7.

L'idrografia secondaria dell'area, alimentata da antiche derivazioni dei corsi d'acqua principali ed in larga misura dai fontanili, costituiva nell'area un complesso sistema che ha assunto in tempi storici funzioni di difesa, per l'alimentazione delle fosse perimetrali della città, di forza idraulica, per l'azionamento degli innumerevoli mulini, di via di trasporto per le merci, e, non ultima, quella fondamentale igienica.

All'abbondanza delle risorse idriche, da cui fin dall'origine derivano la ricchezza e lo sviluppo del territorio, può essere attribuita l'origine stessa della città, localizzata in un'area compresa fra il fiume Serio e la palude del Moso per facilitarne la difesa, e ciò nonostante le frequenti attività erosive e gli spostamenti del corso d'acqua abbiano continuamente creato seri problemi alle strutture difensive della città, costringendo peraltro le autorità cittadine a continui e ripetuti interventi di difesa e ripristino.

Per quanto riguarda l'antico sistema idrico che più direttamente viene riferito all'utilizzazione cittadina per il sistema difensivo, vengono citate le rogge Crema e Fontana, oltre al Rino, i fossati perimetrali della città, il Cresmiero e la palude del Moso. I corsi d'acqua avevano anche percorsi urbani che verosimilmente subirono spostamenti per adeguarli via via ai successivi sviluppi dell'abitato; i fossati perimetrali definitivi costituivano due cerchie ed al loro riempimento si provvedeva mediante le acque del Cresmiero, del Rino, della Crema e della Fontana, per l'utilizzazione delle quali le opere di adeguamento dei tracciati e delle relative infrastrutture risulta oggi di difficile localizzazione, e ciò nonostante le accurate analisi storiche eseguite da vari Autori.

Risulta comunque assodato che nel corso dei secoli il corso delle principali rogge citate, ma soprattutto delle fosse difensive venne modificato allo scopo di adeguarne i tracciati e le strutture alle necessità di ampliamento della città; venivano scavati nuovi fossati ed interrati quelli vecchi per dare spazio ai nuovi comparti cittadini. Tali interventi, succedutisi nell'arco temporale di diversi secoli, lasciano presupporre un quadro alquanto complesso, disomogeneo ed imprevedibile dell'assetto sub-superficiale, e quindi delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni sui quali si sono sviluppati sia il centro storico che l'intero complesso degli insediamenti ad esso adiacenti.

Tornando all'odierna idrografia di superficie, l'intera rete di canali e rogge, con funzione sia di distribuzione delle risorse irrigue che di drenaggio e di evacuazione di quelle in esubero, si presenta nel territorio cremasco oltremodo sviluppata; quella che più interessa il territorio comunale, ma che non può prescindere dal più vasto circondario, può essere individuata e descritta attraverso alcuni principali settori di pertinenza, ciascuno delimitato ad oriente ed occidente da corsi d'acqua di maggior rilievo, stante il generale andamento meridiano della rete idrografica.

1. Settore compreso fra il fiume Serio ed il Naviglio Grande Pallavicino.
2. Settore compreso fra il fiume Rino ed il fiume Serio, comprendente le rogge confluenti da nord verso la città di Crema.
3. Settore compreso fra il fiume Tormo ed il fiume Serio

Importante emergenza idraulica per l'intero territorio considerato è rappresentata dal Canale Pietro Vacchelli (o Marzano), che sviluppa il proprio corso da O-NO verso E-SE dalla sua derivazione dall'Adda in località Marzano (tra Spino e Rivolta) fino a Genivolta, dove, in località Tomba Morta, costituisce fonte di impinguamento della preesistente rete dei Navigli e di molte delle rogge cremonesi. Anche alcune delle rogge afferenti più importanti, che dispensano le acque irrigue nel territorio di Crema, traggono parte del loro contenuto dal Naviglio Civico e dal Canale Vacchelli.

Nel settore orientale, ad est del fiume Serio, oltre alla rete dei navigli che derivano dal fiume Oglio e che presentano una relativa importanza per il territorio comunale di Crema, troviamo il colatore Serio morto, che raccoglie acque dai fontanili e colatizie del territorio di Camisano attraverso il fossato Vetero e, procedendo verso sud, riceve le acque del Serio dalla roggia Malcontenta nei pressi del confine fra Offanengo e Crema, rappresentando per un lungo tratto il confine fra i due territori comunali e proseguendo quindi verso sud fino a Castelleone e Pizzighettone, dove versa in Adda.

Dal fiume Serio, in sponda sinistra, derivano le acque delle rogge Babbiona, Malcontenta e Menasciutto, attraverso le quali vengono irrigati i territori di Crema, Offanengo, Madignano ed Izano, mentre le ultime derivazioni del Serio sono quelle delle rogge Archetta e Borromea, che servono perlopiù territori posti più a valle, quali quelli di S. Bassano e Pizzighettone.

Ad ovest del Serio, nel secondo settore, convogliano verso Crema le acque dei fontanili posti a monte, nei territori di Caravaggio, Mozzanica e Fornovo, le rogge Molinara, Morgola, Senna e Rino; questi corsi d'acqua procedono pressoché parallelamente da nord verso sud, e, attraverso percorsi diversi, sfociano nel Serio in corrispondenza dell'abitato di Crema.

A nord-ovest della città di Crema è presente la depressione del Moso, che si estende ad occupare, oltre al territorio comunale cremasco, quelli di Cremosano e Trescore Cremasco. L'antica, già citata depressione ha subito, fin dai tempi storici e fino al secolo scorso, consistenti interventi di bonifica attraverso la realizzazione di una serie di canali e rogge con funzione di evacuazione delle acque sia in esubero che irrigue convergenti nel colatore Cresmiero, che versa nel Serio a valle della città, dopo averne attraversato il settore meridionale.

Nei territori posti a settentrione del territorio comunale, al margine esterno della depressione dei Mosi, assume notevole importanza la roggia Alchina, che, traendo origine da risorgive e coli posti in territorio bergamasco, dopo aver percorso per un lungo tratto il confine occidentale del comune di Crema con quello di Bagnolo Cremasco, distribuisce a sud acque irrigue attraverso "bocchelli" nella zona nord-occidentale del comune di Crema, oltre che di quelli di

Capergnanica e Ripalta Cremasca a sud, raggiungendo quindi il proprio recapito finale nel Serio a Montodine.

La roggia Acquarossa, che scorre ad ovest del Moso, prende origine da fontanili posti nei territori di Torlino V. e Pieranica, attraversa l'abitato di Ombriano ed irriga i territori meridionali del settore posti nei comuni di Capergnanica, Ripalta Cremasca e Credera.

I territori sud-occidentali del territorio comunale vengono irrigati attraverso le acque della roggia Comuna: queste ultime vengono derivate dall'Adda a Canonica d'Adda attraverso il Retorto, dal quale poi derivano a loro volta le rogge Cremasca (o "Badessa") e Pandina, la prima delle quali riceve le acque residue della roggia Vailata, che pure preleva in Adda più a nord, attraverso la roggia Misana.

La roggia Cremasca, a valle della confluenza della Misana, prosegue il proprio corso verso sud-est col nome di roggia Comuna, che rappresenta per portata, lunghezza e superfici irrigate uno dei più importanti corsi d'acqua dell'area cremasca.

La roggia Comuna, nei pressi di Ombriano, ai confini del territorio di Crema con quello di Chieve, in località "Morti delle Tre Bocche", si divide in tre rami, due dei quali, coi nomi di Bocchello di Chieve e Bocchello di Capergnanica, irrigano i territori da cui prendono nome, mentre il terzo, conservando il nome di Comuna, dopo aver servito le aree di Ombriano, Credera, Ripalta Cremasca e Moscazzano, scarica nel Serio a Montodine.

* * * *

Si è così a grandi linee definita la rete principale della complessa idrografia di superficie del territorio cremasco, che definisce nell'insieme la fondamentale caratteristica dell'area, condizionandone il paesaggio anche attraverso la regolare suddivisione degli appezzamenti, definita per gli scopi irrigui, e la abbondante vegetazione di essenze arboree ed arbustive presenti lungo le aste dei canali irrigui principali e secondari.

Si passa qui di seguito ad un esame più dettagliato dei singoli corsi d'acqua dianzi schematicamente citati, descritti nello stesso ordine.

1) **CANALE PIETRO VACCHELLI – MARZANO**

Rappresenta uno degli elementi idraulici dominanti della rete irrigua del settore occidentale del territorio cremonese; l'opera, conclusa definitivamente nel 1893, sviluppa il proprio corso da O-NO ad E-SE, derivando le acque dal fiume Adda in località Marzano, fra Spino e Rivolta d'Adda, e raggiungendo Genivolta, dove, in località Tomba Morta, provvede ad impinguare la rete dei Navigli e delle rogge cremonesi.

Nel 1980, allo scopo di smaltire le acque in esubero che confluiscono su Tomba Morta, è stato realizzato il canale scolmatore delle acque di piena da quest'ultima località al recapito finale nel fiume Oglio nei pressi di Genivolta.

Il canale Vacchelli percorre quindi, fra Adda ed Oglio, l'intero territorio provinciale procedendo nella anzidetta direzione, ed analogamente attraversa il territorio comunale di Crema, nel quale entra in corrispondenza con il confine con il comune di Cremona ad ovest e, procedendo inizialmente parallelo alla linea ferroviaria Cremona-Treviglio in lato nord, raggiunge ed attraversa il Serio mediante vasca pensile o ponte-canale, dirigendosi prima in direzione nord-est a monte dell'abitato di S. Bernardino e quindi decisamente ad E-SE verso il confine comunale con il territorio di Izano.

Nel territorio comunale di Crema, il Vacchelli intercetta molte delle rogge cremasche, che ne scavalcano l'alveo attraverso ponti-canale; nel caso delle rogge Archetta e Borromea viene realizzato, da parte del Vacchelli, l'impinguamento dei due canali irrigui per complessivi 800 l/sec circa.

Tra la derivazione di Marzano e la località Tomba Morta il canale Vacchelli presenta uno sviluppo longitudinale di 34 Km. con una portata utile di 37.000 l/sec.

2) SERIO MORTO

La generica denominazione di "Serio Morto" individua alcune rogge dei territori orientali caratterizzate dalla loro continuità e considerevole lunghezza complessiva; esse prendono origine da acque di risorgiva nei territori di Castelvoglio e Camisano e si sviluppano, arricchendosi di acque di colo, fino a Gombito e Pizzighettone, dove recapitano in Adda.

Il complesso dei corsi d'acqua si sviluppa, lungo gran parte del percorso e come colatore, nel paleoalveo del Serio, all'interno della relativa antica depressione morfologica definita come "Valle del Serio Morto", all'interno della quale l'antico tracciato naturale dell'alveo fluviale è stato a tratti sottoposto a modificazioni artificiali fino ad assumere l'attuale andamento.

Limitatamente al territorio di Ricengo e successivamente a quello di Crema, si rileva la presenza della roggia Malcontenta, che, nel suo tratto iniziale, è denominata Serio Morto (della Malmetuda), che prende origine, come derivazione di acque, dal fiume Serio, raccogliendo via via anche acque colatizie dai terreni irrigati dal fossato Vetero e dalla roggia Babbiona.

La portata attribuita al colatore Serio Morto, invero assai variabile in relazione alla funzione di colo, è di 1.000 l/sec.

3) ROGGIA BABBIONA

Costituisce la prima derivazione in sponda sinistra dal fiume Serio in territorio cremasco; essa ha luogo presso la cascina Palata in comune di Casale Cremasco, seguita, sempre in sponda sinistra, dalle derivazioni delle rogge Malcontenta, Menasciutto e Borromea. La derivazione della roggia Archetta, interposta fra le ultime due, fu distrutta da una piena del Serio nel 1960.

Oltre alle acque vive del Serio, la roggia Babbiona gode anche di proprie risorgive; presenta un andamento prevalente in direzione N-S ed inizia a dispensare le proprie acque a valle della tomba sifone con cui sottopassa la roggia Serio Morto-Fossato Vetero in località detta "del Trave" a Bottaiano. Gli utenti di Offanengo derivano complessivamente 1/3 della portata della Babbiona.

Dopo avere attraversato i comuni di Offanengo ed Izano, si esaurisce a nord dell'abitato di Madignano, avendo formato i bocchelli Traversino, Verdello, Abazzia e Zubino.

La portata derivata di diritto dal Serio ammonta ad un numero massimo di 28 moduli (22,7 medi per le irrigazioni estive), pari quindi a 2.800 l/sec (2.270 l/sec estivi).

4) ROGGIA MALCONTENTA

Deriva le acque direttamente in sponda sinistra del Serio nella zona meridionale del comune di Casale Cremasco, proseguendo in territorio di Ricengo, dove si divide in tre rami: il primo scarica direttamente nel Serio, il secondo dà origine alla roggia Menasciutto, mentre il terzo prosegue verso sud, dove, in corrispondenza dei confini fra i territori di Offanengo e Crema, dà origine alle rogge Masnadora e Mondura. Prosegue quindi verso sud, dove, in corrispondenza della S.S. 235, la roggia assume la denominazione di colatore Serio Morto. Quest'ultimo andrà a sfociare nell'Adda in parte a Pizzighettone ed in parte a Gombito.

La portata della derivazione della roggia Malcontenta dal fiume Serio è di 600 l/sec.

5) ROGGIA MENASCIUTTO

Costituisce l'ultima delle derivazioni dal Serio, in sponda sinistra, a monte del canale Vacchelli e riceve, inoltre, parte del contenuto della roggia Malcontenta a ovest dell'abitato di Ricengo. Si esaurisce in territorio comunale di Crema, dove contribuisce all'irrigazione dei terreni di un comprensorio di 326 ha. che si sviluppa prevalentemente nella porzione sud-orientale. La portata derivata dal fiume Serio è di 400 l/sec.

6) ROGGIA BORROMEA

Viene alimentata dalle rogge Morgola e Molinara attraverso il cavo Fuga, ma soprattutto dalle acque prelevate direttamente dal fiume Serio in sponda sinistra, poco a monte della città di Crema in corrispondenza della omonima traversa. Riceve poco a nord del canale Vacchelli il contributo della roggia Fontana.

L'autorizzazione originaria all'apertura della derivazione fu concessa a Renato Borromeo dal Senato veneto nel 1587 per concentrare, attraverso questa, più antiche derivazioni in sponda destra.

Il nuovo impianto di derivazione a gravità risale ai primi anni di questo secolo ed è realizzato mediante traversa sul fiume individuata con la denominazione di "Palata". Nel 1930 la Società Anonima Borromea chiese, ottenne e realizzò un impianto di sollevamento meccanico in comune di Crema, nei pressi di Cascina Dossi, per integrare la dotazione della roggia con una ulteriore derivazione dal fiume Serio di 15 moduli, portando così la dotazione complessiva ad un massimo di 64 moduli (6.400 l/sec) per irrigare 2.700 ha di terreno.

L'attuale società di gestione, che ha assunto dal 1982 la denominazione di "Consorzio delle utenze irrigue s.r.l.", serve attraverso la roggia Borromea un comprensorio valutato intorno ai 2.035 ha., nei territori comunali di Crema, Ripalta Vecchia, Ripalta Arpina, Castelleone e S. Bassano.

In seguito alle difficoltà intervenute con l'uscita di servizio dell'impianto di sollevamento di Cascina Dossi, la roggia Borromea supplisce prelevando la risorsa dal canale Vacchelli come già in passato per i fabbisogni straordinari, in ragione di 791 l/sec comprensivi del contributo di 400 l/sec versato nella roggia Archetta.

La roggia Borromea presenta una lunghezza dell'asta pari a 12,5 Km.; la portata complessiva massima derivata dal fiume Serio viene indicata in 6,4 m³/sec.

7) ROGGIA ARCHETTA (ARCHETTA-PALLAVICINA)

L'origine della derivazione in sponda sinistra del fiume Serio di questa Roggia risale al 1463, dietro concessione della città di Crema. Inizialmente col nome di roggia Marazza, solo in seguito roggia Archetta, il corso d'acqua riceveva dalla roggia Pallavicina, che a sua volta derivava dal Naviglio Civico.

Solo nel secolo scorso, vista la carenza dei contributi della roggia Pallavicina (e, contemporaneamente, della roggia Renata, pure derivante dal Naviglio), ed in seguito all'apertura del canale Vacchelli, gli utenti della roggia Archetta, costituiti in consorzio, acquisiscono l'impinguamento dal canale Vacchelli attraverso una bocca posta in comune di Crema.

La gestione della roggia è complessa a causa del sovrapporsi di antichi diritti per la cui soluzione vengono incaricati nel tempo vari ingegneri.

Dal 1960 le portate derivate, disponibili per la roggia Archetta-Pallavicina, ammontavano a 2.915 l/sec; a tale quantitativi contribuivano:

- le rogge Renata e Pallavicina (aperte sul Naviglio Civico in provincia di Bergamo), per 650 l/sec,
- il fiume Serio, dalla derivazione posta in comune di Crema, per 1.065 l/sec,
- la roggia Borromea, per 400 l/sec,
- il canale Vacchelli, per circa 800 l/sec.

In seguito alla distruzione, da parte di una piena del Serio, delle strutture di derivazione della roggia Archetta, tali opere di presa dal fiume non vennero ripristinate e si concordò di derivare dalla roggia Borromea, in corrispondenza della "Palata", con un valore convenzionale di 600 l/sec.

Attualmente, la roggia Archetta può disporre di una portata di 2.450 l/sec per l'irrigazione di un comprensorio di 1.583 ha. posti nei comuni di Offanengo, Formigara, Gombito, Montodine, Ripalta Arpina, Madignano.

8) ROGGIA MOLINARA

La roggia Molinara ha origine da acque di fontanile a Trezzolasco in comune di Sergnano; sviluppa il proprio percorso con direzione parallela al fiume Serio ed entra in territorio di Crema in corrispondenza del il confine settentrionale con il comune di Pianengo, e qui segue in lato orientale la S.P. 591 e la via Mulini nella zona settentrionale della città di Crema. Si riunisce quindi con la roggia Morgola per raggiungere il fiume Serio in località Palata della roggia Borromea; detto manufatto incorpora infatti una botte-sifone a mezzo della quale le acque della roggia Molinara sottopassano il letto del Serio e sfociano direttamente nel cavo Borromea, dove quest'ultimo deriva direttamente dal fiume Serio in sponda sinistra a valle della traversa.

La roggia Molinara presenta uno sviluppo di 4.200 m. e, in relazione all'alimentazione da risorgive, ha portate invernali superiori a quelle estive; le prime sono di circa 1.500 l/sec, mentre le seconde non superano i 1.000 l/sec.

9) ROGGIA MORGOLA

Posta nel territorio a nord della città di Crema ad ovest del Serio, proveniente da Fornovo in provincia di Bergamo, fornisce acque irrigue per i terreni posti nei comuni di Sergnano, Pianengo, Campagnola Cremasca e Crema.

Per mezzo di bocche di derivazione della roggia Morgola, vengono alimentati bocchelli e rogge fra i quali la roggia Schiava (o roggia delle Schiave) in sponda sinistra; questa irriga terreni posti anche in comune di Crema nel settore nord. Sull'asta principale e in quella di derivazione "Ramo Morgolone", in passato venivano alimentate di forza motrice numerose ruote idrauliche nella zona di S. Maria della Croce.

I terreni serviti di acque irrigue dalla roggia Morgola, originariamente di 659 ha., hanno subito col tempo la riduzione a 630 ha. a causa dei processi di urbanizzazione della frazione S. Maria della Croce, mentre le utenze industriali sono tutte cessate.

Lo sbocco finale della roggia trova recapito in Comune di Crema nella roggia Molinara, a sua volta sfociante nel Serio in località Palata della roggia Borromea.

La portata della roggia Morgola al sottopasso della roggia Alchina, è attualmente valutabile in 8÷900 l/sec, che vengono impinguati da 130 l/sec emunti attraverso un pozzo posto in comune di Sergnano, realizzato nel 1984 allo scopo di arricchire la dotazione nei periodi di particolare carenza.

10) ROGGIA SENNA (O SENA)

Il corso d'acqua ha origine da fontanili presso la cascina Montizzolo in comune di Caravaggio e prosegue il proprio corso verso sud, attraversando il territorio di Sergnano, nel quale, in località Valdroghe, si divide in due rami che, scorrendo paralleli per tutto il loro corso, attraversano il comune di Campagnola Cremasca ed entrano da nord in territorio di Crema, dove convergono nel Canaletto e quindi nel fiume Serio a monte del ponte-canale del Vacchelli.

Il corso d'acqua presenta uno sviluppo longitudinale complessivo di 23.000 m., irrigando un comprensorio di 312 ha. con una portata variabile tra i 500 ed i 900 l/sec.

11) ROGGIA RINO (O ROGGIA FONTANA)

È una delle rogge con andamento meridiano che scendono verso la città di Crema, nel territorio compreso fra il Serio ad est e la zona ribassata del Moso ad ovest e recapitano infine le proprie acque nel Serio.

Le acque del Rino ebbero, prima della funzione irrigua, una valenza strategica, di approvvigionamento idrico dei fossati difensivi esterni alla cinta muraria cittadina e di trasporto via acqua.

In seguito, venuta meno l'originaria funzione, le acque furono utilizzate per l'irrigazione, oltre che per fornire energia alle ruote dei mulini e, all'interno della città, per l'evacuazione dei rifiuti.

Alla roggia Rino viene attribuita una antica origine che la vede esistere già alla fondazione di Crema in epoca longobarda (570 d.C.), allorché la roggia Crema (scomparsa) costituiva la fossa difensiva e delimitante la città.

L'anello costituito dalla roggia Rino intorno al centro storico fu in gran parte interrato nel 1946; il tratto esistente entra in città ad est di Porta Tadini, giunge ai giardini pubblici e sfocia nel Serio a valle del ponte di Via Cadorna.

La roggia Rino nasce nel territorio di Caravaggio da acque sorgive e colatizie dei territori a monte, ma riceve anche i contributi, in tale territorio, delle rogge Volongo e Carnadecco; attraversa i territori comunali di Capralba, Campagnola Cremasca (dove dà origine alla roggia Rinetto) e Crema, irrigandoli, con estensione di tale funzione a quelli di Sergnano e Casaletto Vaprio.

In territorio comunale cremasco versa parte del proprio contenuto nel Serio, nei pressi della colonia fluviale, mediante il diversivo "Canaletto" (realizzato negli anni '30); prosegue quindi attraverso l'abitato cittadino sfociando mediante la roggia Misserina, nel cavo colatore Cresmiero, a sua volta tributario del fiume Serio.

Eroga le proprie acque irrigue per mezzo di bocche che diramano in sponda sia sinistra che destra; fra questi ultimi, si ricordano i bocchelli Rinetto, Rinettino, Bocchellone e Misserina. L'erogazione alle singole bocche avviene in modo continuo, in quanto le acque irrigue residue riconfluiscono sotto forma di coli ad uso delle utenze inferiori.

La portata attuale, sia pure variabile in quanto dipendente dagli andamenti stagionali, viene valutata in circa 1.300 l/sec, per l'irrigazione di complessivi 1.268 ha., che hanno subito negli ultimi decenni un decremento pari al 10% circa in seguito all'espansione dei nuclei urbani.

12) MOSO – COLATORE CRESMIERO

Il Moso rappresenta una antica depressione incisa nel piano generale terrazzato cui può essere attribuita un'origine legata alle ampie divagazioni e fasi erosive in epoca post-glaciale da parte dei principali corsi d'acqua naturali: il Serio e l'Adda; l'estensione, l'orientamento e le caratteristiche dell'area in oggetto ne fanno attribuire l'origine al secondo piuttosto che al primo dei fiumi citati.

La depressione dei Mosi, che comprende l'intera porzione nord-occidentale del territorio comunale di Crema, si estende verso nord-ovest con una forma allungata di circa 8 Km., con ampiezza di circa 3 Km. e comprende anche i territori comunali confinanti di Bagnolo Cremasco e Cremona. L'area si presenta disuniformemente depressa ed è marginata da scarpate morfologiche ben riconoscibili verso sud e sud-ovest, mentre tendono a sfumare verso nord e verso est, là dove alle antiche scarpate si sono sovrapposte nel tempo le infrastrutture e le strutture cittadine dei Sabbioni e di Ombriano.

Le scarpate, ove evidenti, verso sud-ovest raccordano il piano generale terrazzato con la depressione del Moso fra le cui superfici il dislivello massimo è di 3÷4 metri. La superficie topografica del Moso non si presenta uniformemente depressa; si rilevano infatti al suo interno zone variamente rilevate ed il piano topografico si eleva generalmente procedendo verso nord-est, dove le scarpate sono meno marcate ed alquanto frammentarie, fino a risultare irriconoscibili. Il Moso ha costituito per un lunghissimo periodo di tempo un'estesa palude dalla quale potevano emergere isole, specialmente nella parte settentrionale; le acque che vi convergevano dalle numerose risorgive dei territori a monte potevano determinare

l'ampliamento stagionale della palude in seguito alla maggiore o minore entità degli apporti. In tempi storici, la palude poteva inoltre essere ulteriormente alimentata, dagli abitanti di Crema, per ragioni di difesa riversando in essa le acque di alcune rogge che vi erano state fatte transitare, quali l'Acquarossa, l'Alchina ed il Rino, tuttora esistenti, ed anche la roggia Crema, in seguito interrata.

Le acque del Moso e delle rogge Rino e Crema vennero anche utilizzare per alimentare le fosse perimetrali delle difese cittadine di Crema; lo stesso Cresmiero, che immetteva le acque del Moso entro le fosse esterne cittadine, in seguito fu utilizzato per recapitare nel Serio quelle in esubero della palude.

Venuta a cadere la funzione difensiva e quindi strategica, l'ambiente palustre subì trasformazioni e le ampie superfici man mano prosciugate furono messe a coltura fino a che, alla fine del secolo scorso, in seguito alla realizzazione del canale Vacchelli, ne furono definitivamente drenate le acque e dell'antica palude rimane esclusivamente la depressione morfologica solcata da una fitta rete di profondi canali aventi la funzione di mantenere depresso il livello freatico e di smaltire quelle in esubero nel colatore Cresmiero.

Il colatore Cresmiero rappresenta attualmente il principale elemento di raccolta e drenaggio delle acque della depressione dei Mosi, che vengono da questo recapitate nel fiume Serio.

Il corso d'acqua ha origine all'estremità sud-occidentale della depressione morfologica del Moso, dove riceve le acque dal cavo Senassone proveniente da nord, interseca poi la parte meridionale più depressa dell'antica palude con direzione O-NO verso E-SE, scende quindi entro le aree urbane meridionali della città di Crema e, fino ai primi anni 80, sfociava nel fiume Serio qualche centinaio di metri a monte del ponte della S.S. 415. In seguito all'evento di piena del Serio del 1979, allo scopo di evitare fenomeni di rigurgito delle acque di piena, fu realizzato un canale diversivo che spostò la foce del Cresmiero verso sud, oltre la tangenziale, a circa 1.000 m. da quella precedente.

Il colatore svolge la propria funzione ricevendo lungo la propria asta le acque in esubero delle seguenti rogge: la roggia Alchina attraverso le rogge Senassone e Turati, la roggia Castagnola, i coli Cremirolo e Cresmiero, la roggia Pestiola, le rogge Rino e Rinetto, la roggia Misserina.

13) ROGGIA ALCHINA

Ha origine raccogliendo acque sorgive e colatizie, su territorio bergamasco, riunite nella roggia Morla (detta anche roggia Rino).

La roggia Morla (roggia Rino) forma le rogge Molini e Frascata e da quest'ultima prende origine la roggia Alchina a sud di Mozzanica.

L'Alchina, scendendo verso sud lungo la via Bergamo, attraversa i comuni di Sergnano, Casaletto Vaprio, Cremosano, Trescore ed il territorio comunale di Crema.

In località Ombriano di Crema, in sponda sinistra, tramite la roggia Senazza ed il Cresmiero, le acque di piena vengono convogliate nel Serio; a valle dello scaricatore, l'Alchina alimenta le bocche più antiche delle rogge irrigue Alchinetta e Alchinetto Dolfin dei territori di Passerera, Casaletto Cerredano, Rovereto e Rubbiano.

La lunghezza complessiva dell'Alchina è di 20 Km. con livelletta irregolare compresa tra 0,7‰ e 1,9‰ e tratta finale in leggera contropendenza (0,26 m. su 3,5 Km.), e ciò ne rende difficile la

funzione irrigua nei periodi di accentuata scarsità, problemi che si sono accentuati con l'abbassamento della falda.

La portata dell'Alchina è assai variabile nelle diverse stagioni data l'origine da acque sorgive e colatizie; varia mediamente infatti da 5.000 l/sec, valore del diritto di derivazione per l'irrigazione di 2.057 ha. Il valore di 5.000 l/sec, che si riduce, in assenza di fenomeni meteorologici favorevoli, ad una quantità insufficiente di circa 3.000 l/sec, che costringe a supplire con quantitativi prelevati dalle rogge Comuna e Acquarossa.

14) ROGGIA ACQUAROSSA

E' una delle più importanti ed antiche rogge del territorio cremasco; essa trae corso principalmente dai fontanili posti nei territori di Azzano, Torlino Vimercati, Pieranica e Trescore, oltre che ad altri fontanili che sono pertinenti al consorzio di gestione di Acquarossa, che provvede alla loro manutenzione derivandone le acque in esubero e ripiglio. Nel corso medio e inferiore, la rogge Acquarossa riceve anche acque colatizie dai cavi Remortizzo, Orietta (o Quarantina), Misana (Vecchia Cremasca), tra le quali le ultime due fanno capo al Consorzio Roggia Comuna ed Unite.

La rogge Acquarossa presenta andamento N-S del proprio corso, che, piuttosto tortuoso inizialmente, si va via via rettificando raggiungendo il territorio comunale di Crema da NO dal Moso di Bagnolo, del quale manteneva le paludi fino all'inizio del secolo; essa venne in seguito arginata per accelerare la bonifica di tali territori, sostenuta, lungo il confine comunale nord-orientale, dal corso della rogge Alchina, cui si affianca per breve tratto, ricevendone sostegno alle proprie arginature.

In territorio di Crema, la rogge attraversa l'abitato di Ombriano, dove, dopo aver sottopassato con tomba a sifone la rogge Comuna, entra in territorio di Capergnanica, ove l'asta principale ha termine. Successivamente, le acque vengono ripartite in 4 bocchelli che vengono denominati attraverso i rispettivi territori di competenza.

La portata della rogge Acquarossa in regime medio viene mediamente stimata in 2.500 l/sec, con portate di piena che si innalzano, in conseguenza della notevole estensione dei territori tributari, fino a valori di circa 7/8.000 l/sec. Tali notevoli portate, in assenza di scaricatori, producono talora dannose esondazioni che potrebbero essere eliminate deviando le acque in esubero nel canale Vacchelli in corrispondenza del sovrappasso localizzato nel Moso di Bagnolo-Vaiano.

15) ROGGIA COMUNA

Le acque derivate dall'Adda attraverso il canale Retorto a monte di Cassano d'Adda alimentano la rogge Pandina e la rogge Cremasca; quest'ultima, detta anche Badessa, si unisce alla rogge Misana (o Comuna vecchia), che, proveniente da NE, raccoglie, presso Misano, le acque di un vasto complesso di risorgive noto come "i fontanili dei Mosi". Col nome di rogge Comuna attraversa i territori di Scannabue, Vaiano e Bagnolo, e giunge ad Ombriano di Crema in località "Morti delle 3 Bocche". Sempre con il nome di Comuna veniva utilizzata per azionare mulini ora tutti smantellati. Prosegue, irrigandone i territori, per Ripalta Cremasca, Moscazzano, Ripalta Guerina e Montodine, dove sfocia nel Serio a sud dell'abitato.

Lo sviluppo della roggia Comuna è di circa 35 Km.; essa serve attualmente 5.740 ha. di terreno del comprensorio diretto (4.940 ha. con le acque derivate dall'Adda ed 800 ha. con acque di fontanili).

Le rogge Comuna e Misana irrigano quindi la parte occidentale del territorio cremasco, che usufruisce anche della roggia Orietta e della roggia Senassa; la prima è formata da risorgive nell'area di Farinate di Capralba e la seconda prende origine da fontanili e colli del territorio di Trescore e del Moso di Ombriano.

Per quanto riguarda le portate derivate dal fiume Adda attraverso il Retorto, la concessione, che fino al 1951 era di 153 moduli estivi e 63 invernali, fu aumentata nel 1990, limitatamente a quelli estivi, a 180 moduli massimi, di cui i 3/5 a favore della roggia Cremasca e 2/5 a favore della roggia Pandina.

La roggia Cremasca deriva quindi dall'Adda un quantitativo massimo pari a circa 10.800 l/sec, che distribuisce ai molti bocchelli lungo il proprio corso; le portate massime misurate nel periodo irriguo sono di 6.000 l/sec.

5.7 IDROLOGIA DEL FIUME SERIO

5.7.1 PREMESSA

In questo capitolo vengono presi in considerazione gli aspetti salienti delle fondamentali problematiche idrologiche del fiume Serio, con particolare attenzione al tratto d'asta di pianura dello stesso.

Oltre ad una descrizione succinta del bacino idrografico complessivo del corso d'acqua, vengono espresse considerazioni circa l'aliquota di piovosità critica dei bacini di monte e di valle, si descrive la morfometria essenziale del tratto di pianura dell'asta fluviale e si valutano le conseguenze dell'evento alluvionale calamitoso occorso nel settembre 1979; queste ultime serviranno anche ad introdurre efficacemente le problematiche idrauliche in essere relative al tratto del corso d'acqua che direttamente interessa il nucleo urbanizzato della città di Crema, a monte ma, soprattutto, a valle della traversa Borromea.

Volendo fare riferimento all'esonazione di carattere eccezionale verificatasi in data 21/22 settembre 1979, si è ricorsi allo studio prodotto dal Consorzio Idraulico di 3^a categoria del fiume Serio, approvato dal Consiglio dei Delegati di tale Ente nel novembre 1986, e all'indagine tecnica, testualmente riportata da detto studio, redatta a cura del collegio dei periti nominato dalla Procura della Repubblica di Crema allo scopo di accertare le cause dell'inondazione del territorio cremasco verificatasi alla data predetta.

Si ritiene che gli studi citati possano rappresentare, per l'autorevolezza della fonte, per l'accuratezza delle indagini esperite, nonché per la dovizia dei dati tecnici riportati, un elemento fondamentale di valutazione.

L'evento verificatosi nel settembre 1979 è stato ritenuto di portata significativa ai fini della valutazione degli effetti sul territorio di un fenomeno con tempo di ritorno cinquantennale.

In assenza dei dati oggettivi forniti dai lavori citati, risulterebbe impossibile, nell'ambito di una indagine territoriale a carattere strettamente comunale, prendere in considerazione l'intero bacino imbrifero del corso d'acqua con uno studio di carattere idrologico sufficientemente approfondito.

5.7.2 PRINCIPALI LINEAMENTI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SERIO

Il bacino imbrifero del fiume Serio è totalmente compreso nelle provincie di Bergamo e Cremona; al suo interno si sviluppa l'asta fluviale avente origine dalle Alpi Orobiche, allo spartiacque di passaggio alla Valtellina, e sbocco alla foce nel fiume Adda, tra le quote assolute di poco inferiori ai 3.000 m. a monte e di 50 m. a valle.

L'asta fluviale presenta una lunghezza di circa 120 Km., di cui 38 nella zona montana, compresi fra lo spartiacque e la stazione idrometrografica di Ponte Cene, e 82 Km. nella zona di pianura che si chiude alla foce in Adda.

Il regime idrografico del corso d'acqua presenta caratteristiche torrentizie in quanto le alimentazioni delle stagioni estive e invernali sono ridotte a quelle delle sorgenti e dei nevai, peraltro di scarsissimo rilievo, mentre nel corso delle stagioni primaverili e invernali le portate di pianura presentano entità di 40 volte superiori a quelle di magra, fino a raggiungere, nel corso di eventi eccezionali, portate anche dell'ordine di cento volte quelle di magra.

Per quanto riguarda la superficie del bacino imbrifero, si può indicare un'entità complessiva di 1.200 km², suddivisa in 455 Km², per la porzione montana fino a Ponte Cene (ove il fiume raggiunge il modulo massimo alpino, superando in 60 Km. un dislivello di circa 2.700 m.) e in 745 Km² circa per la porzione di pianura da Ponte Cene fino allo sbocco in Adda, di cui 560 Km² fino alla stazione di Crema, ove i dislivelli presentano valori della pendenza molto ridotti.

Nel tratto di pianura, l'alveo fluviale presenta, tra Ponte Cene e Romano di Lombardia, un letto largo ed irregolare, ove le acque divagano entro le proprie alluvioni con canali anastomosati per passare quindi, in corrispondenza di Mozzanica, ad una valle fluviale di dimensioni più contenute e maggiormente incisa, entro la quale inizia l'andamento divagante e quindi meandriforme dell'asta fluviale.

Nel tratto di monte il fiume risulta alimentato dalle confluenze montane e la portata non subisce alcun impoverimento da derivazioni artificiali, mentre nel tratto di valle sono frequenti le

derivazioni per uso irriguo e quelle per scopi industriali; queste ultime, pur prelevando notevoli quantitativi, restituiscono interamente le portate derivate dopo la produzione di energia elettrica.

In relazione al rapporto precipitazioni-portate del corso d'acqua, valgono le seguenti notazioni:

- Il bacino del fiume è soggetto al regime sublitoraneo alpino, caratterizzato da un minimo principale nei mesi invernali, da un minimo secondario nei mesi estivi e da due massimi nelle stagioni intermedie.
- Le precipitazioni si verificano principalmente sotto forma di piogge; quelle nevose delle porzioni di bacino più elevate non sono rilevanti in quanto di limitata entità e tali da farne escludere il contributo in riferimento al trasferimento del loro effetto al periodo primavera-estate.
- In relazione alle caratteristiche del bacino imbrifero, assumono preponderante importanza, nell'ambito della pluviometria, gli effetti relativi a distribuzione ed entità delle piogge intense, anche se di breve durata; queste provocano infatti, visto il carattere torrentizio del corso d'acqua, repentine situazioni di precarietà.
- In relazione alla mancanza di grandi invasi in grado di regolare le portate, il regime di deflusso del corso d'acqua riproduce molto da vicino quello delle precipitazioni, con portate massime che si registrano nei mesi di aprile-maggio e nel bimestre ottobre-novembre.

5.7.3 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO COSTITUITO DALL'EVENTO DI PIENA DEL 21/22 SETTEMBRE 1979

Si deve premettere che, da rilevazioni effettuate alla sezione di Ponte Cene, in relazione alle caratteristiche del bacino montano, il coefficiente di deflusso, a tale sezione, è dell'ordine di 0,8÷0,9: tale accentuato valore individua una scarsa entità delle perdite del bacino montano.

Da osservazioni statistiche, si sono registrati, per le portate al colmo a Ponte Cene, valori relativi alle massime piene annuali compresi fra 130 e 530 m³/sec.

I dati reali rilevati alla stessa sezione sono espressi nella seguente tabella:

Portate del fiume Serio rilevate a Ponte Cene	
Magra eccezionale	4,30 m ³ /sec
Magra ordinaria	5,00 m ³ /sec
Modulo medio	12,00 m ³ /sec
Portata di morbida	45,00 m ³ /sec
Piena ordinaria	200,00 m ³ /sec
Piena eccezionale	650,00 m ³ /sec

I dati espressi confermano quelli emersi da elaborazioni statistiche calcolati col metodo di Gumbel, che individuano, per i tempi di ricorrenza, i seguenti risultati:

Portate probabili di piena del fiume Serio a Ponte Cene					
Tempi di ricorrenza T(anni)	5	10	20	50	100
Portata al colmo Q max (m ³ /sec)	290/340	340/400	400/520	450/620	620/700

Per quanto riguarda la porzione montana del bacino in riferimento all'evento in oggetto, sono significativi il dato della piovosità e quello delle massime portate alla sezione di Ponte Cene: il primo indica che nei giorni 21/22 settembre 1979 in alta Valle Seriana si ebbe una piovosità totale di 200 mm, il secondo è quello relativo alle portate prodotte con un'onda di piena protrattasi dalle ore 18.00 del giorno 21/9 alle ore 14.00 del giorno 22/9, in corrispondenza della quale si ebbero valori massimi di portata pari a 350 m³/sec dalle ore 3.00 alle ore 6.00 del giorno 22/9.

Nello stesso periodo, anche l'intero bacino di pianura fu sottoposto a intense precipitazioni che fecero registrare valori complessivi di 139 mm., dalle ore 20.00 del giorno 21/9 alle ore 6.00 del giorno 22/9.

Le precipitazioni furono pertanto diffuse sull'intero bacino e determinarono come conseguenza un fenomeno eccezionale. L'effetto delle precipitazioni produsse complessivamente fenomeni di esondazione e allagamenti di territori agricoli e urbani, compresa la città di Crema, il giorno 22/9 ad iniziare dal comune di Mozzanica e verso valle.

Risultando difficoltoso determinare analiticamente il quantitativo derivante dalle precipitazioni sulla porzione del bacino di pianura posto a monte della città di Crema, per risalire ai valori i portata è stata adottata una metodologia basata sugli effetti registrati alle varie sezioni del territorio in studio; si è così rilevato che in territorio cremasco, a fronte di una capacità dell'alveo di contenere senza danni una portata defluente dell'ordine di 150-200 m³/sec, le possibili portate transitate il giorno 22/9 sono state dell'ordine di 500÷600 m³/sec. Tali portate sono il risultato della somma di quelle del bacino di monte e di quelle relative al bacino di pianura fino alla sezione di Crema in seguito alle citate piovosità dei due ambiti.

Gli afflussi meteorici registrati sulla porzione del bacino di valle anzidetto hanno fatto determinare, con un discreto grado di attendibilità, che il contributo di detto ambito alla portata del fiume alla sezione di Crema è stato pari a 400 m³/sec.

La somma delle portate di monte e di valle porta a computare un valore complessivo di 750 m³/sec, sempre alla sezione di Crema; considerando che la portata reale a Crema è stata poi di 500÷600 m³/sec, si evidenzia una disparità nei dati espressi. Questa è stata attribuita all'effetto della vistosa capacità di laminazione della portata di monte nel tratto d'alveo posto a valle di Ponte Cene fino all'altezza di Mozzanica, corrispondente al percorso del corso d'acqua sulla propria conoide di deiezione a componente litologica prevalentemente ghiaiosa, con forte permeabilità dei materiali che ne costituiscono il già citato ampio alveo.

Nel corso dell'evento in analisi, in corrispondenza della superficie delle aree esondate, dove prevalgono condizioni di forte permeabilità del materasso alluvionale, le acque dell'onda di piena, distribuendosi nell'area di golena avente ampiezza variabile fra i 600 ed i 1.000 m., determinarono un'altezza media del tirante d'acqua di circa 0,50 m., con conseguenti condizioni di forte rallentamento sulla velocità della corrente. Si ebbe pertanto, con il disperdimento in falda, un notevole effetto di laminazione della portata con forte decapitazione della punta di piena.

La riduzione della portata in transito, valutabile nell'ordine del 50%, ebbe come effetto, all'altezza di Mozzanica, il ridimensionamento della portata registrata a ponte Cene, e quindi da 350 m³/sec a valori dell'ordine di 150÷200 m³/sec.

La portata relativa al bacino di monte, così ridotta in seguito alla laminazione, sommata ai 400 m³/sec attribuiti al bacino di pianura, fornisce il valore di 500÷600 m³/sec della portata dell'onda di piena alla sezione di Crema.

5.7.4 CARATTERISTICHE DELL'ALVEO FLUVIALE IN COMUNE DI CREMA

A valle di Mozzanica l'alveo fluviale muta le proprie caratteristiche in relazione al passaggio fra le ultime propaggini della conoide di deiezione e la pianura alluvionale, pressochè coincidente con il confine amministrativo tra le province di Bergamo e Cremona.

Mutano infatti sia la pendenza dell'alveo che le caratteristiche litologiche delle alluvioni: la pendenze si riduce a valori prossimi all'1‰, con conseguente brusca diminuzione dell'entità del trasporto solido e delle dimensioni granulometriche dei materiali depositati, che passano dalle ghiaie prevalenti alle sabbie ghiaiose ed ai limi.

In tali condizioni, il fiume è costretto a passare da una facies idraulica a canali intrecciati a quella prevalentemente meandriforme con canale singolo.

Il passaggio è marcato anche da una differente situazione pedologica delle aree golenali: queste si presentano ampie e con orizzonti aerati prevalentemente ghiaiosi, quindi sterili, a monte di Mozzanica, mentre a valle della località citata risultano più ristrette, con ridotta permeabilità, costituite da prevalenti materiali fini e quindi dotate di un'orizzonte superficiale fertile, che consente lo sfruttamento agricolo fin quasi a ridosso dell'alveo di magra.

Queste ultime condizioni si rilevano fino alla foce in Adda, e quindi anche lungo il tratto della valle fluviale compreso nel comune di Crema.

Nell'ambito del territorio comunale risulta inoltre evidente una marcata differenza fra le condizioni del tratto d'alveo posto a monte della traversa Borromea e quelle di valle rispetto a quest'ultima.

5.7.5 SITUAZIONE A MONTE DELLA TRAVERSA BORROMEA

Oltre a quanto già espresso in ordine alle caratteristiche generali della valle fluviale sia per l'alveo attivo che per le aree golenali, si rileva che nel tratto in oggetto l'alveo fluviale si presenta con ridotte dimensioni e con andamento spiccatamente meandreggiante. L'alveo, in tali condizioni, non è in grado di contenere portate dell'ordine di $150\div 200 \text{ m}^3\text{sec}$ senza tracimare. Tali eventi di piena si verificano con tempi di ritorno dell'ordine di 2-5 anni, con parziale esondazione delle aree golenali, ed in special modo:

- a) nei pressi del confine con il comune di Pianengo in sponda destra, dove si assiste al ricorrente fenomeno del salto del meandro con deflusso delle acque da nord verso sud fino ad interessare i laghi della cava di C.na Boscarina;
- b) immediatamente a monte della cava Isolotto, in sponda sinistra, dove le acque di tracimazione, immettendosi nel lago di cava, ne percorrono l'intero sviluppo verso S-SO, ritornando nella loro sede naturale $5\div 600 \text{ m}$. più a valle, dove provocano il dissesto della sponda sinistra.

Le esondazioni con caratteristiche eccezionali, dell'ordine di $5\div 600 \text{ m}^3\text{/sec}$, sommergono l'intera valle alluvionale per un'ampiezza anche superiore ai 1000 m, arrecando danni ai terreni agricoli ed alle pertinenze rurali.

Il tratto della valle alluvionale compreso in comune di Crema fino in prossimità della traversa Borromea si presenta piuttosto ampio e con caratteristiche sostanzialmente naturali; le esondazioni fluviali coinvolgono ampi territori golenali entro i quali possono espandersi liberamente arrecando danni di entità limitata all'esercizio delle pratiche agricole.

La suddetta situazione muta bruscamente in corrispondenza della traversa Borromea, dove si assiste ad un restringimento naturale della valle alluvionale, ulteriormente accentuato dalle strutture antropiche realizzate a ridosso dell'alveo di magra in sponda sinistra e poco distanti, in sponda destra; in entrambi i casi, le arginature convergono in modo deciso verso le rispettive strutture di sponda della traversa Borromea, portando la sezione dell'alveo di piena fino ad una dimensione coincidente con quella di magra in corrispondenza della traversa Borromea. Nella situazione descritta, le acque dell'onda di piena, che possono esondare l'intera valle alluvionale a monte, vengono convogliate dalle arginature verso la sezione della Traversa, determinando nel corso dell'evento di piena pressioni anomale sulle arginature ed un contemporaneo aumento della velocità della corrente. In tali condizioni appare evidente la situazione di rischio, specialmente per gli insediamenti abitativi posti nel comparto a tergo dell'opera di difesa in sponda destra.

La traversa Borromea presenta uno sviluppo lineare pari a 100 m. e consente il transito di una portata di circa 550 m³/sec con un'altezza del pelo libero sopra lo stramazzo pari a 1,90 m., alla quota assoluta di m (73,3 + 1,90) = m 75,20, a fronte di una quota media delle citata arginature che vi convergono di circa 76,00 m.

Detto stato di fatto mette in condizioni di prevedibile rischio l'intera zona abitata compresa fra Via Alberelle e Via dei Carmelitani, in sponda destra.

5.7.6 SITUAZIONE A VALLE DELLA TRAVERSA BORROMEA

Il tratto di valle fluviale posto a sud della Traversa Borromea è quello che, in corrispondenza del centro abitato di Crema, ne coinvolge più direttamente l'urbanizzato e le infrastrutture; infatti, la valle fluviale presenta condizioni naturali di ampiezza ridotta, ma soprattutto è interessata fin quasi al margine dell'alveo di magra da insediamenti e infrastrutture, ivi compresi il ponte-canale Vacchelli, il ponte ferroviario e due ponti stradali; il terzo ed ultimo ponte, quello della tangenziale, di più recente e adeguata realizzazione, non costituisce problemi dal punto di vista idraulico.

Nel tratto considerato, l'asta fluviale, fino alla sezione del ponte della ex S.S. 415, perde il caratteristico andamento meandriforme, probabilmente anche a causa dell'assetto morfologico locale del tratto di incisione valliva in esame; questa, con le proprie caratteristiche morfometriche, ne ha presumibilmente condizionato l'andamento. A valle del ponte della statale, con il naturale allargamento dell'incisione valliva, si ripresenta il tipico andamento meandriforme del tracciato.

Con particolare riferimento al tratto d'alveo, compreso fra la Traversa Borromea ed il ponte della ex S.S. 415, avente sviluppo complessivo di 886 m, si precisa che al momento della piena del

1979 il colatore Cresmiero confluiva nell'alveo del Serio in sponda destra qualche centinaio di metri a monte del ponte della statale.

In ordine alla capacità di smaltimento delle piene del citato tratto d'alveo, gli unici dati attendibili in possesso consentono le seguenti osservazioni

- La attuale sezione d'alveo, anche in seguito alle opere di ricalibratura, può smaltire una portata (considerando una velocità della corrente pari a 2 m/sec) non superiore ai 400 m³/sec.
- Il deflusso delle onde di piena resta comunque condizionato dal restringimento delle sezioni in corrispondenza dei ponti sopra citati.
- La situazione più problematica è quella relativa al ponte della ex S.S. 415, in quanto la sezione utile risulta quasi esclusivamente limitata alla campata principale, poichè le luci laterali, su entrambe le sponde, sono in larga misura occupate dalle arginature e dai terrapieni di accesso al ponte.

Sempre in riferimento al tratto d'alveo traversa Borromea - Ponte ex S.S. 415, in considerazione di quanto sopra espresso e tenendo come modello la piena del 1979, cui è stata attribuita una portata pari a 500÷600 m³/sec, è possibile riassumere come segue l'evoluzione e le conseguenze di tale evento eccezionale:

- Con la portata dell'onda di piena di 500÷600 m³/sec, il livello delle acque in corrispondenza del ponte della S.S. ha raggiunto la quota di 71,15 m, tale quindi da produrre battente in corrispondenza del manufatto ed un conseguente fenomeno di rigurgito.
- La propagazione verso monte del rigurgito ha interessato tutto il tratto d'asta fino alla traversa Borromea e la quota delle acque al ponte della statale di 71,15 m. ha presieduto e determinato tutti i fenomeni di allagamento registrati nella città di Crema.
- L'innalzamento del livello idrometrico, accentuato dal fenomeno di rigurgito, ha condizionato il regolare deflusso delle acque provenienti dal Colatore Cresmiero, le quali, trovando impedimento al loro sbocco naturale, hanno innalzato il proprio livello al di sopra delle sponde (poste alla quota 69 m.), aggravando in tal modo la già precaria situazione dell'abitato nelle aree limitrofe a quest'ultimo corso d'acqua.
- Si fa in particolare rilevare che la quota di 71,15 m. al ponte della S.S. 415 ha rappresentato la quota minima di base del rigurgito e che tale livello è stato ampiamente superata dalle acque di piena nelle aree esondate poste a monte fino alla Traversa Borromea. Alcuni dati registrati durante l'evento indicano le quote assolute raggiunte con i valori di 70,88 m. in corrispondenza delle strutture del tiro a segno e di C.na Morti, 72,28 m. nelle adiacenze del ponte di Via Cadorna, e fino a 72,80 m. in corrispondenza della Colonia Fluviale Seriana. L'esondatazione verificatasi ha praticamente interessato, nel tratto in esame, l'intera valle alluvionale, coinvolgendo pesantemente tutte le infrastrutture poste al suo interno.

5.7.7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In seguito ai risultati della perizia richiesta dal Tribunale di Crema successivamente all'evento di piena del 1979, furono suggerite dai tecnici estensori le opere idrauliche necessarie a scongiurare il ripetersi degli eventi calamitosi occorsi in tale frangente.

Fra queste si ricordano le seguenti:

- Ricalibratura del tratto d'alveo di magra intercorrente fra Mozzanica e la traversa della Roggia Borromea, tale da consentire il regolare deflusso di una portata di almeno 350 m³/sec, assicurando nel contempo la presenza di aree golenali in grado di assorbire le tracimazioni di onde di piena pari a 500÷600 m³/sec.
- Verifica e sistemazione del tratto d'alveo a valle della traversa Borromea fino al ponte della ex S.S. 415 per renderlo idoneo al transito di portate almeno simili a quelle dell'evento considerato (500÷600 m³/sec) e contemporanea conservazione di tutte le aree golenali ancora disponibili, da assoggettare a vincolo idraulico. Quest'ultimo è inteso come divieto assoluto alla realizzazione di nuovi insediamenti, oltre all'introduzione di forti limitazioni degli interventi sul patrimonio esistente. In corrispondenza del tratto d'alveo in esame, la regimazione da realizzare dovrebbe tendere a mantenere il pelo libero della corrente ad una quota inferiore ai 69 m. tale da impedire il rigurgito oltre tale quota anche del Colatore Cresmiero.
- Particolare attenzione viene auspicata per il mantenimento delle sezioni di deflusso in corrispondenza dei ponti, e ciò attraverso l'accurata pulizia e sgombero dei materiali depositati dalla corrente tendenti al loro intasamento.
- Ricalibratura del tratto d'asta a valle del ponte della ex S.S. 415 per favorirne il regolare deflusso in corrispondenza dello stesso e migliorare nel contempo le condizioni di deflusso nel tratto a monte.

* * * * *

Gli interventi auspicati sono stati in seguito eseguiti solo in parte; infatti:

- Nel tratto di monte l'alveo è rimasto inalterato per quanto riguarda la sezione utile di deflusso, essendo stati limitati gli interventi alla realizzazione di alcuni tratti di difesa spondale in corrispondenza dei meandri più accentuati.
- Nel tratto di valle, l'esecuzione della ricalibratura dell'alveo, stante la presenza dei numerosi insediamenti antropici lungo le sponde, non ha raggiunto l'auspicato ridimensionamento, tale da garantire lo smaltimento di portate di 500÷600 m³/sec. a causa della presenza di insediamenti e infrastrutture; le opere hanno dovuto infatti essere limitate a garantire valori di smaltimento di portate prossimi a 400 m³/sec.
- Le sezioni relative ai ponti sono rimaste pressochè inalterate, ed in particolare quella del manufatto della S.S. 415, che ha subito un modesto intervento di ampliamento di luce in corrispondenza della campata in sponda sinistra, con lo spostamento di un manufatto preesistente. Permane tuttavia la sostanziale inadeguatezza della sezione complessiva, che non garantisce lo smaltimento delle massime portate di piena previste.

- Appare viceversa significativa la ricalibratura dell'alveo a valle del ponte della statale, effettuata mediante allargamento, realizzazione delle difese di sponda, rifacimento delle arginature e complessivo miglioramento delle condizioni di deflusso delle onde di piena.
- Per quanto concerne il Cresmiero, è stato realizzato il massiccio intervento di deviazione verso valle del corso d'acqua, spostandone la confluenza nel Serio a sud della Tangenziale; se ne è pertanto definitivamente scongiurata la possibilità di rigurgito.

In base alle constatazioni espresse, si ritiene di poter affermare che, nonostante l'entità delle opere eseguite, permangono tuttora accentuate condizioni di rischio idraulico nei territori di pertinenza della valle alluvionale del fiume Serio, e ciò in modo particolare là dove, nelle suddette aree, sono presenti insediamenti abitativi e infrastrutture pubbliche e private.

I dati storici in possesso consentono di definire differenti scenari di rischio in relazione all'entità delle portate del corso d'acqua, che si realizzano generalmente, per il territorio cremasco, in concomitanza con accentuate piovosità diffuse sull'intero bacino idrografico, in particolare quando l'onda di piena relativa al bacino di monte raggiunge il territorio comunale sovrapponendosi a quella relativa alla porzione di pianura del bacino stesso. In tali frangenti, si raggiungono le condizioni dell'ordine di quelle della piena eccezionale verificatasi nel 1979, cui è possibile attribuire un tempo di ritorno cinquantennale con portate di 500÷600 m³/sec.

Con riferimento alle sopra citate condizioni di rischio, è stato dimostrato in modo evidente come, sia nel tratto a monte che in quello a valle della traversa Borromea, l'alveo del corso d'acqua non sia adeguatamente dimensionato a smaltire portate di tale entità. Si ritiene infine che anche portate inferiori possano determinare esondazioni, ed in particolare:

- portate superiori ai 200 m³/sec, cui sono attribuiti tempi di ricorrenza di 2÷5 anni, coinvolgono le aree golenali a monte della Traversa Borromea;
- portate superiori ai 400 m³/sec, cui sono presumibilmente attribuiti tempi di ricorrenza di 10÷20 anni, risultano critiche anche per vasti ambiti posti lungo il tratto a valle di Traversa Borromea, ed in modo accentuato per quello compreso fra quest'ultima ed il ponte della ex S.S. 415.

In questo tratto d'alveo, i già citati miglioramenti di natura idraulica realizzati con la ricalibratura dell'alveo, e soprattutto con la variazione di tracciato del colatore Cresmiero, che ne ha spostato lo sbocco in Serio più a valle, consentono di definire, per limitate porzioni in sponda destra, condizioni di rischio solo marginali rispetto ad eventi di piena eccezionale, in grado di interessare interamente l'alveo del corso d'acqua.

La limitata entità dei miglioramenti realizzati non permette comunque di escludere in modo definitivo il rischio di esondabilità per dette aree.

Queste ultime, nel capitolo relativo all'individuazione delle classi di fattibilità geologica (Cap. 12), verranno individuate come soggette a consistenti limitazioni alla variazione di destinazione d'uso delle particelle, soprattutto in relazione alla presenza dei residui fattori di rischio di esondabilità, mentre per le adiacenti porzioni di territorio costituenti i ripiani alluvionali del fiume Serio permangono gravi limitazioni all'uso del territorio direttamente connesse all'elevato rischio di esondabilità.

Bibliografia:

AA.VV. (1996) - *“Contributo allo studio delle acque della Provincia di Cremona”* – a cura di Bruno Loffi, Provincia di Cremona, Cremona.

BASSI G. (1985) – *“Idrografia della Provincia di Cremona”* – Provincia di Cremona, Assessorato all'Ecologia.

BASSI G., COOPERATIVA DI LAVORO G.I. (1981) – *“Le acque di superficie del territorio cremasco”* – Amministrazione Provinciale di Cremona, Comune di Crema.

BERETTA G.P., FRANCANI V., FUMAGALLI L. (1992) – *“Studio Idrogeologico della Provincia di Cremona”* – Collana Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale – Pitagora Editrice, Bologna.

CASTANY G. (1987) – *“Idrogeologia – Principi e Metodi ”* – Dario Flaccovio Editore.

CELICO P. (1990) – *“Prospezioni Idrogeologiche I”* – Liguori Editore.

DESIO A., VILLA F. (1960) - *“Stratigrafie dei pozzi per acqua della Pianura Padana, I Lombardia”* - Ist. Geol. Università di Milano.

DOSSENA G.C., VEGGIANTI A. - *“Variazioni climatiche e trasformazioni ambientali in epoca storica nel Cremasco: il Moso e il Lago Gerundo”* - *INSULA FULCHERIA* – xiv – 12/1984.

FERRARI U. (1985) - *“Un sistema idrografico al servizio di Crema”* - *SERIANE* 85.

FERRARI U. (1992) - *“L'evoluzione del basso corso del Serio in epoca storica e le interconnessioni territoriali derivate”* - *INSULA FULCHERIA* – xxii – 12/1992.

FRANCANI V. (1992) - *“Geologia applicata – 4. Idrogeologia generale”* - Clup.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI – MAGISTRATO PER IL PO (1986) – *“Carta dei suoli a rischio di inondazione del fiume Serio – Consorzio idraulico di 3^a categoria”*, (inedito).

PROVINCIA DI CREMONA – CENTRO DI DOCUMENTAZIONE AMBIENTALE (1995) - *“I fontanili e i bodri in provincia di Cremona”*.

PROVINCIA DI CREMONA (2003) - *“Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) ”* – Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità , Cremona.

PROVINCIA DI CREMONA – PROCURA DELLA REPUBBLICA DI CREMA (1981) - *“Relazione di perizia giudiziale riguardante le cause della inondazione del territorio cremasco e della città di Crema, previa verifica dello stato e andamento del corso del fiume Serio, delle opere idrauliche di difesa, degli invasi artificiali di monte e del loro esercizio, dell’entità delle precipitazioni e delle portate del fiume Serio in occasione dell’evento del 21-22 settembre 1979”*, (inedito).

REGIONE LOMBARDIA (2001) - *“Piano Territoriale Paesistico Regionale (P.T.P.R.)”* – Direzione Generale Territorio e Urbanistica, Milano.

REGIONE LOMBARDIA – ENI DIVISIONE AGIP (2002) – *“Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia”* – a cura di Cipriani Carcano e Andrea Piccin. S.EL.CA., Firenze.

REGIONE LOMBARDIA (2004) – *“Programma di tutela e uso delle acque”* – Direzione Generale Servizi di Pubblica Utilità – Unità Organizzativa Risorse Idriche, Milano.

UNIVERSITA’ DEGLI STUDI DI MILANO – PROVINCIA DI CREMONA (2007) – *“Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della Provincia di Cremona”* – a cura dei Prof. Gandolfi C., Ponzini G., Giudici M., Milano.

VERGA BANDIRALI M. (1985) - *“Cremosano: prime ricerche per una storia dei Mosi”* - SERIANE 85.

ALL. B-1

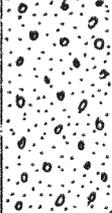
n°8 Colonne stratigrafiche relative all'esecuzione di piezometri "a tubo aperto"
opportunamente realizzati ai fini della ricerca

Tabella: Piezometri del Comune di Crema: coordinate chilometriche e quota dei n°18
piezometri utilizzati con indicazione delle soggiacenze rilevate

n°18 Diagrammi relativi agli andamenti dei livelli freatici rispetto al p.c.

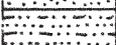
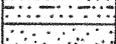
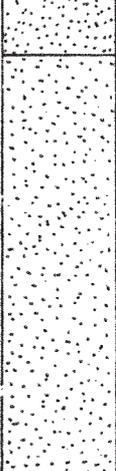
PIEZOMETRI DEL COMUNE DI CREMA

N°	Località piezometro	COORDINATE			3-9/8/96	22/10/1996	21/11/1996	24/01/1997	18/07/1997
		X (Est)	Y (Nord)	Z (Q. p.c.)					
1	Cascina Bosco	1.500.500	5.024.755	78,30	-1,17	-1,06	-0,95	-0,43	-0,58
2	Scuola Comunale "S. Stefano"	1.552.925	5.025.305	79,50	-3,01	-3,05	-3,11	-3,36	-2,42
3	Cimitero S. Maria della Croce	1.554.335	5.025.815	79,40	76,49	76,45	76,39	76,14	77,08
4	Cascina Boscarina	1.555.130	5.026.020	79,30	-3,68	-3,43	-3,50	-3,90	-3,69
5	Vivaio "Garden Smeraldo"	1.548.425	5.024.330	85,30	75,72	75,97	75,90	75,50	75,71
6	Vasca sponda destra Serio	1.555.170	5.025.270	75,20	-3,32	-3,40	-2,76	-3,80	-3,25
7	Sig. Fiorentini Osvaldo	1.554.470	5.025.590	79,20	75,98	75,90	76,54	75,50	76,05
8	Villa Ravani (Via S. Allende)	1.555.570	5.023.635	75,40	-6,18	-6,24	-6,45	-6,59	-6,30
9	Vivaio Rondò	1.555.190	5.022.390	70,90	79,12	79,06	78,85	78,71	79,00
10	Cimitero S. Bartolomeo dei Morti	1.553.985	5.022.302	72,20	-1,36	-1,12	-0,27	-1,70	-1,42
11	Località Sabbioni (N-O C.na Olmo)	1.551.898	5.022.075	80,00	73,84	74,08	74,93	73,50	73,78
12	Laboratorio "Idraulica Padana"	1.550.490	5.022.520	79,70	-3,89	-3,53	-3,47	-3,97	-3,87
13	Area Comunale "Via Braguti"	1.552.973	5.023.827	75,90	75,31	75,67	75,73	75,23	75,33
14	Piazza del Mercato (Est)	1.553.634	5.023.643	76,20	-3,02	-3,58	-3,65	-3,73	-3,33
15	Piazza del Mercato (Centro)	1.553.565	5.023.515	75,80	72,38	71,82	71,75	71,67	72,07
16	Piazza del Mercato (Ovest)	1.553.480	5.023.428	75,40	-2,20	-3,20	-3,14	-3,25	-2,17
17	Magazzini Comunali "S. Agostino"	1.554.188	5.023.350	75,30	68,70	67,70	67,76	67,65	68,73
18	Via E. Martini - F.S.	1.554.972	5.023.695	73,30	-5,36	-5,00	-4,68	-5,03	-5,30
					66,84	67,20	67,52	67,17	66,90
					-7,84	-7,80	-7,82	-7,63	-7,80
					72,16	72,20	72,18	72,37	72,20
					-5,70	-5,66	-5,70	-5,78	-5,76
					74,00	74,04	74,00	73,92	73,94
					-1,83	-1,70	-1,72	-2,01	-1,68
					74,07	74,20	74,18	73,89	74,22
					-4,46	-4,23	-4,13	-4,31	-4,20
					71,74	71,97	72,07	71,89	72,00
					-4,52	-4,31	-4,22	-4,35	-4,23
					71,28	71,49	71,58	71,45	71,57
					-4,23	-3,92	-3,88	-3,95	-3,73
					71,17	71,48	71,52	71,45	71,67
					-8,02	-7,60	-7,08	-7,58	-7,95
					67,28	67,70	68,22	67,72	67,35
					-5,00	-5,02	-5,06	-5,07	-5,04
					68,30	68,28	68,24	68,23	68,26

Loc. Comune		Cna BOSCO -Crema-		Sond. n.	
Prof.	Strat.	Descrizione	K	H ₂ O	Note
5		Ghiaia e argilla			
					
		Torba			
		Sabbia e ghiaia			
10					
15					
20					
m.					

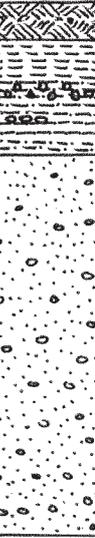
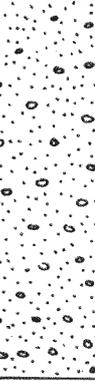
Loc. Comune SABBIONI (N-0 C.na Olmo) -Crema-

Sond. n.

Prof.	Strat.	Descrizione	K	H ₂ O	Note
					
		Sabbia			
		Sabbia limosa			
		Sabbia			
5		Sabbia			
		Sabbia grossa con livelli limosi e ghiaiosi			
10					
15					
20					
m.					

Loc. Comune Area comunale V. BRAGUTI -Crema-

Sond. n.

Prof.	Strat.	Descrizione	K	H ₂ O	Note
		<p>Argilla</p> <p>Argilla limosa con livelli ghiaiosi</p>			
5		Sabbia e ghiaia			
10					
15					
20					
m.					

Localita': Crema - P.zza del Mercato 29/7/1996

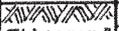
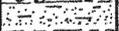
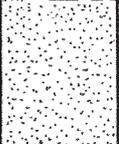
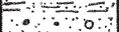
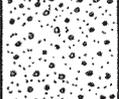
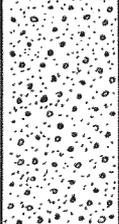
Sond.n° 1

Prof.	Strat.	Descrizione	K	H ₂ O	Note
5		Sottofondo stradale			Posa in opera di tubo piezometrico Ø 2" fessurato da mt. 6 a mt. 12 di profondita';
		Macerie in argilla sabbiosa con liv. org.			
		Sabbia con ghiaietto nero			
		Argilla grigia con rare inclusioni org.			
		Sabbia con ghiaietto			
		Sabbia medio-grossa con ciottoli			
		Sabbia limosa			
10		Sabbia grossa con ghiaia			
15					
20					
m.					

Prof.	Strat.	Descrizione	K	H ₂ O	Note
		Sottofondo stradale			Posa in opera di tubo piezometrico Ø 2" fessurato da mt. 3 a mt. 12 di profondita'
		Macerie in materiale di riporto sabbioso-limoso			
		Macerie			
		Sabbia grossa grigia con ciottoli			
5		Sabbia con ghiaietto e liv. sabbioso-lim.			
		Sabbia media grigia con locali ciottoli			
		Sabbia media e grossa con ghiaia, e livelletti di sabbia fine			
10		Sabbia grossa con ghiaia			
15					
20					
m.					

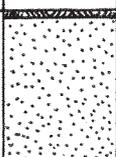
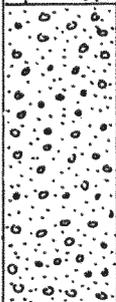
Localita': Crema - P.zza del Mercato 2/8/1996

Sond.n° 3

Prof.	Strat.	Descrizione	K	H ₂ O	Note
		Sottofondo stradale			Posa in opera di tubo piezometrico Ø 2" fessurato da mt. 3 a mt. 12 di profondita'
		Macerie in materiale di riporto sabbioso-limoso			
		Macerie in materiale argilloso			
		Sabbia media grigia con noduli limosi			
		Limo argilloso; deb. sabbioso, grigio			
5		Sabbia media grigia			
		Sabbia fine limosa			
		Sabbia media, grigio-marrone con ciottoli			
		Sabbia media grigia con ghiaia			
10		Sabbia grossa grigia con ghiaia			
15					
20					
m.					

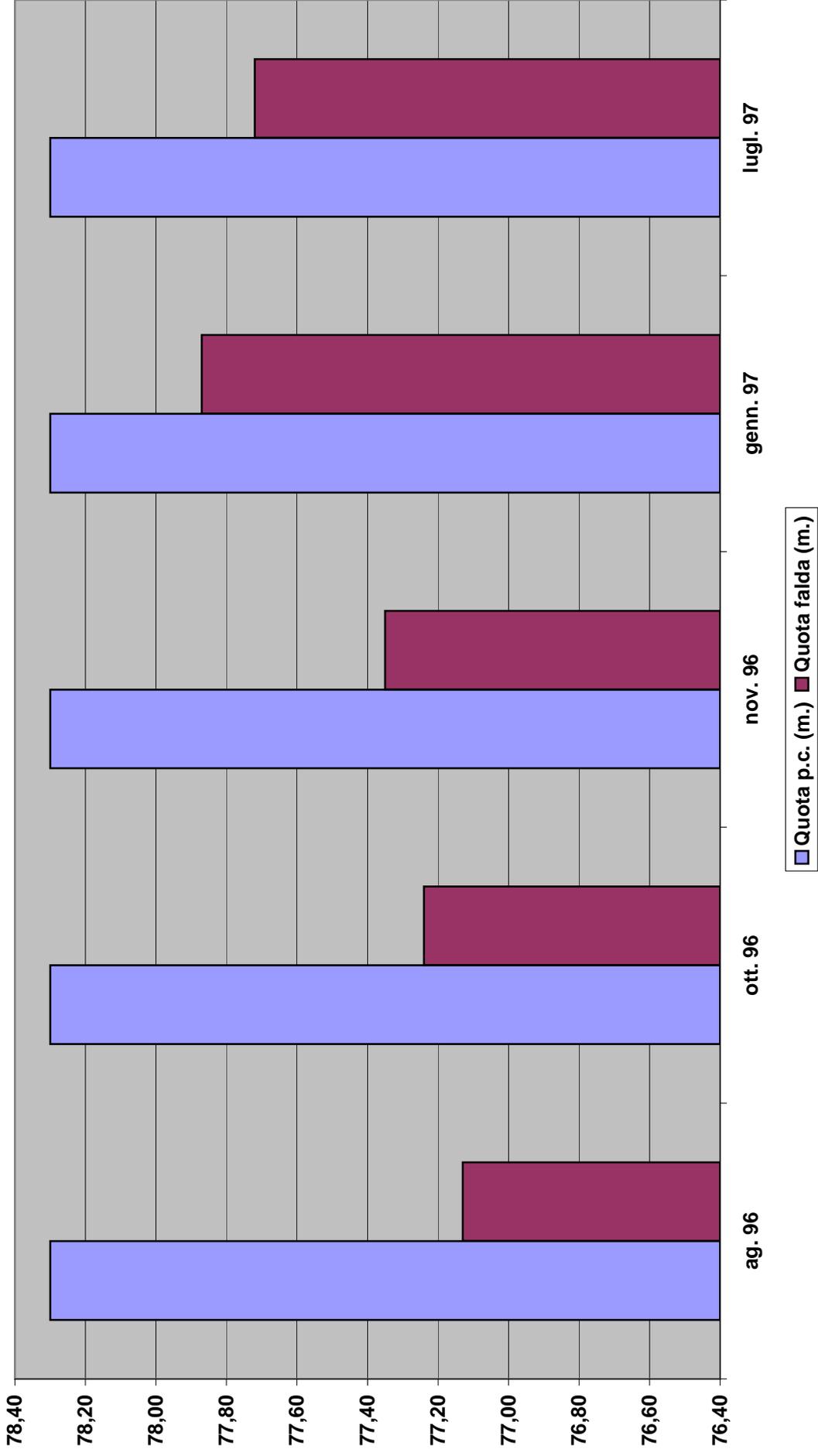
Loc. Comune Magazzini comunali S. AGOSTINO -Crema-

Sond. n.

Prof.	Strat.	Descrizione	K	H ₂ O	Note
		Sabbia			
5		Sabbia e ghiaia			
10					
15					
20					
m.					

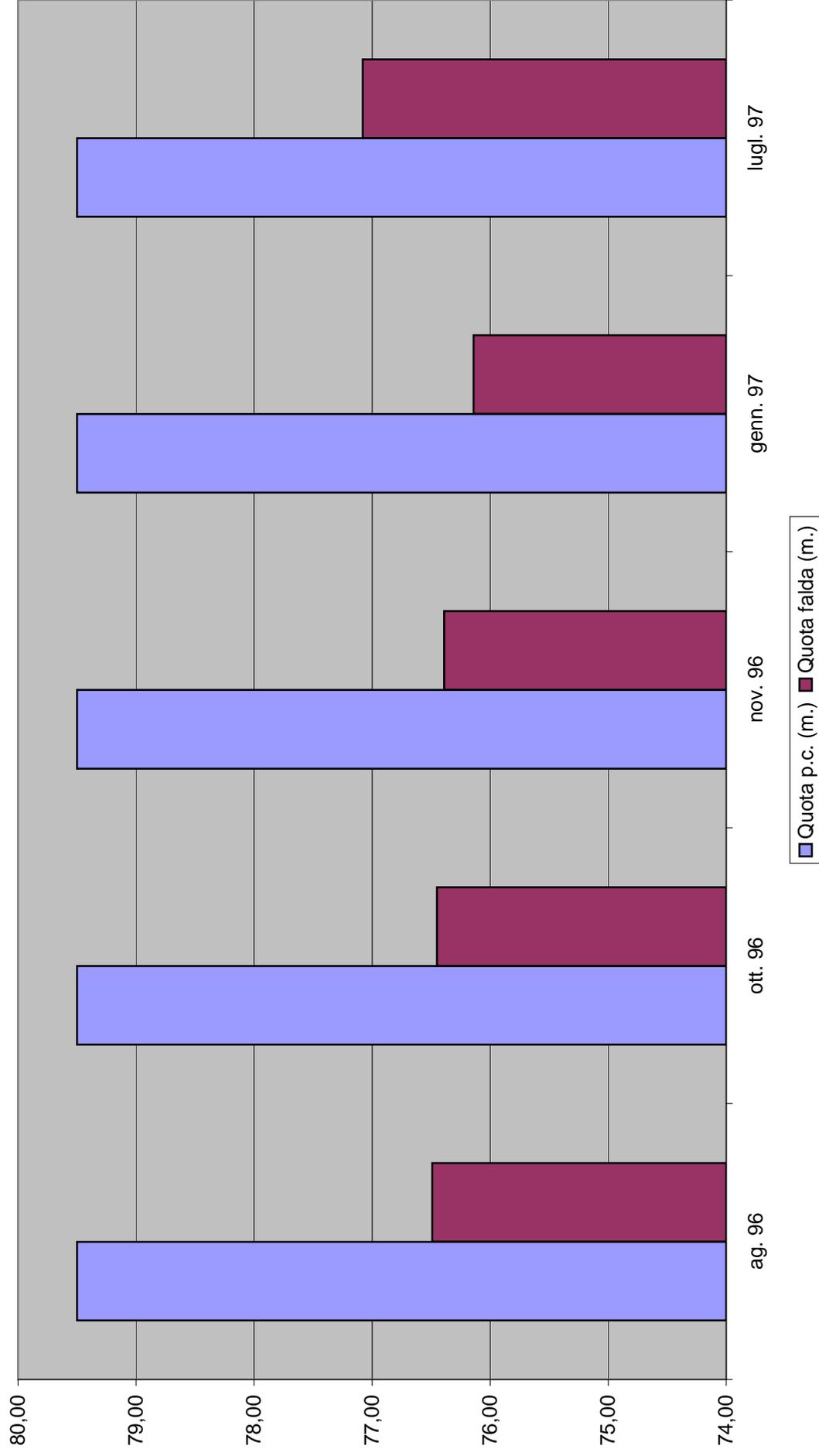
Prof.	Strat.	Descrizione	K	H ₂ O	Note
<p>5 10 15 20 m.</p>		Limi sabbiosi			
		Sabbia			
		Sabbia media grossa con ghiaietto			
		Sabbia e ghiaia			
		Sabbia medio fine con pochi ciotoli			
		Sabbia limosa			
		Sabbia e ghiaia			
		Sabbia limosa			
		Sabbia e ghiaia			
		Ghiaia e sabbia			
		Ghiaia grossa sabbiosa			
		Sabbia grossa e ghiaia			
		Sabbia e ghiaia			
		Sabbia grossa e ghiaietto			
		Ghiaia e sabbia			

Piezometro n° 1 - Cascina Bosco



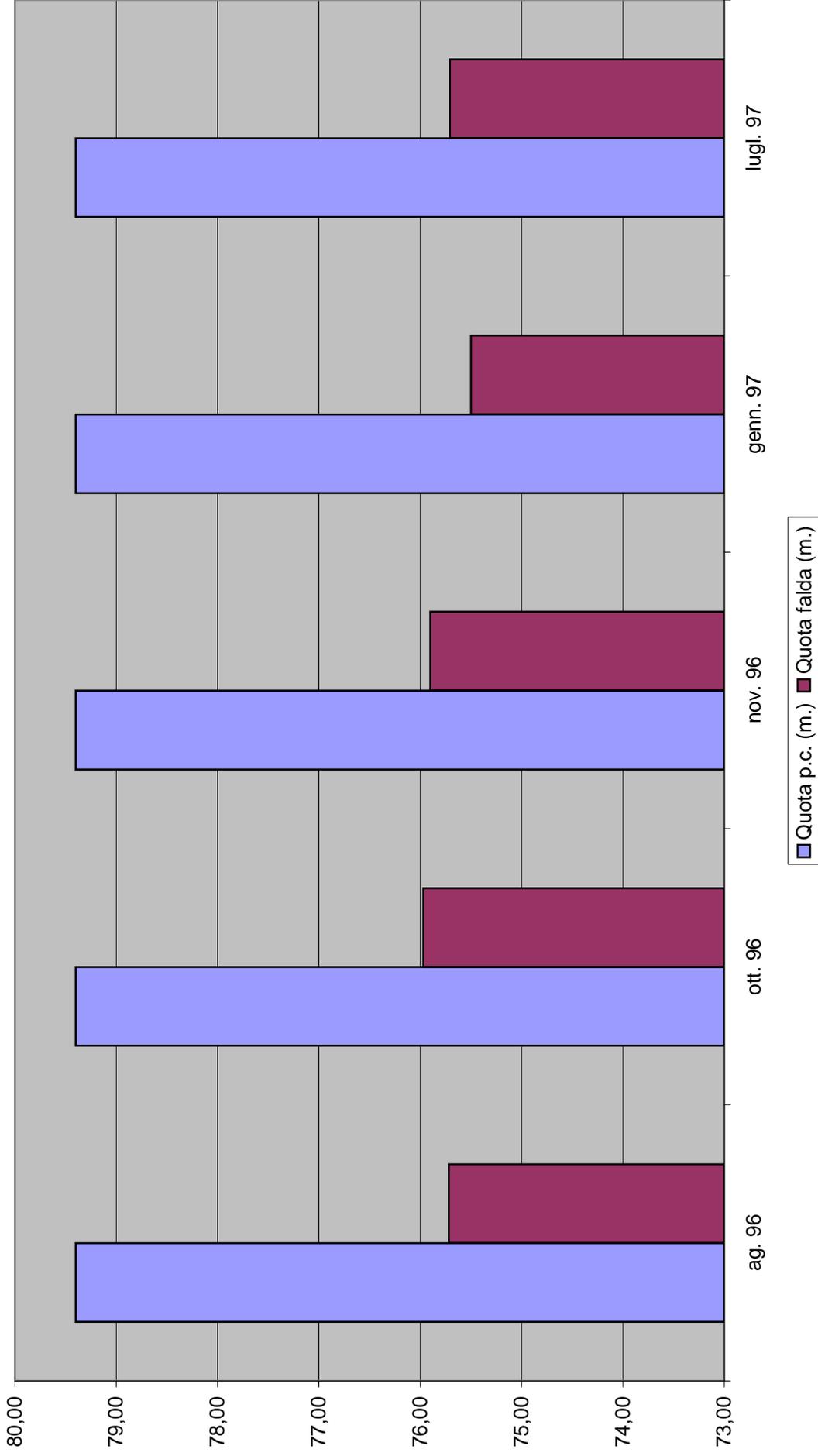
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n° 2 - Scuola Comunale "S. Stefano"



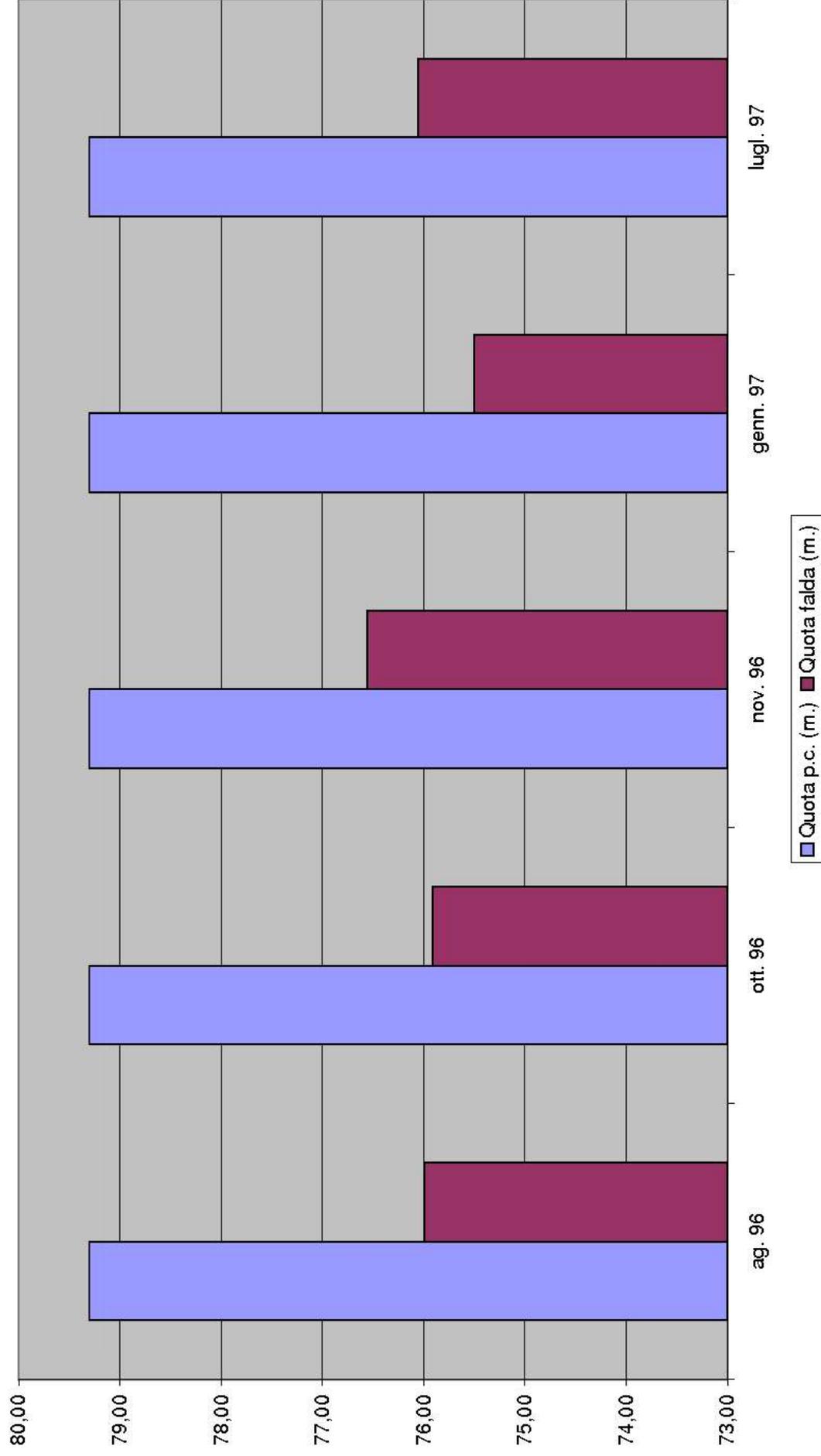
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n°3 - Cimitero S. Maria della Croce



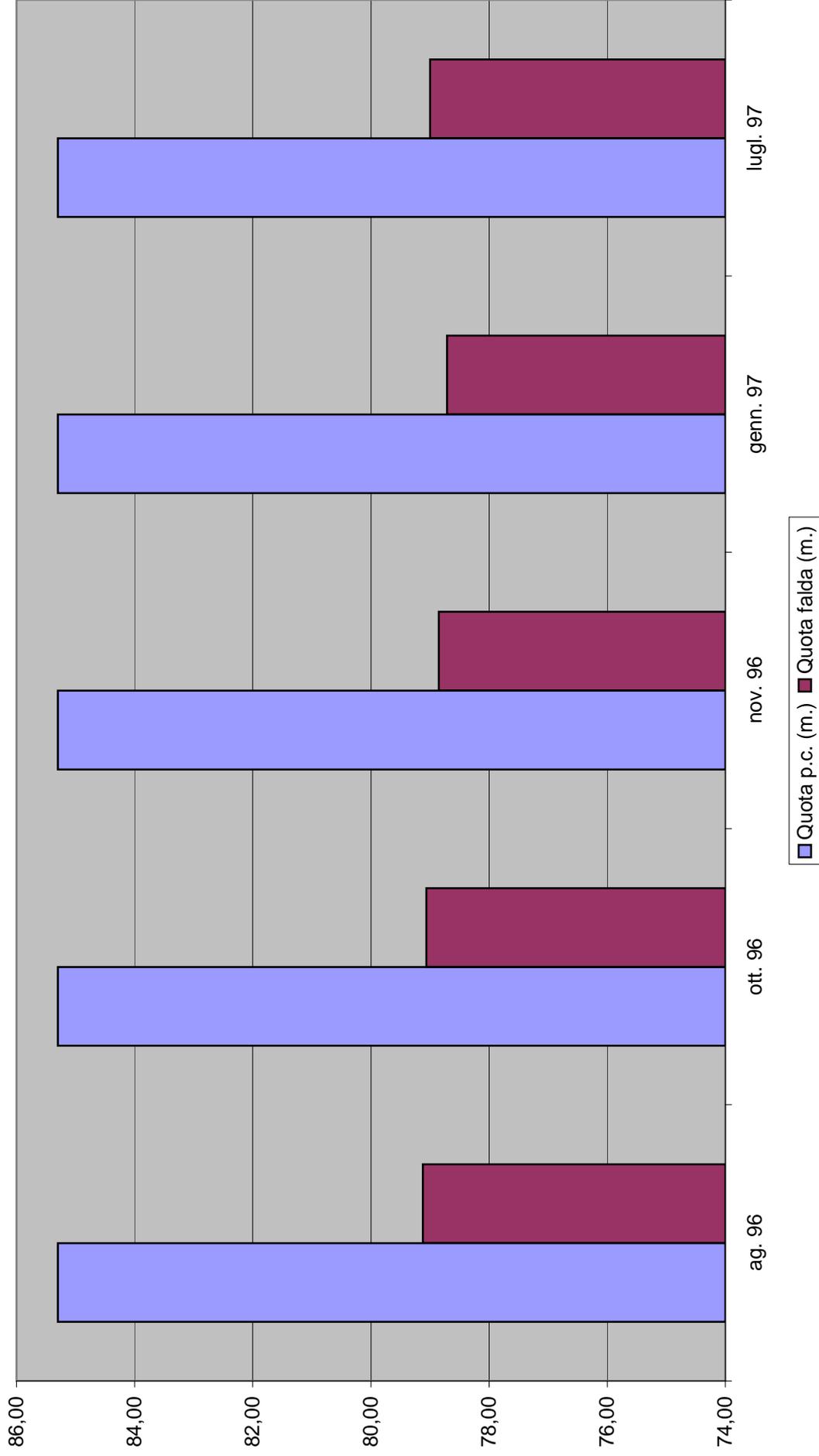
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezzometro n°4 - Cascina Boscarina



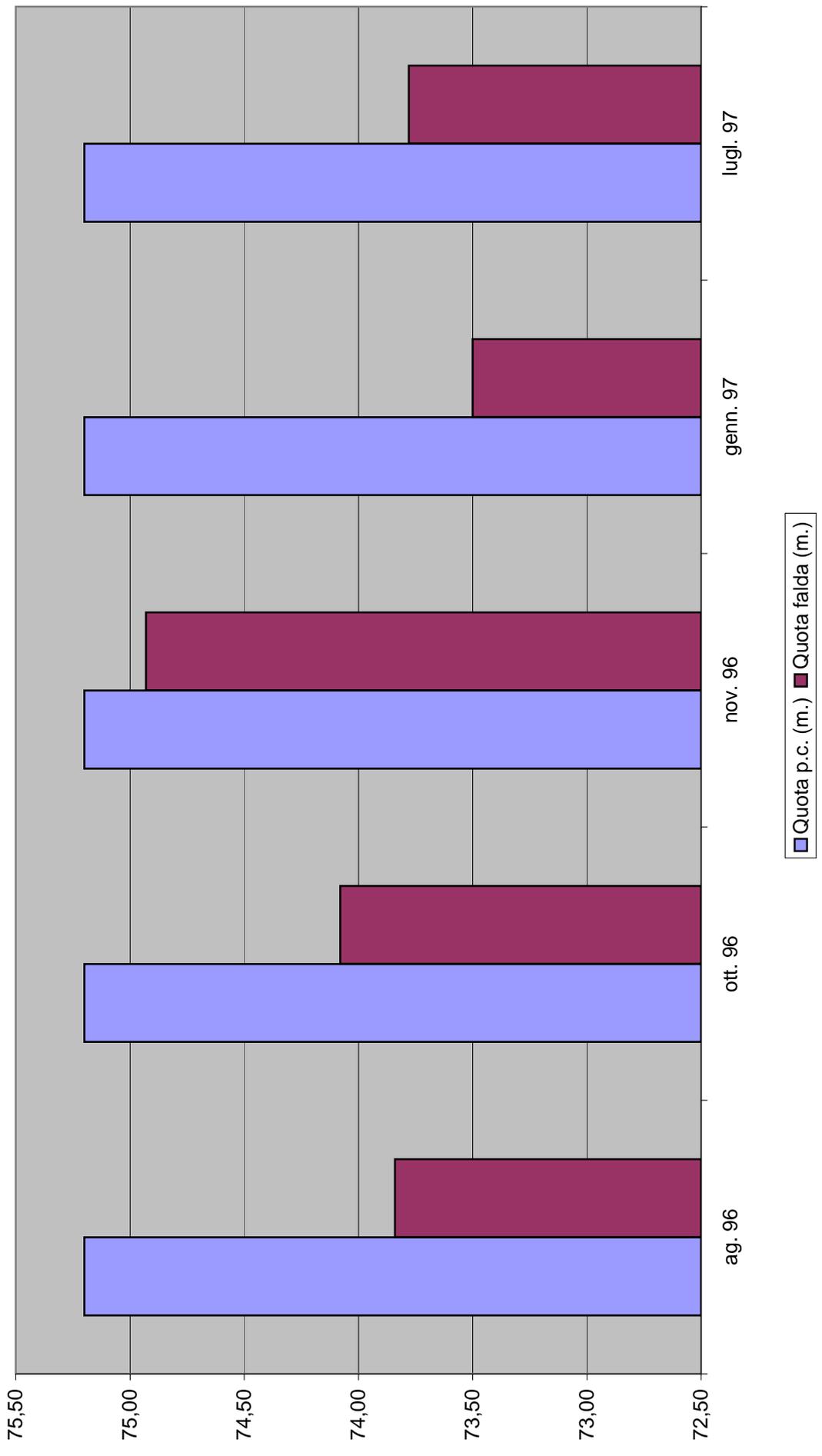
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n°5 - Vivaio "Garden Smeraldo"



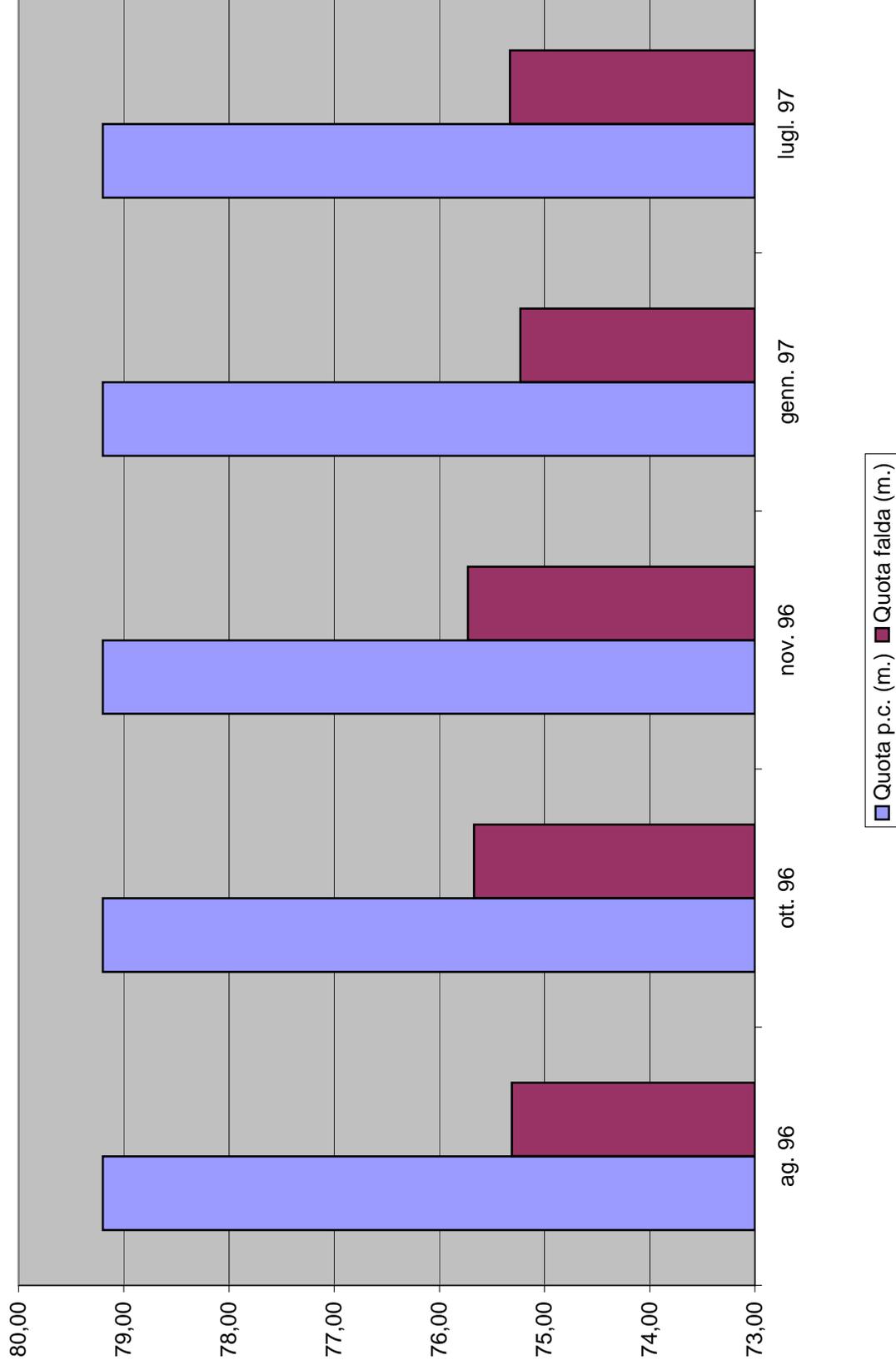
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n°6 - Vasca sponda destra Serio



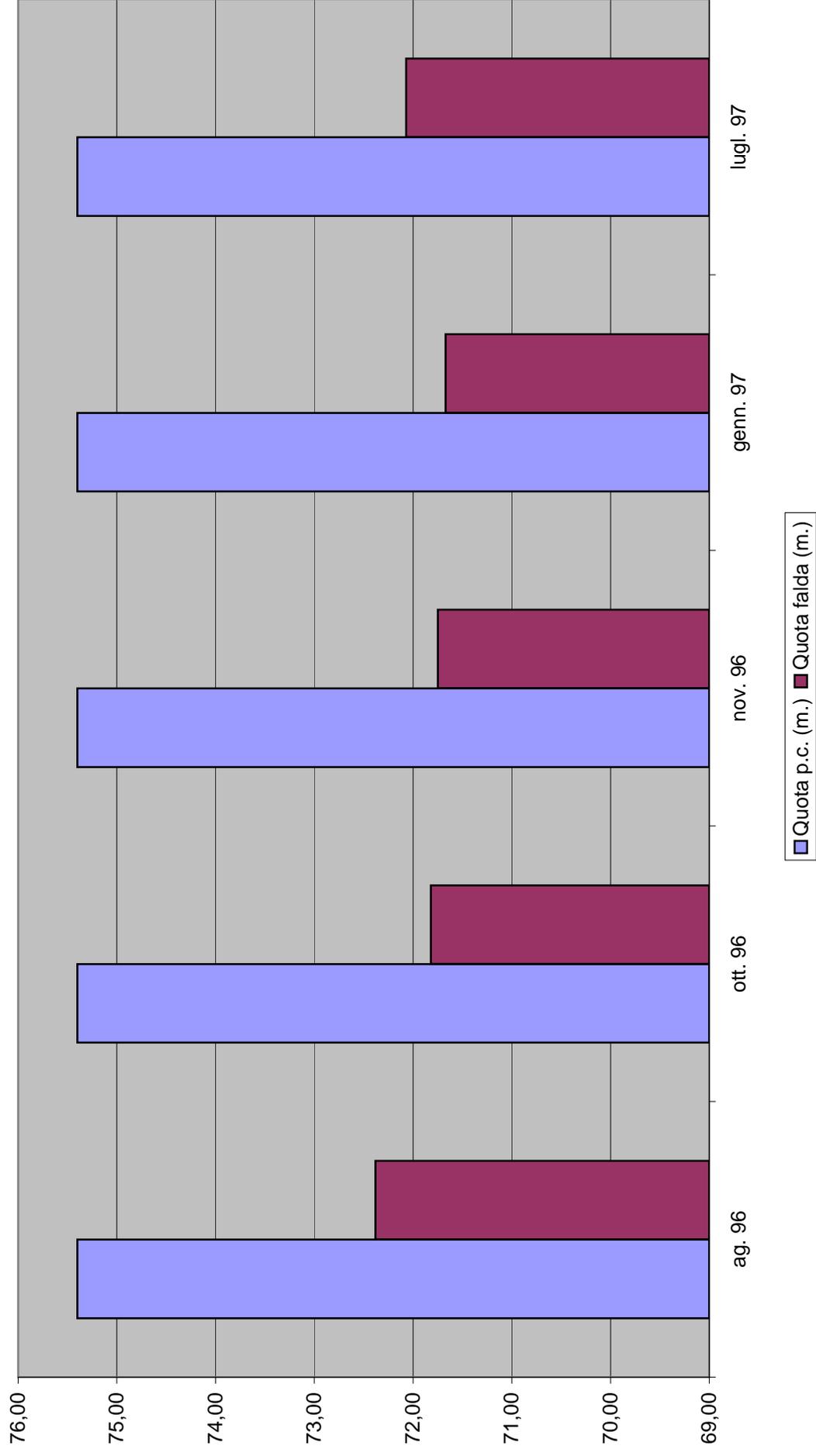
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n° 7 - Abitazione Sig. Fiorentini Osvaldo



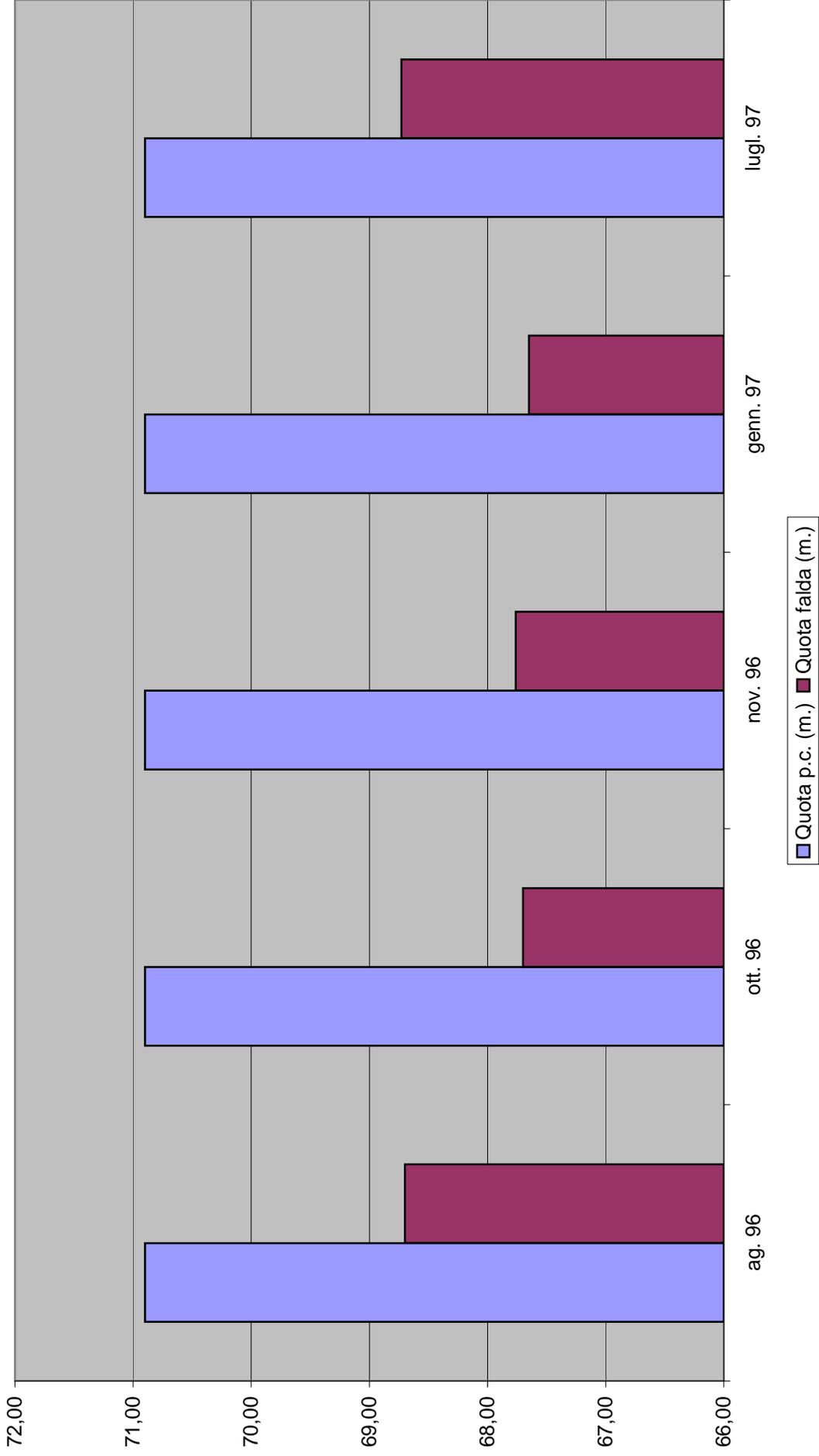
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n° 8 - Villa Ravani (Via S. Allende)



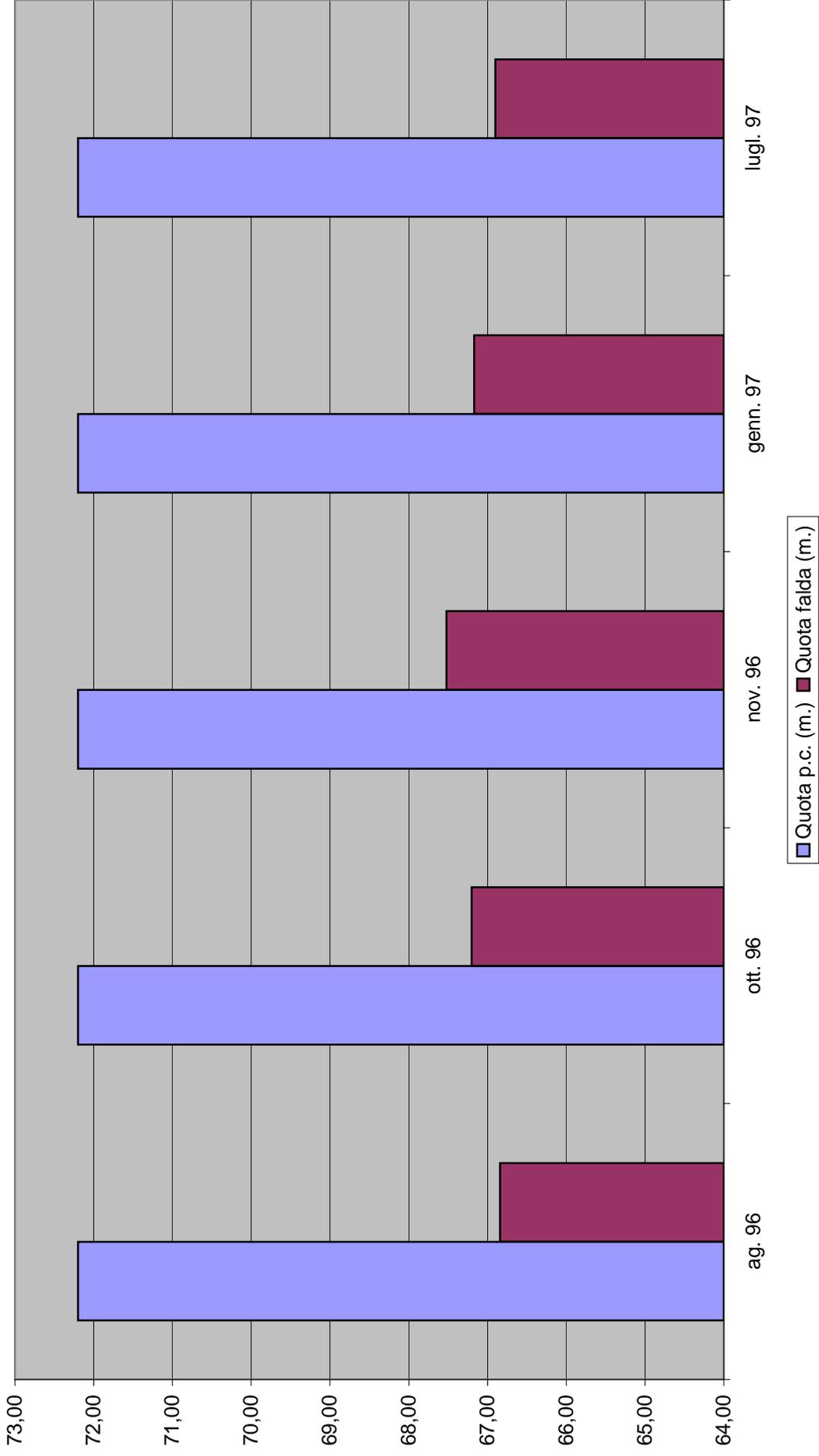
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n°9 - Vivaio Rondò



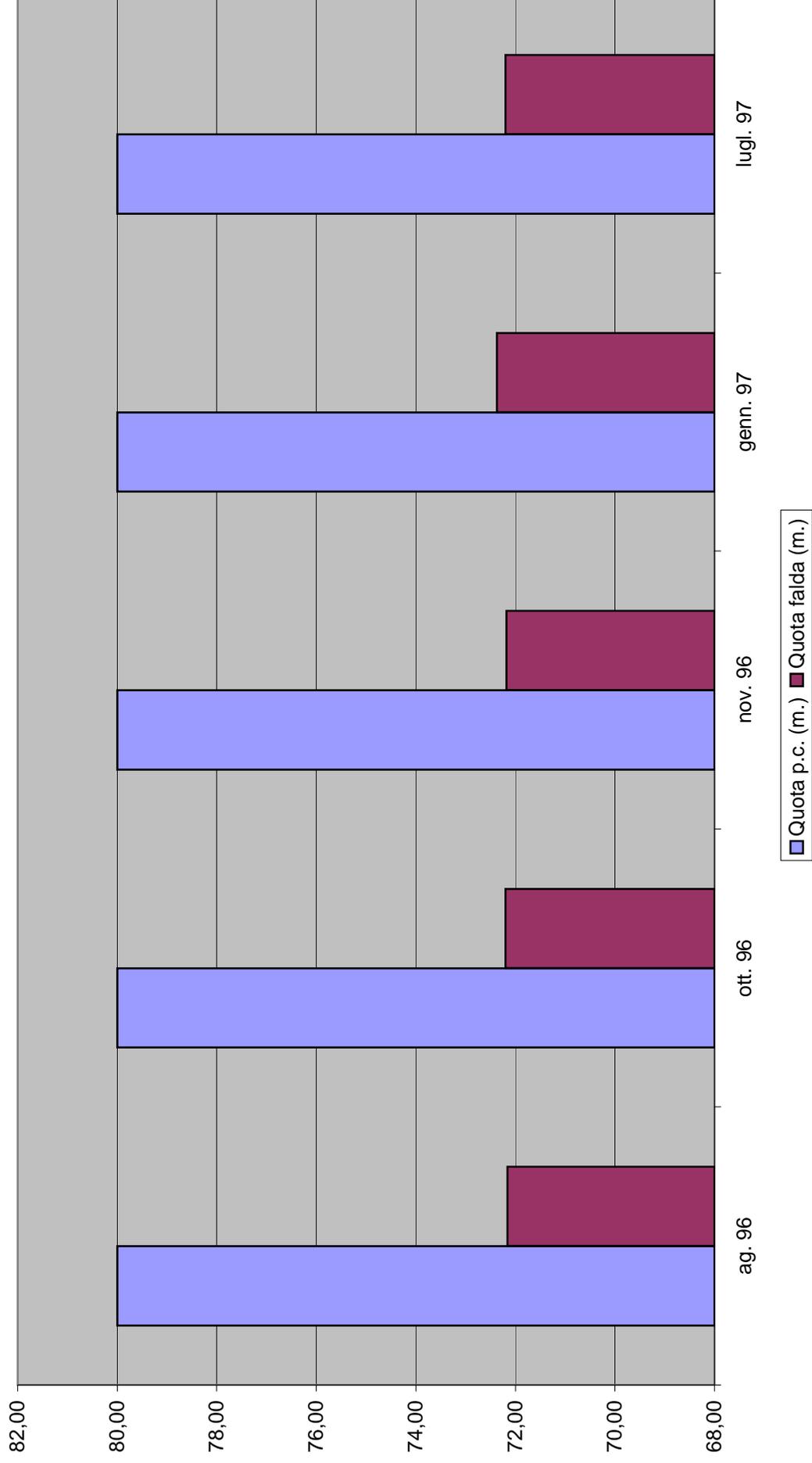
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n°10 - Cimitero S. Bartolomeo dei Morti



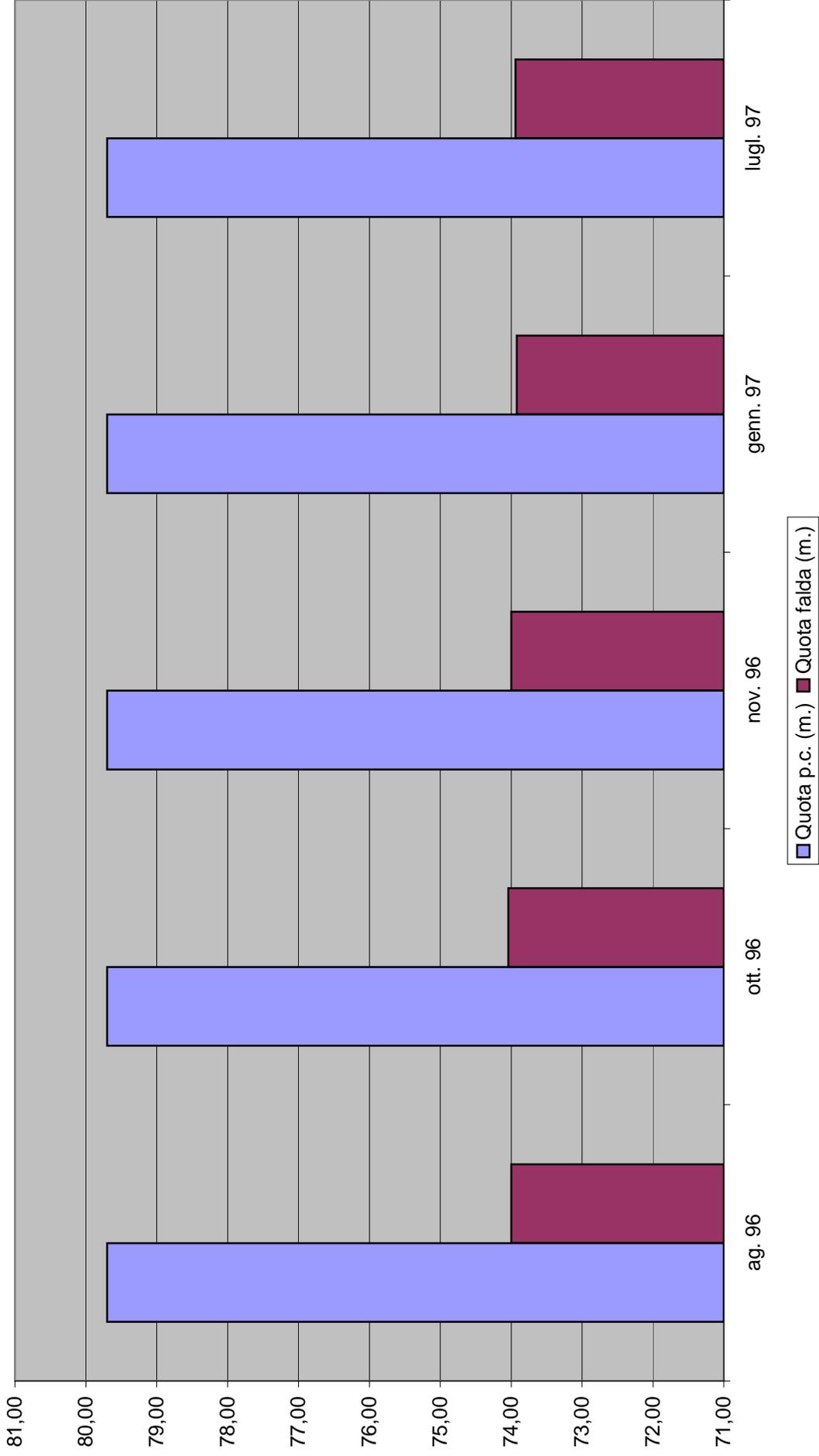
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n° 11 - Località Sabbioni (N-O Cascina O Imo)



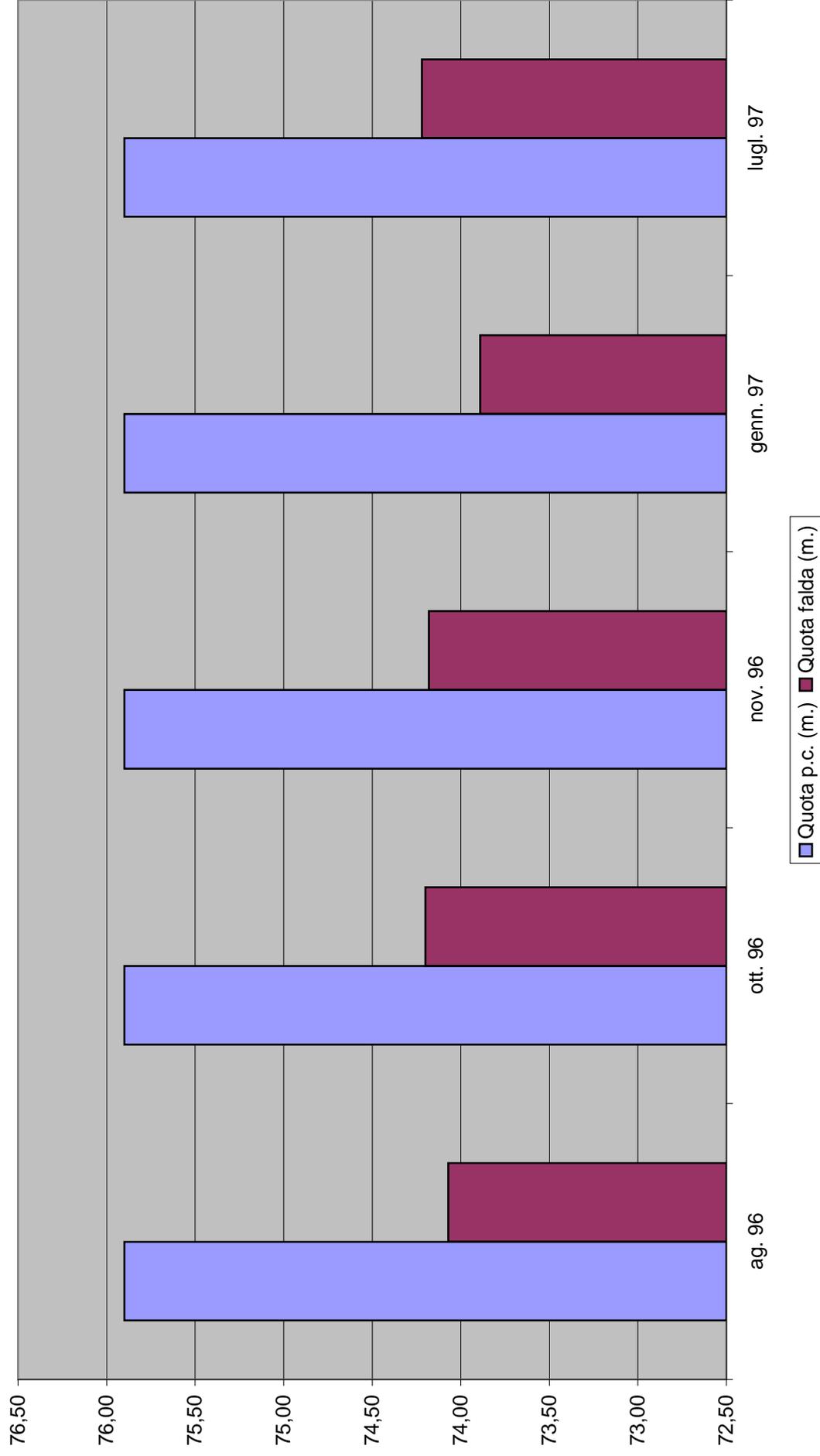
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n°12 - Laboratorio "Idraulica Padana"



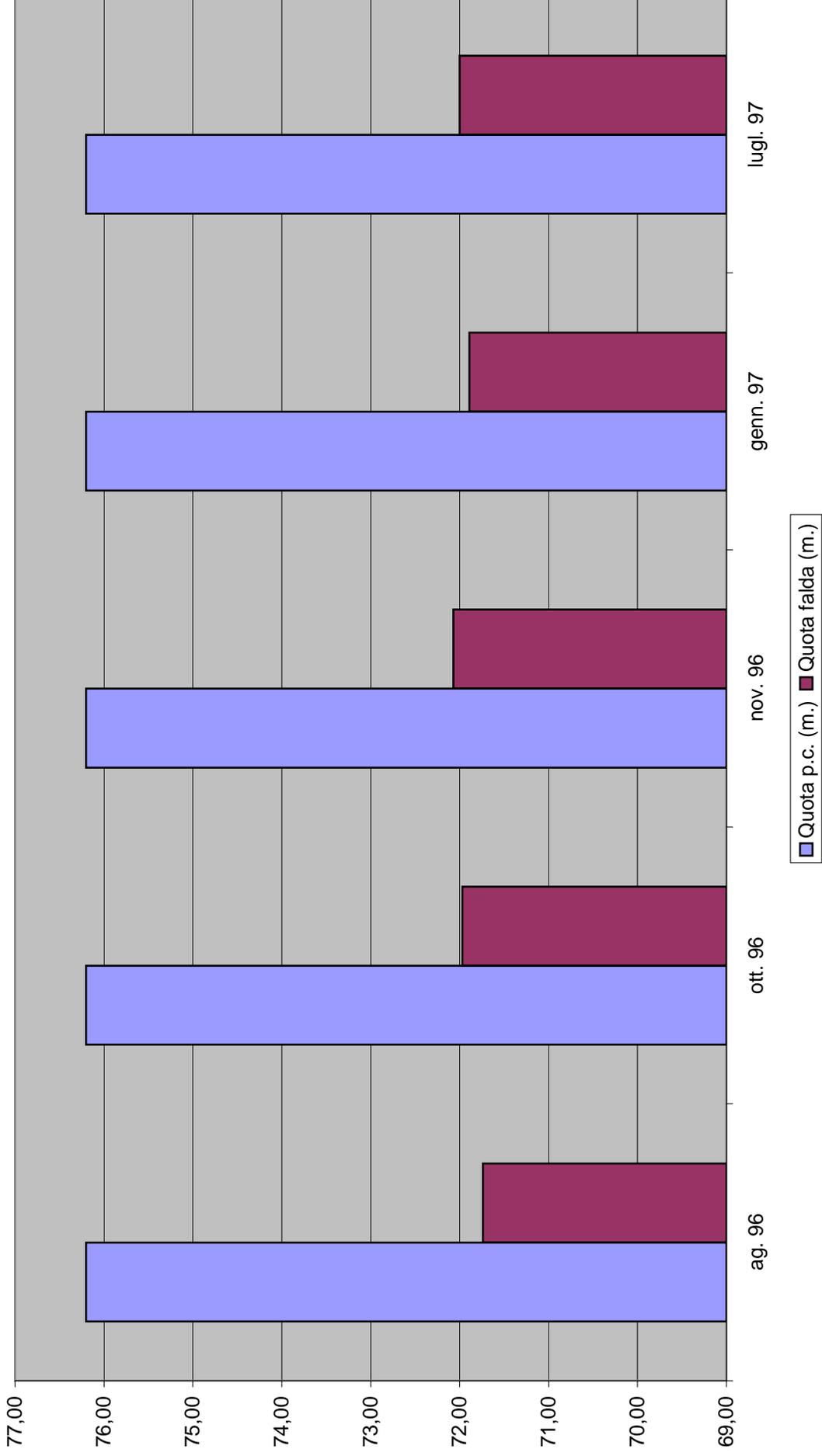
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n°13 - Area Comunale "Via Braguti"



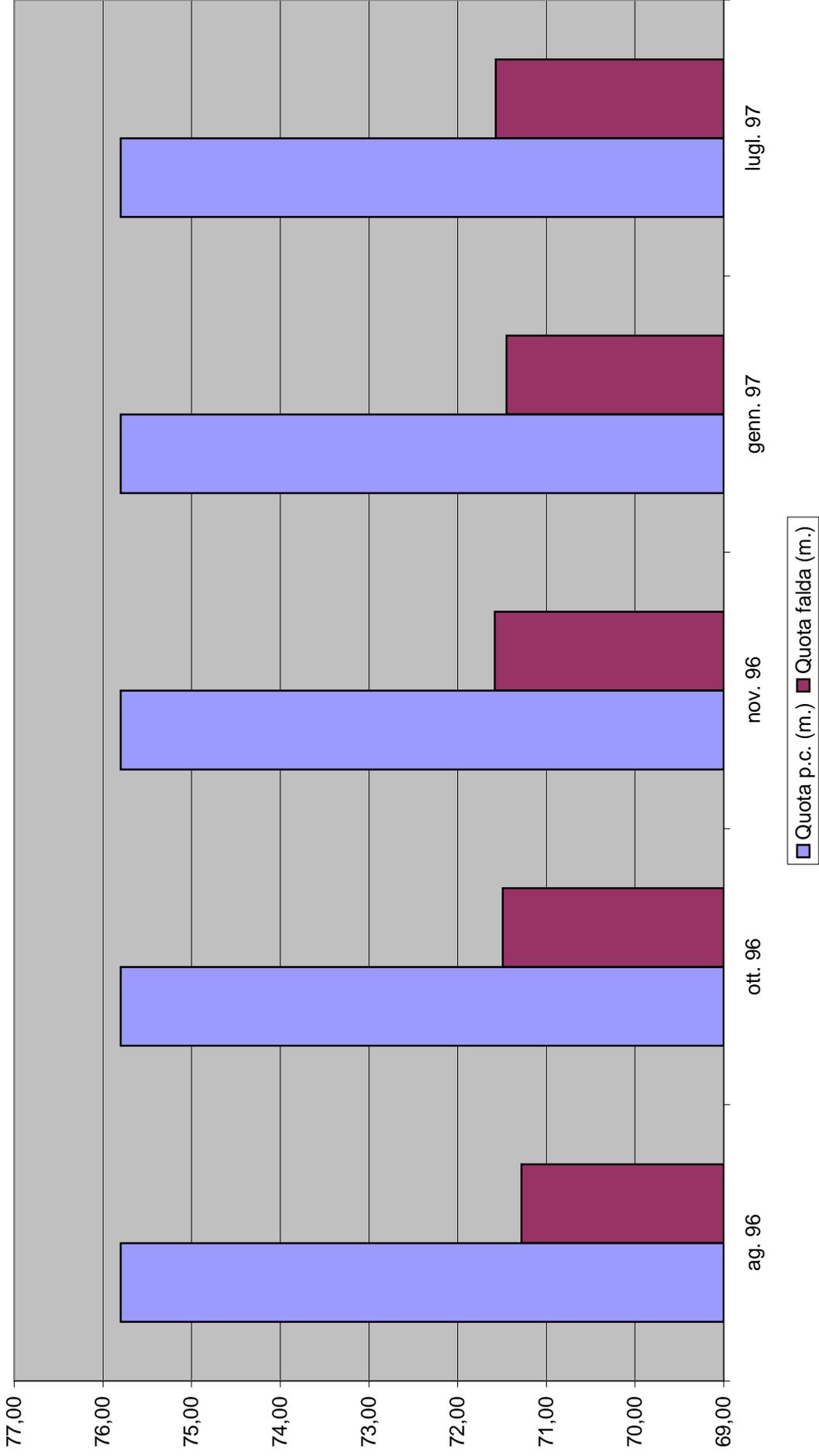
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n°14 - Piazza del Mercato (Est)



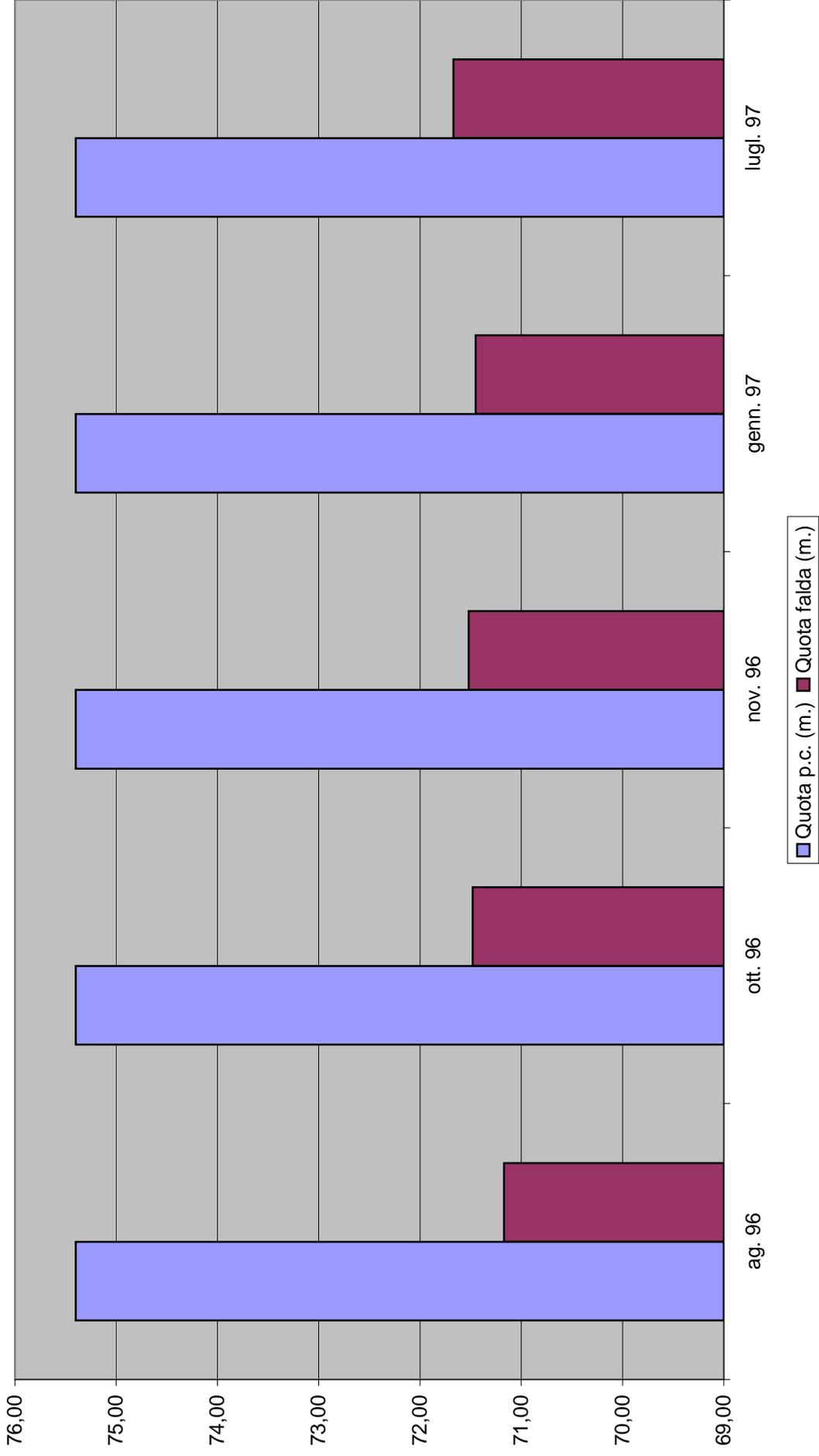
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n° 15 - Piazza del Mercato (Centro)



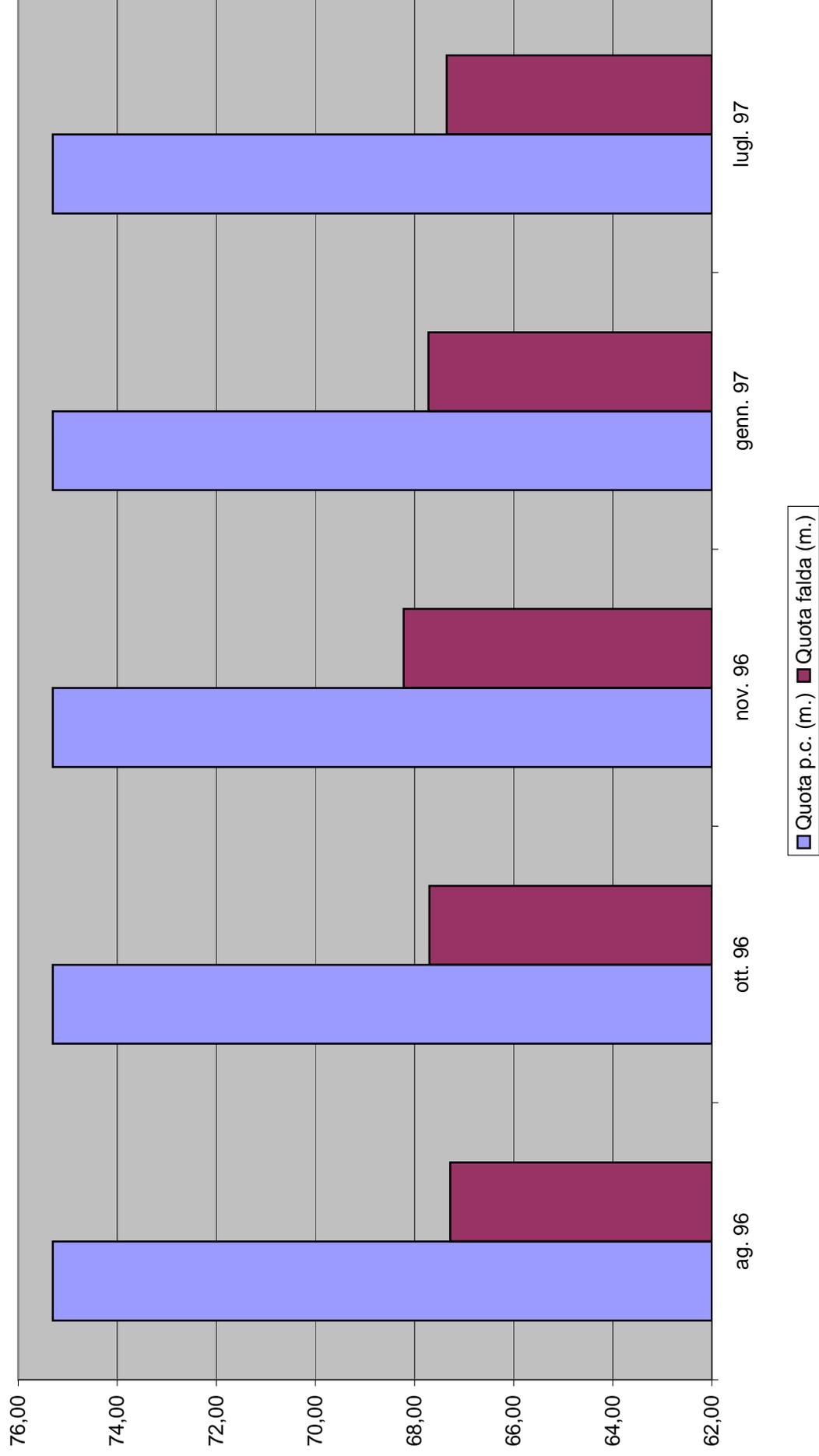
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n° 16 - Piazza del Mercato (Ovest)



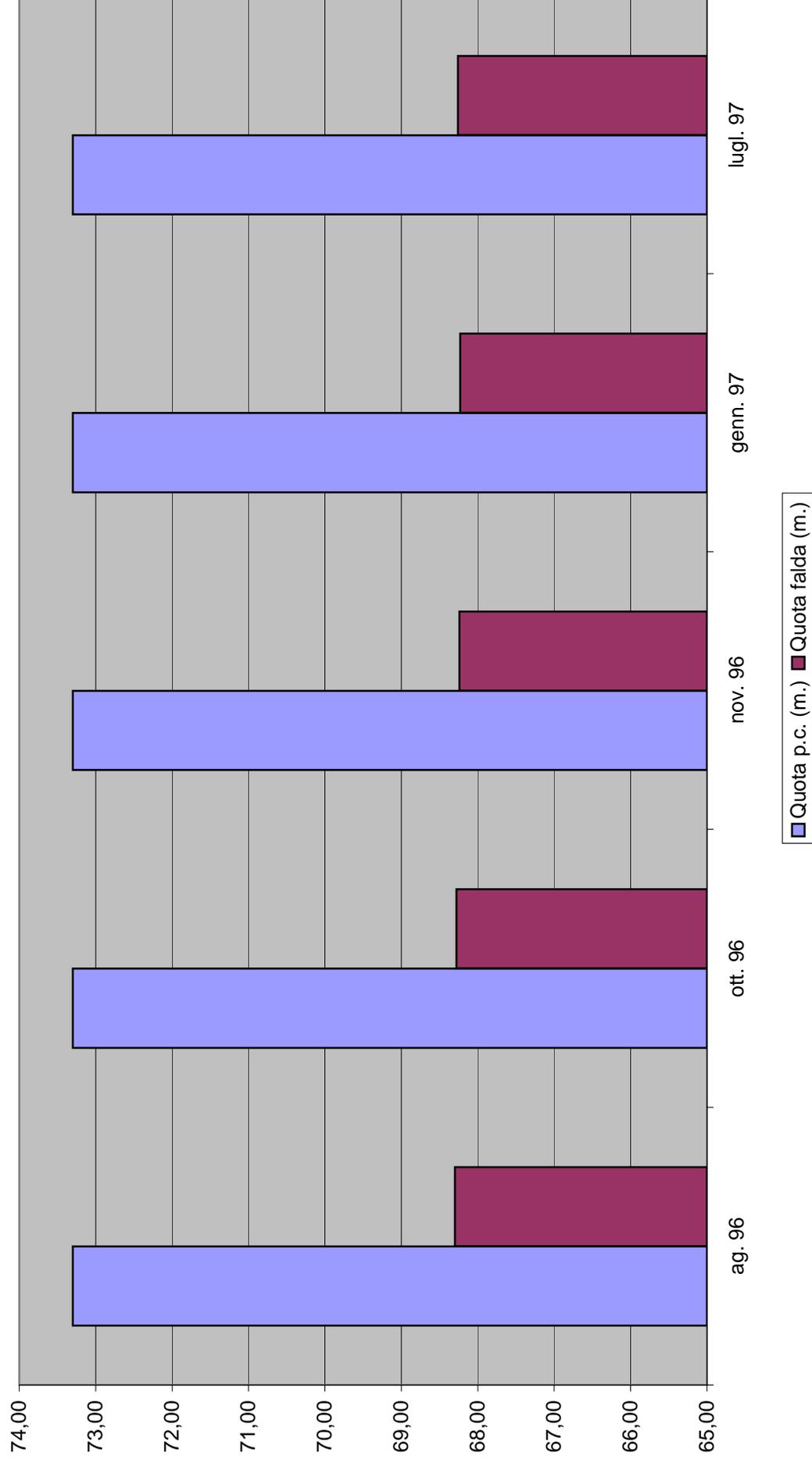
dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n° 17 - Magazzini Comunali "S. Agostino"



dr. geol. Giuseppe Malerba

Piezometro n° 18 - Via E. Martini - F.S.



dr. geol. Giuseppe Malerba

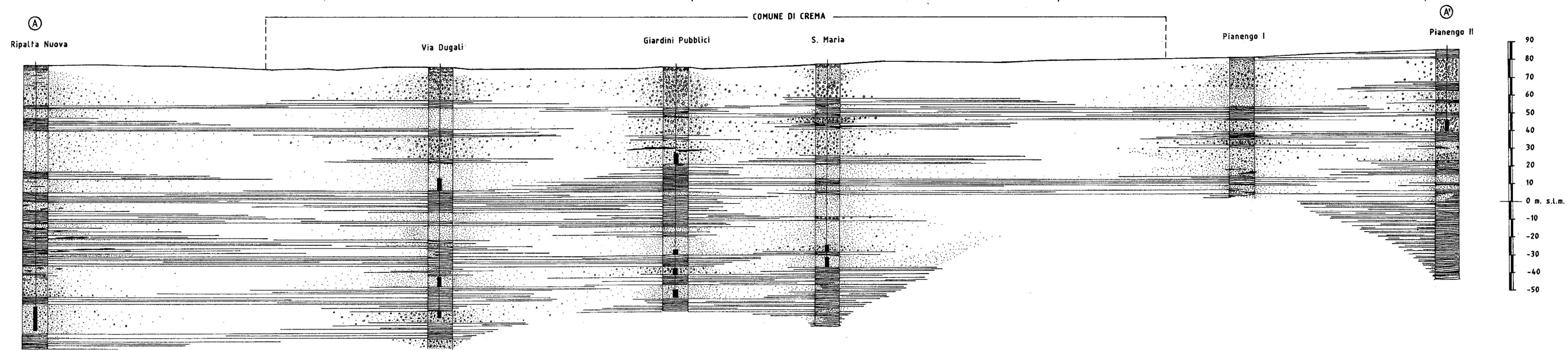
REGIONE LOMBARDIA
 PROVINCIA DI CREMONA
 COMUNE DI CREMA

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO
 DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEL P.G.T.

L.R. 11-03-2005 n° 12_D.G.R. 22-12-2005 n° 8/1566_D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374

Tavola n° B2	Cartografia di inquadramento
	CARTA IDROGEOLOGICA
	SEZIONE A - A'
Scala H : 1:1.000	
Scala L : 1:5.000	

Adozione	
Approvazione	
Il Sindaco	
	Il geologo dr. Giuseppe Malerba
Il Segretario Comunale	
	Marzo 2010



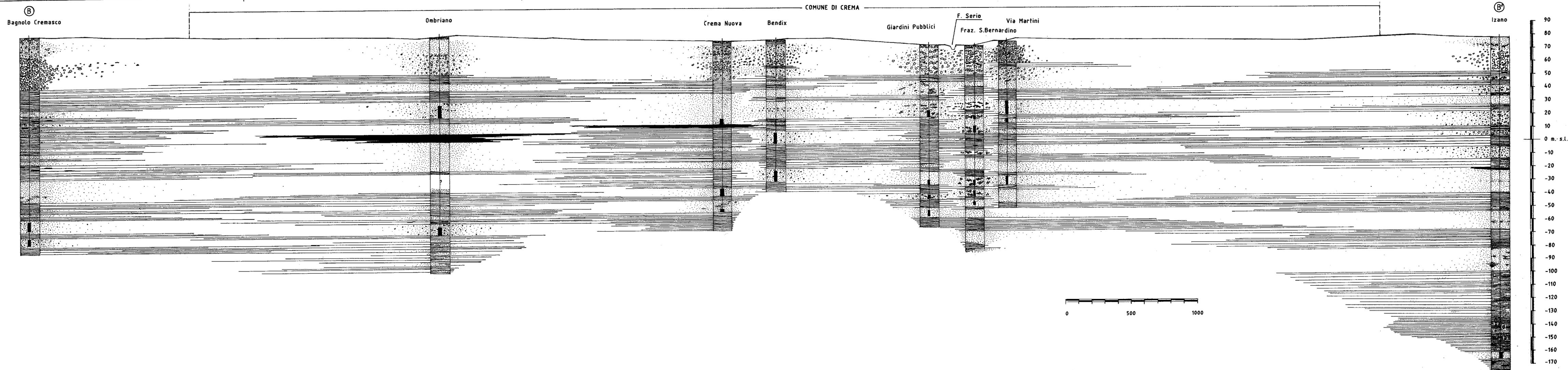
REGIONE LOMBARDIA
 PROVINCIA DI CREMONA
 COMUNE DI CREMA

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO
 DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEL P.G.T.

L.R. 11-03-2005 n° 12_D.G.R. 22-12-2005 n° 8/1566_D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374

Tavola n° B3	Cartografia di inquadramento
CARTA IDROGEOLOGICA SEZIONE B - B'	
Scala H : 1:1.000	
Scala L : 1:5.000	

Adozione	
Approvazione	
Il Sindaco	
Il Segretario Comunale	Il geologo dr. Giuseppe Malerba
	Marzo 2010



ALL. B-4

**COLONNE STRATIGRAFICHE RELATIVE AI
POZZI PROFONDI PUBBLICI E PRIVATI
UTILIZZATE PER LA STESURA DELLE
SEZIONI INTERPRETATIVE**

Comune CREMA

Localita' OMBRIANO - SABBIONI

Ditta Perforatrice NEGRETTI NICOLA

Data Esec. 01/1973

Prof. in m. dal P.C.	Filtri	Pozzo N.	Litotipi	Note
0			ferreno coltivabile	
			sabbia rossastra	
10			sabbia grigia	
			sabbia scura	
20			sabbia con ghiaia e ciottoli	
30			argilla torbosa	
40			sabbia	
50			argilla cenere	
60			sabbia con tracce ghiaietto	
70			argilla	
			sabbia media	
80			lignite	
90			sabbia fine scura	
100			argilla	
110		?		
			sabbia cenere	
120			argilla	
130			sabbia fine	
			argilla	
140			sabbia media	
			argilla con lignite	
150			Sabbia con tracce ghiaietto	
160				
170			argilla con strati di sabbie fini	
180				
190				
200				
210				
220				pozzo pubblico
230				a = via Ferrario
240				

COMUNE Crema

LOCALITA' Frazione " Ombriano Sabbioni "

DITTA PERFORATRICE

NEGRETTI Nicola

DATA ESEC. 01/1983

Prof. in m dal PC	Filtri	Pozzo N° 37	Litotipi	Note
0			terreno vegetale	qt. =
10			sabbia	l.s. =
20			sabbia con ghiaia e ciottoli	l.d. =
30			argilla torbosa	l/sec. =
40			sabbia granosa	∅
50			argilla cenere	
60			sabbia granosa con tracce ghiaietto	
70			argilla	
80			sabbia media e fine	
90			lignite	
100			sabbia fine	
110			argilla	
120			sabbia	
130			argilla	
140			sabbia fine	
150			argilla	
160			sabbia media	
170			argilla con lignite	
180			sabbia con tracce ghiaietto	
190			argilla con intercalazioni sabbiose	
200				
210				
220				pozzo pubblico
230				b = via Rampazzini
240				

Comune CREMA		Localita' CREMA NUOVA		
Ditta Perforatrice		Data Esec. 31/3/71		
Prof. in m. dal P.C.	Filtri	Pozzo N.	Litotipi	Note
0			rottame	l.s.= 3.70 l.d.= 14.40 l./sec.= 90
			argilla con lignite	
10			ghiaia e sabbia	
			ciottoli e ghiaia	
			sabbia con ghiaia	
20			ghiaia e ciottoli	
			sabbia e ghiaia	
30			argille scure sabbiose	
40				
50			sabbia media	
60			sabbia con ghiaietto	
			lignite	
70			argilla cenere	
80			sabbia	
90			argilla compatta	
			sabbia	
100			argilla compatta	
110			sabbia media	
120			argilla	
			sabbia con tracce lignite	
130			Sabbia media	
			argilla	
140				
150				
160				
170				
180				
190				
200				
210				
220				pozzo pubblico
230				c = via de Marchi
240				

COMUNE Crema		LOCALITA' Via Dogali		
DITTA PERFORATRICE		NEGRETTI Nicola		
DATA ESEC.				
Prof. in m dal PC	Filtri	Pozzo N° 38	Litotipi	Note
0			terreno vegetale e di riporto	qt. = l.s.= l.d.= l/sec.= Ø
10			sabbia, ghiaia e ghiaietto	
20			argilla	
30			sabbia granosa	
40			argilla cenere	
50			sabbia con ghiaia	
60			argilla	
70			sabbia media	
80			argilla con qualche trovante lignite	
90			sabbia media argilla	
100			sabbia fine	
110			argilla, torba e strati di sabbia trovanti lignite	
120			sabbia media	
130			argilla	
140			sabbia granosa con ghiaietto	
150			argilla	
160			sabbia granosa con ghiaietto	
170				
180				
190				
200				
210				
220				pozzo pubblico
230				d = via Dogali
240				

Comune CREMA

Localita' S.STEFANO-VIA BRUNELLI

Ditta Perforatrice

Data Esec.

Prof. in
m. dal P.C.

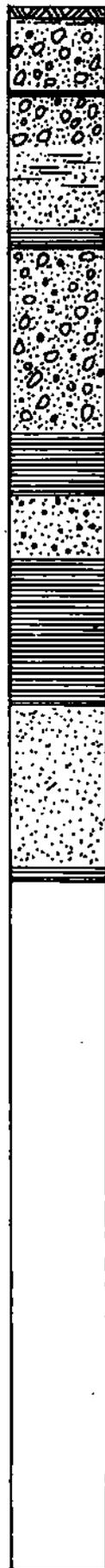
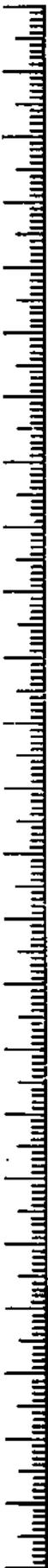
Filtri

Pozzo N.

Litotipi

Note

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240



terreno coltivo
sabbia grigia argillosa
sabbia e ghiaia
forba
sabbia e ghiaia
sabbia argillosa
sabbia grigia
argilla
sabbia azzurra e ghiaia
media
argilla plastica blu
sabbia e ghiaietto
argilla
sabbia media scura
argilla

pozzo pubblico
e = via Brunelli

COMUNE Crema		LOCALITA' Giardino		DATA ESEC. 11/1972	
DITTA PERFORATRICE		NEGRETTI Nicola			
Prof. in m dal EC	Filtri	Pozzo N° 36	Litotipi	Note	
0			terreno vegetale	qt. =	
10			ghiaia sabbia e ciottoli	l.s.=	
20			argilla	l.d.=	
30			sabbia argillosa	l/sec.=	
40			sabbia con qualche sasso	Ø 1000 mm	
50			argilla cenere		
60			sabbia fine argillosa		
70			sabbia ciottoli e torba		
80			sabbia con poca ghiaia		
90			sabbia fine argillosa		
100			argilla cenere		
110			sabbia fine		
120			argilla con lignite		
130			argilla		
140			sabbia fine		
150			argilla		
160			sabbia		
170			argilla		
180			sabbia con poca ghiaia		
190			argilla		
200			sabbia		
210			argilla		
220				pozzo pubblico	
230				f = via Giardini	
240					

COMUNE Crema

LOCALITA' Frazione S. Bernardino

DITTA PERFORATRICE NEGRETTI Nicola

DATA ESEC. 1971

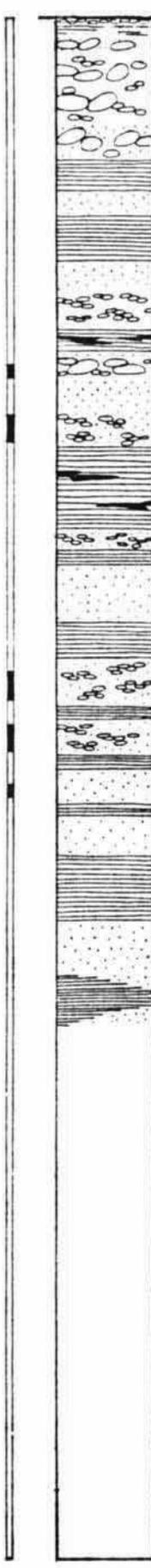
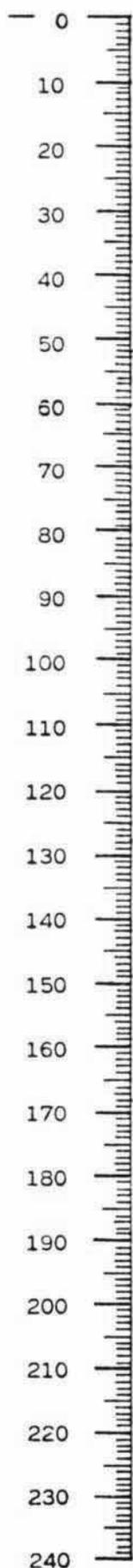
Prof. in
m dal PC

Filtri

Pozzo N° 31

Litotipi

Note



ghiaia di riporto
sabbia argillosa

ghiaia e ciottoli

sabbia con ghiaia

argilla

sabbia media

argilla

sabbia fine

ghiaietto

argilla con lignite

sabbia fine

ghiaietto e ghiaia

sabbia media

sabbia e ghiaietto

argilla con lignite

sabbia con ghiaietto

argilla

sabbia media

argilla

sabbia e ghiaietto

argilla

sabbia con ghiaietto

argilla

sabbia media

argilla

sabbia

argilla

sabbia

sabbia argillosa

qt. =
l.s. = m 1,60
l.d. = m 23,50
l/sec. = 59
Ø

pozzo pubblico
g = via Miglioli

COMUNE Crema		LOCALITA' S.Maria		
DITTA PERFORATRICE NEGRETTI Nicola		DATA ESEC. 07/1974		
Prof. in m dal PC.	Filtri	Pozzo N° 30	Litotipi	Note
0			terreno vegetale	qt. =
			ghiaietto con sabbia	l.s.=
10			ghiaia,ghiaietto e ciottoli	l.c.=
20			argilla	l/sec.=
			sabbia fine argillosa	Ø 800 mm
30			argilla	
			ghiaia e ghiaietto	
			argilla con torba	
40			sabbia media con qualche sasso	
50			ghiaia e sabbia grigia	
			argilla cenere	
60			sabbia granosa	
70			argilla cenere	
			sabbia media	
			argilla cenere	
80			sabbia fine	
90			ghiaia in matrice argillosa	
			sabbia fine e grossa	
100			sabbia con ghiaietto	
			argilla cenere	
110			sabbia media	
120			argilla	
			sabbia argillosa	
130			argilla	
140			sabbia argillosa	
150				
160				
170				
180				
190				
200				
210				
220				pozzo pubblico
230				h = via Bramante
240				

Comune BAGNOLO CREMASCO Localita' CENTRO ABITATO Q.= 82.00 m.

Ditta Perforatrice

Data Esec. 11/1987

Prof. in m. dal P.C.	Filtri	Pozzo N.	Litotipi	Note
0			terreno vegetale	PROVA N. 1
10			sabbia grossa con ghiaia e ciottoli	l.d.= 10.30 m.
20			ghiaia sciolta con ciottoli	l.s.= 6.80 m.
30				Q.l./sec. = 14
40			argilla	PROVA N. 2
50				l.d.= 12.35 m.
60			sabbia fine grigia con arg. ghiaia	l.s.= 6.80 m.
70			argilla torbosa	Q.l./sec.= 22
80			sabbia con ghiaietto	
90			argilla torbosa	PROVA N. 3
100			sabbia fine grigia	l.d.= 15.90 m.
110			argilla cenere	l.d.= 6.80 m.
120			ghiaietto con sabbia media	Q.l./sec.= 35
130			argilla cenere	
140			sabbia fine grigia	
150			argilla cenere	
160			sabbia medio-fine grigia	
170			argilla scura	
180			sabbia fine grigia	
190			argilla grigia con torba	
200			argilla grigia	
210			sabbia fine grigia 1 ^a prova	
220			sabbia medio-fine con argilla	
230			argilla grigio-scura	
240			sabbia fine grigia	
			argilla	
			sabbia fine grigia	
			argilla grigia	
			sabbia media con ghiaietto	
			argilla cenere	
			sabbia media con ghiaietto 2 ^a prova	
			argilla	

COMUNE Ripalta Cremasca - LOCALITA' Zappanello - Via Quinzani

DITTA PERFORATRICE I.P.T.A.

DATA ESEC. 07/1978

Prof. in m dal PC	Filtri	Pozzo N° 44	Litotipi	Note
0			terreno vegetale	qt. =
10			sabbia fine	1° l.s.= m 5,60
20			argilla sabbiosa	l.d.= m 8,60
30			sabbia fine	l/sec.= 12
40			argilla compatta	∅ 900 mm
50			sabbia fine	2° l.s.= m 5,60
60			argilla	l.d.= m 10,10
65			sabbia argillosa	l/sec.= 20
68			argilla	
70			sabbia con argilla	
75			argilla	
80			sabbia argillosa con lignite	
90			alternanza di strati torbosi argillosi e sabbiosi con fossili	
100			argilla sabbiosa	
110			torba, argilla e sabbia	
120				
130			argilla con intercalazioni sabbiose	
140			sabbia media e fine	
145			argilla	
150			sabbia media e fine	
155			argilla	
160			argilla intercalata a strati di sabbia	
170				
180				
190				
200				
210				
220				
230				
240				

Comune: Ripalta Nuova Localita'

Ditta Perforatrice: Idrogeo

Data Esec. 12/1989

Prof. in m. dal P.C.	Filtri	Pozzo N.	Litotipi	Note
0			Terreno vegetale	qt. =
			Argilla gialla sabbiosa	l.s. = m. 8.20
10			Sabbia con argilla grigia	l.d. = m. 17.80
			Ghiaia e sabbia	l./sec. = 45.45
20			Argilla grigia limosa	l.s. = m. 8.20
			Sabbione con ghiaietto	l.d. = m. 12.70
30			Argilla grigia	l./sec. = 22.40
40			Ghiaietto e sabbione grigi	
50			Argilla grigia	
60			Sabbia e ghiaietto con torba	
70			Argilla grigia	
80			Sabbia fine con ghiaietto e torba	
90			Argilla grigia	
100			Sabbia	
			Argilla limosa e torbosa	
110			Sabbia	
			Argilla grigia	
			Sabbia fine con tracce di torba	
120			Argilla limosa e torbosa	
			Sabbia fine con ghiaietto e arg.	
			Sabbia con ghiaietto	
130			Ghiaietto con sabbia	
			Argilla grigia	
			Sabbia con torba	
140			Sabbia fine	
			Sabbia	
			Sabbia e ghiaietto	
150			Sabbia	
			Argilla limosa con sabbia	
160			Argilla grigia	
170				
180				
190				
200				
210				
220				
230				
240				

Comune PIANENGO

Localita' CENTRO ABITATO

Ditta Perforatrice PERFOR di Feraboli Gino

Data Esec.

Prof. in
m. dal P.C.

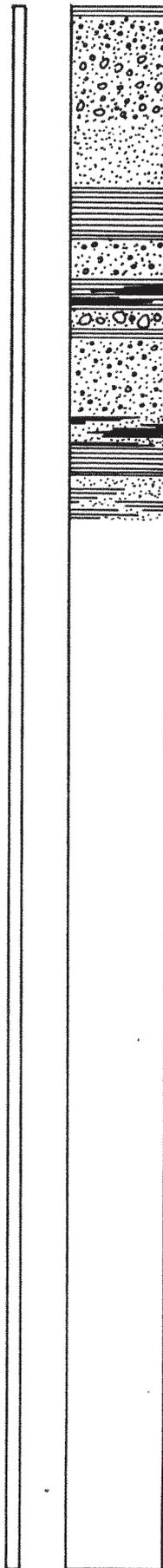
Filtri

Pozzo N.

Litotipi

Note

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240



Argilla

Sabbia e ghiaietto

Sabbia mista a ciottoli

Sabbia gialla

Argilla scura

Sabbia con ghiaietto

Argilla e torba

Ghiaia e sabbia

Argilla gialla

Sabbia con ghiaietto

Sabbia scura con torba

Argilla grigia

Sabbia scura media

Sabbia grigia con argilla

qt. = 81.15 m.

COMUNE Pianengo		LOCALITA' centro abitato		
DITTA PERFORATRICE F.lli PERAZZOLI S.n.c.		DATA ESEC. 1975		
Prof. in m dal PC	Filtri	Pozzo N° 17	Litotipi	Note
0			argilla	qt. =
10			ghiaia con ciottoli grossi	1° l.s.=m 3,20
20			argilla	l.d.=m 21,40
25			sabbia e ghiaia	l/sec.= 57
28			argilla	Ø 900 mm
30			sabbia e ghiaia	2° l.s.=m 3,20
32			argilla	l.d.=m 19,10
35			sabbia e ghiaia	l/sec.= 45
40			ghiaia con ciottoli grossi	
50			argilla	
55			sabbia	
60			argilla sabbiosa	
65			sabbia e ghiaietto	
70			argilla alternata a sabbia	
75			argilla	
80			sabbia media	
85			argilla	
90			sabbia media	
95			sabbia intercalata ad argilla	
105			argilla	
125			argilla torbosa	
130				
140				
150				
160				
170				
180				
190				
200				
210				
220				
230				
240				

Comune CREMA		Localita' V. CAVALLI (STAB. BENDIX ITALIA)		
Ditta Perforatrice NEGRETTI		Data Esec. 14/11/1974		
Prof. in m. dal P.C.	Filtri	Pozzo N.	Litotipi	Note
0			terreno vegetale	
			argilla	
10			ghiaia e ciottoli	
			ghiaia e ghiaietto	
20			ghiaia grossa e ciottoli	
			argilla	
			sabbia gr. con ghiaia e ghiaiett.	
30			sabbia argillosa	
			argilla	
			sabbia grossa	
			argilla	
40			sabbia media rossastra	
			argilla compatta con lignite	
50			sabbia fine rossastra	
			sabbia e ghiaietto	
60			sabbia grigia	
			argilla scura	
			sabbia fine	
70			argilla	
			sabbia grossa con ghiaietto	
80				
90			argilla	
100				
			sabbia grossa e ghiaietto	
			sabbia media	
110			argilla	
120				
130				
140				
150				
160				
170				
180				
190				
200				
210				
220				
230				
240				

6. – CARTA DELLA VULNERABILITA' INTEGRATA DELL'ACQUIFERO FREATICO (TAV. 5A / 5B – SCALA 1 : 5.000)

6.1 PREMESSA

Con il termine “vulnerabilità intrinseca” di un acquifero viene indicata *“la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell’acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo”* (Civita, 1987).

La vulnerabilità intrinseca risulta funzione di differenti parametri, tra i quali i più importanti sono l'idrolitologia e l'idrostruttura del sistema idrogeologico, la natura del suolo e la geometria della copertura, il processo ricarica – flusso sotterraneo – efflusso ed i processi di interazione chimico – fisico – biologica che determinano la qualità naturale dell'acqua nel sistema.

Dalla definizione sopra esposta si evince che la definizione della vulnerabilità intrinseca di un acquifero in funzione delle variazioni spaziali risulta essere un utile strumento conoscitivo, tuttavia afflitto da scarso valore applicativo e pianificatorio. Questo “valore aggiunto” si raggiunge quando la valutazione della vulnerabilità intrinseca viene maggiormente contestualizzata al territorio esaminato attraverso informazioni aggiuntive relative alla presenza di Centri di Pericolo, che comprendono *“tutte le attività che generano o possono generare e/o trasmettere un impatto sulle acque in genere e su quelle sotterranee in particolare”* (Civita, 1994), esistenti sul territorio, alla loro posizione topografica ed idrogeologica, ed alla loro tipologia.

La rappresentazione cartografica che ne deriva, come riportato in Tav. 5A / 5B, permette di definire la vulnerabilità s.s. (o vulnerabilità integrata) di un acquifero, ossia l'interazione tra la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero caratterizzato ed i Centri di Pericolo esistenti sul territorio, al fine di individuare specifiche situazioni di rischio potenziale.

Si ritiene doveroso sottolineare che la determinazione del grado di vulnerabilità di un acquifero sotterraneo ha un significato di tipo dinamico, in quanto la variazione di uno o più dei fattori che la determinano può dar luogo, anche se entro certi limiti, alla variazione del grado di vulnerabilità.

6.2 METODO G.O.D.

Per valutare l'indice di vulnerabilità degli acquiferi **IV**, che indica la maggiore o minore facilità con cui un inquinante sparso sulla superficie del suolo raggiunge la superficie dell'acquifero, e di conseguenza il grado di rischio all'inquinamento delle acque sotterranee, si è ritenuto opportuno

utilizzare una tra le metodologie più attendibili e verificate prodotte in letterature ed ampiamente accettate dalla comunità scientifica.

Nell'impossibilità di utilizzare metodi quantitativi o semi quantitativi (quali i metodi DRASTIC o SINTACS), che avrebbero richiesto un elevato numero di dati, non sempre disponibili, si è optato per l'utilizzo del metodo G.O.D. (Foster, 1987), sistema d'indagine qualitativo basato su tre parametri:

G (*Groundwater occurrence*): tipologia dell'acquifero

O (*Overall lithology of aquifer or aquitard*): litologia dell'insaturo

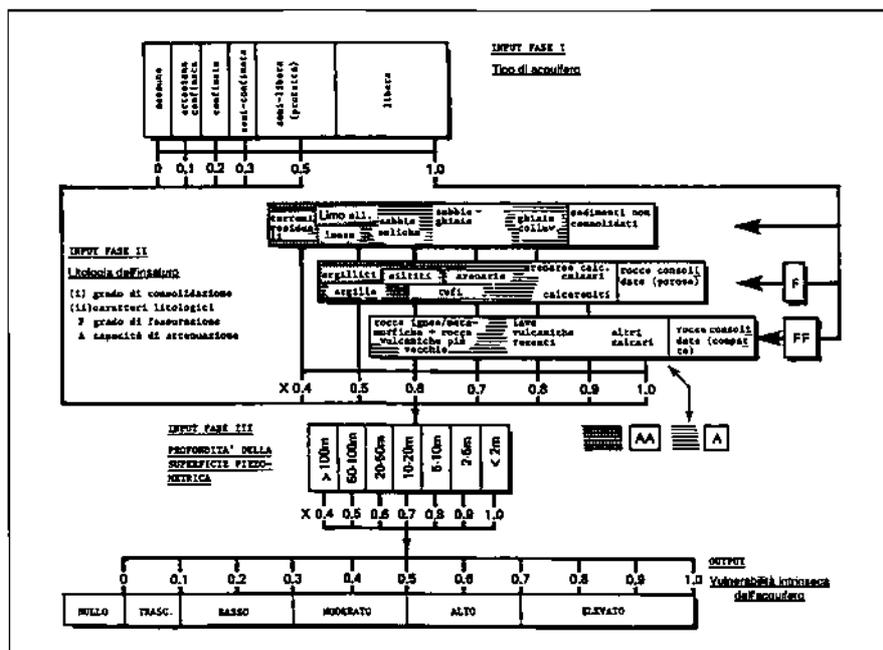
D (*Depth to groundwater table or strike*): profondità della superficie piezometrica

ad ognuno dei quali viene attribuito un punteggio o "fattore di rischio" compreso tra 0 e 1.

La sovrapposizione delle rappresentazioni cartografiche riguardanti il tipo di acquifero, la litologia dell'insaturo e la soggiacenza della falda freatica superficiale, permette di individuare una serie di aree poligonali omogenee il cui indice di vulnerabilità è dato dall'equazione:

$$I_v = G \cdot O \cdot D$$

I risultati ottenuti per ogni poligono vengono rapportati direttamente a cinque gradi di vulnerabilità, variabili da trascurabile ad elevato, e permettono di rappresentare zone a rischio omogeneo; si fornisce di seguito lo schema di valutazione proposto da Foster e Hirata (1988), come riportato in Civita (1994).



6.3 APPLICAZIONE DEL METODO G.O.D. AL TERRITORIO COMUNALE

Nell'intero ambito territoriale indagato, dal confronto tra le quote della superficie topografica e le quote della superficie piezometrica della falda freatica, così come rappresentate in Tav. 4A / 4B, e riportate anche in Tav. 5A / 5B, e descritte in Cap. 5 del presente studio, ed utilizzando gli intervalli di soggiacenza proposti dall'Autore (Foster, 1987), è stato possibile individuare tre zone a diversa soggiacenza, rispettivamente inferiore a 2 m da p.c., compresa tra 2 e 5 m da p.c. e compresa tra 5 e 10 m da p.c.

Sulla base dell'intersezione degli intervalli di soggiacenza con la litologia di superficie rilevata in campagna ed illustrata nella Tav. 2A / 2B, si è proceduto all'individuazione delle aree in cui soggiacenza e litologia superficiale risultassero omogenee, venendo così ad identificare 31 distinte aree poligonali.

Per ogni poligono è stato assegnato un valore a ciascuno dei parametri considerati secondo la seguente modalità:

- al parametro **G** è stato assegnato costantemente il valore 1, che identifica acquiferi liberi;
- al parametro **O** sono stati assegnati i valori, proposti dall'Autore, di 0,5 per i terreni a prevalente composizione limosa, 0,6 per i terreni a prevalente composizione sabbiosa e 0,8 per i terreni a prevalente composizione ghiaiosa;
- al parametro **D** sono stati assegnati i valori di 1 per le aree a soggiacenza inferiore a 2 m, di 0,9 per le aree a soggiacenza compresa tra 2 e 5 m da p.c., e di 0,8 per le aree a soggiacenza compresa tra 5 e 10 m da piano campagna.

Sebbene alcuni Autori, nell'analisi critica del metodo, segnalino la possibilità di ottenere valori di vulnerabilità intrinseca inferiori alla vulnerabilità reale, non si è ritenuto opportuno incrementare il valore di I_v relativo ad ogni poligono, in quanto i valori assegnati ai tre fattori, ed in particolare al fattore G, risultano ampiamente cautelativi. Si propone di seguito la tabella di calcolo utilizzata per la definizione dei valori dell'indice di vulnerabilità I_v .

**Determinazione quantitativa
della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero
freatico
Metodo G.O.D. (Foster, 1987)**

Poligono	G	O	D	Iv	Grado di vulnerabilità
1	1	0,6	1,0	0,60	Alto
2	1	0,6	1,0	0,60	Alto
3	1	0,5	1,0	0,50	Moderato
4	1	0,6	0,9	0,54	Moderato
5	1	0,5	0,9	0,45	Moderato
6	1	0,6	0,8	0,48	Moderato
7	1	0,6	0,8	0,48	Moderato
8	1	0,5	0,8	0,40	Moderato
9	1	0,6	0,9	0,54	Moderato
10	1	0,5	0,9	0,45	Moderato
11	1	0,8	0,8	0,64	Alto
12	1	0,8	0,8	0,64	Alto
13	1	0,8	0,9	0,72	Alto
14	1	0,6	1,0	0,60	Alto
15	1	0,8	0,9	0,72	Alto
16	1	0,6	1,0	0,60	Alto
17	1	0,8	1,0	0,80	Elevato
18	1	0,6	1,0	0,60	Alto
19	1	0,8	1,0	0,80	Elevato
20	1	0,8	1,0	0,80	Elevato
21	1	0,6	0,9	0,54	Moderato
22	1	0,5	0,9	0,45	Moderato
23	1	0,5	1,0	0,50	Moderato
24	1	0,6	1,0	0,60	Alto
25	1	0,8	1,0	0,80	Elevato
26	1	0,6	1,0	0,60	Alto
27	1	0,6	0,9	0,54	Moderato
28	1	0,6	0,9	0,54	Moderato
29	1	0,6	0,9	0,54	Moderato
30	1	0,6	0,9	0,54	Moderato
31	1	0,6	0,9	0,54	moderato

Sulla base dei risultati dell'applicazione del metodo si può osservare che:

- sono state identificate tre aree che presentano grado di vulnerabilità elevato, comprese, come prevedibile, nell'ambito della valle del Serio: l'area più vasta è compresa, all'incirca, tra il ponte ferroviario ed il confine settentrionale del Comune di Crema, mentre le altre due aree, di dimensioni inferiori, risultano localizzate nella porzione meridionale della valle del Serio,

rispettivamente tra Via Visconti ed il confine comunale meridionale, ed a sud di Ca' delle Mosche. In queste aree, che corrispondono ad ambiti caratterizzati da soggiacenza inferiore a 2 m da p.c. e litologia di superficie a prevalente componente ghiaiosa, l'elevata permeabilità dei sedimenti, unita all'esigua potenza del livello insaturo, peraltro legato a suoli generalmente poco sviluppati, determina infiltrazioni rapide dei possibili contaminanti superficiali senza che gli stessi subiscano nell'attraversamento dell'insaturo un'efficace degradazione.

In riferimento alle aree urbanizzate, si rileva che il grado di vulnerabilità elevato interessa i terreni compresi tra Via Santa Maria della Croce ed il Fiume Serio, l'area di Villa Zurla e l'area circostante il depuratore consortile Serio 1, peraltro attualmente destinata all'utilizzo agricolo;

- le aree identificate a grado di vulnerabilità alto derivano tale valutazione, nella maggior parte dei casi, principalmente da valori di soggiacenza inferiori a 2 m da p.c. (come nel caso dell'area del Moso), sebbene in prossimità ed all'interno della valle del Serio tale giudizio derivi principalmente dalla litologia di superficie a prevalente componente ghiaiosa.

In riferimento all'abitato di Crema, si rileva che i terreni classificati a grado di vulnerabilità alto interessano la parte centro-occidentale della città, in particolare parte della ex ferriera posta a N della ferrovia, parte dell'area ex Olivetti e la porzione sudoccidentale dell'area industriale PIP, nonché la quasi totalità dei quartieri San Bernardino e Castelnuovo;

- le aree identificate a grado di vulnerabilità moderato rappresentano in genere aree ad elevata soggiacenza ed interessano la quasi totalità dell'area urbana di Crema.

6.4 VULNERABILITA' INTEGRATA

A completamento della valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero freatico condotta sul territorio comunale di Crema utilizzando il metodo G.O.D., si è ritenuto opportuno indicare in Tav. 5A / 5B i principali elementi antropici che possono svolgere un ruolo significativo nei confronti della qualità delle acque sotterranee, al fine di individuare i potenziali centri di inquinamento in rapporto anche alle aree maggiormente vulnerabili.

Per la rappresentazione sintetica dei Centri di Pericolo è stata utilizzata la simbologia codificata nella "*Legenda unificata per le carte della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei*", definita nell'ambito del Progetto Speciale VAZAR (Vulnerabilità degli Acquiferi nelle Zone ad Alto Rischio) dal GNDCI – CNR, semplificata ed adattata agli scopi del presente studio anche in base alla disponibilità di informazioni.

In Tav. 5A / 5B sono stati rappresentati:

- geometria ed idrodinamica dei corpi idrici sotterranei: gli elementi indicati in cartografia sono costituiti dalle curve isopiezometriche, calcolate sulla base di dati freaticometrici rilevati dallo Scrivente, e le direzioni di flusso della falda freatica;
- produttori reali e potenziali di inquinamento dei corpi idrici sotterranei: sono costituiti da tutti gli elementi antropici in grado di influire negativamente sulla qualità delle acque sotterranee, principalmente le industrie, i distributori di carburanti, le condotte fognarie, le aree cimiteriali ed ospedaliere, le aree interessate da coltivazioni intensive in serra, le strade di grande traffico e gli allevamenti zootecnici;
- potenziali ingestori e viacoli di inquinamento dei corpi idrici sotterranei: sono costituiti da tutti gli elementi, estesi o puntuali, in grado di favorire l'infiltrazione in profondità di eventuali agenti inquinanti; nell'ambito in esame sono state indicate le cave attive appartenenti agli ambiti estrattivi ATE g3 e ATE g4;
- preventori e/o riduttori dell'inquinamento: sono costituiti da tutte quelle strutture in cui vengono operati trattamenti in grado di prevenire e/o ridurre la produzione e l'impatto degli inquinanti; nell'ambito comunale, adattando la simbologia proposta dalla letteratura, è stata segnalata l'area del depuratore Serio 1, sul quale insistono gli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, la piazzola ecologica per la raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani (RSU) ed è in corso di progettazione un impianto di trattamento per rifiuti speciali industriali;
- principali soggetti ad inquinamento: sono costituiti dalle strutture deputate all'emungimento e/o al trasporto di acque sotterranee, ossia quelle strutture che risentono in maniera maggiore dell'eventuale inquinamento delle acque sotterranee; in riferimento all'area comunale, sono stati segnalati i pozzi pubblici ad uso idropotabile, la rete acquedottistica ed i pozzi di captazione ad uso agricolo e/o industriale.

Analizzando la cartografia prodotta, si osserva che:

- i fattori di rischio legati a centri di pericolo di tipo industriale sono concentrati in massima parte nella zona settentrionale della città, a N della linea ferroviaria Cremona – Treviglio, e nella zona settentrionale di Ombriano, talora in corrispondenza di terreni caratterizzati da un grado di vulnerabilità intrinseca elevato;
- i fattori di rischio legati a centri di pericolo di tipo zootecnico risultano diffusi sul territorio, talora in corrispondenza di aree a grado di vulnerabilità alto;

- i fattori di rischio legati all'attività estrattiva sono legati principalmente all'esercizio della necessaria sorveglianza al termine delle escavazioni, in quanto le aree estrattive dismesse risultano spesso riutilizzate come discariche abusive; si ritiene doveroso far presente che tale rischio, durante l'attività estrattiva, viene annullato dalla presenza continua degli operatori;
- i fattori di rischio legati alla presenza di distributori di idrocarburi sono localizzati principalmente lungo le strade di maggior traffico e sono legati sia a possibili sversamenti accidentali durante le fasi di scarico sia a possibili fuoriuscite di carburanti da serbatoi interrati danneggiati;
- la quasi totalità della rete acquedottistica risulta a rischio contaminazione a causa della contiguità con la rete fognaria.

6.5 VULNERABILITA' DELLE ACQUE AI NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA

Nel "*Programma di Tutela ed Uso delle Acque (P.T.U.A.)*", in accordo con quanto stabilito dal D.lgs. 152/99, la valutazione della vulnerabilità delle acque sotterranee e superficiali è stata effettuata attraverso un approccio di tipo pedologico-idrogeologico, che considera la capacità protettiva dei suoli e le caratteristiche dell'acquifero, integrato dalla conoscenza della distribuzione della pressione esercitata sul territorio dai carichi di origine agricolo – zootecnica e civile, al fine di ottenere una stima della vulnerabilità integrata del territorio regionale, che ha portato alla definizione di macroaree, ridefinite successivamente su base comunale, con differenti condizioni di vulnerabilità.

All'interno del P.T.U.A., il Comune di Crema è stato inserito, nell'elenco di cui all'Appendice D delle relative Norme Tecniche di Attuazione, all'interno delle "*zone di attenzione*" (Tab. C).

Successivamente, il territorio comunale di Crema, con D.G.R. 11 ottobre 2006 n. 8/3297 "*Nuove aree vulnerabili ai sensi del D.lgs. 152/2006: criteri di designazione e individuazione*", è stato inserito nell'elenco dei comuni interamente compresi nell'area vulnerabile da nitrati provenienti da fonti agricole (agro-zootecniche); detto elenco, di cui ad All. 2 della delibera sopraccitata, sostituisce l'elenco dell'Appendice D delle N.T.A. del P.T.U.A..

I riferimenti normativi principali a livello nazionale sono rappresentati dal D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 "*Norme in materia ambientale*" ed il D.lgs. 16 gennaio 2008 n. 4 "*Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale*", mentre in Regione Lombardia allo stato attuale trovano applicazione le norme stabilite dalla L.R. 15 dicembre 1993 n. 37 "*Norme per il trattamento, la maturazione e l'utilizzo dei reflui*

zootecnici”, nel rispetto della direttiva comunitaria 676/91/CEE (Direttiva Nitrati), e dal suo regolamento attuativo.

Bibliografia

A.N.P.A. (2001) – “*Linee guida per la redazione e l’uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento*” – A cura di De Mario M., Civita M., Farina M., Zavatti A. – I.G.E.R., Roma.

BERETTA G.P., FRANCANI V., FUMAGALLI L. (1992) – “*Studio Idrogeologico della Provincia di Cremona*” – Collana Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale – Pitagora Editrice, Bologna.

CASTANY G. (1987) – “*Idrogeologia – Principi e Metodi*” – Dario Flaccovio Editore.

CELICO P. (1990) – “*Prospezioni Idrogeologiche I*” – Liguori Editore.

CIVITA M. (1994) – “*Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento: teoria e pratica*” – Pitagora Editrice, Bologna.

FOSTER S.S.D. (1987) – “*Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy*” – In: van Duijvenbooden G.W. & van Waegeningh H.G., eds. *Vulnerability of soil and groundwater to pollutants* – TNO – The Hague, pp. 69-86.

PROVINCIA DI CREMONA (2003) - “*Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)*” – Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità , Cremona.

7. CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (TAV. 6, SCALA 1 : 5.000)

7.1 PREMESSA

Nel presente capitolo vengono trattati alcuni aspetti, all'interno del territorio comunale di Crema, relativi al **rischio idrogeologico**, definito come una grandezza che mette in relazione la pericolosità, intesa come caratteristica intrinseca di un territorio che lo rende vulnerabile a fenomeni di dissesto (alluvioni, frane), e la presenza sul territorio di insediamenti urbani, industriali, infrastrutture, beni storici, artistici ed ambientali.

Il fenomeno che in aree di pianura caratterizza il rischio idrogeologico è rappresentato dall'**esondazione** dei corsi d'acqua, e nel caso specifico del Fiume Serio, ovvero la fuoriuscita delle acque dalla sede naturale in seguito ad un aumento di portata causata prevalentemente da precipitazioni di forte intensità.

In generale il concetto di rischio (R) associato ad un particolare evento è funzione della pericolosità (P), della vulnerabilità (V) e del valore esposto (E):

- **Pericolosità (P):** rappresenta la probabilità che un fenomeno, nel caso in esame un evento alluvionale, si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità.
- **Vulnerabilità (V):** rappresenta il grado di suscettibilità del territorio agli effetti negativi prodotti dal fenomeno considerato, ovvero l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni, ed è funzione della distribuzione dell'urbanizzato, della densità della popolazione, della distribuzione delle attività e dei servizi pubblici, dell'ambiente naturale.
- **Valore esposto (E):** rappresenta il valore socio – economico relativo agli elementi a rischio ed è funzione della tipologia dell'elemento stesso (ospedali, scuole, stalle,...).

Il **rischio (R)** connesso con un determinato evento rappresenta pertanto il prodotto tra questi tre fattori:

$$\mathbf{R = P \times V \times E}$$

In definitiva, esso rappresenta il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà ed alle attività economiche dovuti ad un evento alluvionale di una data intensità che ha coinvolto una particolare area per un dato periodo di tempo.

L'argomento in oggetto è stato affrontato analizzando in dettaglio la documentazione disponibile, relativa sia alle esondazioni fluviali avvenute nel passato, sia agli studi idraulici e morfologici realizzati in corrispondenza del corso d'acqua nell'ambito della pianificazione territoriale comunale e sovracomunale.

Per quanto riguarda l'inquadramento generale del Bacino Idrografico del Fiume Serio, nonché gli aspetti principali delle problematiche idrologiche del suo tratto di pianura, si rimanda al Cap. 5 del presente studio.

Si sottolinea che nel presente studio, in funzione delle informazioni a disposizione, l'attenzione è stata rivolta esclusivamente al rischio di esondazione del Fiume Serio, benchè gli allagamenti storici in territorio comunale siano da attribuirsi anche ad alcuni corsi d'acqua che scorrono all'interno dei quartieri settentrionali del centro abitato di Crema, in corrispondenza dei quali si sono verificati in passato fenomeni di rigurgito e sormonto spondale.

Per tali corsi d'acqua risulta di fondamentale importanza l'opera di manutenzione e monitoraggio che deve essere svolta dal "*soggetto gestore*" del corso d'acqua stesso, al fine di impedire e/o limitare l'insorgere di condizioni di pericolo sia per le persone che per le cose (edifici civili ed industriali, infrastrutture di collegamento, terreni agricoli), prevedendo anche sistemi di allertamento e di intervento in caso di esondazione.

Relativamente al reticolo idrografico secondario, la normativa regionale vigente, rappresentata principalmente dalle d.g.r. 25 gennaio 2002 n° 7/7868 e d.g.r. 1 agosto 2003 n° 7/13950, prevede l'individuazione, all'interno del territorio comunale, del Reticolo Idrico Principale, di competenza regionale, ed in particolare del Reticolo Idrico Minore, sul quale il Comune deve esercitare le funzioni di Polizia Idraulica, tra le quali si segnalano gli interventi in caso di emergenza, la realizzazione di opere di pronto intervento e la manutenzione del corso d'acqua e delle aree in fregio allo stesso.

Allo stato attuale, il Comune di Crema non ha ancora ottemperato alla suddetta normativa e pertanto all'interno del territorio comunale non risultano definite in modo rigoroso le attività di controllo degli interventi di gestione all'interno dei corsi d'acqua e nelle relative fasce di rispetto, e di conseguenza neppure i soggetti predisposti ad affrontare le situazioni di emergenza.

Il Sindaco, tuttavia, può definire discipline specifiche nei confronti dei soggetti gestori dei corsi d'acqua appartenenti all'intero reticolo idrografico comunale, affinché siano disponibili le informazioni inerenti le persone, i mezzi ed i processi di attivazione in caso di emergenza per rischio allagamento. Le funzioni attribuite al Sindaco rientrano nelle competenze previste

nell'ambito della Protezione Civile, così come riportato nell'art. 15 “*Competenze del Comune ed attribuzioni del Sindaco*” della Legge 24 febbraio 1992 n° 225 “*Istituzione del Servizio Nazionale di Protezione Civile*”:

« 1. *Nell'ambito del quadro ordinamentale di cui alla legge 8 giugno 1990, n. 142, in materia di autonomie locali, ogni Comune può dotarsi di una struttura di protezione civile.*

2. *La Regione, nel rispetto delle competenze ad essa affidate in materia di organizzazione dell'esercizio delle funzioni amministrative a livello locale favorisce, nei modi e con le forme ritenuti opportuni, l'organizzazione di strutture comunali di protezione civile.*

3. *Il Sindaco è autorità comunale di protezione civile. Al verificarsi dell'emergenza nell'ambito del territorio comunale, il Sindaco assume la direzione e il coordinamento dei servizi di soccorso e di assistenza alle popolazioni colpite e provvede agli interventi necessari dandone immediata comunicazione al Prefetto e al Presidente della Giunta Regionale.*

4. *Quando la calamità naturale o l'evento non possono essere fronteggiati con i mezzi a disposizione del Comune, il Sindaco chiede l'intervento di altre forze e strutture al Prefetto, che adotta i provvedimenti di competenza, coordinando i propri interventi con quelli dell'autorità comunale di protezione civile ».*

Il Sindaco rappresenta dunque l'autorità comunale di Protezione Civile ed in caso di emergenza, in accordo con il Prefetto, è il responsabile della gestione dei soccorsi e del coordinamento delle forze disponibili; per tale motivo il Comune ha il diritto ed il dovere di dotarsi di una struttura di Protezione Civile, e di conseguenza di un “*Piano di Emergenza Comunale*”, sulla base delle indicazioni della Direttiva Regionale “*La Pianificazione di Emergenza in Lombardia: guida ai Piani di Emergenza Comunali e Provinciali*”, predisposta dalla Regione Lombardia sulla base delle competenze ad essa assegnate dal D.lgs. 112/98, art. 108.

Anche l'Autorità di Bacino del Fiume Po, con l'approvazione del P.A.I. (“*Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*”), ha introdotto l'obbligo della redazione del “*Piano di Emergenza Comunale*” per tutti i Comuni interessati dalle fasce fluviali, come principale strumento di difesa della popolazione; tale elaborato dovrà coordinarsi ed integrarsi con il “*Piano di Emergenza Provinciale*”, approfondendo le problematiche in esso contenute.

Nei successivi paragrafi verranno brevemente descritte tutte le informazioni, relative al rischio di esondazione del Fiume Serio, desunte dalla documentazione consultata per la realizzazione del presente studio, utilizzate, ove possibile, per la rappresentazione della cartografia di cui alla Tav. 6 “*Carta del rischio idrogeologico*”.

7.2 STUDIO DI FATTIBILITA' DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL FIUME SERIO

7.2.1 PREMESSA

L'Autorità di Bacino del Fiume Po, con deliberazione del Comitato Istituzionale n° 12 del 18 marzo 2008, ha approvato gli “*Studi di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua*”, realizzati con lo scopo di approfondire gli elementi conoscitivi contenuti nel P.A.I. e di verificarne le previsioni.

Le attività oggetto degli Studi di fattibilità, rivolte sia all'aggiornamento ed all'approfondimento delle conoscenze di base del P.A.I. sul sistema idrografico che alla definizione progettuale della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua, riguardano indagini di campo, indagini conoscitive, analisi idrologiche ed idrauliche, la sintesi delle attuali condizioni dei corsi d'acqua all'interno di un quadro di insieme, l'elaborazione di un piano di sistemazione e progettazione degli interventi.

Come riportato all'interno della deliberazione 12/2008, gli Studi di fattibilità non sono dotati dell'efficacia che la legge attribuisce agli strumenti della pianificazione di bacino approvati, ovvero non hanno un'efficacia giuridicamente vincolante.

Tuttavia, in considerazione della necessità di condividere i dati conoscitivi di cui all'oggetto con le competenti Amministrazioni pubbliche, allo scopo di consentire loro l'utilizzo di tali dati per adempiere agli obblighi giuridici di valutazione tecnica e di costante adeguamento delle misure di mitigazione del rischio rispetto ai concreti sviluppi della situazione esistente, la deliberazione 12/08 stabilisce le modalità di condivisione delle informazioni, riportate all'interno degli Studi di fattibilità, tra l'Autorità di Bacino del Fiume Po e le Amministrazioni cui sono attribuite competenze nelle materie previste e disciplinate dal P.A.I., ed il loro utilizzo, nel pieno rispetto delle indicazioni riportate all'interno dell'art. 3 di detta deliberazione.

All'interno del presente studio, si è ritenuto dunque opportuno, come disposto anche dalla d.g.r. 7374/2008, riportare una sintesi degli elementi più rilevanti, relativi al territorio comunale di Crema, emersi dall'analisi dello “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda*”, trasmesso dall'Autorità di Bacino del Fiume Po all'Amministrazione comunale in seguito a formale richiesta, secondo le ordinarie modalità di comunicazione; detti elementi verranno inoltre opportunamente inseriti all'interno della Tav. 6.

7.2.2 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLO STUDIO DI FATTIBILITA'

In questo paragrafo verranno sintetizzati i dati più significativi relativi al grado di rischio di allagamento del territorio comunale per esondazione del Fiume Serio, in relazione alla definizione delle fasce fluviali di progetto del P.A.I. e degli interventi di adeguamento, rimandando direttamente allo Studio di fattibilità eventuali ulteriori approfondimenti, in particolare relativamente ai rilievi topografici, alle caratteristiche morfologiche dell'alveo del Serio, alle analisi idrauliche ed idrologiche.

Relazione idrologica

Si sottolinea in particolare, in riferimento al tratto di Fiume Serio in corrispondenza del territorio comunale di Crema, la differenza che intercorre tra le stime delle portate al colmo, per assegnato tempo di ritorno, realizzate nello studio in oggetto e quelle effettuate negli studi realizzati nel passato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (P.A.I. e Progetto SP1), riportate nella seguente tabella.

Stazione idrometrica di Crema	Q_{TR20} (m³/s)	Q_{TR100} (m³/s)	Q_{TR200} (m³/s)	Q_{TR500} (m³/s)
P.A.I.	530	650	720	800
Progetto SP1	327	408	450	/
Studio di fattibilità	337	488	564	677

Dai dati sopra riportati, si evince che il modello adottato nell'ambito del P.A.I. sovrastima i valori delle portate al colmo in corrispondenza della stazione idrometrica di Crema rispetto a quelli ottenuti nello Studio di fattibilità, con differenze percentuali sensibili (sino al 57,1 %), in ragione della considerazione del fenomeno di laminazione in alveo.

Il modello utilizzato nell'ambito del Progetto SP1 dell'AdB del Po, invece, sottostima tali valori rispetto a quelli dello Studio di fattibilità, probabilmente a causa di una inadeguata rappresentazione della distribuzione di frequenza osservata in corrispondenza della stazione di misura di Ponte Cene, localizzata circa 72 Km a monte della confluenza del Serio nel Fiume Adda.

Relazione idraulica

Particolare attenzione è stata rivolta nel presente studio all'individuazione delle aree a rischio di inondazione effettuata all'interno dello Studio di fattibilità, essendo direttamente collegata alla

delimitazione delle fasce fluviali del P.A.I., che assume una notevole importanza nell'ambito della pianificazione urbanistica del territorio comunale.

La revisione delle fasce fluviali contenute nel P.A.I. si è sviluppata, sulla base di rilievi topografici e l'utilizzo di ortofotocarte ad una scala di maggiore dettaglio (1:10.000), secondo criteri prestabiliti, attraverso i quali si è giunti, in corrispondenza di alcuni tratti, alla proposta di una variazione della delimitazione delle stesse.

In generale, la Fascia A del P.A.I. risulta all'incirca ovunque più estesa rispetto a quella calcolata e proposta nello Studio di fattibilità, mentre la Fascia B e la Fascia C vengono sostanzialmente riconfermate; le differenze rilevate sono probabilmente dovute al maggior dettaglio delle informazioni topografiche disponibili per lo studio citato rispetto a quelle utilizzate nel P.A.I., in particolare relativamente all'abitato di Crema, in corrispondenza del quale è stata effettuata una simulazione idraulica bidimensionale, utilizzando una base topografica costituita da un modello digitale del terreno (D.E.M.) con passo di 5 m; ad essa si rimanda per eventuali approfondimenti tecnici.

In territorio comunale, i limiti delle aree inondabili per $T_R = 200$ anni, come rappresentato in Tav. 6, interessano solo parzialmente gli insediamenti residenziali e produttivi, sia in destra che sinistra idrografica; in destra idrografica, a valle della Palata Borromea e fino al ponte della ex SS 415 "Paullese", l'acqua esonda principalmente in tre tratti, andando ad interessare solamente le aree più prossime all'alveo.

In corrispondenza dell'area del depuratore Serio 1, in destra idrografica del Fiume Serio, le simulazioni effettuate con piena duecentennale indicano un allagamento parziale, sia per via diretta che per esondazione del Colatore Cresmiero, che diventa un allagamento totale con $T_R = 500$ anni (piena catastrofica).

I risultati ottenuti dallo Studio di fattibilità all'interno dell'area del depuratore di Crema confermano, con dettaglio migliore essendo a disposizione un maggior numero di sezioni nel tratto a valle di quello in esame, **quelli ricavati dalle simulazioni realizzate nel 2002 dallo "Studio Telò S.r.l."**, su commissione del Consorzio Cremasco, all'interno dello studio denominato *"Valutazione delle condizioni di rischio idraulico in corrispondenza dell'impianto di depurazione Serio 1 nei territori della Fascia C e delimitata dal limite di progetto secondo le Norme del P.A.I. del Fiume Serio"*, come descritto nel paragrafo 7.4 del presente elaborato.

Nello Studio di fattibilità è segnalato comunque il possibile verificarsi di fenomeni di sottospinte sul fondo delle vasche, tali da compromettere la stabilità dei manufatti.

A monte della Palata Borromea, la piena duecentennale determina l'inondazione delle aree golenali non antropizzate, comprese le aree di cava localizzate nella porzione settentrionale del territorio comunale.

Per quanto riguarda il limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C (limite B di progetto) del P.A.I., esso è stato proposto in corrispondenza di diversi tratti che interessano il centro abitato di Crema, sia in destra che sinistra idrografica, e l'area del depuratore Serio 1, conformemente al limite vigente.

Le aree che si sviluppano all'interno della Fascia C a tergo della B di progetto presentano dunque una criticità di tipo transitorio, che si ridurrà in maniera determinante una volta realizzate le opere idrauliche individuate dal piano di interventi.

Lo Studio di fattibilità ritiene inoltre incompatibile l'insediamento di impianti estrattivi in corrispondenza del tratto del Fiume Serio che si sviluppa tra Casale Cremasco ed il centro di Crema, in quanto l'eventuale ricomprensione dei bacini di cava nell'ambito dell'alveo attivo può avere effetti negativi sul deflusso a valle, sull'assetto planoaltimetrico dell'alveo e sulla stabilità delle opere idrauliche e degli attraversamenti.

In ultima analisi, lo studio in esame definisce, a livello di fattibilità, gli interventi previsti lungo il corso del Fiume Serio, suddivisi in quattro diverse categorie principali: sistemazione idraulica, interventi di rinaturazione e restauro ecologico, interventi sulle opere interferenti, interventi a carattere locale di riduzione della vulnerabilità.

Gli interventi proposti all'interno del territorio comunale di Crema vengono di seguito presentati; questi, ad ognuno dei quali è associato un codice identificativo, vengono riportati all'interno della cartografia di cui alla Tav. 6 (ad esclusione degli interventi di rinaturazione e restauro ecologico).

Interventi di sistemazione idraulica

- **SE SI CD 04:** realizzazione, consolidamento e/o ripristino difese spondali esistenti.
- **SE SI CD 05:** realizzazione, consolidamento e/o ripristino difese spondali esistenti.
- **SE SI AR 13:** realizzazione argine in terra con protezione a fiume.
- **SE SI AR 14:** realizzazione argine in terra con protezione a fiume.
- **SE SI AR 15:** realizzazione muro arginale per adeguamento in quota difesa spondale esistente – realizzazione argine in terra con protezione a fiume.
- **SE SI AR 16:** adeguamento in sagoma e/o quota di argine esistente.
- **SE SI AR 17:** adeguamento in sagoma e/o quota di argine esistente.

Interventi di rinaturazione e restauro ecologico

- **SE RN RN 06:** ricostituzione della continuità delle formazioni arboree/arbustive di ripa.
- **SE RN RN 07:** recupero delle aree naturaliformi retroripariali.
- **SE RN RN 08:** recupero di aree degradate/ruderali.
- **SE RN RA 03:** recupero non assistito.

Interventi a carattere locale

- **SE IL RV 37**
- **SE IL RV 38**
- **SE IL RV 39**
- **SE IL RV 40**
- **SE IL RV 41**
- **SE IL RV 42**

Si rimanda alle “*Schede di progetto*”, riportate nello Studio di fattibilità, relative agli interventi di sistemazione idraulica (SI) e di rinaturazione e restauro ecologico (RN) sopra elencati; all’interno di esse, vengono riportate in generale: tipologia dell’intervento, descrizione dell’intervento, stima sommaria dei costi, ubicazione dell’intervento, profilo longitudinale rappresentativo dell’intervento, documentazione fotografica.

7.3 STUDI DI PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE PROVINCIALI

La Provincia di Cremona, in seguito alle competenze ad essa attribuite dalla L. 24 febbraio 1992 n° 225 “*Istituzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile*” e dal D.Lgs. 31 marzo 1998 n° 112 “*Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni e agli enti locali, in attuazione del capo I della L. 15 marzo 1997, n. 59*” (decreto attuativo della L. 59/97 “*Legge Bassanini*”), ha predisposto l’elaborazione, effettuata dalla Ditta INFOSAFE S.r.l., del “*Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione*”, approvato con D.C.P. del 16 marzo 1999 n° 17, all’interno del quale sono stati analizzati gli scenari dei potenziali grandi rischi, con conseguenze rilevanti per l’uomo e per l’ambiente, riscontrabili nel territorio provinciale, ovvero il rischio idrogeologico, il rischio sismico, il rischio industriale ed il rischio nucleare.

In riferimento alla materia di interesse, l’analisi del rischio idrogeologico, che nel caso in esame, come sottolineato in precedenza, coincide con il rischio di esondazione fluviale, è stata sviluppata ponendo l’attenzione in particolare sui corsi d’acqua principali (Fiumi Po, Adda, Serio, Oglio),

attingendo informazioni anche attraverso un'analisi storica degli eventi alluvionali, come verrà descritto successivamente nel presente studio.

Per quanto riguarda il Fiume Serio, il cui percorso all'interno del territorio provinciale è di circa 39 Km in direzione essenzialmente nord-sud, si riporta di seguito una tabella che evidenzia la percentuale delle aree a rischio di esondazione, così come prodotta nel sopraccitato elaborato.

Comune	Percentuale di superficie comunale a rischio di esondazione (%)
Castelgabbiano	5,16
Casale Cremasco – Vidolasco	12,06
Sergnano	13,61
Ricengo	13,54
Pianengo	17,18
Crema	12,58
Madignano	1,86
Ripalta Cremasca	8,47
Ripalta Guerina	26,40
Ripalta Arpina	17,37
Montodine	24,53

Relativamente alla città di Crema, viene sottolineato che le situazioni che possono generare alluvioni sono legate a fenomeni che interessano essenzialmente il reticolo idrografico secondario, in particolare nelle aree poste più a nord, dovute a fenomeni di rigurgito durante le piene del Fiume Serio.

Sulla base delle ricerche effettuate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, così come riportato nell'elaborato n° 2 "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici" – All. 1 "Elenco dei Comuni per classi di rischio" del P.A.I., al Comune di Crema viene assegnata, in una scala di valori da 1 (moderato) a 4 (molto elevato), una classe di rischio totale per esondazione di valore **R4**, il cui significato viene mostrato nella seguente tabella.

Classe di rischio totale	Valutazione del rischio idraulico e/o idrogeologico riportata nel P.A.I.	Definizione del rischio idraulico e/o idrogeologico riportata nel P.A.I.
R4	MOLTO ELEVATO	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, agli edifici ed alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, distruzione di attività socio-economiche
R3	ELEVATO	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale
R2	MEDIO	Sono possibili danni minori agli edifici ed alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche
R1	MODERATO	I danni sociali ed economici sono marginali

In recepimento delle risultanze dello studio elaborato dalla Ditta INFOSAFE S.r.l., che ha rilevato, relativamente al rischio idrogeologico, numerosi elementi di criticità all'interno del territorio provinciale, la Provincia di Cremona, sulla base delle competenze ad essa attribuite dalla L. 225/92, dal D.lgs. 112/98 e dalla L.R. 5 gennaio 2000 n° 1 "Riordino del sistema delle autonomie in Lombardia. Attuazione del D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112" e successive modifiche, nell'ambito delle funzioni di Protezione Civile ha predisposto il "Piano di Emergenza Provinciale per il Rischio Idraulico dei Fiumi Adda, Serio ed Oglio", approvato con D.C.P. del 25 febbraio 2004 n° 28.

Il ruolo della Provincia nelle operazioni di Protezione Civile, in riferimento alle aree ricadenti in Fascia C, viene definito anche nella Normativa del P.A.I. (artt. 23, 31), all'interno del quale è prevista la predisposizione da parte dell'Ente del "Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione" e del Piano di Emergenza sopraccitato, il quale rappresenta uno strumento di fondamentale importanza nell'organizzazione delle emergenze derivanti dal rischio idrogeologico, ed in particolare nella definizione dello scenario di rischio, delle modalità di organizzazione del servizio di monitoraggio e di vigilanza idraulica, e nella predisposizione del modello di intervento, il cui obiettivo è la pianificazione del coordinamento tra i vari organi di Protezione Civile che intervengono nelle situazioni di emergenza.

Seguendo le indicazioni regionali, per la realizzazione del “*Piano di Emergenza Provinciale per il Rischio Idraulico dei Fiumi Adda, Serio ed Oglio*” è stato istituito un team di tecnici, nonchè commissionato allo Studio di Ingegneria Idraulico Ambientale “Studio Telò s.r.l.”, lo studio denominato “*Individuazione delle criticità idrauliche sul reticolo idrico primario nel territorio provinciale di Cremona per la predisposizione dei piani di emergenza e per le attività di previsione, pianificazione e prevenzione*”, approvato con D.C.P. del 25 febbraio 2004 n° 27, che rappresenta un significativo contributo sia alla pianificazione di emergenza che all’intera programmazione territoriale provinciale.

Lo studio, articolato in quattro fasi successive, ha permesso di identificare le maggiori criticità idrauliche lungo i fiumi Adda, Serio ed Oglio all’interno del territorio provinciale, classificandole ed organizzandole in modo gerarchico, nonchè di individuare e delimitare quelle porzioni di territorio ricadenti all’interno della Fascia C del P.A.I., nelle quali la Provincia detiene un ruolo determinante nell’ambito della Protezione Civile, esposte ad un grado di rischio idraulico complessivo elevato, sia in funzione della tipologia e gravità della criticità riscontrata che della valutazione relativa all’importanza socio – economica associata alle aree ad essa retrostanti, potenzialmente coinvolgibili durante le piene fluviali.

Integrando le informazioni reperite dall’Ufficio di Protezione Civile della Provincia di Cremona in tutti i Comuni attraversati dai tre corsi d’acqua principali, i dati storici e recenti provenienti da Enti sovraordinati quali Regione Lombardia, Autorità di Bacino del Fiume Po, Agenzia Interregionale per il Fiume Po (A.I.Po) e Consorzi di Bonifica, sono state individuate numerose criticità idrauliche, suddivise in due categorie principali in funzione della problematica annessa:

- **Criticità diffuse:** erosioni spondali e/o arginali, sormonti arginali.
- **Criticità puntuali:** cedimenti, sifonamenti, crolli e più in generale sofferenze di strutture idrauliche (chiaviche, derivazioni, soglie, traverse, stazioni di sollevamento).

All’interno del Comune di Crema, in corrispondenza del Fiume Serio, sono state individuate **tre criticità idrauliche**, classificate sulla base del “*grado di rischio idraulico intrinseco*”, come riportato nella tabella seguente, stralcio della Tab. 1 dello studio citato.

Fiume	Comune	Criticità segnalata	Tipo di criticità	Località	Sponda idrografica	Ente segnalante
Serio	Crema	Erosione spondale	Diffusa	Cascina Lupi	Sx	Protezione Civile
Serio	Crema	Infiltrazioni	Diffusa	S. Maria della Croce	Sx	Protezione Civile
Serio	Crema	Erosione spondale	Diffusa	Crema	Dx	Protezione Civile

Al fine di giungere ad una definizione del “grado di rischio idraulico complessivo”, ad ogni singola criticità idraulica è stato associato sia un “grado di criticità idraulica”, identificato con il codice **C.I.** (Classe di rischio idraulico), sia un “grado di valore esposto” delle aree ad essa retrostanti, identificato con il codice **C.S.E.** (Classe di interesse socio – economico), dei quali si riportano di seguito le definizioni.

C.I. = CLASSE DI RISCHIO IDRAULICO	
BASSO	Criticità idraulica che non presenta segni evidenti di crisi e che va solo monitorata nel tempo
MODESTO	Criticità idraulica che presenta segni di crisi, ma che non presuppone il collasso della strutture
ELEVATO	Criticità evidente che presuppone un prossimo collasso della struttura

C.S.E. = CLASSE DI INTERESSE SOCIO - ECONOMICO	
BASSO	Presenza di aree agricole, pioppeti ed aree incolte
MODESTO	Presenza di case rurali con annesse stalle e ricoveri di animali
ELEVATO	Presenza di infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, aree urbane, nuclei abitati, aree artigianali, infrastrutture produttive

Dall’incrocio le classificazioni sopra riportate, attraverso una rappresentazione matriciale è stato possibile giungere ad una valutazione del “grado di rischio idraulico complessivo”, secondo il seguente schema.

C.S.E.	C.I.	BASSO	MODESTO	ELEVATO
BASSO				
MODESTO				
ELEVATO				

Ad ognuno dei nove gradi di rischio idraulico complessivo, si associa una breve descrizione relativa alla tipologia della criticità idraulica rilevata ed all'importanza socio – economica delle aree retrostanti, nonché una valutazione sul livello di attenzione da attribuire ad essa.

Alle tre criticità idrauliche individuate in Comune di Crema, riportate nella cartografia di cui alla Tav. 6, è stato attribuito un grado di rischio idraulico complessivo variabile da “Basso” a “Modesto”, in relazione principalmente alla tipologia delle aree sottese dalla criticità idraulica considerata.

Nella citata cartografia vengono inoltre riportate le aree in cui sono presenti attività a rischio di allagamento localizzate in Fascia A, Fascia B e Fascia C del P.A.I., così come individuate nella cartografia relativa al “*Piano di Emergenza Provinciale per il Rischio Idraulico dei Fiumi Adda, Serio ed Oglio*”, al quale si rimanda per la consultazione delle schede di inquadramento ad esse associate predisposte dall'Ufficio di Protezione Civile della Provincia di Cremona.

Si riportano di seguito le schede identificative delle criticità idrauliche rilevate in territorio comunale, comprensive delle principali informazioni ad esse associate.

**SCHEDE IDENTIFICATIVE DELLE CRITICITA' IDRAULICHE
INDIVIDUATE NEL COMUNE DI CREMA**

Fiume		SERIO		
Sponda idrografica		Sinistra		
Tipologia		Erosione spondale		
Tipo		Diffusa		
Lettera identificativa		A		
C.S.E.	C.I.	BASSO	MODESTO	ELEVATO
BASSO		X		
MODESTO				
ELEVATO				
<p>Criticità idraulica che non presenta segni evidenti di crisi e che non presuppone l'interessamento di infrastrutture civili di particolare importanza. Si tratta di un'erosione spondale per la maggior parte antica in quanto coperta da una ricca vegetazione che ne aumenta in parte il potere coesivo. Per tale motivo si consiglia solo un saltuario monitoraggio.</p>				

Fiume		SERIO		
Sponda idrografica		Sinistra		
Località		Palata Borromea		
Tipologia		Infiltrazioni / Erosione		
Tipo		Diffusa		
Lettera identificativa		B		
C.S.E.	C.I.	BASSO	MODESTO	ELEVATO
BASSO				
MODESTO			X	
ELEVATO				
<p>Criticità idraulica che non presenta segni evidenti di crisi. Nel caso specifico trattasi della Palata Borromea. Storicamente la traversa ha avuto alcuni problemi strutturali prontamente sistemati. Gli stessi palconcelli in legno sono stati recentemente sostituiti ed automatizzati. Da un punto di vista idraulico non sono presenti segni evidenti di crisi, se si esclude subito a valle in sponda sinistra un cedimento del terrazzo limitato da opportuna difesa radente in massi. Cedimento prontamente risolto dall'AIPO. Da monitorare nel tempo durante le piene.</p>				

Fiume		SERIO		
Sponda idrografica		Destra		
Località		Crema		
Tipologia		Erosione spondale		
Tipo		Diffusa		
Lettera identificativa		C		
C.S.E.	C.I.	BASSO	MODESTO	ELEVATO
BASSO				
MODESTO			X	
ELEVATO				
<p>Criticità che fino a qualche tempo fa presentava segni evidenti di crisi in quanto rappresentata da un muro fatiscente e decadente, delimitazione idraulica di discutibile sicurezza. Questo fatiscente presidio, nell'ambito della ristrutturazione edilizia di tutta l'area a valle del parcheggio di Santa Maria, è stato recentemente sostituito da una conterminazione di pannelli prefabbricati di cemento di cui però non si conoscono le caratteristiche strutturali e di tenuta idraulica. Per tale motivo, questa criticità va tenuta rigorosamente monitorata durante le piene.</p>				

Per quanto riguarda le aree sottese dal limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C (limite B di progetto), lo studio rimanda ad un'analisi di rischio idraulico più approfondita, così come previsto nelle Norme di Attuazione (N.T.A.) del P.A.I., che in art. 31 comma 5 così recita:

*“Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come **“limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C”** nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17 comma 6 della legge 183/89, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato del suddetto art. 17 comma 6 ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17 comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare anche parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto all'art. 1, comma 1, let. b) del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000.”*

Nel territorio comunale, all'interno della vigente cartografia del P.A.I., e riportato nella cartografia di cui alla Tav. 6 del presente studio, è segnalato un limite B di progetto che sottende un'area che si

estende dalla zona a nord di Via Visconti alla zona a sud dell'immissione del Colatore Cresmiero nel Fiume Serio, comprendente l'area del Depuratore Serio 1 di Crema, come descritto in precedenza.

In ottemperanza alle indicazioni normative del P.A.I., in tale fascia, retrostante il limite B di progetto, sono stati prodotti dallo "Studio Telò s.r.l." due studi idraulici, come previsto anche dalla normativa regionale (d.g.r. 11 dicembre 2001 n° 7/7365), commissionati dal Consorzio Cremasco/Società Cremasca Servizi (S.C.S.) S.p.a.:

1. *“Valutazione delle condizioni di rischio idraulico in corrispondenza dell'impianto di depurazione Serio 1 nei territori della Fascia C e delimitata dal limite di progetto secondo le Norme del P.A.I. del Fiume Serio”* – aprile 2002.
2. *“Analisi di compatibilità idraulica ampliamento aree a nord dell'impianto di depurazione di Crema sul Fiume Serio nei territori della Fascia C delimitati dal limite di progetto secondo le Norme del P.A.I. del Fiume Serio”* – aprile 2004.

Detti studi sono stati realizzati al fine di verificare, attraverso indagini idrauliche approfondite, le condizioni di rischio idraulico in corrispondenza delle aree in oggetto, come previsto dalle N.T.A. del P.A.I., ed eventualmente dimostrare, sulla base dei risultati ottenuti, che dette “aree delimitate dal limite B di progetto” possono essere considerate, all'interno della programmazione urbanistica comunale, come appartenenti alla Fascia C del P.A.I., con indicazioni urbanistiche meno restrittive rispetto a quelle relative alla Fascia B, all'interno della quale sono esse inserite in base alla vigente delimitazione in fasce fluviali riportata nel P.A.I..

Una sintesi dei problemi affrontati nei suddetti studi e delle conclusioni e/o raccomandazioni in essi riportati vengono di seguito presentati.

7.4 ANALISI DEGLI STUDI IDRAULICI

Nel presente paragrafo vengono descritti gli studi di compatibilità idraulica effettuati in corrispondenza delle aree di proprietà del Consorzio Cremasco/Società Cremasca Servizi S.p.A., localizzate in sponda destra del Fiume Serio e comprese tra il ponte di Via Visconti e l'immissione

del Colatore Cresmiero nel Fiume Serio, indicate nel P.A.I. come aree sottese dal limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C.

All'interno di dette aree, sulla base delle N.T.A. del P.A.I. (art. 31 comma 5) e delle indicazioni della d.g.r. 11 dicembre 2001 n° 7/7365 *“Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989 n. 183”*, devono essere valutate in dettaglio le condizioni di pericolosità e di rischio, in quanto tali ambiti, fino al completamento delle opere previste, permangono in condizioni di rischio molto maggiori di quelle previste per l’assetto definitivo.

In ottemperanza alla citata delibera regionale, attualmente incorporata nella d.g.r. 7374/2008, sono stati realizzati, dallo “Studio Telò s.r.l.”, i due studi idraulici sopraccitati, di seguito brevemente illustrati.

Viene inoltre descritto lo studio idraulico, antecedente a quelli sopraccitati, effettuato, sempre dal Dott. Ing. R. Telò, per il Comune di Crema, in corrispondenza dell’area dove è stato in seguito realizzato il parcheggio di Viale Santa Maria.

□ ***“Valutazione delle condizioni di rischio idraulico in corrispondenza dell’impianto di depurazione Serio 1 nei territori della Fascia C e delimitata dal limite di progetto secondo le Norme del P.A.I. del Fiume Serio”***

Lo studio, datato aprile 2002, è stato realizzato utilizzando il *“metodo di approfondimento”*, di cui ad All. 3 della d.g.r. 7365/2001 ed ai sensi dell’art. 31 comma 5 delle Norme di Attuazione del P.A.I.; all’interno dell’area in esame è ubicato l’impianto di depurazione “Serio 1”.

Attraverso detto studio sono state simulate, sulla base di rilievi topografici aggiornati e pregressi (complessivamente 25 sezioni trasversali), le condizioni di propagazione della piena fluviale ed è stato valutato il grado di rischio di sommersione delle aree in oggetto, in funzione di eventi di piena con diversi tempi di ritorno.

La simulazione è stata effettuata partendo a monte dell’area in oggetto, in corrispondenza del pontecanale Vacchelli, sino alla briglia di Montodine, in corrispondenza del ponte stradale, per un tratto complessivo di Fiume Serio di circa 11,5 Km, per il quale è stato possibile definire le condizioni al contorno, definite dalle condizioni di criticità determinate dalla briglia stessa.

Utilizzando un consolidato modello matematico e numerico, le simulazioni sono state condotte in regime permanente per i valori al colmo della portata (530, 650, 720 e 800 m³/s) con tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, valori riportati nella Direttiva n° 2 del P.A.I. *“Direttiva sulla*

piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”, ed è stato valutato il grado di rischio in funzione dei tiranti idrici massimi della corrente, delle velocità e delle linee secondo cui essa si diffonde sul territorio, con tali portate di riferimento, in corrispondenza delle sezioni di interesse.

Sono state inoltre delimitate le fasce fluviali, su planimetria in scala 1:5.000, sulla base dei valori idrometrici ottenuti nelle differenti condizioni di piena, integrate con rilievi morfologici di dettaglio, e verificata la conformità con quelle riportate nel P.A.I..

Attraverso la valutazione del grado di rischio alla sommersione (**R4: molto elevato**, **R3: elevato**, **R2: medio**, **R1: moderato**, **R0: residuo**), così come definito nel precedente paragrafo, in relazione al contesto analizzato, l'area oggetto di allagamento, come rappresentato in Tav. 6, si colloca a valle dell'impianto di depurazione Serio1, a sud del ponticello interpodereale sul canale Cresmiero, e presenta un grado di rischio alla sommersione **R3** (rischio elevato), in quanto l'intera porzione d'area di sponda dx risulta sommersa con tiranti idrometrici di 100-110 cm per $T_R = 200$ anni e poco più bassi per $T_R = 100$ anni.

Per quanto riguarda invece le aree di pertinenza del Consorzio Cremasco (ora S.C.S.), esse non presentano un concreto rischio di sommersione in quanto protette dalle arginature destra e sinistra del canale Cresmiero, sebbene non venga ovunque garantito il franco arginale di 1 m sopra il gradiente idrico che si instaura per una portata di piena con $T_R = 200$ anni.

In definitiva, dallo studio idraulico sopra riassunto, emerge che l'ambito territoriale al cui interno è localizzato l'impianto di depurazione Serio 1, in sponda dx del Fiume Serio, non è soggetto a rischio di allagamento per sormonto arginale per una portata di progetto con $T_R = 200$ anni; lo studio afferma inoltre che le infrastrutture presenti non creano ostacoli al deflusso delle acque in quanto non riducono la capacità di invaso dell'area in caso di fenomeni di piena. Viene solamente prescritto di realizzare un'opera di protezione dal rigurgito del Fiume Serio con la messa in opera di una valvola di non ritorno sulla tubazione di scarico delle acque dell'impianto di depurazione.

- ***“Analisi di compatibilità idraulica ampliamento aree a nord dell'impianto di depurazione di Crema sul Fiume Serio nei territori della Fascia C delimitati dal limite di progetto secondo le Norme del P.A.I. del Fiume Serio”***

Lo studio in oggetto, datato aprile 2004, è stato realizzato utilizzando il *“metodo di approfondimento”* adottato nello studio idraulico descritto in precedenza, del quale condivide anche l'impostazione generale, comprensiva dei rilievi topografici, della simulazione della propagazione

dell'onda di piena secondo differenti tempi di ritorno T_R e della valutazione relativa al grado di rischio di sommersione delle aree analizzate.

In seguito all'applicazione della metodologia citata, sono state individuate zone, anch'esse riportate in Tav. 6, che presentano differenti condizioni, come riportato di seguito:

- le aree ubicate in sponda dx del canale Cresmiero, come rappresentato in cartografia, presentano un grado di rischio alla sommersione **R0** (rischio residuo), in quanto possono essere allagate solo in caso di rottura arginale e non per sormonto; tuttavia, i franchi di sicurezza dell'argine di terza categoria, imposti di 1 m per la portata di piena con $T_R = 200$ anni, non sono ovunque rispettati. In caso di rottura arginale, l'acqua di piena entra nell'area in oggetto fino in corrispondenza della strada comunale (Via Colombo) a servizio dell'impianto di depurazione, sviluppando gradienti idrici modesti, dell'ordine di $20 \div 40$ cm;
- l'area ubicata tra il canale Cresmiero ed il Fiume Serio, come rappresentato in cartografia, presenta un grado di rischio alla sommersione **R4** (rischio molto elevato), in quanto i tiranti idrometrici che si instaurano con $T_R = 200$ anni a causa del rigurgito del Serio sono dell'ordine dei $160 \div 180$ cm; l'acqua entra nell'area in oggetto nel canale per effetto del rigurgito, tracima dalla sponda sx del canale e si dispone in senso trasversale e quindi longitudinale verso valle. Le velocità della corrente sono relativamente modeste (inferiori ad 1 m/s) in quanto rigurgito da valle;

In conclusione, dallo studio idraulico è emerso che nell'area compresa tra il Fiume Serio ed il canale Cresmiero, nella quale il grado di rischio di allagamento è molto elevato, non è consigliata la costruzione di alcuna infrastruttura, se non nei casi previsti dal P.A.I., mentre nelle aree in sponda dx del canale Cresmiero è sufficiente prevedere di disporre l'impiantistica delle eventuali strutture in progetto al di sopra di quota 68,20 m s.l.m..

□ ***“Studio idraulico del Fiume Serio in corrispondenza del parcheggio di Viale S. Maria”***

La relazione idraulica in esame, datata marzo 2000, è stata redatta dallo “Studio Ingegneria Idraulica-Ambientale” del Dott. Ing. R. Telò, per conto dell'Amministrazione Comunale di Crema, sull'area all'interno della quale era allora solo in progetto la costruzione della parte nord del parcheggio pubblico, successivamente realizzato, localizzata in sponda destra del Fiume Serio tra il ponte della ferrovia Cremona-Treviglio ed il ponte di Via Cadorna.

Sulla base della normativa allora vigente, lo studio idraulico ha esaminato le condizioni di propagazione dei fenomeni di piena del fiume e valutato le superfici interessate dalla piena in

funzione di tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, utilizzando valori al colmo della portata rispettivamente di 420, 520, 560 e 630 m³/s (dati derivanti dal Sottoprogetto SP1, datato 1996, realizzato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po), inferiori a quelli che verranno riportati successivamente all'interno della Direttiva n° 2 del P.A.I., come descritto in precedenza.

I risultati ottenuti hanno permesso di suddividere l'area di progetto, e l'ambito territoriale al quale essa appartiene, in porzioni con differente grado di rischio alla sommersione, come rappresentato all'interno della Tav. 6, ovvero:

- **Grado di rischio molto elevato: R4** – Area compresa tra il Fiume Serio ed il limite dell'area d'esondazione per portata Q_{20}
- **Grado di rischio elevato: R3** – Area compresa tra il limite dell'area d'esondazione per portata Q_{20} ed il limite dell'area d'esondazione per portata Q_{100}
- **Grado di rischio medio: R2** – Area compresa tra il limite dell'area d'esondazione per portata Q_{100} ed il limite dell'area d'esondazione per portata Q_{200}
- **Grado di rischio moderato: R1** – Area compresa tra il limite dell'area d'esondazione per portata Q_{200} ed il limite dell'area d'esondazione per portata Q_{500}

La perimetrazione delle aree, in funzione delle portate con assegnato tempo di ritorno, ha dimostrato che la corrente si diffonde in direzione NO-SE, interessando la maggior parte dell'area in esame; in generale, inoltre, lo studio idraulico sottolinea la presenza di una condizione di rischio diffusa lungo tutto il tratto urbano dell'abitato di Crema, segnalando che in alcuni casi l'onda di piena viene regimentata da muri di cinta in mattoni o cls ammalorati ed in non buone condizioni statiche.

7.5 ANALISI DELLE ESONDAZIONI STORICHE

Un'efficiente programmazione del territorio ed un'adeguata pianificazione di emergenza all'interno di un territorio che, come il Comune di Crema, è caratterizzato da un rischio idrogeologico molto elevato, non possono prescindere dalla conoscenza e dall'analisi degli avvenimenti che hanno colpito nel passato le località interessate dall'evento calamitoso (aree vulnerate), al fine di recuperare quella "*memoria storica*" che permette di attingere dal passato le informazioni necessarie per attuare una corretta politica di prevenzione e previsione dell'evento alluvionale, cercando di limitare in tal modo i rischi per la comunità e per tutte le strutture che del territorio sono parte integrante.

In Italia, la più completa ed omogenea raccolta di notizie relative a frane ed inondazioni, derivanti dall'analisi di differenti fonti informative (documenti tecnico-scientifici, tecnico-amministrativi, fonti di cronaca, interviste ad esperti) è rappresentata dall'Archivio dati del “*Progetto A.V.I.*” (Aree Vulnerate Italiane), realizzato dal “*Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.)*”, struttura appartenente al Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.), su commissione del Dipartimento della Protezione Civile (anno 1989).

Il “*Progetto A.V.I.*”, iniziato nel 1990 con il censimento delle aree colpite da frane ed inondazioni fluviali avvenute in Italia tra il 1918 ed il 1994, effettuato da parte di 17 gruppi di ricerca (circa 300 persone), è stato successivamente aggiornato e reso in formato digitale, al fine di rendere disponibile all'utenza la maggior quantità possibile di informazioni.

L'archivio digitale, reso disponibile pubblicamente sulla rete internet, contiene attualmente oltre 17.000 informazioni relative ad eventi di frana ed oltre 7.000 informazioni relative ad inondazioni avvenute in Italia, rappresentate all'interno di una carta sinottica (1998) che riporta la localizzazione di oltre 15.000 località colpite da eventi catastrofici per il periodo 1918-1994.

Dalla consultazione dell'archivio storico del “*Progetto A.V.I.*”, è emerso che il Comune di Crema è stato interessato nel periodo 1918 – 1994 da 12 eventi calamitosi riconducibili ad episodi di esondazione del Fiume Serio, con conseguente sommersione delle aree poste in fregio al corso d'acqua.

Negli ultimi anni il Bacino Idrografico del Fiume Po è stato interessato da eventi alluvionali di notevole intensità; tra i fenomeni più importanti si ricordano le alluvioni del novembre 1994, dell'ottobre 2000 e del novembre 2002. Se i primi due eventi hanno coinvolto esclusivamente l'asta principale del Fiume Po ed alcuni suoi affluenti principali in tutto il settore nord – occidentale del Bacino, raggiungendo valori di precipitazione con tempi di ritorno ultracentenari e livelli idrometrici paragonabili e/o superiori a quelli registrati in occasione della storica esondazione del novembre 1951, il fenomeno del 2002 ha seriamente interessato il Bacino del Fiume Adda ed in misura minore il Bacino del Fiume Serio, limitatamente alla zona di confluenza del Serio in Adda (territorio comunale di Montodine) ed in alcune aree golenali lungo il tratto di pianura.

Per tale evento alluvionale, che non ha provocato danni rilevanti all'interno del territorio comunale di Crema, è stata compilata un'ulteriore scheda.

I 13 eventi alluvionali, riportati nelle schede di censimento presentate in calce al presente capitolo, compilate sulla base delle indicazioni della normativa regionale, sono i seguenti:

- Scheda di censimento n° 1: esondazione in data 20 Settembre 1937
- Scheda di censimento n° 2: esondazione in data 8 Novembre 1951
- Scheda di censimento n° 3: esondazione in data 26 Ottobre 1952
- Scheda di censimento n° 4: esondazione in data Ottobre 1953
- Scheda di censimento n° 5: esondazione in data 17 Settembre 1960
- Scheda di censimento n° 6: esondazione in data 16 Ottobre 1966
- Scheda di censimento n° 7: esondazione in data 14 Settembre 1976
- Scheda di censimento n° 8: esondazione in data Ottobre 1976
- Scheda di censimento n° 9: esondazione in data 11 Novembre 1976
- Scheda di censimento n° 10: esondazione in data 22 Settembre 1979
- Scheda di censimento n° 11: esondazione in data 25 Settembre 1993
- Scheda di censimento n° 12: esondazione in data 11 Ottobre 1993
- Scheda di censimento n° 13: esondazione in data 26 Novembre 2002

Nelle schede di censimento, si riportano le principali informazioni relative all'evento alluvionale considerato, sia relativamente all'inquadramento geografico dello stesso che alle indicazioni idrologiche ad esso associato.

Si ritiene opportuno sottolineare che per gli eventi censiti non è stato possibile risalire in modo certo alle aree interessate dall'esondazione e pertanto tale quantificazione è stata omessa.

Ad integrazione delle informazioni desunte dall'archivio storico del “*Progetto A.V.I.*”, essendo disponibile presso lo scrivente uno studio approfondito relativo all'esondazione del Fiume Serio in data 22 settembre 1979, si riporta di seguito una breve sintesi dell'evoluzione dell'evento alluvionale, sia dal punto di vista meteorologico che idrogeologico, e delle conseguenze che esso ha avuto relativamente alla successiva opera di pianificazione territoriale, caratterizzata dalla progettazione di opere pubbliche idrauliche per la difesa del suolo e degli abitati, alla programmazione urbanistica per i nuovi insediamenti, alla pianificazione degli interventi di protezione civile, alla programmazione territoriale nell'ambito dei parchi fluviali e relativamente alla localizzazione di impianti di coltivazione mineraria estrattiva e di discariche controllate per lo smaltimento dei rifiuti.

Per un maggiore approfondimento dall'evento alluvionale citato, relativamente al territorio comunale, ed ai principali lineamenti del Bacino Idrografico del Fiume Serio, si rimanda al Cap. 5 del presente studio, all'interno del quale gli argomenti menzionati sono trattati in modo completo e rigoroso.

7.5.1 EVENTO ALLUVIONALE DEL 22 SETTEMBRE 1979

La piena eccezionale del Fiume Serio avvenuta il 22 settembre 1979 è stato un evento di portata storica; esso, sulla base delle informazioni idrologiche e pluviografiche rilevate, può essere ritenuto di ritorno cinquantennale ($T_R = 50$ anni).

Il maggior contributo alla descrizione dell'evento alluvionale citato è rappresentato da uno studio relativo al rischio di esondazione del Fiume Serio elaborato dal "*Consorzio idraulico di 3^a categoria del Fiume Serio*", approvato dal Consiglio dei Delegati dell'Ente nella seduta del 28 novembre 1986 con deliberazione n° 13, unitamente all'indagine tecnica, testualmente riportata da detto studio, redatta, in data 28 febbraio 1981, a cura del collegio dei periti nominato dalla Procura della Repubblica di Crema con provvedimento 19 gennaio 1980 n° 1841/79, allo scopo di accertare le cause dell'inondazione del territorio cremasco verificatasi il 22 settembre 1979.

Parte integrante dello studio è rappresentata dalla "*Carta dei suoli a rischio di inondazione del Fiume Serio*", realizzata sulla base di indagini dirette nei territori, edificati e non, interessati dall'esondazione del 1979 e potenzialmente soggetti a rischio di inondazione in seguito ad eventi di analoga portata, e sulla base di rilievi plano-altimetrici, appositamente realizzati, delle aree coinvolte.

Nella serata del 21 settembre e per tutta la nottata del 21 – 22 settembre, abbondanti e violente precipitazioni a carattere temporalesco si verificarono in tutto il territorio montano della Provincia di Bergamo, con valori cumulati di precipitazione che in Alta Val Seriana hanno raggiunto i 200 mm.

Le intense precipitazioni hanno interessato i Bacini Idrografici dei Fiumi Cherio, Oglio, Brembo e Serio, le cui acque raggiunsero altezze idrometriche ed impetuosità tali da determinare rotture e sormonti di arginature, allagamenti, esondazioni ed erosioni, provocando notevoli danni a centri abitati ed il collasso di numerosi ponti ed opere di difese spondale.

Danni ingenti per allagamenti si verificarono in corrispondenza di centri abitati e terreni agricoli del territorio cremasco e della stessa città di Crema.

I dati pluviometrici ed idrometrici relativi alla parte alta del Bacino del Serio, ristretto territorio di circa 100 Km² posto a quote superiori ai 1.000 m s.l.m., rilevati nella stazione idrometrografica di Ponte Cene, dotata di una serie storica di valori che permette di avere una scala di deflusso

aggiornata per la trasformazione altezze idrometriche – portate, consentono di individuare un’onda di piena transitata da detta stazione tra le ore 20:00 del 21 settembre e le ore 6:00 del 22 settembre, con una portata al colmo di circa 350 m³/s fra le 3:00 e le 6:00.

Nello stesso intervallo di tempo (10 ore), anche l’intero Bacino di pianura del Serio, territorio di circa 560 Km², è stato interessato da precipitazioni eccezionali, con valori cumulati di circa 139 mm; i dati idrometrici rilevati in diverse sezioni del territorio cremasco, da Mozzanica fino a valle della città di Crema, hanno mostrato valori di portata al colmo di piena (Q_{max}) compresi tra 500 m³/s e 600 m³/s.

Tale valore deriva dalla somma del contributo netto del Bacino di pianura, che porta a stimare valori di portata di circa 400 m³/s alla sezione di Crema, e del contributo del Bacino di monte, dove le portate transitate da Ponte Cene si sono ridotte a Mozzanica, per effetto della vistosa capacità di laminazione e di assorbimento dell’alveo del Serio, di circa il 50%, ovvero da 350 m³/s a 150 - 200 m³/s.

Il tempo di propagazione dell’onda di piena da Ponte Cene a Crema è stato valutato in circa 10,5 ore, pertanto la sovrapposizione tra il massimo apporto del Bacino di monte e quello del Bacino di pianura alla sezione di Crema è avvenuto tra le 13:30 e le 16:30 del 22 settembre.

In territorio cremasco, a fronte di una capacità dell’alveo di contenere senza danni una portata defluente dell’ordine di 150 – 200 m³/s, le portate transitate il giorno 22 sono state quindi dell’ordine di 500 – 600 m³/s, provocando vaste esondazioni ed allagamenti gravi in aree agricole ed urbane lungo tutto il corso del Serio da Mozzanica a Montodine ed in prossimità dei numerosi canali colatori e fontanilizi che caratterizzano il tratto in esame.

Numerosi i danni in tutti i comuni coinvolti dalle esondazione, in particolare nel territorio comunale di Crema, dove si sono verificati importanti fenomeni di rigurgito nell’alveo del Fiume Serio e del Colatore Cresmiero, che hanno causato la tracimazione delle acque in corrispondenza del ponte della S.S. e l’inondazione di vaste aree cittadine sia in destra che in sinistra idrografica.

L’eccezionalità dell’evento alluvionale del 22 settembre 1979, può essere valutato anche attraverso l’analisi della Direttiva n° 2 del P.A.I. “*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*”, nella quale accanto ad ogni stazione idrometrica viene indicata la superficie del Bacino Idrografico del Serio da essa sottesa ed i valori

delle portate corrispondenti a differenti tempi di ritorno TR (tempo medio di attesa stimato tra l'occorrere di un determinato evento di intensità I ed il successivo con medesime caratteristiche, statisticamente definito come l'inverso della probabilità di accadimento dell'evento stesso).

Fiume Serio: stazione idrometrica	Superficie (Km²)	Q_{TR20} (m³/s) ADBPO	Q_{TR100} (m³/s) ADBPO	Q_{TR200} (m³/s) ADBPO	Q_{TR500} (m³/s) ADBPO
Alzano Lombardo	551	410	530	570	630
Romano di Lombardia	717	470	570	620	700
Crema	1.034	530	650	720	800
Montodine (confluenza in Adda)	1.078	530	650	720	800

Dalla tabella si deduce che la portata al colmo di piena stimata alla sezione di Crema durante l'evento alluvionale del 22 settembre 1979, dell'ordine dei 500 – 600 m³/s, si riferisce ad un TR compreso tra 20 e 100 anni, a conferma del carattere straordinario del fenomeno, al quale era stato correttamente assegnato un valore di T_R = 50 anni.

In particolare, l'evento alluvionale può essere considerato di carattere eccezionale principalmente per il contributo delle precipitazioni che si sono abbattute nel Bacino di pianura del Serio, che hanno portato le acque a raggiungere una portata di 400 m³/s, tale da non poter essere contenuta all'interno dell'alveo, dimensionato a smaltire portate non superiori ai 200 m³/s; ad essa si è poi aggiunta l'ondata di piena proveniente da monte, che ha ulteriormente contribuito ad ingrossare il corso d'acqua, che già si trovava oltre il limite di massimo contenimento dell'onda di piena.

Il documento descritto porta a quantificare una superficie totale interessata dall'inondazione del 1979, parte per sommersione naturale, parte per tracimazione e rotture delle arginature presenti, di circa 2.055 ha, ripartita su dodici Comuni, ed una superficie urbana di circa 91 ha ripartita tra i Comuni di Sergnano, Casale Cremasco e Crema.

Si riporta nella seguente tabella uno stralcio del tabulato conclusivo del predetto studio.

Comune	Superficie territorio comunale (ha)	Superficie inondata nel settembre 1979			
		totale (ha)	insediamenti urbani (ha)	attività rurali (ha)	presidiata da arginature (ha)
Mozzanica	925,00	123,00	/	123,00	/
Castelgabbiano	581,00	121,70	/	121,70	/
Sergnano	1.249,00	236,10	18,50	217,60	117,00
Casale Cremasco	895,00	239,40	5,20	234,20	28,00
Pianengo	587,00	119,30	/	119,30	/
Ricengo	1256,00	93,80	/	93,80	/
Crema	3.463,00	409,00	67,70	341,30	94,00
Madignano	1.077,00	103,90	/	103,90	/
Ripalta Cremasca	1.180,00	130,10	/	130,10	/
Ripalta Guerina	303,00	84,60	/	84,60	/
Ripalta Arpina	691,00	72,60	/	72,60	/
Montodine	1.182,00	321,70	/	321,70	/
Totali	13.389,00	2.055,20	91,40	1.963,80	239,00

La superficie del territorio comunale di Crema interessata dall'esondazione del Fiume Serio risulta pertanto, in percentuale, all'incirca l' **11,81 %**, così distribuita:

- Ambito urbano: 1,95 % che corrisponde al 16,5 % della superficie inondata
- Ambito rurale: 9,86 % che corrisponde al 83,5 % della superficie inondata

Nella cartografia di cui alla Tav. 6 è stata riportata, oltre alle quote di massima piena rilevate in aree ubicate in prossimità del Fiume Serio in occasione dell'evento alluvionale descritto, la delimitazione dei suoli a rischio di inondazione del Fiume Serio con $T_R = 50$ anni, così come rappresentato all'interno della “*Carta dei suoli a rischio di inondazione del Fiume Serio*” – Allegato 7 (scala 1:5.000), utilizzando la distinzione in essa utilizzata, ovvero aree a rischio di inondazione ed aree a rischio di inondazione con arginature di presidio.

Si sottolinea che queste ultime, per motivi di chiarezza interpretativa, non sono state riportate all'interno della Tav. 6, essendo per lunghi tratti coincidenti con le fasce fluviali del P.A.I., ma vengono rappresentate all'interno della Tav. 11A / 11B “*Carta di Sintesi*”.

7.6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

All'interno del presente capitolo sono stati affrontati gli aspetti relativi al rischio idrogeologico a cui è soggetto il territorio comunale, analizzando in particolare le informazioni disponibili derivanti da studi a livello sovracomunale, con lo scopo di definire le aree potenzialmente soggette ad allagamento in seguito all'esonazione del Fiume Serio, nonché le criticità idrauliche principali e gli interventi di sistemazione idraulica da prevedere per ridurre il rischio, sulla base anche dell'analisi degli eventi calamitosi che hanno colpito in passato il territorio in esame.

In particolare modo, i dati e le indicazioni riportate all'interno dello "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda*" dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, hanno confermato la presenza di aree ad elevato rischio di allagamento e numerose zone critiche dal punto di vista idraulico.

La delimitazione delle fasce fluviali del P.A.I. proposta, sulla base di informazioni topografiche più dettagliate, è simile in alcuni tratti a quella realizzata dallo Scrivente nel maggio 2003 all'interno della tavola denominata "*Adeguamento dello strumento urbanistico alle delimitazioni ed alle norme relative alle fasce fluviali contenute nel P.A.I. del fiume Po*", allegata ad una relazione che descrive gli adeguamenti proposti delle fasce fluviali originali del P.A.I. (realizzate alla scala 1:25.000) sulla base di elementi morfologici e punti quotati di dettaglio, nel rispetto della normativa, e di un confronto tra questi e le quote idrometriche al colmo dell'onda di piena con $T_R = 200$ anni riportate nella Direttiva n° 2 del P.A.I..

Le fasce fluviali vigenti del P.A.I. e quelle proposte nello Studio di fattibilità sono riportate in Tav. 6, così come la delimitazione dei "campi" di allagamento per $T_R = 200$ anni.

Sebbene lo Studio di fattibilità non abbia un'efficacia giuridica vincolante, esso ha permesso di verificare che gli adeguamenti proposti dallo Scrivente nel 2003 sono stati recepiti solo in parte, e che pure lo studio di compatibilità idraulica realizzato nel 2002 nell'area del depuratore Serio 1, benchè analizzato ed approvato dagli estensori dello Studio di fattibilità, non è stato "ufficialmente" recepito, in quanto è stata rilevata in quell'area una criticità idraulica tale per cui è stato proposto nuovamente l'inserimento del "*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C del P.A.I.*", all'incirca coincidente con quello attualmente vigente.

In considerazione delle valutazioni sopra espresse, si ritiene opportuno, nella definizione delle Classi di Fattibilità Geologica, di cui al Cap. 12 del presente studio, utilizzare come riferimento le fasce fluviali originali del P.A.I., essendo esse, a differenza di quelle proposte nello Studio di fattibilità, giuridicamente vincolanti, così come rappresentate, con piccole variazioni in funzione esclusivamente di elementi morfologici rilevati ad una scala maggiore (1:5.000), nella Tav. 6 e nella Tav. 10A / 10B “Carta dei Vincoli”.

Si sottolinea che la delimitazione delle fasce fluviali proposta verrà comunque tenuta in debita considerazione nella definizione della normativa d’uso da associare a tutte le aree per le quali lo Studio di fattibilità ha riscontrato condizioni di rischio maggiori rispetto a quelle previste all’interno degli elaborati vigenti del P.A.I..

Bibliografia

AUTORITA’ DI BACINO DEL FIUME PO (1998) – “*Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)*”, Parma.

AUTORITA’ DI BACINO DEL FIUME PO (2001) – “*Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico per il Bacino Idrografico di rilievo nazionale del Fiume Po (P.A.I.)*”, Parma.

AUTORITA’ DI BACINO DEL FIUME PO (2001) – “*Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico per il Bacino Idrografico di rilievo nazionale del Fiume Po (P.A.I.) – Norme di attuazione – Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*”, Parma.

AUTORITA’ DI BACINO DEL FIUME PO (2008) – “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda*”, Parma.

C.N.R. – G.N.D.C.I. (1997) – “*L’importanza della disponibilità dei dati storici relativi a calamità idrogeologiche nelle attività di pianificazione territoriale. Due esempi applicativi di utilizzo a scala comunale*” – Linea di Ricerca 3 – Unità Operative 3.29 e 3.30 - a cura di Francesco Cipolla, Oliviero Lolli, Stefania Pagliacci, Claudio Sebastiani – Ordine Nazionale dei Geologi.

C.N.R. – G.N.D.C.I. – DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE (1998) – “*Carta delle aree colpite da movimenti franosi e da inondazioni – Progetto A.V.I. – 2a Edizione – scala 1.200.000*” – Linea di Ricerca 3 – Unità Operativa 3.1 - a cura di Paola Reichenbach, Fausto Guzzetti, Mauro Cardinali - I.R.P.I., Perugia.

C.N.R. – G.N.D.C.I. (2000) – “*Progetto A.V.I. – Rapporto sull’attività svolta nel 1999*” – Linea di Ricerca 3, a cura di Fausto Guzzetti - I.R.P.I., Perugia.

C.N.R. – G.N.D.C.I. (2001) – “*Progetto A.V.I. – Rapporto di attività: anno 2000*” – Linea di Ricerca 3, a cura di Fausto Guzzetti – Unità Operativa 3.1 – I.R.P.I., Perugia.

CONSORZIO IDRAULICO DI 3^a CATEGORIA DEL FIUME SERIO – MAGISTRATO PER IL PO (1986) – “*Carta dei suoli a rischio di inondazione del Fiume Serio*”, Crema (inedito).

INFOSAFE S.r.l. (1999) – “*Programma provinciale di previsione e prevenzione – Livello 1*” – Provincia di Cremona – Settore Territorio, Trasporti, Statistica, Programmazione – Servizio Territorio.

PROVINCIA DI CREMONA – PROCURA DELLA REPUBBLICA DI CREMA (1981) – “*Relazione di perizia giudiziale riguardante le cause della inondazione del territorio cremasco e della città di Crema, previa verifica dello stato ed andamento del corso del Fiume Serio, delle opere idrauliche di difesa, degli invasi artificiali di monte e del loro esercizio, dell’entità delle precipitazioni e delle portate del Fiume Serio in occasione dell’evento del 21 – 22 settembre 1979*”, (inedito).

PROVINCIA DI CREMONA (1997) - “*Carta delle aree a rischio di esondazione fluviale in provincia di Cremona – scala 1:50.000*” – Centro di Documentazione Ambientale (CDA) – Quaderni Agro – Ambientali n° 1, a cura di Daniele Corbari.

PROVINCIA DI CREMONA (2003) - “*Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)*” – Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità , Cremona.

PROVINCIA DI CREMONA (2004) - “*Piano di Emergenza Provinciale per il Rischio Idraulico dei Fiumi Adda, Serio ed Oglio*” – Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità – Ufficio di Protezione Civile.

REGIONE LOMBARDIA (2004) – “*La Pianificazione di Emergenza in Lombardia: guida ai Piani di Emergenza Comunali e Provinciali*” – Collana “I Quaderni della Protezione Civile” n° 7.

STUDIO TELO’ s.r.l. (2000) - “*Studio idraulico del Fiume Serio in corrispondenza del parcheggio di Viale S. Maria*”, Comune di Crema.

STUDIO TELO’ s.r.l. (2002) - “*Valutazione delle condizioni di rischio idraulico in corrispondenza dell’impianto di depurazione Serio I nei territori della Fascia C e delimitata dal limite di progetto secondo le Norme del P.A.I. del Fiume Serio*”, Consorzio Cremasco, Crema.

STUDIO TELO’ s.r.l. (2003) - “*Individuazione delle criticità idrauliche sul reticolo idrico primario nel territorio provinciale di Cremona per la predisposizione dei piani di emergenza e per le attività di previsione, pianificazione e prevenzione*” – Provincia di Cremona – Settore Territorio, Trasporti, Programmazione – Ufficio di Protezione Civile.

STUDIO TELO’ s.r.l. (2004) - “*Analisi di compatibilità idraulica ampliamento aree a nord dell’impianto di depurazione di Crema sul Fiume Serio nei territori della Fascia C delimitati dal limite di progetto secondo le Norme del P.A.I. del Fiume Serio*” – Società Cremasca Servizi (S.C.S.), Crema.

ALL. C

SCHEDE PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STORICHE

SCHEDA N°1 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	1	Data evento	20/09/1937	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Fiume Lambro, Fiume Serio, Lago d'Iseo, Lago di Como, Roggia La Morla, Torrente Tremana						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti	Danni ad edifici civili ed industriali						
Elementi a rischio in Comune di Crema	Centro abitato, case sparse, industrie, seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche	50 cm di acqua in Via Oslavia a Milano						
Località colpite	Lungolago d'Iseo, Como, Carate Brianza, Milano Lambrate, Parco Lambro, Bergamo, Crema						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo moncorsale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°5200153.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°2 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	2	Data evento	08/11/1951	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Fiume Adda, Fiume Serio, Fiume Chiese, Fiume Lambro, Fiume Olona, Fiume Severo, Torrente Breggia, Torrente Cosia, Torrente Curone						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti							
Elementi a rischio in Comune di Crema	Edifici civili, case sparse e seminativi a valle dell'abitato di Crema				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche	L'acqua ha raggiunto 80 cm di altezza in Viale Zara e Piazzale Lagosta a Milano						
Informazioni generali	Nel lodigiano danni per centinaia di milioni						
Località colpite	Milano, Maslianico, Asola, Casale Cremasco-Vidolasco, Crema , Casei Gerola, Gabinella, Gorno, Lodi, Marsale						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo moncorsale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°5200165.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°3 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	3	Data evento	26/10/1952	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Fiume Adda, Fiume Serio, Fiume Oglio						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti							
Elementi a rischio in Comune di Crema	Seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche	La portata del Fiume Oglio misurata all'idrometro di Bessino è di 900 m ³ /s						
Località colpite	Erbatico, Saletti, Crema , Canova, Cavenago d'Adda, Oglio (lungo la valle del fiume)						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo monocursale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°1202258.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°4 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	4	Data evento	10/1953	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Fiume Serio, Torrente Dordo						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti							
Elementi a rischio in Comune di Crema						n° persone coinvolte	nessuna
Informazioni idrologiche							
Località colpite	Ambivere, Crema , Trappolino						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo monocursale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°1202262.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°5 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	5	Data evento	17/09/1960	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Fiume Serio						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti	Danni a centri abitati ed ad infrastrutture di comunicazione						
Elementi a rischio in Comune di Crema	Seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche							
Località colpite	San Bartolomeo dei Morti di Crema , Montodine, Sergnano, Trezzolasco						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo moncorsale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n° 1200311.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°6 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	6	Data evento	16/10/1966	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Fiume Serio						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti	Danni ad infrastrutture di comunicazione						
Elementi a rischio in Comune di Crema	Centro abitato, strutture viarie, seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche							
Località colpite	Crema, Madignano, Sergnano						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo moncorsale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°1200310.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°7 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	7	Data evento	14/09/1976	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Fiume Adda, Fiume Serio						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti	Danni a centri abitati ed ad infrastrutture di comunicazione						
Elementi a rischio in Comune di Crema	Centro abitato				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche							
Località colpite	Casale Cremasco, Ricengo, Crema , Sergnano, Cavenago d'Adda						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo monocursale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n° 1200309.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°8 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	8	Data evento	10/1976	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Canale Redefossi, Fiume Adda, Fiume Brembo, Fiume Cherio, Fiume Chiese, Fiume Lambro, Fiume Olona, Fiume Severo, Fiume Ticino, Lago di Como, Torrenti vari						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti							
Elementi a rischio in Comune di Crema	Seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche							
Località colpite	Lodigiano, Milanese, Bergamasco, Como, Crema (lungo la “Paullese”)						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo monocursale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°1202282.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°9 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STO RICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	9	Data evento	11/11/1976	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5 **				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Canali vari, Roggia Borgogna, Torrente Serra, Roggia La Morla, Fiume Serio, Fiume Adda, Rio Melloni, Roggia Molini						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti							
Elementi a rischio in Comune di Crema	Centro abitato, seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche							
Località colpite	Arcene, Bergamo, Calcinate, Campagnola, Casale Cremasco, Montello, Ricengo, Scanzorosciate, Spino d'Adda, Treviglio, Crema (zona periferica est dell'abitato)						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo monocursale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°1202284.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°10 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STORICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	10	Data evento	22/09/1979	Fonte dati	Archivio GNDCI* Consorzio ***	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5 **				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico di straordinaria intensità: nei giorni 21/22 settembre si ebbero 200 mm di pioggia totale in Alta Val Seriana ed in pianura 139 mm dalle ore 20 del giorno 21 alle ore 6 del giorno 22.						
Corsi d'acqua esondati	Fiume Serio, Fiume Severo, Torrente Trobbia						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata	alla sezione di Crema 500-600 m ³ /s	
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti	Scalzamento di parti di difese di sponda e sormonto di arginature, danni ad infrastrutture di comunicazione, edifici civili ed industriali						
Elementi a rischio in Comune di Crema	Centro abitato, case sparse, industrie, strutture viarie, seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni generali	Invase estese zone della campagna di Sergnano dove migliaia di fagiani e di lepri sono annegati. Abbandonati alcuni cascinali. Vedere approfondimento nella relazione.						
Località colpite	Melzo, Milano, Pozzuolo Martesana, Cavaione Truccazzano, Casale Cremasco, Crema , Montodine, Sergnano, Trezzolasco						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo moncorsale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°1200313.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

*** Consorzio idraulico di 3^a categoria del Fiume Serio – Magistrato per il Po (1986) – “Carta dei suoli a rischio di inondazione del Fiume Serio”, Crema (inedito). Vedere approfondimento nella relazione.

SCHEMA N°11 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STORICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	11	Data evento	25/09/1993	Fonte dati	Archivio GNDCl*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR **					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E		Coordinata x	1554225 E	
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N		Coordinata y	5020883 N	
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI		Foglio 141 – Sezione IV “Crema”		
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico eccezionale che ha coinvolto i Bacini Idrografici di vari corsi d'acqua						
Corsi d'acqua esondati	Canale Villoresi, Fiume Adda, Fiume Brembo, Fiume Lambro, Fiume Oglio, Fiume Olona, Fiume Po, Fiume Serio, Fiume Sesia, Fiume Ticino, lago di Como, Lago Maggiore, Torrenti vari						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata	alla sezione di S.Maria a Crema 350-400 m ³ /s	
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti	Danni a centri abitati ed infrastrutture di comunicazione						
Elementi a rischio in Comune di Crema	Centro abitato, case sparse, strutture viarie, seminativi					n° persone coinvolte	1 vittima nel quartiere S.ta Maria
Informazioni idrologiche	In alcuni punti di Rivolta d'Adda l'acqua ha raggiunto il metro e mezzo di altezza. 46 cm di acqua in piazza Cavour a Como. 60 cm di acqua sul lungolago di Laveno. 40 cm nella frazione di Laveno a Cerro. 242 mm di pioggia in 48 ore sul Iariano, 234 a Bergamo, 229 a Milano, 236 a Varese, 158 a Brescia, 142 a Pavia, 98 a Sondrio, 234 a Cremona. 60 cm d'acqua nel parco Lambro a Milano. La portata del Serio a Santa Maria il 25 settembre è di 350 - 400 mc/s. 1.500 ha allagati nel Cremasco						
Informazioni generali	35 comuni colpiti dall'alluvione nel bergamasco. Una vittima a Villa Santa vicino a Monza. Un'altra a Santa Maria nel cremasco. A Cucciago un treno deraglia per lo straripamento del Seveso. Sgomberate numerosissime cascate nelle campagne. 300 persone evacuate a Cassano d'Adda. Allagate le industrie alla periferia di Milano. Evacuata una famiglia ad Airuno. Inondati 1500 ettari di terreno nel cremasco, argini distrutti, alcuni miliardi di danni. 24 miliardi e mezzo di lire i danni per le sole opere pubbliche. Nelle nove province sono stati interessati dall'alluvione 157 comuni; in Provincia di Cremona interessati tutti i Comuni rivieraschi dei Fiumi Adda e Serio						
Località colpite	Numerose delle località in prossimità dei corsi d'acqua esondati						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo moncorsale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°7200064.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

dott. geol. Giuseppe Malerba

SCHEDA N°12 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STORICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	12	Data evento	11/10/1993	Fonte dati	Archivio GNDCI*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5 **				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico tipicamente autunnale caratterizzato da precipitazioni abbondanti distribuite nell'arco di alcuni giorni						
Corsi d'acqua esondati	Lago di Como, Lago di Piano, Fiume Po, Fiume Oglio, Fiume Serio						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti	Quartiere S.ta Maria: danni a centri abitati ed infrastrutture di comunicazione						
Elementi a rischio in Comune di Crema	Centro abitato, case sparse, industrie, strutture viarie, seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche	Il Po è arrivato ad 1,40 m sopra il livello di guardia a Borgoforte						
Informazioni generali							
Località colpite	Bellagio (Lago di Como), Carlazzo (Lago di Piano), Cremona, Robecco d'Oglio, Crema (località S.ta Maria)						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo monocursale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

* Progetto A.V.I. : codice di riferimento della piena n°7200074.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

SCHEDA N°13 PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STORICHE

1. DATI GENERALI

n° di riferimento	13	Data evento	26/11/2002	Fonte dati	Varie*	Attendibilità	Alta
Località	Crema	Sezioni CTR	C6b4 – C6b5 – C6c4 – C6c5 **				
Comune	Crema	Coordinate Gauss-Boaga da CTR					
Codice ISTAT	03019035	Coordinata x	1555843 E	Coordinata x	1554225 E		
Provincia	Cremona	Coordinata y	5026777 N	Coordinata y	5020883 N		
Comunità Montana	/	Riferimento cartografia	PAI	Foglio 141 – Sezione IV “Crema”			
Bacino idrografico	Fiume Po	Tratto fasciato	SI	X	NO		
Sottobacino (Ordine II)	Fiume Adda	Corso d'acqua in territorio comunale			Fiume Serio		
Sottobacino (Ordine III)	Fiume Serio						

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause	Evento meteorologico di elevata intensità che ha coinvolto principalmente i Bacini Idrografici dei fiumi Adda, Brembo, Lambro, Serio						
Corsi d'acqua esondati	Lago di Como, Lago di Piano, Fiume Po, Fiume Oglio, Fiume Serio						
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento	Tutte le altre schede di censimento	
Dissesti di sponda avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto	SI	X	NO		Riferimento		
Superficie comunale interessata (Km ² totali)	Superficie interessata in destra idrografica Km ²				Portata stimata		
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km ²						
Danni ad opere o manufatti							
Elementi a rischio in Comune di Crema	Seminativi				n° persone coinvolte	nessuna	
Informazioni idrologiche	La portata al colmo di piena del Serio decresce da Parre fino a Ponte Cene, dove è di ca. 240 m ³ /s, (T _R =2-5anni), rimane costante tra Ponte Cene e Seriate e decresce sino allo sbocco in Adda.						
Informazioni generali	L'evento è legato alla situazione che si è creata nel Bacino Idrografico del Fiume Adda, mentre il contributo netto apportato dal Bacino del Fiume Serio è risultato marginale, essendo stato il corso d'acqua caratterizzato da una portata a cui corrispondono T _R dell'ordine dei 5 anni. Il livello raggiunto dalle acque del Fiume Adda, esondato in più punti, ha limitato la naturale funzione di scarico delle acque da parte del Fiume Serio, il quale, per un fenomeno di rigurgito, ha subito il rapido innalzamento del livello idrometrico sino alla tracimazione per varie rotture lungo le sponde in corrispondenza della confluenza. La quota idrometrica rilevata corrisponde ad una portata che, sulla base della capacità di contenimento del Serio, si stima superiore ai 150 – 200 m ³ /s.						
Località colpite	Numerose città, raramente interessate da alluvioni eccezionali prima di allora, quali Milano, Monza, Lecco, Como, Bergamo, Lodi e principalmente di tutti i territori rivieraschi dei Fiumi Lambro, Brembo, Adda e Serio						

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO **

Descrizione	Tratto di alveo monocursale ad andamento meandriforme	Lunghezza m	ca 8.500	Dislivello m	14
Opere e manufatti presenti allo stato attuale	Sponde con difese realizzate con arginature in terra o muri di cinta, Palata Borromea, Ponte-canale Vacchelli, Ponte ferroviario, Ponte di Via Cadorna, Ponte di Via Visconti, Viadotto della SPEXSS415				
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati	Si rimanda alla bibliografia del Capitolo 7				

NOTE:

*

- Autorità di Bacino del Fiume Po – “Rapporto sulla piena del novembre 2002 in Lombardia: Fiumi Lambro e Adda Sottolacuale”;
- A.I.PO – “Relazione preliminare sugli eventi del 14 novembre – 7 dicembre 2002 nel bacino del Po”;
- Ufficio Urbanistica del Comune di Crema.

** Viene qui considerato l'intero tratto del Fiume Serio che scorre nel territorio comunale di Crema.

dott. geol. Giuseppe Malerba

8. CARTA GEOLOGICO – TECNICA (TAV. 7A / 7B, SCALA 1 : 5.000)

8.1 PREMESSA

Nel presente elaborato la caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni di fondazione, che assume una rilevanza notevole all'interno della pianificazione urbanistica, è stata estesa all'intero territorio comunale, ad esclusione delle aree che, sulla base delle normative vigenti in tema di difesa del suolo (L. 183/1989 e s.m.i.), sono considerate inedificabili, oppure edificabili solamente nei casi particolari previsti dalle “*Norme di Attuazione*” del P.A.I., ovvero tutto il territorio che si sviluppa in corrispondenza del corso del Fiume Serio e che ricade all'interno della Fascia A e della Fascia B del P.A.I. Fa eccezione la zona che si sviluppa ad est dell'area del depuratore Serio 1, compresa tra la Fascia B di progetto e l'ansa di meandro del Fiume Serio; questa, nonostante ricada in Fascia A del P.A.I., è stata caratterizzata dal punto di vista geologico-tecnico, essendo disponibili alcune indagini geognostiche realizzate nell'ambito della progettazione della tangenziale di Crema.

L'elevato numero di informazioni relative alle proprietà geomeccaniche dei terreni, desunte attraverso l'analisi delle indagini realizzate e delle stratigrafie rilevate, ha permesso di realizzare una cartografia sufficientemente dettagliata, che deve rappresentare un punto di riferimento in fase di pianificazione degli interventi edificatori, nonché fornire un supporto ai tecnici nella programmazione delle indagini geognostiche necessarie alla definizione del modello geotecnico del sottosuolo.

La rappresentazione cartografica realizzata permette di caratterizzare il territorio, dal punto di vista geologico-tecnico, sia in senso orizzontale che verticale, mediante l'utilizzo di una metodologia attraverso la quale viene assegnato ai terreni di fondazione, ad intervalli di profondità prefissati, un giudizio sintetico generale sulle loro caratteristiche geomeccaniche, come descritto nel paragrafo successivo.

Dato l'abbondante numero di indagini geognostiche disponibili, si ritiene opportuno riportare le caratteristiche principali della strumentazione utilizzata dallo scrivente nell'esecuzione delle prove penetrometriche più recenti, sia dinamiche S.C.P.T. che statiche C.P.T..

La strumentazione utilizzata per la realizzazione delle prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. è rappresentata da un penetrometro dinamico superpesante DPSH tipo “Pagani” modello TG 63-100 M-A.C., che presenta le seguenti caratteristiche:

• Massa battente (M):	Kg	73,00
• Altezza di caduta (H):	m	0,75
• Peso testa, guida ecc.	Kg	15-0,7
• Lunghezza asta (L):	m	1,50
• Area punta (A):	cm ²	20,43
• Diametro punta conica (D):	mm	51
• Angolo apertura (α):	°	60°
• Penetrazione standard:	cm	30 (N ₃₀)

La strumentazione utilizzata per la realizzazione delle prove penetrometriche statiche C.P.T. è rappresentata da un penetrometro statico olandese "Gouda" da 10 tonnellate tipo "Pagani" avente le seguenti caratteristiche:

• Area della punta (A _p):	cm ²	10
• Area della superficie laterale (A _l):	cm ²	150
• Angolo di apertura del cono (A _c):	°	60°
• Velocità di infissione (V):	cm/s	2
• Costante di infissione (C):	/	10
• Intervallo di misurazione (I):	cm	20

All'interno della Tav. 7A / 7B, le indagini geognostiche, costituite esclusivamente da prove penetrometriche, piezometri e sondaggi talora con esecuzione di relative prove S.P.T., sono rappresentate attraverso colonne litostratigrafiche semplificate, all'interno delle quali si riportano le caratteristiche litologiche, espresse tramite sigle (G: ghiaia, S: sabbia, L: limo, A: argilla), i valori di N₃₀ medio e di Rpm (Resistenza media alla punta, espressa in Kg/cm²), in corrispondenza di ciascuno strato, relativi rispettivamente alle prove penetrometriche dinamiche e statiche, i valori di S.P.T. relativi ai sondaggi geognostici e, in corrispondenza delle stratigrafie relative ai piezometri, il livello medio della falda freatica superficiale in essi misurato.

Le valutazioni relative alle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di fondazione in aree non investigate puntualmente attraverso l'esecuzione di indagini geognostiche, come ad esempio le porzioni nord-occidentale ed orientale del territorio comunale, sono state effettuate sulla base della caratterizzazione degli orizzonti litologici subsuperficiali, mediante l'uso di trivella manuale sino

alla profondità di 1,50 m dal p.c., rappresentata cartograficamente nella Tav. 2 “*Carta della litologia di superficie*” del presente studio, nonché delle informazioni derivanti da studi realizzati in territori limitrofi e da conoscenze personali delle zone in questione.

8.2 MODALITA' DI ESPRESSIONE DEL GIUDIZIO SINTETICO RELATIVO ALLE CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI

La metodologia utilizzata, descritta nel quaderno “*Engineering Geological Maps*”, opportunamente adeguata al contesto territoriale in esame, permette di assegnare alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione un giudizio qualitativo sintetico, attraverso il quale è possibile produrre una caratterizzazione geologico-tecnica preliminare del territorio.

Il giudizio soggettivo associato alle diverse aree, omogenee sia dal punto di vista litologico che geomeccanico, viene assegnato secondo intervalli di profondità prefissati, scelti in funzione delle più comuni tipologie di fondazione e del volume significativo di terreno generalmente interessato dai carichi applicati dalle sovrastrutture attraverso le strutture di fondazione.

Gli intervalli di profondità stabiliti sono tre:

- primo intervallo: compreso tra 1,00 m e 2,50 m dal p.c., è direttamente influenzato da fondazioni dirette superficiali (plinti, continue, travi rovesce, platee);
- secondo intervallo: compreso tra 2,50 m e 5,00 m dal p.c., è direttamente coinvolto dai sovraccarichi applicati con le fondazioni dirette;
- terzo intervallo: compreso tra 5,00 m dal p.c. e la massima profondità raggiunta dall'indagine geognostica, è direttamente influenzato da fondazioni indirette profonde (pali).

Nell'individuazione dei livelli sopra riportati, è stato escluso lo strato superficiale pari ad 1,00 m, in quanto esso risulta generalmente poco adatto alla posa di opere di fondazione a causa della presenza della componente organica e dei problemi legati alla gelività.

Ad ogni singolo intervallo di profondità è stato associato un tratteggio diverso, ossia verticale per il primo intervallo, orizzontale per il secondo intervallo ed obliquo per il terzo intervallo.

Il giudizio sintetico relativo alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione viene espresso secondo la seguente modalità:

- *rosso*: “scarse” qualità geomeccaniche
- *blu*: “sufficienti” qualità geomeccaniche
- *verde*: “buone” qualità geomeccaniche

Il giudizio qualitativo riferito ad ogni verticale di indagine viene rappresentato in cartografia all'interno di una colonna suddivisa nei tre differenti intervalli di profondità; esso rappresenta un'indicazione soggettiva che fornisce una preliminare valutazione del carico ammissibile dei terreni, a prescindere dalla tipologia delle strutture di fondazione, e dei potenziali cedimenti teorici attesi in seguito all'applicazione dei sovraccarichi caratteristici delle opere più comuni.

L'estensione, ad interi ambiti territoriali, del giudizio sintetico relativo ad ogni singola prova, è stata effettuata in seguito ad una valutazione ragionata delle proprietà geomeccaniche prevalenti dei terreni di fondazione in essi ricadenti, dando priorità, in via cautelativa, a quelle più scadenti dal punto di vista geologico-tecnico.

La delimitazione degli ambiti omogenei, riferiti a tutti e tre gli intervalli di profondità adottati, deve essere ritenuta puramente indicativa, in quanto l'ampia variabilità delle caratteristiche litologiche e geomeccaniche, tipica dei terreni alluvionali, non permette di individuare un limite netto tra differenti episodi deposizionali.

8.3 ANALISI DEI RISULTATI EMERSI

Per la realizzazione della Tav. 7A / 7B “*Carta geologico-tecnica*”, si è resa necessaria un'attenta valutazione delle informazioni litologiche, geologico-tecniche, idrogeologiche ed idrauliche disponibili, la cui analisi ha permesso di produrre una zonazione del territorio, indagato sia in senso verticale che orizzontale, sulla base del giudizio sintetico soggettivo relativo alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Livello litologico superficiale

Si sviluppa al di sotto della coltre pedogenetica ad una profondità compresa tra 1,00 m e 2,50 m dal p.c., è stato indagato sia attraverso le indagini geognostiche riportate in cartografia, sia attraverso la suddivisione tra litologie subsuperficiali differenti effettuata all'interno della citata Tav. 2, in particolare nelle zone in cui la mancanza di indagini puntuali non avrebbe permesso di caratterizzarle dal punto di vista geologico-tecnico.

Lo strato superficiale presenta dunque tre differenti gradi di giudizi, in funzione delle proprietà geomeccaniche dei terreni che lo caratterizzano:

- **giudizio “scarso”**: è stato assegnato alla porzione nord-occidentale del territorio comunale, coincidente con la depressione dei Mosi, dove sono presenti depositi superficiali prevalentemente argillosi e limoso-argillosi, talora organici, con intercalazioni di depositi torbosi di origine lacustre, all'estrema zona nord-orientale e sud-orientale, dove si rilevano terreni argilloso-limosi legati a principalmente a fenomeni di alterazione, ad alcune aree nel centro edificato di Crema, per la presenza di materiale inerte e/o riporto (resti di calcestruzzo, metalli, laterizi...), ed alla zona compresa tra Via Colombo ed il Colatore Cresmiero, a nord del depuratore in destra idrografica del Serio, caratterizzata dalla presenza di una coltre superficiale di scorie di altoforno, in quanto fino ad alcuni decenni fa e per lungo tempo dette aree erano adibite a deposito autorizzato di tali materiali. I valori di R_{pm} , relativamente ai depositi argillosi ed argilloso-limosi, sono generalmente inferiori a 15 Kg/cm^2 , mentre $N_{30}=1$. Il giudizio assegnato a questi materiali è correlato alle scadenti proprietà geologico-tecnico dei terreni argillosi, decisamente inadeguati a sopportare i sovraccarichi applicati e, data la loro elevata compressibilità, sede di potenziali cedimenti assoluti e differenziali, non compatibili con il campo di tensioni più frequentemente trasmesse al terreno dalla maggior parte delle opere.
- **giudizio “sufficiente”**: è stato assegnato alla maggior parte del territorio comunale, caratterizzato da litotipi prevalentemente sabbiosi, limoso-sabbiosi e/o sabbioso-limosi, con valori di R_{pm} compresi tra 15 Kg/cm^2 e 100 Kg/cm^2 e valori di N_{30} compresi tra 2 e 8; in generale, essi sono adeguati per i sovraccarichi generalmente applicati ad essi attraverso le fondazioni superficiali.
- **giudizio “buono”**: riferito a terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi, presenti all'interno della Valle del Fiume Serio, sia in destra che sinistra idrografica, in corrispondenza dei quali si rilevano valori di $R_{pm} > 100 \text{ Kg/cm}^2$ e di $N_{30} > 8$; presentano caratteristiche geomeccaniche tali da sopportare elevati valori di carico senza subire cedimenti significativi.

Livello litologico intermedio

Si sviluppa ad una profondità compresa tra 2,50 m e 5,00 m dal p.c., volume di terreno interessato dai sovraccarichi trasmessi al terreno attraverso le fondazioni dirette, ed è stato analizzato esclusivamente attraverso le indagini geognostiche riportate in cartografia.

- **giudizio “scarso”**: si associa ad una zona in corrispondenza del centro storico di Crema, in corrispondenza della quale si rileva la presenza di materiali di riporto sino a tale profondità oppure uno strato di materiale argilloso e/o argilloso-limoso, le cui pessime caratteristiche geologico-tecniche potrebbero indurre cedimenti non compatibili con le strutture in superficie qualora sottoposti a sovraccarichi considerevoli. Tale giudizio è stato inoltre assegnato alle aree poste a nord del depuratore, le quali, come detto in precedenza, vennero utilizzate come discarica autorizzata di scorie di altoforno; lo spessore di detti materiali, non essendo note le quote originarie delle aree in esame, può assumere dimensioni variabili in funzione dell’assetto superficiale originario dell’area di stoccaggio. Sulla base dell’esecuzione, in giugno 2004, di sondaggi a rotazione condotti a distruzione di nucleo per la formazione di prefori necessari per la successiva realizzazione di indagini penetrometriche utilizzate per caratterizzare l’area in esame dal punto di vista geologico-tecnico, si è giunti a definire uno spessore delle scorie variabile tra 3,00 m e 4,50 m; come si evince anche dall’analisi delle quote topografiche, limitatamente alla porzione nord di dette aree, fu operata una parziale asportazione dello strato superficiale di scorie (circa 1,50 m), utilizzate come materiali di riempimento per rilevati stradali, mentre in corrispondenza della porzione sud la coltre di scorie risulta tuttora presente per l’intero spessore originariamente stoccato.

- **giudizio “sufficiente”**: è stato assegnato alla zona occidentale, meridionale e nord-orientale del territorio comunale, caratterizzate da depositi limoso-sabbiosi e sabbioso-limosi, prevalentemente sabbiosi nella porzione meridionale; i discreti valori di Rpm, N₃₀ ed N_{spt} permettono di sostenere che tali materiali sono adeguati per sopportare carichi di media entità senza subire cedimenti significativi.

- **giudizio “buono”**: comprende la maggior parte del territorio comunale, e viene associato alle proprietà geomeccaniche di terreni a granulometria sabbioso-limosa, sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa con valori di Rpm > 110 Kg/cm² e di N₃₀ > 10; in corrispondenza di questi terreni non si prevedono cedimenti significativi, anche perché i granuli che li costituiscono tendono ad assestarsi progressivamente in seguito alla graduale applicazione dei carichi in fase di cantiere.

Livello litologico profondo

Rappresenta gli strati che si sviluppano a profondità superiori a 5,00 m dal p.c. fino alle massime profondità indagate e che sono influenzati da strutture di fondazione indirette tipo pali, le quali trasmettono i carichi ai terreni sia attraverso la punta che attraverso la superficie laterale.

- **giudizio “sufficiente”**: si riferisce a due aree ristrette localizzate nel territorio posto in destra idrografica del Fiume Serio, una in località Ombriano e l'altra nei pressi di C.na Calzi; i materiali presenti a queste profondità sono prevalentemente limoso-sabbiosi e sabbioso-limosi. In particolare, la presenza di livelli limoso-sabbiosi con N_{30} compreso tra 6 e 10 ha determinato l'assegnazione di tale giudizio alle proprietà geomeccaniche dei terreni, comunque adeguate a sopportare i carichi trasmessi attraverso le strutture di fondazione profonde.
- **giudizio “buono”**: è stato assegnato praticamente all'intero territorio comunale, ad esclusione delle due aree sopraccitate; i terreni sono caratterizzati principalmente da litologie sabbiose, sabbioso-ghiaiose e ghiaiose, con valori di $R_{pm} > 110 \text{ Kg/cm}^2$ e di $N_{30} > 10$. Presentano valori di capacità portante ampiamente compatibili con il campo di tensioni generalmente applicato dalle opere più comuni, ed anche i cedimenti assoluti e differenziali attesi sono poco significativi.

8.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In seguito all'analisi delle numerose indagini geognostiche disponibili, rappresentate da prove penetrometriche dinamiche e statiche e da sondaggi geognostici con relative prove S.P.T., nonché delle colonne litostratigrafiche relative a piezometri, all'interno dei quali è possibile rilevare il livello della falda freatica, è stata realizzata la rappresentazione cartografica di cui alla Tav. 7A / 7B “*Carta geologico-tecnica*”.

In essa, è stata prodotta una zonazione del territorio comunale, ad esclusione delle zone inedificabili, oppure edificabili solamente nei casi particolari previsti dalle “*Norme di Attuazione*” del P.A.I., ricadenti in Fascia A e Fascia B del P.A.I., sulla base del giudizio sintetico soggettivo relativo alle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di fondazione indagati, secondo una metodologia che prevede la caratterizzazione qualitativa dei terreni stessi secondo intervalli di profondità prefissati.

Questi, opportunamente scelti in funzione delle tipologie di fondazione più comuni nel contesto territoriale in esame, sono rappresentati da un intervallo superficiale (-1,00 ÷ -2,50 m da p.c.), un intervallo intermedio (-2,50 ÷ -5,00 m da p.c.) e da un intervallo profondo (> -5,00 m da p.c.).

L'applicazione di detta metodologia ha permesso dunque di individuare aree omogenee dal punto di vista litologico e geologico-tecnico, sia in senso orizzontale che verticale.

In generale, i terreni che presentano proprietà geomeccaniche più scadenti sono quelli argillosi e limoso-argillosi più superficiali che caratterizzano l'area del Moso di Crema, nella parte nord-occidentale del territorio comunale, e due zone nella parte orientale; eventuali interventi edificatori in tali aree dovranno essere preceduti da specifiche indagini geognostiche in grado di verificare in modo approfondito le caratteristiche geologico-tecniche ed idrogeologiche dei terreni di fondazione, al fine di dimensionare in modo adeguato le strutture di fondazione, con particolare attenzione ai cedimenti teorici previsti, che nel caso in esame possono essere tali da influire in modo significativo sulla stabilità delle opere in superficie.

Particolare attenzione dovrà essere inoltre posta all'interno di aree, nel presente studio segnalate principalmente all'interno del centro edificato di Crema ed a nord del depuratore Serio 1, che presentano una coltre superficiale caratterizzata dalla presenza di materiale derivante da attività antropica (resti di calcestruzzo, metalli, laterizi, scorie di altoforno), dei quali dovranno essere accertati, preliminarmente alla progettazione di eventuali opere edificatorie, la tipologia e lo spessore, nonché previsti opportuni interventi di bonifica del sito di costruzione.

Nella rimanente porzione di territorio, le condizioni per l'edificabilità sono invece generalmente favorevoli, essendo tali aree caratterizzate, in corrispondenza dei tre livelli di profondità considerati, da materiali a granulometria variabile da limoso-sabbiosa a sabbioso-ghiaiosa, le cui caratteristiche geologico-tecniche sono adeguate ai carichi generalmente trasmessi al terreno dalle opere più comuni; anche i cedimenti assoluti e differenziali indotti dai sovraccarichi dovuti alle sovrastrutture possono essere considerati poco significativi.

In relazione al livello piezometrico della falda freatica superficiale, dovranno essere in ogni caso previsti idonei strumenti di misura delle oscillazioni periodiche a cui esso è sottoposto.

Utilizzando come riferimento la Tav. 5A / 5B "*Carta della vulnerabilità integrata dell'acquifero freatico*", si deduce che la soggiacenza della falda freatica all'interno del territorio comunale presenta valori compresi in tre intervalli di profondità (< 2 m, 2÷5 m, 5÷10 m), realizzati sulla base dei livelli piezometrici misurati all'interno di 18 piezometri, il cui elenco è riportato nella tabella seguente.

N°	Località piezometro	COORDINATE GAUSS-BOAGA		
		X (Est)	Y (Nord)	Z (quota p. c. in metri)
1	Cascina Bosco	1.550.500	5.024.755	78,30
2	Scuola Comunale "S. Stefano"	1.552.925	5.025.305	79,50
3	Cimitero S. Maria della Croce	1.554.335	5.025.815	79,40
4	Cascina Boscarina	1.555.130	5.026.020	79,30
5	Vivaio "Garden Smeraldo" (Bagnolo Cr.)	1.548.425	5.024.330	85,30
6	Vasca sponda destra Serio	1.555.170	5.025.270	75,20
7	Sig. Fiorentini Osvaldo	1.554.470	5.025.590	79,20
8	Villa Ravani (Via S. Allende)	1.555.570	5.023.635	75,40
9	Vivaio Rondò	1.555.190	5.022.390	70,90
10	Cimitero S. Bartolomeo dei Morti	1.553.985	5.022.302	72,20
11	Località Sabbioni (N-O C.na Olmo)	1.551.898	5.022.075	80,00
12	Laboratorio "Idraulica Padana"	1.550.490	5.022.520	79,70
13	Area Comunale "Via Braguti"	1.552.973	5.023.827	75,90
14	Piazza del Mercato (Est)	1.553.634	5.023.643	76,20
15	Piazza del Mercato (Centro)	1.553.565	5.023.515	75,80
16	Piazza del Mercato (Ovest)	1.553.480	5.023.428	75,40
17	Magazzini Comunali "S. Agostino"	1.554.188	5.023.350	75,30
18	Via E. Martini - F.S.	1.554.972	5.023.695	73,30

Dall'analisi della Tav. 5A / 5B, si evince che la maggior parte del territorio comunale presenta una soggiacenza inferiore a 5 m, ad esclusione della porzione sud-occidentale, e pertanto in tali aree risulta difficoltosa la realizzazione di volumetrie interrato; nell'ipotesi di realizzazione delle stesse, dovranno essere previsti idonei sistemi di impermeabilizzazione.

Attenzione dovrà essere posta inoltre in quelle zone in cui falda freatica potrebbe interferire, in fase di cantiere, con gli scavi necessari alla realizzazione delle strutture di fondazione; in tali casi, dovranno essere previste adeguate tecniche di abbattimento delle acque sotterranee.

In tutti i casi, come riportato nelle "Norme Geologiche di Piano", di cui al Cap. 13, la progettazione di qualsiasi intervento dovrà essere preceduta da specifiche indagini geognostiche a supporto della relativa relazione geologica, idrogeologica, geologico-tecnica e sismica descrittiva, secondo la normativa vigente, ovvero il D.M. 14/01/2008, il D.M. 11/03/1988, e relativa c.m. 24/09/1988 n° 30483, ed il D.M. 16/01/1996, e relativa c.m. 10/04/1997 n° 65, come più approfonditamente discusso nel successivo capitolo.

Bibliografia

AA.VV. (1976) – “*Engineering Geological Maps*” – The UNESCO Press, Paris.

AA. VV. (1982) – “*Geologia tecnica*” – Speciale in occasione del centenario della Società geologica Italiana – Vol. A – Anno XXIX n° 2 – Aprile-Giugno.

CASADIO M. & ELMI C. (1995) – “*Il Manuale del Geologo*” – Pitagore Editrice, Bologna.

CESTARI F. (1990) – “*Prove geotecniche in sito*” – Geo-Graph snc Editrice, Segrate (MI).

COLOMBO P. (1976) – “*Elementi di geotecnica*” – Zanichelli Editrice, Bologna.

COLOMBO P. & COLLESELLI F. (1996) – “*Elementi di geotecnica*” - II^a edizione - Zanichelli Editrice, Bologna.

LANCELLOTTA R. (1997) – “*Geotecnica*” – Zanichelli Editrice, Bologna.

TERZAGHI K. & PECK R.B. (1979) – “*Geotecnica*” – UTET, Torino.

9. CARTE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (TAV. 8A / 8B – TAV. 9A / 9B, SCALA 1:5.000)

9.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il riferimento normativo principale relativamente alla progettazione, all'esecuzione ed al collaudo delle costruzioni è rappresentato dal D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*", **entrato in vigore per tutte le tipologie di costruzioni**, dopo un periodo sperimentale, il 1° luglio 2009.

Lo stesso D.M. 14 gennaio 2008, tuttavia, per le costruzioni di tipo 1 e 2 e classe d'uso I e II, così come definite nel decreto stesso (Cap. 2), e limitatamente ai siti ricadenti in Zona Sismica 4, ammette, in paragrafo 2.7, il riferimento, per quanto riguarda le opere ed i sistemi geotecnici, al D.M. 11 marzo 1988 "*Norme Tecniche per i terreni, le rocce e la stabilità dei pendii*" e relativa c.m. 24 settembre 1988 n. 30483, nonché al D.M. 16 gennaio 1996 "*Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche*" e relativa c.m. 10 aprile 1997 n. 65.

Il rispetto delle disposizioni del D.M. 14-01-08 è in ogni caso obbligatorio per gli edifici e le opere infrastrutturali di interesse strategico per finalità di protezione civile, nonché per gli edifici e le opere infrastrutturali rilevanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, ricadenti rispettivamente in classe d'uso IV e classe d'uso III, come riportato nel decreto ministeriale. L'elenco degli edifici e delle opere strategiche e rilevanti, approvato con D.d.u.o. 21 novembre 2003 n° 19904, viene riportato in All. D in calce al capitolo.

Successivamente all'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008, la Regione Lombardia ha emanato la d.g.r. 7374/2008, che rappresenta la delibera di riferimento nel presente studio, all'interno della quale viene più volte sottolineata l'importanza di una corretta definizione della componente sismica del P.G.T. comunale, da realizzarsi sulla base delle disposizioni nazionali e delle indicazioni tecniche previste dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*",

L'O.P.C.M., che suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche, identificate attraverso una numerazione crescente al diminuire del sisma atteso, con successive integrazioni e/o modificazioni, è entrata in vigore, per gli aspetti relativi alla classificazione sismica, il 23 ottobre 2005, in coincidenza con l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 "*Norme Tecniche per le*

Costruzioni”, il quale recepisce ed integra sia la documentazione tecnica dell’O.P.C.M. 3274/03 che la classificazione sismica in essa proposta.

Il Comune di Crema, sulla base delle disposizioni dell’O.P.C.M. 3274/2003, è stato inserito in Zona Sismica 4, come confermato dalla Regione Lombardia con D.G.R. 14964/03 “*Disposizioni preliminari per l’attuazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»*”.

In recepimento del D.M. 14 settembre 2005 e delle indicazioni riportate in All. 1 dell’O.P.C.M. 3274/03, è stata emanata successivamente l’O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 “*Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”, dove viene indicato che l’individuazione delle zone sismiche dovrà assumere come riferimento la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Allo stato attuale, come riportato all’interno della d.g.r. 7374/2008, ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 la determinazione della azioni sismiche in fase di progettazione **non** è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, sulla base di un reticolo di riferimento esteso all’intero territorio nazionale.

Come descritto nell’All. A del D.M. 14 gennaio 2008, l’azione sismica di riferimento per la progettazione dovrà essere definita sulla base dei valori stimati di pericolosità sismica proposti dall’I.N.G.V. all’interno del “*Progetto SI*”, successivamente elaborati dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e riportati nelle tabelle di cui ad All. B del citato D.M..

Pertanto, la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’O.P.C.M. 3274/03 e dell’O.P.C.M. 3519/06) ha un significato esclusivamente amministrativo, e nell’analisi della componente sismica del territorio comunale individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria.

La metodologia di valutazione proposta dalla Regione Lombardia in All. 5 della d.g.r. 7374/2008, “*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei P.G.T.*”, prevede difatti **tre livelli di approfondimento** con grado di dettaglio in ordine crescente; essa aggiorna le precedenti procedure di analisi, basandosi sui risultati

ottenuti su alcune aree campione in territorio regionale dallo studio – pilota “*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in determinati Comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l’analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla d.g.r. n° 14964 del 7 novembre 2003*”, redatto dal Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Strutturale (marzo 2005), successivamente integrati e/o modificati in funzione delle nuove disposizioni riportate nel D.M. 14 gennaio 2008.

Con l’approvazione del D.M. 14 gennaio 2008, dunque, il concetto di zonazione sismica è stato totalmente superato, sostituito da un approccio di tipo quantitativo–probabilistico ed interpolatorio–deterministico, che ha portato alla definizione ed alla realizzazione di un reticolo di riferimento su tutto il territorio nazionale, attraverso il quale è possibile determinare l’azione sismica agente sulle costruzioni in un generico sito.

Con tale metodologia le azioni sismiche di progetto, e quindi la pericolosità sismica di un generico sito di costruzione, presenta una discreta variabilità anche all’interno di uno stesso territorio, in funzione sia dei parametri (a_g , F_0 , T_c^*) che, secondo differenti tempi di ritorno (T_R), definiscono le forme spettrali e la “*pericolosità sismica di base*”, sia del fattore suolo (S), legato agli effetti di amplificazione locale (stratigrafica e topografica) che caratterizzano la “*risposta sismica locale*”.

Sulla base della situazione normativa sopra esposta, all’interno del presente studio l’analisi della componente sismica viene affrontato seguendo i criteri di cui alla d.g.r. 7374/2008, approfondendo anche alcuni argomenti trattati nel D.M. 14 gennaio 2008, quali ad esempio la definizione di pericolosità sismica e la valutazione dell’accelerazione di progetto da utilizzare nella verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione.

9.2 DEFINIZIONE DI RISCHIO SISMICO E DI PERICOLOSITA’ SISMICA

La valutazione del rischio sismico (R) associato ad un evento tellurico è funzione della pericolosità (P), distinta in pericolosità sismica di base (PSB) ed in pericolosità sismica locale (PSL), della vulnerabilità (V) e del valore esposto (E), concetti di seguito brevemente descritti:

- **Pericolosità sismica di base (PSB)**: rappresenta la probabilità che l’evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento;

- **Pericolosità sismica locale (PSL)**: rappresenta una stima a scala di dettaglio delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito in cui si prevede l'evento sismico (condizioni locali);
- **Vulnerabilità (V)**: rappresenta il grado di suscettibilità del territorio agli effetti negativi prodotti dal fenomeno considerato, ovvero l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni, ed è funzione della distribuzione dell'urbanizzato, della densità della popolazione, della distribuzione delle attività e dei servizi pubblici, dell'ambiente naturale;
- **Valore esposto (E)**: rappresenta il valore socio – economico relativo agli elementi a rischio ed è funzione della tipologia dell'elemento stesso (ospedali, scuole, case, stalle,...).

Il **rischio (R)** connesso con un determinato evento sismico rappresenta il prodotto tra questi tre fattori:

$$R = P \times V \times E$$

Esso rappresenta pertanto il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà ed alle attività economiche dovuti ad un evento sismico di una data intensità che ha coinvolto una particolare area per un dato periodo di tempo.

In particolare, le analisi e gli studi riguardanti la pericolosità sismica locale (PSL) hanno permesso di individuare, in determinate caratteristiche proprie del terreno e del suo assetto morfologico, alcune delle cause che possono variare la pericolosità sismica di base (PSB) di un territorio e di conseguenza rendere alcune aree più pericolose di altre.

I differenti effetti che le condizioni locali di un'area possono determinare, sono suddivisi in due categorie principali:

1. **Effetti di sito o di amplificazione sismica locale**: interessano i terreni che presentano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono legati alle caratteristiche topografiche e/o litologiche del territorio in grado di generare un'esaltazione locale delle azioni sismiche di base;
2. **Effetti di instabilità**: interessano i terreni che presentano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e possono causare fenomeni di franamento, di liquefazione, di subsidenza, di cedimento assoluto e differenziale.

All'interno del D.M. 14 gennaio 2008, del quale si fornisce di seguito un breve stralcio, la **pericolosità sismica** costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati.

*“ [...] La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{v_R} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purchè correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini della presente normativa, le **forme spettrali** sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{v_R} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:*

- a_g *accelerazione orizzontale massima al sito*
- F_o *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale*
- T_c^* *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale*

In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_o , T_c^ necessari per la determinazione delle azioni sismiche.”*

La pericolosità sismica sopra citata rappresenta la **pericolosità sismica di base**, derivante da studi condotti a livello nazionale, che han portato alla realizzazione del **reticolo o griglia di riferimento**. Individuata, per un determinato tempo di ritorno T_R (**intervallo di riferimento**), l'azione sismica di base, l'azione sismica di progetto viene ottenuta tenendo in considerazione la risposta sismica locale del sito in esame, ossia degli effetti di amplificazione sismica locale esposti in precedenza.

9.3 **METODOLOGIA UTILIZZATA**

Sulla base delle indicazioni riportate all'interno della d.g.r. 7374/2008, la valutazione della **Pericolosità Sismica Locale (PSL)**, e degli effetti prodotti dalle condizioni locali di una determinata area, avviene attraverso una procedura organizzata in una struttura modulare.

Tale procedura prevede tre livelli di approfondimento, con grado di dettaglio in ordine crescente:

- **1° Livello di approfondimento:** approccio di tipo qualitativo, permette il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica, e quindi dei differenti scenari di pericolosità sismica locale, sulla base dei dati relativi all'assetto geologico, geomorfologico, litologico, idrogeologico e geotecnico del territorio in esame, propedeutico ai successivi livelli di approfondimento.
- **2° Livello di approfondimento:** approccio di tipo semi – quantitativo, permette l'analisi degli effetti di sito o di amplificazione sismica locale attraverso la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).
- **3° Livello di approfondimento:** approccio di tipo quantitativo, permette l'analisi sia degli effetti di instabilità, attraverso indagini ed analisi approfondite, che degli effetti di sito o di amplificazione sismica locale, con metodologie che prevedono un dettaglio maggiore di quelle utilizzate nel 2° livello.

In funzione dello scenario di pericolosità sismica locale (PSL), così come individuato nel 1° livello di approfondimento, e della zona sismica di appartenenza del territorio comunale in esame, ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03, si dovrà passare ove previsto ai successivi livelli.

Si riporta di seguito la tabella, di cui alla d.g.r. 7374/2008, nella quale sono elencati i principali scenari di pericolosità sismica locale (PSL), individuati attraverso una sigla alfanumerica, e gli effetti che potrebbero verificarsi all'interno delle aree ad essi associate in occasione di evento sismico.

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite–arrotondate	

Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltzio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coerenti	
Z4d	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Nella tabella che segue vengono presentati i livelli di approfondimento da effettuare in funzione della zona sismica di appartenenza del territorio comunale, sulla base della classificazione sismica prevista dall'O.P.C.M. 3274/03 – All. 1.

LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE				
		FASE PIANIFICATORIA	FASE PROGETTUALE	
		1° LIVELLO	2° LIVELLO	3° LIVELLO
ZONA SISMICA 2 – 3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; -Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5.	
ZONA SISMICA 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al D.d.u.o. n° 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; -Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti.	

In sintesi:

- **1° Livello: fase pianificatoria** – Obbligatorio per tutti i comuni della Regione Lombardia ed esteso a tutto il territorio comunale.

- **2° Livello: fase pianificatoria**

- Zone sismiche 2 e 3: obbligatorio nelle aree PSL Z3 e Z4 interferenti con l'urbanizzato esistente o di previsione.
- Zona sismica 4: obbligatorio nelle aree PSL Z3 e Z4 con presenza di edifici strategici e rilevanti.

- **3° Livello: fase progettuale**

- Quando con il 2° livello di approfondimento il valore di Fa (Fattore di amplificazione) calcolato supera il valore di soglia comunale.
- Nelle aree PSL Z1, Z2, Z5 (solo per edifici strategici e rilevanti in zona sismica 4).

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale, si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

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

5.4 APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA AL TERRITORIO COMUNALE

Il Comune di Crema è stato inserito, ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03 e della d.g.r. 14964/03, in zona sismica 4.

Sulla base delle indicazioni riportate in precedenza, il 1° livello di approfondimento in fase di pianificazione è obbligatorio e deve essere esteso all'intero territorio comunale; in seguito all'analisi delle aree di pericolosità sismica locale (PSL) individuate in questa fase, verrà valutato se sono presenti condizioni tali per cui sia necessaria l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

5.4.1 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il primo livello di approfondimento prevede la redazione della “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*” (Tav. 8A / 8B, scala 1:5.000), all'interno della quale devono essere rappresentati gli ambiti territoriali caratterizzati dagli scenari di pericolosità sismica locale (PSL) individuati nel contesto territoriale in esame, in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Gli scenari PSL riconosciuti all'interno del territorio comunale di Crema sono:

- **Scenario PSL Z2:** zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti e zone con depositi granulari fini saturi.
- **Scenario PSL Z4a:** zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.

Gli scenari di pericolosità sismica sopra riportati vengono di seguito brevemente illustrati.

9.4.1.1 SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z2 – CEDIMENTI / LIQUEFAZIONI

All'interno dello scenario di pericolosità sismica locale individuato con la sigla Z2, ricadono sia terreni di fondazione particolarmente scadenti che terreni di fondazione caratterizzati da depositi granulari fini saturi.

Tali terreni, dal punto di vista sismico, vengono classificati come “*sismicamente instabili*”, in quanto, in seguito allo sforzo di taglio indotto dall'azione sismica, possono essere soggetti sia a **cedimenti assoluti e differenziali**, dovuti ad un'improvvisa densificazione del terreno incoerente insaturo oppure determinati dalle scadenti proprietà geotecniche del materiale coesivo, sia saturo che insaturo, che a **fenomeni di liquefazione**, causati dalla perdita di resistenza al taglio di un terreno incoerente saturo a causa di un aumento istantaneo delle pressioni interstiziali, con conseguenti effetti di “fluidificazione” che portano a situazioni di instabilità più o meno gravi.

La verifica della suscettibilità dei terreni di fondazione ai cedimenti ed alla liquefazione, rappresenta in questa fase di pianificazione solamente un'indicazione generale sul comportamento in condizioni sismiche dei materiali oggetto di studio.

Tale verifica non può e non deve sostituire approfondimenti a dettaglio maggiore, da prevedere preliminarmente alla fase progettuale in funzione sia della tipologia dell'opera che dell'utilizzo della stessa, in particolar modo per edifici con funzioni pubbliche e strategiche importanti e/o edifici rilevanti il cui uso prevede affollamenti significativi.

Stima della suscettibilità ai cedimenti in condizioni sismiche

L'individuazione delle zone potenzialmente soggette a cedimenti assoluti e differenziali, sia in condizioni non sismiche che sismiche, si è basata esclusivamente sui risultati ottenuti nella fase di caratterizzazione geologico-tecnica preliminare dei terreni di fondazione, discussa nel Cap. 8.

La suddivisione del territorio comunale in aree omogenee dal punto di vista litologico e geomeccanico, così come rappresentato nella Tav. 7A / 7B “*Carta geologico-tecnica*”, sulla base di una metodologia che ha portato all’assegnazione di giudizi qualitativi sintetici relativi alle proprietà geologico-tecniche dei materiali che caratterizzano il sottosuolo, ha permesso di individuare differenti zone che presentano caratteristiche geomeccaniche scadenti, esclusivamente in corrispondenza del livello litologico superficiale presente a profondità comprese tra 1,00 m e 2,50 m dal p.c., ossia lo strato più direttamente influenzato da fondazioni superficiali.

Le aree menzionate sono: la porzione nord-occidentale del territorio comunale, coincidente con il Moso di Crema, due zone di limitate dimensioni all’interno della porzione orientale, una ristretta area nel centro edificato di Crema e la zona compresa tra Via Colombo ed il Colatore Cresmiero, a nord del depuratore Serio 1.

I materiali che caratterizzano dette aree sono rappresentati prevalentemente da depositi argillosi ed argilloso-limosi, nonché, in corrispondenza dell’area in centro storico e della zona localizzata a nord del depuratore, rispettivamente da materiale di riporto e da scorie di altoforno.

I terreni argillosi, data la loro elevata compressibilità, sono potenzialmente soggetti all’insorgere di cedimenti assoluti e differenziali, non compatibili con il campo di tensioni più frequentemente trasmesse al terreno dalla maggior parte delle opere, anche di modeste entità.

In aggiunta, il basso livello di soggiacenza della falda freatica superficiale, generalmente inferiore a 5,00 m in tutte le aree citate, con valori anche inferiori al metro nell’area del Moso, determina una ulteriore diminuzione della capacità portante dei terreni di fondazione, i quali risultano inadeguati a garantire la stabilità delle strutture in superficie se non attraverso opportuni interventi di miglioramento e/o l’adozione di tipologie di fondazione indirette.

In riferimento alle aree che presentano una coltre superficiale di materiali di riporto e/o scorie di altoforno, l’assenza di precise indicazioni relative alla tipologia ed allo spessore degli stessi, rende tali zone decisamente sfavorevoli all’edificazione, essendo i terreni di riporto potenzialmente suscettibili al fenomeno dei cedimenti; ogni intervento edificatorio in tali zone dovrà prevedere opportuni interventi di bonifica dei terreni superficiali, fino al raggiungimento dei livelli di terreno in posto in grado di garantire sufficiente stabilità alle opere in progetto.

Le aree sopraccitate rappresentano dunque lo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2, la cui delimitazione, ripresa dalla Tav. 7A / 7B, è stata rappresentata nella cartografia di cui alla Tav. 8A / 8B “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*” .

Si sottolinea che la suddivisione areale effettuata si è basata esclusivamente sulla valutazione delle

proprietà geologico-tecniche del materiale che caratterizza i terreni di fondazione, a prescindere ovviamente dai parametri di progetto relativi alle strutture di fondazione, alle sovrastrutture ed ai carichi da esse trasmessi al terreno attraverso le fondazioni stesse.

Stima della suscettibilità alla liquefazione di materiale saturo in condizioni sismiche

La valutazione della tendenza alla liquefazione dei terreni di fondazione in caso di eventi sismici è stata effettuata sulla base delle indicazioni presenti nel D.M. 14 gennaio 2008, all'interno del quale si rende obbligatoria la verifica della stabilità del sito di costruzione e di conseguenza delle opere in progetto, in funzione di un'azione sismica di progetto e delle amplificazioni sismiche che l'azione sismica di base subisce per effetto delle condizioni locali.

Il fenomeno denominato liquefazione è caratteristico di terreni granulari, prevalentemente sabbiosi, che si trovano in condizioni sature, ossia al di sotto del livello piezometrico della falda freatica; in condizioni sismiche, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate, essi tendono ad assumere un comportamento meccanico simile a quello dei liquidi, in seguito ad un aumento istantaneo della pressione interstiziale dell'acqua presente nei vuoti intergranulari ed alla perdita di resistenza al taglio.

L'effetto conseguente è rappresentato da un flusso di materiale, sia in direzione orizzontale che verticale, che può condizionare in modo significativo la stabilità delle opere in superficie, in particolar modo se la quantità di materiale interessata dal rifluimento è considerevole.

A parità di altre condizioni, il fenomeno della liquefazione si verifica con maggiore probabilità in materiali incoerenti sabbiosi e/o sabbioso – limosi con elevato grado di saturazione e basso grado di addensamento, ossia bassa densità relativa D_r (%) ed elevato indice dei vuoti.

La determinazione del potenziale di liquefazione (PL) dei terreni di fondazione nel territorio comunale, e del rischio di liquefazione al quale esso è soggetto, come previsto dalla normativa, è stata effettuata mediante l'utilizzo del metodo semplificato di Seed & Idriss (1982), ampiamente riconosciuto dalla letteratura internazionale specializzata, attraverso il quale è possibile risalire, utilizzando i parametri geologico-tecnici preferibilmente ottenuti attraverso le prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T., al valore di un fattore di sicurezza (F_s), il cui andamento in profondità permette di individuare gli strati tendenzialmente liquefacibili.

Il fattore di sicurezza (F_s) è dato dal rapporto tra la resistenza al taglio mobilitante **R** caratteristica del materiale, ovvero il suo stato di deformazione critica, e lo sforzo di taglio **T** indotto dall'azione sismica, in funzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima al suolo (a_{max}) e della

magnitudo di riferimento del sisma di progetto (**M_w**).

La scelta delle indagini penetrometriche da utilizzare nelle elaborazioni si è basata su una valutazione ragionata delle colonne litostratigrafiche disponibili e dell'ubicazione delle prove; sono state perciò scartate le indagini nelle quali non si rileva la presenza di materiale potenzialmente liquefacibile e quelle localizzate nelle aree che presentano scadenti proprietà geologico-tecniche, essendo queste già inserite nello scenario PSL Z2 in quanto soggette a cedimenti assoluti e differenziali in condizioni sismiche, come descritto in precedenza.

In corrispondenza di ogni verticale di indagine penetrometrica S.C.P.T. utilizzata, sono stati determinati i valori dei parametri sismici a_g , F_0 e T_c^* , calcolati in funzione delle esatte coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del punto di indagine, attraverso il foglio di calcolo “*Spettri NTC ver. 1.0.3*”, reso disponibile dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per un generico sito del territorio nazionale.

Al fine di determinare l'accelerazione sismica massima attesa in superficie (a_{max}), si è resa necessaria la valutazione dell'amplificazione stratigrafica locale, sulla base dei risultati ottenuti con le prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. ed utilizzando la formula, riportata nel D.M. 14-01-08, relativa alla determinazione della resistenza penetrometrica dinamica equivalente N_{spt30} , nonché dei valori di V_{S30} direttamente ottenuti in alcune aree del centro edificato di Crema attraverso indagini geofisiche realizzate con tecnica “*Re.Mi.*” (Refraction Microtremor).

In funzione dei risultati emersi, all'intero territorio comunale è stata assegnata la categoria di sottosuolo **C**, alla quale appartengono “*depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti*”.

L'accelerazione sismica massima attesa in superficie (a_{max}), determinata in corrispondenza delle aree indagate attraverso le prove penetrometriche dinamiche, relativamente allo stato limite ultimo **S.L.V.** (Stato Limite di Salvaguardia della Vita), si ottiene attraverso la seguente relazione:

$$\mathbf{a_{max} = a_g \cdot S = a_g \cdot 1,500}$$

dove:

a_g = accelerazione sismica massima attesa su suolo di riferimento rigido (Categoria A) a superficie topografica orizzontale, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (S.L.V.), corrispondente al valore di ancoraggio dello spettro di risposta elastico in accelerazione con $T=0$ (T: periodo dell'oscillatore semplice); è espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g .

S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, ossia $S = S_S \cdot S_T$, essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed S_T il coefficiente di amplificazione topografica. Nel caso in esame la categoria di sottosuolo è la C ed il valore di S è 1,500.

Il valore di a_g più elevato è associato ad un'area localizzata in località San Bernardino, in sinistra idrografica del Fiume Serio; il valore più elevato di accelerazione sismica massima attesa in superficie (a_{max}) utilizzato nelle elaborazioni, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità, è stato pertanto il seguente:

$$a_{max} = a_g \cdot S = 0,108 \cdot 1,500 = 0,162 \text{ g} \quad [m/s^2]$$

Questo valore rappresenta l'accelerazione sismica massima attesa in superficie, espressa come frazione di g , in corrispondenza dell'area sopra menzionata, per azioni sismiche con $T_R = 475$ anni (stato limite S.L.V.), relativamente a costruzioni ordinarie di tipo II con periodo di riferimento $V_R = 50$ anni.

Come magnitudo di progetto (M_w) del sisma atteso, è stato utilizzato in via cautelativa il valore della magnitudo massima attesa nella zona sismogenetica limitrofa al territorio comunale, ovvero la zona 907, denominata "Bergamasco", alla quale è associato un valore di $M_w = 5,91$.

Sulla base dei risultati ottenuti mediante l'utilizzo del metodo di Seed & Idriss, non si rilevano all'interno del territorio comunale terreni suscettibili al fenomeno della liquefazione, in occasione di eventi sismici di magnitudo paragonabile a quella di progetto utilizzata nelle elaborazioni.

Sarà comunque compito dei tecnici incaricati della programmazione delle indagini geognostiche e della progettazione degli interventi edificatori, sotto la loro responsabilità, valutare le componenti sismiche dei siti di progetto e verificare la stabilità delle opere nei confronti della liquefazione, come imposto dalla vigente normativa.

* * * *

In funzione delle valutazioni sopra riportate, all'interno della Tav. 8A / 8B "Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello" lo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2 è rappresentato esclusivamente dalle aree che presentano scadenti caratteristiche geologico-tecniche e che di conseguenza sono potenzialmente suscettibili di significativi cedimenti, sia assoluti che differenziali, in condizioni sismiche.

Si ribadisce che, all'interno dei comuni ricadenti in Zona Sismica 4, la Regione Lombardia ha imposto l'obbligo della progettazione antisismica, di cui al D.M. 14/01/08, solo per gli edifici strategici e rilevanti, di cui al D.d.u.o. 21 novembre 2003 n° 19904, come previsto nel decreto ministeriale stesso.

9.4.1.2 SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z4a – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE

Lo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a deve essere assegnato a tutte le aree di pianura che presentano depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.

I terreni di fondazione che le costituiscono vengono classificati, dal punto di vista sismico, come “*sismicamente stabili*”, in quanto, in seguito a sollecitazioni sismiche, sono caratterizzati da fenomeni di amplificazione sismica legati alle loro particolari caratteristiche litologiche e geometriche.

Detti depositi, in funzione delle caratteristiche tessiturali e geomeccaniche e dei rapporti stratigrafici intercorrenti tra le differenti unità litologiche e tra queste ed il substrato roccioso, possono generare una variazione nell'ampiezza e nella frequenza delle onde sismiche, che provoca un'amplificazione locale dell'azione sismica trasmessa dal terreno in seguito a fenomeni di riflessione multipla, di interferenza, di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno, di doppia risonanza tra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

In caso di aree di pianura alluvionale, come espresso dalle normative vigenti, il substrato di riferimento deve essere individuato in corrispondenza del materiale che presenta un valore di V_s (velocità delle onde sismiche secondarie o di taglio) pari o superiore a 800 m/s, per il quale l'amplificazione litologica attesa è nulla.

Il territorio comunale, come descritto nel Cap. 2 del presente studio e rappresentato nella relativa Tav. 1A / 1B “*Carta geologica e geomorfologica*”, è costituito da terreni appartenenti a tre Formazioni Geologiche, di seguito brevemente descritte, in ordine cronologico dalla più antica alla più recente:

- **fg^{WR} – Fluvioglaciale Wurm-Riss** (Pleistocene Sup.): alluvioni fluvioglaciali, sabbiose e ghiaiose, per lo più non alterate, corrispondenti al Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.); caratterizza la maggior parte del territorio comunale.

- **a¹ – Alluvioni Antiche** (Olocene Inf.): alluvioni sabbiose e ghiaiose, poligeniche, costituenti il sistema di terrazzi immediatamente sottostante il L.F.P.; sono presenti in un lembo di terrazzo in sinistra idrografica del Fiume Serio, nella zona nord-orientale del territorio comunale.
- **a² – Alluvioni Medio-Recenti** (Olocene Medio): alluvioni ghiaiose, sabbiose e limose degli alvei abbandonati ed attivi; caratterizzano la valle “a cassetta” del Fiume Serio.

Come si evince dalle descrizioni sopra presentate, l'intero territorio comunale di Crema presenta caratteristiche litologiche tali per essere considerato appartenente allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, così come rappresentato in Tav. 8A / 8B.

9.4.2 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE RELATIVE AL 1° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

L'applicazione del primo livello di approfondimento ha permesso di individuare, all'interno del territorio comunale di Crema, due differenti scenari di pericolosità sismica locale PSL, rappresentati nella Tav. 8A / 8B “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*”, secondo le indicazioni della d.g.r. 7374/2008:

- **Scenario PSL Z2:** comprende l'ampia depressione del Moso di Crema ed altre 4 aree di limitata estensione, ad esso assegnate in quanto caratterizzate da terreni di fondazione superficiali argillosi ed argilloso-limosi soggetti a potenziali cedimenti, che potrebbero determinare condizioni di instabilità rilevanti durante un evento sismico, oppure da materiale di riporto e/o scorie di altoforno, nel livello superficiale, di spessore e caratteristiche non ben definite.
- **Scenario PSL Z4a:** caratterizza tutti i depositi granulari e coesivi presenti in zone di pianura ovvero l'intero territorio comunale, comprensivo dell'ampia depressione valliva del Fiume Serio.

In seguito alle risultanze del 1° livello di approfondimento, l'applicazione dei successivi livelli al territorio comunale di Crema, che appartiene alla Zona Sismica 4, dovrà seguire le seguenti fasi:

- **2° Livello: fase pianificatoria**
 - Obbligatorio nelle aree PSL Z4a in presenza di edifici strategici e rilevanti (D.d.u.o. 19904/03).

- **3° Livello: fase progettuale**

- Nelle aree PSL Z4a quando con il 2° livello di approfondimento il valore di Fa (Fattore di amplificazione) calcolato supera il valore di soglia comunale.
- Nelle aree PSL Z2 solo per edifici strategici e rilevanti (D.d.u.o. 19904/03).

Pertanto, risulta necessario in fase di pianificazione l'analisi di 2° livello per lo scenario PSL Z4a, ovvero per l'intero territorio comunale ad esclusione delle aree associate allo scenario PSL Z2, in corrispondenza delle quali si riscontra la sovrapposizione di due scenari; per queste aree, in fase di progettazione dovrà essere adottato il 3° livello di approfondimento, obbligatorio solamente per gli edifici strategici e rilevanti di nuova previsione, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo anche ad altre categorie di edifici, come verrà indicato all'interno delle *"Norme Geologiche di Piano"*.

Poiché all'interno delle aree di futuro sviluppo urbanistico è prevista la realizzazione di opere che ricadono negli elenchi di cui al D.d.u.o. 19904/03, è necessario procedere all'applicazione del secondo livello di approfondimento per le aree di cui allo scenario PSL Z4a, secondo la metodologia e con le limitazioni descritte nel paragrafo che segue.

9.4.3 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Attraverso il 2° livello di approfondimento, è stata effettuata una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione litologica e geometrica attesi all'interno delle aree individuate nella procedura di 1° livello ed appartenenti allo scenario di pericolosità sismica PSL Z4a.

Come indicato nella d.g.r. 7374/2008, il 2° livello di approfondimento non deve essere applicato in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche, ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando gli obblighi derivanti dalla normativa specifica. In considerazione del fatto che all'interno delle fasce fluviali individuate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po all'interno del P.A.I. sono consentiti, nei limiti previsti dalle relative *"Norme di Attuazione"*, determinate tipologie di intervento, ad esempio la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico se non diversamente localizzabili, è stata mantenuta per lo scenario PSL Z4a la delimitazione riportata in Tav. 8A / 8B, che comprende l'intero territorio comunale ad esclusione delle aree appartenenti allo scenario PSL Z2, in quanto per esse deve essere applicato direttamente, in fase progettuale, il livello di approfondimento più gravoso, ossia il 3°.

Si sottolinea nuovamente che sia il 2° che il 3° livello di approfondimento, secondo le disposizioni della normativa regionale, si riferiscono esclusivamente ad edifici strategici e rilevanti.

La procedura utilizzata, come descritto in All. 5 della d.g.r. 7374/2008, fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), riferito agli intervalli di periodo tra **0,1–0,5 s** e **0,5–1,5 s**, opportunamente scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale

In particolare, l'intervallo tra **0,1-0,5 s** si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra **0,5-1,5 s** si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

L'applicazione del secondo livello permette di individuare le aree PSL Z4a nelle quali la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale, ovvero se il Fa calcolato risulta superiore al Fa di soglia, fornito dal Politecnico di Milano, relativo al Comune di Crema, riferito ad entrambi gli intervalli di periodo sopra menzionati ed in funzione della categoria di sottosuolo di riferimento, di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

La procedura consiste brevemente in:

- Individuazione della litologia prevalente nel territorio in esame, attraverso l'analisi effettuata nei corrispondenti e specifici capitoli.
- Definizione della distribuzione delle Vs (velocità delle onde di taglio) con la profondità e della categoria di sottosuolo di riferimento, di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Scelta della scheda litologica di valutazione di riferimento, riportata in All. 5 della d.g.r. 7374/2008.
- Determinazione algebrica del Fa relativo ai due intervalli di periodo citati.
- Confronto tra il Fa calcolato ed il Fa di soglia relativo al territorio comunale.
- Considerazioni conclusive.

* * * *

La litologia prevalente all'interno del territorio comunale di Crema è stata definita sulla base delle colonne litostratigrafiche delle indagini geognostiche analizzate nel Cap. 8 e delle stratigrafie dei pozzi pubblici, riportate in calce al Cap. 5.

In generale, la litologia dominante sino ad una profondità di 30 m dal p.c., valore di riferimento per

il calcolo della velocità delle onde sismiche di taglio (V_{s30}), è costituita da materiale sabbioso e sabbioso-ghiaioso, la cui granulometria rientra in quelle previste nella scheda litologica di valutazione denominata “*scheda litologica sabbiosa*”, che rappresenta il modello di riferimento per le successive elaborazioni.

Per ogni zona analizzata attraverso le indagini penetrometriche dinamiche S.C.P.T., si è potuto risalire alla V_s relativa ad ogni singolo strato indagato, attraverso l’utilizzo del valore medio di N_{spt} corrispondente ad ognuno di essi; la correlazione empirica utilizzata può essere considerata mediamente attendibile, come si evince dalla successiva tabella, nella quale viene indicato, come previsto dalla normativa, il grado di attendibilità dei parametri utilizzati.

Oltre a detta correlazione empirica $N_{spt} - V_s$, come riferito in precedenza, per alcune zone del centro edificato di Crema sono stati utilizzati i valori di V_{s30} ottenuti attraverso indagini geofisiche dirette realizzate con tecnica “*Re.Mi.*”, necessarie per la definizione della categoria di sottosuolo in accordo con le disposizioni previste nel D.M. 14-01-08.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Alta	Da prove indirette in sito
Stratigrafici (spessori)	Media – Alta	Da prove indirette in sito e da sezioni litostratigrafiche Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Media – Alta	Da prove indirette e relazioni empiriche Da prove dirette (sismica superficiale)

In considerazione del vasto ambito territoriale in esame e dell’abbondanza di indagini geognostiche utilizzate per la caratterizzazione dei terreni, si è ritenuto opportuno suddividere le zone appartenenti allo scenario PSL Z4a in cinque aree omogenee, valutando per ognuna di esse il periodo proprio di oscillazione del sito ed i Fattori di amplificazione F_a , utilizzando le espressioni matematiche riportate in All. 5 della d.g.r. 7374/2008 relative, in ogni caso, alla curva n° 2.

L’equazione attraverso la quale è stato possibile calcolare il periodo proprio T del sito, necessario per l’utilizzo della scheda litologica di valutazione scelta, è la seguente:

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

A) Zona ovest e centro-sud, compresa la porzione meridionale di Ombriano e Crema

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è $T = 0,45$ s.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,5$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,7$

B) Zona ad est del Fiume Serio

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è $T = 0,39$ s.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,6$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,6$

C) Centro storico di Crema

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è $T = 0,41$ s.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,6$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,7$

D) Località S. Stefano

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è $T = 0,40$ s.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,6$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,6$

E) Località S.ta Maria della Croce

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è $T = 0,36$ s.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,7$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,5$

I valori di soglia del Fa riferiti al Comune di Crema – Categoria di sottosuolo C, sono riportati nella banca dati “**analisi sismica – soglie lombardia DGR n. 7374/08**”, all’interno della quale essi presentano i seguenti valori:

- $Fa_{(soglia) 0,1-0,5 s} = 1,8$
- $Fa_{(soglia) 0,5-1,5 s} = 2,4$

I valori sopra presentati, al fine di agevolare il confronto tra i Fa calcolati ed i valori di Fa di soglia, vengono riportati nella seguente tabella riepilogativa.

	Area A	Area B	Area C	Area D	Area E	Valori di Fa di soglia per suolo Tipo C
Fa 0,1-0,5 s	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8
Fa 0,5-1,5 s	1,7	1,6	1,7	1,6	1,5	2,4

Come si deduce dalla tabella, in tutti gli ambiti territoriali analizzati i valori di Fa di soglia proposti dalla normativa sono superiori ai corrispondenti valori di Fa calcolati, pertanto **la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e di conseguenza si applica lo spettro previsto dalla normativa vigente per la categoria di sottosuolo C.**

9.4.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE RELATIVE AL 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il 2° livello di approfondimento è stato applicato alle zone appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, sulla base della delimitazione areale rappresentata nella Tav. 8A / 8B “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*”.

All’interno dello scenario PSL Z4a, è stata operata un’ulteriore suddivisione in ambiti territoriali omogenei dal punto di vista litologico e geologico-tecnico, in funzione delle informazioni desunte attraverso le indagini geognostiche; in ognuno di essi, è stato calcolato il Fattore di amplificazione litologica atteso (Fa), secondo le indicazioni della d.g.r. 7374/2008, sia relativamente all’intervallo di periodo 0,1–0,5 s che all’intervallo di periodo 0,5–1,5 s, tipici delle tipologie edilizie più comuni. I valori di Fa calcolati sono stati successivamente confrontati con i Fa di soglia proposti dalla normativa relativamente al territorio comunale di Crema ed alla categoria di sottosuolo considerata (categoria C), ed in tutti i casi analizzati è stato ottenuto il seguente risultato:

$$\mathbf{Fa}_{(calcolato)} < \mathbf{Fa}_{(soglia)}$$

In definitiva, poichè il Comune di Crema appartiene alla zona sismica 4, in fase progettuale il 3° livello di approfondimento dovrà essere applicato:

- **Nelle zone PSL Z2 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo anche ad altre categorie di edifici.**

La suddivisione areale del territorio, relativa agli scenari PSL Z4a e PSL Z2, viene riportata nella cartografia di Tav. 9A / 9B “*Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello*”.

Bibliografia

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (I.N.G.V.) (2004) – “*Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall’Ordinanza P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 – Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile*” – Gruppo di lavoro 2004, I.N.G.V., Milano – Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (I.N.G.V.) (2004) – “*Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*” - Gruppo di lavoro CPTI04, I.N.G.V., Bologna.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (I.N.G.V.) – DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE (D.P.C.) (2007) – “*Progetto S1 – Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza P.C.M. 3274/2003 e progettazione di ulteriori sviluppi. Rapporto finale.*” – a cura di C. Meletti, G.M. Calvi, M. Stucchi.

POLITECNICO DI MILANO – REGIONE LOMBARDIA (2005) – “*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in determinati Comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l’analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla d.g.r. n° 14964 del 7 novembre 2003 – 1° Obiettivo – Rapporto Finale*” – Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano – a cura di Pergalani F., Compagnoni M., Petrini V. – Milano.

PROGRAM GEO (2005) – “*Manuale utente del software Liquef – versione 2.2*” – Software di Geologia Applicata, Carpendolo (BS).

REGIONE LOMBARDIA – C.N.R. (1996) – “*Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia*” – Regione Lombardia, Settore Ambiente ed Energia, Servizio Geologico – Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.), Istituto di Ricerca sul Rischio sismico – Milano.

ALL. D

D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904

D.G. Territorio e urbanistica

(BUR20030185)

(5.3.4)

D.d.u.o. 28 ottobre 2003 - n. 18016

Ampliamento del depuratore di Cologno al Serio. Proponente: CO.S.IDRA (Consorzio Servizi Idrici Ambientali) s.p.a. Pronuncia di compatibilità ambientale ai sensi degli artt. 1 e 5 del d.P.R. 12 aprile 1996

IL DIRIGENTE DELL'UNITÀ ORGANIZZATIVA

Omissis

Decreta

1. di esprimere, ai sensi dell'art. 7 del d.P.R. 12 aprile 1996, giudizio positivo circa la compatibilità ambientale del progetto di ampliamento dell'impianto di depurazione di Cologno al Serio, nella configurazione progettuale che emerge dagli elaborati depositati dal proponente, a condizione che siano dettagliati - nel corso del successivo iter per l'approvazione del progetto e in accordo, per quanto di rispettiva competenza, con gli Enti locali, il Parco Regionale del Serio e l'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente (ARPA) - gli interventi, le opere di compensazione ambientale ed il piano di monitoraggio (integrato con l'indagine ecotossicologica e la caratterizzazione biologica), secondo quanto indicato nelle considerazioni e prescrizioni, relative al quadro ambientale, esposte in premessa del presente decreto e che si intendono qui integralmente richiamate;

2. di provvedere alla trasmissione di copia del presente decreto;

- al proponente Consorzio Servizi Idrici Ambientali s.p.a.;

- alla provincia di Bergamo, al comune di Cologno al Serio, all'Ente gestore del Parco Regionale del Serio;

3. di provvedere altresì alla pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia della sola parte dispositiva del presente decreto.

U.o. pianificazione e programmazione territoriale: Gian Angelo Bravo

D.G. Sicurezza, polizia locale e protezione civile

(BUR20030186)

(5.1.1)

D.d.u.o. 21 novembre 2003 - n. 19904

Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003

IL DIRIGENTE DELL'UNITÀ ORGANIZZATIVA

Richiamata l'ordinanza 20 marzo 2003 n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica» pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003;

Richiamato l'art. 2, comma 3 e 4 dell'ordinanza citata nei quali è fatto obbligo di procedere a verifica, da effettuarsi a cura dei rispettivi proprietari, entro 5 anni, ai sensi delle norme allegate all'ordinanza, sia degli edifici strategici e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale ai fini di protezione civile, sia per gli edifici e le opere infrastrutturali che possano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso e si dispone, entro 6 mesi dalla data di entrata in vigore dell'ordinanza, l'elaborazione di un programma delle verifiche stesse;

Vista la delibera n. 14964 del 7 novembre 2003 con cui si attua l'ordinanza suddetta e si rimanda ad un successivo decreto l'approvazione del programma di cui al punto precedente e la definizione puntuale di una lista tipologica sia degli edifici strategici e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale ai fini di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso;

Vista la d.g.r. del 23 maggio 2003 n. 7/13060 di nomina, tra l'altro, dell'arch. Raffaele Raja a dirigente della U.O. Protezione civile della Direzione Generale Sicurezza, Polizia locale e Protezione civile.

Decreta

1. di approvare l'elenco delle tipologie sia degli edifici e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale ai fini di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso da sottoporre a verifica, di cui all'allegato A che è parte integrante e sostanziale del presente decreto;

2. di approvare il programma temporale delle verifiche di cui l'art. 2, comma 3 e 4 dell'ordinanza 20 marzo 2003 n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, riportato nell'allegato B che è parte integrante e sostanziale del presente decreto;

3. di pubblicare il presente decreto e gli elenchi allegati sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia.

Il dirigente: Raffaele Raja

ALLEGATO A**Elenco degli edifici e delle opere di competenza regionale art. 2 comma 3 o.p.c.m. n. 3274/03**

(... «edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile - edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso»...)

Premesse

Il seguente elenco fa espressamente riferimento al documento illustrato durante la riunione tecnica preliminare tenutasi a Roma il 15 luglio 2003 presso il Dipartimento di Protezione Civile cui hanno partecipato i rappresentanti delle Regioni.

Un primo elenco delle opere di competenza statale era stato inviato dal Dipartimento della Protezione Civile al Presidente della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome con nota del 4 luglio 2003 prot. n. DPC/SSN/0028552.

Un secondo elenco delle opere di competenza statale è stato diffuso dal Dipartimento della Protezione Civile con nota del 2 ottobre 2003 n. DPC/VC/8842686. Tale elenco, pur con qualche precisazione, non differisce di molto da quello precedentemente predisposto.

1. EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile

EDIFICI

- Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (*)
- Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (*)
- Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (*)
- Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (*)
- Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.)
- Centri funzionali di protezione civile
- Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
- Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (**)
- Centrali operative 118

2. EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso

EDIFICI

- Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori
- Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere
- Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui al-

l'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003

- d. Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.)
- e. Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio (***) suscettibili di grande affollamento

(*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

(**) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

(***) Il centro commerciale viene definito (d.lgs. n. 114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

OPERE INFRASTRUTTURALI

- a. Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade «strategiche» provinciali e comunali non comprese tra la «grande viabilità» di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate «strategiche» nei piani di emergenza provinciali e comunali
- b. Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane)
- c. Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- d. Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica
- e. Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.)
- f. Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali
- g. Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione)
- h. Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi
- i. Opere di ritenuta di competenza regionale

ALLEGATO B

PROGRAMMA TEMPORALE DELLE VERIFICHE

(art. 2, comma 3 e 4 - o.p.c.m. n. 3274/03)

Il programma temporale delle verifiche da effettuarsi in cinque anni (60 mesi), prevede due fasi distinte:

Fase A: analisi di vulnerabilità sia degli edifici strategici e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale ai fini di protezione civile (edifici ed opere strategiche), sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (edifici ed opere sensibili) di cui all'art. 2, comma 3 e 4 dell'ordinanza 3274/03;

Fase B: verifiche tecniche sui singoli edifici ed opere infrastrutturali di cui sopra.

FASE A

Analisi di vulnerabilità

L'analisi di vulnerabilità, al fine di garantire un livello omogeneo di rilevazione dei dati e della successiva loro elaborazione statistica, verrà condotta a cura della Regione Lombardia secondo le seguenti attività:

1. programmazione e coordinamento della campagna di rilevazione;
2. realizzazione, direttamente e/o tramite altri Enti pubblici (Province, Comunità Montane, ecc.) delle rilevazioni stesse, previa qualificazione del personale che verrà impiegato nell'indagine;
3. gestione dei dati delle rilevazioni da inserire in un unico database, eventualmente organizzato per Province;

4. elaborazione dei dati delle rilevazioni finalizzati alla definizione dei livelli di vulnerabilità e di rischio;

5. valutazione ed identificazione degli edifici da sottoporre a specifiche verifiche tecniche.

Per lo svolgimento delle attività sopraelencate, la Regione Lombardia potrà effettuare apposite convenzioni con Enti ed Istituti scientifici qualificati nel settore della prevenzione del rischio sismico.

Le rilevazioni degli edifici e opere infrastrutturali, per l'acquisizione di tutti i dati tecnici delle caratteristiche strutturali e degli eventuali quadri lesionativi, verranno effettuate sulla base delle indicazioni tecniche contenute nel documento «Analisi di fattibilità di un'indagine sulla vulnerabilità degli edifici strategici del territorio lombardo» a cura della Direzione Generale Territorio e Urbanistica - Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria strutturale (anno 2003).

Tempi

L'analisi di vulnerabilità verrà effettuata prioritariamente nei comuni classificati in zona 2 e 3.

L'ordine di grandezza dei tempi per l'analisi di vulnerabilità è stato valutato a partire dai dati dei 41 comuni classificati sismici in zona 2: considerando in circa 700 il numero di edifici ed opere strategici e sensibili da sottoporre ad analisi di vulnerabilità ed estrapolando proporzionalmente questo dato anche ai comuni in zona 3, il numero degli edifici risulta di circa 4760.

Si stima che una squadra di rilevatori, composta da due tecnici, sia in grado di compilare in una giornata lavorativa mediamente 3 schede di rilevazione complete. Pertanto, utilizzando 5 squadre, il rilevamento di tutti gli edifici ed opere strategiche e sensibili nelle zone 2 e 3 potrà essere realizzato, considerando anche i tempi occorrenti per la fase organizzativa preliminare, in circa 30 mesi.

Nei rimanenti 30 mesi, sulla base delle risorse successivamente messe a disposizione, si effettuerà il rilevamento anche per parte degli edifici ed opere strategiche e sensibili ricadenti in zona 4 (solo determinate Categorie di edifici, come ad esempio scuole, ospedali, sedi Com).

FASE B

Verifiche tecniche

La soglia di vulnerabilità al di sopra della quale si effettueranno, a cura delle rispettive proprietà, le verifiche di cui alla presente Fase B, sarà definita in funzione del rischio accettabile per il territorio regionale. Il rischio è infatti funzione della pericolosità sismica di base e dello stato del patrimonio edilizio regionale. La pericolosità sismica di base verrà desunta dai dati e dagli studi già in essere mentre lo stato del patrimonio edilizio verrà rilevato con l'analisi di vulnerabilità di cui alla Fase A.

Le risultanze della Fase A permetteranno di definire esattamente il numero di edifici ed opere strategiche e sensibili sui quali effettuare la verifica. Tali verifiche saranno effettuate da tecnici e professionisti del settore abilitati.

Tempi

Le verifiche nelle zone 2 e 3 saranno effettuate nei 30 mesi successivi alla Fase A. Nelle zone 4 le eventuali verifiche necessarie verranno effettuate a partire dall'ultimo anno del programma.

Il seguente programma sarà aggiornato ogniqualvolta si renderà necessario in funzione delle disponibilità finanziarie, delle eventuali variazioni della classificazione sismica e delle eventuali nuove disposizioni in materia.

G) PROVVEDIMENTI DI ALTRI ENTI

(BUR20030187)

Prov. altri Enti n. 49/I-Se.O. 2003

Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO) - Parma - Atti del Comitato di indirizzo - Nomina del componente del Comitato Tecnico in sostituzione del dott. Massimo Fadda (deliberazione n. 23 del 6 novembre 2003)

IL COMITATO DI INDIRIZZO

Visto l'art. 8 dell'Accordo Costitutivo dell'AIPO che dispone che il Comitato Tecnico sia composto dai responsabili delle strutture competenti delle Regioni di cui all'art. 1 dell'Accordo stesso;

10. CARTA DEI VINCOLI (TAV. 10bis – SCALA 1:7.000)

10.1 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRACOMUNALE

Nell'ambito del territorio comunale si rileva la presenza di vincoli derivanti da strumenti di pianificazione sovracomunale, che sono strettamente correlati ai diversi aspetti territoriali (idraulici, idrogeologici, ambientali ed urbanistici).

A causa del numero e della diversa tipologia delle aree vincolate, nel presente studio si è ritenuto opportuno procedere alla redazione di un apposito elaborato cartografico, la “*Carta dei Vincoli*”, all'interno della Fase di sintesi e valutazione.

10.2 AREE SOGGETTE A REGIME DI TUTELA DI LEGGI NAZIONALI E REGIONALI

Corsi d'acqua di natura pubblica

La Regione Lombardia, sulla base delle disposizioni emanate con la d.g.r. 25 gennaio 2002 n. 7/7868 “*Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3 comma 14 della l.r. 1/2000 – Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica*”, la d.g.r. 1 agosto 2003 n. 7/13950, successivamente parzialmente annullate dalla sentenza 91/04 del 23 giugno 2004 del Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche (T.S.A.P.), e con la d.g.r. 1 ottobre 2008 n. 8/8127 “*Modifica del reticolo idrico principale determinato con la d.g.r. 7868/2002*”, ha individuato i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Principale ed al Reticolo Idrico di competenza dei Consorzi di Bonifica, stabilendo inoltre i criteri per l'individuazione dei corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore di competenza comunale.

In ottemperanza alla sopraccitata normativa, il Comune di Crema ha predisposto l'elaborazione di uno studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore di competenza comunale e del relativo Regolamento di Polizia Idraulica, che allo stato attuale sono in fase di realizzazione.

Nel presente studio, si è ritenuto comunque doveroso effettuare un'indagine conoscitiva preliminare relativamente alla natura dei corsi d'acqua principali presenti sul territorio.

L'analisi degli elementi normativi ha permesso di rilevare che i seguenti corsi d'acqua risultano iscritti nell' “*Elenco delle Acque Pubbliche*” della Provincia di Cremona, di cui alla d.g.r. 25 luglio 1986 n. 4/12028, ai sensi del R.D. 11 dicembre 1933 n. 1775, e/o nell'elenco relativo al Reticolo Idrico Principale di cui all'All. A della d.g.r. 1 ottobre 2008 n. 8/8127:

- Fiume Serio, iscritto al n. 5 dell' “*Elenco delle Acque Pubbliche*” della Provincia di Cremona ed individuato nel suddetto All. A alla d.g.r. 8127/2008 con il codice CR004;

- Roggia Fontana o Rino, iscritta al n. 8 dell' *"Elenco delle Acque Pubbliche"* della Provincia di Cremona;
- Roggia Morgola, iscritta al n. 9 dell' *"Elenco delle Acque Pubbliche"* della Provincia di Cremona;
- Roggia Senna, iscritta al n. 10 dell' *"Elenco delle Acque Pubbliche"* della Provincia di Cremona;
- Roggia Molinara, iscritta al n. 11 dell' *"Elenco delle Acque Pubbliche"* della Provincia di Cremona;
- Fiume Serio Morto, iscritto al n. 12 dell' *"Elenco delle Acque Pubbliche"* della Provincia di Cremona;
- Roggia Cresmiero, iscritta al n. 94 dell' *"Elenco delle Acque Pubbliche"* della Provincia di Cremona ed individuata nell'All. A alla d.g.r. 8127/2008 con il codice CR017.

La Roggia Acqua Rossa e la Roggia Alchina, in origine individuate nell' *"Elenco delle Acque Pubbliche"* della Provincia di Cremona, sono state successivamente stralciate rispettivamente dal D.P.R. 5 agosto 1958 e dal D.P.R. 16 novembre 1950.

In base alle citate delibere regionali, ed in particolare alla d.g.r. 8127/2008, i corsi d'acqua iscritti nell' *"Elenco delle Acque Pubbliche"* e non appartenenti al Reticolo Idrico Principale, dovranno essere inserite all'interno del Reticolo Idrico Minore di competenza comunale.

Sui corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore, il Comune, quale Autorità Idraulica, sarà deputato allo svolgimento dell'attività di Polizia Idraulica, intesa come attività di controllo degli interventi di gestione e trasformazione del Pubblico Demanio Idrico e del suolo in fregio ai corpi idrici di natura pubblica, secondo le disposizioni normative del R.D. 25 luglio 1904 n. 523, che prevede una fascia di rispetto massima di 10 m dalle sponde del corso d'acqua, all'interno della quale le attività di trasformazione devono essere adeguatamente regolamentate.

Per il Fiume Serio e per il primo tratto della Roggia Cresmiero, inoltre, è stata disposta una fascia di rispetto di 150 m dalle sponde, in quanto appartenenti ai corsi d'acqua naturali ed artificiali, iscritti nell'elenco di cui alla d.g.r. n. 12028 del 25 luglio 1986, individuati ai sensi dell'art. 1, lett. c della L. 431/85 e tutelati ai sensi della lett. c, comma 1 dell'art. 146 del D.Lgs. 490/99, attualmente sostituito dall'art. 142, comma 1, lett. c del D.lgs. 22 gennaio 2004 n. 42.

Poiché sono stati realizzati specifici studi di dettaglio relativi al Reticolo Idrico Minore ed al Reticolo Idrografico comunale, con corrispondenti Regolamenti normativi, si ritiene opportuno rimandare a detti studi, ed alle cartografie ad essi allegate, per la corretta definizione dei vincoli cui sono soggette le aree poste in fregio ai corsi d'acqua di natura pubblica e per la delimitazione delle corrispondenti fasce di rispetto.

Per tutte le acque iscritte nell' *“Elenco delle Acque Pubbliche”*, la disciplina normativa di riferimento è comunque rappresentata dal R.D. 25 luglio 1904 n. 523, in particolare al Testo Unico, Capo VII *“Polizia delle acque pubbliche”*, al quale si rimanda.

Corsi d'acqua di natura privata

Nel confermare la natura pubblica di tutte le acque superficiali e sotterranee ancorché non estratte dal suolo (L. 36/94 – art. 1), la sentenza 91/04 del T.S.A.P., di cui si riporta un breve stralcio, ha chiarito alcuni concetti fondamentali riguardanti la natura demaniale dei corsi d'acqua:

“[...] la demanialità delle acque, solennemente sancita dall'art. 1 della legge n. 36 del 1994, non implica anche acquisizione al demanio di manufatti, opere o terreni necessari per la captazione o l'utilizzo delle acque divenute pubbliche. Al contrario, restano di titolarità dei privati concessionari e non hanno natura demaniale (fintanto che non passino in mano pubblica a norma dell'art. 28 del T.U. del 1933), il complesso delle opere strumentali alla loro derivazione ed al suo esercizio [...] l'art. 1 della legge n. 36 del 1994 innova soltanto la disciplina giuridica del bene “acqua” in sé considerato, ma non quella dei suoi “contenitori”, la cui demanialità è definita, rispettivamente, dal primo e secondo comma dell'art. 822 [del Codice Civile]”.

Da quanto sopra esposto deriva che tutti i corsi d'acqua che non risultano iscritti nell' *“Elenco delle Acque Pubbliche”* di cui al R.D. 1775/1933 e non presenti negli elenchi del Reticolo Idrico Principale, del Reticolo Idrico Minore o del Reticolo Idrico dei Consorzi di Bonifica, di cui alle delibere regionali menzionate in precedenza, devono essere considerati di natura privatistica e pertanto non saranno soggetti alle attività di Polizia Idraulica da parte della competente Autorità Idraulica, ai sensi del R.D. 523/1904.

Su questa tipologia di reticolo idrico agiscono comunque altri livelli normativi, ossia la polizia delle acque, la normativa urbanistica comunale, la normativa ambientale, il regolamento idraulico imposto dai gestori dei corsi d'acqua ed il Codice Civile.

Pianificazione di Bacino

La legge 18 maggio 1989 n. 183 *“Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”*, nel quadro delle attività di programmazione, pianificazione ed attuazione volte al conseguimento di tutti quegli obiettivi sintetizzati nell'espressione *“difesa del suolo”*, ha stabilito l'istituzione delle Autorità di Bacino; la Regione Lombardia, ai sensi dell'art. 14 della L. 183/89, è compresa nel Bacino Idrografico del Fiume Po, per il quale è stata istituita la relativa Autorità di Bacino con d.p.c.m. 10 agosto 1989, la quale, conformemente all'art. 4 della L. 183/89, ha provveduto alla redazione di Piani di Bacino, in particolare:

- **P.S.F.F. – Piano Stralcio delle Fasce Fluviali**, redatto ai sensi dell’art. 17 – comma 6 ter, approvato con d.p.c.m. 24 luglio 1998;
- **P.A.I. – Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico per il Bacino del Fiume Po**, redatto ai sensi dell’art. 17 comma 6 ter, adottato ai sensi dell’art. 18 – comma 10 della L. 183/89 con delibera del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po del 26 aprile 2001 n. 18 e successive modifiche e integrazioni, ed approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001.

Il P.A.I. integra, unifica e coordina i Piani Stralcio precedentemente realizzati (P.S. 45, P.S. 267, P.S.F.F.), recependo in particolare, con le adeguate integrazioni, la classificazione ed i criteri per la delimitazione delle fasce fluviali sul sistema idrografico del bacino del Po esposta nel “*Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*”. Per eventuali approfondimenti, si rimanda al Titolo II, All. 3 “*Metodo di delimitazione delle fasce fluviali*” delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Nell’ambito del P.A.I. le fasce fluviali vengono così classificate:

- **Fascia A: fascia di deflusso della piena** – è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall’insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena, ed è disciplinata dagli artt. 1, 27, 28, 29, 31, 32, 36, 37, 38, 38 bis, 39, 40, 41, 44 delle Norme di Attuazione del P.A.I.;
- **Fascia B: fascia di esondazione** – esterna alla fascia A, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell’evento di piena di riferimento; 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). Tale fascia è regolata dagli artt. 11, 27, 28, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 38 bis, 39, 40, 41, 44, 51 delle Norme di Attuazione del P.A.I.;
- **Fascia C: area di inondazione per piena catastrofica** – è costituita dalla porzione di territorio esterna alla Fascia B, che può essere interessata da inondazioni al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento ed è disciplinata dagli artt. 23, 27, 28, 31, 41, 44 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico.

Il P.A.I., inoltre, individua con apposito segno grafico, definito “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C (limite B-Pr)*”, le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio; quando tali opere verranno completate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell’opera idraulica eseguita (Norme di Attuazione, art. 28).

Si ritiene opportuno riportare qui testualmente l'art. 31, comma 5 delle N.d.A. del P.A.I.:

« Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come “limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C” nelle tavole grafiche, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, [...] sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni [...] sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare anche parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B [...]».

Ai sensi dell'articolo sopra riportato, i Comuni sono tenuti a valutare le condizioni di rischio attraverso l'applicazione delle metodologie descritte negli All. 2 e 3 della d.g.r. 11 dicembre 2001 n. 7/7365, attualmente integrate nella d.g.r. 7374/2008, All. 4 “*Criteri per la valutazione di compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche e delle proposte di uso del suolo nelle aree a rischio idraulico*”.

Come riportato all'interno del Cap. 7 del presente studio, nella Tav. 10bis sono state rappresentate le fasce fluviali del P.A.I. vigente, con alcune limitate variazioni legate alla scala di maggiore dettaglio adottata (scala 1:5.000).

Pozzi pubblici ad uso idropotabile

Sul territorio comunale sono presenti otto pozzi pubblici ad uso idropotabile, identificati nelle cartografie tematiche con le lettere da **a** fino ad **h** e così identificati:

- a. via Ferrario;
- b. via Rampazzini;
- c. via De Marchi;
- d. via Dogali;
- e. via Brunelli;
- f. via Giardini;
- g. via Miglioli;
- h. via Bramante.

Gli elementi di vincolo relativi ai pozzi pubblici ad uso idropotabile sono stabiliti nel D.lgs. 3 aprile 2006 n° 152 “*Norme in materia ambientale*”, art. 94 “*Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano*”.

Le aree sottoposte a regime di tutela sono state individuate come segue:

- **Zona di tutela assoluta:** è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni e deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio dalla bocca pozzo; deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio;

- Zona di rispetto:** è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta, da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da garantire la tutela qualitativa e quantitativa della risorsa idrica captata; in tale zona sono vietati l'insediamento di centri di pericolo e lo svolgimento delle attività di cui all'art. 94, comma 4 del D.Lgs. 152/2006. . La Regione Lombardia, con d.g.r. 10 aprile 2003 n° 7/12693, ha emanato le “*Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto*”, di cui all'art. 21 - comma 6 del D.Lgs. 152/99, ripreso dal D.lgs. 152/06, rimandando alla d.g.r. 27 giugno 1996 n° 15137 in relazione alle modalità di delimitazione delle zone di rispetto. In questa vengono presentati tre differenti criteri in funzione della tipologia di acquifero e della conoscenza dei suoi parametri idrochimici ed idrodinamici: geometrico, temporale ed idrogeologico. La zona di rispetto delle otto strutture pubbliche ad uso idropotabile presenti sul territorio comunale di Crema, oggetto nel corso del 2002 di apposito studio idrogeologico volto alla determinazione delle aree di salvaguardia, è stata ridotta dall'originaria ampiezza di 200 m dalla bocca pozzo, definita con criterio geometrico, agli attuali 10 m dalla captazione, definiti con criterio idrogeologico, risultando pertanto coincidente con la zona di tutela assoluta; la riduzione dell'ampiezza delle zone di rispetto in questione è stata autorizzata dalla Provincia di Cremona con Decreto dirigenziale n. 53 del 13 febbraio 2003.
- Zona di protezione:** si riferisce alle aree di ricarica degli acquiferi emunti dalla captazione, ovvero ad un livello di analisi che presuppone studi ed approfondimenti a scala regionale o di Bacino Imbrifero; all'interno delle zone di protezione si possono adottare misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per varie tipologie di insediamenti (art. 94, comma 7 del D.Lgs. 152/2006).

Parchi regionali fluviali

Il Comune di Crema, ai sensi della L.R. 30 novembre 1983 n. 86, è interessato dalla presenza del “*Parco Regionale Fluviale del Serio*”, istituito con L.R. 1 giugno 1985 n. 70; il relativo Piano Territoriale di Coordinamento (P.T.C.) è stato approvato con d.g.r. 28 giugno 2000, n. 7/192, successive Varianti al P.T.C. approvate con d.g.r. 20 settembre 2002 n° 7/10399, d.g.r. 3 dicembre 2004 n° 7/19711 e d.g.r. 28 maggio 2008 n° 8/7369.

10.3 AREE SOGGETTE A REGIME DI TUTELA DEL P.T.C.P.

L'individuazione delle aree soggette a tutela provinciale e la definizione dei corrispondenti vincoli è definita dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.), adottato dal Consiglio Provinciale con Deliberazione n. 4 del 16 gennaio 2002 ed approvato dal Consiglio Provinciale con Deliberazione n. 95 del 9 luglio 2003.

In seguito all'entrata in vigore della L.R. 12/2005, la Provincia di Cremona ha avviato il processo di adeguamento del proprio P.T.C.P. a detta legge, redigendo una Variante Parziale adottata dal Consiglio Provinciale con atto n° 72 del 28 maggio 2008 ed approvata in via definitiva con D.C.P. n° 66 del 8 aprile 2009; questa variante di adeguamento, che non si configura come una Variante Generale del P.T.C.P., non comporta la sostituzione degli elaborati di Piano vigenti, bensì un loro aggiornamento con integrazioni specifiche.

Dall'analisi della “*Carta delle tutele e delle salvaguardie*” della Variante del P.T.C.P., sono stati rilevati i seguenti elementi di vincolo, ai quali sono associate specifiche indicazioni normative (Normativa della Variante del P.T.C.P.).

Corsi d'acqua naturali ed artificiali

Il Canale Vacchelli risulta essere compreso tra i corsi d'acqua naturali ed artificiali di cui al comma 2 lett. c dell'art. 22 del P.T.P.R. (Piano Territoriale Paesistico Regionale) e, pertanto, è stata prevista, prevalentemente nelle aree esterne all'abitato di Crema, una fascia di rispetto estesa per 150 m dalle sponde, all'interno della quale:

“[...] non sono consentite attività o azioni che comportino in modo diretto o indiretto l'alterazione o il degrado dei caratteri paesistici e ambientali dei beni oggetto di tutela. In tali ambiti il Comune applica i regimi autorizzatori già previsti per legge, accertando, per la realizzazione di eventuali interventi edificatori, oltre al rispetto degli elementi di interesse paesistico, la presenza di opportune forme di mitigazione e compensazione alla luce dei criteri espressi nel Documento direttore al capitolo 4.1” (art. 16 comma 2 della Normativa del P.T.C.P.).

Orli di scarpata

In riferimento alla Tav. 10bis “*Carta dei Vincoli*”, si comunica che si è preferito utilizzare la rappresentazione degli orli di scarpata contenuta nella Tav. 1bis “*Carta geologica e geomorfologica*”, derivante da rilevamenti di campagna, invece della rappresentazione proposta nella “*Carta delle tutele e delle salvaguardie*” contenuta nel P.T.C.P., in quanto quest'ultima presenta numerose discrepanze tra la rappresentazione grafica e la situazione reale di campagna.

L'art. 16, comma 4 della Normativa della Variante del P.T.C.P. dispone testualmente:

“[...] Per gli orli di scarpata principali e secondari non sono consentiti interventi e trasformazioni che alterino in modo inaccettabile i loro caratteri morfologici, paesaggistici e naturalistici. Si ritengono inaccettabili gli interventi di urbanizzazione e nuova edificazione per una fascia di 10 m in entrambe le direzioni dall'orlo di tali scarpate, distanza eventualmente estendibile da parte del Comune, mentre sono consentiti, per gli edifici esistenti, gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di ristrutturazione edilizia, di restauro, di risanamento conservativo e di adeguamento funzionale; gli eventuali ampliamenti devono svilupparsi nella direzione opposta all'orlo di scarpata. Si ritengono inoltre inaccettabili quegli elementi di

natura non edificatoria, quali ad esempio le attività di cava o le bonifiche agricole, che portano alla riduzione della valenza simbolica degli elementi evocativi di paesaggi originari o della valenza estetico-percettiva, alla perdita dei riferimenti del disegno territoriale originario e al complessivo peggioramento dei caratteri naturali della vegetazione esistente.”

Zone umide

La “*Carta delle tutele e delle salvaguardie*” individua tre zone umide, corrispondenti a tre laghi di cava posti a ridosso dell’alveo del Fiume Serio, a NNE dell’abitato di Crema.

In relazione alle zone umide, il comma 6 dell’art. 16 della Normativa della Variante del P.T.C.P. sancisce che

“[...] Per le zone umide non sono consentiti interventi di carattere edificatorio e interventi di trasformazione o di manomissione diretta ed indiretta sino ad un intorno di 50 m, eventualmente estendibile da parte del Comune, dal confine dell’area protetta da tutelare individuata dal Comune o dalla Provincia; non sono inoltre consentite opere di bonifica per fini agricoli o per la sistemazione del terreno in un intorno di 10 m, eventualmente estendibili da parte del Comune. Sono infine consentite le attività agricole e ricreative compatibili con tali aree.”

In merito alle aree in questione, si ritiene necessario far presente che l’attribuzione dello status di “zona umida” ai tre bacini di cava sembra essere inopportuno, in quanto tutti e tre situati all’interno o contigui agli ambiti territoriali estrattivi (ATE g3 – località “I Saletti”, ATE g4 – località Cava Isolotto, ATE g29) individuati dal Piano Cave della Provincia di Cremona, approvato dalla Regione Lombardia con d.c.r. 27 maggio 2003, n. VII/804, e per i quali è stata autorizzata l’escavazione sottofalda per arretramento parallelo della sponda.

Si ritiene che tali aree possano essere considerate “zone umide” a pieno titolo solo all’esaurimento dei volumi autorizzati ed al termine degli interventi di recupero.

Aree di pregio naturalistico coincidenti con gli elementi costitutivi della rete ecologica di primo e secondo livello

La “*Carta delle tutele e delle salvaguardie*” della Variante del P.T.C.P della Provincia di Cremona permette di rilevare come molti corsi d’acqua, le sponde del Fiume Serio ed ampie aree perfluviali appartengano alla “*Rete Ecologica provinciale di primo e secondo livello*”; in particolare, i corsi d’acqua: Fiume Serio, Fiume Serio Morto, Canale Vacchelli, Roggia Acquarossa, Roggia Cresmiero, Roggia Comuna, Roggia Molinara.

Per le aree di pregio naturalistico coincidenti con gli elementi costitutivi della rete ecologica di primo e secondo livello, l’art. 16 comma 7 della Normativa della Variante del P.T.C.P. dispone testualmente quanto di seguito:

“[...] Per le aree di pregio naturalistico coincidenti con gli elementi costitutivi della rete ecologica di primo e secondo livello e sino ad un intorno di 20 m, distanza eventualmente

ampliabile da parte del Comune, non è consentita alcuna nuova espansione urbana ed industriale, né sono consentiti interventi di carattere edificatorio, ad esclusione, per gli edifici esistenti, degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di ristrutturazione edilizia, di restauro, di risanamento conservativo e di adeguamento funzionale. L'eventuale ampliamento dovrà essere effettuato in via prioritaria nella direzione opposta a quella dell'area tutelata e, solo nel caso in cui questo non risultasse possibile, l'ampliamento potrà avvenire in altre direzioni. Non sono inoltre consentiti gli interventi di escavazione, di trasformazione o manomissione diretta del suolo e gli interventi di bonifica agraria che prevedono l'escavazione di oltre 500 mc di materiale di cava; le opere di bonifica per fini agricoli o per la sistemazione del terreno quando sono in contrasto con la conservazione naturalistica dell'area e con le funzioni ecologiche previste nel disegno della Rete ecologica provinciale; la realizzazione di discariche di qualunque genere e di depositi permanenti di materiali dismessi. Questi ultimi possono essere consentiti, previa autorizzazione da parte delle autorità competenti, solo per finalità di recupero ambientale. Va infine conservata la vegetazione naturale residua esistente, sia boscata che palustre o riparia, fatte salve le normali operazioni colturali di ceduzione. Nelle aree della rete ecologica di secondo livello sono consentiti, quando risultano compatibili sulla base di criteri definiti dai singoli Comuni nelle Norme tecniche di attuazione dei rispettivi P.R.G., sia gli interventi di riqualificazione ambientale e di valorizzazione turistico-ricreativa, sia gli interventi di supporto alle attività agricole”.

Geositi

Nella “Carta degli indirizzi per il sistema paesistico-ambientale” della Variante del P.T.C.P., all'interno del territorio comunale vengono inoltre individuati e censiti due geositi.

Con il termine **geosito** si indicano i beni naturali non rinnovabili di natura geologico-geomorfologica di un territorio, intesi quali elementi di pregio scientifico ed ambientale del patrimonio paesaggistico, che presentano caratteri di rarità e unicità e testimoniano i processi che hanno portato alla formazione e modellazione del territorio.

I geositi segnalati in territorio comunale sono:

- **Area del MOSO**: rappresenta un'ampia zona palustre caratterizzata da depositi argilloso-bituminosi che caratterizza la zona nord-occidentale del territorio comunale.
- **Valle relitta del fiume Serio**: antico corso fluviale del fiume Serio, interessa una piccola porzione nella zona centro-meridionale del territorio comunale.

Come previsto all'interno del Piano Territoriale Regionale (P.T.R.), “*ai fini della conservazione dei geositi sono vietate tutte le attività e le azioni che possono determinare degrado, alterazione, manomissione o occultazione dei caratteri propri del bene e delle aree su cui esso insiste. Sono da escludersi tutti gli interventi che possano alterarne e comprometterne l'integrità e la riconoscibilità causando sbancamenti o movimenti di terra che modificano in modo permanente*

l'assetto geomorfologico, nonché l'introduzione di elementi di interferenza visuale e la cancellazione dei caratteri specifici. [...] Per i geositi ricadenti in zone soggette alla normativa di parchi regionali e piani sovracomunali, la tutela si intende di norma affidata alle leggi, regolamenti e strumenti pianificatori specifici che già gravano su dette aree protette o vincolate.”

Si sottolinea che l'area del “Moso”, caratterizzata da zone agricole e/o a copertura vegetazionale, di valore ambientale e naturalistico, ha ottenuto il riconoscimento da parte della Provincia di carattere sovracomunale, come Parco Locale di Interesse Sovracomunale (P.L.I.S.) denominato “Parco agricolo del Moso”. Per tali aree si prevedono opportuni regolamenti d'uso sulla base delle indicazioni della Provincia e delle legislazione regionale.

Bibliografia:

AA.VV. (1996) - *“Contributo allo studio delle acque della Provincia di Cremona”* – Provincia di Cremona, Cremona.

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO (1998) – *“Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”*, Parma.

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO (2001) – *“Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il Bacino Idrografico di rilievo nazionale del Fiume Po (P.A.I.)”*, Parma.

COMPIANI F. (2004) – *“La millenaria rete irrigua del Comprensorio Cremasco: evoluzione storica e prospettive future”* – Tesi di Master II livello “Progettazione e pianificazione del paesaggio/ambiente”, a.a.2003-2004, Università degli studi di Bergamo – Politecnico di Milano.

CONSORZIO DI MIGLIORAMENTO FONDIARIO DI II GRADO ADDA – SERIO (2005) – *“Progetto di fattibilità del Piano di riordino irriguo”* – coordinamento a cura del Prof. Gandolfi C., Crema.

D'AURIA G. & ZAVAGNO F. (2005) – *“I fontanili della Provincia di Cremona”*, “Monografie di Pianura” n. 6, Provincia di Cremona, Cremona.

PROVINCIA DI CREMONA (2003) - *“Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) ”* – Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità , Cremona.

PROVINCIA DI CREMONA (2009) - *“Variante del P.T.C.P di adeguamento alla l.r. 12/2005”* – Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità , Cremona.

REGIONE LOMBARDIA (2001) - *“Piano Territoriale Paesistico Regionale (P.T.P.R.)”* – Direzione Generale Territorio e Urbanistica, Milano.

11. CARTA DI SINTESI (TAV. 11A / 11B, SCALA 1 : 5.000)

11.1 PREMESSA

Il presente elaborato, realizzato nella Fase di Sintesi e Valutazione, racchiude tutte le informazioni principali desunte durante la Fase di Analisi, comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici, pedologici, idraulici, idrogeologici e geologico-tecnici del territorio comunale, rappresentati nella cartografia di inquadramento realizzata all'interno del presente studio.

Gli aspetti analizzati sono stati utilizzati per individuare, per l'intero territorio comunale, aree omogenee dal punto di vista della pericolosità e della vulnerabilità rispetto allo specifico fenomeno che le genera; tale suddivisione sarà funzionale al giudizio conclusivo relativo alla fattibilità geologica delle azioni di piano, di cui alla successiva Fase di Proposta Finale.

Sulla base degli elementi sopra menzionati, gli ambiti omogenei di pericolosità e vulnerabilità individuati in Comune di Crema, rappresentati in Tav. 11A / 11B "*Carta di Sintesi*", sono i seguenti:

- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Una descrizione di tali aree e del fenomeno che le caratterizza viene riportata nei paragrafi successivi.

11.2 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Sulla base della zonizzazione del territorio comunale, relativa alla soggiacenza della falda freatica, realizzata all'interno della Tav. 5A / 5B "*Carta della vulnerabilità integrata dell'acquifero freatico*", è stata individuata un'estesa porzione di territorio caratterizzata da valori di soggiacenza inferiori a 2 m, localizzata principalmente nel settore nord-occidentale (area del Moso) e nel settore orientale / nord-orientale. A differenza della sopraccitata cartografia, non si è ritenuto opportuno riportare l'area a bassa soggiacenza individuata in prossimità delle anse di meandro del Fiume Serio nella porzione centro-meridionale del territorio comunale, essendo il livello piezometrico della falda freatica strettamente connesso al livello idrometrico del Serio e quindi estremamente variabile; recenti rilevazioni (gennaio 2009) del livello freatico effettuate in alcuni piezometri realizzati all'interno dell'area del depuratore Serio 1, hanno permesso di assegnare all'ambito citato una soggiacenza media di circa 3,50 m dal p.c., superiore a quella elaborata in Tav. 5A / 5B in base

al confronto tra le quote della superficie topografica e le quote della superficie piezometrica della falda freatica, queste ultime estese all'intero territorio comunale sulla base delle misurazioni effettuate all'interno dei 18 piezometri il cui elenco è riportato in Cap. 5 (All. B-1) e Cap. 8.

Le aree che presentano una soggiacenza della falda freatica inferiore a 2 m presentano forti limitazioni alla realizzazione di volumetrie interrato; in fase di realizzazione degli scavi per le strutture di fondazione, è necessario inoltre utilizzare idonee metodologie di abbattimento del livello freatico.

Sono rappresentate in cartografia anche le aree di escavazione all'interno delle quali la falda freatica superficiale è in affioramento, ossia i quattro estesi laghi di cava localizzati in prossimità dell'alveo del Fiume Serio, tre nella zona settentrionale, due in sponda destra ed uno in sponda sinistra, ed uno nella zona meridionale, in sponda sinistra.

11.3 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

All'interno della rappresentazione cartografica in esame sono state rappresentate le aree potenzialmente soggette a rischio di inondazione del Fiume Serio, così come riportate nella Tav. 6 "*Carta del rischio idrogeologico*", riferite alla delimitazione dei suoli a rischio di inondazione del Serio con $T_R = 50$ anni realizzata in seguito all'evento alluvionale del 22 settembre 1979. Sono distinte in carta le aree a rischio di inondazione non protette da arginature e le aree a rischio di inondazione in caso di rottura e/o sormonto delle arginature di presidio, opportunamente rappresentate con apposito graficismo.

In aggiunta, sono state rappresentate le aree potenzialmente esondabili, individuate con criteri geomorfologici, per valori delle quote idrometriche al colmo dell'onda di piena ($T_R = 200$ anni), riportate nella cartografia denominata "*Adeguamento dello strumento urbanistico alle Delimitazioni ed alle Norme relative alle fasce fluviali contenute nel P.A.I. del fiume Po*", realizzata dallo Scrivente in maggio 2003, in seguito all'approvazione del P.A.I. da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (maggio 2001).

La delimitazione delle aree esondabili si è basata sul confronto tra le quote della superficie topografica ed i valori relativi alle quote idrometriche al colmo dell'onda di piena ($T_{R200} = 720$ m³/s), riportate all'interno della "*Direttiva sulla portata di piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*" del P.A.I., in corrispondenza delle sezioni P.A.I. che ricadono in territorio comunale, comprese tra la n. 021 (Progr. Km 106,587) e la n. 35 (Progr. Km 100,062), così come riportato in Tav. 11A / 11B.

* * * *

Come riferito all'interno del Cap. 10, è in fase di realizzazione lo studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore comunale ed il relativo Regolamento di Polizia Idraulica, come disposto dalle vigenti normative regionali.

In considerazione dell'elevato numero di corsi d'acqua che scorrono in territorio comunale e dell'assenza, alla data della stesura del presente studio, dei sopraccitati studi di dettaglio, non si ritiene opportuno riportare in cartografia le fasce adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria e di pulizia dell'alveo, il passaggio dei mezzi meccanici, il deposito delle materie di spurgo e la realizzazione di interventi di difesa, in quanto tali aree sono soggette a specifica disciplina, derivante dal Regolamento di Polizia Idraulica (in fase di predisposizione), dai Regolamenti Idraulici previsti dai gestori dei corsi d'acqua, dal Codice Civile, e quindi appare superflua la delimitazione di tali fasce di rispetto, come previsto peraltro all'interno della d.g.r. 7374/2008 relativamente alle captazioni ad uso idropotabile, ai cimiteri ed ai depuratori.

Una volta realizzati, ed approvati dalla Sede Territoriale della Regione Lombardia (S.T.E.R.), che deve esprimere un parere tecnico vincolante, gli elaborati riguardanti il Reticolo Idrico Minore ed il Regolamento di Polizia Idraulica, questi dovranno rappresentare il riferimento principale per la definizione delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua pubblici e delle relative prescrizioni.

11.4 AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Sono riportate le aree all'interno delle quali è stata rilevata la presenza di terreni con scarse caratteristiche geologico-tecniche, e per i quali è stato assegnato un giudizio qualitativo di "scarso" nella rappresentazione di cui alla Tav. 7A / 7B "Carta geologico-tecnica".

Gli ambiti territoriali in oggetto si individuano in corrispondenza dell'area del Moso di Crema, nella porzione nord-occidentale del territorio comunale, caratterizzata da depositi superficiali prevalentemente argillosi e limoso-argillosi, talora a componente organica, con intercalazioni di depositi torbosi di origine lacustre, nella porzione nord-orientale e sud-orientale, con presenza di terreni argilloso-limosi legati a principalmente a fenomeni di alterazione, in alcune zone del centro edificato di Crema, caratterizzato dalla presenza in superficie di materiale inerte e/o riporto (resti di calcestruzzo, metalli, laterizi...), e nelle aree poste a nord del depuratore Serio 1 (utilizzate in passato come discarica autorizzata di scorie di altoforno), indicate in cartografia con un cromatismo differente.

In tutti i casi, le scarse proprietà geomeccaniche dei terreni di fondazione permettono di sostenere che essi non sono sufficientemente adeguati, senza specifici interventi volti al miglioramento delle caratteristiche geologico-tecniche e della capacità portante, a sopportare i sovraccarichi applicati dalle sovrastrutture; essi sono inoltre potenzialmente soggetti a fenomeni di cedimento assoluto e/o differenziale, sia in condizioni sismiche che non sismiche, in grado di influire negativamente sulla stabilità delle strutture in superficie.

In Tav. 11A / 11B si riporta inoltre il giudizio sintetico relativo alle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di fondazione e la delimitazione delle aree ribassate o colmate artificialmente.

11.5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

All'interno della Tav. 11A / 11B "*Carta di Sintesi*", estesa all'intero territorio comunale, sono state individuate aree soggette a specifici fenomeni che determinano condizioni di pericolosità e vulnerabilità; essa è propedeutica alla successiva assegnazione delle Classi di Fattibilità Geologica agli ambiti territoriali poligonali in essa rappresentati.

Nel contesto territoriale in esame, è stata effettuata una zonizzazione areale in funzione degli aspetti idrogeologici (bassa soggiacenza della falda freatica ed emergenze idriche in aree di escavazione), idraulici (aree soggette a rischio di inondazione del Fiume Serio) e geologico-tecnici (aree con depositi argillosi e/o limoso-argillosi con scarse proprietà geomeccaniche), che ha permesso di constatare la presenza di condizioni di pericolosità/vulnerabilità in vaste porzioni del territorio comunale.

Relativamente alle fasce di rispetto dei corsi d'acqua, non si è ritenuto opportuno il loro inserimento all'interno della cartografia in oggetto; essendo tali aree soggette a specifica disciplina, appare difatti eccessiva l'assegnazione ad esse della Classe di Fattibilità Geologica "4", come previsto dalla d.g.r. 7374/2008, in quanto al loro interno dovranno essere osservate le prescrizioni normative riportate nei Regolamenti Idraulici, nel Codice Civile e, quando realizzato, nel Regolamento di Polizia Idraulica, che devono rappresentare il riferimento per qualsiasi attività di gestione e trasformazione delle aree in alveo e nelle zone adiacenti ai corsi d'acqua, comprensive delle fasce da mantenere a disposizione per le operazioni di manutenzione.

12. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO E CLASSI DI FATTIBILITA' (TAV. 12bis– SCALA 1:7.000)

12.1 PREMESSA

Utilizzando le informazioni desunte durante la precedente Fase di Analisi / Cartografia di Inquadramento, e sulla base degli ambiti territoriali omogenei individuati all'interno del territorio comunale di Crema durante la Fase di Sintesi e Valutazione, nonché dei vincoli derivanti dal P.A.I., è stata predisposta, nella Fase di Proposta Finale, la rappresentazione cartografica denominata “*Carta della Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano e Classi di Fattibilità*”, attraverso la quale viene definita la fattibilità geologica degli interventi di pianificazione urbanistica.

Tale rappresentazione cartografica è stata redatta, per l'intero territorio comunale, su base cartografica fotogrammetrica in scala 1:7.000 (Tav. 12bis); la rappresentazione delle classi di fattibilità e della zonazione sismica del territorio comunale in formato “*shape file*”, secondo lo schema fisico dei dati definito dalla Regione Lombardia, permetterà l'aggiornamento del mosaico della fattibilità contenuto nel Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) integrato regionale.

Ad ogni Classe di Fattibilità Geologica individuata sono state attribuite specifiche prescrizioni, riportate all'interno del Cap. 13 “*Norme Geologiche di Piano*”, riassunte in modo schematico nella tabella presentata in calce a detto capitolo ed all'interno della sopra menzionata cartografia.

Ad ognuna di esse nella cartografia citata sono stati inoltre sovrapposti gli scenari di pericolosità sismica locale, così come rappresentati all'interno della Tav. 9A / 9B “*Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello*”, ovvero gli scenari di pericolosità sismica PSL Z2 (zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti e zone con depositi granulari fini saturi) e PSL Z4a (zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi).

La rappresentazione delle aree a pericolosità sismica locale individuate non comporta un automatico cambio di Classe di Fattibilità Geologica, ma fornisce indicazioni riguardo agli approfondimenti da effettuare in fase di progettazione in considerazione della componente sismica del territorio comunale, sulla base delle risultanze del presente studio.

Specifiche indicazioni normative relativamente agli aspetti sismici verranno riportati, per ognuna delle Classi di Fattibilità, all'interno delle “*Norme Geologiche di Piano*”.

L'attribuzione delle Classi di Fattibilità Geologica al territorio comunale di Crema è avvenuta attraverso le due fasi successive previste dalla d.g.r. 7374/2008, di seguito descritte.

12.2 FASE 1: ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI INGRESSO ALLE CLASSI DI FATTIBILITA'

Seguendo le indicazioni della d.g.r. 7374/2008, ad ogni ambito territoriale omogeneo individuato all'interno della Tav. 11A / 11B "*Carta di Sintesi*", soggetto a specifici fenomeni che ne determinano condizioni di pericolosità e vulnerabilità, è stato attribuito un valore di ingresso, riportato nella Tabella 1 della citata delibera, corrispondente al fattore di vulnerabilità e/o pericolosità in essa rilevato, propedeutico alla definitiva attribuzione delle Classi di Fattibilità Geologica (Fase 2).

In aggiunta, sono state recepite le disposizioni relative alle aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali del P.A.I.

All'interno del territorio comunale di Crema, sono state individuate le seguenti condizioni previste nella menzionata tabella.

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Aree a bassa soggiacenza della falda – Classe di ingresso: **3.**

Aree con emergenza della falda (laghi di cava) – Classe di ingresso: **4.**

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali – Classe di ingresso: **4.**

Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici – Classe di ingresso: **4.**

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante – Classe di ingresso: **3.**

Aree con riporti di materiale – Classe di ingresso: **3.**

Aree colmate – Classe di ingresso: **3.**

Aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali del P.A.I.

Fascia A all'esterno dei centri edificati – Classe di ingresso: **4.**

Fascia B all'esterno dei centri edificati – Classe di ingresso: **3.**

Fasce A e B all'interno dei centri edificati – Classe di ingresso: da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'All. 4 della d.g.r. 7374/2008.

Territori di Fascia C delimitati con segno grafico indicato come “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*” – Classe di ingresso: da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio.

Fascia C – Classe di ingresso: da attribuire in base alle problematiche riscontrate.

Si sottolinea che all'interno del P.A.I., ai fini dell'applicazione delle relative “*Norme di Attuazione*”, per centro edificato si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22/10/1971 n. 865, così come rappresentato all'interno della Tavola dei Vincoli (Tav. n. 2) del vigente P.R.G. comunale.

* * * *

In riferimento alle aree soggette a vincoli di Polizia Idraulica, comprensive delle fasce da mantenere a disposizione per le operazioni di manutenzione, come riferito nel precedente capitolo, non è prevista l'attribuzione di un'apposita Classe di Fattibilità Geologica, essendo esse soggette a specifica disciplina normativa; tali aree, pertanto, assumeranno la Classe di Fattibilità Geologica del territorio al quale appartengono, definita esclusivamente in funzione delle caratteristiche geologiche e/o idrogeologiche dello stesso.

Lo stesso discorso può essere esteso alle zone di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, ai cimiteri ed ai depuratori.

12.3 FASE 2: ATTRIBUZIONE DEFINITIVA DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

In riferimento all'attribuzione delle Classi di Fattibilità Geologica al territorio comunale, si ritiene di poter confermare le Classi di ingresso adottate nella Fase 1 solamente per le aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico e per le aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche, come di seguito riportato.

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- Aree a bassa soggiacenza della falda – Classe di Fattibilità Geologica: **3**.
- Aree con emergenza della falda (laghi di cava) – Classe di Fattibilità Geologica: **4**.

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante – Classe di Fattibilità Geologica: **3**.

Aree con riporti di materiale – Classe di Fattibilità Geologica: **3**.

Aree colmate – Classe di Fattibilità Geologica: **3**.

Si ritiene opportuno invece apportare alcune modifiche all'assegnazione della Classe di Fattibilità Geologica proposta nella d.g.r. 7374/2008 relativamente alle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico ed alle aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali del P.A.I.

Sulla base delle informazioni derivate dal presente studio, ed in particolare in seguito all'analisi dettagliata della Tav. 6 “*Carta del rischio idrogeologico*”, all'interno della quale sono riportate le fasce fluviali del P.A.I. vigente, le fasce fluviali proposte all'interno dello “Studio di Fattibilità” dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, le aree allagabili per $T_R = 200$ anni rappresentate in detto studio e le aree a rischio di inondazione già allagate o potenzialmente allagabili, ed all'analisi della Tav. 11A / 11B “*Carta di Sintesi*”, nella quale sono rappresentate le aree potenzialmente esondabili individuate con criteri morfologici, ai territori in oggetto vengono assegnate in via definitiva le Classi di Fattibilità Geologica di seguito riportate.

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Sulla base dei criteri oggettivi riportati in precedenza ed a discrezione dello scrivente, alle aree a rischio di inondazione già allagate o potenzialmente allagabili ed alle aree potenzialmente esondabili individuate con criteri morfologici vengono assegnate o la Classe di Fattibilità Geologica **4** o la Classe di Fattibilità Geologica **3**.

Aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali del P.A.I.

- Fascia A all'esterno del centro edificato di Crema – Classe di Fattibilità Geologica: **4**.
- Fascia B all'esterno del centro edificato di Crema: sulla base dei criteri oggettivi riportati in precedenza, viene assegnata o la Classe di Fattibilità Geologica **4** o la Classe di Fattibilità Geologica **3**.
- Fascia A all'interno del centro edificato di Crema: in mancanza di opportuni studi idraulici per la valutazione del rischio, viene assegnata la Classe di Fattibilità Geologica **4**.
- Fascia B all'interno del centro edificato di Crema: in mancanza di opportuni studi idraulici per la valutazione del rischio, viene assegnata o la Classe di Fattibilità Geologica **4** o la Classe di Fattibilità Geologica **3**.
- Fascia C delimitata con segno grafico indicato come “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*” : aree localizzate in corrispondenza del depuratore Serio 1 ed a nord di questo, in destra idrografica del fiume Serio, nelle quali sono stati realizzati in passato studi idraulici per la

valutazione del rischio. In considerazione di detti studi idraulici e dei più recenti risultati emersi nel corso dello “Studio di Fattibilità” dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, si ritiene opportuno assegnare la Classe di Fattibilità Geologica **3**.

- Fascia C: sulla base dei criteri oggettivi riportati in precedenza, viene assegnata o la Classe di Fattibilità Geologica **4** o la Classe di Fattibilità Geologica **3**.

Per maggiore chiarezza, si è ritenuto opportuno suddividere la Classe di Fattibilità Geologica **3** in sottoclassi, in ognuna delle quali rientrano ambiti territoriali caratterizzati da uno specifico fenomeno che ne determina condizioni di pericolosità e/o vulnerabilità diversificate.

Si sottolinea che nella delimitazione effettuata sono state utilizzate le fasce fluviali del P.A.I. vigente, in quanto giuridicamente vincolante, così come rappresentate all’interno della Tav. 10A/10B “Carta dei Vincoli”.

Vengono di seguito presentate le Classi di Fattibilità Geologica attribuite in via definitiva al territorio comunale di Crema.

Classe 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni

Aree che non presentano particolari limitazioni all’utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d’uso.

Rappresenta l’ambito che si sviluppa nella porzione centro-meridionale e sud-occidentale del territorio comunale, e comprende le zone meridionali dei centri abitati di Ombriano e di Crema, nonché parte del centro storico cittadino.

Le aree comprese all’interno di tale Classe di Fattibilità Geologica presentano generalmente valori di soggiacenza della falda freatica superiori a 5,00 m dal p.c., che permettono di limitare e/o escludere interferenze con eventuali volumetrie interrato di progetto; i terreni di fondazione presentano livelli superficiali prevalentemente sabbiosi, sabbioso-limosi e/o limoso-sabbiosi, ai quali è stato attribuito un giudizio di “*sufficiente*” relativamente alle caratteristiche geomeccaniche, le quali migliorano in profondità, dove si rileva la presenza anche di livelli sabbioso-ghiaiosi e/o ghiaiosi.

Questi terreni sono ampiamente compatibili con l’adozione di strutture di fondazione superficiali ed i cedimenti teorici previsti, peraltro poco significativi, si esauriscono generalmente in corso d’opera in seguito alla progressiva applicazione dei carichi in condizioni drenate.

Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni

Aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

Caratterizza gran parte della porzione centrale del territorio comunale, sia in destra che sinistra idrografica del Fiume Serio, comprensiva del centro abitato di Crema, nonché altri ambiti territoriali che si sviluppano sia nelle zone occidentali che orientali del territorio in esame.

L'assegnazione a dette aree della Classe di Fattibilità Geologica **2** deriva principalmente dalle caratteristiche idrogeologiche del territorio, caratterizzato da una soggiacenza della falda freatica compresa tra 2,00 m e 5,00 m dal p.c., valori che escludono e/o limitano la realizzazione di volumetrie interrato o, nell'ipotesi di realizzazione delle stesse, impongono l'utilizzo di idonei sistemi di impermeabilizzazione delle strutture interrato e di opportune tecniche di abbattimento delle acque sotterranee in fase di cantiere.

I terreni di fondazione sono caratterizzati principalmente da materiali sabbiosi e sabbioso-limosi in superficie, da materiali sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi in profondità, compatibili con il campo di tensioni applicato ai terreni dalle opere più comuni, con cedimenti teorici poco significativi sulla stabilità delle strutture in superficie.

Classe 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni

Aree 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 e/o vulnerabilità individuate.

E' stata assegnata ad una parte consistente del territorio comunale; sulla base dei risultati emersi nella Fase di Sintesi e Valutazione, viene qui adottata la suddivisione in 5 sottoclassi, in funzione del fenomeno che maggiormente caratterizza le aree ad esse attribuite.

- **Sottoclasse 3a: aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

Gli ambiti territoriali ricadenti nella Sottoclasse **3a** sono caratterizzati da una pericolosità/vulnerabilità derivante principalmente dalla potenziale esondabilità del Fiume Serio; per delimitare adeguatamente le aree in oggetto, sono state considerate tutte le informazioni ottenute durante la Fase di Analisi e la Fase di Sintesi e Valutazione, comprensive dei vincoli derivanti dalla pianificazione di Bacino.

E' stata assegnata a questa sottoclasse una porzione di territorio che si sviluppa in prossimità dei laghi di cava settentrionali presenti in destra idrografica del Serio; a detta area, che ricade all'interno della

Fascia B del P.A.I., si è ritenuto opportuno, in funzione dei risultati emersi nel corso del presente studio, non assegnare la più restrittiva Classe di Fattibilità Geologica **4**.

L'altra porzione di territorio assegnata a questa sottoclasse è rappresentata dalle aree che si sviluppano in corrispondenza del depuratore Serio 1 ed a nord di questo, in destra idrografica del Serio, comprese tra il "*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*" ed il limite esterno della Fascia C del P.A.I..

In riferimento agli studi di compatibilità idraulica realizzati in corrispondenza di dette aree, sottese dal "*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*", poiché le valutazioni in essi riportate non vengono "ufficialmente" recepite all'interno dello "Studio di Fattibilità" realizzato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, si è ritenuto opportuno in via cautelativa assegnare a tali aree la Sottoclasse 3a, ed al loro interno dovranno essere recepite le prescrizioni ad essa corrispondenti riportate nelle "*Norme Geologiche di Piano*".

Entro le aree comprese in questa sottoclasse risulta consistente l'ulteriore fattore negativo riconducibile ai rapidi innalzamenti del livello freatico in concomitanza con le escursioni idrometriche del fiume Serio connesse agli eventi di piena di portata significativa.

- **Sottoclasse 3b: aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

Si è ritenuto opportuno assegnare la sottoclasse in oggetto alle aree a rischio di inondazione, con o senza arginature di presidio, individuate sulla base delle aree allagate in occasione dell'evento alluvionale del 22 settembre 1979, ed alle aree potenzialmente esondabili, individuate con criteri geomorfologici, non assegnate alla più restrittiva Classe di Fattibilità Geologica **4**.

Il rischio di esondabilità di dette aree viene attualmente considerato solo residuo in relazione ai miglioramenti di natura idraulica realizzati con la ricalibratura dell'alveo del Serio e con la variazione di tracciato del colatore Cresmiero, oltre al parziale adeguamento delle opere di difesa in seguito all'evento alluvionale del 1979.

I citati miglioramenti di natura idraulica, avendo interessato solo marginalmente la sezione relativa al ponte della ex S.S. 415, all'origine del fenomeno di rigurgito e conseguente aggravamento della esondazione che ha coinvolto l'abitato di Crema nel 1979, non consentono di escludere definitivamente rischi marginali di esondabilità.

Alla sottoclasse **3b** vengono inoltre assegnate le aree ricadenti in Fascia C del P.A.I. e non assegnate alla più restrittiva Classe di Fattibilità Geologica **4**.

Come riferito per la sottoclasse 3a, nelle aree comprese in questa sottoclasse si possono verificare rapidi innalzamenti del livello freatico in concomitanza con le escursioni idrometriche del fiume Serio connesse agli eventi di piena di portata significativa.

- **Sottoclasse 3c: aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico**

Appartengono a questa sottoclasse gli ambiti territoriali omogenei caratterizzati da valori di soggiacenza della falda freatica inferiori a 2 m dal p.c., individuati principalmente nella porzione nord-occidentale (area del Moso) ed orientale del territorio comunale.

Le condizioni idrogeologiche delle aree in esame permettono di ritenere le stesse non idonee alla realizzazione di volumetrie interrato, che andrebbero ad interferire con le acque sotterranee; particolari accorgimenti per abbattere il livello piezometrico della falda freatica dovranno essere previsti in fase di realizzazione degli scavi per la messa in opera delle strutture di fondazione.

- **Sottoclasse 3d: aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche**

Ricadono all'interno di questa sottoclasse le aree caratterizzate da terreni superficiali prevalentemente argillosi e limoso-argillosi, che presentano scarse proprietà geologico-tecniche, inadeguate a sopportare i sovraccarichi, anche di modesta entità, trasmessi ad essi attraverso le strutture di fondazione. La compressibilità del materiale argilloso è tale da determinare, per il campo di tensioni più frequentemente trasmesse al terreno, cedimenti assoluti e differenziali significativi, sia in condizioni sismiche che non sismiche, potenzialmente incompatibili con la stabilità delle sovrastrutture.

Le aree che presentano le sopracitate caratteristiche sono state individuate in corrispondenza dell'area del Moso di Crema e della porzione nord-orientale / sud-orientale del territorio comunale, mentre le aree del centro edificato di Crema e quelle localizzate a nord del depuratore Serio 1 assegnate a questa sottoclasse sono caratterizzate prevalentemente dalla presenza in superficie di materiale inerte e/o riporto (resti di calcestruzzo, metalli, laterizi, scorie di altoforno).

- **Sottoclasse 3e: aree ribassate o colmate artificialmente**

La delimitazione delle aree appartenenti a questa sottoclasse è stata effettuata in quanto le condizioni morfologiche, ed in alcuni casi geomeccaniche, rilevate al loro interno, indicano consistenti limitazioni alle variazioni di destinazione d'uso delle particelle.

Si tratta di zone ribassate artificialmente poste nell'ambito della frazione di Ombriano, nella porzione sud-occidentale del territorio comunale, prodotte da precedenti escavazioni, in alcuni casi successivamente colmate, in tutto o in parte, utilizzando materiali di risulta disomogenei, di natura e spessore non precisabile, che le rendono non idonee, allo stato attuale, a sopportare i sovraccarichi applicati, anche in relazione alle possibili alterazioni del locale assetto idrologico e idrogeologico.

Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni

Aree nelle quali sono state riscontrate gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di alta pericolosità e/o vulnerabilità individuate.

E' stata assegnata alle aree che si sviluppano in prossimità dell'alveo del Fiume Serio, in particolare:

- tutte le aree ricadenti in Fascia A del P.A.I. ed esterne al centro edificato di Crema;
- tutte le aree ricadenti in Fascia A del P.A.I. ed interne al centro edificato di Crema;
- alcune aree ricadenti in Fascia B del P.A.I. ed esterne al centro edificato di Crema;
- alcune aree ricadenti in Fascia B del P.A.I. ed interne al centro edificato di Crema;
- alcune aree ricadenti in Fascia C del P.A.I.;
- alcune aree a rischio di inondazione già allagate o potenzialmente allagabili;
- alcune aree potenzialmente esondabili individuate con criteri morfologici.

* * * *

Nel capitolo che segue si riportano le “*Norme Geologiche di Piano*”, che contengono la normativa d'uso associata ad ognuna delle Classi di Fattibilità Geologica attribuite al territorio comunale di Crema, e le corrispondenti indicazioni relative alle indagini di approfondimento da realizzare prima degli interventi urbanistici.

Inoltre, per le aree appartenenti agli scenari di pericolosità sismica locale PSL individuati in territorio comunale, si riporta la normativa sismica di riferimento e le modalità di applicazione della stessa in funzione dei risultati emersi nel corso dello studio.

13. NORME GEOLOGICHE DI PIANO

ART. 1 – Generalità

1. Il Comune di Crema è tenuto ad informare i Soggetti Attuatori delle previsioni dello strumento urbanistico, denominato “*Piano di Governo del Territorio (P.G.T.)*”, sulle limitazioni derivanti dalla classificazione di fattibilità assegnata e dalle prescrizioni contenute all’interno delle “*Norme Geologiche di Piano*”, e ne deve garantire il rispetto.
2. Le “*Norme Geologiche di Piano*” devono essere riportate integralmente all’interno del “*Documento di Piano*” del P.G.T. e del “*Piano delle Regole*” del P.G.T..
3. Le indagini e gli approfondimenti prescritti per tutte le Classi di Fattibilità Geologica e per le aree PSL Z2 e PSL Z4a devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi, in quanto propedeutici alla pianificazione dell’intervento ed alla progettazione stessa.
4. Copia delle indagini di cui al comma 3, della relazione geologica e della relazione geologico-tecnica o geotecnica obbligatoria di supporto, deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione di Variante Generale al P.G.T., di Variante Parziale al P.G.T., dei Piani Attuativi, dei Programmi Integrati di Intervento, e di tutti gli interventi edilizi che apportino variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione.
5. Il riferimento normativo principale relativamente alla progettazione, all’esecuzione ed al collaudo di tutte le tipologie di costruzioni è rappresentato dal D.M. 14-01-2008, “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”.

Per le costruzioni di tipo 1 e 2 e classe d’uso I e II, così come definite nel D.M. 14-01-2008, è ammesso il riferimento al D.M. 11-03-1988 “*Norme Tecniche per i terreni, le rocce e la stabilità dei pendii*” e relativa c.m. 24-09-1988 n. 30483, nonché al D.M. 16-01-1996 “*Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche*” e relativa c.m. 10-04-1997 n. 65/AA.GG per la valutazione delle azioni sismiche.

Il rispetto delle disposizioni del D.M. 14-01-08 è in ogni caso obbligatorio per gli edifici ed opere strategiche e rilevanti di nuova previsione, il cui elenco, approvato con D.d.u.o. 21 novembre 2003 n° 19904, viene riportato in art. 13.

ART. 2 – Classe di Fattibilità Geologica 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni

1. Per le aree ricadenti in questa classe, qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione dovrà essere preceduto da specifiche indagini geologiche e geologico-tecniche, dirette e/o indirette, finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico del sito e del modello geotecnico del sottosuolo, necessari alla progettazione ed alle verifiche di sicurezza e delle prestazioni delle opere in progetto.

Le analisi geologiche del territorio, i metodi ed i risultati delle indagini geologiche e geologico-tecniche realizzate dovranno essere compiutamente esposti e commentati in una relazione geologica ed in una relazione geologico-tecnica o geotecnica, a firma di professionista abilitato iscritto all'Albo.

All'interno della relazione geologico-tecnica o geotecnica dovrà essere riportata in modo dettagliato la verifica della capacità portante dei terreni di fondazione e la valutazione relativa ai cedimenti teorici assoluti e differenziali indotti dalle opere in progetto, utilizzando il “metodo alle tensioni ammissibili” oppure il “metodo agli stati limite”, in funzione del riferimento normativo adottato.

Il numero, l'estensione e la tipologia delle indagini dovranno essere opportunamente previste e programmate dal tecnico incaricato, in funzione dell'opera in progetto e della dimensione dell'area di intervento.

2. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, per il quale la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi non è necessaria in fase di progettazione l'applicazione del 3° livello di approfondimento, fermo restando l'obbligo del rispetto delle disposizioni di cui al comma 1.
3. In riferimento agli edifici ed alle opere strategiche e rilevanti di nuova previsione, è obbligatoria l'analisi della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche, nel rispetto delle disposizioni del D.M. 14-01-08.
4. In riferimento a tutte le altre tipologie di opere, sarà compito del tecnico incaricato, a sua discrezione e sotto la propria responsabilità, valutare la possibilità di un'analisi della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche qualora la litologia rilevata attraverso le indagini realizzate sia potenzialmente suscettibile al fenomeno.

5. Le indagini e gli approfondimenti di cui sopra dovranno essere realizzati secondo la normativa di cui all'art. 1 comma 5.

ART. 3 – Classe di Fattibilità Geologica 2 – Fattibilità con modeste limitazioni

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2.
2. In aggiunta, in caso di interventi che prevedono la realizzazione di piani interrati, dovrà essere prevista l'installazione di almeno un piezometro, attraverso il quale si procederà alla misurazione del livello piezometrico della falda freatica superficiale ed alla verifica delle sue variazioni nel tempo.

La realizzazione di volumetrie interrate dovrà essere accompagnata dalla descrizione, nell'ambito della relazione geologica obbligatoria di supporto, delle indagini volte a definire la soggiacenza minima della falda freatica superficiale all'interno dell'area in esame, nonché delle metodologie utilizzate per escludere eventuali interferenze reciproche tra le acque sotterranee e le opere in progetto (impermeabilizzazioni, tecniche di abbattimento della falda freatica in fase di cantiere,...).

3. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2.

ART. 4 – Classe di Fattibilità Geologica 3_Sottoclasse 3a – Fattibilità con consistenti limitazioni

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I., di cui all'art.10 comma 2 e comma 3 delle presenti norme.

3. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, utilizzando il metodo approfondito di cui all'All. 4 della d.g.r. 7374/2008, si applicano le “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I. previste per le aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I. all'esterno del centro edificato di Crema, per le quali si applicano le corrispondenti N.T.A., di cui all'art.10 comma 2 e comma 3 delle presenti norme.

4. Nelle aree poste in corrispondenza del depuratore Serio 1 ed a nord di questo, in destra idrografica del fiume Serio, sottese dal “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*”, all'interno delle quali sono stati realizzati in passato studi idraulici conformi alla normativa attraverso i quali sono state verificate le condizioni di rischio del territorio, si prescrivono in via cautelativa ulteriori approfondimenti idraulici, in considerazione anche dei più recenti risultati emersi nel corso dello “Studio di Fattibilità” dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

In particolare, dovranno essere previste opere di miglioramento idraulico relative all'arginatura in sponda destra del colatore Cresmiero nell'area localizzata a nord del depuratore Serio 1, ed opportuni accorgimenti tecnici in grado di minimizzare il rischio di allagamento delle aree in esame, al fine di limitare eventuali danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, nonché garantire l'incolumità delle persone durante un evento alluvionale significativo.

Fino all'avvenuta realizzazione di adeguate opere di miglioramento idraulico, dette aree sottese dal “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*” si considerano ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I.; in esse, si applicano pertanto le corrispondenti N.T.A. del P.A.I., di cui ai precedenti comma 2 e comma 3.

5. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2.

ART. 5 – Classe di Fattibilità Geologica 3_Sottoclasse 3b – Fattibilità con consistenti limitazioni

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.

2. In dette aree, che ricadono all'interno della Fascia C del P.A.I. oppure sono indicate come aree a rischio di inondazione ed aree potenzialmente esondabili, per la mitigazione del rischio idrogeologico dovranno essere adottati gli accorgimenti di cui all'art. 11.
3. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2.

ART. 6 – Classe di Fattibilità Geologica 3_Sottoclasse 3c – Fattibilità con consistenti limitazioni

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. Dovrà essere prevista in ogni caso l'installazione di almeno un piezometro, attraverso il quale si procederà alla misurazione del livello piezometrico della falda freatica superficiale ed alla verifica delle sue variazioni nel tempo.
3. La realizzazione delle strutture di fondazione, nonché di eventuali volumetrie interrato, che si ritiene di sconsigliare, dovrà essere accompagnata dalla descrizione, all'interno della relazione geologica obbligatoria di supporto, delle indagini volte a definire la soggiacenza minima della falda freatica superficiale all'interno dell'area in esame, nonché delle metodologie utilizzate per escludere eventuali interferenze reciproche tra le acque sotterranee e le opere in progetto (impermeabilizzazioni, tecniche di abbattimento della falda in fase di cantiere,...).
4. Le aree in oggetto ricadono sia all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, sia all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2.

Per le zone appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, valgono le considerazioni riportate in art. 2 comma 2.

Per le zone appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2, solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione, di cui al D.d.u.o. 19904/2003, è obbligatoria in fase di progettazione l'applicazione del 3° livello di approfondimento, di cui alla d.g.r. 7374/2008, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo anche ad altre categorie di edifici.

ART. 7 – Classe di Fattibilità Geologica 3_Sottoclasse 3d – Fattibilità con consistenti limitazioni

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. Dovranno essere previsti rilievi approfonditi relativamente ai terreni di fondazione, al fine di individuare i livelli che presentano scadenti caratteristiche geologico-tecniche, inadeguati ai sovraccarichi applicati e potenzialmente soggetti al verificarsi di cedimenti assoluti e differenziali, con conseguente diminuzione della stabilità delle opere realizzate in superficie.
3. In riferimento alle aree, localizzate principalmente all'interno del centro edificato di Crema ed a nord del depuratore Serio 1, in cui i livelli di terreno più superficiali sono caratterizzati da materiale di riporto e/o scorie di altoforno, si rimanda alla vigente normativa ambientale.
4. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 6 comma 4.

ART. 8 – Classe di Fattibilità Geologica 3_Sottoclasse 3e – Fattibilità con consistenti limitazioni

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. Dovranno essere effettuate accurate verifiche volte a definire lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche dello strato di riporto, valutandone natura prevalente, stato di addensamento e l'opportunità di una eventuale bonifica, nel rispetto della vigente normativa ambientale.
3. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 6 comma 4.

ART. 9 – Classe di Fattibilità Geologica 4 – Fattibilità con gravi limitazioni

1. Per tutte le aree attribuite a tale Classe, ricadenti sia all'interno che all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano in via cautelativa le “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I..

2. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I., di cui all'art.10 comma 1 e comma 3 delle presenti norme.
3. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, utilizzando con il metodo approfondito di cui all'All. 4 della d.g.r. 7374/2008, si applicano le “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I. previste per le aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I. all'esterno del centro edificato di Crema, per le quali si applicano le corrispondenti N.T.A., di cui all'art.10 comma 1 e comma 3 delle presenti norme.
4. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I., di cui all'art.10 comma 2 e comma 3 delle presenti norme.
5. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, utilizzando il metodo approfondito di cui all'All. 4 della d.g.r. 7374/2008, si applicano le “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I. previste per le aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I. all'esterno del centro edificato di Crema, per le quali si applicano le corrispondenti N.T.A., di cui all'art.10 comma 2 e comma 3 delle presenti norme.
6. In tutte le aree non ricadenti nella Fascia A e/o nella Fascia B del P.A.I., considerato che le cause che hanno determinato l'evento alluvionale di riferimento sono ascrivibili a condizioni che permangono pressoché inalterate, potranno essere consentiti esclusivamente gli interventi previsti all'interno della Fascia B del P.A.I., di cui ai precedenti commi 4 e 5, nel rispetto dei precedenti artt. 2, 3, 4, 5, 6, 7.
7. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2.

ART. 10 – Norme P.A.I.

1. Nei territori della **Fascia A** del P.A.I. (fascia di deflusso della piena) sono consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 29, 38, 38bis, 38ter, 39, 41 delle N.T.A. del P.A.I..

In particolare, ai sensi dell'art. 39 comma 3 delle N.T.A. del P.A.I., nei territori della **Fascia A** del P.A.I. esterni al centro edificato sono esclusivamente consentite opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio, così come definiti nella L.R. 11-03-2005 n. 12.

2. Nei territori della **Fascia B** del P.A.I. (fascia di esondazione) sono consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38bis, 38ter, 39, 41 delle N.T.A. del P.A.I..

In particolare, ai sensi dell'art. 39 comma 4 delle N.T.A. del P.A.I., nei territori della **Fascia B** del P.A.I. esterni al centro edificato sono esclusivamente consentite:

- a) opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativi e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio;
- b) opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
- c) interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime ed a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
- d) interventi di adeguamento igienico funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

- e) opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore.
3. Nei territori delle **Fascia A** e della **Fascia B** del P.A.I., ai sensi dell'art. 38 delle N.T.A. del P.A.I., la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai seguenti procedimenti:
- a) fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30 delle N.T.A. del P.A.I., è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono avere luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine, i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino;
 - b) l'Autorità di Bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità ed alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini di impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma precedente sarà espresso dalla stessa Autorità di Bacino;
 - c) le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di Bacino.
4. Nei territori della **Fascia C** (area di inondazione per piena catastrofica), ai sensi dell'art. 31 comma 5 delle N.T.A. del P.A.I., delimitati con segno grafico indicato come ***“limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C”*** nelle tavole grafiche, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, [...] sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni [...] sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare anche parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia B. Si rimanda all'art. 4 comma 4.

5. Nei territori della **Fascia C** (area di inondazione per piena catastrofica), ai sensi dell'art. 31 comma 4 delle N.T.A. del P.A.I., compete agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica regolamentare le attività consentite, i limiti ed i divieti.

Pertanto, in tali aree per la mitigazione del rischio idrogeologico dovranno essere adottati gli accorgimenti di cui all'art. 11.

ART. 11 – Accorgimenti da adottare per la mitigazione del rischio idrogeologico

1) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture

- Realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento.
- Realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente.
- Progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità.
- Progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale.
- Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.
- Adottare particolari cautele nella realizzazione delle strutture di fondazione o di eventuali volumetrie interrato in riferimento ai rischi connessi con l'innalzamento del livello freatico, strettamente connesso con il livello idrometrico del Serio durante eventi di piena significativi.

2) Misure atte a garantire l'incolumità delle persone

- I progetti per nuovi interventi edificatori non dovranno prevedere occupazione stabile da parte dei residenti delle volumetrie poste a quote inferiori rispetto al livello della piena di riferimento.

3) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni

- Opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione.
- Opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali.
- Fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.

4) Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione

- Uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori.
- Vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.

5) Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche

6) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua

ART. 12 – Vincolo idrogeologico

1. In corrispondenza dei pozzi pubblici ad uso idropotabile presenti in territorio comunale dovranno essere rispettate le seguenti zone di vincolo idrogeologico, previste all'interno del D.lgs. 152/2006:
 - Fascia di tutela assoluta: 10 m
 - Fascia di rispetto: 10 m
2. In caso di realizzazione di nuove strutture di emungimento con funzione pubblica, la fascia di rispetto è stabilita in 200 m dalla bocca pozzo (criterio geometrico), fatta salva una eventuale riduzione autorizzata dalla Provincia rilasciata in seguito alla presentazione di adeguato studio idrogeologico.

ART. 13 - Elenco degli edifici strategici e rilevanti di cui al Decreto Dirigenziale della Regione Lombardia D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904.

1. **Edifici ed opere strategiche:** categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.
 - Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (prioritamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
 - Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (prioritamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
 - Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione comunale (prioritamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
 - Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (prioritamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
 - Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.).
 - Centri funzionali di protezione civile.
 - Edifici ed opere individuate nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza.
 - Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti d'emergenza, urgenza ed accettazione.
 - Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
 - Centrali operative 118.

2. Edifici ed opere rilevanti: categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

a) Edifici

- Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori (sia pubbliche che private).
- Strutture ricreative (ivi compresi gli oratori), sportive e culturali, locali di spettacolo ed intrattenimento in genere.
- Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003.
- Strutture sanitarie e/o socio assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.).
- Edifici e strutture aperti al pubblico destinate all'erogazione dei servizi, adibiti al commercio (centri commerciali), suscettibili di grande affollamento.

b) Opere infrastrutturali

- Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade "strategiche" provinciali e comunali non comprese tra la "grande viabilità" di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate "strategiche" nei piani di emergenza provinciali e comunali.
- Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane).
- Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza.
- Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica.
- Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.).
- Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali.
- Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione).
- Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi.
- Opere di ritenuta di competenza statale.

* * * * *

Si fornisce di seguito la tabella riassuntiva delle prescrizioni indicate per le aree attribuite alle Classi di Fattibilità Geologica all'interno del territorio comunale di Crema, riportata anche nella Tav. 12A / 12B.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

Classe	C1	C2	C3					C4	Prescrizioni	
Sottoclasse			3a	3b	3c	3d	3e			
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione dovrà essere preceduto da specifiche indagini geologiche, dirette e/o indirette, finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico del sito di intervento, dettagliatamente analizzato e descritto all'interno di una relazione geologica, a firma di tecnico abilitato iscritto all'Albo. Riferimenti normativi: D.M. 14-01-08, D.M. 16-01-96 e relativa c.m. 65-97, D.M. 11-03-88 e relativa c.m. 30483-88.
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Indagini geologico-tecniche, dirette e/o indirette, finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo, necessario alla progettazione ed alle verifiche di sicurezza e delle prestazioni delle opere in progetto, dettagliatamente analizzato e descritto all'interno di una relazione geologico-technica o geotecnica, a firma di tecnico abilitato iscritto all'Albo. All'interno della relazione geologico-technica o geotecnica dovrà essere riportata in modo dettagliato la verifica della capacità portante dei terreni di fondazione e la valutazione relativa ai cedimenti teorici assoluti e differenziali indotti dalle opere in progetto, utilizzando il "metodo alle tensioni ammissibili" oppure il "metodo agli stati limite", in funzione del riferimento normativo adottato. Riferimenti normativi: D.M. 14-01-08, D.M. 16-01-96 e relativa c.m. 65-97, D.M. 11-03-88 e relativa c.m. 30483/88.
		X	X	X	X	X	X	X	X	In caso di interventi che prevedano la realizzazione di piani interrati, posa di almeno un piezometro per la misura del livello piezometrico della falda freatica superficiale e delle relative escursioni nel tempo, nonché l'indicazione delle metodologie utilizzate per escludere eventuali interferenze reciproche tra le acque sotterranee e le opere in progetto (impermeabilizzazioni, abbattimento della falda freatica in fase di cantiere).
					X				X	Deve essere prevista in ogni caso l'installazione di almeno un piezometro, attraverso il quale si procederà alla misurazione del livello piezometrico della falda freatica superficiale ed alla verifica delle sue variazioni nel tempo. La realizzazione delle strutture di fondazione, nonché di eventuali volumetrie interrate, che si ritiene di sconsigliare, dovrà essere accompagnata dalla descrizione, all'interno della relazione geologica obbligatoria di supporto, delle indagini volte a definire la soggiacenza minima della falda freatica superficiale all'interno dell'area in esame, nonché delle metodologie utilizzate per escludere eventuali interferenze reciproche tra le acque sotterranee e le opere in progetto.
						X				Rilievi approfonditi al fine di individuare i livelli che presentano scadenti caratteristiche geologico-tecniche, inadeguati ai sovraccarichi applicati e potenzialmente soggetti al verificarsi di cedimenti assoluti e differenziali, con conseguente diminuzione della stabilità delle opere realizzate in superficie.
						X	X			Dovranno essere effettuate accurate verifiche volte a definire lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche dello strato di riporto, valutandone natura prevalente, stato di addensamento e l'opportunità di una eventuale bonifica, nel rispetto della vigente normativa ambientale.
				X						In queste aree, che ricadono all'interno della <u>Fascia C</u> del P.A.I. oppure sono indicate come aree a rischio di inondazione ed aree potenzialmente esondabili, per la mitigazione del rischio idrogeologico dovranno essere adottati opportuni accorgimenti.
			X							Nelle aree ricadenti all'interno della <u>Fascia B</u> del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti N.T.A. del P.A.I. Nelle aree ricadenti all'interno della <u>Fascia B</u> del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, e nelle aree ricadenti in Fascia C sottese dal " <u>limite B di progetto</u> ", fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio e/o alla realizzazione di opere di miglioramento idraulico, si applicano le N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia B del PAI.

								X	<p>Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti N.T.A. del P.A.I.</p> <p>Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, si applicano le N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia A del PAI all'esterno del centro edificato di Crema.</p> <p>Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti N.T.A. del P.A.I.</p> <p>Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, si applicano le N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia B del P.A.I. all'esterno del centro edificato di Crema.</p> <p>In tutte le aree non ricadenti nella Fascia A e/o nella Fascia B del P.A.I., si applicano le N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia B del P.A.I..</p>
	X	X	X	X	X			X	<p>Aree appartenenti allo scenario PSL Z4a: la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi non è necessaria in fase di progettazione l'applicazione del 3° livello di approfondimento, fermo restando l'obbligo delle disposizioni previste per ciascuna classe di fattibilità geologica.</p>
					X	X	X		<p>Aree appartenenti allo scenario PSL Z2; al loro interno, solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione, di cui al D.d.u.o. 19904/2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo anche ad altre categorie di edifici, è obbligatoria in fase di progettazione l'applicazione del 3° livello di approfondimento, di cui alla d.g.r. 7374/2008.</p>
	X	<p>In riferimento agli edifici ed alle opere strategiche e rilevanti di nuova previsione, è obbligatoria l'analisi della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche, nel rispetto delle disposizioni del D.M. 14-01-08.</p> <p>In riferimento a tutte le altre tipologie di opere, sarà compito del tecnico incaricato, a sua discrezione e sotto la propria responsabilità, valutare la possibilità di un'analisi della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche qualora la litologia rilevata attraverso le indagini realizzate sia potenzialmente suscettibile al fenomeno.</p>							

14. CLIMATOLOGIA

14.1 PREMESSA

La climatologia dell'area cremasca si inquadra nell'ambito del più ampio settore definito dalla pianura padana; quest'ultima rappresenta, con le proprie caratteristiche generali, il contenitore di riferimento cui fanno capo le principali linee di tendenza.

Per quanto concerne le statistiche meteorologiche, il territorio padano viene ripartito nei bacini imbriferi principali, a loro volta comprendenti integralmente quelli di più corsi d'acqua suddivisi in bacini secondari che rappresentano le aree di naturale raccolta e deflusso delle precipitazioni.

L'area cremasca rientra nel vasto bacino imbrifero "Padano-Atesino", ed entro quest'ultimo in quello secondario "sinistra medio Po", cui viene attribuito un regime mediterraneo caratterizzato da estati calde e siccitose con primavere instabili e particolari caratteristiche dinamiche che determinano frequenti precipitazioni interrotte da schiarite improvvise e mutevoli cambiamenti nella direzione dei venti. Le temperature estive si presentano costantemente elevate, ed accentuata umidità, pur alternando periodi di vento e siccità.

Le più accentuate perturbazioni stagionali si verificano nel periodo autunnale, presentando talora notevole violenza e prolungandosi spesso anche nel periodo invernale; si tratta del periodo delle maggiori perturbazioni cicloniche che introducono una accentuata variabilità dei venti e delle fenomenologie derivanti, quali le persistenti nebbie intervallate da giorni sereni e limpidi cui si possono associare brinate, gelate e, talora, precipitazioni nevose.

Durante l'inverno, i venti provengono generalmente dalle direzioni nordoccidentali, subendo un rallentamento sulla pianura padana determinato dall'azione di contrasto dell'anticiclone orientale: l'aria continentale è quindi particolarmente fredda, l'umidità accentuata, con temperature talora rigide e piogge scarse; sono frequenti le nebbie, le brinate, le gelate.

Le primavere vedono prevalere circolazioni da sud-ovest in un sistema depressionario che richiama nella pianura masse d'aria umida mediterranea ed atlantica che determinano abbondanti precipitazioni.

L'estate è dominata dalle alte pressioni o da quelle livellate; esse riducono sulla pianura la circolazione delle masse d'aria e ne favoriscono il prevalente ristagno e riscaldamento con la sola eccezione di infiltrazioni di aria fresca di provenienza alpina che determinano la possibilità, prevalentemente a scala locale, di manifestazioni a carattere temporalesco anche violente.

In autunno l'area è soggetta alla circolazione atmosferica, perlopiù proveniente dai quadranti occidentali, derivante dalla ricorrente depressione mediterranea che produce l'ingresso di aria umida con andamento ovest-est con produzione di precipitazioni generalmente abbondanti.

Con particolare riferimento al territorio cremasco, l'analisi dei dati relativa ai principali elementi climatici, quali temperatura ed entità delle precipitazioni, viene qui riferita ai dati termopluviometrici della stazione di riferimento di Crema, posta a 79 m. s.l.m., della quale sono risultate reperibili le rilevazioni mensili del periodo compreso fra il 1961 ed il 1990. Risultano registrate, in corrispondenza di tale stazione, oltre alle precipitazioni, le temperature massime e minime.

Per quanto riguarda le precipitazioni, si è ritenuto opportuno completare il quadro complessivo dell'area con gli ulteriori dati registrati e forniti nella stazione pluviometrica del Naviglio Civico della città di Cremona posta in località Romanengo, localizzata quindi a qualche chilometro verso est rispetto al territorio in esame. Le registrazioni delle precipitazioni sono riferite al periodo 1986-1996 e completano pertanto quelle della stazione di Crema.

Si è fatto inoltre riferimento, per completare il quadro complessivo, ai dati ed alle relative considerazioni espresse nell'Annuario di statistiche meteorologiche dell'Istituto Centrale di Statistica (Vol. XXIII ed 1983), oltre a quanto più recentemente pubblicato in "Contributo allo studio delle acque della Provincia di Cremona", a cura di B. Loffi (Provincia di Cremona, 1996), ed allo "Studio idrogeologico della Provincia di Cremona", A.C.A. – Pitagora Editrice.

14.2 REGIME TERMICO E PLUVIOMETRICO DELL'AREA CREMASCA

Sulla base dei dati relativi alle temperature ed alle precipitazioni reperiti e riportati nelle fonti bibliografiche espresse in premessa, è stato possibile fornire le tabelle ed elaborare i grafici di seguito indicati:

- All. 1: Tabella A: Media delle temperature (°C) e delle precipitazioni mensili (mm.) registrate alla stazione di Crema nel periodo 1961-1990.
- All. 2: Tabella B: Precipitazioni totali annue (mm.) registrate alla stazione di Crema nel periodo 1961-1990.
- All. 3: Grafico A: Precipitazioni medie mensili (mm.) registrate a Crema nel periodo 1961-1990.
- All. 4: Grafico B: Precipitazioni totali annue (mm.) registrate a Crema nel periodo 1961-1990.
- All. 5: Tabella C: Precipitazioni mensili espresse in mm. registrate al pluviometro di Romanengo nel periodo 1986-1996.
- All. 6: Grafico C: Precipitazioni medie mensili (mm.) registrate a Romanengo nel periodo 1986-1996.

- All. 7: Grafico D: Precipitazioni totali annue (mm.) registrate a Romanengo nel periodo 1986-1996.
- All. 8: Grafico E: Regime termico medio (°C) alla stazione di Crema nel periodo 1961-1990.
- All. 9: Tabella D: Temperature medie e massime/minime assolute registrate a Cremona nel periodo 1974-1993.
- All. 10: Grafico F: Temperature medie annue registrate a Cremona nel periodo 1974-1993.
- All. 11: Grafico G: Diagramma dei venti al suolo a Cremona riferito alle medie del quinquennio 1968-1977.
- All. 12: Grafico H: Diagramma dei venti al suolo a Milano Linate: frequenza percentuale e velocità media in m/sec (anno 1982).
- All. 13: Tabella E: Altri fenomeni meteorologici (neve – rovesci – temporali – grandine – brina – rugiada – nebbia) registrati nel corso del 1982 negli aeroporti di: 1) Piacenza – S. Damiano, 2) Bergamo – Orio al Serio, 3) Brescia – Ghedi, 4) Milano – Linate.

14.3 REGIME PLUVIOMETRICO

Dall'analisi dei valori medi mensili delle precipitazioni registrati alla stazione di Crema nel trentennio 1961-1990, si rilevano valori piuttosto omogenei nei primi mesi dell'anno, con un graduale aumento delle quantità di pioggia nella stagione primaverile, ove si raggiunge un primo massimo relativo in maggio seguito dal minimo relativo di luglio e da una ulteriore marcata crescita dei valori ad agosto, quest'ultima dovuta ai frequenti eventi temporaleschi che possono prolungarsi anche a settembre. I primi mesi dell'autunno sono caratterizzati dalle più elevate precipitazioni, con il massimo assoluto ad ottobre e le abbondanti precipitazioni di novembre seguite dal valore minimo assoluto di dicembre.

Nel lungo periodo considerato, il regime delle precipitazioni medie mensili registrate conferma le considerazioni generali espresse in premessa.

Risulta inoltre significativa la notazione che il valore delle precipitazioni medie massime registrate nel periodo autunnale risulta pressoché doppio rispetto a quello dei periodi più siccitosi, che si rilevano nei periodi di dicembre-gennaio e di giugno-luglio (All. 1 – 3).

In ordine alle precipitazioni totali annue del trentennio considerato (All. 2-4), risulta che i valori registrati alla stazione di Crema sono decisamente variabili, passando da un minimo di 569 mm. nel 1967 ad un massimo di 1.585 mm. nel 1977; il valore medio del trentennio è di 914,5 mm.

Si rileva inoltre che gli andamenti delle precipitazioni totali annue del periodo considerato hanno fatto rilevare periodi di precipitazioni inferiori ed altri con valori superiori e particolarmente elevati rispetto a quelli medi. Si possono a questo proposito segnalare, nel primo caso, il

quinquennio 1967÷71, con un valore medio di 750,4 mm., e, nel secondo, il periodo 1097÷80, con un valore medio di 1.196 mm.

Le precipitazioni registrate a Romanengo nel periodo 1986-1996, evidenziate agli all. 5, 6, 7, manifestano, relativamente ai valori medi delle precipitazioni mensili (All. 6), sia pure nel più breve e diverso periodo di riferimento rispetto a quelli di Crema (All. 3), un trend analogo per quanto riguarda gli andamenti stagionali del fenomeno; manifestano di contro nei valori mensili alcune significative variazioni; infatti,

- i valori minimi delle precipitazioni sono stati registrati in marzo, anziché in dicembre-gennaio;
- il valore massimo relativo primaverile è anticipato ad aprile, anziché in maggio, e così pure i massimi assoluti autunnali a settembre-ottobre anziché in ottobre-novembre.

Per quanto riguarda le precipitazioni totali annue di cui all'All. 7, risulta che il valore medio degli indici annui di registrazione è pari a 935 mm. I valori risultano inferiori a quelli medi, come già rilevato per i valori riferiti a Crema nel periodo di sovrapposizione temporale dei dati in possesso delle diverse stazioni (1986÷1990), mentre si verifica un deciso aumento delle precipitazioni, con valori sempre superiori a quelli medi, nel periodo 1992÷1996 e con valori superiori a 1.000 mm. dal 1993 al 1996. Il valore massimo assoluto si è avuto nel 1994, con 1.228 mm.

14.4 REGIME TERMICO

Facendo riferimento ai dati riportati nella cartografia relativa al periodo 1926-1955, estesa a tutto il bacino del fiume Po (Ministero dei Lavori Pubblici, 1996), il settore settentrionale della provincia di Cremona risulta interessato dalla isoterma media annua di 13°C; quella del mese più caldo, luglio, è di circa 24°C e quella del mese più freddo, gennaio, è compresa fra 0° e 2°C. Attraverso i dati disponibili della stazione di rilevamento di Crema per il periodo 1961-90, di cui sono state riportate all'All. 1, Tabella A, le temperature medie mensili, è stato costruito il grafico di cui all'All. 8, che evidenzia il regime termico annuo medio. Si confermano così, anche in sede locale e per il trentennio successivo, quelli più generali già citati per il trentennio precedente con valori medi delle temperature minime di gennaio di 2,4°C e delle temperature massime medie di luglio pari a 24,6°C; la temperatura media sull'intero periodo dell'anno è di 13,2°C.

A completamento dell'analisi espressa, vengono riportati, all'All. 9 – Tabella D, i valori significativi delle temperature registrate a Cremona nel periodo 1974-1993; vi si rilevano le temperature medie annue e quelle massime e minime assolute.

All'All. 10, Grafico F, si evidenzia l'andamento delle temperature medie annue del ventennio considerato. Gli scostamenti più significativi rispetto al valore medio del ventennio, di 13,2°C, sono quello relativo al 1981 (di 15°C) e quello del 1985 (di 12,1°C).

14.5 CARATTERISTICHE ANEMOMETRICHE

In assenza di dati rilevati in sede locale, vengono forniti i principali elementi relativi alla stazione di Cremona (All. 11 – Grafico G); questi sono riferiti ai valori registrati in un periodo piuttosto breve e lontano nel tempo; si tratta infatti dei valori del vento al suolo riferiti alla media del quinquennio 1968-1972, espressa attraverso la frequenza percentuale dei giorni di vento provenienti dalle direzioni indicate. I valori più elevati della frequenza sono attribuiti a venti orientali e occidentali con prevalenza dei primi; le percentuali danno il 23% per i venti provenienti da est ed il 18% per quelli da ovest. Le calme sono rappresentate dal 18%, in larga misura attribuibili alle stagioni estiva e invernale.

L'intensità del vento è generalmente bassa, con valori che raramente raggiungono i 16 Km/h e solo sporadicamente superano i 35 Km/h. Le punte massime delle raffiche di vento sono comunque contenute al di sotto dei 100 Km/h e sono attribuite ai venti di NE e SE.

Viene inoltre fornito (All. 12) per ulteriore informazione il grafico degli andamenti del vento al suolo in corrispondenza dell'aeroporto di Milano Linate (Aeronautica) forniti dall'Annuario di Statistiche Meteorologiche (Vol. XXIII, ed. 1983). I dati utilizzati nell'elaborazione del grafico (All. 12 – Grafico H) rappresentano la media delle rilevazioni anemometriche giornaliere del 1982 (3 al giorno, per un totale di n° 1.095 rilevazioni nell'arco di un anno) trasformate per comodità in frequenza percentuale, oltre alla velocità media del vento proveniente dalle direzioni indicate, espressa in m/sec.

Si individuano le maggiori frequenze percentuali per i venti da SO (12,3%), seguiti da quelli da E (9,7%); le calme presentano un valore elevato, pari al 57,9%. Per quanto riguarda la velocità, si registra che, mediamente, i valori più elevati sono quelli relativi al IV° quadrante, con 10 m/sec (36 Km/h) da NE e 7 m/sec (25,2 Km/h) da N e da O.

14.6 ALTRI FENOMENI METEOROLOGICI

Vengono fornite all'All. 13 – Tabella E – le indicazioni relative ai fenomeni meteorologici di altra natura, quali neve, rovesci, temporali, grandine, brina, rugiada e nebbia, rilevati, in mancanza di dati registrati localmente, nei principali aeroporti delle località prossime a quella in esame.

I valori riportati in tabella sono espressi nell'”Annuario di statistiche meteorologiche” (Vol. XXIII ed. 1983) ed indicano la frequenza in giorni dei fenomeni verificatisi nel corso del 1982 negli aeroporti di 1) Piacenza – S. Damiano, 2) Bergamo – Orio al Serio, 3) Brescia – Ghedi, 4) Milano – Linate.

Bibliografia:

AA.VV. (1996) - “*Contributo allo studio delle acque della Provincia di Cremona*” – a cura di Bruno Loffi, Provincia di Cremona, Cremona.

BERETTA G.P., FRANCANI V., FUMAGALLI L. (1992) – “*Studio Idrogeologico della Provincia di Cremona*” – Collana Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale – Pitagora Editrice, Bologna.

E.R.S.A.L. (1985) – “*Censimento delle strutture di rilevamento meteorologico in Lombardia*” – Milano.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI – SERVIZIO IDROGRAFICO (1966) – “*Carta delle temperature medie annue vere in Italia: Trentennio 1926-1955*” - Roma.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI – SERVIZIO IDROGRAFICO (1959) – “*Precipitazioni medie mensili annue e numero di giorni piovosi per il trentennio 1921-1959: bacino del Po*” – Pubbl. n° 24/12, Roma.

ISTITUTO CENTRALE DI STATISTICA (1985) – “*Annuario di statistiche meteorologiche*” – vol. XXIII ed. 1983, Roma.

OTTONE C., ROSSETTI R. (1980) – “*Condizioni termopluviometriche in Lombardia*” – Atti Ist. Geologia Univ. Pavia, Vol. XXIX, Pavia.

Cremona, giugno 2011

Dott. Geol. Giuseppe Malerba

ALLEGATO 1

TABELLA A

MEDIA DELLE TEMPERATURE (°C) E DELLE PRECIPITAZIONI (mm.) MENSILI REGISTRATE ALLA
STAZIONE DI CREMA NEL PERIODO 1961-1990

	Temperatura °C	Precipitazioni (mm.)
G	2,4	63
F	5,2	68
M	9,2	77
A	13,2	82
M	18,2	95
G	20,6	68
L	24,6	61
A	23,1	91
S	19	73
O	14,9	100
N	7	91
D	3,7	59

13,575
Media annua

ALLEGATO 2

TABELLA B

PRECIPITAZIONI TOTALI ANNUE (mm) REGISTRATE ALLA STAZIONE DI CREMA NEL PERIODO 1961-1990

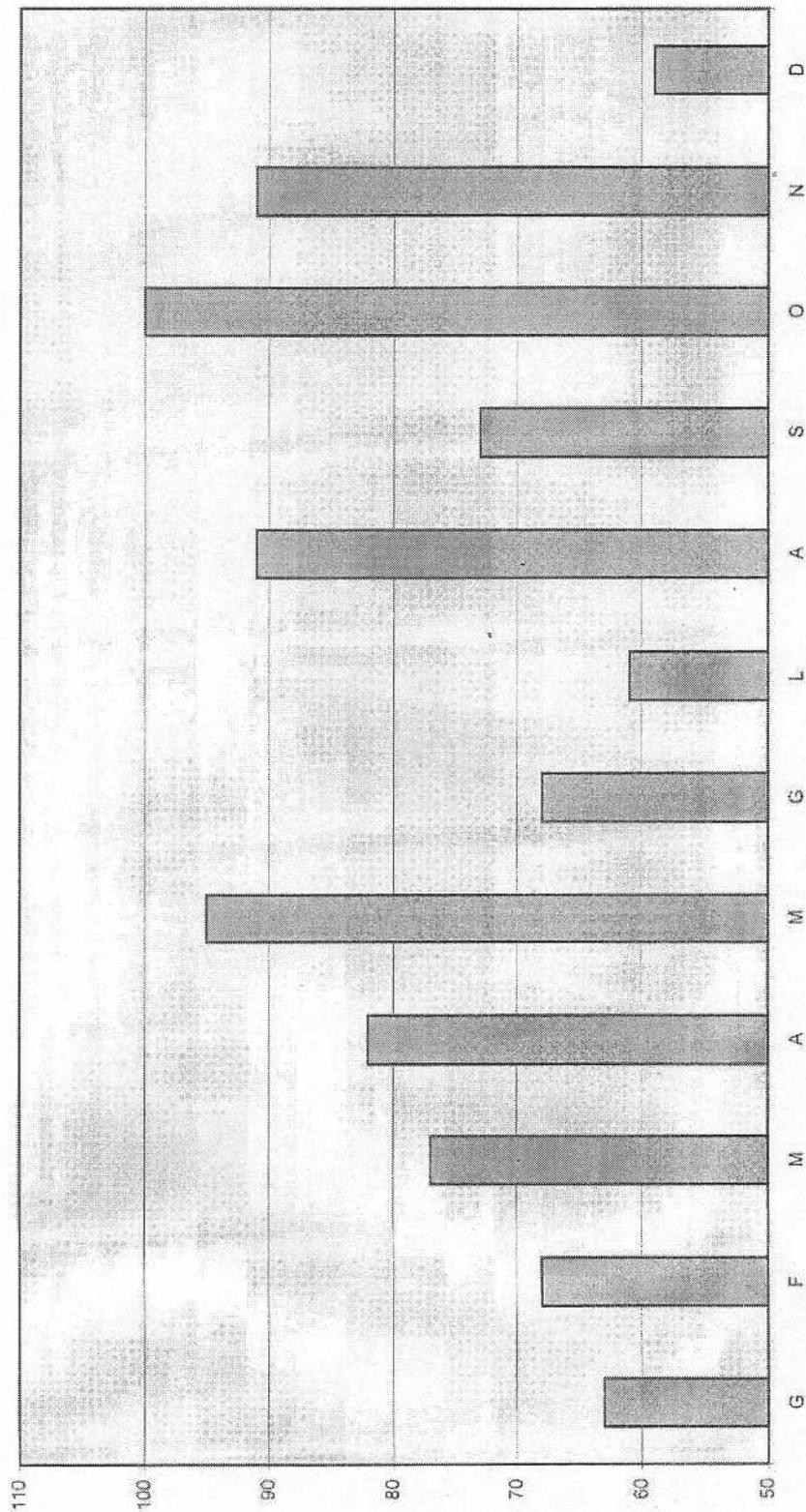
Anno	mm.
1961	670
1962	800
1963	975
1964	923
1965	780
1966	1.030
1967	569
1968	923
1969	690
1970	817
1971	753
1972	1.161
1973	953
1974	720
1975	1.310
1976	923
1977	1.585
1978	1.060
1979	1.290
1980	1.010
1981	969
1982	1.200
1983	870
1984	1.138
1985	870
1986	690
1987	840
1988	785
1989	640
1990	640

Media tot. = mm. 919,5

ALLEGATO 3

GRAFICO A

Precipitazioni medie mensili (mm.) registrate a Crema nel periodo 1961-1990

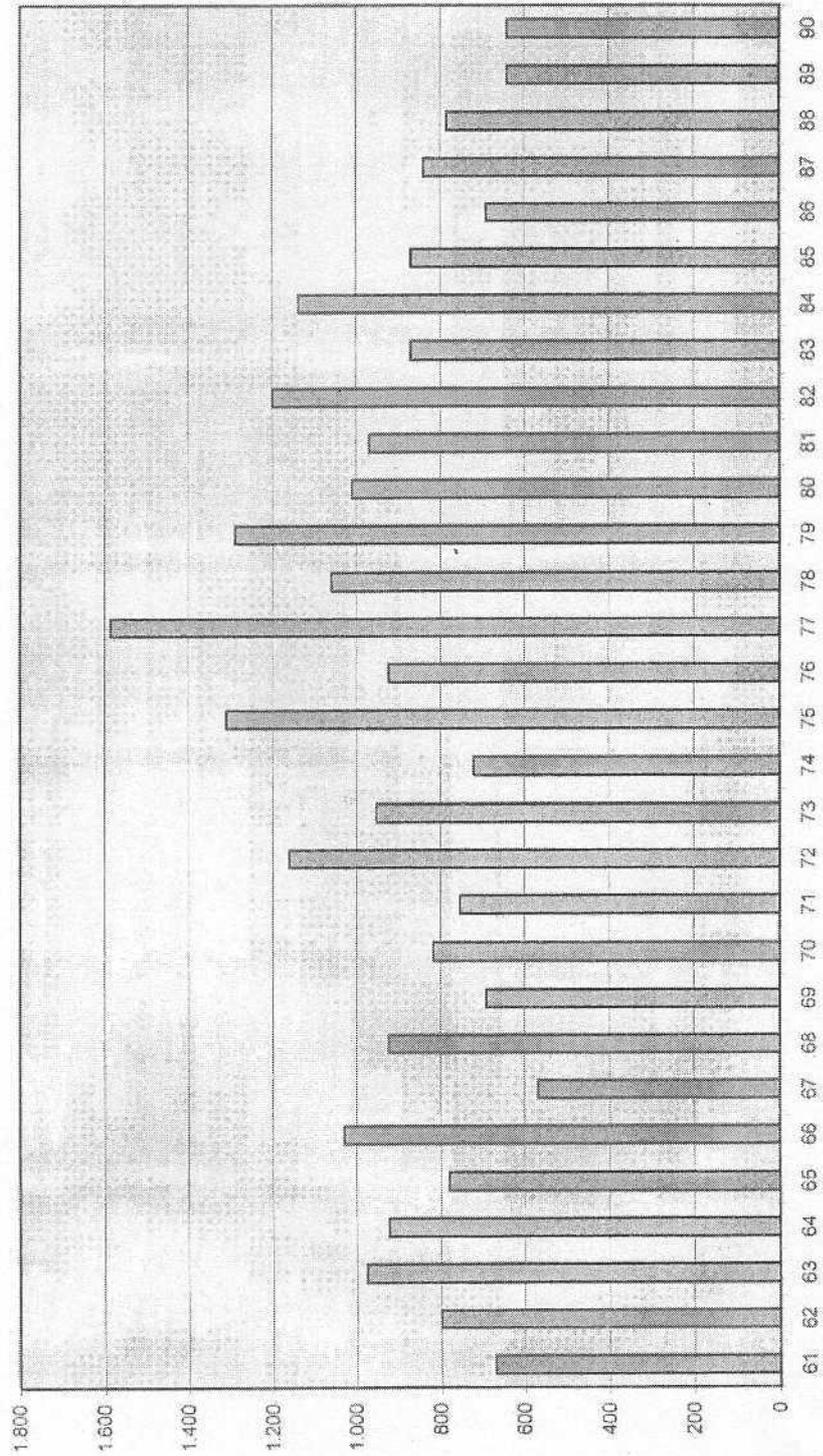


dr. geol. Giuseppe Malerba

ALLEGATO 4

GRAFICO B

Precipitazioni totali annue (mm.) registrate a Crema nel periodo 1961-1990



dr. geol. Giuseppe Malerba

ALLEGATO 5

TABELLA C

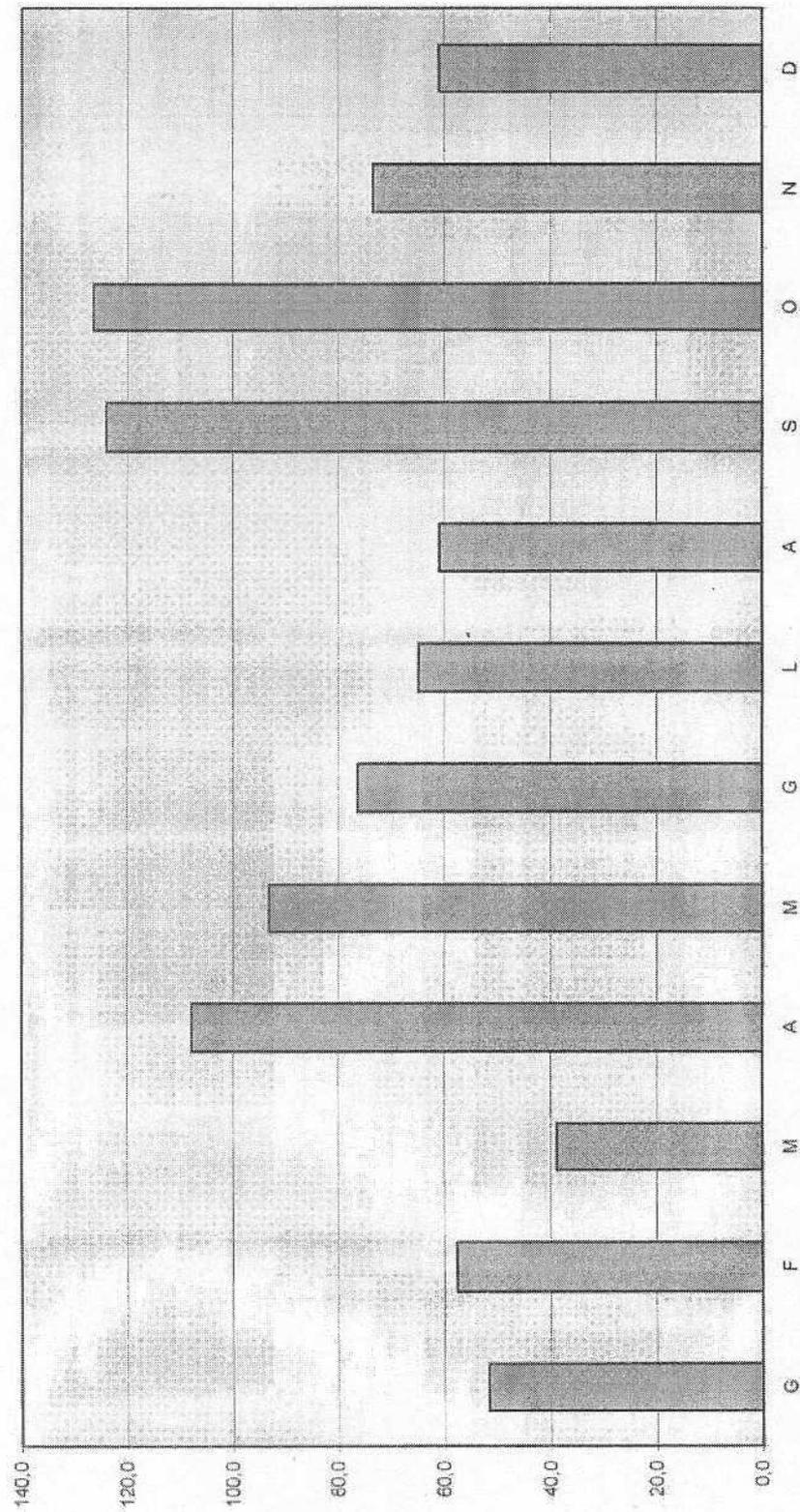
Precipitazioni mensili espresse in mm. registrate al pluviometro di Romanengo nel periodo 1986-1996

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot. Annuo
1986	62	129	27	117	75	86	28	63	64	12	55	24	742
1987	0	175	24	94	133	43	56	95	59	137	43	64	923
1988	101	20	28	82	106	122	72	94	14	211	8	62	920
1989	1	48	58	215	14	99	85	75	69	35	31	9	739
1990	25	18	64	117	217	73	27	31	3	120	69	73	857
1991	66	0	45	65	92	26	20	5	95	151	72	0	657
1992	27	35	11	129	56	134	98	49	66	219	35	94	953
1993	3	0	111	95	27	54	65	34	273	213	109	38	1022
1994	65	40	14	93	101	64	60	121	381	67	161	71	1228
1995	40	103	31	73	161	125	161	6	245	39	53	78	1113
1996	179,0	66,0	15,0	96,0	42,0	13,0	41,0	97,0	95,0	186,0	150,0	160,0	1140,0
MEDIE	51,7	57,6	38,9	107,8	93,1	76,3	64,8	60,9	124,0	126,4	73,3	61,0	

ALLEGATO 6

GRAFICO C

Precipitazioni medie mensili (mm.) registrate a Romanengo nel periodo 1986-1996

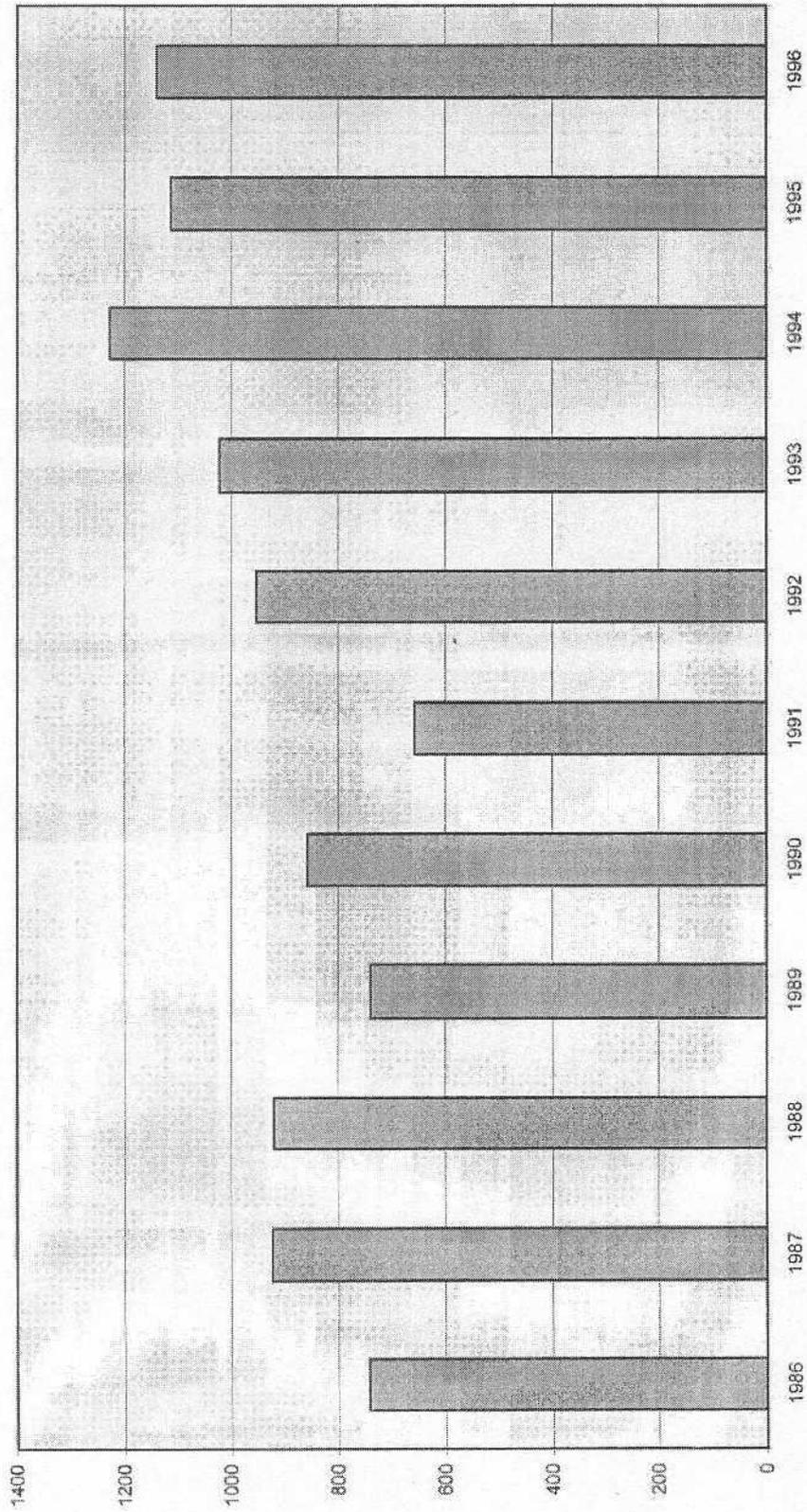


dr. geol. Giuseppe Malerba

ALLEGATO 7

GRAFICO D

Precipitazioni totali annue (mm.) registrate a Romanengo nel periodo 1986-1996

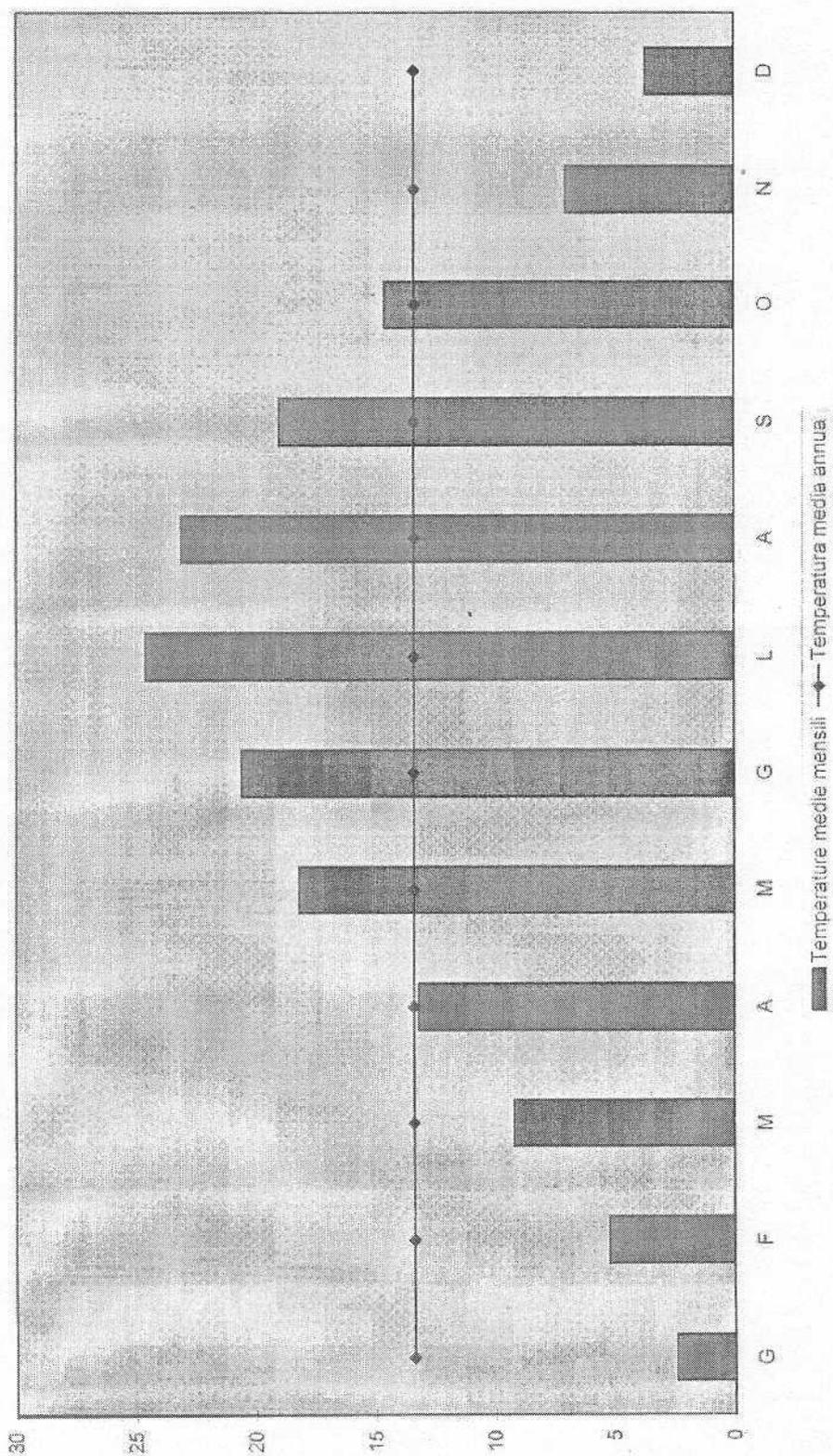


dr. geol. Giuseppe Malerba

ALLEGATO 8

GRAFICO E

Regime termico medio (°C) alla stazione di Crema nel periodo 1961-1990



dr. geol. Giuseppe Malerba

ALLEGATO 9

TABELLA D

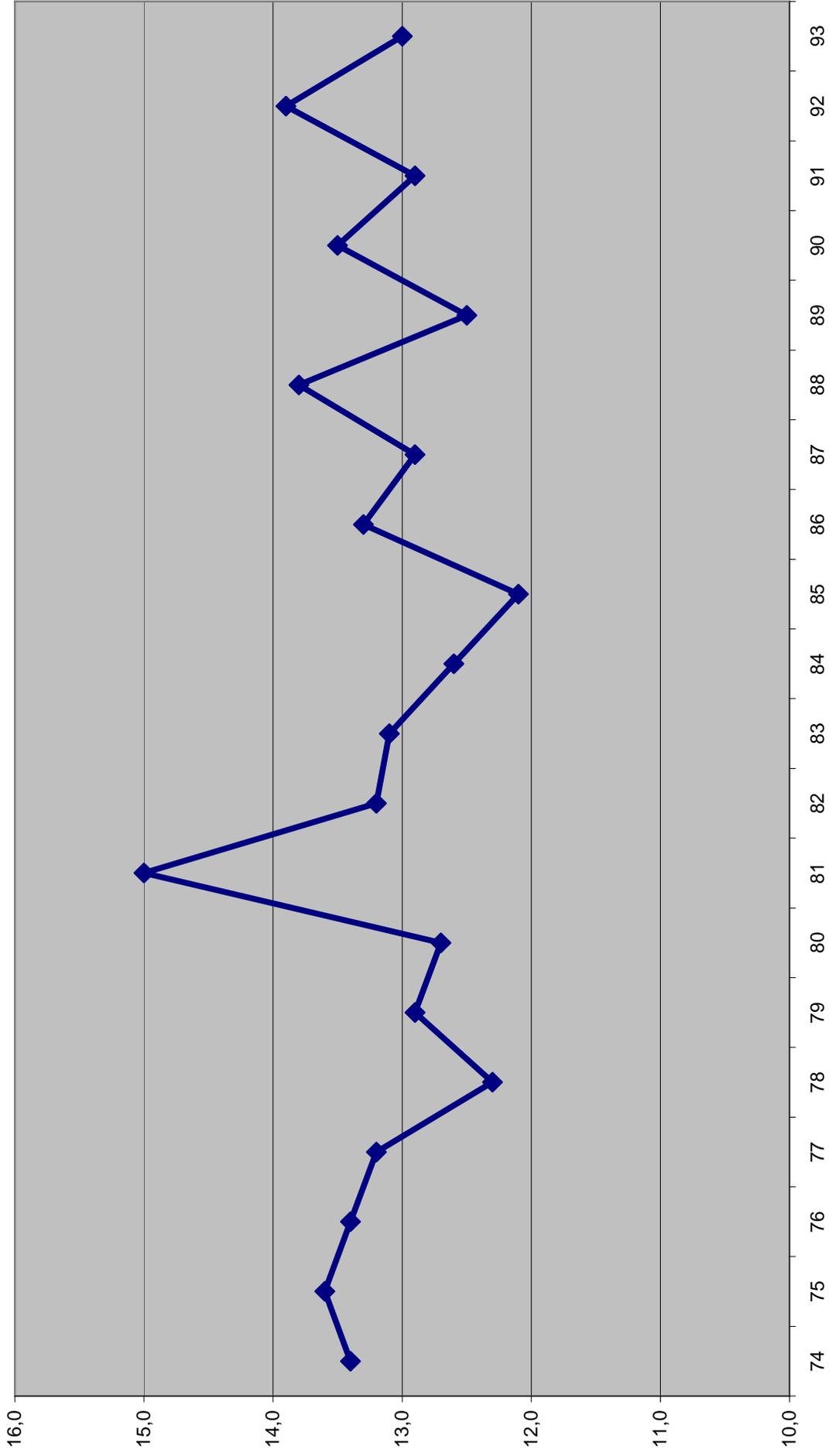
Temperature medie e massime/minime assolute registrate a Cremona nel periodo
1974-1993

Anno	Temperature medie	Temperature assolute	
	Medie	massime	minime
1974	13°4	33°8	-4°5
1975	13°6	33°8	-3°4
1976	13°4	33°4	-5°
1977	13°2	32°8	-8°4
1978	12°3	32°	-4°5
1979	12°9	32°4	-8°
1980	12°7	33°4	-10°
1981	15°	33°5	-7°8
1982	13°2	34°5	-4°
1983	13°1	33°	-4°5
1984	12°6	30°8	-5°
1985	12°1	32°5	-16°
1986	13°3	31°5	-6°5
1987	12°9	33°	-11°
1988	13°8	33°6	-5°
1989	12°5	32°	-4°
1990	13°5	32°5	-5°
1991	12°9	32°	-11°
1992	13°8	33°2	-4°5
1993	13°	32°5	-6°
Media	13°2	33°8	-6°7

ALLEGATO 10

GRAFICO F

Temperature medie annue registrate a Cremona nel periodo 1974-1993

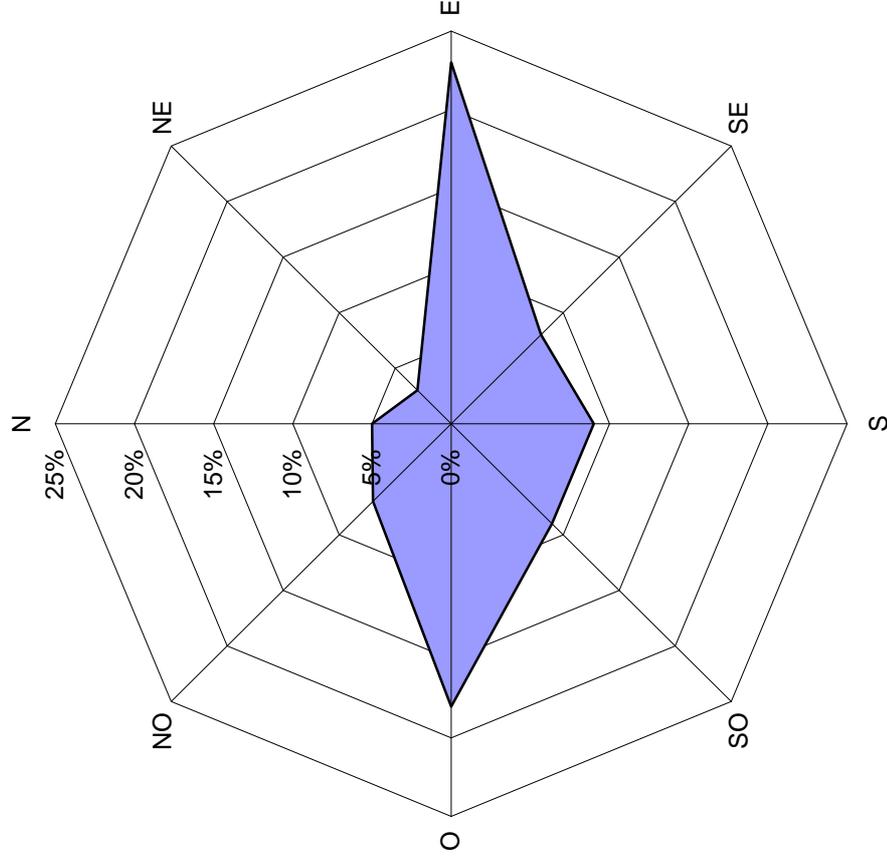


dr. geol. Giuseppe Malerba

ALLEGATO 11

GRAFICO G

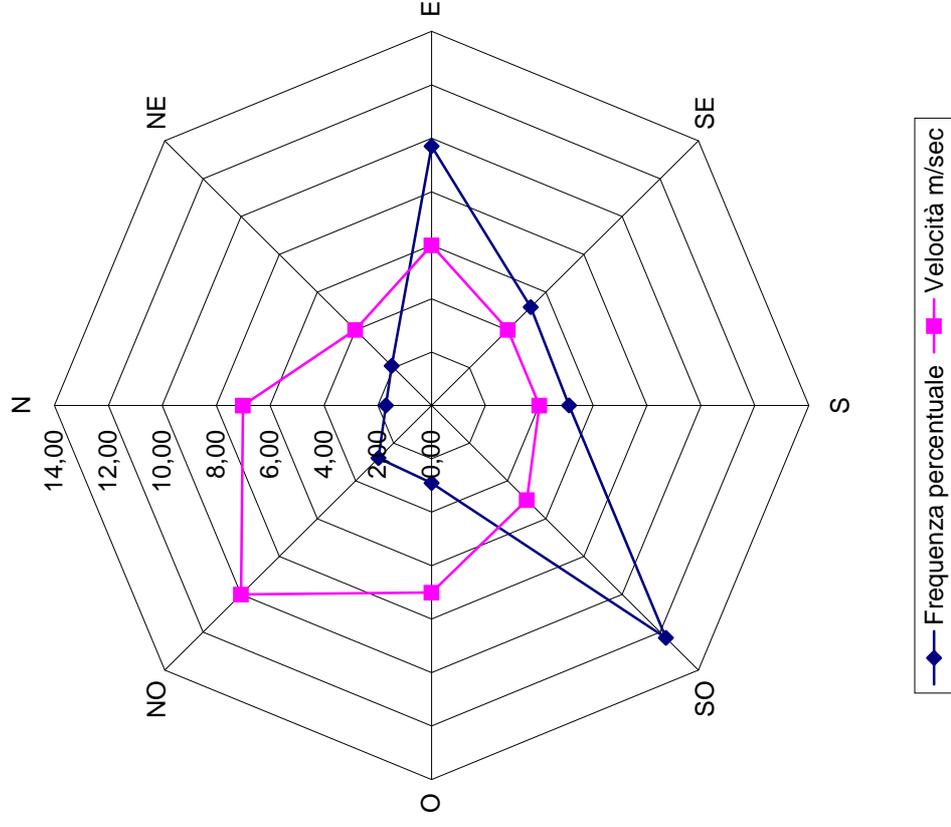
Diagramma dei venti al suolo a Cremona riferito alle medie del quinquennio 68/77 (frequenza percentuale dei giorni di vento - calme = 18%)



ALLEGATO 12

GRAFICO H

Diagramma dei venti al suolo a Milano Linate: frequenza percentuale e velocità media in m/sec per direzione di provenienza - calme 57,9% (anno 1982)



dr. geol. Giuseppe Malerba

ALLEGATO 13

TABELLA E

ALTRI FENOMENI METEOROLOGICI (FREQUENZA IN GIORNI)

	(1)	(2)	(3)	(4)	MEDIA
Neve	10	10	5	12	9
Roveschi	4	5	1	1	3
Temporali	32	44	33	34	36
Grandine	---	3	2	3	2
Brina	35	33	55	42	41
Rugiada	143	(n.r.)	163	126	144
Nebbia	87	68	93	92	85

- 1) Piacenza S. Damiano,
- 2) Bergamo Orio al Serio,
- 3) Brescia Ghedi,
- 4) Milano Linate.

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'
(Art. 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)

Il/I sottoscritto/i.....**Dott. Geol. Giuseppe Malerba**.....
nata/o a**Colico (LC)**.....il.....**11 / 08 / 1946**.....
residente a.....**Castelverde (CR)**.....in via**S. Pedrengo**.....n**21**.....
con studio professionale in**Cremona (CR)**.....via.....**Corso Garibaldi**.....n.....**95**.....
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione.....**Lombardia**..... n.....**253**.....
incaricato/i dal Comune di **Crema**(prov. ...**CR**...) con Det./Del. n..... del.....:

- di redigere uno studio completo, denominato *“Studio geologico, idrogeologico e sismico di supporto alla redazione del P.G.T. del Comune di Crema”*, datato novembre 2009, relativo alla componente geologica del Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) ai sensi della D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374 *“Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12”*

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

- di aver redatto lo studio di cui sopra conformemente alla D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374 *“Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12”* affrontando tutte le tematiche e compilando tutti gli elaborati cartografici previsti;
- di aver consultato ed utilizzato come riferimento i dati e gli studi presenti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale e presso gli archivi cartacei delle Strutture Regionali;
- di aver assegnato le classi di fattibilità geologica conformemente a quanto indicato nella Tabella 1 dei citati criteri;

DICHIARA INOLTRE

- che lo studio redatto propone aggiornamenti parziali al mosaico della fattibilità geologica in quanto aggiornamento del precedente studio geologico comunale;

ASSEVERA

- la congruità tra le previsioni urbanistiche del Piano di Governo del Territorio e le classi di fattibilità geologica assegnate considerata la relativa normativa d'uso.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Cremona, marzo 2010

Il Dichiarante

Dott. Geol. Giuseppe Malerba



Ai sensi dell'art. 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta o inviata insieme alla fotocopia, non autenticata di un documento di identità del dichiarante, all'ufficio competente via fax, tramite un incaricato, oppure a mezzo posta.

La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (art. 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'art. 37 D.P.R. 445/2000.