

Il bacino idrografico del fiume Oglio

**Caratterizzazione geografica, idrografica,
geologica e morfologica**

a cura di

Barbara Badiani, Baldassare Bacchi, Maurizio Tira





Un filo sottile, ma nitido, che unisce le attività della Fondazione Cogeme Onlus: operare per un territorio sostenibile, dove persone, società e ambiente interagiscono per la vita.

PROPRIETÀ ED UTILIZZO DEI DATI

I testi, i dati e ogni altra Documentazione contenuti in questa pubblicazione sono di proprietà esclusiva dell'Università degli Studi di Brescia e della Fondazione Cogeme Onlus. Il loro utilizzo è concesso solo se viene citata la fonte.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la preziosa collaborazione tutti coloro che hanno reso possibile questo progetto e, in modo particolare, l'ing. *Marcello Peli*, che ha collaborato per la redazione delle carte di uso del suolo, il dott. *Bruno Zonca* e la dott.ssa *Fiorella Barzaghi* per la collaborazione nella redazione dello studio geologico.

IMMAGINE DI COPERTINA

Fotografia aerea (ortofoto) del territorio del Comune di Pisogne, con l'immissione del fiume Oglio nel lago d'Iseo (per gentile concessione di Cogeme e Cogeme Informatica).

Redazione: Barbara Badiani
Progetto grafico e copertina: Pierrepi
Stampa: Eurocolor, novembre 2009

Pubblicazione stampata su carta uso mano ecologica da 80 gr
Copertina stampata su carta Fedrigoni Picnic da 300 gr

Premessa

Simone Mazzata, *segretario Fondazione Cogeme Onlus*

Lo studio pubblicato in questo volume è il frutto di un lavoro importante, commissionato alcuni anni fa dal nostro fondatore, Cogeme spa, al Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente della Facoltà di Ingegneria nell'Università di Brescia e frutto del coordinamento tra alcuni gruppi di lavoro di ricercatori e tecnici.

Nonostante questo lavoro veda la luce qualche anno dopo il suo completamento, esso mantiene intatto il suo valore documentale, l'interesse scientifico e l'utilità ai fini della gestione della risorsa idrica nel bacino del Fiume Oglio.

E' un lavoro che si inserisce perfettamente nel quadro delle iniziative di *governance* ambientale che la nostra Fondazione sta portando avanti in questi anni, e che vedono al centro della propria riflessione e progettualità un territorio inteso come un intreccio di reti sul piano delle relazioni sociali, dei servizi e delle infrastrutture e degli ecosistemi naturali.

Anche la risorsa idrica non sfugge al concetto di rete; anzi, essa è una perfetta rappresentazione fisica di un sistema di relazioni a livello superficiale e nel sottosuolo, in grado di travalicare i confini amministrativi e di disegnare spazi e territori di cui essa stessa è il legante fondamentale.

Come nel caso del bacino del fiume Oglio, che costituisce l'alveo di riferimento dei servizi di una società di Comuni come Cogeme e, sul versante del servizio idrico integrato, di Acque Ovest Bresciano 2 (AOB2), società di recente fondata dalla stessa *multiutility* bresciano-bergamasca, insieme ad altre società pubbliche ed enti locali.

Lo studio che presentiamo non è un mero esercizio teorico, per quanto prezioso e, forse, inedito per l'ampiezza dei contenuti, quanto un utile strumento a disposizione di enti pubblici e privati per affrontare in modo integrato e consapevole le problematiche di pianificazione e gestione del territorio in esame e delle sue risorse.

E non è stato, nemmeno, un tentativo sterile, concluso nel momento in cui è stata scritta l'ultima parola.

Al contrario, ha dimostrato una intensa fecondità, dando origine ad alcuni percorsi molto concreti e virtuosi, che hanno visti coinvolti Cogeme, l'Università di Brescia, le comunità locali, le istituzioni pubbliche e la nostra Fondazione in progetti finalizzati a un uso sostenibile del territorio.

Tra questi, due meritano una sottolineatura.

In primo luogo, i percorsi di pianificazione territoriale condivisa, tuttora in corso, promossi in Franciacorta, nella Pianura e nella Fascia dell'Oglio, che hanno identificato gli obiettivi locali di sostenibilità, compresi alcuni sulle risorse idriche, e che stanno producendo alcuni promettenti risultati anche sul versante del monitoraggio ambientale su scala comprensoriale.

Inoltre, con una visione strategica molto avanzata, l'importante progetto di riqualificazione ambientale della Franciacorta, finalizzato allo studio delle problematiche idrauliche connesse allo smaltimento delle acque meteoriche nel territorio franciacortino, che ha manifestato negli ultimi anni dei preoccupanti segnali di impermeabilizzazione.

Ebbene, questo progetto, grazie al presente volume, potrà essere completato con lo studio di fattibilità, che contribuirà a risolvere, attraverso la ricostituzione di un reticolo di smaltimento idraulico, i crescenti problemi di dissesto idraulico.

Questi progetti sono un segno tangibile di quanto l'alleanza tra ricerca e impresa possa fare bene per il futuro di un territorio, tenendo conto delle legittime necessità di sviluppo, ma ponendo una grande attenzione alle risorse naturali e agli ecosistemi, attraverso un approccio sistemico, nel quale ogni elemento è connesso agli altri e da ciascuno di essi dipende.

Sommario

<i>Pag. 7</i>	PREMESSA (S. Mazzata)
<i>Pag. 9</i>	SOMMARIO
<i>Pag.13</i>	INTRODUZIONE
<i>Pag.17</i>	PARTE PRIMA IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME OGLIO: IDENTIFICAZIONE TERRITORIALE E STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE VIGENTI
<i>Pag.19</i>	1.1 Verso una nuova geografia dello spazio: il territorio delle reti tecnologiche (B.Badiani)
<i>Pag.23</i>	1.2 Elementi di conoscenza: l'uso del suolo (B.Badiani) 1.2.1 L'area bresciana nel contesto lombardo 1.2.2 L'ambito fisico 1.2.3 I servizi a rete e le infrastrutture
<i>Pag.27</i>	1.3 L'uso del suolo (B.Badiani) 1.3.2 La legenda del programma corine LAND-COVER 1.3.3 L'uso del suolo per il territorio del bacino del fiume Oglio
<i>Pag.35</i>	1.4 Le esperienze di pianificazione in lombardia orientale (M.Tira)
<i>Pag.43</i>	PARTE SECONDA RELAZIONE GEOLOGICA (A.CLERICI)
<i>Pag.45</i>	2.1 Considerazioni iniziali
<i>Pag.46</i>	2.2 Inquadramento litologico 2.2.1 Depositi superficiali 2.2.2 Formazioni del substrato
<i>Pag.68</i>	2.3 Inquadramento geomorfologico
<i>Pag.73</i>	2.4 Inquadramento tettonico
<i>Pag.75</i>	2.5 Studio geologico della Franciacorta 2.5.1 Inquadramento geologico 2.5.1.1 <i>Stratigrafia</i> 2.5.1.2 <i>Depositi sciolti</i> 2.5.1.3 <i>Substrato roccioso</i>

- 2.5.1.4 Tettonica
- 2.5.1.5 Anfiteatro morenico sebino
- 2.5.1.6 Cordoni morenici
- 2.5.1.7 Anfiteatro morenico di Paratico
- 2.5.1.8 Carta idrogeologica
- 2.5.2 Unità idrogeologiche del substrato
 - 2.5.2.1 Sezioni idrogeologiche
 - 2.5.2.2 Fonti di inquinamento

<i>Pag.109</i>	PARTE TERZA DEFINIZIONE DELL'ANDAMENTO DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME OGlio (B.BACCHI, M.PILOTTI)
<i>Pag.111</i>	3.1 La caratterizzazione fisica del territorio
<i>Pag.114</i>	3.2 Criteri seguiti nella identificazione dello spartiacque superficiale e nella elaborazione della informazione geomorfologica associata
<i>Pag.122</i>	3.3 Bacino del f.Oglio prelacuale
<i>Pag.123</i>	3.4 Identificazione dello spartiacque superficiale tra f. Oglio post-lacuale e f. mella
<i>Pag.124</i>	3.5 Rete idrografica superficiale principale
<i>Pag.126</i>	3.6 Criteri seguito nella identificazione dello spartiacque profondo
<i>Pag.128</i>	3.7 I termini del bilancio idrico
<i>Pag.133</i>	3.8 Il modello matematico
<i>Pag.136</i>	3.9 La geometria del dominio di moto e la sua parametrizzazione
<i>Pag.141</i>	3.10 Parametri idraulici dell'acquifero
<i>Pag.145</i>	3.11 Applicazione e valutazione del modello proposto
<i>Pag.149</i>	3.12 Singolarità piezometriche sull'area
<i>Pag.151</i>	3.13 Definizione dello spartiacque profondo
<i>Pag.152</i>	3.14 Conclusione
<i>Pag.153</i>	BIBLIOGRAFIA PARTE PRIMA
<i>Pag.154</i>	BIBLIOGRAFIA PARTE SECONDA
<i>Pag.156</i>	BIBLIOGRAFIA PARTE TERZA
<i>Pag.159</i>	FIGURE

Pag.207 APPENDICE 1

Pag.219 APPENDICE 2

Pag.269 APPENDICE 3

Gli autori

Baldassare BACCHI

Ordinario di costruzioni idrauliche e marittime e idrologia nell'Università di Brescia

Barbara BADIANI

Ricercatore di Tecnica e pianificazione urbanistica nell'Università di Brescia

Alberto CLERICI

Associato di Geologia applicata nell'Università di Brescia

Marco PILOTTI

Associato di idraulica nell'Università di Brescia

Maurizio TIRA

Ordinario di Tecnica e pianificazione urbanistica nell'Università di Brescia

Introduzione

Lo scopo del presente studio è quello di pervenire a una identificazione e caratterizzazione geo-litologica, idraulica e territoriale del bacino del Fiume Oglio, chiuso a monte della confluenza col suo secondo maggiore affluente, cioè il F. Mella. Lo studio è di interesse della società Cogeme spa di Rovato (BS) che opera come gestore del ciclo idrico integrato proprio nell'ambito di questo territorio. L'interesse si giustifica in quanto l'unitarietà geografica di un bacino costituisce il legante fondamentale della circolazione idrica superficiale e sotterranea e, frequentemente, rappresenta elemento imprescindibile di unità politica e sociale connessa agli usi comuni del territorio. Le stesse arterie di comunicazione trovano ostacoli spesso insormontabili nel passaggio da una unità idrografica all'altra, e le acque, per ovvie ragioni, nell'ambito di un dato bacino costituiscono l'elemento connettivo tra i territori di monte e quelli di valle.

Il territorio amministrativo tradizionale, quello degli Enti locali che si sono consolidati nella nostra storia e che – soprattutto i comuni – sono stati e sono luogo di decisioni sugli assetti dello spazio, si confronta con il territorio delle reti.

Ciò ha sempre costituito un tema stimolante di ricerca: le reti, infatti, disegnano spazi di connessione e non di contiguità fisica, più difficili da trattare, ma spesso più forti nella relazione della stessa continuità.

Strade e linee di trasporto disegnano oggi nuove prossimità con velocità un tempo sconosciute. Reti tecnologiche e telematiche sostituiscono processi e abitudini come non si era mai verificato in passato.

Se a ragione la pianificazione può essere definita come “azione di definizione di strumenti di gestione dell'uso del suolo al fine di assicurare una relazione *equilibrata* tra l'ambiente naturale e i suoi abitanti”, ciò è massimamente evidente nel confronto con impianto e gestione delle reti.

L'energia, l'acqua, i rifiuti, lo scambio di informazioni assumono forma fisica, quindi ambiti e contesti geografici; ma sono soprattutto degli *spazi gestionali*.

In quanto ambiti geografici, non sempre sono coincidenti (sempre meno invero) con gli ambiti amministrativi: la logica infatti non è fisico-storica, ma soprattutto economico-tecnologica.

Per l'urbanista è noto il significato cruciale della *significatività dell'area oggetto di pianificazione*. Situazione auspicabile sarebbe allora la coincidenza del confine amministrativo con quello di ambito con significato urbanistico. Ciò è però nei fatti situazione eccezionale, stante la generalizzata non attualità delle motivazioni che hanno prodotto il confine amministrativo (Busi e Tira, 2001).

Nella sovrapposizione tra le maglie territoriali dei due territori, quello naturale e quello amministrativo-gestionale, sembra coerente solo la più antica delle istituzioni locali: il Comune.

Esistono certamente delle convenienze economiche variegata e quindi delle spinte impiantistiche che sono più forti della volontà di coordinamento.

È quindi di nuovo in gioco la dinamica locale-globale ma con una pluralità di attori che chiede di poter disegnare una nuova maglia di connessioni e – gestendole – di interloquire anche con chi governa a livello più alto le articolazioni del territorio (massimamente le regioni).

Per queste ragioni, con convenzione di ricerca, stipulata in data 27 aprile 2001, la società Cogeme spa affidava al Dipartimento di Ingegneria Civile (oggi Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente - DICATA) sotto la responsabilità scientifica dei Proff. *Maurizio Tira* e *Baldassare Bacchi*, uno studio dell'area di interesse mirato alla:

- identificazione territoriale e alla analisi degli strumenti di pianificazione vigenti;
- caratterizzazione geologica, geo-litologica e geomorfologica;
- caratterizzazione idrologico-idraulica del bacino superficiale e, soprattutto, sotterraneo.

Lo studio è stato condotto in coordinamento fra tre gruppi di lavoro operanti all'interno del DICATA e un gruppo costituito da tecnici di Cogeme, che ha fornito gli elementi cartografici e documentali essenziali per molte delle elaborazioni condotte. Altre informazioni sono state acquisite direttamente attraverso indispensabili sopralluoghi sul territorio, oppure attraverso la raccolta e l'elaborazione di dati idrometeorologici pubblicati sugli Annali del Servizio Idrografico Italiano o tramite altre fonti.

Il risultato di circa un anno di lavoro è sintetizzato nei successivi capitoli, dei quali il primo è dedicato agli aspetti territoriali e di pianificazione. Sinteticamente sono trattati: l'uso del suolo, gli strumenti della pianificazione territoriale ed i principi per un lettura del territorio pianificato.

Il secondo riporta la relazione geologica con l'inquadramento litologico, quello geomorfologico e quello tettonico. Un paragrafo a parte è dedicato all'area sublacuale del bacino, orientativamente comprendente i territori della Franciacorta e le prospicienti pianure fluvioglaciali.

Il terzo capitolo, infine, riguarda la definizione dell'andamento idrografico. Questo è stato condotto con criteri di tipo geografico-morfologico nella sua parte montana, mentre per la zona di pianura sono stati necessari approfondimenti che hanno fatto ricorso ai più moderni criteri di descrizione della circolazione dell'acque negli acquiferi della piana.

Il lavoro complessivo può costituire un utile strumento per gli Enti pubblici e privati che abbiano interesse nelle problematiche di pianificazione e

gestione del territorio in esame e delle sue risorse.

Seppur la pubblicazione esca qualche anno dopo il completamento del lavoro, essa mantiene intatto il suo valore documentale e di prospettiva per la gestione del territorio del bacino, e quindi l'interesse scientifico e applicativo dello studio condotto. Tale studio potrebbe essere foriero di vari ritorni pratici sia per il committente sia per i consorzi irrigui sia per gli enti territoriali preposti al governo del territorio.

A testimonianza di ciò, a qualche anno dalla conclusione dello studio, la Fondazione Cogeme Onlus ha attivato tre percorsi di identificazione degli obiettivi locali di sostenibilità (in Franciacorta e nella Pianura e nella Fascia dell'Oglio, ora conclusi, i cui esiti sono stati pubblicati in questa stessa collana) e sta portando avanti un'esperienza di monitoraggio a scala sovracomunale degli effetti delle scelte di pianificazione dei Piani di Governo del Territorio.

Barbara Badiani
Baldassare Bacchi
Maurizio Tira

Brescia, luglio 2009

PARTE PRIMA

**Il bacino idrografico del fiume Oglio:
identificazione territoriale e strumenti di
pianificazione vigenti**

1.1 Verso una nuova geografia dello spazio: il territorio delle reti tecnologiche

Che valenza scientifica può avere un lavoro di caratterizzazione territoriale ed ambientale per l'ambito nel quale e per il quale le Società Cogeme sono nate ed attive? A questa domanda si potrebbe rispondere molto facilmente, ma in modo forse semplicistico, rimandando agli interessi disciplinari più tradizionali delle analisi territoriali, all'importanza degli approcci multisettoriali, all'impostazione di matrice positivista che ha trovato ampissima diffusione nelle esperienze, ormai oggetti di revisioni critica, del *problem solving* applicato alla gestione del territorio.

In questo modo, tuttavia, si perderebbe un'importante occasione di riflessione offerta dal fatto che sia stato proprio un ente, come Cogeme, che si occupa di servizi di pubblica utilità, a richiedere un tale tipo di studio e di approfondimento.

Il punto di partenza è molto chiaro: l'interesse per la comprensione del contesto nel quale La Società si sente fortemente radicata, per la sua storia, per il tipo di attività che svolge e per le modalità con le quali ha intessuto rapporti e relazioni. Questo interesse rimanda immediatamente al ruolo che Cogeme ha per tale contesto e che diventa lo spunto per toccare temi più generali che riguardano, appunto, le tendenze in atto nella gestione del territorio.

Cogeme pianifica, progetta e gestisce servizi con l'obiettivo di garantire "la continuità, l'affidabilità e l'ampliamento dei servizi erogati, ricercando la piena soddisfazione del cliente ed il miglioramento delle prestazioni ambientali e dei livelli di sicurezza",¹ e si pone come uno degli attori e portatori di interessi principali nella realtà locale.

Si rinnova una questione cruciale per chi tratta temi relativi al territorio, inteso nella sua accezione più ampia di contesto ambientale antropizzato, ovvero comprendere il peso, il ruolo, e le dinamiche tra i differenti attori, e le modalità con le quali tali dinamiche entrano nei giochi delle relazioni e in che modo si possano controllare, con l'obiettivo di trovare le forme di azione più efficaci di gestione territoriale.

Da un lato si è tutti concordi nell'affermare che progetti di infrastrutture,

¹ Come si dichiara nel codice etico della Società Cogeme. Fonte: Codice etico, documento approvato dal Consiglio di Amministrazione di Cogeme Gestioni srl il 10 luglio 2006

siano pure servizi di pubblica utilità, sono anche progetti di territorio. Lo sono in virtù del fatto che, molto banalmente, vanno ad interferire con risorse ambientali, sulle quali incidono a diverso livello. Ma lo sono anche perché la loro propria dimensione di rete è in grado di creare connessioni, non semplicemente visive, ma piuttosto strutturali, oltre che fisiche, tra luoghi, o nodi, serviti. Ed ancora di più perché la loro esistenza o la loro progettazione può diventare uno strumento con cui indirizzare o inibire lo sviluppo del sistema antropico.

Dall'altro, i servizi vanno ad agire su un contesto nel quale le pluralità di comportamenti e di pratiche non sono solo il determinante delle esigenze alle quali cerca di fare fronte, ma anche la causa per cui possono nascere tensioni e competizione.

In questo contesto di apparente ambiguità, che non è altro che un'esemplificazione della natura della comunità locale con cui si deve entrare in contatto nella gestione del territorio, ovvero "un insieme di attori indipendenti che entrano temporaneamente in relazione tra loro su base assolutamente volontaria",² l'importanza della conoscenza del contesto assume un peso particolare. Il territorio e le sue risorse sono proprio il luogo di confronto, scambio, scontro tra attori: soggetti privati, singoli, associati, pubblici.

La conoscenza del contesto ha, nei fatti, diversi risvolti, dalle informazioni sulle esigenze alle quali si vuole rispondere, alla costruzione di "quadro di riferimento" di partenza utile ad orientare le decisioni strategiche ed operative, alla conoscenza delle tendenze ed opportunità che possono determinare le scelte più efficaci.

Ma nel sistema di relazioni che si riscontra nella realtà attuale è evidente che la conoscenza debba andare oltre il semplice "quadro di riferimento", attraverso il quale il singolo attore desume esigenze ed opera scelte.

Un primo aspetto rilevante è quello relativo alla definizione del confine dell'ambito di interesse. Nel modello di rete è insita l'assenza del concetto di limite. Una rete, per sua natura, può essere estesa "all'infinito" e questo comporta l'attenzione ad ambiti di area vasta.

In questa prospettiva l'esperienza italiana delle analisi territoriali è molto ampia. A partire dai primi tentativi di pianificazione legati ad ambiti di comprensorio,³ fino alle esperienze di pianificazione intercomunale e di

² A.Bagnasco, M.Barbagli, A.Cavalli, Corso di sociologia, Il Mulino, Bologna, 1997

³ In Lombardia, ad esempio, si era istituito, con la L.r. 52/1975, il livello comprensoriale, non tanto integrativo, quanto sostitutivo delle Province con un proprio organo amministrativo e proprie competenze. Nei fatti, tuttavia, si rivelò un approccio fallimentare, non tanto per una

area vasta, un comune denominatore che ha caratterizzato l'impostazione di molti degli studi conoscitivi è stato quello di porsi come obiettivo l'individuazione di invarianti che consentissero di giustificare la definizione di obiettivi comuni.

Nei fatti, tuttavia, queste esperienze hanno mostrato numerosi limiti, tra i quali proprio nell'impostazione delle analisi che riuscivano a restituire soltanto un quadro statico del contesto e senza dare le informazioni necessarie per comprendere i meccanismi in grado di definire le potenzialità e le opportunità, ovvero i reali motori di sviluppo sui quali calibrare le scelte strategiche.

L'approfondimento conoscitivo non può limitarsi, dunque, alla descrizione meccanica di ciò che è possibile riconoscere all'interno di un confine e classificarlo in base a caratteri comuni, piuttosto deve cercare di individuare meccanismi attraverso ai quali ipotizzare scenari di trasformazione.⁴

Nel caso specifico del lavoro di ricerca qui descritto, si è scelto di partire dalla caratterizzazione di un territorio dal punto di vista geo-morfologico ed idrogeologico e di inquadrarlo rispetto agli strumenti di pianificazione vigenti, in modo da cogliere l'interazione dinamica e gli effetti urbanistici con la componente idrogeologica e geo-morfologica.

Un secondo aspetto riguarda le relazioni che si instaurano tra i diversi attori. Possono essere le più svariate e si configurano sempre come un momento nel quale sia istituzionalmente che informalmente, si vengono ad assumere decisioni che riguardano beni comuni.

Nella pratica di gestione del territorio il modello decisionale prevalente, ad eccezione di alcune esperienze rare, è da sempre quello nel quale l'obiettivo finale è il raggiungimento di uno "sviluppo equilibrato", come se si potesse individuare uno stato ottimale univoco fondato su relazioni compatibili ed efficienti tra attività umane e risorse ambientali.⁵

Questo stato poteva essere individuato a partire da adeguate basi conoscitive ed era descritto da obiettivi di qualità, il più delle volte resi effettivi da indicatori quantitativi (come gli standard urbanistici).

Una riflessione sulle esperienze, già in parte trasferita nei più recenti provvedimenti normativi nel campo della pianificazione territoriale, ha mostrato come questo percorso risulti inadeguato nella definizione di scelte

errata valutazione della domanda di riorganizzazione territoriale, bensì per il carattere velleitario della risposta istituzionale, e venne abrogato.

⁴ Nella Valutazione ambientale strategica di piani e programmi si è ora resa esplicita la necessità di identificazione di scenari alternativi.

⁵ G.Zucconi, *La città contesa*, Jaca Book, Milano 1989

applicate ad un contesto dove gli obiettivi da raggiungere sono controversi, dal momento che si vada ad operare su beni comuni con la certezza di non poter trovare soluzioni che massimizzino il profitto di tutti; dove i mezzi e gli strumenti metodologici con i quali raggiungerli sono ambivalenti; dove la scelta tra la definizione di una struttura molto rigida e vincolistica, rispetto ad uno schema generale libero di prendere forma in base alle naturali direzioni di sviluppo che ci si aspetta che nascano spontanee dal sistema locale non è mai del tutto acquisita.

I punti deboli sono legati non tanto ai metodi di analisi, che hanno ormai raggiunto un elevato grado di raffinatezza, grazie anche all'introduzione dei GIS, ma al fatto che come già specificato ciò che interessa non è tanto la fotografia dello stato di fatto, quanto piuttosto la possibilità di decifrare condizioni e tendenze, che facilitino l'individuazione di opportunità e rischi per il territorio, il tutto nella crescente difficoltà a riconoscere gli aspetti rilevanti della società locale e le tendenze in atto.

È in quest'ottica che si ritiene ulteriormente rilevante l'interesse di Cogeme per il territorio. Che significato ha l'efficienza nella gestione di un servizio pubblico?

Come calibrare il diritto di tutto l'accesso ai beni primari (per tutti l'acqua) e le logiche economico-impiantistiche?

Come integrare sviluppo economico e sostenibilità ambientale?

Come integrare i "territori delle reti" con i territori amministrativi degli Enti locali?

Non si tratta soltanto di scegliere le tecnologie più appropriate per limitare l'impatto sull'ambiente, aspetto per altro di fondamentale importanza e richiesto in tutte le normative vigenti, quanto piuttosto di inserirsi in modo cosciente nel sistema relazionale responsabile delle trasformazioni del territorio e della forma del contesto nel quale si opera, così da raggiungere economie di scala nella gestione dei servizi.

Questo comporta prendere in carico il compito non solo di progettare, realizzare e gestire servizi pubblici, ma anche di partecipare al percorso di formazione di strumenti di pianificazione di livello locale e sovra locale con un ruolo consapevole al quale si possono attribuire anche obiettivi di formazione del consenso, di creazione di connessioni condivise e di facilitazione nella definizione di indirizzi che hanno come oggetto il territorio.

1.2 Elementi di conoscenza: l'uso del suolo

1.2.1 L'area bresciana nel contesto lombardo

Nel sistema territoriale lombardo ritroviamo una realtà socio-economica storicamente consolidata, particolarmente ricca di espressioni sociali, culturali produttive, fortemente integrata per quanto concerne la sua strutturazione fisica e la sua articolazione insediativa.

Tra le caratteristiche principali e peculiari di quest'ambito territoriale, caratterizzato da un livello di "integrazione" funzionale e di "efficienza" complessiva particolarmente significativo si possono evidenziare (Nova, 1994):

l'organizzazione e l'integrazione di un tessuto produttivo, diversificato ma al contempo organicamente costituito nel suo insieme, in termini sia settoriali, sia di dimensione di impresa, sia di modalità e di stadio di sviluppo;

la qualificazione del sistema dei servizi, fortemente interconnesso al sistema industriale e di interesse per l'intera collettività nazionale;

l'articolazione dell'armatura urbana, significativamente interconnessa in una rete unitaria e in grado di valorizzare le specificità locali;

il grado di infrastrutturazione, complessivamente qualificato, anche se endemicamente insufficiente a sopportare la crescente domanda di mobilità di persone e merci.

1.2.2 L'ambito fisico

Sotto il profilo fisico l'area oggetto di studio ripete in scala minore l'articolazione del sistema lombardo e settentrionale italiano: da un lato la sussistenza di ampie zone con caratteristiche omogenee da un punto di vista morfologico ed ambientale, dall'altro l'esistenza di un unico bacino idrografico di riferimento.

D'altra parte il sistema insediativo è connotato da evidenti relazioni di complementarietà tra centri ed aree urbane e tra zone montane e zone di pianura.

Di tale stretto grado di correlazione fisico-insediativa si è fatto interprete lo stesso legislatore nazionale, che ha provveduto, con la legge 183/1989, a definire un nuovo ambito di pianificazione e programmazione ai fini del riequilibrio idrogeologico ed ambientale, il bacino idrografico.

Nondimeno, all'interno del sistema territoriale padano, nel settore centro-orientale si riscontra la presenza di numerosi poli urbani, di popolazione e di livello gerarchico intermedio, con più diffusa distribuzione nel territorio (spicca su tutti la conurbazione bresciana).

Gli insediamenti sono prevalentemente concentrati nelle aree prossime al limite pedemontano (zone pedéalpine), dove si sono storicamente ubicate le principali sedi di attività produttive extra-agricole, determinando anche uno sviluppo, assai rilevante, delle aree urbanizzate.

La parte centrale della pianura, a vocazione agricola, presenta livelli di densità urbanizzativa e di infrastrutturazione molto più ridotti, conservando anche un modello di "gerarchia" urbana tuttora leggibile nella sua matrice storica (Nova, 1994).

Il territorio del bacino del fiume Oglio può essere articolato, per quanto concerne l'uso del suolo, in tre grandi ambiti, che presentano connotazioni fisico-morfologiche caratterizzazione economico-produttiva ed evoluzione storica molto differenziate.

Tali differenze si inquadrano in situazioni più generali, già rilevabili al livello padano.

La parte settentrionale, prevalentemente montuosa ed estendentesi sino alla linea pedemontana, un numero limitato di centri urbani di una certa dimensione, mentre i restanti comuni presentano dimensioni demografiche assai più ridotte e spesso dell'ordine di poche centinaia di abitanti. I comuni principali sono situati lungo le aree di fondovalle e sono caratterizzati da una relativamente maggiore accessibilità dal resto della regione e da un ruolo di servizio per un bacino di gravitazione locale.

Salvo che nel caso di alcuni importanti centri turistici, il basso livello di accessibilità condiziona in misura rilevante le dinamiche di sviluppo degli insediamenti: non trascurabile risulta infatti la crescita delle parti più prossime ai centri urbani della pianura, dove sono pure presenti attività di

tipo industriale ed artigianale.

La fascia centrale del territorio, collinare o di alta pianura, si caratterizza per la presenza di insediamenti abitati e produttivi in un ambiente con ancora diffusi caratteri di naturalità. Questa fascia di territorio, che attraversa in senso trasversale tutta la regione, si estende tra il grande corridoio infrastrutturale autostradale a sud e la linea pedemontana a nord.

La porzione meridionale del territorio si caratterizza nettamente per la prevalente vocazione agricola, in ragione di un'elevatissima produttività di questa attività conseguente alla particolare fertilità del suolo e al secolare lavoro di ottimizzazione delle rete irrigua.

In questo ambito territoriale, fortemente connotato per le sue caratteristiche agrarie, si riscontra pertanto un'ancora significativa "gerarchia" urbana, retaggio di una tradizione di insediamenti storicamente collegati all'agricoltura; peraltro questa gerarchizzazione del sistema insediativo sembra anche qui in progressivo offuscamento a causa delle più recenti tendenze localizzative, in particolare di attività industriali (progressivamente ed ampiamente diffuse nel territorio della pianura, ma senza un legame specifico con il peso demografico dei diversi centri abitati) (Nova, 1994), ma anche di aree residenziali di pregio in accoglimento della domanda di crescita legata al polo urbano di Brescia.

1.2.3 I servizi a rete e le infrastrutture

Tra le componenti determinanti l'organizzazione del territorio lombardo va richiamata l'articolazione della rete di mobilità, prevalentemente accentrata sull'area milanese, dove converge sia le rete dei trasporti ferroviari, sia la rete della viabilità di grande comunicazione.

Le linee ferroviarie che fanno capo a Milano costituiscono, nel loro insieme e con l'esclusione della linea del Brennero, la rete fondamentale di livello nazionale, che interessa pertanto in modo diretto il territorio lombardo.

Ad essa si raccordano poi linee di interesse regionale (quali la Lecco-Bergamo-Brescia e la Iseo-Edolo).

Per quanto concerne la rete stradale, al nodo milanese si attesta con una forte sovrapposizione con la principale direttrice ferroviaria l'autostrada Torino-Milano-Bergamo-Brescia-Venezia (da est ad ovest).

Si possono in sintesi mettere in evidenza almeno tre tipologie di forme di "integrazione territoriale":

a livello regionale, per il quale è possibile riconoscere un'elevata integrazione funzionale anche tra i diversi ambiti territoriali sopra indicati e tra i diversi sottosistemi urbani locali, con una forte polarizzazione per le attività di servizio superiore e raro soprattutto verso l'area milanese; a quest'ultima fanno infatti riferimento tutti i centri regionali (la stessa area bresciana fruisce di importanti servizi dell'area milanese, anche se non trascurabili motivi di "interesse" sono rivolti verso centri extra-regionali oltre che - per vari motivi e con diversi gradi di intensità - verso centri ubicati in tutta Italia ed anche in Stati esteri);

i "capoluoghi" territoriali (sia in senso amministrativo, che più in generale di funzionalità territoriale), per i quali è facilmente individuabile una rilevante forma di interazione (più o meno complessa, a seconda dei casi) tra i principali comuni e le aree limitrofe, sia nel senso della continuità urbanizzativa sia in quello di distribuzione di attività e servizi;

gli "assi di conurbazione", che interessano anche comuni non singolarmente caratterizzati dalla presenza di "funzioni centrali" ma che hanno visto crescere nel tempo significative forme di integrazione funzionale interna e di specializzazione produttiva oltre che di contiguità urbanistica (si vedano, con varie connotazioni specifiche, le aree della Brianza, di Legnano-Busto-Gallarate, della bassa Val Seriana, della Val Trompia, ecc) (Nova, 1994).

1.3 L'uso del suolo

Nel 1990 il Consiglio Europeo decide di creare un network di misure ed analisi per l'ambiente. Così l'Agenzia Europea per l'Ambiente istituisce l'ETC on Land Cover, un progetto che si propone di ottenere un data set di copertura del suolo che può essere utilizzato per numerose e differenti applicazioni che hanno una connessione con l'ambiente: monitoraggio ambientale, misura della biodiversità, creazione di corridoi ecologici, inventario delle risorse naturali, mappa delle aree sensibili all'erosione, all'inondazione, agli incendi, all'inquinamento tossico, alla desertificazione, alla acidificazione, all'eutrofizzazione, alla verifica dell'impatto sull'ambiente delle infrastrutture umane.

Il progetto è condotto dalla compagnia svedese SATELLUS che ha già una notevole esperienza nel campo della gestione di sistemi satellitari.

ETC on Cover Land si costituisce come consorzio di 16 paesi europei che si organizzano per aderire al progetto, in modo da raccogliere i dati nei singoli paesi secondo un protocollo che li renda applicabili in campi anche molto diversi.

Nell'ambito delle attività del consorzio ECT on Cover Land, nel 1985, viene avviato il programma CORINE che significa 'Coordinating Information on the Environment'. Si tratta di un progetto prototipo che si applica, tra le altre cose alla raccolta ed analisi della copertura del suolo.

Le tipologie di copertura del suolo sono suddivise in 44 categorie ed ulteriormente specificate in classi. La scala di rappresentazione dei risultati è 1:100.000.

Questo database si basa sull'interpretazione di immagini satellitari e di fonti di informazioni sussidiarie raccolte da fonti nazionali (GISCO). I dati vengono aggiornati ogni 6 mesi e sono attualmente a disposizione per molti dei paesi Europei. L'aspetto di maggiore interesse del progetto è quello di consentire indagini a larga scala, basate su indicatori omogenei e monitorati in modo continuo per un periodo di tempo sufficientemente lungo, rendendo molto efficaci le comparazioni tra differenti aree.

Nel caso di studio del territorio del bacino del fiume Oglio i dati di uso del suolo sono ricavati dalla lettura delle foto aeree, dall'analisi delle restituzioni cartografiche più recenti e dalla verifica della copertura del suolo contenuta nella carta tematica della Regione Lombardia. E sono rappresentati adottando la legenda unificata del progetto CORINE (sotto riportata) per adeguarsi ad uno standard ormai diffuso di rappresentazione. L'indagine ha come scopo quello di rilevare in tutto il territorio, distinto in ambiti urbani ed extraurbani, i diversi usi e le diverse funzioni che ne determinano l'assetto attuale.

1.3.1 La legenda del programma CORINE LAND – COVER

In tabella 1 è riportata la legenda del progetto CORINE utilizzata per la rappresentazione dei dati rilevati per l'area in studio.

Tabella 1 – *Legenda del progetto CORINE LAND COVER*

Territori modellati artificialmente
1.1. Zone urbanizzate
1.1.1. Tessuto urbano continuo. Spazi strutturati dagli edifici e dalla viabilità. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente occupano più dell'80% della superficie totale. La vegetazione non lineare e il suolo nudo rappresentano l'eccezione. Sono qui compresi cimiteri senza vegetazione. Anche gli abitati a sviluppo lineare saranno classificate come tessuto urbano continuo (o discontinuo se le aree non sono congiunte) se la larghezza delle costruzioni che fiancheggiano la strada, compresa la strada stessa, raggiunge al massimo i 75 m e a condizione che la superficie totale superi i 25 ha. Tessuto urbano discontinuo. Spazi caratterizzati dalla presenza di edifici. Gli edifici, la viabilità e le superfici a copertura artificiale coesistono con superfici coperte da vegetazione e con suolo nudo, che occupano in maniera discontinua aree non trascurabili. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente coprono dall'50 all'80% della superficie totale. Si dovrà tenere conto di questa densità per le costruzioni localizzate all'interno di spazi naturali (foreste o spazi erbosi). Questa voce non comprende: le abitazioni agricole sparse delle periferie delle città o nelle zone di coltura estensiva comprendente edifici adibiti a impianti di trasformazione e ricovero; le residenze secondarie disperse negli spazi naturali o agricoli. Comprende invece cimiteri senza vegetazione.
1.2 Zone industriali, commerciali e reti comunicazione
1.2.1. Aree industriali o commerciali. Aree a copertura artificiale (in cemento, asfaltate o stabilizzate per esempio in terra battuta), senza vegetazione, che occupano la maggior parte del terreno (più del 50% della superficie). La zona comprende anche edifici e/o aree con vegetazione. Le zone industriali e commerciali ubicate nei tessuti urbani continui e discontinui sono da considerare solo se si distinguono nettamente dall'abitato. (Insieme industriale di aree superiore a 25 ha con gli spazi associati: muri di cinta, parcheggi, depositi, ecc.). Le stazioni ferroviarie centrali delle città fanno parte di questa categoria, ma non i grandi magazzini integrati in edifici di abitazione, i sanatori, gli stabilimenti termali, gli ospedali, le case di riposo, le prigioni ecc. 1.2.2. Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori. Larghezza minima da considerare: 100 m. Autostrade, ferrovie, comprese le superfici annesse (stazioni, binari, terrapieni, ecc.) e le reti ferroviarie più larghe di 100m che penetrano nella città. Sono qui compresi i grandi svincoli stradali e le stazioni di smistamento, ma non le linee elettriche ad alta tensione con vegetazione bassa che attraversano aree forestali.

1.2.3. Aree portuali. Infrastrutture delle zone portuali compresi i binari, i cantieri navali e i porti da diporto. Quando i moli hanno una larghezza inferiore ai 100 m, la superficie dei bacini (d'acqua dolce o salata) delimitati dagli stessi è da comprendere nel calcolo dei 25 ha. 1.2.4 Aeroporti. Infrastrutture degli aeroporti: piste, edifici e superfici associate. Sono da considerare solo le superfici che sono interessate dall'attività aeroportuale (anche se alcune parti di queste sono utilizzate occasionalmente per agricoltura – foraggio). Di norma queste aree sono delimitate da recinzioni o strade. In molti casi, l'area aeroportuale figura sulle carte topografiche a grande scala (1:25.000 e 1:50.000). Non sono compresi i piccoli aeroporti da turismo (con piste consolidate) ed edifici di dimensioni molto piccole.
1.3. Zone estrattive, discariche e cantieri
1.3.1. Aree estrattive. Estrazione di materiali inerti a cielo aperto (cave di sabbia e di pietre) o di altri materiali (miniere a cielo aperto). Ne fanno parte cave di ghiaia, eccezion fatta, in ogni caso, per le estrazioni nei letti dei fiumi. Sono qui compresi gli edifici e le installazioni industriali associate. Rimangono escluse le cave sommerse, mentre sono comprese le superfici abbandonate e sommerse, ma non recuperate, comprese in aree estrattive. Le rovine, archeologiche e non, sono da includere nelle aree ricreative. 1.3.2. Discariche. Discariche e depositi di miniere, industrie e collettività pubbliche. 1.3.3. Cantieri. Spazi in costruzione, scavi e suoli rimaneggiati.
1.4. Zone verdi artificiali non agricole
1.4.1. Aree verdi urbane. Spazi ricoperti di vegetazione compresi nel tessuto urbano. Ne fanno parte cimiteri con abbondante vegetazione e parche urbani. 1.4.2. Aree sportive e ricreative. Aree utilizzate per camping, attività sportive, parchi di divertimento, campi da golf, ippodromi, rovine archeologiche e non, ecc. Ne fanno parte i campi attrezzati (aree dotate intensamente di attrezzature ricreative, da picnic, ecc.). Compresi nel tessuto urbano. N.B.: sono escluse le piste da sci, da classificare, di norma, come 2.3.1. e 3.2.1.
Territori agricoli
2.1. Seminativi
Superfici coltivate, regolarmente arate, e generalmente sottoposte ad un sistema di rotazione. 2.1.1. Seminativi in aree non irrigue. Sono da considerare perimetri irrigui solo quelli individuabili per fotointerpretazione, satellitare o aerea, per la presenza di canali e impianti di pompaggio. Cereali, leguminose in pieno campo, colture foraggere, coltivazioni industriali, radici commestibili e maggesi. Vi sono compresi i vivai e le colture orticole, in pieno campo, in serra e sotto plastica, come anche gli impianti per la produzione di piante medicinali, aromatiche e culinarie. Vi sono comprese le colture foraggere (prati artificiali), ma non i prati stabili. 2.1.2. Seminativi in aree irrigue. Colture irrigate stabilmente e periodicamente grazie ad un'infrastruttura permanente (canale d'irrigazione, rete di drenaggio). La maggior parte di queste colture non potrebbe realizzarsi senza l'apporto artificiale d'acqua. Non vi sono comprese le superfici irrigate sporadicamente. 2.1.3. Risaie. Superfici utilizzate per la coltura del riso. Terreni terrazzati e dotati di canali di irrigazione. Superfici periodicamente inondate.
2.2. Colture permanenti

Colture non soggette a rotazione che forniscono più raccolti e che occupano il terreno per un lungo periodo prima dello scasso e della ripiantatura: si tratta per lo più di colture legnose. Sono esclusi i prati, i pascoli e le foreste.
2.2.1. Vigneti. Superfici piantate a vigna.
2.2.2. Frutteti e frutti minori. Impianti di alberi o arbusti fruttiferi: colture pure o miste di specie produttrici di frutta o alberi da frutto in associazione con superfici stabilmente erbate. Ne fanno parte i castagneti da frutto e i nocciuoli. I frutteti di meno di 25 ha compresi nei terreni agricoli (prati stabili o seminativi) ritenuti importanti sono da comprendere nella classe 2.4.2. I frutteti con presenza di diverse associazioni di alberi sono da includere in questa classe.
2.2.3. Oliveti. Superfici piantate ad olivo, comprese particelle a coltura mista di olivo e vite.
2.3. Prati stabili
2.3.1. Prati stabili. Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee, non soggette a rotazione. Sono per lo più pascolate, ma il foraggio può essere raccolto meccanicamente. Ne fanno parte i prati permanenti e temporanei e le marcite. Sono comprese aree con siepi. Le colture foraggere (prati artificiali inclusi in brevi rotazioni) sono da classificare come seminativi (2.1.1.).
2.4. Zone agricole eterogenee
2.4.1. Colture annuali associate a colture permanenti. Colture temporanee (seminativi o prati) in associazione con colture permanenti sulla stessa superficie, quando le particelle a frutteto comprese nelle colture annuali non associate rappresentano meno del 25% della superficie totale dell'unità.
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi. Mosaico di piccoli appezzamenti con varie colture annuali, prati stabili e colture permanenti, occupanti ciascuno meno del 75% della superficie totale dell'unità. Vi sono compresi gli "orti per pensionati" e simili. Eventuali "lotti" superanti i 25 ha sono da includere nelle zone agricole.
2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali Formazioni vegetali naturali, boschi, lande, cespuglieti, bacini d'acqua, rocce nude, ecc. importanti. Le colture agrarie occupano più del 25 e meno del 75% della superficie totale dell'unità.
2.4.4. Aree agroforestali. Colture annuali o pascolo sotto copertura arborea composta da specie forestali.
Territori boscati e ambienti seminaturali
3.1. Zone boscate
3.1.1. Boschi di latifoglie. Formazioni vegetali, costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali a latifoglie. La superficie a latifoglie deve coprire almeno il 75% dell'unità, altrimenti è da classificare bosco misto. Vi sono compresi i pioppeti e gli eucalipteti.
3.1.2. Boschi di conifere. Formazioni vegetali costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali conifere. La superficie a conifere deve coprire almeno il 75% dell'unità, altrimenti è da classificare bosco misto. Vi sono comprese le conifere a rapido accrescimento.
3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea

3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota. Aree foraggiere a bassa produttività. Sono spesso situate in zone accidentate. Interessano spesso superfici rocciose, roveti e arbusteti. Sulle aree interessate dalla classe non sono di norma presenti limiti di particelle (siepi, muri, recinti). 3.2.2. Brughiere e cespuglieti. Formazioni vegetali basse e chiuse, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erbacee (eriche, rovi, ginestre dei vari tipi, ecc.). vi sono comprese le formazioni a pino mugo. 3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla. Ne fanno parte macchie garighe. Dove le macchie sono da intendersi come associazioni vegetali dense composte da numerose specie arbustive miste su terreni silicei acidi in ambiente mediterraneo. Mentre le garighe sono associazioni cespugliose discontinue delle piattaforme calcaree mediterranee. Sono spesso composte da quercia coccifera, corbezzolo, lavanda, timo, cisto bianco, ecc. Possono essere presenti rari alberi isolati. 3.2.4 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione. Vegetazione arbustiva o erbacea con alberi sparsi. Formazioni che possono derivare dalla degradazione della foresta o da una rinnovazione della stessa per ricolonizzazione di aree non forestali.
3.3 Zone aperte con vegetazione rada o assente
3.3.1 Spiagge, dune, sabbie (più larghe di 100 m). Le spiagge, le dune e le distese di sabbia e di ciottoli di ambienti litorali e continentali, compresi i letti sassosi dei corsi d'acqua a regime torrentizio. Le dune ricoperte di vegetazione (erbacea o legnosa) devono essere classificati nelle voci corrispondenti: boschi (3.1.1., 3.1.2. e 3.1.3.), prati (2.3.1.) o aree a pascolo naturale (3.2.1.). 3.3.2. Rocce nude, falesie, rupi affioramenti. 3.3.3. Aree con vegetazione rada. Comprende le steppe xerofile, le steppe alofile, le tundre e le aree calanchive in senso lato. <i>Aree percorse da incendi.</i> Superfici interessate da incendi recenti. I materiali carbonizzati sono ancora presenti. <i>Ghiacciai e nevi perenni.</i> Superfici coperte da ghiacciai o da nevi perenni.
Zone umide
4.1. Zone umide interne
Zone non boscate, parzialmente, temporaneamente o permanentemente saturate da acqua stagnante o corrente. 4.1.1. Paludi interne. Terre basse generalmente inondate in inverno e più o meno saturate d'acqua durante tutte le stagioni. 4.1.2. Torbiere. Terreni spugnosi umidi nei quali il suolo è costituito principalmente da muschi e materiali vegetali decomposti. Torbiere utilizzate o meno.
Zone umide marittime
4.2 Zone non boscate, saturate parzialmente, temporaneamente o in permanenza da acqua salmastra o salata.
4.2.1. Paludi salmastre. Terre basse con vegetazione, situate al di sotto del livello di alta marea, suscettibili pertanto di inondazione da parte delle acque del mare. Spesso in via di riempimento, colonizzate a poco a poco da piante alofile. 4.2.2. Saline. Saline attive o in via di abbandono. Parti di paludi salmastre utilizzate per la produzione di sale per evaporazione. Sono nettamente distinguibili dal resto delle paludi per la forma regolare delle particelle e il loro sistema di argini.

4.2.3. Zone intertidali.

Superfici limose, sabbiose o rocciose generalmente prive di vegetazione comprese fra il livello delle alte e delle basse maree.

5.1 Corpi idrici

5.1. Acque continentali

5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie.

Corsi di acqua naturali o artificiali che servono per il deflusso delle acque. Larghezza minima da considerare: 100 m.

5.1.2. Bacini d'acqua.

Superfici naturali o artificiali coperte da acque.

5.2 Acque marittime

5.2.1. *Lagune.*

Aree coperte da acque salate o salmastre, separate dal mare da barre di terra o altri elementi topografici simili. Queste superfici idriche possono essere messe in comunicazione con il mare in certi punti particolari, permanentemente o periodicamente.

5.2.2. *Estuari.*

Parte terminale dei fiumi, alla foce, che subisce l'influenza delle acque.

5.2.3. *Mari e oceani.*

Aree al di là del limite delle maree più basse.

1.3.2 L'uso del suolo per il territorio del Bacino del Fiume Oglio

Si è analizzato l'uso del suolo per il territorio dei seguenti 88 comuni (riportati schematicamente in fig.1): Monno, Incudine, Edolo, Saviore d'Adamello, Corteo Golgi, Sonico, Malanno, Berzo Demo, Cevo, Paisco Loven, Cedegolo, Sellero, Capo di Ponte, Ono San Pietro, Paspardo, Cervino, Combergo, Ceto, Lozio, Ossimo, Losine, Barone, Malegno, Civate Camuno, Bienno, Piamborno, Berzo Inferiore, Prestine, Angolo Terme, Esine, Darfo Boario Terme, Gianico, Artogne, Pian Camuno, Vezza d'Oglio, Pisogne, Zone, Marone, Sale Marasino, Monte Isola, Sulzano, Polaveno, Iseo, Paratico, Corte Franca, Provaglio d'Iseo, Monticelli Brusati, Ome, Capriolo, Adro, Cazzago San Martino, Passirano, Rodendo Saiano, Paderno Franciacorta, Palazzolo sull'Oglio, Cologne, Erbusco, Coccaglio, Rovato, Pontoglio, Chiari, Urago d'Oglio, Rudiano, Castelvico, Castrezzato, Berlingo, Roccafranca, Comezzano-Cizzago, Trenzano, Maclodio, Orzinuovi, Orzivecchi, Pompiano, Corzano, Brandico, Longhena, Villachiera, Borgo San Giacomo, San Paolo, Verolanuova, Verolavecchia, Quinzano d'Oglio, Pontevico.

Le analisi condotte sul territorio in studio sono state rappresentate in una tavola tematica denominata "Uso del suolo" alla scala 1:25.000 sulla base cartografica della Carta tecnica regionale della Regione Lombardia. La tavola "Uso del suolo" viene riportata per stralci nelle figure 2, 3, 4 e 5, mentre la legenda in figura 6.

Sulla base dell'analisi dell'uso del suolo è possibile addurre alcune considerazioni che interessano alcuni ambiti particolari inclusi nel contesto del Bacino del fiume Oglio e che hanno un'attinenza con gli aspetti della idrogeologia, geologia e morfologia.

Per il territorio della Franciacorta, ad esempio, che comprende i comuni di Adro, Cellatica, Capriolo, Cazzago San Martino, Coccaglio, Cologne, Corte Franca, Erbusco, Gussago, Iseo, Monticelli Brusati, Ome, Ospitaletto, Passirano, Paratico, Provaglio d'Iseo, Rodendo Saiano, Paderno Franciacorta, Rovato, in parte sovrapponibili al territorio in studio.

Il territorio della Franciacorta è caratterizzato da coltivazioni di pregio che si sono sviluppate nell'ultimo secolo grazie alle caratteristiche fisiche e morfologiche dei suoli ed alla qualità pedologica del terreno di alcune aree che le rendono adatte per la coltivazione della vite. Così accanto a contesti interessanti dal punto di vista ambientale, ancora presenti, si trova una forte caratterizzazione legata alla tradizione colturale della vite capace di trasformare l'immagine del territorio e di valorizzarla anche per usi integrati con altri settori (principalmente turistico-ricettivo).

Tuttavia, la vicinanza al capoluogo ed al sistema delle infrastrutture viarie di maggiore importanza (la direttrice Milano-Venezia) lo rende un contesto

particolarmente appetibile dal punto di vista insediativo.

È possibile evidenziare, attualmente, una forte componente urbana, che si aggira attorno al 24% del territorio complessivo, destinata per il 20% alle attività produttive ed il restante 80% alla residenza.

Un confronto dei dati dell'evoluzione della popolazione residente e della superficie urbanizzata negli ultimi cinquant'anni ha mostrato come ad una crescita del suolo utilizzato per le urbanizzazioni pari a 5 volte il valore degli anni 1950, sia da associare una crescita della popolazione nel medesimo periodo di nemmeno 2 volte il valore di riferimento.

Una situazione che non può che andare a scapito dei contesti più sensibili che nella Franciacorta sono proprio legati alla componente fisica e naturale da un lato, ed alla componente agricola di pregio dall'altro.

Conclusioni analoghe, rispetto alla relazione tra crescita del territorio urbanizzato e crescita della popolazione, si possono evidenziare se si considerano i dati per i comuni della parte più a sud del Bacino del fiume Oglio: Borgo San Giacomo, Calcio, Capriolo, Comezzano-Cizzago, Palosoco, Pontoglio, Quinzano d'Oglio, Roccafranca, Rudiano, Urago d'Oglio e Villachiera, immersi in un contesto legato all'agricoltura estensiva. In questo caso non giocano un ruolo preminente le caratteristiche del contesto ambientale, la posizione rispetto al capoluogo ed alle infrastrutture viarie, quanto piuttosto un valore basso dei suoli agricoli ed una forte spinta alla creazione di opportunità economiche alternative all'agricoltura (ancora legate ai settori produttivi o del commercio a grande scala).

Il contesto della Val Camonica è a sua volta emblematico. Mentre la popolazione rimane pressoché invariata (cresce solo del 3% dal 1950), le aree edificate nel loro complesso aumentano di oltre 3,5 volte. Tenendo conto che le aree adatte all'edificazione in un contesto montano sono limitate alle fasce di fondovalle, l'effetto dell'urbanizzazione (in questo caso prevalentemente per destinazioni produttive) ha carattere di fortissima concentrazione.

1.4 Le esperienze di pianificazione in lombardia orientale

Dalla analisi degli strumenti di pianificazione che sono stati predisposti dai competenti Enti che governano il territorio lombardo, ed in particolare in Lombardia orientale oggetto di interesse di questo lavoro, emergono alcune considerazioni legate alla natura dei piani stessi, all'ambito territoriale interessato, e circa le scelte che i soggetti istituzionali preposti alla formazione del piano hanno via via assunto.

La lettura sintetica dei documenti di piano di tipo cartografico consente non poche considerazioni, che forniscono una chiave interpretativa originale dell'assetto territoriale in essere e di quello prefigurabile per il futuro.

La storia di cinquant'anni di pianificazione insegna che molte trasformazioni sono avvenute «fuori» se non «contro» il piano; tuttavia è innegabile il contributo di «verità» che i piani portano con sé, se non altro per il rigore che generalmente caratterizza le indagini conoscitive.

La legge urbanistica regionale della Lombardia ⁶ è stata in sostanza inapplicata per quanto concerne la pianificazione di coordinamento, malgrado o forse proprio a causa della estensione del territorio e della complessità delle realtà e dei sistemi regionali.

Il Piano territoriale regionale (PTR)

All'inizio degli anni ottanta l'Amministrazione regionale inizia il processo di *Piano Territoriale Regionale* giungendo ad un prodotto progettuale che la giunta regionale fa proprio nel 1984 ma che non è stato avviato all'iter per l'approvazione definitiva.

Tale documento prefigurava un assetto per il territorio con alcune macrostrutture poi mutate nella formulazione del PTR oggi adottato ⁷. In particolare nel 1984 si riconosceva una attrazione "milanese" dell'area bresciana, mentre nel PTR del 2009 si riconosce un dibolo Brescia-Verona, spostando il baricentro lombardo orientale.

È tuttavia necessario sottolineare che l'immagine che emerge dalla legge

⁶ L.R. Lombardia n.51/75 (ora abrogata e sostituita dalla 12/2005)

⁷ PTR approvato con d.c.r. del 6 marzo 2001 n.VII/197 e aggiornato con d.g.r. 8/6447 del 16 gennaio 2008 e d.g.r. 8/8837 del 30 dicembre 2008. Il PTR è stato rielaborato ai sensi della L.r.12/2005 ed adottato il 30 luglio 2009 con d.c.r. 874

sull'ordinamento delle autonomie locali (L. 142/90 e s.m.i.) e dalle successive ad essa collegate è connotata da un quadro di riferimento territoriale e pianificatorio non chiaramente definito, con la netta separazione tra le diverse operazioni legislative e pianificatorie a dispetto della complessità della materia e dell'esigenza di intersettorialità richieste da tali ambiti di intervento. Non è cioè chiara la modalità con cui i diversi strumenti pianificatori si debbano collocare l'uno rispetto all'altro.

La legge 142/90 ha pure modificato il ruolo pianificatori delle comunità montane, a cui spettava il compito di redigere i relativi piani territoriali di coordinamento. Infatti la legge prevede che le comunità montane adottino piani pluriennali di opere ed interventi e individuino gli strumenti idonei a perseguire gli obiettivi dello sviluppo socio-economico. Inoltre, attraverso le indicazioni urbanistiche del piano pluriennale di sviluppo, le comunità montane concorrono alla formazione del piano territoriale di coordinamento. Strettamente correlata alla pianificazione territoriale vi è quella delle aree protette, che è stata oggetto di interesse di un *Piano Generale delle Aree Regionali Protette* del 1983, contenente le norme per l'istituzione e la gestione delle riserve, dei parchi e dei monumenti naturali, nonché delle aree di particolare rilevanza naturale e ambientale, e successivamente modificato ed integrato. A tale piano avrebbe poi dovuto seguire, per ciascun Parco, il relativo piano di coordinamento. Nella maggior parte dei casi si hanno solo strumenti preliminari, con alcune eccezioni, come il Piano territoriale di coordinamento del Parco dell'Adamello, adottato nel 1992.

Uno dei principali problemi relativi alla pianificazione dei parchi riguarda la disparità giuridica tra strumenti di pianificazione d'area vasta di pari livello territoriale e portata. I PTC dei parchi sono approvati con legge, mentre gli altri strumenti di pianificazione territoriale vengono approvati con atto del Consiglio regionale.

Il PTC-legge si configura come strumento statico, essendo giuridicamente uno strumento rigido, difficile da modificare in rapporto ad esigenze insorgenti ed antitetico rispetto alle richieste operative e dinamiche di un parco. Se il PTC è lo strumento per il raggiungimento di un obiettivo, questo non può essere identificato nell'approvazione del piano, ma nel funzionamento e nello sviluppo dell'area protetta. Resta inaffrontato il nodo relativo ai rapporti tra i diversi livelli di pianificazione ed in particolare rispetto agli aspetti naturalistici e territoriali-urbanistici.

La regione ha tuttavia una lunga storia di piani di settore riguardanti i trasporti, la viabilità, le acque, le foreste, i rifiuti, l'inquinamento atmosferico e le attività estrattive, a cui hanno fatto seguito strumenti di pianificazione provinciale, in particolare per quanto riguarda i rifiuti e le cave.

Il Piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP)

La Lombardia orientale è dunque interessata da numerosi strumenti di

pianificazione, sia generali che di settore. Per la Provincia di Brescia si aggiunga il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)⁸.

Esso ha l'intento di redigere un progetto di programmazione di ampio respiro, che non derivi dalla sommatoria di una miriade di scelte locali, ma sia caratterizzato da scelte strutturali di vasta area.

L'assetto del territorio dalla lettura che si può fare oggi è infatti marcato profondamente dal processo di accrescimento per addizione continua di frange insediative, residenziali e produttive, dalla congestione di vaste fasce interessate da pesanti conurbazioni, dall'isolamento infrastrutturale di grandi ambiti orograficamente sfavoriti, dalla concentrazione di funzioni di livello superiore nel capoluogo e dalla contemporanea rarefazione delle attrezzature, pure necessarie, in altri centri urbani minori.

In questo contesto il Piano mira a stabilire le condizioni di equilibrio tra necessità di tutela paesistica ambientale e sviluppo del processo antropico, puntando ad avviare un processo di scelte che tengano conto della necessità di non consumare altre risorse inutilmente e di favorire le condizioni per realizzare una effettiva condizione di fruizione di servizi per i vari ambiti territoriali cercando al tempo stesso di superare i secolari assetti infrastrutturali, eredità storica di antiche culture contadine o comunque di livelli di civiltà ormai scomparsi.

Il PTCP persegue, inoltre, la difesa, il recupero attivo e la conoscenza della rete delle emergenze storico-culturali che costituiscono le radici insostituibili della tradizione.

Il piano orienta le scelte di assetto e sviluppo del territorio e del paesaggio bresciano attraverso la valorizzazione del paesaggio, individuando le zone di particolare interesse provinciale da proteggere, incluse le aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 e dell'art.1 della L.431/85, ed i criteri per la trasformazione e per l'uso del territorio nei limiti della compatibilità con la conservazione dei valori fisico-naturali e storico-culturali insieme alla salvaguardia e la valorizzazione del sistema ambientale con gli ambiti di pericolosità geomorfologica e idrogeologica, con indicazione dei suoli di pianura ad alto valore produttivo, con la tutela delle risorse fisiche, tra cui il suolo e le acque, e con la prevenzione dall'inquinamento e dal degrado ambientale unitamente alla localizzazione e ottimizzazione delle infrastrutture per la mobilità, per lo sviluppo dei centri di servizio, delle strutture di livello formativo ed informativo e delle aree produttive di livello

⁸ PTCP Provincia di Brescia - adottato con Delibera di GP n. 22 del 21 aprile 2004. Il PTCP è stato adeguato ai sensi dell L.r. 12/2005 con variante adottata con d.c.p. n.14 del 31 marzo 2009

sovracomunale nella visione di una Provincia policentrica.

Il PTCP indirizza lo sviluppo insediativo, con particolare riguardo a criteri di localizzazione e di dimensionamento del sistema residenziale e produttivo, dei servizi alla popolazione e per il turismo, inquadra inoltre il coordinamento della pianificazione comunale.

I Piani per la Valtellina (legge n° 102/1990)

Lo Stato Italiano a seguito delle calamità naturalistiche sconvolsero nell'estate del 1987 ampie zone della Valtellina ed altre aree limitrofe, emanò una specifica legge che mirava a promuovere la ricostruzione e lo sviluppo di questi territori.

Vennero poi stesi due piani specifici:

Piano per la difesa del suolo e il riassetto idrogeologico;

Piano di ricostruzione e sviluppo.

L'esperienza condotta con questi piani ha avuto un carattere sperimentale, anche nell'ordine di applicazione di procedure valutative dal punto di vista ambientale, ed è stata presa come esempio negli anni successivi da regioni quali il Trentino Alto Adige e la Valle d'Aosta.

Piano per la difesa del suolo e il riassetto idrogeologico della Valtellina e delle adiacenti zone delle province di Bergamo, Brescia e Como, ai sensi dell'art.3 della legge n.102/1990

Il piano, redatto in sintonia con la legge 183/1989, è stato preceduto da una fase di studio finalizzata all'individuazione delle zone maggiormente dissestate. La scala di lavoro utilizzata, anche nel grado di massimo dettaglio (1:10.000) si è tuttavia rilevata utile solamente ad un inquadramento pianificatorio ma non adatta ad una progettazione operativa di singole opere.

Il piano si è posto come obiettivo il ripristino di condizioni di sicurezza, includendo la realizzazione di nuovi edifici insieme al monitoraggio ed al divieto di costruzione nelle aree più a rischio.

Nella legge 102/90 erano state previste (art.7) dal legislatore verifiche dei piani di intervento anche dal punto di vista ambientale, con l'intento di tutelare nell'insieme il paesaggio senza tuttavia valutare l'opera specifica. Non potendo dunque disporre di tutti gli elementi di informazione ambientale idealmente utili per esprimere una valutazione completa, gli intenti della legge sono stati disattesi. Il piano altresì non può arrivare a definire le opere da realizzare ma solamente a delle indicazioni di massima

che non riescono ad entrare nel merito di una valutazione di impatto ambientale.

*Piano di ricostruzione e sviluppo della Valtellina e delle adiacenti zone delle province di Bergamo, Brescia e Como, ai sensi dell'art.5 della legge n.102/1990*⁹

Questo strumento tratta in particolare la ricostruzione e l'ammodernamento delle infrastrutture tecnologiche e della viabilità insieme al sostegno alle attività economiche, lo sviluppo dei servizi sociali, dell'istruzione ed il recupero e la conservazione del patrimonio culturale, ambientale e paesaggistico.

Il livello di dettaglio propositivo del è meno puntuale rispetto al "Piano per la difesa del suolo e il riassetto idrogeologico" e, per tale motivo, alcune azioni previste trovano già nel piano una puntuale localizzazione ma vengono rimandate ad una fase successiva.

Piano regionale delle aree protette (L.R. 86/83)

Il piano regionale delle aree protette è lo strumento urbanistico della Regione Lombardia con il quale si intende perseguire gli obiettivi della conservazione, del recupero e della valorizzazione dei beni naturali e ambientali del territorio, tenendo conto degli interessi locali in materia di sviluppo economico e sociale. Tale normativa è in corso di adeguamento.

Il piano istituisce diversi regimi normativi in rapporto alle diverse tipologie di aree protette individuate:

per i parchi (naturali e di cintura metropolitana) è prevista la redazione di un piano territoriale di coordinamento (P.T.C. del parco) approvato con legge regionale;

per le riserve naturali è prevista la redazione di un piano, con contenuti stabiliti dall'articolo 14 della LR 86/1983, approvato dalla Giunta Regionale, in attesa della approvazione del piano è stabilito il regime proprio della riserva.

per i monumenti naturali la Giunta regionale provvede alla definizione dei relativi regimi di tutela.

aree di rilevanza ambientale le Commissioni provinciali o Consorziali per ambiente naturale potranno indicare forme di protezione particolari.

⁹ legge 2 maggio 1990,n.102 <Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina e delle adiacenti zone delle province di Bergamo, Brescia e Como, nonché della provincia di Novara, colpite dalle eccezionali avversità atmosferiche nei mesi di luglio ed agosto 1987>

Piano territoriale di coordinamento del parco dell'Adamello

Prima ancora dell'istituzione del parco, la regione ha dato incarico alla Comunità Montana della Valle Camonica di avviare indagini propedeutiche al PTC. Prima dell'adozione del 1992 si sono susseguite più proposte di piano che sono state ritenute inadeguate dalla Comunità Montana perché non soddisfacenti i requisiti richiesti dalla legge regionale 86/1993 e le esigenze della popolazione locale.

Il Piano Territoriale di Coordinamento, mantenendo come fine la tutela ambientale e paesistica, suddivide il territorio del parco in varie zone a seconda della rilevanza ambientale, della presenza antropica e delle attività che vi si possono intraprendere.

I vincoli introdotti dal piano e la relativa zonizzazione adottata hanno lo scopo di tutelare, ripristinare, ove necessario, migliorare il territorio, senza trascurare le esigenze economiche delle comunità che vi risiedono e cercare di incrementare il turismo, sempre nel rispetto dell'ambiente.

Ai fini della tutela ambientale e paesistica, il piano suddivide il territorio del parco in tre Orizzonti: orizzonte del paesaggio antropico; orizzonte del paesaggio alpestre; orizzonte del paesaggio culminale. È inoltre individuato un vero e proprio azzonamento del territorio suddividendolo in zone di interesse antropico e riserve naturali.

Le zone di interesse antropico sono porzioni limitate del territorio interessate in prevalenza da insediamenti e nuclei abitati, edifici rurali, coltivazioni agricole e prati, edificazioni di tipo turistico-residenziale.

Per quanto riguarda i piani di settore si fa riferimento al Piano regionale dei trasporti, al Piano regionale della viabilità, al programma di tutela e uso delle acque ed al piano forestale.

Piano regionale dei trasporti

Il piano si configura come parte integrante del Piano Territoriale Regionale, assumendo quindi contenuti e valenze di vero e proprio piano territoriale regionale ai sensi dell'art.1 della LRL 51/1975. Le indicazioni in esso contenute prevalgono pertanto su quelle elaborate all'interno di strumenti di pianificazione territoriale subordinati.

Sono molteplici i settori che interagiscono con la politica dei trasporti e la conseguente pianificazione: la politica industriale, quella dello sviluppo e la politica ambientale.

Gli obiettivi generali del Piano devono tendere alla creazione di un servizio regionale ad alta capacità che possa soddisfare le esigenze di mobilità della rete interna, ma anche possa convivere con il sistema ferroviario di lunga e media distanza. Un secondo obiettivo per il sistema ferroviario è quello della progressiva acquisizione di domanda di trasporto merci, riequilibrando l'attuale ripartizione prevalentemente squilibrata a favore del trasporto stradale. Tale obiettivo non riesce ad essere raggiunto, anzi, in

Italia e nella Regione Lombardia, in particolare, il trasporto stradale è prevalente e particolarmente accentuato nelle aree urbane ed è in costante aumento l'autotrasporto delle merci a discapito di quello merci su ferro che resta marginale e non riesce a prendere piede.

Le motivazioni sono forse da ricercarsi prevalentemente nell'influenza della politica economica, forse con un inversione di tendenza l'occupazione sarebbe a rischio perché buona parte degli addetti dell'autotrasporto si troverebbe ad essere elemento superfluo, ma anche le imprese stesse ne sarebbero economicamente penalizzate. Forse per stendere un buon piano che possa far cambiare questa tendenza prevalente non si dovrebbe trascurare l'aspetto economico.

Piano regionale della viabilità

Il piano assume funzione prevalente di indirizzo e coordinamento delle attività dei vari soggetti istituzionalmente coinvolti in materia.

I principali contenuti riguardano la definizione del quadro generale di riferimento per le reti da realizzare attraverso un programma di interventi relativo alle reti autostradale, alle reti statali e alle reti provinciali e comunali di interesse regionale insieme alla definizione del programma prioritario degli interventi, come previsto dal DCR 26/03/1985 n.III/2035 « Piano Regionale della Viabilità».

Tra i principali obiettivi generali si parla di coordinamento tra la pianificazione della viabilità, la pianificazione della mobilità generale e più in generale della pianificazione del territorio e la realizzazione della massima integrazione tra il sistema della viabilità e gli altri modi di trasporto.

Tra obiettivi specifici vi è anche l'ottimizzazione della rete esistente e il suo recupero, la riqualificazione della rete attuale, con la preferenza della viabilità nelle aree metropolitane.

Tra i progetti in corso di realizzazione, i programmi avviati, le opere in fase di realizzazione, le opere che emergono prioritarie riguardano prevalentemente opere di potenziamento e di adeguamento di reti esistenti, concentrate in ambiti dove è già rilevante l'offerta di infrastrutture stradali. Vi è una curiosa tendenza ad assecondare la crescita, e non altresì ad un'azione di controllo sulla formazione della domanda. Ed è per questo motivo che in questi ultimi decenni l'espansione residenziale, commerciale e terziaria è stata determinata prevalentemente da logiche estranee o indifferenti a valutazioni inerenti l'offerta infrastrutturale.

Programma di tutela e uso delle acque

Il Piano si prefigge l'obiettivo primario di assicurare le migliori condizioni della qualità delle acque superficiali, tali da potere assicurare la salvaguardia delle risorse idriche ambientali e nello stesso tempo cercare di ottimizzare l'utilizzazione delle risorse stesse.

Il Programma di Tutela e Uso delle Acque costituisce con l'Atto di indirizzi, approvato con Delibera Consiliare n.VII/1048 del 28 luglio 2004, il Piano di Gestione del bacino idrografico previsto dalla l.r. 26/2003 e avente luogo, in prima stesura, del Piano di Tutela delle Acque previsto dal d.lgs.152/99.

Il Piano costituisce lo strumento di programmazione a disposizione della Regione e delle altre amministrazioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici fissati dalle Direttive Europee, attraverso un approccio che deve necessariamente integrare gli aspetti qualitativi e quantitativi, ma anche ambientali e socio-economici.

Nel piano viene fornito un quadro di riferimento per la caratterizzazione dello stato delle acque e la specificazione del programma di intervento delle opere ed il monitoraggio.

Piano regionale forestale

Attraverso il Piano Regionale Forestale la Regione Lombardia si prefigge come obiettivi principali la valorizzazione dei popolamenti forestali, il miglioramento dei boschi esistenti e l'ampliamento della superficie forestale. Lo strumento contiene dunque analisi specifiche sugli elementi di carattere naturale, quali la valutazione della superficie forestale e delle produzioni legnose, l'analisi delle funzioni del bosco, l'individuazione delle dinamiche della superficie forestale. Accanto a ciò si inseriscono pure valutazioni ed indicazioni sulle infrastrutture esistenti e sul comparto industriale e commerciale.

PARTE SECONDA

Relazione geologica

2.1 Considerazioni iniziali

La presente parte ha lo scopo di mettere in evidenza e descrivere l'assetto geologico generale dell'area situata nella Provincia di Brescia e costituita, nella porzione a settentrione del Lago d'Iseo, dal bacino del fiume Oglio e, a meridione del Sebino, da quella parte della Pianura Padana lombarda compresa tra i Fiumi Oglio (ad ovest) e Mella (ad est).

Lo studio è stato condotto con due differenti livelli di dettaglio: ad un inquadramento generale dell'intera area, che ha portato alla redazione di una carta geologica in scala 1:50.000 (non riportata in questo volume), è seguita una indagine più dettagliata di una zona, la Franciacorta, che si è ritenuta di maggior interesse e significato geologico ed idrogeologico; di quest'area è stata redatta una cartografia in scala 1:25.000 relativa all'assetto geologico ed idrogeologico.

La presente parte è quindi anch'essa distinta in due parti: nella prima (che comprende i capitoli 2.2, 2.3 e 2.4) vengono riportate le caratteristiche geologiche generali dell'intera area di studio, distinte in caratteristiche litologiche (capitolo 2.2) dove verranno elencate e descritte le formazioni rocciose ed i terreni affioranti nell'intera area di studio, caratteristiche geomorfologiche (cap. 2.3) e strutturali (cap. 2.4). Nella seconda parte (capitolo 2.5) verranno descritte le caratteristiche geologiche (cap. 2.5.1) ed idrogeologiche (cap. 2.5.2) della Franciacorta.

Lo studio che ha portato alla redazione della prima parte è basato sulla documentazione bibliografica esistente e sulle conoscenze dirette dell'area, ma non sono state condotte specifiche indagini in sito. Per ciò che riguarda la seconda parte, viceversa, si è proceduto al rilevamento sistematico sul terreno della geologia e della geomorfologia.

2.2 Inquadramento litologico

Le unità litostratigrafiche che di seguito vengono descritte sono le medesime unità formazionali istituite dal Servizio Geologico d'Italia. Le varie formazioni riconosciute sono state rappresentate nella legenda seguendo un ordine cronologico, dalla formazione più recente alla più antica, e distinguendo le unità che costituiscono i depositi superficiali, in genere poco o nulla diagenizzati, da quelle che rappresentano il substrato lapideo.

Risulta evidente che, poiché l'edificio prealpino viene attraversato in senso nord-sud dallo sviluppo dell'area di studio, la successione di litologie e formazioni che si incontrano risulta quanto mai varia e geologicamente interessante e rappresenta con continuità un arco temporale esteso che inizia nell'Archeozoico ed arriva ai depositi attuali fornendo una ampia documentazione dell'evoluzione paleogeografica dell'area sin dall'orogenesi ercinica.

2.2.1 Depositi superficiali

Detrito di versante

I depositi detritici di versante sono dovuti all'azione prevalente della gravità e si originano dall'accumulo, alla base delle pareti rocciose, di frammenti di roccia staccatisi dai versanti, ai quali si sommano i materiali prodotti dall'alterazione in posto provocata dall'azione di vari agenti esogeni.

Questi accumuli sono rappresentati da sedimenti sciolti a supporto clastico o, meno frequentemente, a supporto di matrice, costituiti da clasti a spigoli vivi con una percentuale variabile, ma sempre subordinata, di matrice.

Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, dai blocchi alla ghiaia, e nell'ambito di uno stesso accumulo, in riferimento all'area di alimentazione, aumentano dalla zona prossimale alla zona distale.

Questa unità raggruppa sia forme inattive che forme attive e copre intervalli di tempo che possono essere variabili da zona a zona ma che sono tutti riconducibili al periodo Quaternario.

Torbe e terreni torbosi

I depositi torbosi sono rappresentati da sedimenti a granulometria fine, generalmente limoso-sabbiosa o limoso-argillosa, ricchi di sostanza organica che conferisce loro un caratteristico colore nero. Questi depositi si formano al fondo di specchi d'acqua che presentano condizioni sia di bassa energia, consentendo la decantazione delle particelle fini, sia riducenti, permettendo la conservazione della sostanza organica. Spesso queste condizioni si verificano in corrispondenza di bacini poco profondi, con acque stagnanti e abbondanza di vegetazione di tipo palustre che da un lato consente l'accumulo di sostanza organica e dall'altro favorisce il formarsi di un ambiente anossico.

Depositi alluvionali di fondovalle recenti e attuali

Le alluvioni attuali e recenti corrispondono ai depositi che formano l'alveo e la piana alluvionale dei maggiori corsi d'acqua. Si tratta pertanto di sedimenti clastici, legati essenzialmente alle azioni di erosione, trasporto e deposito della corrente. In particolare, questi vengono depositi lungo l'alveo al calare delle piene o all'esterno di esso durante le esondazioni.

I clasti sono in genere ben arrotondati e la loro dimensione media dipende dalla velocità della corrente che li ha trasportati: nelle zone a maggior energia della corrente questi depositi sono costituiti da orizzonti di massi, ciottoli e ghiaia che, con il diminuire della velocità, passano a ciottoli, ghiaia e sabbia, fino a sole ghiaia e sabbia. I depositi recenti ed attuali sono rappresentati in gran parte dalle alluvioni, di età olocenica, del Fiume Oglio e del Fiume Mella.

Depositi lacustri recenti e attuali

La sedimentazione che si verifica al fondo delle conche lacustri avviene in condizioni di bassa energia cinetica, permettendo la decantazione del materiale fine.

La deposizione del materiale può assumere un carattere di ritmicità che riflette l'alternarsi stagionale degli apporti di materiale legati ai fenomeni di piena o di magra dei corsi d'acqua immissari. Questa alternanza determina una stratificazione piano-parallela, con spessori diversi in funzione dell'intensità del succedersi nel tempo dei fenomeni. Questi sedimenti sono pertanto rappresentati da livelli, di spessore millimetrico, di limo, limo sabbioso o limo e argilla, depositi in età olocenica.

Depositi alluvionali terrazzati di fondovalle

I depositi alluvionali terrazzati di fondovalle rappresentano quei sedimenti alluvionali che sono stati incisi dal corso d'acqua che li aveva originariamente depositi, in seguito ad un abbassamento del livello di base dell'erosione.

Le caratteristiche granulometriche e tessiturali di questi depositi sono le medesime di quelli delle alluvioni recenti ed attuali e sono quindi costituiti prevalentemente da orizzonti di ghiaia e sabbia.

Questi depositi sono prevalentemente rappresentati dalle più vecchie alluvioni oloceniche del Fiume Oglio.

Conoidi alluvionali

I conoidi alluvionali sono depositi dalla tipica forma a ventaglio che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione della pendenza, la quale provoca un calo della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente. Si tratta di depositi sciolti con clasti generalmente arrotondati le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, sempre, quindi, correlate alla progressiva diminuzione della velocità della corrente.

Le dimensioni medie dei clasti dipendono soprattutto dalle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua stessi; infatti questi depositi possono essere costituiti sia da orizzonti legati a fenomeni di trasporto in massa, generalmente formati da massi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia e limo, oppure da orizzonti dovuti ad un'azione trattiva della corrente, formati invece da ciottoli e ghiaia con sabbia.

Sono depositi di età generalmente olocenica relativi soprattutto ai corsi d'acqua laterali della Val Camonica.

Depositi alluvionali terrazzati delle valli fluviali

I depositi alluvionali terrazzati sono rappresentati da terreni sabbioso-argillosi e sabbioso-limosi, talora ghiaiosi, di poco sospesi sugli alvei attuali oppure degli alvei attivi.

Sono rappresentati da terreni alluvionali terrazzati, di età olocenica, che affiorano lungo i solchi vallivi del Fiume Oglio e del Fiume Mella.

Depositi alluvionali del primo terrazzo sottostante al livello fondamentale della pianura

Questi depositi rappresentano un basso e ristretto terrazzo immediatamente sottostante al livello fondamentale della pianura; sono pertanto i primi depositi alluvionali ad essere stati erosi in seguito all'abbassamento dell'alveo del corso d'acqua che li aveva precedentemente formati.

Sono costituiti da terreni sabbioso-argillosi, con lenti a ciottoli minuti.

I depositi alluvionali del primo terrazzo sottostante al livello fondamentale della pianura affiorano lungo gli alvei dell'Oglio e del Mella; sono depositi di età olocenica.

Depositi alluvionali del livello fondamentale della pianura

Questi depositi sono rappresentati da alluvioni fluvio-glaciali e fluviali che costituiscono la media pianura a valle della zona delle risorgive.

Sono formati da terreni sabbioso-argillosi con lenti ghiaiose a ciottoli minuti; presentano uno strato di alterazione brunastro, talora rossiccio, di spessore limitato.

Sono depositi di età pleistocenica.

Argille lacustri intermoreniche

Sono argille lacustri grigiastre di età pleistocenica, deposte all'interno alla cerchia più elevata dell'anfiteatro morenico sebino.

Depositi glaciali vallivi e depositi morenici.

Questa unità è rappresentata dai materiali legati all'attività deposizionale dei ghiacciai che hanno occupato in passato il solco vallivo del fiume Oglio e si sono spinti fino alla parte alta della pianura, indipendentemente dal preciso episodio glaciale.

I depositi glaciali vallivi sono caratterizzati da una forte eterogeneità granulometrica e litologica e sono costituiti in genere da *diamicton*, ovvero da sedimenti formati da blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia, limo e argilla. Possono presentare supporto clastico o supporto di matrice ed i clasti sono in genere poco arrotondati. In relazione alla modalità della loro messa in posto, sotto la massa glaciale o lateralmente ad essa, possono essere caratterizzati o meno da un certo grado di consolidazione.

Sono presenti in più punti sui versanti della Val Camonica.

I depositi morenici rappresentano gli accumuli di materiale che si formano sui fianchi ed in corrispondenza dell'estremità della lingua glaciale. Questi accumuli sono rappresentati da *diamicton* e derivano soprattutto dal materiale trasportato entro o sopra il ghiacciaio e subordinatamente dal materiale trasportato sotto di esso. L'anfiteatro morenico sebino è formato da tre cerchie concentriche di cordoni poste una esternamente all'altra

rispetto alla direzione di provenienza delle lingue glaciali. L'età delle cerchie aumenta da quella interna a quella esterna, come testimoniato dai rispettivi orizzonti di alterazione, in relazione al fatto che le lingue glaciali che si sono succedute nei vari episodi di avanzata hanno risparmiato dall'erosione i sedimenti glaciali ad esse precedenti solo se situati esternamente alla posizione da loro raggiunta.

I vari cordoni morenici presenti nell'area dell'anfiteatro e quelli ad essi raccordabili, posti sulle sponde del Lago d'Iseo, sono stati raggruppati in unità cronologiche in relazione alla cerchia di appartenenza. La datazione assoluta delle tre cerchie moreniche è ancora controversa: tradizionalmente si attribuisce con certezza la cerchia interna all'età würmiana, ma resta incerta l'attribuzione della cerchia mediana ad una fase antica della medesima glaciazione oppure ad una glaciazione precedente; conseguentemente è dubbia anche la datazione della cerchia esterna.

A queste incertezze va sommata la recente rivisitazione dell'intero sistema di datazione dei depositi glaciali in atto, negli ultimi anni, da parte degli specialisti. L'argomento verrà ripreso più dettagliatamente con riferimento alla descrizione dei depositi quaternari della Franciacorta (Cap. 2.5).

Depositi fluvioglaciali

I depositi fluvioglaciali rappresentano i sedimenti connessi al rimaneggiamento dei materiali di origine glaciale dovuto all'azione di erosione, trasporto e deposizione operata, oltre che dalle acque di precipitazione, dalle acque di fusione dei ghiacci. I caratteri granulometrici e tessiturali di questi depositi sono del tutto simili a quelli dei sedimenti alluvionali e sono rappresentati in genere da orizzonti di ghiaia e ciottoli, ghiaia, ghiaia e sabbia o sabbia. Costituiscono la pianura posta a sud dell'anfiteatro morenico sebino.

2.2.2 Formazioni del substrato

Conglomerato di Cremignane e Timoline

Questa formazione è costituita da orizzonti fluviali di conglomerati e subordinate arenarie, ben cementati, presenti solamente in due piccoli affioramenti situati in prossimità dei due abitati da cui prende il nome. I clasti sono di forma arrotondata e di composizione eterogenea. Non si conosce l'età di questa formazione: la presenza, sulla superficie del deposito, di evidenti striature glaciali consente solo di affermare che è precedente almeno all'ultima glaciazione. (Pleistocene?).

Conglomerato di Monte Orfano

Questa formazione affiora solo in corrispondenza del rilievo residuale del Monte Orfano, ad ovest di Rovato, ed è costituita da conglomerati ben cementati disposti in strati mal definiti, con clasti, in genere arrotondati e di composizione prevalentemente carbonatica, immersi in matrice arenacea. Ai conglomerati si alternano locali livelli di marne e di arenarie. (Miocene medio-inferiore).

Gabbro del Monte Masuccio

Questa unità è rappresentata da gabbri anfibolici a grana grossa, passanti localmente a gabbrodioriti a grana più fine. La formazione affiora in corrispondenza del Monte Masuccio, a nord del Massiccio dell'Adamello. (Cenozoico).

Granodiorite dell'Adamello

Questa unità non rappresenta una formazione in senso stretto ma comprende le rocce di composizione granodioritica, appartenenti al plutone terziario dell'Adamello, che affiorano in un tratto del versante sinistro della Val Camonica a nord di Breno. Si tratta di litotipi caratterizzati da tessitura massiccia, struttura olocristallina e grana media.

I minerali presenti sono costituiti soprattutto da plagioclasio, quarzo e biotite con subordinati feldspato ed anfibolo.

(Oligocene sup.-Miocene inf.)

Scaglia Lombarda

È costituita da marne e marne calcaree di colore grigio (Scaglia Grigia) e talora anche rossastre (Scaglia Rossa).

(Barremiano sup.-Maastrichtiano).

Arenaria di Sarnico

Si tratta di arenarie di colore grigio o grigio-verde, a cemento carbonatico, disposte in grossi banchi, con spessore fino a 3 m, oppure a stratificazione

indistinta. Localmente compaiono sottili intercalazioni di marne argillose grigie o livelli di paraconglomerati.
Rappresentano un ambiente sedimentario di conoide sottomarina.
(Santoniano-Turoniano superiore).

Flysch di Pontida

Si tratta di flysch arenaceo talora conglomeratico, con spessori variabili da 500 a 1100 metri.
(Turoniano)

Sass de la Luna

La formazione del Sass de la Luna affiora solamente al nucleo della sinclinale che decorre, con piano assiale diretto in senso est-ovest, nell'area posta a nord-est di Iseo.

Questa formazione è costituita in prevalenza da calcari marnosi di colore grigio, in strati di spessore medio o sottile, con intercalazioni di spessore medio di marne calcaree grigie. Subordinatamente compaiono dei calcari arenacei grigi, in strati medi. Le marne sono quasi sempre laminate e localmente assumono un colore giallo o verde.

Affiorando al nucleo di una piega questi litotipi sono sempre molto fratturati e le intercalazioni marnose appaiono frequentemente interessate da un fitto clivaggio.

Questa formazione rappresenta un ambiente di sedimentazione marino con apporti terrigeni e carbonatici.
(Turoniano inferiore-Albiano).

Marna di Bruntino

La Marna di Bruntino è presente solo sui fianchi della sinclinale che decorre a nord-est di Iseo e gli ammassi affioranti sono caratterizzati da un fitto clivaggio.

I litotipi che costituiscono questa unità sono rappresentati da marne sottilmente laminate di colore grigio, rosso, verde o giallo localmente alternate a sottili livelli di argilliti nere od a strati sottili e medi di calcari marnosi grigi.

La potenza di questi litotipi non raggiunge il centinaio di metri.

I litotipi appartenenti a questa formazione rappresentano condizioni di sedimentazione marina in ambiente di bassa profondità, tipo laguna costiera.

(Aptiano inf.-Albiano sup.).

Maiolica

La formazione della Maiolica affiora in corrispondenza della sponda del Lago d'Iseo, nel tratto compreso tra Iseo e Pilzone, dove presenta uno spessore di circa 200 m.

E' costituita da calcari fini di colore bianco-avorio o grigio chiaro disposti in strati medi; verso l'alto della formazione compaiono dei calcari debolmente marnosi in strati sottili. Questi litotipi contengono piccoli noduli o liste di selce di colore nocciola e sono spesso caratterizzati dalla presenza di strutture stilolitiche. Si tratta di litotipi deposti in ambiente marino, in condizioni bacinali.

Nelle zone di affioramento i calcari della Maiolica sono diffusamente interessati da manifestazioni carsiche.

(Barremiano-Titoniano).

Selcifero lombardo

Il Selcifero affiora nelle zone poste a monte di Provaglio e di Iseo e nell'incisione del torrente Vaglio, a monte di Pilzone.

Questa formazione è costituita in prevalenza da strati, di spessore medio-sottile, di selci di colore rosso, verde e grigio. Nella parte alta della formazione alle selci si intercalano, fino a divenire prevalenti alla sommità, marne e marne calcaree sottilmente laminate, di colore rosso, grigio o grigio-verde, e calcari marnosi rossastri, di spessore medio, contenenti liste e noduli di selce. I livelli di selce risultano spesso molto fratturati, suddivisi in piccoli blocchi di forma prismatica.

La formazione presenta uno spessore di circa 150 m.

Queste rocce si sono sedimentate in ambiente di mare aperto, entro un bacino relativamente profondo.

(Oxfordiano-Titoniano inf.).

Calcari di Corlor

Si tratta di calcari chiari subcristallini, in strati tabulari di piccolo e medio spessore con rare selci generalmente scure e talora con giunti lineari di composizione marnoso-argillosa di colore verde.

La potenza non raggiunge i 100 metri di spessore.

(Dogger-Lias sup).

Formazione di Concesio

La Formazione di Concesio affiora in corrispondenza dei tratti di versante situati a monte di Provaglio, Iseo e Pilzone, dove presenta una potenza di circa 200 m.

La parte inferiore di questa formazione è rappresentata da calcari marnosi di colore nocciola o grigio, in strati di spessore medio, contenenti piccoli noduli di selce bruna o nera. Questi litotipi sono intercalati a livelli di marne scagliose di colore grigio-verde o rosso. Localmente compaiono dei livelli di calcareniti di colore grigio. La parte superiore è invece costituita da calcari marnosi grigi, a stratificazione media, con sottili intercalazioni di marne grigie e contenenti noduli di selce grigia.

Queste rocce si sono originate per sedimentazione marina in condizioni

bacinali.
(Bathoniano-Toarciano).

Calcare di Domaro

Il Calcare di Domaro è costituito da calcari marnosi fini, di colore grigio o grigio-nocciola, in strati di spessore medio, contenenti noduli o piccole liste di selce di colore nocciola o grigio chiaro. Gli strati calcarei sono separati da sottili intercalazioni di marne di colore grigio. Localmente compaiono anche strati medi di colore grigio scuro contenenti piccoli noduli di selce scura. Talora gli orizzonti appaiono rinsaldati tra loro, senza intercalazioni marnose, mentre verso l'alto della formazione presentano generalmente uno spessore sottile.

Questi litotipi sono stati deposti in condizioni bacinali e presentano in genere uno spessore elevato che, nell'area di Pilzone, coincidente con le zone marginali del bacino di sedimentazione, appare notevolmente ridotto.
(Domeriano).

Corso

Calcari e calcari marnosi bianchi, compatti, separati da letti marnosi, con rari noduli di selce. Lo spessore è pari a circa 100 m.
(Domeriano- Lotaringiano)

Calcare di Sedrina

La formazione è costituita da calcari neri con poca selce e da calcari dolomitici di colore grigio chiaro in banchi.

Il membro superiore è formato da calcari selciferi, raramente da calcari oolitici a stratificazione media e sottile.
(Hettangiano)

Corna

Si tratta di calcari compatti e calcari dolomitici di colore bianco avorio, nocciola, giallo-grigiastro, spesso oolitici, in grossi banchi. Lo spessore è molto variabile con valori massimi fino a 400 m. Nell'area in esame affiora solo limitatamente.

(Lias medio-Retico sup.)

Dolomia a Conchodon

La Dolomia a Conchodon affiora in corrispondenza della parte settentrionale del Montecolo, a Pilzone, e sulla sponda del lago, nel tratto compreso tra Sale Marasino e Sulzano, dove risulta spesso coperta da depositi glaciali.

Lo spessore della formazione è di circa 200 m.

I litotipi che la costituiscono sono rappresentati da calcari fini, di colore grigio chiaro e, soprattutto alla base, da subordinati calcari dolomitici e

dolomie saccaroidi di colore grigio chiaro o grigio-nocciola. Alla base della formazione compaiono anche strati di calcari oolitici, anch'essi di colore grigio. Questi litotipi sono disposti in grossi banchi oppure a stratificazione indistinta.

Nelle zone di affioramento queste rocce appaiono sovente interessate dalla presenza di diffuse manifestazioni carsiche.

La Dolomia a Conchodon rappresenta condizioni di sedimentazione tipiche delle zone di piattaforma carbonatica.

(Hettangiano-Retico superiore).

Filoni di porfiriti

Questa unità raggruppa una serie di manifestazioni filoniane che attraversano le formazioni presenti nell'area della Val Camonica a partire dal basamento cristallino fino ai termini triassici. Questi filoni mostrano una potenza variabile da 20 a 200 cm e presentano geometria sia discordante che concordante con i piani di stratificazione delle unità attraversate.

Si tratta di porfiriti quarzifere, quarzoso-feldspatiche, e soprattutto plagioclasico-quarzose-anfiboliche o plagioclasico-anfiboliche riconducibili al gruppo dei magmi di composizione dioritica.

L'origine di questi litotipi è probabilmente legata a manifestazioni magmatiche verificatesi tra il Ladinico (Porfiriti Ladiniche) ed il Carnico (Porfiriti Carniche). Nell'area di Edolo, entro il basamento cristallino, compaiono anche altri filoni porfiritici di composizione dioritica che rappresentano le differenziazioni filoniane tardive legate al plutone dell'Adamello.

(Triassico sup.)

Calcare di Zu

Il Calcare di Zu affiora solamente sulla sponda del lago d'Iseo, nel tratto compreso tra Marone e Sale Marasino, dove presenta una potenza di almeno 300 m.

Il calcare di Zu è costituito da calcari e calcari marnosi di colore grigio o nero, in strati medi o spessi, intercalati a livelli di marne o di argilliti nere. Nella parte inferiore della formazione gli orizzonti calcarei sono prevalentemente grigi e presentano uno spessore medio, talvolta sottile, mentre nella parte alta aumentano di spessore, fino alla comparsa di banchi metrici, ed assumono un colore nero. Spesso compaiono livelli ricchi di fossili, soprattutto coralli.

Questi litotipi rappresentano un ambiente sedimentario di laguna interna ad una piattaforma carbonatica, con frequenti apporti terrigeni.

(Retico medio).

Argillite di Riva di Solto

Questa formazione affiora in corrispondenza del fondo e di parte dei

versanti della valle del Torrente Opolo, a monte di Marone, dove presenta uno spessore complessivo di circa 200 m.

Si tratta di argilliti, localmente di argilliti debolmente marnose, di colore nero, fissili, sottilmente laminate, che spesso risultano rinsaldate in strati di spessore variabile da qualche decimetro fino a qualche metro. Localmente compaiono delle intercalazioni di calcari marnosi neri, in strati di spessore medio e, verso l'alto della formazione, anche delle intercalazioni di marne nere. Spesso le argilliti, oltre che fissili, appaiono molto fratturate o fittamente clivate.

Queste rocce si sono originate per sedimentazione in condizioni di mare basso, in una laguna con forti apporti terrigeni.

(Retico inferiore).

Calcare di Zorzino

Questa unità affiora alla base della sponda del Lago d'Iseo, limitatamente al tratto compreso tra Vello e Marone, dove si trova in contatto tettonico con le formazioni circostanti.

Si tratta di calcari e subordinati calcari marnosi, di colore nero o grigio scuro, in strati di spessore sottile o medio. Gli strati calcarei sono separati tra loro da sottili intercalazioni di marne argillose di colore scuro. In affioramento gli ammassi rocciosi appaiono spesso molto fratturati.

Queste rocce sono state oggetto di coltivazione come pietra da cemento.

La formazione del Calcare di Zorzino rappresenta un ambiente di sedimentazione marino, in condizioni di mare poco profondo.

(Norico sup.).

Dolomia Principale

La formazione della Dolomia Principale affiora estesamente in corrispondenza della sponda del Lago d'Iseo lungo tutto il tratto compreso tra Toline e Marone, e presenta una potenza di almeno 1000 m.

Questa unità è costituita da dolomie e calcari dolomitici, di colore variabile da grigio chiaro a nero, disposti in grossi banchi oppure a stratificazione indistinta. In corrispondenza della zona basale della formazione, nell'area di Toline, si trovano delle brecce, da grossolane a minute, a clasti di composizione calcareo-dolomitica legati da cemento carbonatico a volte ricco di ossidi di ferro. Verso la sommità, in corrispondenza del versante destro della valle del Torrente Bagnadore, compaiono localmente delle intercalazioni di calcari e calcari dolomitici di colore nero, disposti in strati di spessore medio o sottile.

Questi litotipi appaiono frequentemente interessati dalla presenza di varie manifestazioni carsiche.

I litotipi dolomitici appartenenti a questa unità sono attualmente coltivati nell'area di Marone mentre numerose cave inattive sono presenti nelle valli dei torrenti Opolo e Bagnadore.

L'origine di queste rocce è legata ad un ambiente sedimentario di piattaforma carbonatica.
(Norico).

Formazione di S. Giovanni Bianco

Questa unità affiora sulla sponda del Lago d'Iseo, a monte di Toline, e sul versante destro della Val Camonica nel tratto tra Ossimo e Malegno. La formazione presenta uno spessore complessivo di circa 150 m.

E' costituita da marne e dolomie marnose di colore grigio, in strati di spessore medio o sottile, e da siltiti ed argilliti sottilmente laminate, di colore verde, verde-azzurro o rosso. Localmente sono presenti anche strati medi di calcari marnosi grigi o, verso l'alto, argilliti nere.

In eteropia a questi litotipi si accompagnano lenti di gesso microcristallino o a grana saccaroide, potenti fino ad un centinaio di metri, disposti in strati di spessore generalmente sottile.

Poiché questi litotipi sono caratterizzati da un comportamento relativamente plastico, nel corso dell'evoluzione strutturale dell'area questa formazione ha rappresentato un orizzonte di relativa debolezza assorbendo gran parte delle deformazioni. Per questo motivo essa risulta spesso tettonizzata, con carniole e brecce tettoniche giallastre in cui sono evidenti cristalli di calcite e dolomite di neoformazione e nelle quali si riconoscono a fatica gli originari litotipi siltitici o dolomitici. Anche i gessi, affioranti nei pressi di Sederghò, a monte di Toline, appaiono fortemente deformati e laminati. I litotipi appartenenti a questa unità testimoniano un ambiente sedimentario, collocato nella zona più interna di una piattaforma carbonatica oppure in una laguna, caratterizzato da un certo apporto terrigeno e dal raggiungimento di condizioni evaporitiche. La lente di gesso di Sederghò è stata in passato oggetto di coltivazione.

(Carnico superiore).

Formazione di Breno

Questa unità affiora con continuità lungo il versante destro della Val Camonica, da Boario Terme fino a Malegno, ed in corrispondenza del fondovalle nella zona compresa tra Cividate e Breno. Nella sua parte inferiore si trova in eteropia con la Formazione di Gorno alla quale si sostituisce nelle zone poste a nord di Piamborno.

Nella parte inferiore della formazione si trovano dei calcari con subordinati calcari dolomitici e dolomie calcaree, di colore grigio da chiaro a scuro, ben stratificati in strati di spessore variabile da sottile fino a qualche metro; questi litotipi presentano spesso al loro interno delle strutture stilolitiche. Nella parte superiore della formazione prevalgono invece dei calcari dolomitici e delle dolomie microcristalline, di colore grigio-bianco, a volte con sottili interstrati di marne e argilliti grigie; questi litotipi sono caratterizzati dalla diffusa presenza di strutture stromatolitiche e di

strutture di essiccazione.

L'ambiente di formazione di queste rocce è costituito dalle zone interne di una piattaforma carbonatica in coincidenza della fascia intertidale.

La potenza di questa formazione varia da 50 m, a monte di Boario, fino a 400 m nella zona di Breno.

(Carnico medio-inferiore).

Arenarie di Val Sabbia

I litotipi appartenenti a questa unità affiorano esclusivamente nell'area posta a monte di Toline, sulla sponda del Lago d'Iseo, dove presentano una potenza massima di circa 200 m. Si tratta di arenarie di colore verde o rosso, ben cementate, a matrice sericitica e clasti di origine vulcanica, spesso contenenti noduli di clorite, disposte in banchi di spessore variabile. Alle arenarie si intercalano localmente dei banchi di siltiti o di marne arenacee di colore verde; talora compaiono degli strati o dei banchi calcarenitici di colore grigio-verde, a volte ricchi di fossili.

Questa unità si trova in eteropia, attraverso sottili interdigitazioni, con la Formazione di Gorno.

In passato questi litotipi sono stati oggetto di coltivazione per ricavarne pietre ornamentali.

Le Arenarie di Val Sabbia rappresentano un corpo deltizio depositatosi all'interno di una laguna a sedimentazione carbonatica e terrigena.

(Carnico medio-inferiore).

Formazione di Gorno

La Formazione di Gorno si trova in eteropia sia con le Arenarie di Val Sabbia che con la Formazione di Breno ed affiora in corrispondenza della sponda del Lago d'Iseo, nell'area di Toline, dove si interdigita con le arenarie, e sul versante destro della Val Camonica, tra Boario Terme e Piamborno, dove viene sostituita lateralmente dai calcari del Breno.

Questa formazione raggiunge, nella zona di Boario, uno spessore massimo di circa 300 m.

E' costituita da calcari e calcari marnosi di colore grigio scuro o nero, in strati medi o sottili, intercalati ad orizzonti, di analogo spessore, di marne nere sottilmente laminate o compatte, spesso fossilifere. Nella parte inferiore dell'unità compaiono a volte delle intercalazioni di arenarie o di calcareniti grigio-verdi o nere in strati di spessore medio.

Questi litotipi sono relativi ad un ambiente di mare basso rappresentato da una laguna a sedimentazione carbonatica con frequenti apporti terrigeni.

(Carnico medio-inferiore).

Calcare Metallifero Bergamasco

Questa formazione affiora lungo la parte settentrionale del versante destro della Val Camonica, nel tratto compreso tra Boario e Piamborno. A monte di

Piamborno viene sostituita lateralmente dalla Formazione di Breno, con cui si trova in eteropia.

Questa unità è rappresentata solamente da una trentina di metri di calcari e calcari dolomitici grigi, in strati di spessore medio, separati da sottili intercalazioni di marne argillose nerastre; all'interno degli orizzonti calcarei si possono osservare piccole plaghe di calcite bianca o di siderite. (Carnico inferiore).

Calcare di Esino

La formazione del Calcare di Esino affiora con continuità lungo il versante destro della Val Camonica, nel tratto compreso tra Boario e Malegno, ed in corrispondenza del fondovalle tra Malegno e Cividate; un altro affioramento si trova sulla sponda del Lago d'Iseo, a monte di Toline. La parte basale di questa unità si trova in eteropia con la Formazione di Wengen e con l'Argillite di Lozio.

La formazione presenta quindi una notevole variabilità di spessore, da circa 300 m nella zona di Boario a meno di 100 m nella zona di Toline, sulla sponda del lago, e nella zona di Cagno, sul versante destro della valle.

Si tratta di calcari e calcari dolomitici massicci di colore grigio da chiaro a scuro, talora rosato. Questi litotipi risultano abbondantemente fossiliferi con coralli, lamellibranchi e gasteropodi, ed al loro interno compaiono spesso pisoliti vadose, cavità riempite da cemento calcitico ed oncoliti; localmente compaiono anche delle ooliti.

Il Calcare di Esino rappresenta un ambiente di scogliera carbonatica biocostruita.

(Ladinico).

Argillite di Lozio

Questa formazione affiora solo in corrispondenza del versante destro della Val Camonica, nel tratto compreso tra Malegno e Losine, e si trova in eteropia sia con la Formazione di Wengen, dalla quale viene sostituita nelle altre aree, sia, limitatamente alla parte superiore, con il Calcare di Esino.

E' costituita da argilliti e subordinate argilliti marnose e, nella parte alta, da siltiti di colore nero, scheggie, sottilmente laminate, spesso unite in banchi rinsaldati. A volte presentano al loro interno chiazze di piccoli cristalli cubici di pirite.

Lo spessore massimo di quest'unità è di circa 200 m.

Questi rocce si sono sedimentate in un bacino marino a circolazione ristretta, in condizioni riducenti.

(Ladinico superiore).

Formazione di Wengen

Questa formazione si trova in parziale eteropia, nella sua parte superiore, con il Calcare di Esino e con l'Argillite di Lozio ed affiora sia in

corrispondenza della sponda del Lago di Iseo, nella zona a monte di Toline, che lungo i versanti della Val Camonica.

In Val Camonica affiora sul versante sinistro in modo discontinuo tra Boario e Piancogno e con continuità tra Malegno e Losine; sul versante opposto compare nei pressi di Cividate ed al nucleo di una sinclinale che decorre lungo il fianco destro dell'incisione del torrente Palobbia.

Nella zona di Toline l'unità è rappresentata da marne calcaree in strati medi, di colore nero, localmente intercalate da calcari marnosi in strati spessi e da calcareniti nere, anch'esse in strati spessi. Nella zona compresa tra Boario e Piancogno prevalgono le marne e le marne calcaree, disposte in grossi banchi laminati, intercalate da strati medi di calcareniti ed arenarie grigie o nere o da banchi di siltiti grigie o grigio-verdi. I litotipi appartenenti alla formazione sono spesso caratterizzati dalla presenza di strutture di scivolamento sinsedimentario e sono talora ricchi di resti vegetali carbonizzati.

Nelle restanti aree di affioramento, a nord di Malegno, la formazione è costituita da marne e marne calcaree nere, in banchi laminati, alle quali si intercalano calcari marnosi e calcareniti nere in strati medi; nella parte alta si trovano invece delle marne calcaree nere, in banchi rinsaldati, intercalate a calcari neri, in strati spessi o in banchi, contenenti vene di calcite bianca.

Questi ultimi litotipi costituiscono il Membro del Calcare di Pratotondo che, nella zona di Lozio, è stato in passato oggetto di intensa coltivazione come pietra ornamentale (Nero Venato di Lozio).

Lo spessore di questa formazione varia da pochi metri fino ad un massimo di circa 300 m.

I litotipi costituenti questa unità rappresentano condizioni di sedimentazione marina corrispondenti alla zona di transizione tra la scarpata continentale e la sua base.

(Ladinico superiore).

Calcare di Buchenstein

Questa unità affiora sia in corrispondenza della sponda del Lago di Iseo, nella zona a monte di Toline, che lungo i versanti della Val Camonica. In Val Camonica affiora sul versante sinistro, in modo continuo, tra Boario e Piancogno e tra Malegno e Losine; sul versante opposto si trova a Cividate e sui fianchi della sinclinale posta sul lato destro dell'incisione del Torrente Palobbia.

La formazione è costituita da calcari e calcari debolmente marnosi di colore grigio scuro o nero, in strati di spessore medio separati da sottili intercalazioni di marne argillose nere. All'interno degli strati calcarei compaiono dei noduli o, meno frequentemente, delle sottili liste di selce scura; a volte i noduli sono silicizzati solamente al bordo. Spesso la presenza dei noduli conferisce alle superfici di stratificazione un caratteristico aspetto budinato. A volte, alla base della formazione

compaiono delle intercalazioni di calcareniti grigio-verdi in strati di spessore medio.

La potenza complessiva di questi litotipi varia da 20 a 60 m.

Il Calcare di Buchenstein rappresenta un ambiente sedimentario di mare relativamente profondo.

(Ladinico inferiore).

Calcare di Camorelli

Nella parte inferiore della formazione prevalgono calcari e calcari dolomitici organogeni grigiastri, compatti e a stratificazione indistinta, con locali intercalazioni di calcari detritico organogeni, grigiastri, grossolanamente stratificati. Superiormente prevalgono calcari per lo più dolomitici, rosati a stratificazione indistinta, seguiti verso l'alto da calcari rosati, ed infine da calcari grigi, stratificati in banchi di circa un metro di spessore.

È una formazione ricca di alghe, gasteropodi, crinoidi, briozoi e foraminiferi.

La potenza massima si ha in Val Gola con 550 m di spessore.

(Anisico inferiore-medio).

Calcare di Prezzo

Il Calcare di Prezzo affiora sia lungo la sponda del Lago d'Iseo, sui versanti del M. Novale e del M. Aguina, che in Val Camonica. Sul versante sinistro della Val Camonica affiora tra Boario e Piancogno e tra Breno e Losine; al centro della valle affiora tra Esine e Cividate e sul versante opposto affiora a monte di Niardo e di Braone. Questa unità è rappresentata da un'alternanza di strati calcareo-marnosi neri, di spessore medio, e di livelli di pari spessore di marne e marne carboniose nere, sottilmente laminate. Nella parte inferiore della formazione le intercalazioni marnose possono diventare localmente prevalenti assumendo spessori di circa un metro.

Questi litotipi sono spesso ricchi di fossili, rappresentati soprattutto da cefalopodi e lamellibranchi. Localmente, all'interno degli strati calcarei si rinvencono piccoli cristalli cubici di pirite.

Lo spessore di questa formazione varia da 50 a 150 m circa ed i litotipi che la costituiscono sono indicativi di sedimentazione marina, all'interno di un bacino relativamente profondo e caratterizzato da condizioni riducenti.

(Anisico superiore).

Calcare di Angolo

Questa formazione affiora sia sulla sponda del Lago d'Iseo, tra Pisogne e Toline, sia nel tratto inferiore della Val Camonica, dove spesso costituisce la base dei versanti: si trova infatti alla base del versante destro nel tratto tra Boario e Piancogno e tra Malegno e Cervenò, al centro della valle tra Esine e Cividate ed alla base del versante sinistro tra Breno e Ceto.

La potenza di questa unità si aggira intorno a 700 m.

Nella parte basale la formazione è costituita da calcari, con subordinati

calcarei dolomitici, di colore grigio o grigio scuro, a stratificazione indistinta o in grossi banchi, localmente alternati a livelli a stratificazione sottile; nella parte media e superiore è invece rappresentata da calcari e calcari marnosi di colore grigio scuro o nero, a stratificazione molto sottile, con sottili interstrati di marne e argilliti nere, cui si intercalano locali banchi calcarei. Spesso le superfici di stratificazione presentano un aspetto molto ondulato. La parte inferiore, che presenta uno spessore di circa 100 m, affiora solo localmente alla base dei versanti della valle e gli affioramenti sono costituiti quasi esclusivamente dalla parte media e superiore della formazione.

I litotipi appartenenti a questa unità testimoniano un ambiente di sedimentazione bacinale.
(Anisico medio-inferiore).

Carniola di Bovegno

La Carniola di Bovegno affiora localmente su entrambi i versanti e sul fondo della Val Camonica: sul versante sinistro si trova a monte di Pisogne ed a monte di Ceto, sul versante opposto compare a Volpino e Castelfranco ed a Ono S. Pietro, mentre sul fondovalle affiora lungo il versante settentrionale del Monticolo, nei pressi di Boario.

Lo spessore della formazione varia da 50 a quasi 200 m.

Si tratta di un'unità costituita da rocce formatesi nella zona interna di una piattaforma carbonatica in cui si sono raggiunte anche condizioni di forte evaporazione.

I litotipi costituenti sono rappresentati in prevalenza da calcari dolomitici, talora gessosi, di colore grigio, a stratificazione indistinta e, subordinatamente, da calcari marnosi giallastri disposti in strati sottili; a questi litotipi si accompagnano spesso delle lenti, potenti fino a 100 m, di gessi o anidriti. Per il carattere plastico che questi litotipi possono facilmente assumere, quando sottoposti a tensione, anche la Carniola di Bovegno ha rappresentato un orizzonte di relativa debolezza nel corso della storia tettonica dell'area, assorbendone in modo molto evidente le deformazioni conseguenti. Per questo motivo la formazione appare sempre molto tettonizzata, rappresentata soprattutto da carniole e brecce tettoniche, vacuolari e molto alterate, nei cui clasti si riconoscono con difficoltà i litotipi originari; solo nella zona di Ceto la formazione appare relativamente indisturbata. Le lenti evaporitiche sono costituite da anidriti a grana saccaroide, di colore grigio chiaro, in strati di spessore medio, o da gessi microcristallini in strati sottili. Le anidriti affiorano solo a Volpino mentre sono presenti in profondità a Boario; i gessi affiorano invece a Pisogne, Castelfranco, Ceto e Ono mentre si trovano in profondità nella zona di Esine. Anche i litotipi evaporitici appaiono spesso deformati e laminati.

Le evaporiti sono state in passato oggetto di coltivazione e cave tuttora attive si trovano a Castelfranco ed a Pisogne.

(Scitico superiore).

Servino

La formazione del Servino affiora in corrispondenza di entrambi i versanti della Val Camonica e presenta una potenza media di un centinaio di metri. Sul versante sinistro della Val Camonica affiora tra Pisogne e Grignaghe, tra Fliemo ed Esine, tra Ceto e Nadro e lungo il fianco sinistro della Val Rabbia; sul versante opposto affiora a Boario e nella zona di Cemmo e Pescarzo.

Questa unità è costituita da marne, marne calcaree e siltiti di colore rosso, verde o grigio, disposte in strati sottili o fittamente laminate, a volte in banchi rinsaldati; questi litotipi sono alternati a calcari marnosi grigi o grigio-giallastri, in strati di spessore medio o sottile o, localmente, a calcareniti grigio-rosse in strati medi, oppure ancora a rare arenarie fini di colore verde o rosso, disposte in strati medi.

I litotipi marnosi o calcareo marnosi prevalgono negli affioramenti di Pisogne, Boario e Cemmo mentre nella zona di Ceto, Nadro, Cimbergo, lungo l'alveo del Torrente Clegna ed in Val Rabbia prevalgono le siltiti, soprattutto di colore verde, fittamente laminate o in banchi rinsaldati. All'interno delle siltiti si possono localmente osservare piccoli noduli di clorite, geodi rivestite di cristalli di calcite oppure plaghe di piccoli cristalli cubici di pirite. Spesso le superfici di strato delle marne e delle siltiti sono caratterizzate dalla presenza di strutture meccaniche da onda. Gli orizzonti calcarenitici si trovano nella parte intermedia della formazione e, come si può osservare nella zona di Pisogne, lungo la strada per Grignaghe, sono contraddistinte dalla presenza di ooliti e di abbondanti resti fossili, soprattutto gasteropodi.

Nell'area di Pisogne e di Pescarzo la formazione è inoltre interessata dalla presenza di filoni, sia concordanti che discordanti, mineralizzati a siderite mangesifera e quarzo con subordinati barite, pirite e tracce di calcopirite e solfosali. Questi filoni sono stati intensamente coltivati in passato.

I litotipi che costituiscono questa formazione sono tipici di un ambiente sedimentario di mare molto basso con prevalenti apporti terrigeni.

(Scitico inferiore).

Porfidi quarziferi

Porfiriti di età non precisabile, verosimilmente triassiche.

Verrucano Lombardo (o Formazione del Monte Mignolo)

La formazione del Verrucano Lombardo affiora estesamente su entrambi i versanti e sul fondo della Val Camonica. Nella parte inferiore della valle affiora sul versante sinistro tra Pisogne e Gratacasolo, tra Rogno e Boario sul versante opposto, al centro della valle a Boario e di nuovo sul versante sinistro da Boario a Plemo; nella parte media della valle affiora invece su

entrambi i versanti e sul fondo nella zona di Capo di Ponte, sul versante destro nella zona di Malonno ed infine sul fianco sinistro della Val Rabbia. Questa unità è rappresentata soprattutto da arenarie e conglomerati di colore rosso, ben cementati, a cemento siliceo ed a matrice sericitica, con clasti di origine vulcanica e subordinatamente metamorfica. Questi litotipi sono disposti in grossi banchi a volte poco distinti, generalmente di forma lenticolare, all'interno dei quali si osservano spesso delle gradazioni granulometriche, con ripetuti passaggi da conglomerati ad arenarie; sempre all'interno dei banchi si possono osservare strutture da corrente come superfici erosionali che delimitano tasche di erosione, spesso riempite da materiale più grossolano, e laminazioni incrociate a piccola e grande scala. A questi orizzonti si intercalano localmente dei banchi lenticolari di siltiti micacee rosse, fittamente laminate. Nella zona di Malonno ed in Val Rabbia questi litotipi hanno risentito in modo particolare delle deformazioni connesse all'orogenesi alpina ed appaiono fortemente compressi e laminati tanto da assumere un aspetto quasi scistoso. Lo spessore medio di questa unità si aggira intorno a 500 m. Le strutture sedimentarie presenti entro le rocce che costituiscono il Verrucano Lombardo permettono di interpretare la formazione come un deposito continentale legato ad un ambiente alluvionale. (Permiano superiore).

Conglomerato del Dosso dei Galli

La formazione affiora solamente alla base del versante destro della Val Camonica, nel tratto compreso tra Bessimo e Boario, e presenta una potenza variabile da 200 a 300 m.

Nella parte inferiore questa unità è costituita da orizzonti di conglomerati ed arenarie ben cementati, a cemento siliceo e matrice sericitica, di colore rosso scuro, con clasti di origine prevalentemente metamorfica. Localmente compaiono delle intercalazioni di siltiti micacee fittamente laminate e di colore rosso cupo.

Questi litotipi sono disposti in grossi banchi oppure presentano stratificazione indistinta e sono spesso caratterizzati da una struttura gradata con ripetuti passaggi da conglomerati ad arenarie.

Verso l'alto della formazione le siltiti diventano quasi esclusive, spesso disposte in grossi banchi, e presentano al loro interno caratteristiche strutture vermicolari dovute ad intensa bioturbazione; questa parte della formazione viene anche indicata con il nome di Membro della Pietra Simona ed è stata intensamente coltivata, fino a pochi anni fa, come pietra ornamentale e da costruzione.

I litotipi appartenenti a questa unità testimoniano una sedimentazione legata ad un ambiente alluvionale. (Permiano inferiore).

Formazione di Collio

La Formazione di Collio affiora esclusivamente nella parte settentrionale dell'area in esame, sia in corrispondenza del versante destro della Val Camonica, a monte di Forno d'Allione, sia alla base del versante opposto, tra Lorengo e Rino di Sonico.

Si distinguono due facies eteropiche: una conglomeratica ed una, prevalente, vulcanica. I litotipi conglomeratici costituiscono esclusivamente la parte della formazione affiorante più a nord (tra gli abitati di Comparte e Rino): si tratta di conglomerati a stratificazione massiva con ciottoli grossolani, bene arrotondati, composti in gran parte da quarzo e con abbondante matrice siltoso-arenacea di colore grigio.

Le vulcaniti, che rappresentano la formazione di Collio in tutte le rimanenti aree di affioramento, hanno aspetto scaglioso, colore verde-cereo e sono leggermente untuose al tatto. Si tratta di porfidi quarziferi più o meno laminati; questi litotipi presentano una struttura porfirica abbastanza netta, con pasta di fondo minuta completamente ricristallizzata. I cristalli sono in gran parte costituiti da quarzo idiomorfo; la pasta di fondo è prevalentemente composta da aggregati minutissimi di lamelle micacce (sericite, fengite) che derivano con tutta probabilità dalla ricristallizzazione di frammenti vetrosi. Questa ricristallizzazione è ricollegabile ad un anchimetamorfismo alpino di carico e dislocazione.

Le vulcaniti, con i coevi conglomerati, sottostanno alla formazione del Verrucano Lombardo e sono pertanto attribuibili al periodo Permiano inferiore; poggiano in contatto stratigrafico discordante direttamente sul basamento cristallino, qui rappresentato dagli Scisti di Edolo. (Permiano inferiore).

Micascisti del Maniva

I Micascisti del Maniva affiorano in corrispondenza del versante sinistro della Val Camonica, nel tratto compreso tra Darfo e Beata, e rappresentano il basamento cristallino sudalpino nella parte bassa della valle.

Questa formazione è costituita da micascisti muscovitici con biotite e subordinata clorite, da micascisti muscovitico-biotitico-cloritici a volte granatiferi oppure da micascisti muscovitici granatiferi. La scistosità risulta sempre ben evidente, da planare ad ondulata, a volte pieghettata, determinata dall'alternanza di sottili letti quarzoso-feldspatici e di letti micacei.

Queste rocce derivano da antichi depoisti marini di composizione pelitica successivamente metamorfosati in facies scisti verdi durante un evento orogenico; secondo alcuni Autori, il metamorfismo è di età ercinica e le rocce sedimentarie originarie sarebbero almeno anteriori al Carbonifero mentre per altri il metamorfismo è precedente e le rocce originarie risalirebbero al Precambriano. (Archeozoico?).

Scisti di Edolo

I litotipi appartenenti agli scisti di Edolo affiorano su entrambi i versanti e sul fondo della Val Camonica nella parte settentrionale dell'area, a partire da Capo di Ponte, e rappresentano il basamento cristallino sudalpino nella parte medio-alta della valle.

Questa formazione è costituita in prevalenza da micascisti di colore grigio a letti di biotite, muscovite e clorite alternati a letti di quarzo e albite. La scistosità è ben evidente, da piana ad ondulata, a volte molto pieghettata. Localmente il quarzo forma delle lenti o delle vene di dimensioni anche decimetriche. Più in particolare, nelle zone poste a sud di Cedegolo la biotite è prevalente sulla muscovite ed all'albite si associa anche il microclino; nell'area di Cedegolo prevale la muscovite mentre nella zona di Forno e di Demo compaiono granato, epidoto e abbondante sericite. Sul versante destro della valle, all'altezza di Edolo, si trova, intercalata agli scisti, una grossa lente di quarziti micacee; piccoli lenti di quarziti analoghe si trovano anche sul versante sinistro della valle, tra Sonico ed Edolo. Sempre sul versante sinistro, all'altezza di Rino di Sonico, si trova invece una grossa lente di gneiss occhiadini muscovitico-cloritici. Al nucleo dell'anticlinale camuna, a Demo e Forno d'Allione, si trovano infine delle anfiboliti e degli gneiss: le anfiboliti sono costituite da letti sottili di epidoto, clorite e biotite alternati a letti di quarzo e plagioclasio andesinico e presentano una giacitura fortemente pieghettata mentre gli gneiss sono costituiti da biotite, muscovite, sericite, quarzo e microclino e presentano tessitura occhiadina.

I litotipi appartenenti a questa unità derivano da originarie rocce pelitico-arenacee depositatesi su un fondale marino e successivamente interessate da metamorfismo regionale di basso grado. Secondo alcuni Autori il metamorfismo è di età ercinica e le rocce sedimentarie originarie sarebbero almeno anteriori al Carbonifero mentre per altri il metamorfismo è precedente e le rocce originarie sarebbero archeozoiche.

(Archeozoico?).

Gneiss del Monte Tonale

Questa formazione è rappresentata da gneiss e micascisti a due miche o prevalentemente biotitici, spesso granatiferi e più raramente sillimanitici.

(Archeozoico?).

Micascisti di Cima Rovaia

I litotipi appartenenti ai Micascisti di Cima Rovaia sono rappresentati da micascisti e gneiss muscovitici o a due miche, con granato e staurolite, spesso nodulari.

L'età della formazione è imprecisata, ma sicuramente precambriana.

(Archeozoico?).

Scisti della Punta di Pietra Rossa

La formazione è costituita da micascisti e gneiss minuti muscovitici, talora a due miche, con passaggi a quarziti; in alternanza ai litotipi appena descritti si ritrovano gneiss a fiamme di biotite, talora con tessitura occhiadina; più raramente affiorano gneiss anfibolici. (Archeozoico?).

2.3 Inquadramento geomorfologico

L'area di studio è suddivisibile in diverse zone morfologiche omogenee.

La zona più meridionale è interessata esclusivamente dai depositi alluvionali dei maggiori fiumi; la morfologia è regolare e piatta, con le uniche eccezioni costituite dalle scarpate di terrazzi fluviali (di altezza dell'ordine del metro), dalle tracce di paleovalvei dei corsi d'acqua maggiori e, lungo una fascia orientata est-ovest, dalle depressioni costituite dalle teste dei fontanili.

Più a settentrionale della fascia dei fontanili, l'area dell'alta Pianura Padana si presenta ancora pianeggiante, ma con pendenze medie superiori a quelle della bassa pianura; la morfologia è uniforme e l'unico rilievo è costituito dal Mont'Orfano. Nella zona di Borgonato compaiono alcune zone di ristagno d'acqua ed alcune sorgenti la cui presenza è connessa a variazioni granulometriche e quindi della permeabilità nei depositi glaciali.

A nord del Mont'Orfano è presente una vasta area caratterizzata da morfologie pianeggianti alternate a colline allungate e dalla cresta arrotondata. Quest'area, compresa tra la cerchia morenica esterna dell'anfiteatro sebino e, a nord, le propaggini meridionali dei rilievi prealpini, è dominata dall'azione deposizionale dei ghiacciai; l'assetto morfologico è costituito dalle creste dei cordoni morenici separati l'uno dall'altro da depressioni più o meno ampie. Nel lobo che il cordone morenico interno forma tra Provaglio e Cremignane si trova un'ampia depressione colmata da depositi torbosi: la torbiera è stata intensamente coltivata in passato e adesso presenta una morfologia caratteristica fatta di lame d'acqua separate da sottili strisce di terra emersa.

Le forme legate alla circolazione idrica superficiale incanalate sono rappresentate dalla scaricatore glaciale del Longherone, percorso da due corsi d'acqua, e da blandi conoidi alluvionali più o meno inattivi.

L'intensa urbanizzazione ha contribuito ad obliterare il gradino di erosione di confine tra i depositi glaciali e le alluvioni della pianura.

In corrispondenza dei primi rilievi prealpini, alla base dei versanti rocciosi si trovano diffusamente falde di detrito, alcune delle quali attive e interessate da intensi fenomeni di crollo che coinvolgono le pareti rocciose sovrastanti.

Le rocce carbonatiche, diffusamente presenti in quest'area, sono interessate da intensi fenomeni carsici come testimoniamo la grotta verticale a monte di Provaglio e la sorgente posta al piede della parete ovest del Monte della Madonna.

La sponda orientale del Lago d'Iseo è caratterizzata dalle forme deposizionali connesse all'attività del ghiacciaio sebino-camuno. Il versante è infatti dominato dalla presenza di una serie di terrazzi glaciali che culminano in un cordone morenico laterale ben conservato. Nella zona di Cislano la morena laterale ha sbarrato la valle creando un ampio terrazzo costituito da depositi di contatto glaciale, che sono poi stati asportati da parte delle acque incanalate che hanno generato evidenti fenomeni di erosione lineare. Anche nel settore più settentrionale, in corrispondenza dello sbocco nel lago dei torrenti Opolo e Bagnadore, si trovano lembi di depositi glaciali. Tali torrenti, rimasti sospesi rispetto la conca del lago, si sono raccordati al nuovo livello di base per erosione regressiva.

I depositi glaciali, in particolare nella zona a monte di Sulzano, sono interessati da fenomeni di creep o soliflusso talora evoluti verso veri e propri fenomeni franosi per scivolamento. Nella zona a monte di Massenzo, di Grumello e nei pressi della chiesa di San Pietro, le pareti rocciose sono interessate da intensi fenomeni di crollo, scivolamento planare o ribaltamento in roccia.

Ai piedi dei terrazzi si trovano conoidi alluvionali generati dalla azione erosiva operata dai vari corsi d'acqua presenti sul versante che hanno inciso i terrazzi stessi. Sono inoltre presenti ampie fasce di detrito ormai inattive e colonizzate dalla vegetazione. Localmente queste forme sono interessate da fenomeni erosivi legati allo scorrimento superficiale e possono provocare fenomeni di trasporto in massa o colate di detrito lungo alcuni impluvi.

Gran parte dei corsi d'acqua hanno generato alla base dei versanti conoidi alluvionali che si possono considerare quiescenti.

Anche in quest'area il substrato roccioso presenta intensi fenomeni carsici, sia superficiali che sotterranei: numerose doline si trovano a nord-est della pianura dell'Orto, mentre grotte e sorgenti si trovano nei pressi di San Fermo, sopra Pilzone e nella zona di Covelò. A monte di Giovine e sul versante sinistro di Trobiolo sono presenti depositi di travertino posti allo sbocco di sorgenti carsiche.

A partire da dove il Fiume Oglio si butta nel Lago d'Iseo fino al Capo di Ponte, la morfologia è dominata dalle forme erosive esercitate in passato dal ghiacciaio camuno, evidenti, oltre che nel profilo trasversale della valle con l'ampio e pianeggiante fondovalle del Fiume Oglio, per la presenza di numerose valli laterali sospese che si raccordano al fondo con cascate e di una conca di escavazione occupata dal lago. Sono comunque presenti molte altre forme minori, diffuse ad esempio nell'area di Boario, costituite da superfici rocciose levigate dall'esarazione, solchi, strie e marmitte glaciali. Relitti montonati sono inoltre costituiti dal Castelletto e dal Monticolo, con pareti fortemente levigate.

Le forme deposizionali sono rappresentate da lembi di depositi di ablazione

che ricoprono localmente i versanti e che in alcune zone costituiscono una serie di terrazzi morfologici.

Successivamente al ritiro del ghiacciaio, l'assetto morfologico generale è stato modificato da parte delle acque superficiali che hanno esercitato sia un'azione erosiva che deposizionale. In particolare, nel profilo longitudinale si osserva la presenza di alcuni gradini morfologici dovuti a sovraescavazione: il primo all'altezza di Malegno, il secondo nei pressi di Breno, il terzo a Capo di Ponte.

A Breno, ad esempio, il profilo longitudinale è contraddistinto da una soglia in roccia, caratterizzata da una sovraescavazione a monte, che si è impostata in corrispondenza di un contatto tettonico tra litotipi a differente erodibilità; il Fiume Oglio, che in genere presenta un andamento sinuoso con ampie gole e meandri, qui presenta invece una forra quasi rettilinea e si approfondisce in corrispondenza del gradino morfologico.

Nella zona di Capo di Ponte, l'Oglio scava il proprio alveo all'interno dei materiali depositi dai conoidi laterali, e genera scarpate di erosione in parte attive.

Nella piana alluvionale dell'Oglio sono riconoscibili numerosi solchi laterali, testimoni delle divagazioni passate; in particolare nella piana tra Angone e Sacca restano depressioni topografiche di forma allungata secondo l'asse della valle. Di conseguenza quasi tutto il corso del fiume è stato stabilizzato dalla presenza di argini artificiali che impediscono esondazioni in periodi di piena. Localmente nei tratti di alveo non ancora regimati, sono presenti forme di erosione di sponda in corrispondenza delle parti esterne delle sinuosità.

L'esistenza nel fondovalle di materiali fini, legati appunto a passati processi di esondazione, è evidenziata da fenomeni di ristagno d'acqua e talora dall'affioramento della falda che alimenta piccoli corsi d'acqua superficiali. Anche in questa zona i corsi d'acqua minori hanno formato, alla base dei versanti, ampi conoidi alluvionali quiescenti che possono ricevere ulteriore alimentazione nel corso di eventi alluvionali eccezionali il cui tempo di ritorno è pluridecennale. Spesso gli alvei di questi corsi d'acqua sono stati regimati mediante la realizzazione di argini e briglie, o talora con la completa canalizzazione.

Piccoli fenomeni di crollo e di ribaltamento sono visibili lungo le pareti rocciose di entrambi i versanti della Val Camonica e lungo i fianchi delle incisioni laterali, così come processi di creep, e forme di coniche e falde di detrito inattive e colonizzate dalla vegetazione. In molti casi le falde di detrito e i depositi glaciali sono stati terrazzati artificialmente, con la costruzione di muri di sostegno a secco per creare nuove aree coltivabili. A volte la mancata manutenzione di queste strutture ha favorito il loro franamento in seguito ad eventi meteorici intensi che hanno provocato una rapida saturazione del terreno.

Nella zona a monte di Braone si trova parte del corpo di accumulo di una

grande paleofrana, probabilmente proveniente dal versante opposto; in corrispondenza di questo deposito sono attive forme di erosione legate alla azione delle acque superficiali.

La presenza di litotipi a composizione carbonatica ha permesso in alcune zone lo sviluppo di attività carsica superficiale e sotterranea: doline di dissoluzione sono visibili sul terrazzo morfologico del Dosso del Cerreto, e doline alluvionali a sud dell'abitato di Esine, dovute alla presenza di gessi coperti dalle alluvioni del torrente Grigna. Nei pressi di Mezzarro è possibile osservare un allineamento tra le doline, collegate ad una sorgente carsica che in località Spinera ha creato al suo sbocco un esteso deposito di travertino.

Nell'area a monte di Capo di Ponte, fino a poco a nord di Malonno, è evidente come l'assetto morfologico strettamente influenzato dall'azione erosiva delle lingue glaciali e dai successivi agenti morfogenetici sia stato fortemente condizionato dalle condizioni litologiche e strutturali esistenti. Nel tratto tra Forno d'Allione e Demo, l'asse della valle compie un brusco cambio di direzione e si dispone, da una direzione NNE-SSW a sud, ad una orientazione est-ovest a nord: il cambio di direzione è legato alla presenza del piano assiale di una piega anticlinale che ha convogliato sia l'erosione glaciale che quella fluviale. Il nucleo di questa anticlinale costituisce inoltre un gradino morfologico a monte del quale si trova una conca di sovraescavazione poi colmata da depositi alluvionali, mentre la soglia in roccia del gradino è stata successivamente erosa dal fiume Oglio. Nella zona ancora più a settentrione il percorso coincide in parte con due lineamenti strutturali di importanza regionale, appartenenti al fascio tettonico orobico: la linea della Gallinera e la linea del Sellero. Un'altra forma minore di erosione selettiva è rappresentata dalla Valle delle Fratte, la cui incisione si imposta in corrispondenza di un'intrusione filoniana.

Diverse zone, sia ad alte che a basse quote lungo i versanti, sono interessate da fenomeni di crollo, ribaltamento e scivolamento in roccia.

Per quanto riguarda le coperture, i fenomeni più evidenti sono legati a frane per erosione al piede da parte del torrente Re di Sellero. Localmente i depositi glaciali e eluviali sono interessati da fenomeni di creep.

Alla base di molte pareti rocciose sono osservabili forme di accumulo come falde e coni di detriti, per lo più inattivi e colonizzati dalla vegetazione lungo il fondovalle, ma attivi alle quote maggiori.

Depositi detritici di origine antropica sono presenti localmente sui versanti: si tratta di cumuli artificiali di materiale di risulta (smarino) delle gallerie di derivazione realizzate in zona a scopo idroelettrico.

Il Fiume Oglio e gli affluenti sono stati regimati con la costruzione di argini e briglie che ne impediscono le esondazioni e l'attività erosiva. Tuttavia i conoidi alluvionali presenti alla base dei versanti sono per la maggior parte dei casi, quiescenti.

Sono presenti in tutta la zona numerose sorgenti.

Nella zona del bacino situata ancora più a nord, l'andamento della valle ha nuovamente un cambio netto di direzione e diventa NNE-SSW; in ogni caso mostra l'impronta della dinamica glaciale, sia dalla forma della sezione della valle, sia nella presenza di rocce montonate e striate, sia nella presenza di depositi, anche di spessore rilevante, di origine glaciale.

2.4 Inquadramento tettonico

Analogamente a quanto è stato possibile fare con l'inquadramento geomorfologico, anche per quanto riguarda l'assetto tettonico generale, si possono distinguere e descrivere diverse aree omogenee.

In tutta l'area di bassa pianura fino all'estremità inferiore del Lago d'Iseo, sono presenti potenti coltri di depositi superficiali che mascherano il substrato e non consentono l'osservazione diretta dei lineamenti e degli aspetti strutturali presenti.

Solo nella zona pedemontana alcuni limitati affioramenti del substrato consentono di riconoscere i lineamenti tettonici principali, che si presentano con direzione prevalente NO-SE, parallelamente alle faglie di tipo trascorrente che dislocano la sinclinale che corre lungo il bacino del Torrente Curtel, struttura che presenta un andamento orientato E-O.

In particolare, nella zona del Mont'Orfano sono evidenti due famiglie di lineamenti tettonici, accompagnati dalle famiglie ad esse perpendicolari:

la prima orientata E-O, perpendicolare agli sforzi tettonici che hanno generato la struttura a pieghe presente nella fascia inferiore dei rilievi prealpini;

la seconda orientata NO-SE, parallela alla direzione delle faglie trascorrenti presenti nell'area a nord del Lago d'Iseo.

Nella zona meridionale del Lago, nell'intorno di Marone, si nota la maggior frequenza dei lineamenti orientati E-O, paralleli alla faglia che mette a contatto la Dolomia Principale e le Argilliti di Riva di Solto.

Tra Marone e Pilzone dominano i lineamenti orientati NO-SE e NE-SO, mentre a monte di Pilzone, nella zona più settentrionale del Lago, l'orientazione dei lineamenti occupa uno spettro molto ampio, con preponderanza di quelli orientati NO-SE.

Nella parte meridionale della Val Camonica, nella zona che va da Pisogne fino ad Esine, i lineamenti tettonici prevalenti si dispongono trasversalmente all'andamento della valle stessa con direzione NO-SE; localmente, nettamente subordinate, sono presenti altre famiglie con andamento E-O, N-S e NE-SO.

La mancanza di strutture rilevanti parallele all'andamento della valle principale è dovuta sia alla presenza di potenti spessori di depositi, sia all'azione erosiva degli agenti che possono aver mascherato e obliterato tali strutture.

Nella zona di Boario è presente un fascio di faglie con direzione E-O e ONO-ESE da ricollegare agli sforzi compressivi che hanno portato i terreni

triassici affioranti a nord a sovrapporsi ai terreni permiani presenti a sud. Nell'area a nord di Boario si nota una maggior frequenza dei lineamenti diretti in senso N-S, che ancora più a nord ruotano fino ad avere andamento NO-SE.

Tale andamento risulta essere quello dominante per tutta l'area che va da Esine a Breno, accompagnato da lineamenti NE-SO, con direzione parallela e normale all'andamento generale dell'asse della Val Camonica. Tuttavia sono presenti alcune differenze tra i due versanti della valle:

sul versante sinistro le famiglie più rappresentate presentano orientazione NO-SE, NE-SO e ENE-OSO;

sul versante destro diventa prevalente la famiglia ad andamento NE-SO e compare con una certa evidenza una famiglia orientata E-O.

Tali differenze sono probabilmente da ricollegare alla contiguità del versante destro alla massa del plutone dell'Adamello, la cui intrusione ha determinato la deformazione delle rocce incassanti.

Nella zona tra Braone e Losine la famiglia dominante ha assetto ENE-OSO, parallelo al piano assiale della sinclinale presente.

A nord di questa zona torna una netta differenza tra i versanti: a destra vi è una leggera prevalenza della famiglia NE-SO, mentre a sinistra dominano i lineamenti orientati NE-SO e NO-SE.

Solo la zona di Breno si presenta anomala: la famiglia prevalente ha andamento NNO-SSE.

Nella zona più settentrionale della Val Camonica i lineamenti osservabili tendono ad avere un andamento comparabile con strutture di importanza regionale che attraversano l'area di studio: la Linea della Gallinera con andamento NE-SO, l'Anticlinale Camuna con orientazione ONO-ESE, e la Linea Insubrica con assetto principale ENE-OSO.

2.5 Studio geologico della Franciacorta

Questa seconda parte del lavoro è finalizzato a fornire uno studio ed una cartografia specifica per l'area della Franciacorta, che è stata giudicata la zona più significativa ed interessante, soprattutto dal punto di vista idrogeologico; nell'ambito di questa fase dello studio sono state realizzate due carte tematiche alla scala 1:25000, usando come base topografica la cartografia tecnica regionale CTR in scala 1:10000, adattandone la scala, ed una serie di sezioni geologiche ed idrogeologiche.

Il territorio nel quale è stata effettuata questa parte dello studio è delimitato ad ovest dal Fiume Oglio, ad est dal Fiume Mella, a nord dal Lago d'Iseo e dalla strada provinciale che collega Iseo alla Val Trompia passando per Polaveno, mentre verso sud si spinge fino all'altezza dei comuni di Torbole Casaglia, Berlingo, Castelvoti, raggiungendo quindi la fascia dei fontanili, come riportato in figura 1.

Si tratta di un'area di circa 450 Km² nella quale rientrano, totalmente o parzialmente, i 37 comuni riportati nella figura 1 e nella tabella 1, dove, oltre all'estensione, per ciascun comune è riportata l'altitudine ed il numero di abitanti (dati ISTAT 1996).

Le carte tematiche ottenute sono state denominate Carta Geologica della Franciacorta e Carta Idrogeologica della Franciacorta. A queste carte si aggiunge un terzo elaborato in cui sono riportate alcune sezioni idrogeologiche rappresentative. Tutti gli elaborati sono riportati in Appendice.

La realizzazione di questa parte dello studio è stata suddivisa in tre fasi: una fase di raccolta dei dati preesistenti, una fase di verifica dei dati reperiti e di ricerca delle informazioni mancanti, una fase di stesura delle carte e di controllo finale sul terreno.

Nella fase di raccolta dei dati sono state raggruppate tutte le carte pubblicate prima di questo lavoro che si riferiscono in modo più o meno diretto all'area in esame: un elenco del materiale raccolto è riportato nella bibliografia. Lo scopo di questa prima fase era quello di avere la base di informazioni più ampia possibile da cui partire per realizzare una cartografia più aggiornata e dettagliata rispetto a quella precedente.

La seconda fase può essere riassunta ulteriormente in due attività: di controllo dei dati e di ricerca di nuove informazioni.

Il controllo dei dati raccolti è stato effettuato con sopralluoghi sul terreno, rilevamenti di dettaglio, ma anche con strumenti informatici: ci si riferisce a

tal proposito all'utilizzo di foto aeree digitalizzate, riprese durante un apposito volo nel 2000 e fornite da Cogeme.

La ricerca di nuove informazioni si è resa necessaria soprattutto per la realizzazione della carta idrogeologica: infatti, sebbene si disponesse di un buon numero di stratigrafie di pozzi, è stato conveniente raccogliere dati piezometrici recenti ed in tal modo è stato possibile rappresentare il deflusso idrico sotterraneo alla data dell'ottobre 1999.

L'ultima fase è stata quella di stesura dei dati e di controllo finale sul terreno.

Il risultato ottenuto fornisce una cartografia tematica approfondita ma allo stesso tempo semplice da consultare e alla portata di un pubblico costituito non solo da esperti; si tratta pertanto di uno strumento a disposizione sia in ambito di pianificazione territoriale e urbanistica che per studi di impatto ambientale relativi a nuovi interventi, utilizzabile ogni qualvolta si presenti un problema strettamente applicativo.

Nella tabella che segue sono elencati i comuni interessati da questa parte dello studio.

Tabella 1 - Elenco dei comuni interessati dallo studio.

COMUNE	ESTENSIONE	ALTITUDINE	ABITANTI
Adro	17,13 Km ²	da 198 a 652 m	5758
Berlingo	4,55 Km ²	da 118 a 133 m	1521
Brescia	90,68 Km ²	149 m	190057
Brione	6,82 Km ²	da 320 a 1035 m	409
Capriolo	10,65 Km ²	da 162 a 756 m	6828
Castegnato	9,17 Km ²	da 124 a 165 m	4414
Castelcovati	6,19 Km ²	da 112 a 127 m	3873
Castrezzato	13,70 Km ²	da 114 a 141 m	4154
Cazzago S.Martino	22,14 Km ²	da 131 a 298 m	7942
Cellatica	6,42 Km ²	da 128 a 483 m	3512
Chiari	38,02 Km ²	da 118 a 166 m	16604
Coccaglio	11,96 Km ²	da 138 a 402 m	5320
Collebeato	5,30 Km ²	da 168 a 483 m	3264
Cologne	13,83 Km ²	da 162 a 452 m	4857
Concesio	18,87 Km ²	da 187 a 1158 m	10567

Corte Franca	13,89 Km ²	da 187 a 652 m	4348
Erbusco	17,95 Km ²	da 180 a 451 m	5473
Gussago	24,65 Km ²	da 128 a 877 m	10275
Iseo	25,54 Km ²	da 185 a 1000 m	8193
Monticelli Brusati	10,73 Km ²	da 205 a 712 m	2067
Ome	9,88 Km ²	da 199 a 743 m	2456
Ospitaletto	8,49 Km ²	da 142 a 165 m	8140
Paderno Franciacorta	5,51 Km ²	da 155 a 193 m	2520
Palazzolo sull'Oglio	23,06 Km ²	da 148 a 191 m	16954
Paratico	6,08 Km ²	da 185 a 576 m	2883
Passirano	13,89 Km ²	da 159 a 344 m	4653
Polaveno	9,27 Km ²	da 364 a 1011 m	1699
Pontoglio	11,22 Km ²	da 131 a 164 m	5623
Provaglio d'Iseo	16,34 Km ²	da 187 a 674 m	4721
Rodengo Saiano	12,74 Km ²	da 147 a 575 m	4225
Roncadelle	9,15 Km ²	da 114 a 135 m	4673
Rovato	26,26 Km ²	da 121 a 315 m	13378
Sarezzo	17,31 Km ²	da 245 a 1324 m	10562
Torbole Casaglia	13,01 Km ²	da 99 a 121 m	3291
Travagliato	17,36 Km ²	da 110 a 145 m	6838
Urago d'Oglio	10,64 Km ²	da 107 a 144 m	2787
Villa Carcina	14,42 Km ²	da 225 a 1158 m	8927

2.5.1 Inquadramento geologico

L'area della Franciacorta si colloca al passaggio tra la pianura bresciana e la porzione meridionale del sudalpino, ovvero del settore di catena alpina posto a sud della linea insubrica; partendo da sud si passa dalla pianura alluvionale, ad una zona a pieghe e sovrascorrimenti che interessa soprattutto formazioni cretacee, fino a giungere alla flessura pedemontana.

La fascia collinare pedealpina è una zona complessa, costituita da una successione di sinclinali e anticlinali, in cui i lineamenti strutturali mantengono un trend grosso modo est-ovest, cioè simile a quello della flessura pedemontana; questa è rappresentata da un fascio di pieghe e thrust (scaglie tettoniche) con direzione complessiva est-ovest, che si raccorda alle pieghe più meridionali che interessano le unità cretache.

La maggior parte della regione in esame è interessata da depositi superficiali quaternari, che possono essere così suddivisi:

depositi morenici: costituiscono l'anfiteatro morenico sebino, che si estende dal Lago d'Iseo fino alle latitudini del M. Orfano; gli stessi terreni affiorano nell'anfiteatro morenico di Paratico, molto più piccolo del precedente, all'estremo nord-ovest dell'area;

depositi fluvio-glaciali e fluviali: si sviluppano a partire dai piedi delle colline e giungono fino al margine meridionale della Franciacorta senza bruschi dislivelli; costituiscono il piano fondamentale della pianura bresciana;

depositi lacustri e palustri: si ritrovano all'interno delle cerchie moreniche e lungo le sponde del Sebino: sono il risultato delle fasi di avanzamento e regressione del ghiacciaio;

depositi alluvionali recenti e attuali: affiorano lungo il tracciato dell'Oglio e del Mella ma anche in Val del Gombio, in Val Gandovere e in Val Navezze; in questa unità vengono fatti rientrare anche i depositi di conoide alluvionale che i torrenti montani formano al loro ingresso in pianura;

depositi di versante: si concentrano alla base dei pendii e rendono morfologicamente meno brusco il passaggio dalle aree collinari a quelle di pianura.

Le formazioni più antiche che affiorano nell'area sono di età giurassica, eccezion fatta per la "Corna" la cui sedimentazione ha avuto inizio al termine del Triassico; la limitata distribuzione di questa unità rende però trascurabile la serie triassica nella zona studiata.

Dall'alto verso il basso si incontrano le seguenti formazioni mesozoiche, tutte di origine marina: Scaglia lombarda, Arenaria di Sarnico, Sass de la luna, Marna di Bruntino, Maiolica, Selcifero lombardo, Formazione di Concesio, Medolo e, infine, Corna.

Questa successione affiora con continuità a nord-est della carta, in un'area collinare che è delimitata dalla Val del Gombio a settentrione, dalla Val Trompia verso oriente, mentre a sud tali rilievi si diramano verso la pianura

creando una serie di speroni, di cui i più evidenti sono quelli di Provaglio d'Iseo, di Monticelli Brusati, dei Monti Delma e Valenzano, di Rodengo Saiano, fino alla collina di Gussago e infine del Monte Picastello.

Le formazioni mesozoiche affiorano anche a nord-ovest dell'area rilevata, dove formano il rilievo del M. Alto, e nei pressi di Borgonato: qui si ritrovano alcuni lembi liassici di limitate dimensioni, ma che rivestono notevole importanza nel quadro evolutivo dell'anfiteatro morenico sebino, come si vedrà in seguito.

L'unica unità terziaria è rappresentata dal "Conglomerato di M. Orfano", di età miocenica: non vi è quindi alcuna testimonianza del Paleogene. La formazione del Mont'Orfano costituisce il monte omonimo, isolato nella pianura e con andamento nord-ovest / sud-est; lo stesso conglomerato si ritrova in affioramenti di dimensioni minori presso Sale e al Colle della Badia.

2.5.1.1 Stratigrafia

La descrizione delle unità presenti nell'area studiata viene fatta distinguendo le unità quaternarie, formate in prevalenza da terreni sciolti (ad eccezione di un conglomerato grossolano che viene descritto come l'affioramento più recente del substrato), dalle formazioni che costituiscono il substrato roccioso.

Le unità quaternarie vengono analizzate esclusivamente da un punto di vista litologico, senza precisarne la cronologia relativa, che attualmente è fonte di dibattito tra gli esperti, soprattutto per quanto riguarda i depositi dell'anfiteatro morenico sebino.

2.5.1.2 Depositi sciolti continentali

I terreni sciolti dei depositi continentali quaternari sono stati raggruppati in otto unità litologiche, basate sostanzialmente sulla granulometria e sulla tessitura dei materiali affioranti; si tratta di una classificazione basata su criteri prevalentemente geologici ma, in parte, anche pedologici.

Considerato il carattere prevalentemente applicativo della cartografia realizzata, viene solo accennata la correlazione tra i depositi descritti e gli eventi che hanno portato alla loro formazione, cercando di fornire qualche informazione di natura geologico-tecnica.

Vengono riportate di seguito le otto categorie individuate, in ordine di granulometria decrescente secondo le norme ASTM e secondo i più recenti indirizzi:

Ciottoli e blocchi a supporto sia clastico che di matrice, che va da sabbiosa fino ad argillosa; la quantità di argilla può superare il 35%; i blocchi sono prevalentemente spigolosi e si presentano più arrotondati solo quando derivano dallo smantellamento di depositi glaciali o alluvionali. Costituiscono i *depositi di versante*, con letti grossolanamente paralleli al

pendio che smorzano il dislivello tra il pendio stesso e l'alta pianura; sono assenti altre strutture significative.

Ghiaie più o meno gradate con sabbia che può superare il 15%, mentre la percentuale di particelle fini non supera il 5%; la composizione del terreno è ricca di carbonato di calcio. Questi depositi occupano la maggior parte dell'area studiata: si estendono a partire dai piedi delle colline e dalle cerchie moreniche più elevate fino ai margini meridionali della carta; rappresentano i *depositi fluvioglaciali* che costituiscono il livello fondamentale della pianura. Si hanno alcuni affioramenti anche all'interno dell'anfiteatro morenico sebino, tra Timoline e Nigoline e a ovest di Monterotondo: sono ancora depositi di origine glaciale che possono essere interpretati come *piane intramoreniche*.

Ghiaie ben gradate con sabbia, limo e argilla associate a ghiaie limoso-argillose con particelle fini superiori al 5%; mediamente sono calcaree o molto calcaree (figura 2). Si ritrovano all'interno dell'anfiteatro sebino, a partire dal Lago d'Iseo fino a giungere alle cerchie moreniche più alte; affiorano anche alla base del M. Orfano, lungo il margine occidentale del M. Alto, nell'anfiteatro di Sarnico, lungo il paleoalveo del Longherone e in Val Gandovere. In questa categoria rientrano i depositi morenici che formano l'anfiteatro della Franciacorta e quello di Sarnico, ma anche i depositi fluvioglaciali depositati a partire dall'anfiteatro sebino fino alle aree pianeggianti poste più a sud; questi ultimi depositi permettono di ricostruire l'andamento di antichi scaricatori fluvioglaciali nell'alta pianura (la cui traccia è riportata nella carta idrogeologica).

Alternanze di ghiaie anche ben selezionate, ciottoli prevalentemente arrotondati, sabbie che presentano strutture sedimentarie dovute all'azione della corrente, quali laminazioni oblique, laminazioni incrociate, ciottoli embricati; formano i depositi alluvionali lungo i Fiumi Oglio e Mella, con corpi sia lenticolari che stratoidi.

Sabbie limose con ghiaia che supera il 15%; si tratta di depositi fortemente calcarei che affiorano all'esterno delle cerchie più elevate dell'anfiteatro morenico sebino, formando un arco che va da Adro fino a Passirano. Sono *terreni di origine glaciale* che derivano dallo smantellamento dei cordoni morenici più antichi, ormai ridotti a semplici ondulazioni del suolo.

Limi sabbiosi e limi con sabbia: in entrambi i casi la percentuale di argilla è inferiore al 35%. Sono *depositi lacustri* che riempiono alcuni piccoli invasi distribuiti nei terreni morenici; parte di questi bacini sono fosse di cava in fase di interrimento. I depositi limosi nei pressi di Paderno Franciacorta rappresentano i resti di una conca lacustre che si addossava ad uno dei cordoni più esterni dell'anfiteatro, ormai quasi completamente smantellato.

Argille e argille sabbiose: la percentuale di argilla supera il 35%; costituiscono i *depositi lacustri* lungo le sponde del Lago d'Iseo. Alcuni affioramenti si ritrovano all'interno dell'anfiteatro sebino, nei territori di Cortefranca, Iseo e Provaglio d'Iseo, e possono essere considerati come i resti di antichi laghi, ormai estinti, generati durante il ritiro del ghiacciaio; altri depositi sono distribuiti nei due vasti anfratti posti a nord e a sud rispetto all'alto di Monticelli Brusati: sono argille collegabili a laghi di sbarramento formati dai cordoni morenici più antichi.

Depositi torbosi formati da cuscinetti erbosi tipici delle zone umide; si sviluppano lungo le sponde del Sebino e in una vasta area tra Iseo e Provaglio d'Iseo, dove è stato istituito il parco naturale delle "Torbiere del Sebino".

2.5.1.3 Substrato roccioso

L'unica unità rocciosa quaternaria è rappresentata da un *conglomerato grossolano*, molto cementato e con striature glaciali, formato da ciottoli arrotondati di varia natura, la maggior parte dei quali provenienti da rocce della Val Camonica (soprattutto tonalite e "Verrucano"), con rari clasti calcarei scuri.

La collocazione temporale di questa unità è incerta: Cacciamali (1907) la collega alla glaciazione Gunz, ma potrebbe trattarsi anche di una formazione più antica, preglaciale, oppure di un interglaciale anteriore alle cerchie più antiche rappresentate in carta.

Si presenta con affioramenti di limitate dimensioni nei pressi di Cremignane (figura 3) e Timoline.

Il Miocene inferiore e medio è rappresentato dal "Conglomerato di M.Orfano".

Si tratta di conglomerati con ciottoli prevalentemente calcarei, in genere abbastanza arrotondati, appartenenti a formazioni mesozoiche quali "Corna", "Medolo", "Selcifero Lombardo", "Maiolica" (Vecchia, 1954); a volte sono presenti arenarie calcaree compatte.

Questo conglomerato forma il M.Orfano e affiora a Sale e presso il Colle della Badia.

La potenza della formazione è fortemente variabile e viene valutata in circa 800 metri presso il M.Orfano, in 50 metri presso Sale e in più di 300 metri al Colle della Badia.

Tra Barremiano superiore e Senoniano (Cretaceo inferiore e superiore) si ha la formazione della "Scaglia Lombarda", composta da due unità: la "Scaglia variegata" e la "Scaglia rossa" (Boni & Cassinis, 1973); nei pressi del M.Peso è presente una lacuna che si estende dal Cenomaniano

superiore al Campaniano inferiore (Attanasio, 1989).

Inferiormente si trova la “Scaglia variegata”, costituita da marne tenere, più compatte verso l’alto, policrome, da grigie a verdi e rosse; nella parte basale presenta livelli di scisti argillosi neri, simili a quelli che costituiscono la “Marna di Bruntino”: infatti la “Scaglia variegata” può essere considerata eteropica al “Sass de la Luna”.

La “Scaglia rossa” è rappresentata da calcari marnosi e marne calcaree rosa salmone e rosse, più difficilmente grigie, con fratturazione scagliosa; talora presenta intercalazioni di arenarie verdastre di composizione analoga alla “Arenaria di Sarnico”.

La potenza dell’intera successione supera i 150 metri.

La “Scaglia Lombarda” affiora a Piazza, sulla collina di Gussago e da qui si allarga verso oriente fino a raggiungere il M. Peso.

La “Arenaria di Sarnico” rappresenta il periodo tra Turoniano superiore e Santoniano (Venzo, 1954), e si appoggia sulle unità cenomaniane per mezzo di una discontinuità stratigrafica interpretata come una troncatura dovuta al distacco di frane sottomarine durante il Turoniano superiore (Bersezio e Mensini, 1992); nell’area rilevata non affiora il limite superiore di questa unità, pertanto non è possibile determinarne la potenza.

Si tratta di arenarie medio-fini grigie con sfumature verdognole e azzurre, compatte, in grossi banchi o in strati di spessore metrico, con patina di alterazione giallastra; localmente presentano sottili intercalazioni di marne argillose cineree, ma si possono riscontrare anche livelli puddingoidi con ciottoli di varia natura.

La “Arenaria di Sarnico” affiora all’estremo nord-ovest della carta, tra i comuni di Paratico e Capriolo.

In successione segue il “Sass de la Luna”, che caratterizza l’Albiano superiore; nelle aree di maggiore spessore questa formazione può essere distinta in due litozone (Bersezio, 1992): una litozona superiore torbiditica ed una inferiore marnosa.

La litozona superiore presenta la progressiva scomparsa dei livelli marnoso-argillosi e un aumento dei banchi torbiditici, di spessore plurimetrico; la litozona inferiore è rappresentata da calcari marnosi cinerei intervallati da marne argillose grigio chiare, rosse o verdi, con stratificazione piano parallela.

La potenza dell’intera successione supera i 200 metri. Il “Sass de la Luna” costituisce parte del M.S. Onofrio, poi si estende dal M. Alto fino a Clusane; più a oriente occupa il nucleo della sinclinale di Polaveno (figura 4).

Sotto questa dicitura vengono fatte rientrare anche le unità cenomaniane-coniaciane che appartengono al margine orientale del Bacino Lombardo (Bersezio & Mensini, 1992): nei pressi del M.S. Onofrio tale successione è

costituita da torbiditi marnoso-calcaree con intercalate marne emipelagiche grigio-verdastre, seguite da marne e marne argillose con alternanza di livelli torbiditici marnoso-siltosi ed è chiusa alla sommità da marne argillose brune o rosse con intercalazioni di calcilutiti molto sottili. Presso il Corno Pendita la successione cenomaniana è formata da calcareniti fini in strati da sottili a medi, seguite da un banco calcareo-marnoso ad assetto caotico con strutture fluidali e noduli di selce ("Banco Caotico"), con alla sommità areniti torbiditiche medio-grossolane passanti a marne siltose grigie ("Flysch di Colle Cedrina").

Tra Aptiano inferiore e Albiano superiore sedimenta la "Marna di Bruntino", riportata in letteratura anche come formazione degli "Scisti Neri".

Si tratta di marne scistose molto friabili e argilliti di colore prevalentemente scuro, da nero a grigio, a verdastro, a rosso; la potenza di questa formazione è compresa tra i 50 e i 100 metri.

Recentemente questa formazione è stata distinta in tre litozone (Bersezio, 1992): una litozona superiore marnosa, con argilliti varicolori e strati marnosi gradati sempre più frequenti; una zona intermedia torbiditica, con alternanza di arenarie fini, siltiti torbiditiche e argilliti; una litozona inferiore pelagica, con argilliti varicolori.

La "Marna di Bruntino" affiora con due sottili lembi, rispettivamente tra i Monti Alto e S. Onofrio e tra il M. Alto e il Corno Pendita; si ritrova poi in corrispondenza della sinclinale di Polaveno dove forma una sottile fascia che si chiude su se stessa.

Il Cretaceo inizia con la formazione della "Maiolica", che rappresenta stratigraficamente l'intervallo di tempo compreso tra Titoniano superiore e Aptiano inferiore; anche questa unità è scomponibile in due membri (Boni & Cassinis, 1973).

Il membro superiore è rappresentato da calcari più o meno marnosi di colore bianco-grigio, a stratificazione più sottile, con intercalazione di livelli di selce scura; verso la sommità, a contatto con la "Marna di Bruntino", compaiono letti marnosi grigio-verdi fino a neri, mentre diminuiscono i noduli di selce.

Il membro inferiore è costituito da calcari bianchi e bianco-avorio a grana fine, a frattura concoide, con strati spessi fino a 80 centimetri, contenenti noduli e liste di selce bionda.

La potenza dell'intera unità varia tra i 230 e i 330 metri.

La "Maiolica" si presenta con continuità a nord-est della carta: inizia ad affiorare tra Iseo e Polaveno, si estende verso oriente fino a lambire la Val Trompia in corrispondenza della Costa Gelè, mentre verso sud arriva fino a Monticelli Brusati e Brione; lembi di dimensione limitata affiorano a Persaga, a Baiana e alla Colma Alta. Altri affioramenti si hanno tra Ponte Cingoli e la Val Trompia passando attraverso la Sella dell'Oca, tra i Monti Scapia e Picastello, al M. Alto.

Segue in successione il “Selcifero Lombardo” che caratterizza il periodo Oxfordiano-Titoniano inferiore; tale formazione mostra una variazione verticale molto netta che porta a individuare tre intervalli (Pasquarè, 1965) : la “Formazione di Prabione” alla sommità, il “Rosso ad Aptici” nel mezzo e le “Radiolariti” alla base.

Ad est di Brescia affiora la “Formazione di Prabione”, con calcari marnosi nodulari, varicolori e con puddinghe calcaree e brecce sinsedimentarie che mostrano affinità col “Rosso Ammonitico Veronese”.

Nel “Rosso ad Aptici” si trovano marne calcaree e calcari marnosi di colore prevalentemente rosso, con lenti, noduli e lamine di selce; nella parte superiore si passa a calcari marnosi nodulari, rossi e verdi, con frattura concoide e strati di 5-20 centimetri; tale membro presenta caratteri litologici uniformi nella porzione centrale, mentre si possono trovare brecce e paraconglomerati intraformazionali negli intervalli superiori e inferiori.

L’intervallo inferiore è costituito da selci varicolori, rosse, verdi, gialle, brune, ben stratificate, a cui si possono intercalare letti calcareo-marnosi o argilliti molto silicee bianco-giallastre.

La potenza del “Selcifero” varia tra gli 80 e i 100 metri (Boni & Cassinis, 1973).

Nell’area rilevata questa formazione affiora con i suoi due secondi membri: la si ritrova lungo il versante meridionale e quello orientale del M.Alto, forma il M.Cognolo e da qui si estende fino alla Val Gaina, appare a Monticelli Brusati, a Cerezzata, a Martignago e nell’alta Valle Gandovere; da questa valle risale fino ai Monti Colmetto e Bedoletto per poi ridiscendere in Val Trompia all’altezza di Zanano; affiora in fasce sottili in Val del Gombio, lungo i rilievi tra Saiano e Navezze, tra la Val Navezze e la Val Trompia passando per il M. Magnoli, tra l’ex convento dei Camaldoli e S.Vigilio, ai piedi del M. Scapia e lungo il margine meridionale del M. Picastello.

La “Formazione di Concesio” rappresenta stratigraficamente il periodo compreso tra Toarciano e Bathoniano (Bersezio, 1996); come nell’unità sovrastante, anche qui si possono distinguere due membri: i “Calcari Medoloidi” ed i “Calcari Nocciola” (Boni & Cassinis, 1973).

I “Calcari Medoloidi” formano la parte superiore della successione e sono costituiti da calcari marnosi grigi per lo più in grossi banchi, con lenti selciferi grigio-bruni e letti di marna grigio-verde; il nome dato a questo membro denota l’affinità di questa successione con il sottostante “Medolo”.

I secondi sono rappresentati da calcareniti e calciruditi ben stratificate, di colore nocciola, con liste di selce bruna o nera e intervalli di marna scagliosa da grigio-verdastra a giallo-rossiccia, in strati da medi a molto spessi.

La potenza della “Formazione di Concesio” è intorno ai 200 metri (Boni & Cassinis, 1973).

Tale unità affiora in Val del Gombio e in Val Navezze, da cui raggiunge la Val Trompia attraverso la sella posta tra i Monti Pernice e Magnoli, formando due fasce che arrivano rispettivamente a Noboli e Villa Carcina; si ritrova tra Ome e Navezze, nella zona di Monticelli Brusati e Provaglio d'Iseo, lungo il fianco orientale del M. Alto e in piccoli affioramenti presso Borgonato.

Segue in successione il "Medolo", che si ritrova a partire dal Lotaringiano fino al Domeriano (Lias medio); questa formazione è scomponibile in due membri: il "Calcare del M.Domaro" ed il "Calcare di Gardone Val Trompia".

Il "Calcare del M.Domaro" è formato da calcari marnosi grigio-bianchi, con liste di selce da marrone a nera e con fitte intercalazioni di marne grigio-verdi di origine più chiaramente torbidity; la presenza di una fauna ad ammoniti piritizzate ha permesso di istituire in questa formazione il Piano Domeriano (Bonarelli, 1894). Lo spessore di questo membro si aggira mediamente attorno ai 500 metri (Boni & Cassinis, 1973).

Il "Calcare di Gardone Val Trompia" è costituito da calcari più o meno marnosi, da chiari a nerastri, a stratificazione media piano-parallela, con noduli e letti di selce bruno-nera ed intercalazioni marnose grigio-verdi; verso l'alto la successione assume un aspetto più omogeneo, con minor quantità di livelli marnosi e di selce. Lo spessore totale del "Calcare di Gardone Val Trompia" è valutabile a circa 500-600 metri (Boni & Cassinis, 1973).

Negli ultimi metri dell'unità affiorano arenarie e brecce calcaree che caratterizzano il passaggio tra il "Medolo" e la "Formazione di Concesio".

Nell'area rilevata il "Medolo" affiora in Val del Gombio a nord, disegna un arco tra Sarezzo e Villa Carcina lungo la Val Trompia, si ritrova in Val Navezze e in Val Gandovere; la stessa unità forma l'altopiano con i Monti Delma e Valenzano, prosegue fino a lambire i rilievi di Monticelli Brusati e Provaglio d'Iseo (figura 5) e affiora sul versante orientale del M.Alto. Alcuni lembi estremamente ridotti emergono dai depositi morenici nei pressi di Budrio e in località Bettole; qui, come anche in altre parti della carta, non è stato possibile distinguere i due membri del "Medolo".

L'unità più antica che affiora nell'area è rappresentata dalla formazione della "Corna", che si estende a partire dal Retico superiore fino al Pliensbachiano. Si tratta di calcari compatti, bianco-avorio, grigi e bruni, in grossi banchi con stratificazione indistinta, passanti talora a calcari dolomitici e dolomie cristalline; nella parte superiore dell'unità, a contatto col "Medolo", si trovano locali impregnazioni di selce bruna e grigio-nera, riportate in letteratura come "corna selciosa" (Cacciamali, 1907).

La potenza della "Corna" è molto irregolare e va dai 20 metri con cui si presenta ad ovest di brescia a più di 250 metri ad est del Fiume Mella (Boni & Cassinis, 1973). Nell'area studiata tale formazione si ritrova solo con un

piccolo lembo alla base del versante orientale del M. Delma.
 Per maggiore chiarezza, nelle tabelle che seguono si riportano le suddivisioni temporali in cui sono distinti il Cretaceo (tabella 2) ed il Giurassico (tabella 3).

Tabella 2 - Schema cronologico del Cretaceo

			65 M.a.
CRETACEO SUPERIORE	Maastrichtiano		74 M.a.
	SENONIANO	Campaniano	84 M.a.
		Santoniano	88 M.a.
		Coniaciano	89 M.a.
	Turoniano		92 M.a.
	Cenomaniano		96 M.a.
CRETACEO INFERIORE	Albiano		108 M.a.
	Aptiano		113 M.a.
	Barremiano		121 M.a.
	NEOCOMIANO	Hauteriviano	126 M.a.
		Valanginiano	128 M.a.
		Berriasiano	134 M.a.

Tabella 3 - Schema cronologico del Giurassico

				134 M.a.
GIURASSICO	Superiore	MALM	Titoniano	140 M.a.
			Kimmeridgiano	145 M.a.
			Oxfordiano	152 M.a.
	Medio	DOGGER	Calloviano	157 M.a.
			Bathoniano	165 M.a.

	Inferiore	LIAS	Bajociano	171 M.a.
			Aaleniano	179 M.a.
			Toarciano	186 M.a.
			Pliensbachiano	194 M.a.
			Sinemuriano	201 M.a.
			Hettangiano	205 M.a.

2.5.1.4 Tettonica

Nell'area studiata il substrato roccioso affiora prevalentemente nella zona nord-est, pertanto le strutture tettoniche presenti possono essere osservate con maggiore precisione in questa zona, nella quale è stata eseguita anche una sezione geologica che, partendo dai dintorni di Polaveno, giunge fino alla periferia di Brescia, con andamento nord-ovest / sud-est.

Si tratta di una zona tettonicamente assai complessa perché posizionata tra due regioni strutturalmente diverse: ad ovest dell'Oglio, in territorio bergamasco, la tettonica è condizionata dalla "Linea Orobica", con direzione est-ovest, mentre ad est della Val Trompia prevale la direzione sud sud-ovest / nord nord-est tipica della "Linea delle Giudicarie" (Boni & Cassinis, 1973).

Procedendo da sud verso nord seguendo la sezione geologica realizzata, si incontrano le seguenti strutture:

la sinclinale di M.Peso: tale piega, con il nucleo costituito da "Scaglia Lombarda", ha direzione est-ovest;

l'anticlinale dei Camaldoli: presenta strati rovesciati e subverticali; l'asse della piega segue il trend orobico; questa anticlinale, come quella di Navezze, verge verso sud senza però generare i sistemi di sovrascorrimento tipici della Flessura Pedemontana;

una sinclinale che si collega verso oriente a quella di Costorio; l'asse di questa piega ha direzione ovest sud-ovest / est nord-est ed è quindi influenzata sia dal lineamento orobico che da quello giudicariense;

la piega a ginocchio di Navezze: si tratta di un'anticlinale molto serrata, con andamento est-ovest; dirigendosi verso la Val Trompia la struttura viene influenzata dal lineamento giudicariense e degenera nell'anticlinale di Villa Carcina, diretta verso nord / nord-est;

una blanda anticlinale con ampio raggio di curvatura, ad andamento orobico; ad essa segue un'altrettanto blanda sinclinale attraverso cui ci si collega alla piega della Val Navezze;

la sinclinale di Polaveno: con direzione orobica, si sviluppa in un'area

depressa delimitata a nord dalla Punta dell'Orto e a sud dai M.ti Colma Alta, Colmetto, Cimarone, Faeto; il nucleo della sinclinale è costituito dal "Sass de la Luna";

La figura 6 rappresenta in modo semplificato le strutture tettoniche appena descritte, tra Cellatica e Polaveno.

All'estremo opposto della carta, in corrispondenza degli affioramenti del M. Alto, non si ritrovano strutture tettoniche così evidenti: gli strati presentano immersione che va da nord, in territorio di Clusane, a nord-ovest fino ad ovest spostandosi progressivamente verso i margini più meridionali del complesso del M. Alto; la ricostruzione dell'assetto strutturale di questa zona può essere fatta solo con lo studio degli affioramenti posti ad ovest dell'Oglio, in territorio bergamasco, area esterna a quella interessata dal presente lavoro.

E' comunque possibile ipotizzare un raccordo tra le formazioni che affiorano a nord-ovest della carta con quelle che si ritrovano a nord-est, cercando di ricostruire l'andamento delle strutture geologiche al di sotto dei depositi quaternari dell'anfiteatro sebino.

Innanzitutto si può notare come l'immersione degli strati verso nord accomuna gli affioramenti più settentrionali del M. Alto così pure come quelli nei pressi di Polaveno, della Colma Alta, di Provaglio d'Iseo: ciò permette di presupporre l'esistenza di una struttura antiforale ad ampio raggio di curvatura al di sotto dei terreni pleistocenici nella parte più settentrionale dell'anfiteatro; le strutture sinforali e antiforali presenti a sud della sinclinale di Polaveno morirebbero spostandosi verso ovest, degenerando nella struttura antiforale appena descritta.

Questa ricostruzione è confermata anche dagli affioramenti di Borgonato: qui gli strati della "Formazione di Concesio" immergono verso sud, con una pendenza quasi identica a quella riscontrata nel "Medolo" del M. Valenzano. Ci si trova di fronte al fianco meridionale dell'antiforale sepolta sotto l'anfiteatro morenico sebino; anche nel substrato che affiora all'estremo sud del M. Alto, nei pressi di Adro, l'immersione degli strati è verso sud-est, a conferma della chiusura della struttura antiforale.

2.5.1.5 Anfiteatro morenico sebino

L'anfiteatro morenico sebino si estende nell'area centro-settentrionale della Franciacorta ed è delimitato a nord dal Lago d'Iseo, a ovest dal M. Alto, ad est dai Monti Cognolo e Valenzano e dall'alto morfologico di Monticelli Brusati, mentre a sud giunge a lambire i versanti del M. Orfano.

L'origine di tale anfiteatro è stata oggetto di numerose dispute tra esperti ma attualmente non si è ancora giunti ad una visione unitaria che permetta di spiegare gli eventi glaciali che lo hanno generato; negli ultimi anni si sta assistendo al passaggio dalle vecchie teorie di Penck ad ipotesi più attuali e articolate che verranno esposte qui di seguito.

Per anni l'anfiteatro morenico sebino è stato studiato cercando di applicare

ad esso le conoscenze che Penck aveva conseguito nei suoi studi oltralpe; da qui la suddivisione dei depositi morenici in quattro categorie temporali, dalle più antiche a quelle più recenti: Gunz, Mindel, Riss, Würm. Questo criterio è stato utilizzato per diversi anni, sebbene non ci sia mai stato accordo sui limiti delle varie glaciazioni; se infatti tutti gli studiosi si sono trovati d'accordo nell'attribuire al Mindel i depositi posti all'esterno delle cerchie moreniche più elevate, c'è stata invece maggior incertezza nel definire il limite tra i sedimenti Rissiani e quelli Würmiani. Questo problema risulta evidente analizzando i lavori che Cacciamali prima e Vecchia poi hanno svolto in questa zona: Cacciamali (1907) estende i depositi Würmiani fino a comprendere i cordoni morenici più elevati, mentre per Vecchia (1954) solo le due cerchie più interne dell'anfiteatro (quelle di Clusane e di Timoline) sono Würmiane.

Attualmente sono in fase di definizione alcune teorie più articolate, fra cui merita particolare attenzione quella proposta da Bini e Corbari (1999): nell'ambito dello studio di questi Autori, i depositi glaciali sono stati suddivisi basandosi sul concetto di unità allostratigrafiche, ovvero di corpi delimitati da superfici limite caratteristiche, riconoscibili e tracciabili. Sono state riconosciute sette glaciazioni, rappresentate dalle seguenti unità elencate in ordine cronologico, dalle più antiche a quelle più recenti: allogruppo di Valenzano, alloformazione di Paderno Franciacorta, alloformazione di Camignone, alloformazione di Fantecolo, alloformazione di Monte Piane, allogruppo di Monterotondo, alloformazione di Iseo.

Dal momento che quest'ultima teoria non si è ancora del tutto affermata nel mondo scientifico mentre quella precedente di Penck è in parte superata, qui di seguito vengono descritti i tratti salienti dell'anfiteatro morenico sebino senza addentrarsi nelle problematiche che cercano di spiegarne l'origine. In particolare viene posta attenzione sulle cerchie moreniche che sono state individuate nell'anfiteatro, mentre per la descrizione dei depositi quaternari posti al suo interno si rimanda al paragrafo relativo alla stratigrafia.

Si vuole però mettere in evidenza una precisazione circa la reale estensione del ghiacciaio: nella "Carta Geologica d'Italia: Foglio 47-Brescia" e nella "Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a Sud dell'Adamello" viene segnalata la presenza di massi erratici sugli speroni di Provaglio d'Iseo, sul M. Orfano e al Colle della Badia; durante i rilevamenti effettuati, tali massi sono stati individuati solo nel territorio di Provaglio. Questa circostanza ha permesso di ridurre l'estensione del ghiacciaio rispetto a quanto riportato dagli Autori precedenti: le lingue glaciali si sarebbero spinte fin quasi al M. Orfano, fermandosi poco prima o raggiungendolo e appoggiandosi alla sua base; si esclude però che il ghiacciaio sia risalito lungo il pendio settentrionale del M. Orfano per poi ridiscendere sul versante opposto, mentre è probabile che abbia cercato di attraversare questo ostacolo aggirandolo: se così fosse ci si può aspettare

di trovare materiale morenico nel sottosuolo di Coccaglio.

È ancora più improbabile che si possano trovare massi erratici sul Colle della Badia: la composizione di questo rilievo è data dal “Conglomerato di M. Orfano”. Il motivo per cui si ritiene di non poter parlare di massi erratici quando ci si riferisce ai massi posti su questo colle, così pure come a quelli che si ritrovano sul M. Orfano stesso, è illustrato da due osservazioni: innanzitutto i massi che si ritrovano in questi due siti hanno tutti la stessa composizione del substrato, ovvero sono di “Conglomerato di M. Orfano”, e non si ritrovano massi di litotipi diversi (per esempio, non ci sono massi di “Verrucano”, che abbondano invece nei pressi di Provaglio d’Iseo e sono diffusamente presenti in tutti i depositi glaciali frontali). In secondo luogo bisogna considerare che il “Conglomerato di M. Orfano” presenta in affioramento una evidente fratturazione che tende ad isolare grossi volumi rocciosi che possono essere scambiati per massi erratici (figura 7).

Questi fattori, a cui si aggiunge l’assenza di strie o altri indicatori di scorrimento tipici di un ambiente glaciale, tendono pertanto a limitare l’estensione del ghiacciaio al solo anfiteatro sebino in cui si rinvenivano i depositi morenici.

Di seguito vengono descritti i principali cordoni che si riconoscono al suo interno.

2.5.1.6 Cordoni morenici

Le cerchie moreniche che occupano l’anfiteatro sebino si differenziano tra loro in base a diversi fattori correlabili alla loro età.

Innanzitutto si nota come le cerchie più esterne siano molto alterate: essendo più antichi, questi depositi sono stati sottoposti più a lungo a fenomeni di erosione, disaggregazione, ferrettizzazione ed ossidazione: il risultato è che i cordoni morenici posti all’esterno delle cerchie più elevate si presentano come delle modeste ondulazioni del terreno, con forme appiattite e talvolta completamente demolite dagli agenti atmosferici.

Le cerchie moreniche più recenti, poste a nord di quelle appena descritte, sono costituite da depositi meno alterati, con un basso grado di ferrettizzazione ed un minor grado di cementazione, a differenza dei cordoni più antichi che spesso mostrano delle basi conglomeratiche. L’aspetto delle cerchie più giovani è meglio definito, con colline dai fianchi ripidi, con contorni più netti ed altitudini elevate, caratteri che le rendono facilmente individuabili da un punto di vista morfologico.

Il passaggio tra questi due tipi di cordoni morenici non è sempre netto ma, in linea di massima, si può riconoscere partendo dall’alta pianura e attraversando l’anfiteatro fino ad arrivare alle sponde del lago d’Iseo; qui di seguito vengono descritte le cerchie moreniche che sono state riconosciute sul territorio e rappresentate in carta, partendo da quelle più antiche fino a giungere a quelle più giovani.

Il cordone morenico più esterno ha inizio presso la collina di M. Piane: si tratta di un'altura di circa 40 m, in parte costituita da conglomerato, che chiude a sud l'abitato di Sergnana; lo stesso cordone continua al di là di M. San Michele, sviluppandosi dalla località Riva e spingendosi fin quasi al promontorio di San Faustino; oltrepassata l'incisione del paleo-Livorno, il cordone termina con le alture di Egitto, Cantone di Sopra e di Sotto, nei pressi di Passirano. Non ci sono affioramenti che permettano di ricostruire il proseguimento di tale cerchia nel settore occidentale dell'anfiteatro.

Sempre all'esterno delle cerchie più elevate si individua un secondo cordone, suddiviso in tre lembi: quelli di Fantecolo, di località Breda (S. Giorgio) e di Villa di Passirano; alla stessa cerchia morenica potrebbe appartenere il cordone che affiora nei pressi di Erbusco, da Villa di Erbusco (figura 8) fino a lambire Pederzano.

Discorso a parte merita il lembo morenico che si trova ad ovest di Calino: pur trovandosi lungo un'orbita che apparentemente si discosta da quella degli affioramenti appena descritti, tale lembo può essere comunque considerato parte integrante della seconda cerchia morenica: infatti, nella regione centrale dell'anfiteatro, l'avanzata del ghiacciaio è stata ostacolata dalla presenza di un affioramento roccioso nei pressi di Borgonato, che ha causato l'arretramento dei cordoni morenici centrali rispetto a quelli laterali appartenenti alla medesima avanzata glaciale.

La cerchia morenica principale dell'anfiteatro morenico sebino appare come un arco di circonferenza che si appoggia lateralmente ai M.ti Alto ad ovest e Cognolo ad est; il raggio di questo ipotetico cerchio è di circa 3,5 km mentre il centro si trova appena a nord del lembo liassico di Borgonato. Si possono individuare tre settori: uno orientale, uno centrale e uno occidentale, separati tra loro rispettivamente dal paleoalveo del Longherone e dalla strada provinciale che collega Rovato a Iseo; l'arco centrale presenta una quota topografica attorno ai 300 m mentre lateralmente si raggiungono quote di circa 350 m, in corrispondenza degli attacchi dei cordoni ai monti.

La parte orientale della cerchia principale si sviluppa a partire da Provaglio d'Iseo, dove un lembo morenico separa l'abitato dal Pian delle Viti; superato lo sperone del Medile, la cerchia morenica si sdoppia: la cresta più esterna forma il M. Pollo, attraversa il Monte di Fantecolo e, passando da S. Giorgio, arriva fino alla collina di S. Barbara; la cresta interna passa dalle Cascine Martinelli e Gremoni poi, attraverso il Monte di Fantecolo, giunge fino alla località Catolis, mantenendosi sempre parallela alla cresta adiacente. Un altro cordone morenico si sviluppa a partire dalla Cascina Martinelli e si accentra poi verso l'interno dell'anfiteatro, giungendo fino a Case Nuove, frazione di Monterotondo; sebbene il suo andamento si discosti da quello delle prime due creste della cerchia, tale cordone viene fatto rientrare nel complesso di depositi che costituiscono la cerchia

morenica principale.

Nel tratto centrale della cerchia si ritrovano i tre fasci di depositi morenici: quello più esterno è formato da tre lembi che passano per le località Faglia, La Rotonda e S.Stefano; il fascio intermedio si presenta con due lembi che vanno da Casa Pionono fino a nord di S.Stefano; infine c'è il cordone più interno che si estende tra la Cascina 4 Camini e Berganto. Anche per questi lembi vale il discorso fatto per i depositi siti all'esterno della cerchia morenica principale, ovvero si presentano arretrati di circa 1 km rispetto ai cordoni adiacenti a causa della presenza del rilievo roccioso di Borgonato.

Nel settore occidentale la cerchia morenica si mostra biforcata solo nei tratti estremi della sua estensione: all'inizio, appena a ovest della provinciale Rovato-Iseo, ci sono due lembi, uno tra le Cascine Alghisi e Canelle Secco e uno posto appena più a nord; poi le creste si uniformano e la cerchia prosegue verso nord-ovest con quattro lembi che si propagano a partire dalla collina posta a nord della Cascina Canelle fino a giungere in località Solesina. A partire dalla località Lazzareto di Adro la cerchia torna a sdoppiarsi con due cordoni con direzione nord nord-est / sud sud-ovest; quello più interno si spinge fino a S. Eufemia, mentre quello più esterno è formato da due lembi che arrivano fino alle tenute Baladelli.

All'interno della cerchia principale i cordoni morenici presentano delle forme abbastanza definite ma non raggiungono quote elevate; i depositi sono freschi e il grado di cementazione e di alterazione è molto basso. Partendo da est, si incontra un primo cordone morenico che ha origine a Fontane e si estende con direzione nord-est / sud-ovest fino alla località Rampoi ed oltre; nella porzione occidentale dell'anfiteatro il raccordo con tale cerchia risulta difficoltoso. Esistono infatti due ordini di cordoni: quello esterno è costituito da tre lembi che affiorano a Dosso Cattivo, a Cascina Cinquino e a Cascina Solive; il cordone più interno si trova appena più a nord e si propaga per circa 1 km a ovest di Borgonato.

A partire da Provaglio d'Iseo si incontra una nuova cerchia morenica che attraversa per esteso l'intero anfiteatro; si sviluppa a partire dal Monastero di S. Pietro, arriva fino a Sottanida dove viene interrotta dalla linea ferroviaria; oltrepassata la stazione di Provaglio la cerchia prosegue con un nuovo cordone morenico che, passando da S. Carlo, arriva fino all'abitato di Timoline; a ovest di Timoline si trovano altri due lembi che si estinguono in località Malpensa.

All'estremo nord dell'anfiteatro si trovano le ultime due cerchie moreniche; quella più esterna è formata da due lembi che affiorano a Cremignane e a sud-est di Clusane; il cordone più interno dell'anfiteatro si estende dalla località Ponticelli, al confine con il Parco delle Torbiere del Sebino, fino a Villa Barcella di Clusane e ha una forma bilobata, con una prima culminazione in corrispondenza della Cascina Beloarda e un secondo lobo tra le Cascine Cadoline e Breda.

2.5.1.7 Anfiteatro morenico di Paratico

L'anfiteatro morenico di Paratico è delimitato dal M.Alto verso est e dal Colle di Sarnico a ovest: si tratta di un anfiteatro dalle dimensioni molto inferiori rispetto a quello della Franciacorta ma che è stato formato dai medesimi eventi glaciali; la presenza del M.Alto è stata la causa della bipartizione della lingua glaciale, con conseguente formazione dei due anfiteatri.

Vengono ora descritte le cerchie moreniche individuate in questo anfiteatro, facendo però riferimento solo alla porzione orientale, quella cioè posta in territorio bresciano. La cerchia morenica più vicina al lago d'Iseo è anche quella più estesa: si tratta di un cordone che attraversa l'intero abitato di Paratico, partendo dalla strada statale Paratico-Capriolo e arrivando fino alla località Rivatica; l'andamento di tale cerchia è nord-ovest / sud-est.

Altri due lembi affiorano in località Masnadore e Le Guardie, e presentano una direzione opposta alla cerchia vista in precedenza; questi due lembi possono essere interpretati come i resti di un'antica cerchia morenica che dalla collina del Castello di Paratico si estendeva fino a Montecchio, in comune di Credaro; successivi scaricatori fluvioglaciali avrebbero frammentato questa cerchia generando i cordoni morenici appena visti, che di fatto sono separati tra loro da una stretta valle morta; questo permetterebbe di spiegare l'orientamento dei depositi morenici, apparentemente discordante con quello della cerchia morenica principale.

2.5.1.8 Carta idrogeologica

È stata realizzata una carta idrogeologica che mette in evidenza l'andamento del deflusso sotterraneo a partire dalla base dei rilievi fino ai margini più meridionali della Franciacorta, dove il territorio diviene pianeggiante.

Per la realizzazione di questa carta è stato raccolto un buon numero di stratigrafie di pozzi e si sono cercati i dati piezometrici più recenti riferibili a tali pozzi, in modo da poter incrementare le informazioni fornite in questo studio con l'aggiunta di alcune sezioni idrogeologiche.

L'insieme delle stratigrafie a disposizione è stato suddiviso in tre gruppi:

- stratigrafie di pozzi con dati piezometrici aggiornati all'ottobre 1999;
- stratigrafie di pozzi con dati piezometrici antecedenti l'ottobre 1999;
- stratigrafie di pozzi di cui non si hanno dati piezometrici.

Il primo gruppo è composto da trenta pozzi in cui il livello statico e quello dinamico della superficie piezometrica sono stati misurati nel corso dell'ottobre 1999; la scelta della data in cui "fotografare" il deflusso sotterraneo rappresentato in carta non è casuale, ma si riferisce al periodo in cui si hanno dati recenti in numero significativo; si sarebbero potute scegliere anche delle date più recenti, come l'aprile 2000, però sarebbe

drasticamente diminuito il numero di pozzi con dati aggiornati.

Nella tabella 4 è riportato l'elenco di questi pozzi: per ciascun pozzo viene indicato il numero progressivo con cui è rappresentato in carta, il nome del pozzo, il comune in cui è ubicato, la profondità, le quote del livello statico e dinamico misurate a partire dal piano campagna. Il pozzo 27 è ubicato in comune di Rudiano, all'esterno della carta, ma è stato preso in considerazione per tracciare la isopiezometrica di quota 114 m.

Tabella 4 - Pozzi con dati piezometrici aggiornati all'ottobre 1999.

NUM. POZZO	NOME IMPIANTO	COMUNE	PROFONDITA' (m)	LIVELLO STATICO DAL P.C. (m)	LIVELLO DINAMICO DAL P.C. (m)
1		Adro	66	51	51,5
2	Cavour	Castegnato	143	31,32	32,83
3	Coronino	Castegnato	120	20,44	20,6
4	Pip	Castegnato	127	35,73	35,76
5	Cavalli	Castrezzato	66	12,46	12,79
6	Cervi	Castrezzato	142	15,65	18,44
7	Valle Calina Nuovo	Cazzago San Martino	162,5	84,24	84,66
8	V.Bornato	Cazzago San Martino	150	76,2	79,54
9	Mandolossa	Gussago	110	112,4	
10	Badaline	Iseo	100	14,15	19,98
11	Cremignane	Iseo	78	24,05	32,08
12	Nuovo	Monticelli Brusati	200	51,8	64,54
13	Icom	Monticelli Brusati	102	65,7	74,45
14	Gavazzino	Palazzolo sull'Oglio	130	40,32	40,83
15	Puccini	Palazzolo sull'Oglio	110	138,5	
16	V.Aldo Kupfer	Palazzolo sull'Oglio	60	40	54
17	Villa	Passirano	141	125,7	129,5

18	Camignone	Passirano	102	39,32	44,97
19	Toselli	Passirano	170	92,46	92,97
20	Piave	Pontoglio	64,5	20,07	20,87
21	Piemonte	Pontoglio	70	20,95	23,29
22	Nuovo	Provaglio d'Iseo	150	76,69	81,5
23	Vecchio	Provaglio d'Iseo	112	77,71	
24	Duomo	Rovato	101	31	31,09
25	Stadio	Rovato	102	66,35	
26	Fornace	Rovato	150	79,04	79,58
27	Rurale	Rudiano	55,5	12,27	12,8
28	Nuovo	Urago d'Oglio	114,5	16,1	15,86
29	Rurale	Urago d'Oglio	70	16,43	16,62
30		Urago d'Oglio	54	14,8	

Nel secondo gruppo rientrano 54 pozzi di cui si possiedono stratigrafie e dati piezometrici antecedenti l'ottobre 1999; per alcuni di questi pozzi le quote del livello statico e dinamico sono state misurate nel corso degli anni novanta e pertanto possono risultare d'aiuto nella ricostruzione della superficie piezometrica, soprattutto in quelle aree in cui l'assenza di insediamenti industriali o abitativi porta a delle oscillazioni annuali della tavola d'acqua più contenute. Per quanto riguarda i dati piezometrici più antichi (sono riportati valori misurati nel lontano 1926!), non è possibile trarne beneficio per il lavoro che ci si è proposti, ma sono stati comunque riportati per richiamare la curiosità dei lettori sulle oscillazioni subite dalla falda nel corso degli anni.

L'elenco di questi pozzi è riportato nella tabella 5 dove vengono date le stesse informazioni fornite per il primo gruppo di pozzi, a cui si aggiunge l'anno di misurazione della superficie piezometrica.

Tabella 5 - Pozzi con dati piezometrici antecedenti l'ottobre 1999

NUM. POZZO	NOME IMPIANTO	COMUNE	PROF. (m)	LIVELLO STATICO DAL P.C. (m)	LIVELLO DINAMICO DAL P.C. (m)	DATA DELLE PROVE
31	Albarelle Vecchio	Adro	108	64,2	68,7	30/01/67
32	Alberelle Nuovo	Adro	110	76,2	76,46	11/07/87
33	Carpmetal	Adro	100	50		1998
34	Cotonificio Ferrari R.	Adro	93	55,65	59,83	11/03/98
35		Adro	170	129	131	13/03/85
36	Streparava interno	Adro	119	29	31	1977
37	Ditta Rizzi	Adro	100	84	85,3	27/10/72
38	Bellavista	Adro	170	134,4	142	1981
39		Adro	150	130	132	
40	Filati Filatex	Capriolo	123	60	61	
41	Giemme Filati	Capriolo	102,5	56	57	nov-75
42		Capriolo	132	61	65	
43	V.Urini	Capriolo	108	52,5	58	set-73
44	Campagna	Castrezzato	40,6	9,81	10,02	02/10/92
45	Rizzini	Cazzago S.Martino	102	69	70,1	28/04/93
46		Gussago		112		mar-99
47		Ospitaletto	90	33	33,5	set-92
48		Ospitaletto	175	52	54,5	set-92
49		Ospitaletto	80	32	35	set-92
50		Ospitaletto	48	34,5	38	set-92
51		Ospitaletto	95	26,5	29	set-92
52		Ospitaletto	73	38		set-92

53		Ospitaletto	70	17	23	set-92
54		Ospitaletto	52,5	40		set-92
55		Ospitaletto	70	35	38	set-92
56		Ospitaletto	60	21	21	set-92
57		Ospitaletto	70	34,5	37,5	set-92
58		Ospitaletto	68	13		set-92
59		Ospitaletto	84	34		set-92
60		Ospitaletto	60	41,5	43	set-92
61		Ospitaletto	60	38	38,5	set-92
62		Ospitaletto	60	38,5	39	set-92
63		Ospitaletto	60	39,5	40,5	set-92
64		Ospitaletto	60	37	41	set-92
65		Ospitaletto	60	42	44,5	set-92
66		Palazzolo sull'Oglio	86	44	46	mag-98
67	Mirasole	Palazzolo sull'Oglio	77	33,13	33,3	
68	Cascina Cereto	Palazzolo sull'Oglio	132	43	51	
69	Co-Stamp	Palazzolo sull'Oglio	70	35	35,5	giu-76
70	Ditta M.A.C.P.I.	Palazzolo sull'Oglio	64,5	31	31,5	lug-74
71	Venezia	Palazzolo sull'Oglio	150	55,9	55,93	20/10/97
72	Vezzoli	Palazzolo sull'Oglio	190,5	45,5		1926
73	Acquedotto comunale S.Pancrazio	Palazzolo sull'Oglio	70	47,5		dic-45
74	Lanassa	Paratico	36	fluente	15	
75	Nuovo Acquedotto	Paratico	120	1+	2	04/08/62
76	Azienda Agr. "Festa"	Pontoglio	78	19	25	1996

77	Caseificio Vitali	Pontoglio	62	18	21	1972
78	Eurocarni	Pontoglio	65	18	21	15/07/75
79	Azienda Agr. "Le Querce"	Pontoglio	145	20		30/10/86
80	Manifattura	Pontoglio	70	4	15,2	ott-78
81	Dosselli	Rovato	162	85,15	87,9	10/02/93
82	Latteria Sociale	Urago d'Oglio	103	1	13	nov-78
83	Dur-Press	Urago d'Oglio	70	18	18,5	06/05/74
84	T.T.U.	Urago d'Oglio	82,5	10	12	1972

Il terzo gruppo è formato da pozzi di cui non si possiedono dati piezometrici; si tratta di 27 pozzi ubicati prevalentemente nei comuni di Ospitaletto, Gussago e lungo le sponde dell'Oglio.

Sebbene non contribuiscano direttamente alla ricostruzione dell'andamento della tavola d'acqua, le stratigrafie di questi pozzi permettono di aggiungere informazioni alle sezioni idrogeologiche che verranno descritte più avanti.

Nelle tabella 6 vengono elencati i pozzi che rientrano in questo gruppo con relativa numerazione, comune di ubicazione e profondità raggiunta; al termine dei paragrafi successivi si possono invece trovare allegate alcune stratigrafie realizzate in anni diversi e da imprese diverse che sono state utilizzate per la realizzazione delle sezioni.

Tabella 6 - Pozzi di cui non si possiedono dati piezometrici

NUMERO	POZZO	COMUNE	PROFONDITA' (m)
85		Adro	86,5
86		Capriolo	52
87		Capriolo	125
88		Capriolo	102,6
89		Gussago	80
90		Gussago	80
91		Gussago	65

92	Gussago	80
93	Gussago	70
94	Gussago	40
95	Gussago	130
96	Gussago	50
97	Monticelli Brusati	95,5
98	Pontoglio	164
99	Ospitaletto	60
100	Ospitaletto	60
101	Ospitaletto	50
102	Ospitaletto	75
103	Ospitaletto	60
104	Ospitaletto	85
105	Palazzolo sull'Oglio	71
106	Palazzolo sull'Oglio	104
107	Palazzolo sull'Oglio	28,5
108	Palazzolo sull'Oglio	79,7
109	Palazzolo sull'Oglio	45,5
110	Palazzolo sull'Oglio	83
111	Urago d'Oglio	60

Le stratigrafie dei pozzi n°9, dal n°47 al 65, dal n°89 al 96 e dal n°99 al 104 sono state fornite dall'ASM Brescia Spa; le restanti sono di provenienza Cogeme spa.

È stato ricostruito l'andamento del deflusso sotterraneo a partire da 190 m fino a 114 m s.l.m.; tra 190 m e 120 m sono state tracciate linee isopiezometriche ogni 10 m, mentre tra 120 m e 114 m le stesse linee sono distanziate di 2 m l'una dall'altra in quanto si assiste ad un notevole calo di

pendenza della tavola d'acqua nella parte più meridionale della carta.

Ad ovest del M. Alto il deflusso delle acque sotterranee avviene in direzione sud-sud-ovest mentre più a valle tende a deviare verso sud-sud-est; passando all'estremo opposto della carta, ai piedi dei versanti in prossimità dei comuni di Gussago e Rodendo Saiano, il deflusso delle acque segue un trend sud-sud-ovest.

In linea di massima l'andamento della superficie piezometrica si mantiene inclinato verso sud nelle aree pianeggianti della bassa pianura, mentre si presenta molto più irregolare spostandosi a nord verso l'anfiteatro morenico sebino, come, a titolo di esempio, viene mostrato dall'andamento della isopiezometrica quotata 120 m s.l.m.: partendo da Urago d'Oglio e spostandosi verso est, essa segue dapprima una direzione est-ovest, poi in corrispondenza del M. Orfano devia verso nord, prosegue lambendo le cerchie più elevate dell'anfiteatro sebino con direzione sud-ovest nord-est per poi invertire il suo tracciato verso sud e terminare a Gussago con la direzione est-ovest descritta in precedenza.

In base alla recente classificazione dei gruppi acquiferi proposta dalla Regione Lombardia (Carcano & Piccin, 2002), la superficie piezometrica rappresentata si sviluppa all'interno delle "Unità Idrostratigrafiche Sequenziali" (informalmente chiamate "Gruppi Acquiferi") A e B, ovvero delle unità più superficiali; si tratta di corpi geologici di notevole estensione areale costituiti da una o più formazioni con caratteristiche idrologiche analoghe, definiti da una o più sequenze deposizionali e delimitati alla base da orizzonti meno permeabili (acquitardi) o impermeabili (acquicludi).

Il Gruppo Acquifero A è costituito da ghiaie e ghiaie grossolane in matrice prevalentemente sabbiosa, più raramente siltosa, con stratificazione da media a molto spessa; allontanandosi dalla fascia collinare pedealpina e spingendosi nella bassa pianura, aumenta la percentuale di sabbia all'interno delle ghiaie, con possibilità di trovare intervalli di sabbia media e grossa; sono presenti livelli argillosi di spessore decimetrico. Tali depositi rappresentano una sedimentazione di natura continentale, con piane alluvionali e sistemi fluviali di tipo braided; lo spessore medio con cui il Gruppo Acquifero A si presenta nell'area studiata si aggira attorno ai 30-50 metri.

Il Gruppo Acquifero B è rappresentato da sedimenti grossolani, con ghiaie in matrice sabbiosa e sabbie medio-grossolane, in strati prevalentemente spessi e molto spessi; considerate le caratteristiche litologiche simili, in alcuni casi esso non è distinguibile dal Gruppo Acquifero visto in precedenza; le intercalazioni argillose sono limitate alla base dell'unità e possono raggiungere spessore metrico. Sono depositi di origine continentale, con piane alluvionali e sistemi fluviali di tipo braided con energia elevata appena all'esterno delle cerchie moreniche e via via minore spostandosi a sud, dove la minor energia dei processi fluviali ha permesso la deposizione di sedimenti più fini (sabbie e sabbie grossolane); nell'area

della Franciacorta il Gruppo Acquifero B è spesso in media tra i 50 e i 70 m. In definitiva, l'andamento della superficie piezometrica si svolge in sedimenti di natura continentale del Pleistocene medio, depositi durante la fase regressiva che ha portato al riempimento del Bacino Padano; non sono invece interessati dalla superficie piezometrica tracciata le Unità C e D, costituite rispettivamente da alternanze di sabbie e argille (appartenenti a sequenze deposizionali da continentali a marine) e alternanze di argille, argille siltose, sabbie fini con presenza di ghiaia nella parte sommitale (sistema deposizionale di delta conoide).

Discorso a parte merita l'area dell'anfiteatro morenico sebino, dove la presenza di depositi morenici rende difficoltosa la ricostruzione della superficie piezometrica: l'andamento della falda è stato rappresentato cercando di tralasciare tutte le anomalie prodotte dalla presenza di falde sospese.

L'esistenza di letti di argilla più o meno continui all'interno dei depositi morenici permette la formazione di falde locali che restano indipendenti rispetto all'andamento generale della tavola d'acqua; costituiscono dei sistemi isolati, spesso in contrasto con l'idrogeologia delle aree circostanti, limitati per estensione. La diffusione di queste falde sospese si concentra prevalentemente lungo i cordoni morenici più elevati e immediatamente al loro esterno, come nei comuni di Rovato, Cazzago San Martino e Passirano: qui si possono trovare dati piezometrici che apparentemente contrastano con la superficie piezometrica tracciata in carta, ma solo perché si riferiscono a falde sospese di carattere locale.

Nella parte settentrionale dell'anfiteatro sebino le linee isopiezometriche sono molto ravvicinate: nell'arco di circa otto chilometri si passa da quota 190 m a 140 m s.l.m.; una pendenza così elevata della superficie piezometrica si ritrova anche nella zona orientale dell'anfiteatro, dove le isopiezometriche assumono una direzione nord-ovest sud-est, quindi con un andamento che segue all'incirca gli affioramenti di substrato roccioso.

Sul lato opposto dell'anfiteatro solo le isopiezometriche quotate 140 m e 150 m s.l.m. seguono l'andamento dei versanti, con traiettoria nord-est sud-ovest; le isopiezometriche di quota maggiore sono interrotte dai rilievi del M. Alto e ricompaiono al di là degli stessi, lungo le sponde dell'Oglio.

Il risultato di questa particolare disposizione delle linee isopiezometriche è che le acque tendono a muoversi lungo superfici molto inclinate confluendo verso l'area centrale dell'anfiteatro; da qui tendono poi a disperdersi, come mostrano le linee isopiezometriche di quota 130 m e 120 m s.l.m., molto più distanziate rispetto a quelle precedenti, e il deflusso assume progressivamente una direzione nord-sud.

Ulteriori approfondimenti riguardo la circolazione idrica sotterranea nell'area della Franciacorta sono riportati nel paragrafo relativo alle sezioni idrogeologiche.

Si desidera qui ricordare come le isopiezometriche tracciate sulla Carta Idrogeologica, come sempre avviene nelle carte idrogeologiche sviluppate su ampie aree, non possono essere considerate come indicanti valori assoluti e posizioni certe della superficie piezometrica. Ciò è dovuto ad una serie di fattori, tutti ben noti:

la superficie piezometrica è soggetta a continue oscillazioni e modifiche, sia per cause naturali, che per azioni antropiche

la carta si basa su misure di profondità della tavola d'acqua effettuate in tempi diversi

i punti di misura non sono disposti con regolarità sul territorio in esame

le interruzioni delle operazioni di pompaggio possono essere di durata diversa nei vari pozzi ed il raggiungimento del livello statico può non essere certo

le misure possono essere influenzate da prelievi in aree limitrofe al pozzo

molti pozzi sono multifalda, hanno cioè filtri in corrispondenza di più livelli acquiferi.

Tutto ciò, evidentemente, non inficia il significato della Carta Idrogeologica che, per ciò che concerne le linee isopiezometriche, fornisce un andamento realistico della posizione della superficie piezometrica e della direzione principale di deflusso delle acque sotterranee.

2.5.2 Unità idrogeologiche del substrato

Nell'area studiata il substrato roccioso è stato suddiviso in due unità idrogeologiche; per "unità idrogeologica" s'intende un intervallo stratigrafico composto da diverse formazioni che possiedono valori di trasmissività paragonabili (Francani et alii, 1991).

L'obiettivo che ci si prefigge di raggiungere è quello di riuscire a caratterizzare da un punto di vista idrogeologico anche le unità prequaternarie e non solo i depositi pleistocenici; un lavoro di questo tipo semplifica una problematica ampia come lo studio della circolazione idrica nel basamento roccioso, accomunando in sole due classi rocce con caratteristiche diverse, ma allo stesso tempo fornisce un maggior numero di informazioni utili a comprendere gli scambi tra substrato e depositi sciolti.

Innanzitutto la definizione di unità idrogeologiche permette di delimitare le aree in cui è maggiore la probabilità di individuare acquiferi e di definirne eventualmente la loro produttività; in secondo luogo si possono ricercare possibili collegamenti tra gli acquiferi del substrato e quelli posti più a valle nei depositi quaternari: questo vale soprattutto per quelle formazioni con accentuati fenomeni di carsismo, dove si possono formare canali preferenziali che facilitano lo scorrimento dell'acqua in condotte sotterranee.

Vengono ora descritte le due unità idrogeologiche, la prima con valori di trasmissività bassi e la seconda con valori medi e medio-alti; i valori di permeabilità elencati sono riportati in letteratura (Francani et alii, 1991).

Nella prima unità idrogeologica rientrano formazioni poco permeabili o impermeabili e che quindi hanno scarso interesse per la ricerca di risorse idriche; fanno parte di questo primo gruppo la "Formazione di Concesio", il "Selcifero Lombardo", la "Marna di Bruntino", il "Sass de la Luna", la "Arenaria di Sarnico", la "Scaglia Lombarda" e il "Conglomerato di M.Orfano".

La "Formazione di Concesio" presenta valori di permeabilità medio-bassi, compresi tra 10^{-4} e 10^{-5} cm/s, che possono subire incrementi in aree particolarmente fessurate.

Nel "Selcifero Lombardo" i valori di permeabilità sono ancora più ridotti, inferiori a 10^{-5} cm/s; questa formazione costituisce quindi un limite impermeabile rispetto alla vicina unità della "Maiolica" (foto 9), che rientra invece nella seconda unità idrogeologica.

La "Marna di Bruntino", il "Sass de la Luna" e la "Scaglia Lombarda" hanno valori di permeabilità bassi e molto bassi, in genere inferiori a 10^{-5} cm/s; la natura di questi affioramenti favorisce un locale innalzamento di questi valori quando ci sono fenomeni di alterazione ed erosione ad opera di agenti atmosferici, fino ad arrivare a grandezze comprese tra 10^{-4} e 10^{-5} cm/s.

Nello stesso ordine di grandezza rientrano i valori di permeabilità della

“Arenaria di Sarnico” e del “Conglomerato di M. Orfano”, che pur costituendo dei sistemi più isolati rispetto alle formazioni precedenti rientrano nella stessa categoria di trasmissività.

La seconda unità idrogeologica è formata da litotipi con valori medi di trasmissività e che rivestono maggior importanza da un punto di vista idrogeologico; ricadono in questo gruppo il “Medolo” e la “Maiolica”.

Il “Medolo” mostra valori di permeabilità che si aggirano attorno a 10^{-4} cm/s; essendo dei calcari con intercalazioni marnose, localmente si possono trovare valori più ridotti, soprattutto in corrispondenza di livelli marnosi particolarmente spessi.

La “Maiolica” presenta valori di permeabilità di circa 10^{-4} cm/s che, in alcune zone, possono essere di un ordine di grandezza superiore: questo si verifica soprattutto dove è maggiore il grado di fratturazione della roccia, evidenziando la forte correlazione fra circolazione idrica sotterranea e grado di fessurazione del materiale.

Nell’area della Franciacorta affiora anche l’unità della “Corna”: sebbene sia una formazione molto interessante per la presenza di fenomeni carsici molto diffusi, la “Corna” è stata inserita nella seconda unità idrogeologica, dal momento che affiora solo con un lembo isolato alla base del versante orientale del M. Delma; si tratta comunque di una formazione con valori di permeabilità sempre superiori a 10^{-4} cm/s.

2.5.2.1 Sezioni idrogeologiche

Sono state ricostruite tre sezioni idrogeologiche per meglio rappresentare l’andamento della superficie piezometrica nel sottosuolo della Franciacorta: la prima sezione attraversa l’anfiteatro morenico sebino partendo da Cremignane e giunge fino a Castrezzato, “tagliando” il M. Orfano; la seconda sezione parte dall’ex convento dei Camaldoli e, attraversando gli abitati di Gussago, Ospitaletto e Travagliato, rappresenta il deflusso sotterraneo nei depositi quaternari della bassa pianura; la terza e ultima sezione ha inizio presso Provaglio d’Iseo e termina a Bornato, in corrispondenza del paleoalveo del Longherone.

Sono state utilizzate due scale diverse per riuscire a caratterizzare il sottosuolo col maggior dettaglio possibile: la scala verticale è 1:2000 mentre quella orizzontale è 1:25000; in tal modo vengono considerati anche livelli di argilla di 1 - 2 m di spessore che, soprattutto nell’area dei cordoni morenici, risultano determinanti nella formazione di acquiferi sospesi. Le sezioni sono riportate in Appendice, mentre la loro traccia è evidenziata nella “Carta Idrogeologica della Franciacorta”, sempre in Appendice.

La prima sezione idrogeologica (Sez. AB) ha un’estensione lineare di poco superiore a 15 km ed è stata elaborata con le stratigrafie dei pozzi n° 6, 11, 26, 37 e 39.

Nei pressi di Cremignane la quota della tavola d’acqua si aggira attorno ai 180 m s.l.m. ma si riduce a circa 140 m già nei pressi di Timoline: c’è un

forte gradiente verticale (27 m/km) che tende ad attenuarsi in corrispondenza di un grosso banco d'argilla evidenziato dal pozzo n° 11. Da Timoline fino al M. Orfano il deflusso si stabilizza tra quota 120 m e 140 m s.l.m. e la falda si sviluppa in prevalenza all'interno di un conglomerato acquifero poroso e a tratti fessurato; continuano ad essere presenti letti argillosi più o meno continui e di estensione variabile, che localmente possono generare falde sospese.

Oltrepassato il M. Orfano la superficie piezometrica prosegue con un gradiente molto ridotto (0.9 m/km) fino ad arrivare ai valori di 115 m s.l.m. misurati nei pozzi di Castrezzato; la falda non è più contenuta in un acquifero conglomeratico ma si sviluppa in depositi ghiaiosi, con una percentuale variabile di sabbia; diventano sempre più rare le lenti di argilla. Non esistono dati per cui ipotizzare la presenza di lenti di materiale glaciale alla base del M. Orfano, in territorio di Coccaglio; come accennato nel paragrafo relativo all'anfiteatro morenico sebino, l'assenza di massi erratici lungo i versanti del M. Orfano presuppone che il ghiacciaio non si sia spinto oltre questo rilievo.

La presenza di substrato roccioso è stata ipotizzata anche a circa 3 – 3,5 km dall'inizio della sezione, in quanto la sezione stessa passa a meno di 1 km dagli affioramenti della "Formazione di Concesio" ubicati in comune di Borgonato; tali affioramenti potrebbero anche influire sull'andamento della superficie piezometrica, giustificandone il suo appiattimento dopo l'elevato gradiente iniziale.

La seconda sezione idrogeologica (Sez. CD) ha inizio nei pressi dell'ex convento dei Camaldoli e si estende per circa 11,5 km; lungo tale sezione sono ubicati i pozzi n° 2, 4, 56, 89, 91 e 100.

L'andamento della tavola d'acqua si mantiene abbastanza regolare lungo tutto il tracciato, passando dalla quota di circa 140 m s.l.m. fino a 114 m.

Nel tratto iniziale si evidenzia il raccordo tra substrato roccioso e depositi quaternari: la successione rocciosa mesozoica affiora in località Camaldoli e nello sperone di Gussago, separati da una valle riempita da argille con trovanti, nelle quali si rinviene l'acquifero.

Lo sperone di Gussago è formato da due alti strutturali con pareti molto ripide, tali da giustificare la presenza di un pozzo profondo ben settanta metri tra i due; la presenza di questi due sub-affioramenti nel sottosuolo è messa in evidenza anche dalle ondulazioni della superficie topografica.

Successivamente i livelli di argilla diventano sempre meno diffusi e si riducono a piccole lenti; la continuazione dell'acquifero avviene all'interno di depositi di ghiaia e sabbia, che solo a tratti presentano una matrice più argillosa, soprattutto nei primi metri di sottosuolo.

I banchi conglomeratici sono diffusi in maggior numero a profondità più elevate; in particolare la sezione mostra la presenza di un intervallo conglomeratico molto potente tra i pozzi n° 2 e 100, confinato all'interno di depositi ghiaioso-sabbiosi.

La terza sezione idrogeologica (Sez. EF) è estesa per poco più di 4 km e attraversa la parte orientale dell'anfiteatro morenico sebino: lungo la sua traccia si ritrovano i pozzi n° 8, 22 e 23.

La superficie piezometrica mostra un andamento uniforme, passando da 150 m s.l.m. nel punto di contatto con il substrato fino a 120 m s.l.m. nel sottosuolo di Bornato; le riserve d'acqua sono contenute in depositi sabbiosi con ciottoli, mentre solo nella parte più meridionale della sezione la tavola d'acqua attraversa un conglomerato poroso. Appena al di sotto della superficie piezometrica si riconosce un livello di argilla con intercalazioni più grossolane che percorre in modo abbastanza continuo il sottosuolo sezionato: tale livello può essere considerato come il limite che separa i Gruppi Acquiferi B e C.

In generale si assiste ad un aumento dei banchi conglomeratici spostandosi verso sud, mentre in superficie i terreni hanno una composizione più variabile: in particolare spiccano i depositi morenici che formano rispettivamente la cerchia morenica subito interna a quella principale e il cordone più interno della cerchia morenica principale stessa.

Come nella prima sezione, anche qui è stata ipotizzata la presenza di substrato che si raccorderebbe verso ovest con gli affioramenti di Borgonato; vista la maggior distanza che separa la traccia della sezione da Borgonato, il substrato è stato posto ad una profondità più elevata rispetto a quella che compare nella prima sezione.

2.5.2.2 Fonti di inquinamento

Nella carta idrogeologica sono state evidenziate le aree che potenzialmente possono influire sulla qualità delle acque sotterranee: si tratta di siti nei quali sono stati depositati materiali pericolosi e non, ma che in ogni caso dovrebbero essere monitorati affinché non si verifichino perdite di fluidi che potrebbero inquinare gli acquiferi e le acque superficiali.

L'individuazione di questi siti mira a fornire ulteriori informazioni circa la vulnerabilità degli acquiferi ed è quindi uno strumento essenziale per regolare lo sviluppo urbanistico in sintonia con le esigenze ambientali; pertanto la carta idrogeologica arriva ad avere una connotazione che va oltre la semplice rappresentazione del deflusso sotterraneo e diviene una base cartografica su cui programmare una buona politica gestionale del territorio.

Sono state individuate nove categorie di siti potenzialmente produttori di inquinamento, così suddivisi:

- cave di sabbia e ghiaia
- discariche di rifiuti solidi urbani e assimilabili
- discariche di inerti
- discariche di rifiuti speciali non pericolosi
- aree estrattive bonificate
- aree di spandimento fanghi

- siti contaminati di prima classe
- siti contaminati di seconda classe
- impianti di bonifica.

A queste categorie ne va aggiunta una decima che potrebbe essere denominata “discariche miste”: praticamente si tratta di aree in cui sono stati depositati scarichi spesso abusivi, nelle quali si riscontra la presenza di più tipologie di rifiuti, prevalentemente inerti e speciali non pericolosi; nel caso in cui è stato accertato l'avvenuto inquinamento del terreno, tali zone sono state classificate come siti inquinati di prima o seconda classe.

Nell'area della Franciacorta sono stati riconosciuti dieci siti in cui si pratica attività estrattiva: si tratta esclusivamente di cave di sabbia e ghiaia, dal momento che i cantieri in cui si estraeva argilla nel cuore dell'anfiteatro morenico sono stati chiusi e attualmente ne è in corso la bonifica. Le cave attualmente in funzione sono poste nei comuni di Travagliato, Castrezzato, Capriolo, Castelvotati, Ospitaletto e Chiari.

Per quanto riguarda le discariche, la distinzione è stata fatta in funzione dei materiali di riempimento; innanzitutto si hanno le discariche di rifiuti solidi urbani e assimilabili: ne sono state contate cinque, poste nei territori di Provaglio d'Iseo, Rovato, Castelvotati, Castrezzato e Ospitaletto.

Seguono le discariche di inerti, siti nei quali si è proceduto al riempimento di fosse di cava con materiali misti di sabbia, ghiaia, limo e argilla provenienti da scavi uniti a materiali di demolizione e di sbancamenti; in carta sono rappresentate cinque di queste discariche, di cui due ubicate in comune di Travagliato, le restanti a Capriolo (figura 10), Iseo, Ospitaletto.

Le discariche di rifiuti speciali non pericolosi sono formate da scarti di acciaieria, scorie di fonderia, scorie da forno elettrico e simili; nell'area studiata ne sono state individuate due in comune di Ospitaletto e altrettante a Travagliato.

Infine restano le “discariche miste”: ce ne sono cinque, distribuite negli abitati di Ospitaletto (inerti, rifiuti speciali non pericolosi, rifiuti solidi urbani), Travagliato (inerti e speciali non pericolosi) e Roncadelle.

Oltre alle discariche vengono segnalati alcuni siti contaminati in cui si ritiene necessario intervenire con opere di bonifica: si tratta per lo più di aree estrattive dismesse che sono diventate discariche abusive, in cui le condizioni igienico-sanitarie fanno ritenere prioritario un intervento di risanamento ambientale. I siti contaminati di seconda classe si differenziano da quelli di prima classe in quanto presentano un grado di rischio inferiore o comunque un grado di rischio non determinabile in base alle informazioni di cui si dispone. Siti contaminati di seconda classe sono ubicati nei comuni di Provaglio d'Iseo, Roncadelle e Ospitaletto, mentre i siti di prima classe si trovano a Capriolo, Adro, Palazzolo sull'Oglio, Berlingo, Travagliato e due a Paderno Franciacorta.

In territorio di Travagliato sono stati evidenziati dieci siti in cui c'è stato

spandimento di fanghi di depurazione urbani; i dati si riferiscono al triennio 1995-1996-1997.

In carta vengono indicate anche le aree in cui vi è la presenza di impianti di bonifica, che possono essere macchinari per il trattamento dei fanghi, strutture di termodistruzione e di compostaggio; due aree interessate da questi impianti sono poste in comune di Chiari.

L'ultima categoria comprende le aree estrattive dismesse che sono state bonificate ed ora sono adibite a usi di vario tipo: si tratta per lo più di vaste aree in cui un tempo veniva estratta argilla e che adesso, sebbene ben inserite nel tessuto urbanistico, sono spesso riconoscibili per la presenza di piccoli specchi d'acqua.

Possono essere individuate sette aree con questa tipologia: tali siti possono essere considerati sicuri rispetto a quelli descritti poco prima, ma visto il loro passato, costituiscono pur sempre dei punti del territorio più vulnerabili se paragonati all'ambiente circostante; da qui la scelta di riportare tali aree nella carta idrogeologica.

Le prime due aree bonificate sono poste ai piedi del M. Orfano, in comune di Erbusco: qui sono stati colmati i tre piccoli laghi preesistenti e sono stati ricavati nuovi vigneti.

Una destinazione simile è avvenuta anche per le zone comprese tra Cortefranca e Provaglio d'Iseo, dove le aree bonificate sono parte integrante del tessuto agricolo della Franciacorta.

Ha avuto invece una destinazione diversa l'ex cava di argilla tra Nigoline e Borgonato: approfittando della presenza di un laghetto, tale area è stata trasformata in un vasto campo adibito alla pratica sportiva (golf).

A Iseo esiste un'area in cui la bonifica non è stata ancora ultimata e che in parte è adibita a scarico di inerti: i progetti attualmente in fase di studio propendono per la trasformazione dei vari specchi d'acqua presenti in un centro di ripopolamento ittico, in cui eventualmente estendere l'attività di pesca sportiva.

L'ultima area bonificata è una piccola cava di ghiaia nei pressi di Castrezzato, dove si è creato un parco ricreativo.

PARTE TERZA

**Definizione dell'andamento del bacino
idrografico del fiume Oglio**

3.1 La caratterizzazione fisica del territorio

Il fiume Oglio trae le sue origine dalla confluenza, presso Ponte di Legno, nell'alta Valle Camonica, di due corsi d'acqua: l'Ogliolo, proveniente dalle zone limitrofe al Passo del Tonale, e il Narcanello, proveniente dal massiccio dell'Adamello. Dopo un breve percorso in direzione sud-ovest, il corso d'acqua percorre orientativamente in direzione nord-sud la Valle Camonica, ricevendo numerosi affluenti fino ai territori di Pisogne e Costa Volpino, dove s'immette nel lago di Iseo, il quarto per importanza dei grandi laghi prealpini.

Il suo corso riprende a Sarnico, dove è sito l'incile del lago, per proseguire in direzione sud; successivamente il fiume, come tutti gli affluenti in sinistra, si inarca verso sud-est, per andare a sfociare dopo un percorso complessivo di 180 km nel Po.

La parte alta del bacino risulta facilmente identificabile attraverso crinali di displuvio che lo separano dalla Valtellina, Val Seriana, Valle Sabbia, Val Trompia. Essa termina col sistema morenico della Franciacorta che chiude a valle il lago di Iseo e ne costituisce il limite montano. Successivamente inizia il suo percorso di pianura.

Come altri corsi d'acqua in sinistra del Po che si originano dai grandi laghi prealpini, il primo tratto risulta fortemente incassato nei sedimenti dell'alta pianura in ragione delle grandi capacità erosive della sua corrente in rapporto alle alte pendenze del terreno. Progressivamente, via via che le pendenze si riducono, il letto riemerge rispetto alla pianura circostante fino a determinare, nella sua zona più prossima alla foce, la necessità di arginature che ne contengano le piene più importanti.

L'identificazione del bacino superficiale e sotterraneo nella zona posta a valle delle colline moreniche fino alla confluenza del Mella è difficilmente operabile con i tradizionali sistemi geografici e topografici (displuvi). Le pendenze del territorio sono infatti alquanto più basse (dell'ordine di qualche unità per mille) rispetto a quelle delle zone montane (sempre superiori, tranne brevi tratti, a qualche unità per cento). In montagna quindi risultano ben individuabili i percorsi idrici superficiali e sotterranei per via esclusivamente topografica. In pianura, invece, le precipitazioni che cadono nel generico punto della superficie tendono ad infiltrarsi per la quasi totalità e il deflusso fondamentale risulta quello laterale o sotterraneo. Tale deflusso viene poi in parte intercettato dalle reti idrografiche superficiali o riemerge lungo la cosiddetta linea dei fontanili.

Lo studio che ha portato alla identificazione del bacino sotterraneo e delle linee di confluenza si potrebbe effettuare per via sperimentale se si avessero le misure, almeno a scala mensile e in un congruo numero di

punti, di piezometri appositamente predisposti. Le misure dovrebbero inoltre risultare 'indisturbate' cioè lontane dai punti ove per la presenza di attingimenti (pozzi) la falda viene alterata. Purtroppo tali misure non esistono, sia per la mancanza di punti di osservazione sia per la diffusa presenza di pozzi, talvolta abusivi, che determinano coni di depressione profondi parecchi metri con effetti che si risentono fino al centinaio di metri. Le uniche misure disponibili sono perciò costituite da misure in qualche pozzo, essenzialmente ad uso idropotabile, gestito da Comuni e/o dalla stessa Cogeme spa. Ciononostante queste misure hanno consentito una ricostruzione qualitativa della superficie dell'acquifero e del suo displuvio, da interpretare come elemento guida per le successive elaborazioni condotte.

Al fine di meglio individuare e caratterizzare il bacino sotterraneo di interesse si è perciò fatto ricorso a una modellazione matematica complessiva della superficie topografica e dell'acquifero. Tramite il primo strumento (Digital Elevation Model, DEM) attraverso appositi programmi, sono state individuate le linee di flusso dello scorrimento superficiale. A questo lavoro è seguito quello idrogeologico e idraulico mirato alla definizione del bacino sotterraneo.

L'andamento della falda nel territorio sub-triangolare di indagine, delimitato a Nord dalle colline moreniche della Franciacorta e dal Monte Orfano (emergenza di conglomerato che testimonia l'ancora attiva fase di crescita delle Alpi a causa della spinta della placca africana su quella europea), a Est dal Fiume Mella e a Ovest dall'Oglio stesso, è stata affrontata tramite una caratterizzazione dell'acquifero con un modello matematico di tipo bidimensionale ottenuto col codice di calcolo MOD-FLOW. Le celle di calcolo, della dimensione di alcune decine di metri, vengono descritte attraverso i parametri di permeabilità satura orizzontale in due direzioni. Le condizioni al contorno vengono poste attraverso i livelli dei fiumi Oglio e Mella, l'alimentazione sulla linea Nord delle morene e l'afflusso meteorico netto, depurato dell'Evapo-Traspirazione. Con riferimento al ciclo idrologico costruito sull'anno medio sono stati operati i calcoli finché il sistema non è ha raggiunto una condizione di regime. I risultati, qualitativamente ben congruenti con la ricostruzione effettuata tramite le letture piezometriche ai pozzi, hanno consentito di conseguire l'obiettivo desiderato.

Sulla scorta di tale modello dell'acquifero messo a punto in questo studio risulta adesso possibile, se necessario, studiare problematiche di bilancio e gestione delle risorse idriche, valutare gli impatti dei rilevanti prelievi nei periodi irrigui, studiare e prevedere la diffusione di inquinanti provenienti da fonti concentrate e/o diffuse, simulare differenti politiche di gestione delle acque.

Lo scopo del capitolo è quello di esporre i criteri seguiti nella identificazione e analisi dell'andamento dello spartiacque superficiale e profondo del

bacino dell'Oglio, suddiviso nella sua parte prelacuale e post-lacuale, sino alla confluenza con il F. Mella presso Ostiano. Lo studio permette dunque, relativamente alla sponda bresciana, una definizione dell'area di competenza del bacino idrografico del fiume Oglio, in modo da concorrere su base ideologico-idraulica, ad una sua definizione quale ambito idrografico territoriale omogeneo.

Come verrà esposto in dettaglio nel proseguio, per quanto riguarda la identificazione dello spartiacque del bacino del F. Oglio prelacuale e lacuale(intendendo con ciò l'area drenata dell'Oglio alla sezione di ingresso e di sbocco dal Lago di Iseo), si è fatto sostanzialmente riferimento allo spartiacque superficiale, ritenendo superflua una individuazione di dettaglio dello spartiacque freatico. Per ciò che attiene il bacino dell'Oglio dalla sua uscita dal Lago di Iseo sino alla confluenza in Mella, si è invece fatto riferimento sia allo spartiacque superficiale che a quello freatico, ritenendo possibili, in linea di principio, scostamenti non trascurabili tra i due.

Una ricaduta non trascurabile di questo studio è poi costituito dalla messa a punto di un modello matematico, alla scala regionale, dell'acquifero superficiale della pianura compresa tra Oglio e Mella. Sebbene i dati reperiti abbiano consentito la costruzione di uno schema di calcolo ancora approssimato, esso appare già in grado di fornire utili indicazioni sul bilancio della falda e potrebbe essere utilizzato per lo studio di varie problematiche di interesse del territorio che vanno dalla sperimentazione numerica di politiche di gestione delle risorse disponibili sul territorio allo studio della propagazione di inquinanti.

Si comprende quindi l'interesse scientifico e applicativo dello studio condotto che potrebbe essere foriero di vari tipi ritorni pratici sia per il committente sia per i consorzi irrigui sia per gli enti territoriali preposti al governo del territorio.

3.2 Criteri seguiti nella identificazione dello spartiacque superficiale e nella elaborazione della informazione geomorfologica associata

Intendendo come bacino idrografico la porzione di territorio le cui acque raccolte afferiscono ad una assegnata sezione di chiusura, si rende da subito necessario sottolineare che il reticolo di drenaggio che concorre alla definizione del bacino può essere spontaneo, derivante cioè dai naturali processi morfodinamici di modellazione del territorio, o antropico, prodotto cioè da interventi (molto spesso di bonifica) volti a regimare il territorio per ottimizzare l'utilizzo delle sue risorse.

Nel bacino dell'Oglio non mancano gli esempi di alterazione del reticolo di drenaggio attribuibili all'opera dell'uomo. Nella parte prelacuale, numerosi sono i canali di gronda che alterano la struttura del naturale reticolo di deflusso, collettando e convogliando portate significative ai diversi bacini di accumulo, a loro volta essenzialmente asserviti a centrali di tipo idroelettrico.

Per quanto attiene la parte post-lacuale, dai primi secoli del mille sono andate organizzandosi, nella parte alta e intermedia del territorio, un sistema di canali volto a permettere l'irrigazione con le acque dell'Oglio della parte più fertile della pianura. Tale forma di utilizzo dell'acqua, assai importante per la economia agricola del territorio, si è andata organizzando nella forma di consorzi di irrigazione, tutt'oggi pienamente operativi.

Con il presente lavoro si è cercato di fotografare la presumibile situazione naturale preesistente all'intervento antropico, in modo da permettere una identificazione dello spartiacque che prescindendo da influenze storiche, e che sia quanto più possibile governata da considerazioni prettamente geografiche. Il successivo intervento antropico, evidentemente di fondamentale importanza per inquadrare la situazione presente, non è del tutto connaturato alla struttura idrografica originaria ed è espressione del prevalere degli interessi di specifici gruppi di utilizzatori presenti sul territorio.

Allo scopo di individuare il reticolo superficiale naturale (termine nel proseguio omissivo e da intendere nel senso sopra precisato) si è partiti dalla considerazione che esso è di per sé definito dallo scorrere continuativo dell'acqua sulla superficie. Considerando una ideale superficie inclinata, una corrente a superficie libera è governata nel suo moto da due principi: la conservazione della massa e il bilancio della quantità di moto, ovvero delle forze agenti sul sistema materiale considerato.

Questi due principi trovano espressione, nel caso di correnti lineari mediate

sulla verticale, mediante le equazioni di moto, o di De Saint Venant

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial(\rho UY)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U^2 Y)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho UVY)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho g \frac{Y^2}{2} \cos \vartheta_x \cos \vartheta_y \right) - \rho g Y (\sin \vartheta_x - J_x) &= 0 \\ \frac{\partial(\rho VY)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho V^2 Y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho UVY)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho g \frac{Y^2}{2} \cos \vartheta_x \cos \vartheta_y \right) - \rho g Y (\sin \vartheta_y - J_y) &= 0 \end{aligned} \right. \quad (1)$$

e quella di conservazione della massa

$$\frac{\partial(Y)}{\partial t} + \frac{\partial(UY)}{\partial x} + \frac{\partial(VY)}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

dove Y è il tirante misurato in direzione ortogonale al fondo, U e V sono le componenti della velocità media sulla sezione in direzione x e y , ϑ_x e ϑ_y indicano l'angolo formato dalla direzione x e y sul fondo con una orizzontale mentre J indica la cadente, cioè la perdita specifica di energia, scomposta nelle due direzioni come

$$\begin{aligned} J_x &= \frac{U \sqrt{U^2 + V^2}}{\chi^2 Y} \\ J_y &= \frac{V \sqrt{U^2 + V^2}}{\chi^2 Y} \end{aligned} \quad (3)$$

Qualora la superficie abbia una pendenza non esigua (diciamo, superiore a qualche punto percentuale), i primi 4 termini della (1) divengono in molte situazioni trascurabili rispetto alla quantità

$$\begin{aligned} \rho g Y (\sin \vartheta_x - J_x) \\ \rho g Y (\sin \vartheta_y - J_y) \end{aligned} \quad (4)$$

(si parla allora di modello cinematico di moto della corrente), sicchè la cadente J viene ad essere sostanzialmente governata dalla pendenza locale del terreno. Tale fatto legittima la identificazione delle direzioni di deflusso della corrente, ovvero il reticolo di drenaggio, lungo le direzioni di massima pendenza sulla superficie topografica. In realtà, altri fattori possono divenire significativi, ed anche determinanti, laddove la pendenza della topografia sia assai bassa, come nelle aree di pianura. Tuttavia questi fattori influenzano la modalità di propagazione, ma raramente la direzione.

Allo scopo di individuare le direzioni di massima pendenza sulla superficie del bacino considerato, si è operato su di un modello di elevazione del terreno a passo costante, su grigliato cartesiano. Si tratta, in sostanza, di una matrice costituita da un insieme di celle georeferenziate, in corrispondenza di ciascuna delle quali è data la elevazione media della porzione di territorio corrispondente alla cella (e.g, si veda Figura 1 per una rappresentazione cromatica del modello di elevazione relativo alla porzione prelacuale del bacino).

La rappresentazione digitale della superficie è stata ottenuta a partire da un modello del terreno disponibile per l'intero territorio nazionale a passo 250 m. Il passo spaziale Δ di campionamento della superficie del bacino governa ovviamente la risoluzione spaziale dell'informazione che da esso si può derivare. Dati più raffinati, con scansione spaziale di 20 metri, sono in seguito stati elaborati da parte della Regione Lombardia, ma non erano disponibili alla data del presente lavoro.

L'elaborazione del modello di elevazione del terreno permette, mediante una successione di passi di calcolo, l'estrazione di un reticolo di drenaggio costituito dalla interconnessione delle direzioni locali di massima pendenza (si veda Figura 2).

Faremo nel seguito riferimento a tale prima struttura di drenaggio con il nome di *reticolo coprente*. Con tale termine si intende indicare che esso interessa tutta la superficie del bacino, attraversando ogni cella dello stesso. E' evidente (e l'osservazione di una carta topografica lo conferma immediatamente) che il reticolo fluviale lungo il quale avviene il trasferimento della portata alla sezione di chiusura del bacino, interessa direttamente solo una parte minima del bacino. Il *reticolo fluviale* o *alveato*, dunque, rappresenta solo una sottoparte del reticolo coprente sopra definito, e più precisamente quella parte dove il carattere continuativo del deflusso e la potenza dello stesso hanno indotto, sotto controllo geologico, all'incisione della superficie del bacino: in poche parole, alla formazione del sistema di canalizzazioni che costituiscono il reticolo alveato.

Poiché la portata defluente è evidentemente proporzionale, in generale, alla superficie drenata a monte, un criterio per estrarre il reticolo permanente da quello coprente consiste nel filtrare tutti i rami del secondo che drenino a monte un'area inferiore ad un assegnato valore di soglia (O'Callaghan e Mark, 1984, Band, 1986). Parallelamente, poiché la capacità erosiva di una corrente è dipendente anche dalla cadente energetica locale, il criterio sopra introdotto può essere migliorato introducendo una dipendenza del valore di area di soglia dalla pendenza locale del ramo di reticolo considerato (Montgomery and Dietrich, 1992, Montgomery and Foufoula, 1993). Operando in tal modo, è possibile estrarre dal reticolo coprente di

partenza un reticolo il quale riproduce piuttosto fedelmente le caratteristiche di quello osservato sulla cartografia relativa al bacino considerato (si veda, ad esempio, Figura 3). Tuttavia le operazioni di estrazione del reticolo alleato presentano difficoltà concettuali non sempre totalmente risolubili.

E' qua importante sottolineare che, al di là dei tecnicismi con i quali le operazioni sopra accennate vengono portate a termine (per i quali si rimanda a Pilotti *et al.*, 1996), il risultato finale comprende di norma una descrizione quantitativa del reticolo alveato. In particolare, la topologia e la geometria del reticolo canalizzato, come pure la sua interconnessione con il reticolo coprente sottostante che vengono quantificate e codificate in modo opportunamente strutturato.

A prescindere dal problema della perimetrazione del bacino idrografico oggetto del presente lavoro, è interessante osservare che, tutti i processi di propagazione sulla superficie di un bacino idrografico hanno luogo dapprima sulle superfici scolanti, cioè il reticolo coprente, e, quindi, in quello alveato. Ad esempio, le sostanze organiche e i fertilizzanti presenti nel suolo agricolo vengono trasferite dall'acqua lungo il reticolo coprente, fintanto che esse vengono ad essere convogliate all'interno di quello alveato, laddove si uniscono e mischiano agli scarichi concentrati derivanti dalle attività antropiche. Analogamente, la formazione di un'onda di piena ha, almeno concettualmente, genesi sui versanti e, quindi, propagazione lungo il reticolo alveato. E parallelamente, i processi di erosione riguardano, a seconda dei casi, i versanti e/o le superfici canalizzate. Le caratteristiche di trasferimento a valle di tutte queste quantità sono poi governate da velocità di flusso variabili localmente da punto a punto, in ragione delle portate e delle caratteristiche idrauliche locali del reticolo.

L'informazione contenuta nel reticolo di drenaggio viene usualmente riorganizzata in una struttura che, con linguaggio della teoria dei grafi, si può definire *ad albero* (si veda Figura 4).

Si intende con ciò far riferimento ad una struttura logica nella quale è presente una chiara gerarchia *padre-figlio*. In altri termini, si tratta di una struttura nella quale da un nodo, definibile come *padre*, possono partirsi più nodi *figli*, i quali a loro volta saranno padri di altri nodi figlio. In tale tipo di struttura non è possibile che un nodo figlio discenda da più nodi padre. Tale fatto ha, come immediata conseguenza, la impossibilità che si vengano a creare dei cicli chiusi all'interno della struttura. Convenzionalmente, si definisce *radice* il padre di tutta la struttura e *foglie* i nodi figli. L'osservazione comparata delle figure 2, 3 e 4 mostra chiaramente che la struttura topologica di un reticolo di drenaggio naturale corrisponde fedelmente ad una struttura ad albero, dove la sezione di chiusura del bacino idrografico è la radice dell'intero reticolo di drenaggio e le foglie non sono altro che i diversi tratti che compongono un reticolo. E' chiaro che ciascuno

di questi tratti (e quindi la foglia corrispondente) è precisamente localizzabile sulla superficie del bacino, mediante le sue coordinate UTM.

Mediante opportuni algoritmi (*algoritmi di visita in postordine*), è possibile poi automatizzare l'esplorazione della struttura ad albero, a partire dalla sua radice, in modo tale da rispettare il legame causale che, in un reticolo di drenaggio, governa la relazione tra un tratto di alveo a monte e quelli immediatamente a valle. Alla attività di esplorazione automatizzata dell'albero è associato il calcolo di quantità rilevanti al fine della caratterizzazione geomorfologica del bacino. La descrizione del reticolo cui si perviene è di tipo quantitativo, contiene cioè informazioni relative sia alla quota locale che alla posizione rispetto ad un riferimento esterno, e, soprattutto, relative alla interconnessione con gli altri rami dello stesso e con le altre parti del bacino. Si comprende dunque che il livello informativo che è così possibile derivare è enormemente superiore a quello contenuto nei soli vettori comunemente definiti *blue lines*.

Al fine di pervenire alla delineazione del bacino idrografico e al calcolo degli indici geomorfologici ad esso collegati, il reticolo di drenaggio è stato estratto in due passi successivi, a partire dal modello di elevazione del terreno (di seguito indicato con l'acronimo *DEM*, Digital Elevation Model) del bacino in esame. In una prima fase, è stato estratto il reticolo coprente, mediante una operazione di correzione del modello di elevazione che passa attraverso la eliminazione delle depressioni locali e/o delle zone in cui, a causa del passo di campionamento insufficiente della superficie, siano presenti zone piatte. Tali aspetti, per quanto fondamentali, verranno qua solo menzionati, rimandando per eventuali approfondimenti a Pilotti et al. (1996). Dopo che il DEM è stato così pre-elaborato, è stato possibile individuare, a partire da ciascuna cella, la direzione di massima pendenza rispetto alle otto altre celle che la circondano. A tale scopo è stato usato l'algoritmo proposto da O'Callaghan and Mark (1984); si definisce pendenza locale $S_{i,j}$ alla cella (i,j) la quantità

$$S_{i,j} = \max \left(\frac{z_{i,j} - z_{i+a,j+b}}{d \cdot f_{a,b}} \right) \quad a,b = -1,0,1 \quad (5)$$

dove z_i è l'elevazione della cella (i,j) , d è la dimensione lineare caratteristica della cella e $f_{a,b}$ è un coefficiente definito come segue:

$$f_{a,b} = \begin{cases} \sqrt{2} & \text{se } a \text{ e } b \neq 0 \\ 1 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (6)$$

Si assume che la direzione locale di flusso sia dalla cella (i,j) alla cella $(i+a,j+b)$ che massimizza il termine tra parentesi a destra della (5). Il reticolo coprente è quindi ottenuto partendo dalla cella riconosciuta come sezione di chiusura del bacino, risalendo verso monte le direzioni di flusso determinate e connettendole in una struttura ad albero non binario (i.e., per ogni padre, potenzialmente più di due figli).

L'estrazione computerizzata del reticolo di drenaggio alveato a partire dal reticolo di drenaggio coprente è, come accennato, un problema di difficile soluzione concettuale. In questa sede ci si è basati su di un principio, già indicato, di area contribuyente di soglia all'interno del bacino. Si è cioè supposto, dal punto di vista fisico, che l'erosione, e il conseguente inizio di un canale, abbiano luogo laddove il deflusso superficiale e subsuperficiale eccedano la capacità di resistenza all'erosione del suolo (Montgomery, 1994) e si è ipotizzato, per semplicità, che la portata sia direttamente proporzionale all'area drenata a monte da ciascuna cella del reticolo. In generale, indipendentemente dai processi fisici che governano la effettiva formazione dei reticoli, il valore della soglia A_s può esprimersi come funzione della pendenza locale e di qualche proprietà climatica del bacino e pedologica/geologica del suolo. Nel caso della erosione a causa di deflusso superficiale, il valore dell'area di supporto può, almeno idealmente, porsi in relazione allo sforzo critico al fondo τ_c esercitato dall'acqua sul suolo e dalla pendenza locale. Montgomery and Dietrich (1994) hanno derivato a tale proposito la seguente espressione per il moto laminare

$$a_s = \frac{2\tau_c^3 g}{pk\nu\gamma^3} \frac{1}{S^2} \quad (7)$$

e, per condizioni di moto turbolento,

$$a_s = \frac{\tau_c^{5/3}}{pn\gamma^{5/3}} \frac{1}{S^{7/6}} \quad (8)$$

dove a_s è l'area di supporto per unità di lunghezza di linea di livello, p [m/s], è la intensità di pioggia uniforme in eccesso rispetto alla capacità di infiltrazione, k è un coefficiente adimensionale il cui valore dipende dalla geometria del fondo erodibile, ν [m²/s] è la viscosità cinematica del fluido erosivo, γ [N/m³] è il suo peso specifico, g è la accelerazione di gravità e n è il coefficiente di scabrezza di Manning. E' importante osservare che, qualora il suolo sia coesivo, la valutazione di τ_c è assai complessa, dipendendo da una pluralità di fattori difficilmente controllabili. Il problema appare più semplice qualora il suolo sia granulare incoerente, perchè, allora, può utilizzarsi, almeno in prima approssimazione, la relazione di

Shields per la determinazione dell'inizio del trasporto di sedimenti (Pilotti e Menduni, 2001). Prescindendo dai dettagli, tale relazione fornisce lo sforzo critico in funzione di un parametro adimensionale rappresentativo delle condizioni di moto al fondo, $X [-]$, nella forma

$$\tau_c = \gamma_s D \Phi(X) \quad (9)$$

dove γ_s [N/m³] è il peso immerso dei sedimenti e D [m] è una dimensione lineare rappresentativa degli stessi. e $\Phi(X)$ è la funzione di Shields che dipende soltanto dalle condizioni idrodinamiche al fondo e il cui andamento è stato determinato sperimentalmente.

E' qua opportuno osservare che sulla base delle equazioni (7) e (8) il superamento dell'area di soglia critica alla cella (i,j) può formularsi, in generale, come

$$A_{i,j} \geq (A_s)_{i,j} = C_{i,j} S_{i,j}^{-\alpha} \quad (10)$$

dove $A_{i,j}$ è l'area contribuente alla (i,j) e α è un esponente il cui valore dipende dalle condizioni di flusso, mentre il coefficiente $C_{i,j}$ dipende sia da condizioni climatiche (intensità di pioggia netta) sia dalle proprietà del suolo, come mostrato dalle relazioni sopra riportate. Tuttavia, per semplicità, in molte applicazioni relative all'estrazione di reticoli di drenaggio si fa ricorso ad un valore costante, nel bacino, dell'area di soglia A_s (Mark, 1984; O'Callaghan and Mark, 1984; Band, 1993; Zevenbergen and Thorne, 1987; Gardner et al., 1991). Ciò equivale a porre $C_{i,j} = A_s$ e $\alpha=0$ nella (1.6). Tribe (1992), esaminando i reticoli canalizzati ottenuti mediante ipotesi di area di supporto costante, è giunto alla conclusione che i risultati sono ragionevolmente accettabili qualora il bacino sia sufficientemente mosso dal punto di vista altimetrico, mentre nei fondovalle, e con piccole pendenze locali, tali algoritmi tendono a identificare linee di drenaggio spurie.

L'elaborazione delle informazioni contenute nella struttura del reticolo coprente o del reticolo di drenaggio consentono quindi di caratterizzare dal punto di vista geomorfologico il bacino individuato. Ritenendo quindi tale aspetto un significativo valore aggiunto rispetto a quanto stabilito in convenzione, ci si soffermerà brevemente sulle elaborazioni effettuate per ciascun bacino. In Appendice sono elencati, in opportune tabelle, i parametri calcolati per ciascun sottobacino in cui è stato suddiviso il bacino del F. Oglio prelacuale, con una succinta spiegazione della quantità presentata. In sintesi, come sopra mostrato ad ogni bacino possono venire associati

due reticoli: un reticolo coprente ed uno canalizzato. La struttura di tali reticoli è stata analizzata mediante opportuni algoritmi, restituendo informazioni di tipo generale sul bacino (*area del bacino, perimetro, altezza media, altezza massima, altezza minima, pendenza media, pendenza massima, pendenza minima, curva ipsografica...*), sia di tipo più propriamente geomorfologico (*relief totale, "relief ratio", diametro, magnitudo, rapporto di circolarità, distanza topologica media, fattore di forma, coefficiente di forma, analisi hortoniana del reticolo, numero totale di segmenti nella rete, lunghezza totale della rete, densità di drenaggio ...*). In aggiunta, sono stati calcolati parametri e funzioni utili ad una eventuale modellazione idrologica concentrata della risposta del bacino (*pendenza media dell'asta principale, area function e width function, massima distanza lungo il reticolo, rapporti di Horton, lunghezza media del deflusso superficiale, tempo di corrivazione, flussi di irraggiamento sul bacino...*). Per una sintetica descrizione di questi parametri si veda l'Appendice 1 alla presente relazione.

3.3 Bacino del fiume Oglio prelacuale

Per quanto attiene la parte prelacuale del bacino, si è fatto riferimento ad un modello di elevazione del terreno a passo 250 m. Operando su di esso mediante utilizzo degli algoritmi sopra indicati, si è estratto il modello di elevazione del terreno (DEM) relativo al bacino idrografico del F. Oglio. La porzione di DEM così estratta è stata elaborata ricavando il reticolo coprente e, da questo, il reticolo di drenaggio canalizzato, sulla base di un criterio ad area contribuente fissa pari ad 1 Km^2 (si vedano le Figure 5 e 6). Il perimetro del bacino così ottenuto costituisce lo spartiacque superficiale del F. Oglio prelacuale alla sezione di ingresso nel Lago di Iseo.

Inoltre, a partire dal reticolo calcolato sono stati estratti un elevato numero di sottobacini ritenuti significativi, codificati secondo la numerazione mostrata in Figura 7. Si è quindi estratta la sola porzione del DEM relativa a ciascun sottobacino. Per ognuno di essi è stato calcolato l'andamento dello spartiacque superficiale. L'elaborazione della informazione associata, condotta mediante gli algoritmi già dati, ha permesso di estrarre le informazioni geomorfologiche riportate in Appendice 1 e 2.

3.4 Identificazione dello spartiacque superficiale tra fiume Oglio post-lacuale e fiume Mella

L'identificazione dello spartiacque del bacino del F. Oglio a valle di Sarnico, punto di uscita dal Lago di Iseo, sino alla confluenza col F. Mella, appare assai più problematica ed incerta. Infatti, mentre per la parte pre-lacuale si può con ragionevole certezza associare il bacino imbrifero al suo spartiacque superficiale, il quale si può a sua volta determinare con grande precisione a partire dal modello di elevazione del terreno, nella zona pedecollinare e di pianura ci si trova a priori nella necessità di distinguere due spartiacque: quella superficiale e quello sotterraneo.

Infatti, i modesti gradienti topografici che caratterizzano la zona di pianura tra il corso del F. Oglio e il F. Mella, uniti agli elevati valori di permeabilità superficiale che caratterizzano la fascia pedecollinare, hanno impedito lo sviluppo di un chiaro reticolo di drenaggio naturale. Inoltre, come nella maggior parte dei comprensori lombardi di pianura, nel corso dei secoli gli interventi di bonifica e di miglioramento delle irrigazioni hanno sovrapposto alla presumibile struttura originaria di fossi e dreni naturali una rete di canali che, nel caso specifico, solcano la superficie in esame con andamento trasversale approssimativamente OVEST-EST, e OVEST-SUD/EST. Alcuni di questi canali, seppure con percorsi articolati, portano l'acqua dell'Oglio in Mella, creando una parziale cooptazione del più ampio bacino dell'Oglio all'interno del bacino imbrifero del Mella.

Lo spartiacque superficiale, dunque, si presenta assai complesso, difficilmente leggibile e talvolta ambiguo. D'altro canto, la maggior parte delle acque che piovono sul territorio in esame si infiltrano nel materasso permeabile, andando ad alimentare una falda assai ricca. Tale falda, a sua volta, ha un presumibile spartiacque che è dettato dalle condizioni morfologiche e geologiche, con un andamento che a priori non può essere facilmente precisato. Inoltre, contrariamente allo spartiacque superficiale, il quale è generalmente assegnato ed immutabile nel tempo se non a seguito di drastici interventi antropici, lo spartiacque profondo potrebbe avere una sua consistente dinamica stagionale, ovvero potrebbe risultare significativamente alterato dalla presenza di forti prelievi.

Al fine di chiarire tali punti nel preseguo si è inteso operare su due livelli. Da una parte, si è cercato di individuare lo spartiacque superficiale originario sulla base della informazione insita nella topografia del terreno, con il procedimento già seguito per la parte superiore del bacino. Dall'altra, si è cercato di ricostruire l'andamento dello spartiacque profondo mediante la realizzazione di un modello matematico dell'acquifero compreso tra il corso del F. Oglio e il corso del F. Mella.

3.5 Rete idrografica superficiale principale

Parte delle acque che arrivano sulla superficie di un bacino idrografico sotto forma di precipitazioni vengono a convergere nel reticolo idrografico del bacino, da qui nell'alveo del corso d'acqua principale che lo drena, per ritornare, al termine, al mare. Ogni bacino idrografico è limitato da linee di displuvio (o spartiacque) che lo separano dai bacini circostanti. Tale confine è generalmente evidente nel caso di bacini montani. Nel caso dei bacini di pianura, invece, la esatta delimitazione può essere difficile, e talvolta impossibile, per la presenza di ampie zone depresse (endoreiche) o a gradiente altimetrico pressoché nullo. Individuato il bacino idrografico, è possibile identificare al suo interno le linee lungo le quali si raccolgono le acque correnti dette linee d'impluvio. Ciascun corso d'acqua è alimentato dal suo bacino idrografico, e all'interno dei bacini principali, relativi ai corsi d'acqua principali, si distinguono i bacini secondari, relativi ai loro affluenti e sub-affluenti.

L'idrografia superficiale, come precedentemente detto, costituisce un elemento importante nello studio del bilancio idrico del complesso acquifero in studio. E' opportuno sottolineare che, in considerazione del rapporto esistente tra i due corsi principali e la falda sottostante, l'idrografia principale deve venire individuata non solo in termini di andamento planimetrico, ma anche altimetrico. Ciò per la possibilità che la quota del corso d'acqua costituisca vincolo per la piezometria sottostante. Per tale ragione, l'individuazione quantitativa del reticolo idrografico è stata condotta mediante l'estrazione del reticolo di drenaggio a partire da un modello di elevazione del terreno, ottenuto dai dati di elevazione resi disponibili dal Servizio Geologico Nazionale, e georeferenziati in coordinate ϕ, λ . I dati sono stati convertiti in coordinate UTM e quindi ricampionati su un grigliato regolare a passo 200 m. L'individuazione del reticolo è stata effettuata mediante un codice di calcolo appositamente elaborato (Pilotti et al., 1996); sulla base di quest'ultimo sono state individuate le direzioni locali di deflusso. L'operazione, non priva di una certa complessità computazionale, è stata condotta con la metodologia illustrata in precedenza. E' qua solo il caso di ricordare che l'elaborazione, essendo basata sulla sola individuazione delle direzioni di massima pendenza così come possono essere ricavate dalle quote del terreno, permette di individuare l'andamento naturale di deflusso delle acque sulla superficie del territorio considerato, compatibilmente con la risoluzione del modello di elevazione del terreno adottato nello studio. Conseguentemente, il reticolo individuato non rispetta i percorsi stabiliti dai successivi interventi antropici che sono andati accumulandosi nel corso dei secoli sul territorio interessato

ma fornisce una immagine dell'andamento naturale del deflusso. In Figura 8 si mostra un fitto reticolo, quasi coprente, che evidenzia le direzioni locali di massima pendenza. In Figura 9 si mostra poi parte del reticolo di drenaggio coprente relativo al bacino del F. Mella (resta esclusa la parte relativa alla media e alta Val Trompia). Per complemento, la porzione scura, nella quale sono visualizzati i soli assi drenanti principali (Cherio, Oglio, Strone e Saverona) individua il bacino idrografico superficiale del F. Oglio nella zona di interesse.

3.6 Criteri seguito nella identificazione dello spartiacque profondo

Al fine di individuare l'andamento dello spartiacque profondo si può operare in due modi. Secondo un primo procedimento, si deve effettuare una misura di livello in corrispondenza di un numero sufficiente di pozzi e piezometri presenti nell'area in studio. L'emungimento di portata dovrebbe venir interrotto in un lasso di tempo precedente le misure, in modo da permettere una ristabilimento locale della piezometria naturale indisturbata. Definita tramite la piezometrica la superficie freatica naturale, si potrebbe determinare lo spartiacque freatico con gli stessi criteri con cui si determina quello superficiale. Al fine di effettuare una lettura della piezometrica che sia, rispetto alle condizioni esterne, *ceteris paribus*, le misure dovrebbero venir effettuate in un lasso di tempo abbastanza breve. Purtroppo tutte queste condizioni possono ben difficilmente venir soddisfatte. In primo luogo, i pozzi fanno capo a utenti e gestori diversi, generalmetne non coordinati tra loro e obbligati da esigenze diverse. L'attività di prelievo ai pozzi, quindi, quand'anche questi fossero resi disponibili per le misure, spesso non può venir interrotta, con il risultato che molto frequentemente le misure sono relative ad un livello dinamico che differisce anche di metri rispetto al naturale livello della falda nel punto. Spesso inoltre, anche ammettendo di riuscire a realizzare le condizioni ideali sopra accennate, i pozzi sono aperti in più livelli e la piezometria misurata viene di fatto ad essere la massima tra quelle che caratterizzano falde in realtà separate tra loro.

Va infine ricordato che l'immagine della superficie freatica che si ottiene dalla interpretazione delle misure è una immagine statica, che non permette alcuna conclusione in merito alle conseguenze di possibili tecniche di gestione della risorsa.

Al fine di contrastare, per quanto possibile, le manchevolezze sopra evidenziate, si è ritenuto opportuno realizzare un modello matematico dell'acquifero. Tramite questo strumento, infatti, si può cercare di simulare il comportamento dell'acquifero schematizzato e caratterizzato in base all'informazione idrogeologica e idraulica disponibile, e confrontare la dinamica ottenuta per via numerica con quella osservata ai pozzi. Così facendo, peraltro, si tende a massimizzare l'informazione estraibile dai dati. La modellazione del moto saturo all'interno del sistema acquifero considerato in questo studio è stata effettuata risolvendo le equazioni che governano il flusso e il bilancio di massa mediante l'impiegodi un codice ampiamente utilizzato per scopi tecnici e scientifici a livello internazionale, ovvero il codice MODFLOW, realizzato dall'United States Geological Survey (USGS). Si tratta di uno schema di integrazione delle equazioni differenziali

alle differenze finite che consente di studiare il flusso saturo tridimensionale. I metodi basati sulle differenze finite sono caratterizzati da una discretizzazione dei dati ai nodi di una mesh, ovvero un grigliato, solitamente regolare, sulla base del quale vengono risolte le equazioni, in questo caso differenziali, che governano i processi in studio.

Modflow consente di modellare uno o più acquiferi attraverso un insieme di strati, caratterizzati da uno spessore assegnato. Sul piano bidimensionale tali strati vengono rappresentati attraverso un grigliato cartesiano regolare. Nota la collocazione geografica e le dimensioni dell'area in studio, sulla base di queste ultime si è costruito un grigliato che copre una superficie di 2025 km^2 , a partire da una latitudine di 5004500 m e da una longitudine di 1559300 m . Tali valori caratterizzano l'angolo inferiore sinistro del grigliato, mentre l'estremità superiore è caratterizzata dalle coordinate 5049300 m di latitudine e 1604100 m di longitudine. L'orientazione della griglia è dunque parallela rispetto al reticolo dei meridiani nel dominio che si intende discretizzare. Sulla base di considerazioni che verranno successivamente esposte, l'acquifero è stato suddiviso in due strati (A e B) e conseguentemente il grigliato si sviluppa su due livelli nel seguito denominati layer 1 e layer 2. Gli spessori di questi due livelli sono stati determinati sulla base delle indicazioni quantitative contenute in uno studio innovativo ad opera di Regione Lombardia, Eni divisione Agip (2002).

Le celle costituenti il grigliato sono regolari, ovvero sono tutte quadrate e delle stesse dimensioni. La dimensione del lato di ciascuna cella è pari a 200 m . Il grigliato è dunque costituito da una maglia regolare di celle distribuite su 225 righe e 225 colonne.

Le dimensioni della cella sono state scelte, in primo luogo, in modo da costituire un ragionevole compromesso tra l'esigenza di riprodurre nel dettaglio spaziale i processi investigati e la necessità di contenere l'onere computazionale. In secondo luogo, si è poi tenuta presente la discretizzazione del DEM, facendo coincidere le celle di calcolo con quelle utilizzate per lo studio dell'idrografia superficiale. La discretizzazione operata consente di analizzare l'area in studio con un buon livello di dettaglio, con una conseguente maggiore precisione nell'inserimento dei dati in ingresso.

3.7 I termini del bilancio idrico

Come esposto succintamente nei paragrafi precedenti, l'idea alla base della determinazione dello spartiacque profondo nella zona di pianura passa attraverso alla ricostruzione della dinamica della falda nel territorio considerato. In tal modo diviene possibile determinare le linee di flusso del moto di filtrazione profondo, la loro eventuale dinamica stagionale e, in definitiva, la linea di partizione profonda tra bacino di competenza dell'Oglio e del Mella.

Fondamentale ai fini di detta ricostruzione è la individuazione dei termini del bilancio idrico per l'area in esame. Tali termini includono gli ingressi e le uscite dal sistema. In particolare, i flussi con la falda circostante lungo il contorno del dominio, le uscite dalle risorgive e fontanili presenti nell'area, gli ingressi meteorologici dalla superficie, le perdite per evapotraspirazione, gli ingressi ad opera del sistema di canali di irrigazione alimentati dall'Oglio e i prelievi idrici ad uso agricolo, industriale e civile.

Evidentemente, tutte queste quantità variano nel tempo. In quest'ottica è possibile distinguere una dinamica istantanea, frutto di variazioni aleatorie della domanda o di altre condizioni particolari, ed una variazione più lenta, stagionale o addirittura annuale, che riflette la presenza del mutare periodico delle condizioni al contorno o di eventuali trend climatici.

In questo caso, ai fini della realizzazione del modello, non si ha interesse a cogliere le fluttuazioni istantanee. La falda, con le sue equazioni paraboliche che ne governano la dinamica, è sostanzialmente un filtro passa-basso; essa dà cioè luogo ad una dinamica che è molto più lenta delle forzanti ad alta frequenza che la sollecitano.

In questo senso, ogni fluttuazione troppo rapida è irrilevante ai fini della dinamica dell'acquifero. Si è per questo deciso di considerare una variazione mensile delle diverse forzanti imposte al sistema. Anzi, dato l'obiettivo dello studio, cioè l'individuazione del comportamento medio del sistema, si è ritenuto sufficiente modellare la dinamica della falda in corrispondenza di un anno medio di riferimento. A tale scopo, è stata effettuata una raccolta di dati su un lungo periodo e una successiva media, ed aggregazione, al fine di ottenere dati rappresentativi di una annualità di riferimento che rappresentino, in senso medio statistico, i processi significativi ai fini della dinamica dell'acquifero.

Per quanto riguarda i termini che intervengono nella ricarica della falda, essi si possono così riassumere: l'infiltrazione delle precipitazioni e delle acque irrigue depurate dall'evapotraspirazione, le dispersioni idriche dei corsi d'acqua, l'apporto delle zone esterne al bacino alluvionale e le perdite

della rete di distribuzione per usi civili e delle reti fognarie.

Per quanto riguarda gli ingressi meteorici, l'apporto delle precipitazioni costituisce un elemento fondamentale nel bilancio idrico complessivo, dal punto di vista della distribuzione spaziale e dal punto di vista quantitativo. Per stimare tale contributo è necessario realizzare un'analisi delle precipitazioni sul territorio in esame sulla base della localizzazione di stazioni pluviometriche disponibili. Note le altezze di pioggia sul territorio e la superficie del territorio medesimo, vengono determinate le portate entranti nel sistema in base all'intervallo temporale scelto (ore, giorni, mesi).

Gli apporti devono però essere depurati dal contributo negativo prodotto dal processo di evapotraspirazione. Tale fenomeno è stato qui simulato utilizzando relazioni sperimentali note in letteratura, attraverso le quali si stima la quantità di acqua che evapotraspira, in termini di altezza d'acqua, espressa in cm o mm, sulla base di determinati parametri quali la temperatura e l'umidità dell'aria. Nello studio si è utilizzata la formula di Thorthwaite, basata sulla sola temperatura media giornaliera, in quanto solo di questa grandezza si hanno misure sistematiche e attendibili. Le formule che permettono di stimare l'evapotraspirazione si riferiscono alla quantità di evapotraspirato per una generica coltura di riferimento, per cui è necessario in seguito determinare i coefficienti colturali di abbattimento o accrescimento dell'evapotraspirazione potenziale di riferimento per ogni coltura che caratterizza l'uso del suolo nel territorio in esame. Determinata la quantità d'acqua che evapotraspira sul territorio, essa viene sottratta dagli ingressi, meteorici e irrigui, ottenendo così gli ingressi netti nel sistema.

Per quanto riguarda l'apporto irriguo, le irrigazioni, praticate su vaste zone dell'area in studio, comportano la circolazione di abbondanti volumi idrici, destinati ad infiltrarsi nel sottosuolo. La percolazione delle acque irrigue verso la falda avviene sia nella fase di convogliamento delle acque nella rete (canali), sia nella fase di distribuzione sul campo. Nota la localizzazione dei canali principali e le relative portate di concessione, sono stati stimati dei coefficienti percentuali mensili attraverso i quali determinare quale quota parte della portata stabilita per concessione mensilmente transita nel canale della rete irrigua principale. Si è fatta inoltre l'ipotesi che ogni portata mensile determinata sulla base di tali coefficienti percentuali venga distribuita all'interno della sottorete di competenza di ogni singolo canale principale. Tale ipotesi si è resa necessaria a causa della notevole variabilità delle condizioni tecniche della rete all'interno di un territorio così vasto. Alcuni tratti della rete di distribuzione sono infatti rivestiti e, di conseguenza sono soggetti a perdite contenute; tale situazione si verifica nell'ambito di enti irrigui efficienti e più estesi. Nelle aree non organizzate in modo ottimale, in presenza di frammentazione degli enti che gestiscono le reti, notevoli sono gli ostacoli

per un'adeguata manutenzione della rete irrigua. Numerosi canali, dunque, privi di rivestimento, sono soggetti ad una forte perdita per infiltrazione.

Non potendo disporre di dati precisi circa i singoli canali si è fatta l'ipotesi precedentemente indicata di perdita uniforme; qualora, invece, si volesse realizzare uno studio a dettaglio locale e non di tipo climatico-regionale, sarebbe necessario specificare meglio le caratteristiche puntuali del reticolo di drenaggio lungo il quale distribuire la portata, dovuta alla canalizzazione irrigua, da immettere nella falda.

Inoltre, per quanto riguarda l'apporto delle zone esterne all'area in studio, tale ingresso nel sistema è stato schematizzato come un flusso in ingresso in corrispondenza del bordo superiore (Nord) del modello. Gli apporti dovuti ai bacini esterni variano da zona a zona, ragionevolmente, in base alle dimensioni del bacino di drenaggio a monte della zona in studio; per questo motivo sono state determinate le dimensioni di tali bacini di drenaggio e sulla base della conoscenza dei dati di pioggia su tali aree, ipotizzando che una percentuale di esse si infiltro nel terreno, sono stati determinati i contributi al bilancio del sistema da parte delle aree esterne.

I fattori che intervengono nelle uscite della falda sono invece riassumibili nei prelievi dai pozzi, l'evapotraspirazione, i deflussi dai fontanili e i drenaggi da parte dei corsi d'acqua.

Per quanto riguarda i prelievi dai pozzi, i consumi idrici sul territorio in esame sono suddivisibili in base alla tipologia dei fabbisogni: civili, industriali e zootecnici. La più tradizionale utilizzazione delle acque sotterranee è rappresentata dagli usi civili, in particolare quelli acquedottistici, in virtù della diffusa e di buona qualità disponibilità nei centri urbani e nelle loro adiacenze. Gli usi civili risentono della sensibile differenza tra le aree della parte centro-settentrionale della Pianura tra l'Oglio e il Mella, maggiormente popolata, rispetto a quella meridionale caratterizzata da una minore densità di popolazione.

Quantitativamente meno rilevanti, ma significativi nelle aree a maggiore concentrazione, sono gli usi industriali. Le necessità idriche del settore produttivo riguardano varie fasi della produzione, quali il raffreddamento (anche se per esso vi è la tendenza ad utilizzare acque superficiali, con gli annessi problemi dell'alterazione degli habitat acquatici), i processi chimici ed eventuali trasformazioni di materie prime, per le quali è talvolta richiesta la potabilità. La distribuzione di tali prelievi è dunque alquanto irregolare e concentrata in zone circoscritte.

Per quanto riguarda i prelievi ad uso agricolo, essi non sono relativi a pochi punti principali, ma ad una polverizzazione di utenze, delle quali manca un censimento globale. Risulta dunque assai difficile determinarne il numero esatto, a causa del notevole abusivismo, e di conseguenza anche la precisa localizzazione. Nel complesso si tratta comunque di prelievi cospicui, praticati nelle aree dove le risorse idriche superficiali sono insufficienti per

garantire la massima efficienza del sistema. Si tratta di prelievi caratterizzati da un certo onere finanziario, per cui si ricorre ad essi solo in caso di effettiva necessità, quando cioè la produzione agricola rischi di essere messa in crisi dalle condizioni climatiche. Gli usi irrigui, tuttavia, rispetto agli altri tipi di prelievi, sono quelli che mettono le acque in condizione di ritornare alla falda. Negli altri casi, infatti, le perdite sono destinate a raggiungere soprattutto il reticolo superficiale.

Si è optato dunque per la determinazione dei prelievi idropotabili e industriali dal sistema falda procedendo per via indiretta, cioè a partire dai consumi teorici che si dovrebbero avere sulla base dei fabbisogni idrici stabiliti dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque. (PRRA del 1991). I parametri sui quali si è basato il calcolo dei consumi sono i seguenti: il numero di abitanti, per quanto riguarda i consumi civili, il numero di addetti, per quanto riguarda i consumi industriali ed il numero di capi, per quanto riguarda i consumi zootecnici.

Tali parametri sono stati poi moltiplicati per le relative dotazioni idriche espresse in $l/ab \cdot giorno$, o $l/addetto \cdot giorno$, e $l/capo \cdot giorno$, ottenendo i valori di portata rappresentanti i consumi sulla zona in studio, in base al tipo di uso del suolo presente sul territorio: i consumi civili sono stati applicati alle aree urbane e i consumi industriali e zootecnici a quelle industriali.

Per quanto riguarda l'evapotraspirazione, tale uscita dal sistema incide direttamente sulla quantità di acqua che entra nel sistema come apporto meteorico. Un'altra importante uscita dalla falda è rappresentata da una restituzione idrica naturale dal sottosuolo al reticolo superficiale. I volumi d'acqua che nell'alta pianura si spostano nel sottosuolo, possono fuoriuscire o lungo vari tratti del reticolo idrografico naturale, in particolare modo dove l'alveo si trova a quote inferiori rispetto al piano campagna, oppure non in diretto contatto con un tronco del reticolo naturale, ma lungo un'insieme di punti che segna il passaggio tra una zona di alta pianura permeabile ed una zona di bassa pianura meno permeabile.

Nel primo caso si ha il fenomeno del drenaggio a parte del corso d'acqua nei confronti della falda. Tale contributo viene computato come perdita per la falda e afflusso al corpo idrico superficiale. Nel secondo caso si ha il fenomeno dei fontanili. La portata da essi emungibile è determinabile tramite la consultazione di censimenti dei fontanili, realizzati dalla regione o dalle singole Province. Noti i valori di portata e la localizzazione della fascia all'interno della quale si verifica il fenomeno dei fontanili, questi ultimi contribuiscono al bilancio idrico della falda in termini di prelievi da essa. Per realizzare un'indagine più approfondita sarebbe utile stimare la quota parte di tale prelievo che ritorna in falda, studiandone la circolazione, attraverso la realizzazione di una adeguata rete di flusso.

In definitiva la rappresentazione sintetica dei termini del bilancio idrologico del territorio compreso tra Oglio, Mella e la linea delle colline moreniche a

valle del lago d'Iseo è quella sinteticamente illustrata nella Figura seguente.

Sono state ricostruite le mappe della precipitazione media mensile con una tecnica di Kriging semplice (cfr, ad es. Bacchi e Kottegoda, 1989), utilizzando il codice di calcolo Surfer e i dati di pluviometria delle stazioni di Castiglione dello Stiviere, Ghedi, Borgonato, Brescia, Calcio, Chiari, Concesio, Rovato, Sarnico, Bergamo, Crema, Cremona, Martinengo e Treviglio. Partendo dai dati termometrici delle stazioni di Bergamo, Cremona, Sarnico, Chiari e Brescia (si vedano gli allegati in Appendice 3), e sempre utilizzando la stessa tecnica di estrapolazione spaziale, sono state stimate, per ogni cella del reticolo di calcolo, le evapotraspirazioni potenziali.

3.8 Il modello matematico

Il codice MODFLOW integra la legge di Darcy relativa al moto di un fluido saturo all'interno di un mezzo poroso viscoso per il caso generale di un flusso in tre dimensioni,

$$q_x = -k_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} - k_{xy} \frac{\partial h}{\partial y} - k_{xz} \frac{\partial h}{\partial z}$$

$$q_y = -k_{yx} \frac{\partial h}{\partial x} - k_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} - k_{yz} \frac{\partial h}{\partial z}$$

$$q_z = -k_{zx} \frac{\partial h}{\partial x} - k_{zy} \frac{\partial h}{\partial y} - k_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}$$

dove i nove coefficienti k_{ij} sono i termini del tensore del secondo ordine della conducibilità idraulica.

Una volta che siano noti i termini che costituiscono il tensore di permeabilità K , la legge di Darcy fornisce tre equazioni scalari a fronte delle quattro incognite q_x , q_y , q_z ed h . Tali equazioni sono incorporate all'interno di una quarta equazione che rappresenta il bilancio di massa (equazione di continuità). Tale principio, che può scriversi

$$\frac{DM}{Dt} = 0$$

Essa esprime la conservazione della massa M di un sistema materiale. Si ottiene così la equazione

$$\left(\frac{\partial \rho q_x}{\partial x} + \frac{\partial \rho q_y}{\partial y} + \frac{\partial \rho q_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial M}{\partial t}$$

che, utilizzando per le portate q_x , q_y e q_z le relazioni dedotte da Darcy ed utilizzando per il volume di liquido il prodotto tra un coefficiente S_0 di capacità volumica dell'acqua che può essere contenuta nel volume di riferimento ad una assegnata pressione, per la corrispondente altezza piezometrica, si può riscrivere :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k_x \partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{k_y \partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{k_z \partial h}{\partial z} \right) = -S_0 \frac{\partial h}{\partial t}$$

In condizioni stazionarie l'equazione diventa:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k_x \partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{k_y \partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{k_z \partial h}{\partial z} \right) = 0$$

Se il mezzo è isotropo e omogeneo, ovvero se la conducibilità idraulica è costante ed uguale in ogni direzione, la precedente, si riduce all'equazione di Laplace:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

Qualora l'acquifero sia superiormente non confinato, vengono particolarizzate, coerentemente alla approssimazione di Dupuit, l'equazione di Darcy unitamente all'equazione di continuità, in modo da ottenere un sistema bidimensionale di equazioni. Questa approssimazione impone che

q_z sia nulla e che anche le derivate $\frac{\partial q_x}{\partial z}$ e $\frac{\partial q_y}{\partial z}$ siano nulle.

Si ottiene quindi la seguente relazione:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y h \frac{\partial h}{\partial y} \right) = n_e \frac{\partial h}{\partial t} - R$$

dove R rappresenta l'ingresso di massa dalla superficie superiore ed n_e è la porosità effettiva. In condizioni stazionarie in un suolo omogeneo ed isotropo, la relazione precedente si semplifica, e diviene:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h \frac{\partial h}{\partial y} \right) = -\frac{R}{k}$$

Seguendo un'altra via si può integrare lungo la verticale, ottenendo un'espressione che contiene un termine medio T chiamato trasmissività,

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} - R$$

dove S è la porosità effettiva n_e mentre il termine T_i riferito alla direzione i -esima, è da intendersi definito come:

$$T_i = \int k_i(z) dz$$

Questo termine viene quindi calcolato integrando verticalmente il prodotto della conducibilità idraulica k_i per l'incremento spaziale dz , a partire dal fondo dell'acquifero z_f fino alla sua superficie h .

3.9 La geometria del dominio di moto e la sua parametrizzazione

Allo scopo di risolvere le equazioni che governano il moto della falda nel sistema in esame è necessario definire la struttura geometrica dell'acquifero (divisione in strati, rapporto tra gli stessi, potenza...) e inoltre procedere ad una loro parametrizzazione, in primo luogo in termini di permeabilità e di porosità.

L'acquifero considerato nel presente studio è il risultato di una complessa serie di processi di deposizione, erosione e rimodellamento di enormi quantità di sedimenti. In particolari, a seguito dei processi di sedimentazione e del concomitante processo orogenetico, tali sedimenti costituiscono oggi la superficie ma anche le prime centinaia di metri del sottosuolo dell'area investigata nel presente lavoro.

In generale appare molto difficile poter determinare in modo ragionevolmente affidabile la geometria di un acquifero. Si tratta infatti di un corpo totalmente sotterraneo che, nella stragrande maggioranza dei casi può essere conosciuto solo tramite una serie comunque limitata di osservazioni puntuali, costituite in massima parte da stratigrafie di pozzo. Per fare fronte a tale indeterminazione, nel campo della ricerca degli idrocarburi è invalsa da alcuni decenni la pratica di fare ampio ricorso alla prospezione sismica. Si tratta, in estrema sintesi, di osservare il processo di propagazione di un treno di onde sismiche all'interno del suolo, studiandone la riflessione e rifrazione, collegandole a discontinuità strutturali o a proprietà del mezzo. Mediante tecniche sofisticate, appoggiate anche ai diversi sondaggi della trivellazione, è possibile poi ricostruire la geometria tridimensionale degli acquiferi sotterranei indagati. Nel presente lavoro, a fronte di poche e tra loro incosistenti stratigrafie di pozzo, si è fatto utilizzo dei risultati di uno studio recentissimo, reso pubblico nella primavera 2002 e realizzato dalla Regione Lombardia in collaborazione con l'Eni - divisione Agip, dal titolo "*Geologia degli acquiferi Padani della regione Lombardia*" (Regione Lombardia, Eni Divisione Agip, 2002). Questo studio utilizza le metodologie sopra accennate e prosegue, integrandolo, lo studio iniziato nel 1995 con la Regione Emilia-Romagna (Regione Emilia-Romagna - ENI - AGIP "Riserve Idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" 1998). Nello studio viene sintetizzata l'enorme mole di dati sismici, ed informazioni sul sottosuolo della pianura, raccolti nel corso degli anni dall'Agip, permettendo di aggiornare in modo significativo le conoscenze sulla struttura e sull'evoluzione sedimentaria del bacino alluvionale Padano.

L'applicazione della stratigrafia sequenziale allo studio dei depositi alluvio-

nali, con le sue potenzialità di correlazione e di ricostruzione tridimensionale dei corpi sedimentari, rappresenta uno degli elementi fondamentali del progetto, con l'applicazione all'idrostratigrafia di tecniche e metodologie proprie dell'esplorazione petrolifera. Le conoscenze acquisite sulle geometrie dei corpi sedimentari in sottosuolo e sulle relazioni tra acquiferi e rispettive aree di ricarica diretta, hanno evidenziato l'insufficienza dei modelli idrogeologici attualmente utilizzati per la gestione delle risorse idriche in Pianura Padana, normalmente fondati su acquiferi schematizzati come monostrato. Attraverso un'integrazione multidisciplinare delle ricerche è stato inoltre prodotto il modello deposizionale del sottosuolo della Pianura Padana centrale (Lombardia ed Emilia-Romagna). Gli *obiettivi* dello studio menzionato possono essere sintetizzati in quattro punti:

rappresentare in tre dimensioni la struttura interna ed i limiti fisici degli acquiferi Padani della Regione Lombardia;

Individuare gli acquiferi più profondi e maggiormente protetti che costituiscono una riserva idrica strategica;

mappare le aree di ricarica diretta degli acquiferi di pianura;

fornire uno strumento per il calcolo dei bilanci idrologici e delle risorse idriche sotterranee a scala regionale.

Il risultato cui attraverso tale studio si è pervenuti è il riconoscimento, nel sottosuolo della pianura lombarda, di quattro unità idrostratigrafiche di rango superiore (Gruppi Acquiferi) definite da barriere di permeabilità ad estensione regionale. I Gruppi Acquiferi sono stati schematicamente denominati, ampliando lo schema già proposto in *Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna* (1998): Gruppo Acquifero A, B, C e D, a partire dal piano campagna.

Il Gruppo Acquifero , quello più superficiale, è attualmente sfruttato in Lombardia in modo intensivo, ancorché spesso interessato da fenomeni di inquinamento; i Gruppi Acquiferi B e C sono sfruttati nelle aree di margine del bacino.

Il Gruppo Acquifero D, salato per gran parte della sua estensione, è sfruttato solo localmente. L'architettura interna e le caratteristiche petrofisiche delle Unità idrostratigrafiche descritte in tale studio sono il risultato della storia tettonica e deposizionale del bacino sedimentarie Padano.

Il lavoro citato è il risultato della attività di interpretazione di 20.000 km di linee sismiche a riflessione realizzate da Eni Divisione Agip per l'esplorazione di idrocarburi; delle stratigrafie di 250 pozzi perforati per l'esplorazione di idrocarburi; di 506 pozzi per la produzione di acqua, selezionati tra le circa 5000 stratigrafie disponibili; di 800 m di carote campionate in 4 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, appositamente realizzati dalla Regione Lombardia.

Le linee sismiche a riflessione rappresentano certamente la fonte dei dati

più innovativa e significativa per la definizione dell'acquifero. Le linee sono state interpretate mediante opportuni algoritmi di analisi del segnale, definendo degli che sono stati automaticamente convertiti in mappe di profondità. Si deve qui osservare che in alcune aree dell'alta pianura, nello studio si è riscontrata una scarsa qualità dei dati sismici superficiali o addirittura la mancanza dei dati stessi perché le linee sismiche, registrate ed elaborate per obiettivi profondi, mancano dei dati al di sopra del piano di riferimento posto a livello del mare. In tali aree, del resto limitate, è stata dunque necessariamente interrotta la mappatura del Gruppo Acquifero A, sulle mappe è stata introdotta una linea, definita "limite dei dati", oltre la quale non è giustificata l'interpretazione della superficie stratigrafica posta alla base di tale gruppo acquifero.

A fianco delle linee sismiche sono stati utilizzati tutti i pozzi per sfruttamento di giacimenti di idrocarburi, dotati di registrazioni log fino al piano campagna e sono stati raccolti i dati relativi ai terreni attraversati fino a coprire il passaggio acqua dolce /acqua salmastra. Per ciascun pozzo sono normalmente disponibili la colonna litostratigrafica, i log elettrici, il potenziale spontaneo e a volte il log sonico. Questi log non risentono molto delle condizioni del foro ed offrono registrazioni affidabili anche nelle prime centinaia di metri dalla superficie perché il diametro della perforazione nella sezione in oggetto (444.5 mm) è compreso nell'intervallo di tolleranza degli strumenti.

Lo stesso dicasi per i pozzi per sfruttamento idropotabile, che sono stati selezionati tra quelli disponibili sulla base della qualità del dato, ovvero della elevata profondità raggiunta, della accurata descrizione litologica, di puntuali indicazioni sugli acquiferi e tali da essere localizzati nelle aree più critiche della regione e nelle aree in cui il dato sismico è carente.

Infine, lo studio si è avvalso di 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, per complessivi 800 m circa di perforazione. Tali sondaggi sono stati posti in aree strategiche per interpretazione e la taratura dei dati sismici e stratigrafici. Sulle carote recuperate sono state condotte inoltre analisi sedimentologiche, geotecniche, petrografiche, paleontologiche, palinologiche e datazioni radiometriche, analisi che sono risultate di fondamentale importanza per l'interpretazione degli ambienti sedimentari e per la ricostruzione dell'evoluzione geologica del bacino Padano.

In definitiva, il risultato della interpretazione si riassume in tre serie di mappe che rappresentano le isobate, le isopache e la distribuzione dei livelli porosi e permeabili dei Gruppi Acquiferi.

Le mappe delle isobate evidenziano l'andamento nel sottosuolo della base di ogni singolo Gruppo Acquifero. Innanzitutto sono state riconosciute nel sottosuolo, sulle sezioni sismiche, le superfici che individuano i principali corpi geologici e gli acquiferi in essi ospitati: i limiti di sequenza così identificati sono stati riportati in profondità sui pozzi Eni Divisione Agip, utilizzando i dati di velocità registrati nei pozzi stessi, e sono quindi stati

trasposti in pozzi perforati nelle aree di bacino profondo, dove la successione stratigrafica pliocenica e quaternaria è ragionevolmente più continua. Tali superfici sono infine state datate, utilizzando le zonazioni a foraminiferi e a nanofossili calcarei. L'operazione di taratura stratigrafica ha permesso di validare le fasi temporali dell'evoluzione del bacino.

L'interpretazione delle linee sismiche ha permesso di ricostruire l'andamento nel sottosuolo delle superfici identificate. Le mappe delle isobate sono state realizzate per ogni tipo di acquifero: A, B, C, D. Per quanto riguarda la zona in studio nel presente lavoro di tesi, ci si è riferiti solo agli acquiferi A e B caratterizzati da una profondità massima pari a -500 m. Le isobate identificate sono graficamente riportate sulle mappe con intervalli di 50 m: nell'acquifero A da 150 m a -150 m e nell'acquifero B da 150 m a -500 m.

A partire dalle mappe delle isobate è stato poi possibile ricostruire l'andamento della superficie inferiore di ogni strato costituente il complesso acquifero in studio. Il procedimento utilizzato è stato caratterizzato dai passi seguenti: note le isobate per ogni strato, si è proceduto alla scomposizione di tali linee in punti georeferenziati e caratterizzati singolarmente da un valore di quota lungo l'asse z del sistema di riferimento assunto nell'intero studio. In Figura 11 viene illustrato l'andamento delle isobate rispettivamente per l'acquifero contrassegnato dalla lettera A e per quello identificato dalla lettera B. Attraverso l'utilizzo di un programma di interpolazione, basato sul metodo del Kriging, è stata determinata la superficie interpolante la serie dei punti noti precedentemente menzionati.

All'interno dello studio già detto sulla *“Geologia degli acquiferi Padani della regione Lombardia”* sono state realizzate anche le mappe delle isopache, che si sono rivelate utili per la determinazione delle caratteristiche fisiche del complesso acquifero in studio. Queste mappe (dei Gruppi Acquiferi E, C e D), sono state calcolate per differenza rispettivamente tra le mappe della base dei Gruppi Acquiferi A e B, dei Gruppi Acquiferi B e C e dei Gruppi Acquiferi C e D. Le mappe sono rappresentate come curve (isopache) sovrimposte alle mappe della base dei rispettivi Gruppi Acquiferi. Le mappe di isobate e isopache possono essere utilizzate per il calcolo dei volumi degli acquiferi su base regionale, o di bacino, o per valutare la profondità alla quale indirizzare, nelle diverse aree, le perforazioni per ricerca d'acqua.

Similmente alle mappe delle isobate, nel corso del presente lavoro, ci si è riferiti agli acquiferi A e B caratterizzati da uno spessore massimo pari a 200 m. Le isopache identificate sono graficamente riportate sulle mappe con intervalli di 20 m: nell'acquifero A da spessori pari a 20 m sino a spessori di 140 m e nell'acquifero B da spessori pari a 20 m sino a spessori di 200 m.

Analogamente a quanto visto nel caso delle mappe delle isobate, identificate le linee isopache all'interno dell'area in studio, è stato ricostruito l'andamento degli spessori all'interno di ogni strato costituente il complesso acquifero in studio. Il procedimento è analogo a quello utilizzato nel caso delle isobate: note le isopache per ogni strato, si è proceduto alla scomposizione di tali linee in punti georeferenziati e caratterizzati singolarmente da un valore di quota lungo l'asse z del sistema di riferimento assunto nell'intero studio. In Figura 13 viene illustrato l'andamento delle isopache rispettivamente per l'acquifero contrassegnato dalla lettera A e per quello identificato dalla lettera B. Tramite appositi algoritmi è stata determinata poi la superficie interpolante la serie dei punti noti precedentemente menzionati.

Ai fini della modellazione successiva, tali mappe sono state ricostruite in formato raster, procedendo dapprima ad una vettorializzazione numerica delle mappe cartacee, quindi ad una ricostruzione spaziale dei solidi relativi mediante kriging semplice ed infine un ricampionamento ai nodi di un grigliato coerente con quello topografico utilizzato.

3.10 Parametri idraulici dell'acquifero

Si rende ora necessario specificare i criteri utilizzati nella parametrizzazione del modello non acquifero individuato. Con ciò si intende fare riferimento al valore attribuito puntualmente alle quantità *permeabilità*, *porosità*, *immagazzinamento specifico*, *trasmissività* e *coefficiente di immagazzinamento*. Queste grandezze controllano, assieme alla geometria, le modalità di flusso nel campo di motoinvestigato.

Se la permeabilità assoluta di un materiale è indipendente dalla direzione considerata, il mezzo poroso si definisce isotropo. Nel caso in cui il valore della conducibilità idraulica dipenda dalla direzione lungo la quale viene misurata, il mezzo è detto invece anisotropo. In un mezzo anisotropo le linee di flusso non hanno la stessa direzione del gradiente idraulico, ma sono ruotate nella direzione dell'asse principale dell'ellissoide locale di conducibilità idraulica. Conseguentemente, in generale è necessario definire puntualmente un tensore di permeabilità K :

K_{xx} K_{xy} K_{xz}
 K_{yx} K_{yy} K_{yz}
 K_{zx} K_{zy} K_{zz}

Quando i tre parametri K_x , K_y e K_z sono uguali, cioè $K_x = K_y = K_z$, il mezzo poroso è isotropo. Se la conducibilità è inoltre costante in ogni punto dello spazio, il mezzo si dice omogeneo.

Come indicato al paragrafo precedente, il complesso acquifero in studio è caratterizzato da due diversi acquiferi posti uno sopra l'altro, nel seguito contrassegnati per convenzione dalle lettere A e B. Nel caso in esame si è supposto che l'acquifero sia anisotropo e non omogeneo. Infatti, essendo tali acquiferi stati supposti essenzialmente separati tra loro, così come si evince dalle indicazioni dello studio Agip sopra menzionato, si è supposta una permeabilità verticale molto bassa (10^{-6} m/s) per simulare tale separazione. Si suppone cioè che tra i due acquiferi A e B vi sia una superficie impermeabile, che non viene fisicamente rappresentata, ma di cui si considera l'esistenza attraverso l'imposizione di tale valore del parametro idraulico permeabilità.

All'interno dei due acquiferi, è necessario poi stimare la permeabilità orizzontale nelle due direzioni x ed y . Si è ipotizzato che non vi sia una anisotropia orizzontale e che quindi la permeabilità in direzione x abbia lo stesso valore di quella in direzione y . Per stimare il valore di tale parametro si è proceduto identificando innanzitutto una legge di andamento della permeabilità all'interno dell'area in studio; successivamente si è provveduto

a modulare l'andamento del parametro K , ottenuto attraverso la legge precedente, con la mappa degli spessori porosi realizzata nel modo prima indicato. La realizzazione delle mappe di permeabilità è infatti subordinata alla conoscenza della variazione di tale grandezza all'interno dell'area in studio. In mancanza di un significativo campionamento sperimentale nel parametro si è reso dunque necessario ipotizzarne un andamento di massima. Tale andamento viene poi definito in funzione della qualità della superficie freatica ricostruita e di altri indicatori significativi della piezometria osservata.

La conoscenza dello spessore dell'acquifero ha permesso poi di modulare tale andamento della permeabilità per ogni punto dell'area, ottenendo una mappa di permeabilità per ciascuno dei due strati che caratterizza il complesso acquifero in studio.

La determinazione della legge attraverso la quale descrivere l'andamento della permeabilità si basa sulla conoscenza del valore di tale grandezza in determinati punti dell'area in esame. Vista la geologia della zona, ovvero il verificarsi nel corso della formazione della pianura di un progressivo accumulo dei sedimenti più grossolani a monte e via via sempre più fini a valle, è ragionevole supporre che la permeabilità vari in modo decrescente da monte verso valle, raggiungendo un valore minimo, per poi crescere nuovamente, non meno che ci si avvicina all'asta bacino del fiume Po. In prima battuta si è ipotizzato dunque un andamento cubico della grandezza in funzione della distanza dal bordo superiore dell'area in studio. Dall'osservazione dei risultati ottenuti a seguito della simulazione del comportamento dell'acquifero sulla base di tali mappe di permeabilità, si è infine optato per la scelta di un andamento della funzione permeabilità di tipo lineare decrescente da Nord verso Sud, del tipo $K = a \cdot r + b$, dove i parametri sono stati determinati imponendo il passaggio per i due punti (r_1 , K_{sup}); (r_{225} , K_{inf}), avendo attribuito ai punti noti i seguenti valori: $K_{sup} = 0.007$ m/s e $K_{inf} = 0.003$ m/s.

La portata transitante attraverso una colonna di un mezzo poroso saturo dipende dalla permeabilità, ma anche dalla altezza della colonna. In altri termini, con riferimento alla falda freatica, ciò che conta è la cosiddetta trasmissività locale. Per quanto sopra visto, i dati recentissimi dello studio Agip rendono disponibile lo spessore dei corpi A e B, che, come tali, sono stati utilizzati per definire la geometria degli stessi. Inoltre, si indica anche che solo una parte dello spessore in ciascun punto è effettivamente poroso, mostrando quindi che solo una sottoparte dello spessore è effettivamente a disposizione del flusso. Nel seguito si è voluto tenere in conto questa importante informazione sintetizzandola nella matrice di permeabilità. Si è cioè deciso di non ritoccare la geometria dell'acquifero sulla base dello spessore poroso, quanto piuttosto di conseguire lo stesso risultato (una

diminuzione della trasmissività) operando sulla matrice di permeabilità lineare sopra ricordata.

A tale scopo, determinate le mappe di spessore poroso, come sopra illustrato, è stata realizzata per ogni strato una matrice di permeabilità ottenuta modulando l'andamento lineare della grandezza permeabilità attraverso la matrice degli spessori di ogni strato normalizzata rispetto al valore massimo dello spessore in ciascuno strato. Noto dunque, in ogni punto dell'area in esame, il valore della permeabilità $K(i,j)$ ottenuto attraverso la funzione lineare prim vista, per modularlo attraverso la grandezza spessore, esso viene moltiplicato per un valore adimensionale compreso tra 0 ed 1.

Tale valore rappresenta il rapporto tra il generico spessore i -esimo Δ nel punto i -esimo di coordinate matriciali (i,j) all'interno del modello, e lo spessore massimo $\Delta_{\max}$ che caratterizza ciascuno strato.

Il valore di permeabilità risultante è esprimibile dunque come:

$$K(i,j) = K(i) \cdot \frac{\Delta_i}{\Delta_{\max}}$$

Ove, per l'omogeneità in direzione Est-Ovest il valore di k è identico per ogni j .

Si ottiene dunque una matrice, parametrica ai valori di permeabilità al bordo, all'interno della quale in corrispondenza di ogni cella di coordinate (i,j) è sintetizzata il valore di permeabilità ad andamento cubico con l'informazione sulla trasmissività ottenuta sulla base del locale spessore dell'acquifero.

Utilizzando i valori di permeabilità K_{sup} e K_{inf} già indicati e noti i valori minimi e massimi degli spessori porosi dello strato A e dello strato B costituenti il complesso acquifero in studio:

spessore	Livello A	Livello B
minimo	9.671 m	10.693 m
massimo	149.057m	209.351 m

si è pervenuti alla costruzione delle mappe di permeabilità, riportate in toni di grigio in Figura 14, relative rispettivamente all'acquifero superiore (A) ed all'acquifero inferiore (B). L'idea sottostante questa operazione è che la variabilità spaziale della trasmissività, fondamentale nella modellazione, può cogliersi integrando due indicazioni, una qualitativa (permeabilità decrescente da Nord a Sud) e l'altra quantitativa e originale (la mappa dello spessore poroso). Se le ipotesi sono orientativamente corrette, la identificazione finale della intera struttura della permeabilità sul territorio analizzato è poi ricondotta alla stima dei soli due valori più opportuni per i

parametri K_{sup} e K_{inf} .

Per quanto riguarda la porosità, essa si misura come percentuale di volume dei pori rispetto al volume totale del corpo roccioso considerato, e può essere rappresentata come numero puro minore di 1, oppure come percentuale. Agli effetti pratici interessa calcolare la porosità efficace che rappresenta percentualmente il volume dei vuoti comunicanti occupati da acqua in grado di muoversi sotto l'azione della gravità. In sedimenti non consolidati, la porosità efficace è minore di quella totale del 2 o anche del 5 per cento. All'interno del presente studio si è lavorato sul parametro *Specific Yield* (rendimento specifico), il quale fornisce una stima della porosità efficace, assunto pari ad un valore costante, ovvero a 0.15. Tale parametro è in effetti, almeno per lo strato freatico, un po' inferiore alla porosità, rappresentando la quantità media di acqua per unità di volume di suolo drenata da una colonna che si estende dal suolo alla base della falda, in conseguenza di un abbassamento unitario della falda.

Per quanto riguarda il livello in pressione, è necessario introdurre il concetto di immagazzinamento specifico. A tale proposito si deve ricordare che in un acquifero in pressione, quando la pressione del fluido diminuisce, si verificano due comportamenti: il volume fluido si espande a causa della diminuzione della pressione del fluido e lo spazio occupato dai pori diminuisce e parte della pressione in eccesso si trasferisce alla matrice solida. L'ordine di grandezza del primo termine è controllato dal parametro β definito *compressibilità del fluido*, mentre quello del secondo termine è controllato dal parametro α definito *compressibilità del mezzo poroso*. Quest'ultima è definita come il rapporto tra la variazione del volume ($-\Delta V/V$) e la variazione di sforzo $\Delta\sigma = -\Delta p$.

E' conveniente utilizzare un singolo parametro che caratterizzi la quantità di volume di acqua rilasciata dal mezzo poroso a seguito di una diminuzione di pressione. L'immagazzinamento specifico (*specific storage* [L^{-1}]) è definito come il volume di acqua che un'unità di volume del mezzo poroso rilascia libera sotto una modificazione unitaria del carico idraulico.

Esso è calcolato come :

$$S_s = \rho\gamma (\alpha + n\beta)$$

3.11 Applicazione e valutazione del modello proposto

E' stata ricavata la piezometria dell'area di interesse. Risolvendo le equazioni differenziali illustrate in precedenza; essa costituisce la risposta del sistema alle forzanti imposte su di esso. Queste ultime sono costituite, come già precedentemente detto, costituite dagli ingressi ed uscite dal sistema stesso e dalle condizioni di vincolo interne ed al contorno. E' interessante dunque quantificare tali termini, sull'intero complesso in studio, utilizzando come scala temporale il mese, visto che esso costituisce l'intervallo temporale principale utilizzato nel corso dell'intero studio. Di seguito si riportano dunque i valori globali assunti sull'intero territorio dai termini costituenti le entrate, ovvero gli apporti meteorici ed irrigui, e le uscite, ovvero i prelievi civili, industriali e zootecnici e le perdite per evapotraspirazione, espressi in m³/giorno.

Tabella 1 – *Bilancio nel corso dell'anno medio*

Mesi	ingressi (mc/g)			uscite (mc/g)				bilancio totale
	piogge	canali	totale ingressi	Prel. urbani	prel ind-com-zoo	Evapo trasp	totale uscite	
Gennaio	2319133	805732	3124865	160582	117576	142053	420212	2704653
Febbraio	2489021	805732	3294753	160582	117576	512230	790389	2504364
Marzo	2722206	805732	3527938	160582	117576	1401772	1679931	1848007
Aprile	3312755	201433	3514188	160582	117576	2478625	2756784	757404
Maggio	3400798	1611464	5012262	160582	117576	3857108	4135266	876996
Giugno	3429555	3222927	6652482	160582	117576	5091319	5369478	1283005
Luglio	2991753	4028659	7020412	160582	117576	6460367	6738525	281887
Agosto	3682018	2417196	6099213	160582	117576	5794002	6072161	27053
Settembre	3170110	1611464	4781573	160582	117576	4475234	4753393	28181
Ottobre	4235300	805732	5041032	160582	117576	2667304	2945463	2095569
Novembre	3742774	805732	4548506	160582	117576	1193311	1471470	3077036
Dicembre	2538917	805732	3344648	160582	117576	323065	601224	2743425

In Tabella 1 si mostra con maggiore evidenza l'andamento del bilancio tra ingressi ed uscite nel corso dell'anno medio considerato. Può essere interessante osservare come cambi l'andamento qualora si prescinda dall'apporto irriguo dovuto ai canali. Il nuovo bilancio mensile è mostrato in

Figura 15.

Tale bilancio può essere rappresentativo di quanto accade nelle zone all'interno delle quali non rientrano le aree di influenza dei canali irrigui, come le aree all'estremità Nord del modello e quelle a Sud delle rogge. Si può facilmente notare come l'apporto dovuto ai canali irrigui costituisca un ingresso rilevante nel sistema; nelle zone in cui quest'ultimo è assente, i prelievi dovuti ai consumi, ma soprattutto imputabili al fenomeno dell'evapotraspirazione, sono quantitativamente superiori agli ingressi lungo l'arco della stagione estiva compresa tra i mesi di Maggio e Settembre. In queste zone, chiaramente, il soddisfacimento delle necessità irrigue (che si può supporre avvenga immediatamente sempre) viene garantito dagli apporti dei fontanili e, soprattutto dei pozzi irrigui. Per quanto riguarda i consumi idropotabili, data la loro limitata entità e per ragioni di semplicità, sono stati assunti costanti, e pari al valore medio, in tutti i mesi dell'anno.

Un altro elemento interessante da osservare è la variazione stagionale del bilancio netto tra ingressi pluviometrici ed evapotraspirazione. In Figura 16 si riporta l'andamento del surplus idrico mensile, nel corso dell'anno medio analizzato. Si può notare come non vi sia una notevole differenza rispetto al bilancio netto ingressi-uscite globale; ciò è dovuto alla esiguità dei prelievi, in termini complessivi sul bilancio.

Si nota dunque, analogamente a quanto detto in precedenza, che le perdite per evapotraspirazione sono quantitativamente superiori agli ingressi lungo l'arco della stagione estiva compresa tra i mesi di Maggio e Settembre. I dati noti, e quelli ricostruiti, hanno permesso di costruire un modello matematico che riproduce la variabilità stagionale delle sollecitazioni sul sistema e della relativa risposta a queste ultime. Trattandosi di dati a scala mensile, queste risposte, ovvero le superfici piezometriche, sono state ottenute anch'esse a scala mensile.

Per verificare la validità delle oscillazioni della piezometria nell'arco dell'anno medio realizzato, si è fatto riferimento ai dati raccolti presso pozzi e piezometri collocati nell'area in studio, gestiti in parte dal Consorzio dell'Oglio, ed in parte da Cogeme. Le informazioni a disposizione relativamente a tali punti di misura, sono la localizzazione topografica e le misure di piezometria realizzate secondo una scansione tendenzialmente settimanale dal gennaio del 1993 al dicembre del 2001, sia nel caso dei pozzi gestiti dall'azienda Cogeme, sia per quanto riguarda i piezometri gestiti dal Consorzio dell'Oglio.

Un esempio di come sia visualizzabile la variabilità stagionale della piezometria all'interno di un pozzo Cogeme è riportato in Figura 17.

I dati forniti dal Consorzio dell'Oglio riguardano pozzi o piezometri collocati

in corrispondenza dell'area di influenza del fiume Oglio. Analogamente a quanto fatto nel caso dei dati forniti dall'azienda Cogeme, sono stati ricostruiti gli andamenti della piezometria all'interno di ciascun pozzo, a scansione mensile, per l'intervallo temporale compreso tra il 1993 ed il 2001.

Sulla base dei dati della piezometria ai pozzi è stato possibile verificare la qualità dei risultati ottenuti dalle simulazioni sul modello. Per potere mettere a confronto la piezometria nell'area in studio a scala stagionale con i valori puntuali noti, è stato necessario collocare dei punti di pseudomonitoraggio sul territorio in studio. Inizialmente, non avendo a disposizione valori di piezometria relativi a piezometri reali collocati nella zona di interesse, tali punti monitoranti sono stati collocati sul territorio secondo una distribuzione regolare. Le prime osservazioni fatte hanno riguardato la sincronia delle oscillazioni di piezometria nei pozzi reali e simulati alle medesime latitudini. Inoltre è stata verificata l'ubicazione del minimo piezometrico all'interno dell'anno medio. Poiché si è osservato che il sistema raggiunge una condizione stazionaria, indipendente dalla condizione iniziale, in poco più di 5 anni di tempo equivalente di simulazione, le osservazioni della variabilità stagionale della piezometria sono state effettuate in corrispondenza del settimo anno, all'interno dell'intervallo temporale di simulazione.

Una volta avuti a disposizione i dati reali di pozzi e piezometri precedentemente menzionati si è provveduto alla localizzazione all'interno del modello di tali pozzi, in qualità di pozzi monitoranti. Al termine della simulazione sono stati poi confrontati i valori di pozzo ottenuti da quest'ultima, con i dati noti.

Nel confrontare i dati ricostruiti con quelli osservati si devono fare due osservazioni. Innanzitutto il concetto di "pozzo monitorante" in *Modflow* non si riferisce, dal punto di vista del calcolo, ad un vero e proprio pozzo, per cui i valori di piezometria che si ottengono in corrispondenza di tali pozzi si riferiscono alla quota media nella cella, e non risentono del cono di depressione locale della falda di cui risentono invece i dati sperimentali. Inoltre bisogna considerare che i dati a disposizione relativi a pozzi o piezometri reali si riferiscono per la maggior parte a pozzi, soggetti dunque alle oscillazioni indotte dalle pompe che vi sono installate al loro stacco ed attacco.

Sulla base di tali osservazioni si riporta in Figura 18 l'andamento stagionale della piezometria all'interno dei pozzi collocati nel modello, da cui è dato constatare come vi siano oscillazioni stagionali di tre - quattro metri nella zona settentrionale e centrale dell'area in esame. I valori ottenuti a seguito della simulazione per la maggior parte dei casi non si discostano molto dai valori osservati presso i pozzi-piezometri reali corrispondenti. Nel caso ciò si verifichi, come del caso del pozzo Co-Stamp, del pozzo Format e del pozzo Vitali si tratta comunque di oscillazioni della piezometria a livello

stagionale caratterizzate da valori minori rispetto a quelli osservati in campo, coerenti quindi a quanto prima accennato in merito alla differenza di comportamento tra pozzi reali e “pozzi monitoranti”.

3.12 Singularità piezometriche sull'area

Analizzati i risultati della simulazione, ci si è occupati di ricostruire alcune particolarità presenti nell'andamento delle linee piezometriche individuate sull'area in esame nel corso di studi precedenti. Le particolarità riscontrate in tali studi sono localizzate in corrispondenza di quelli che presumibilmente potrebbero essere definiti paleo-alvei di corsi d'acqua che in epoche passate scorrevano da nord verso il centro della pianura. L'intera pianura oggetto dello studio infatti è percorsa da tracce di numerosi paleoalvei, la cui origine è evidentemente da far risalire alle fasi di disgelo seguenti le glaciazioni pleistoceniche. Tali aree sono caratterizzate da significative alterazioni della permeabilità.

Al fine di verificare se le anomalie osservate tra piezometria modellata e misurata potessero essere riconducibili a significative variazioni locali della permeabilità, si è deciso di operare delle alterazioni sulle mappe di permeabilità precedentemente impostate. La modalità scelta per modificare la piezometria in tali aree è stata quella di alterare i valori di permeabilità a livello locale, simulando la presenza di lingue a permeabilità più elevata o, corrispondentemente, a permeabilità più bassa, per simulare la presenza di tali paleo-alvei. Inizialmente le lingue a bassa o alta permeabilità prima menzionate, sono state inserite nel modello come lenti di forma ellittica. In corrispondenza delle lenti la permeabilità è stata alterata localmente, moltiplicandola per un fattore amplificativo, nel caso in esame posto pari a 1000. Si è dunque voluto simulare la presenza di depositi superficiali a matrice assai più grossolana di quelli caratteristici delle zone immediatamente circostanti.

Ipotizzando che i paleo-alvei si trovino solo a quote non inferiori al limite basale dello strato superiore, si è dunque ottenuta una nuova mappa di permeabilità per lo strato superiore del modello.

In Figura 19 è mostrata la piezometria nello strato superiore del modello con riferimento alla mappa di base.

Si può osservare come la piezometria resti immutata nella parte settentrionale dell'area in studio, ad eccezione delle aree in cui è stata alterata la permeabilità. In corrispondenza di queste ultime le linee piezometriche corrispondenti a 60, 70 e 80 metri modificano il loro andamento, ed aumentano le aree sature in vicinanza del corso del fiume Oglio. Sempre in Figura 20 si riporta la piezometria relativa al livello inferiore del modello. Si nota come in corrispondenza delle anomalie nella permeabilità dello strato superiore, le linee piezometriche comprese tra i

valori di 50 e 70 metri tendano ad assumere una concavità rivolta verso il basso.

Tale cambiamento è dovuto al diverso flusso proveniente dal livello superiore, causato da un innalzamento localizzato della permeabilità in quest'ultimo.

In definitiva, le prove condotte dimostrano che le informazioni acquisite sulla struttura dell'acquifero e le ipotesi introdotte sull'andamento monotono decrescente della permeabilità, pesato con gli spessori porosi a costituire la mappa della trasmissività, non sono sufficienti ad interpretare alcune singolarità di andamento della piezometria. Queste singolarità possono essere spiegate invece in termini di alterazioni locali della permeabilità, che possono venir facilmente motivate sulla base della storia geologica degli ammassi porosi considerati. Sarebbe naturalmente necessario suffragare più dettagliatamente le ipotesi da noi introdotte sulla presenza di anomalie di permeabilità con misure dirette della stessa e un rilievo idrogeologico di dettaglio da effettuare appositamente. Qualora si avviassero simili studi, si potrebbe cogliere l'occasione per posizionare in opportuni punti strategici qualche decina di piezometri in modo tale da mettere in atto un sistema di monitoraggio idoneo sia alla conoscenza che alla gestione dell'acquifero. Queste informazioni potrebbero infatti migliorare non poco la qualità, già abbastanza buona, del modello matematico approntato per questa indagine.

3.13 Definizione dello spartiacque profondo

Lo spartiacque profondo del bacino idrografico è stato ottenuto tracciando le linee di corrente, normali alle linee isopieze mostrate in Figura 20, con riferimento alla piezometria dello strato superiore. Il limite del bacino sotterraneo è quindi delimitato dalla linea di corrente che termina alla confluenza fra F.Oglio e F. Mella. Il contorno del bacino che si ottiene in tal modo è riportato in Figura 21

3.14 Conclusione

Nella nota si evidenziano i procedimenti seguiti per la individuazione del bacino del F. Oglio, nella sua parte prelacuale e per la delimitazione degli spartiacque superficiale e sotterraneo nella zona di pianura tra Oglio e Mella. Come mostrato, mentre per la parte prelacuale la individuazione è stata fatta operando esclusivamente sul modello di elevazione del terreno del bacino, per quanto attiene la parte di pianura, la procedura è stata affiancata alla modellazione del flusso saturo all'interno dei due acquiferi stratificati in cui è stata divisa la falda sotterranea. Il modello così realizzato ha permesso di ricostruire la dinamica della piezometria nel corso di un anno medio, ottenuto dalla elaborazione dei dati meteorologici pertinenti degli ultimi trent'anni per la zona in esame. Quale possibile ricaduta finale, a partire dalla mappa della piezometria è stato possibile ricostruire le linee di flusso, ovvero definire l'estensione dello spartiacque profondo del F. Oglio post-lacuale da quello del F. Mella. Va infine ribadito che una importante ricaduta di questo studio è la messa a punto di un modello della falda che potrebbe aiutare nella costruzione di scenari di gestione dell'acquifero utili agli operatori interessati al suo sfruttamento per usi idropotabili, agricoli e industriali.

Bibliografia parte prima

- Astengo C., (a cura di), I piani regionali. Criteri di indirizzo per lo studio dei piani territoriali di ccordinamento in Italia, MINN. LL.PP, Roma, 1955
- Badiani, The perspective of urban management in EU documents and in Italian experience, in B.Badiani, M.Tira, Urban containment: the Italian approach in the European perspective, Maggioli ed. Rimini, 2009
- Busi R. Tira M., Il quadro della pianificazione territoriale nell'Italia Nord-occidentale, editoriale BIOS, Cosenza, 2001
- Nova M., Il sistema metropolitano pedemontano lombardo, in Metropoli e mobilità, R.Busi (a cura di), Sintesi Ed, Brescia, 1994

Bibliografia parte seconda

- AA. VV., 1992. Indagine geologica ed idrogeologica finalizzata all'individuazione di siti idonei all'ubicazione di nuovi pozzi ad uso potabile nel territorio comunale di Ospitaletto. A.S.M. BRESCIA. Brescia.
- ATTANASIO C., 1989. Biostratigrafia a nannofossili calcarei dall'Aptiano superiore al Campaniano inferiore delle successioni pelagiche dei dintorni del M.Peso (BS). Tesi di laurea inedita, Università di Milano, 220 pp., 10 tav.. Milano.
- BERSEZIO R., 1992. La successione Aptiano-Albiana del Bacino Lombardo. *Giorn. Geol.*, 54: 125-146. Bologna.
- BERSEZIO R., MENSINI L., 1992. Le relazioni tra le Arenarie di Sarnico (Coniaciano) e le unità cenomaniano-turoniane nell'area di Capriolo-Corno Pendita (BS) (Bacino Lombardo, Alpi Meridionali). *Riv. It. Paleont. Strat.*, 98: 45-60. Milano.
- BERSEZIO R., FELLETTI F., LOZAR F., RUGGERI M., 1996. The Concesio Formation of the Lombardian rifted basin (Southern Alps, Italy). Stratigraphy of a Jurassic calcareous turbidite unit. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 102: 49-65. Milano.
- BONARELLI G., 1894. Contribuzione alla conoscenza del Giura-Lias Lombardo. *Atti R. Acc. Sc. Torino*, 30: 1-18. Torino.
- BONI A., CASSINIS G., CAVALLARO E., CERRO A., FUGAZZA F., MEDIOLI F., VENZO S., ZEZZA F., 1968. Carta Geologica d'Italia. Foglio 47-Brescia. Scala 1:100000. Servizio Geologico d'Italia. Poligrafico dello Stato. Napoli.
- BONI A., CASSINIS G., VENZO S., 1970. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000. Foglio 47-Brescia. Servizio Geologico d'Italia, pp.93. Napoli.
- BONI A., CASSINIS G., 1973. Carta geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello. Estratto da *Atti dell'Istituto Geologico dell'Università di Pavia*, 23: 119-159. Pavia.
- BRAGA G., CERRO A., 1976. Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di Pianura Padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria. Istituto di Ricerca sulle Acque, pp. 47-52. Roma.
- CACCIAMALI G.B., 1907. Studi sull'Anfiteatro morenico Sebino. *Comment. Ateneo Brescia*, pp. 32-79. Brescia.
- CARCANO C., PICCIN A., 2002. Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia. Regione Lombardia e Eni Divisione Agip, pp. 130. Milano.

- CASSINIS G., 1968. Stratigrafia e tettonica dei terreni mesozoici compresi tra Brescia e Serle. Estratto da Atti dell'Istituto Geologico dell'Università di Pavia, 19. Pavia.
- CORBARI D., BINI A., 1999. Il raccordo fra versanti e pianura: l'esempio dell'area sebina. Tratto da "Le Pianure: conoscenza e salvaguardia – il contributo delle scienze della terra – Atti del Convegno". Regione Emilia Romagna, pp. 227-228. Bologna.
- DENTI E., LAUZI S., SALA P., SCESI L., 1988. Studio idrogeologico della pianura bresciana fra il Fiume Oglio e il Fiume Chiese. Milano.
- DESIO, 1929. Studi geologici sulla regione dell'Albenza (Prealpi Bergamasche). Mem. Soc. Ital. Sc. Nat., 10: 1-156. Milano.
- DESIO A., 1978. Geologia dell'Italia. Comitato Geologico d'Italia, 1081 pp.. Torino.
- FORCELLA F., JADOUL F., 2000. Carta Geologica della Provincia di Bergamo. Servizio Territorio della Provincia di Bergamo - Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano - Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR, 313 pp.. Bergamo.
- FRANCANI V., FORTI P., DENTI E., SALA P., AVANZINI M., TURRI E., 1991. Studio idrogeologico della parte meridionale delle Prealpi Bresciane. Atti del Convegno "Ricerca e protezione delle risorse idriche sotterranee delle aree montuose", A.S.M. BRESCIA e Fondazione Bresciana per la Ricerca Scientifica, pp. 217-256. Brescia.
- MADOI R., BRENNI S., CHIURLO E., 1999. Repertorio Basi Informative Ambientali. ERSAL e Regione Lombardia. Milano.
- PASQUARÈ G., 1965. Il Giurassico superiore nelle Prealpi lombarde. Riv. Ital. Paleont. Strat., mem. 11, 236 pp.. Milano.
- PENCK A.V., BRUCKNER E., 1909. Die Alpen im Eiszeitalter. 3: 772-789, Leipzig.
- SACCO F., 1894. L'apparato morenico del Lago d'Iseo. Ann. R. Acc. Agricolt., 37: 367-403. Torino.
- SCHIROLLI P., 1997. La successione liassica nell'Prealpi bresciane centro-occidentali (Alpi Meridionali, Italia): stratigrafia, evoluzione paleogeografico-strutturale ed eventi connessi al rifting. Atti Tic. Sc. Terra, 6, pp. 5-136, Museo Civico di Scienze Naturali, Brescia.
- VECCHIA O., 1954. I terreni glaciali pleistocenici dei dintorni del Lago d'Iseo (Lombardia). Atti Soc. Ital. Sc. Nat., 93, n. 1-2, pp. 235-362. Milano.
- VENZO S., 1954. Stratigrafia e tettonica del Flisch (Cretacico-Eocene) del Bergamasco e della Brianza orientale. Mem. Carta Geol. Italia, 31, 133 pp.. Roma.

Bibliografia parte terza

- Band, L.E., Extraction of channel networks and topographic parameters from digital elevation data, in Channel Network Hydrology, K. Beven and M. Kirkby editors, John Wiley & Sons, 1993.
- Gardner, T.W., Sosowsky, K.C. and Day, R.C., 1991. 'Automated extraction of geomorphic properties from digital elevation data', Z. Geomorphologic Suppl., 80, 57-68.
- Horton, R. E., Drainage basin characteristics, Eos Trans. AGU, 13, 350-361, 1932.
- Montgomery D.R., and W.E. Dietrich, Channel initiation and the problem of landscape scale, Science, 255, 826-830, 1992.
- Montgomery, D.R., and Foufoula-Georgiou, E., 1993. 'Channel network source representation using digital elevation models', Water Resources Research, 29, 3925-3934.
- Montgomery, D.R. and Dietrich, W.E., 1994. 'Landscape dissection and drainage area-slope thresholds', in: Kirkby, M. J. (Ed.), Processes, Models and Theoretical Geomorphology, Wiley, New York, 221-246.
- O'Callaghan, J.F. and Mark, D.M., 1984. 'The extraction of drainage networks from digital elevation data', Computer Vision Graphics Image Processing, 28, 323-344.
- Pilotti M., Rosso R., 1990. SHELL: a general framework for modelling the distributed response of a drainage basin, in: Computational Methods in Surface Hydrology, G.Gambolati, A.Rinaldo, C.Brebbia, W.C. Gray e G.F. Pinder (Eds.), pp.517-522, Springer-Verlag, Berlin.
- Pilotti M., Rosso R., Il Bacino Imbrifero e la sua Rete Idrografica: Genesi, Struttura ed Evoluzione dei Reticoli di Drenaggio, Corso di Aggiornamento Moderni Criteri per la Sistemazione degli Alvei Fluviali, Politecnico di Milano, 10-14 ottobre 1994.
- Pilotti, M., Gandolfi C., Bischetti G.B. Identification and Analysis of Natural Channel Networks from Digital Elevation Models, Earth Surface Processes and Landforms, 21, 1007-1020, 1996.
- Pilotti, M., Bacchi, B., Distributed Evaluation of the Contribution of Soil Erosion to the Sediment yield from a Watershed, Earth Surface Processes and Landforms, 22, 1239-1251, 1997.
- Pilotti M., Menduni G., Beginning of sediment transport of incoherent grains in shallow shear flows, Journal of Hydraulic Research, IAHR, 39, 115-124, 2001.

- Regione Lombardia, Eni Divisione Agip, Geologia degli acquiferi Padani della regione Lombardia, 2002.
- Tribe A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method, *Journal of Hydrology*, 139 (1992), 263-293.
- Zevenbergen, L.W. and Thorne, C.R., 1987. 'Quantitative analysis of land surface topography', *Earth Surface Processes Landforms*, 12, 47-56.

FIGURE

Figure parte prima

Figura 1 – I comuni analizzati (in rosso) in relazione ai confini provinciali e regionali (in nero sottile)



Figura 2 – Stralcio della tavola “Uso del suolo”, territorio della Alta Val Camonica

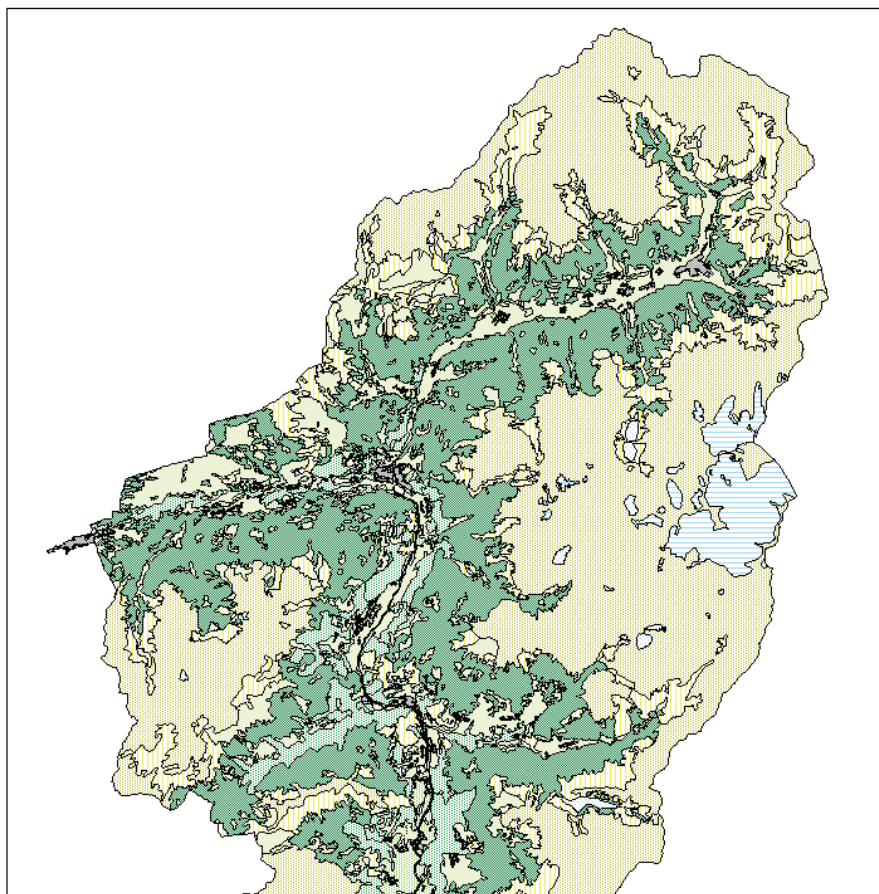


Figura 3 – Stralcio della tavola “Uso del suolo”, territorio della media Val Camonica e Lago d’Iseo

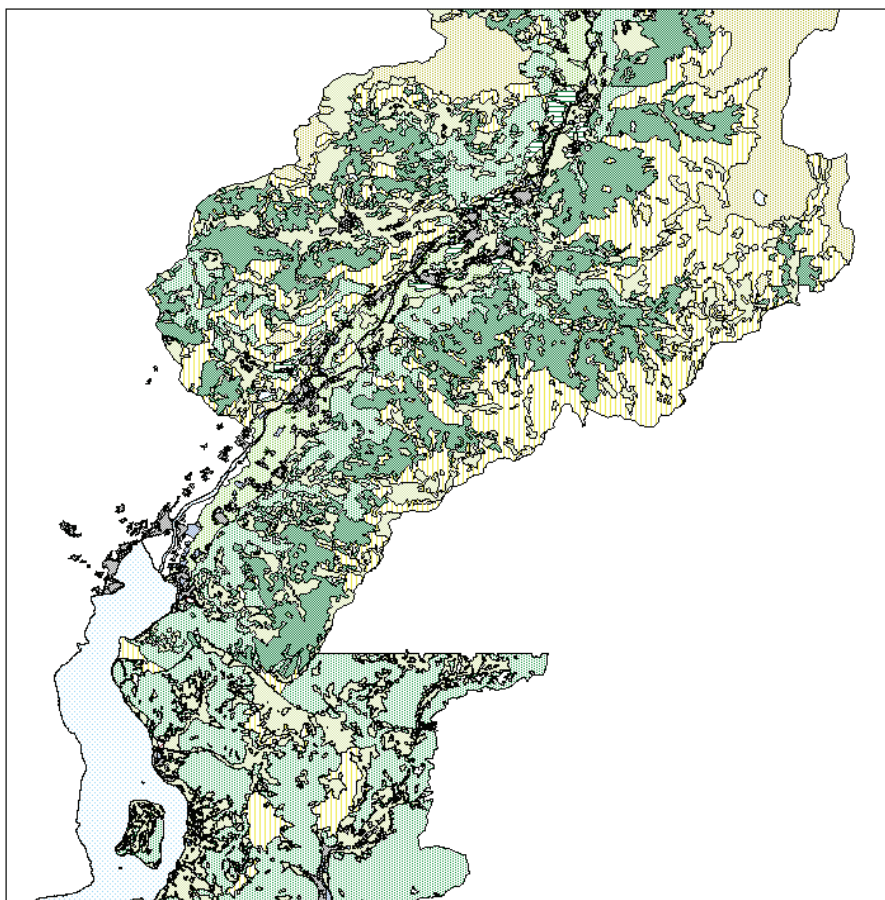


Figura 4 – Stralcio della tavola “Uso del suolo”, territorio del Lago d'Iseo e della Franciacorta

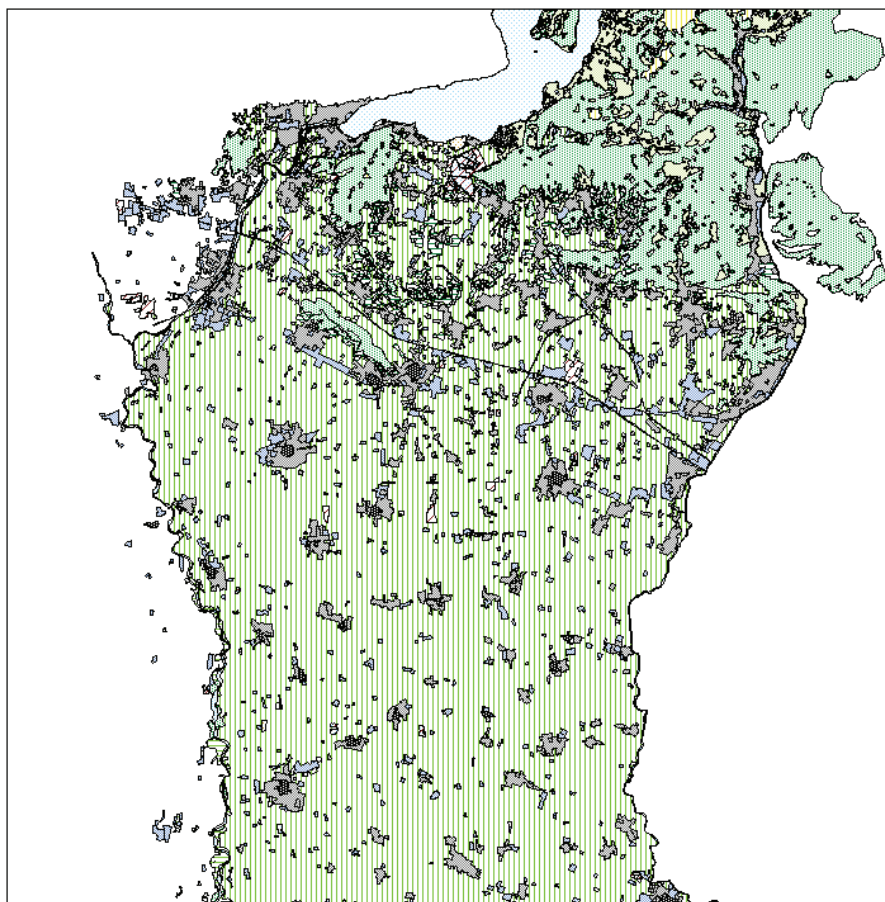


Figura 5 – Stralcio della tavola “Uso del suolo”, territorio della Pianura

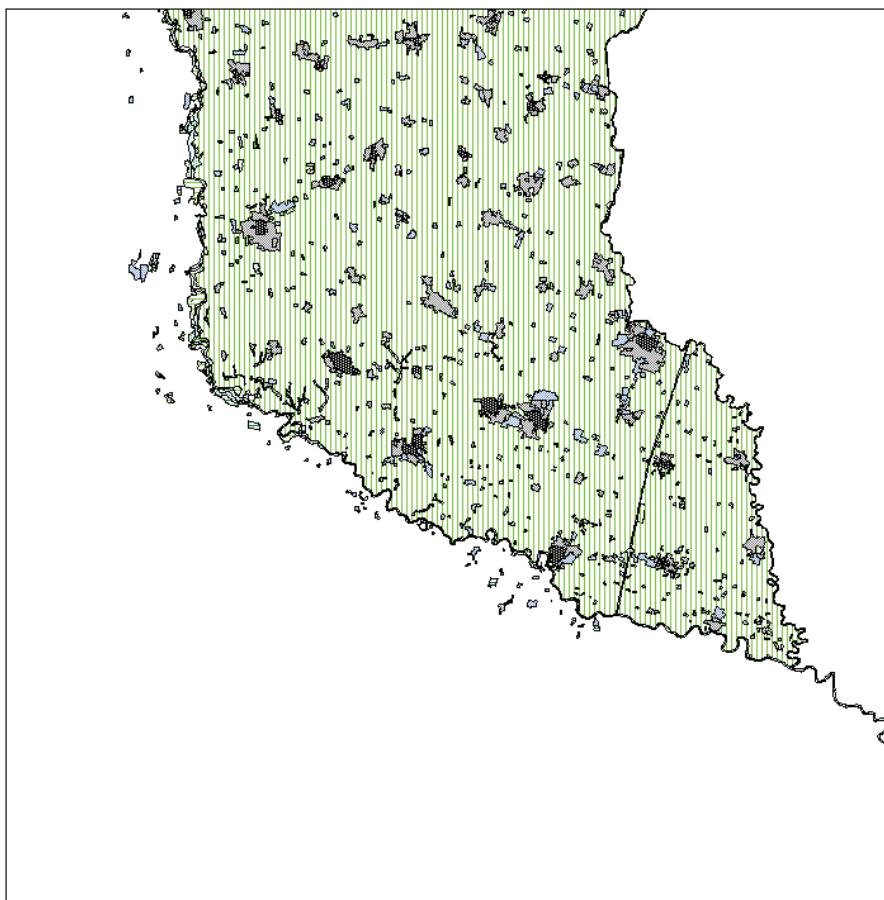


Figura 6 – Legenda adottata nelle tavole di uso del suolo per il territorio del Bacino del Fiume Oglio

LEGENDA

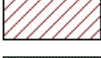
	tessuto urbano continuo
	tessuto urbano discontinuo
	nuclei aziendali agricoli
	aree industriali e commerciali
	aree estrattive
	bosco di conifere
	bosco di latifoglie
	vigneto
	pioppeto
	vegetazione rada
	prati stabili
	seminativo non irriguo
	seminativo irriguo
	incolto
	palude
	ghiacciaio
	area idrica

Figura 7 - *Polarità e poli di sviluppo regionale – PTR*

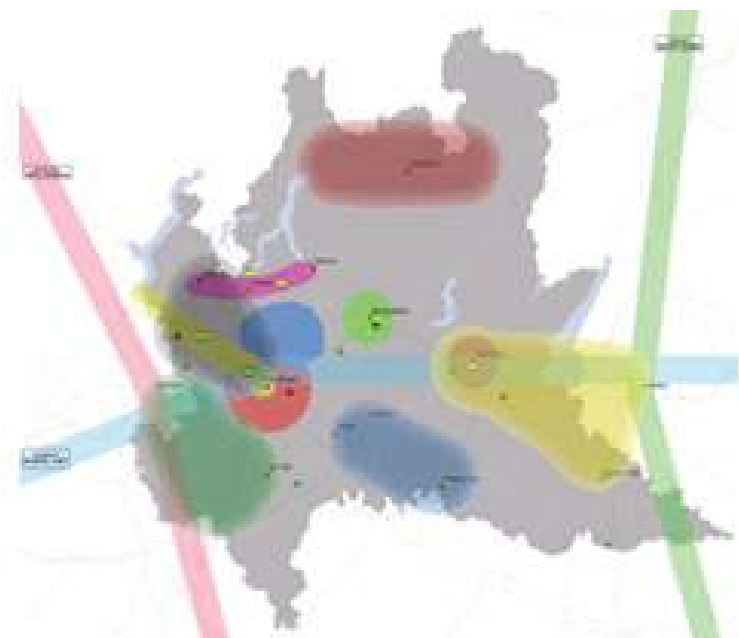


Figure parte seconda

Figura 1 - *Delimitazione dell'area alla quale si riferisce questa parte dello studio*

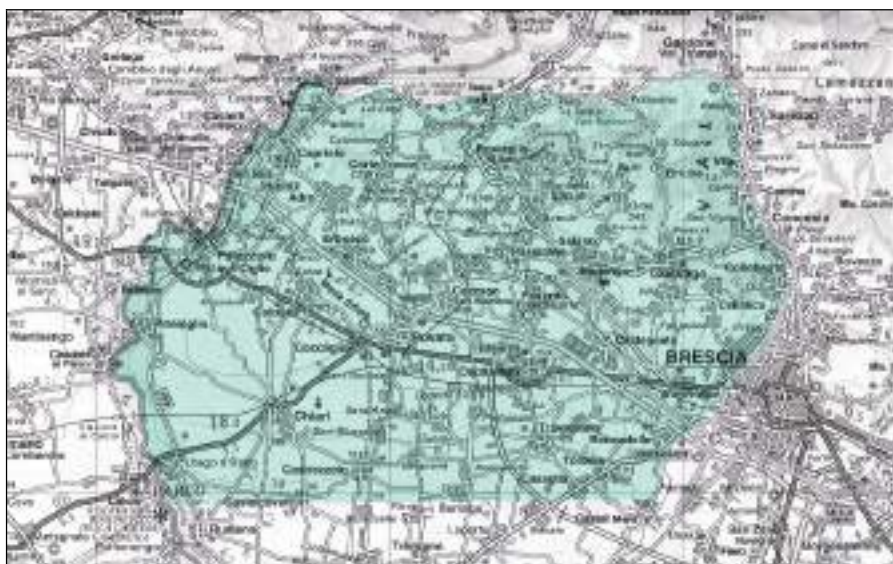


Figura 2 - Depositi morenici lungo la provinciale che collega Iseo a Polaveno



Figura 3 - Affioramento di conglomerato nei pressi di Cremignane



Figura 4 - Affioramento di “Sass de la Luna” nei pressi della sinclinale di Polavento



Figura 5 - Affioramento di “Calcare di Domaro”
nei pressi di Provaglio d’Iseo



Figura 6 - Schema tettonico delle Prealpi Bresciane ad est dell'anfiteatro Sebino

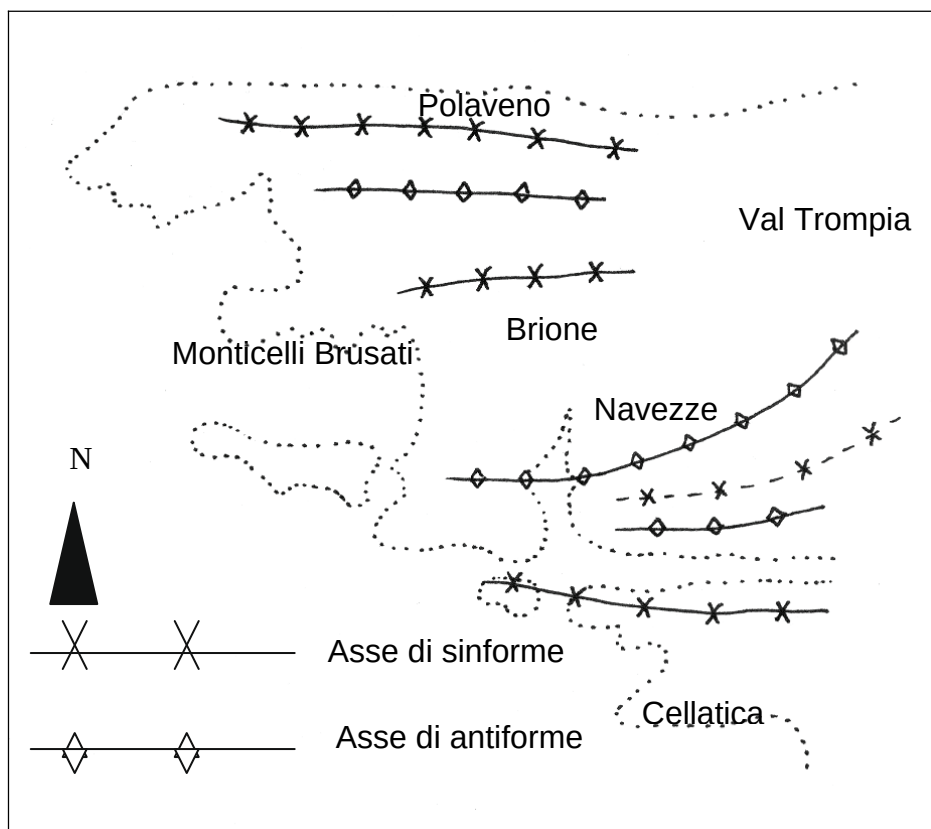


Figura 7 - Affioramento del “Conglomerato di M. Orfano” presso
il Colle della Badia



Figura 8 - L'abitato di Villa di Erbusco, adagiato ai piedi delle cerchie
moreniche più elevate



Figura 9 - Affioramento di "Maiolica" presso Brione (si nota una fratturazione più intensa nelle aree di maggiore deformazione dell'unità)



Figura 10 - Discarica di inerti a Capriolo

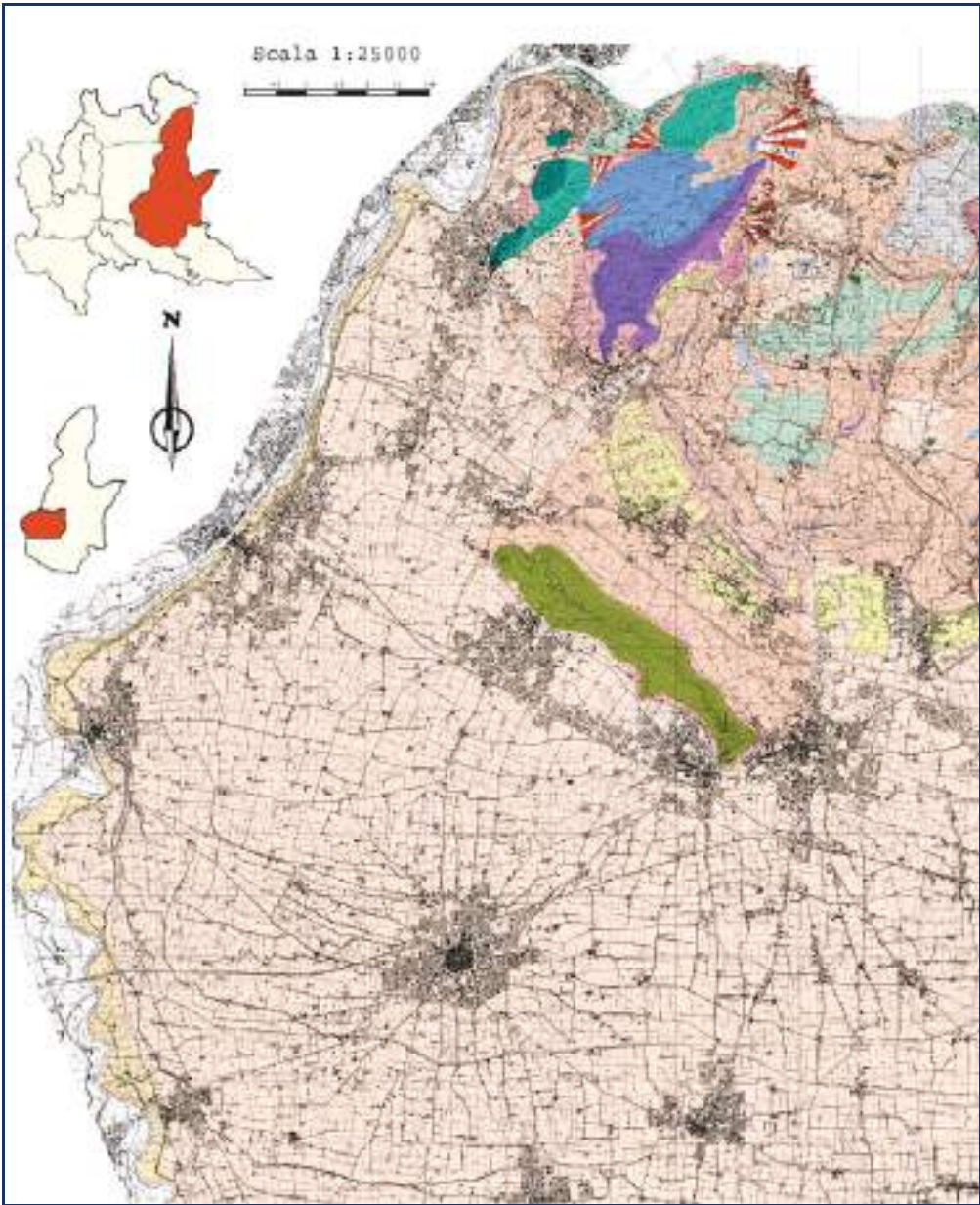


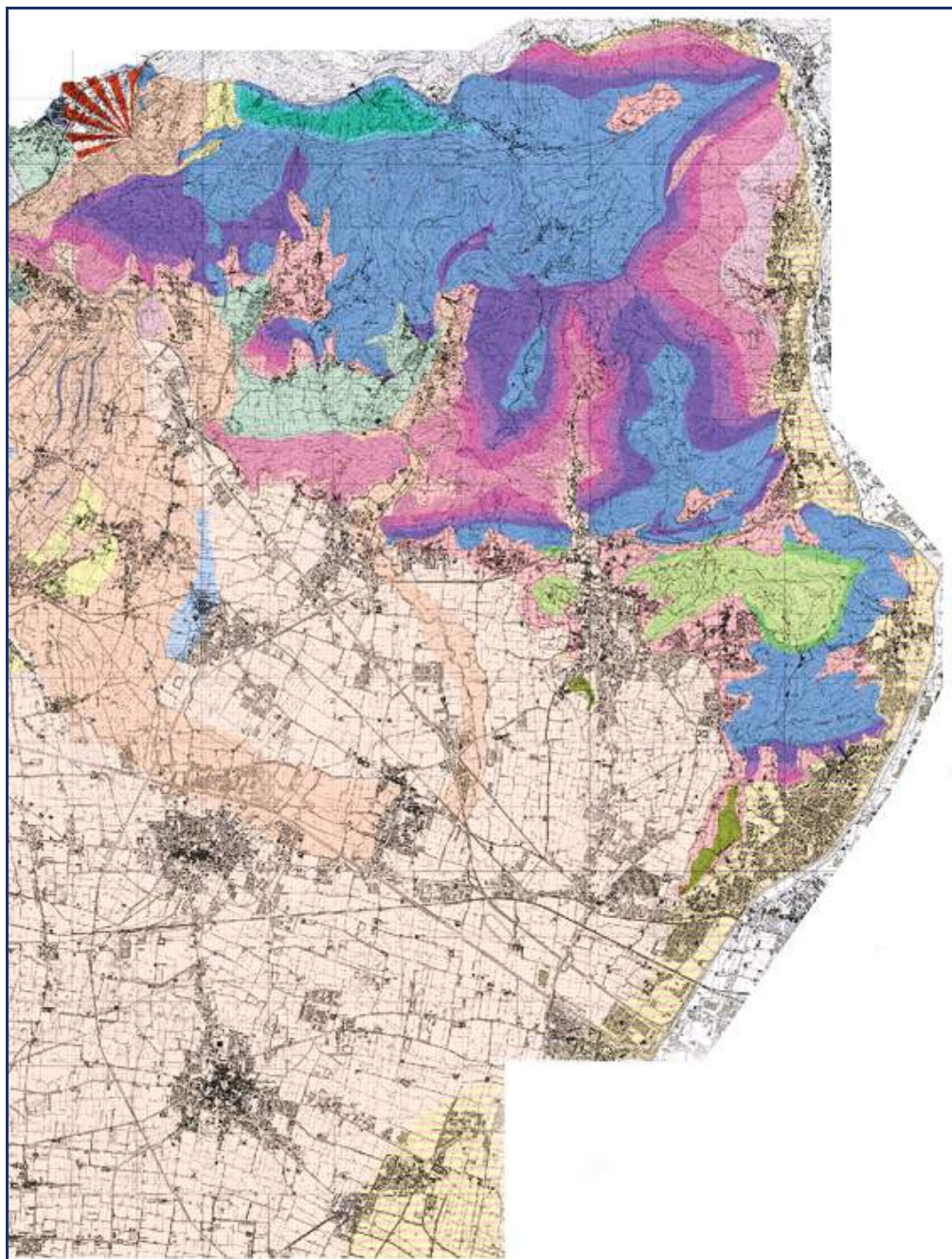
Figura 11 - *Campo da golf fra Nigoline e Borgonato, realizzato in un ex cava di argilla*



Elaborati relazione geologica

Carta geologica della Franciacorta





Quaternario



Ciottoli e blocchi prevalentemente spigolosi a supporto sia elastico che di matrice; la matrice va da sabbiosa ad argillosa, con argilla che può superare il 35%. **Depositi di versante.**



Ghiaie più o meno gradate con sabbia che può superare il 15%, mentre la percentuale di particelle fini non supera il 5%; la composizione del terreno è ricca di carbonato di calcio. **Depositi fluvioglaciali.**



Ghiaie ben gradate con sabbia, limo e argilla associate a ghiaie limoso-argillose con particelle fini superiori al 5%; mediamente sono calcaree o molto calcaree. **Depositi morenici e fluvioglaciali.**



Alternanze di ghiaie anche ben selezionate, ciottoli prevalentemente arrotondati, sabbie che presentano strutture sedimentarie dovute all'azione della corrente. **Depositi alluvionali.**



Sabbie limose con ghiaia che supera il 15%; si tratta di depositi fortemente calcarei. **Depositi di origine glaciale.**



Limi sabbiosi e limi con sabbia: in entrambi i casi la percentuale di argilla è inferiore al 35%. **Depositi lacustri.**



Argille e argille sabbiose: la percentuale di argilla supera il 35%. **Depositi lacustri.**



Depositi torbosi formati da cuscinetti erbosi tipici delle zone umide.

Substrato roccioso



CONGLOMERATO GROSSOLANO con striature glaciali, con ciottoli di natura poligenica, di età imprecisata.



CONGLOMERATO DI M. ORFANO, conglomerato con ciottoli prevalentemente calcarei abbastanza arrotondati, presenza di intercalazioni marnoso-arenacee. Miocene inferiore-medio.



SCAGLIA LOMBARDA: a) marne policrome poco compatte, con intervalli di scisti argillosi neri alla base della formazione: **"Scaglia Variegata"**. b) Calcari marnosi e marne calcaree rosa salmone, con livelli di arenaria verdastra: **"Scaglia Rossa"**. Barremiano superiore-Senoniano.



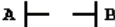
ARENARIA DI SARNICO: arenarie medio-fini grigio verdastre, in banchi o in strati di spessore metrico, possibili livelli di marne argillose. Turoniano superiore-Santoniano.



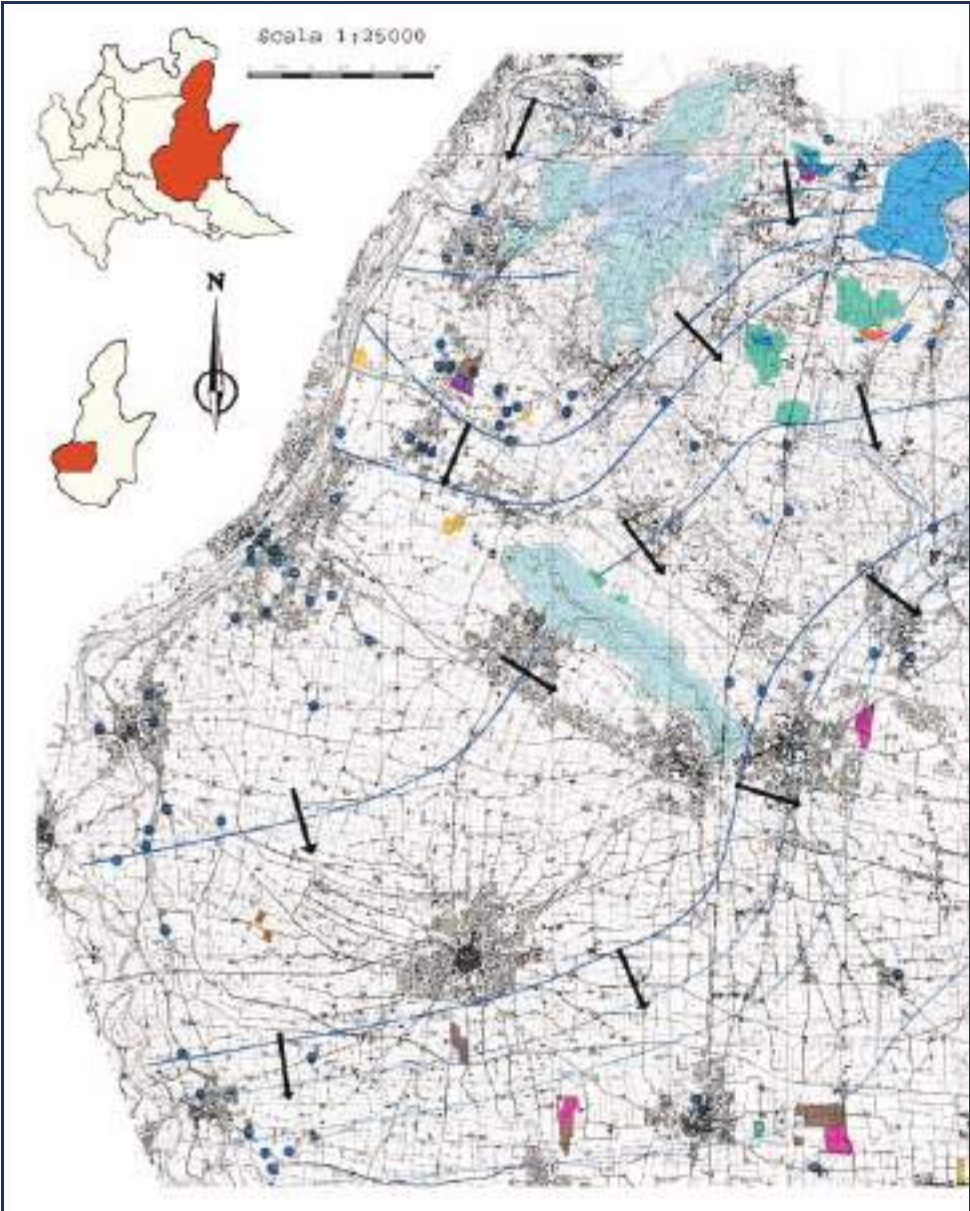
SASS DE LA LUNA: calcari marnosi cinerei alternati a marne grigio-chiare; nella parte sommitale scompaiono i livelli marnoso-argillosi. Albiano-Turoniano inferiore.

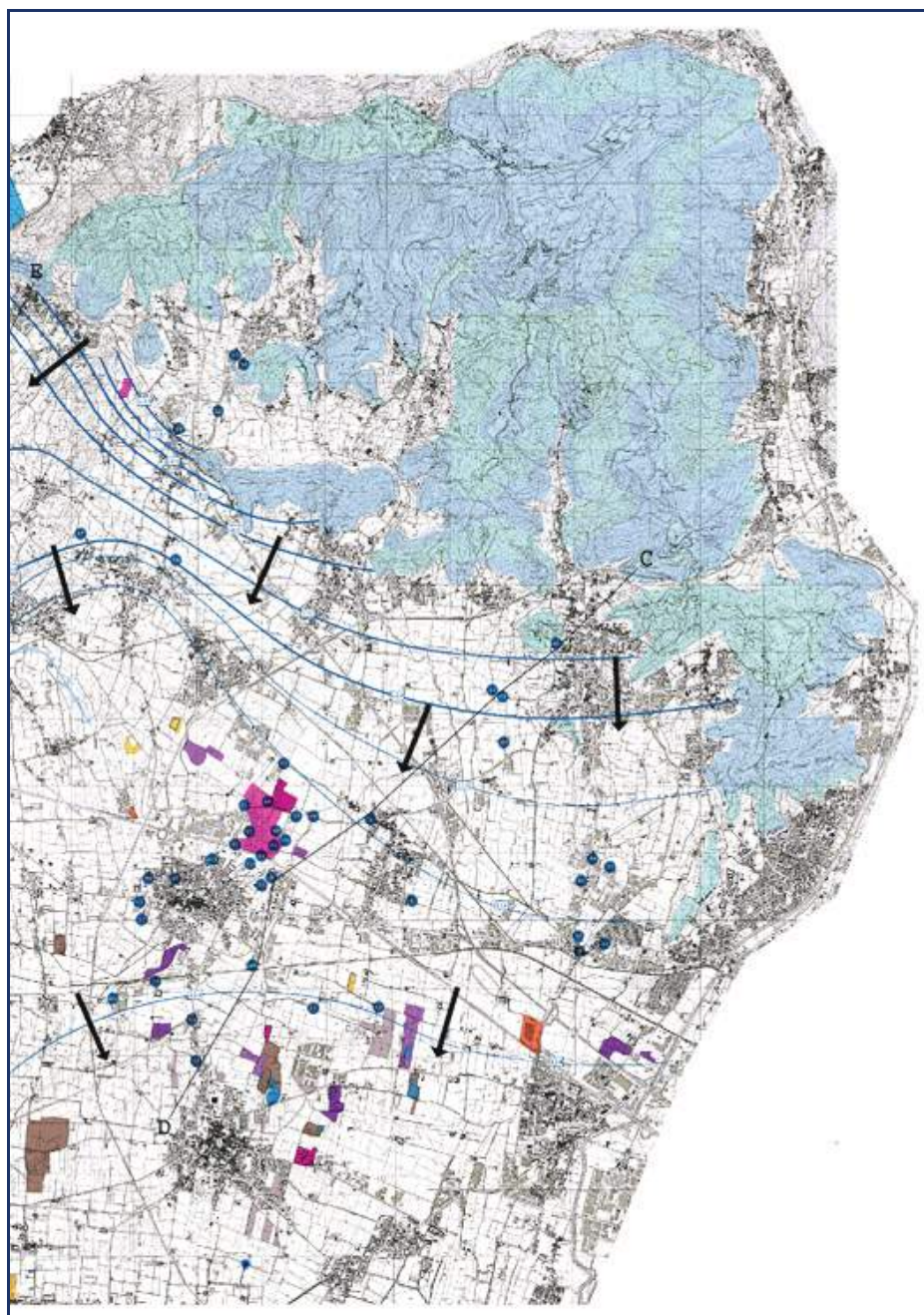
-  **MARNA DI BRUNTING:** marne scistose molto friabili e argilliti varicolori. Barremiano superiore-Albiano inferiore.
-  **MAIOLICA:** calcari bianco avorio a grana fine con liste e noduli di selce bionda; calcari marnosi sottilmente stratificati con livelli di selce scura. Titoniano superiore-Barremiano inferiore.
-  **SELCIFERO LOMBARDO:** selci varicolori ben stratificate con intervalli calcareo-marnosi e argilliti: "Radiolariti". Calcari marnosi e marne calcaree con liste e noduli di selce, di colore rosso: "Rosso ad Aptici". Calloviano superiore-Titoniano inferiore.
-  **FORMAZIONE DI CONGESIO:** a) calcareniti e calciruditi di colore nocciola, con liste di selce scura e livelli di marna grigio-verde: "**Calcari Nocciola**". b) Calcari marnosi grigi, con lenti selcifere e letti marnosi: "**Calcari Medoloidi**". Toarciano-Calloviano inferiore.
-  **MEDOLO:** a) calcari più o meno marnosi da chiari a scuri con letti di selce scura e livelli marnosi grigio-verdi: "**Calcare di Gardone Val Trompia**". b) Calcari marnosi grigi con liste di selce bruna e intercalazioni marnose: "**Calcare del M. Domaro**". Lotaringiano-Domeriano.
-  **CORNA:** calcari compatti in grossi banchi, da chiari a bruni, con impregnazioni di selce nella parte sommitale. Retico superiore-Pliensbachiano.

Segni convenzionali

-  Cordon morenici
-  0°-10°
-  10°-45°
-  45°-80°
-  Cono di detrito
-  Limiti di sezione geologica
- Scala delle sezioni geologiche  300 m

Carta idrogeologica della Franciacorta





LEGENDA

Produttori reali o potenziali di inquinamento

	Cave di sabbia e ghiaia
	Discariche di rifiuti solidi urbani e assimilabili
	Discariche di inerti
	Discariche di rifiuti speciali non pericolosi
	Discariche miste
	Aree estrattive bonificate
	Aree di spandimento fanghi
	Siti contaminati di prima classe
	Siti contaminati di seconda classe
	Impianti di bonifica

Principali elementi soggetti a inquinamento

	Bacini d'acqua
	Torbiere
	Fontanili estinti
	Pozzi con dati piezometrici aggiornati all'ottobre 1999 (con relativa numerazione)
	Pozzi con dati piezometrici antecedenti l'ottobre 1999 (con relativa numerazione)
	Pozzi senza dati piezometrici (con relativa numerazione)

Unità idrogeologiche del substrato

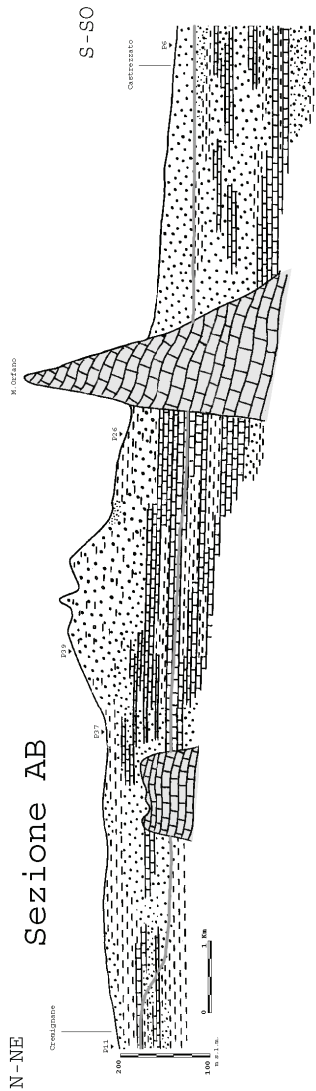
-  Formazioni rocciose con valori di trasmissività bassi
-  Formazioni rocciose con valori di trasmissività medi e medio-alti

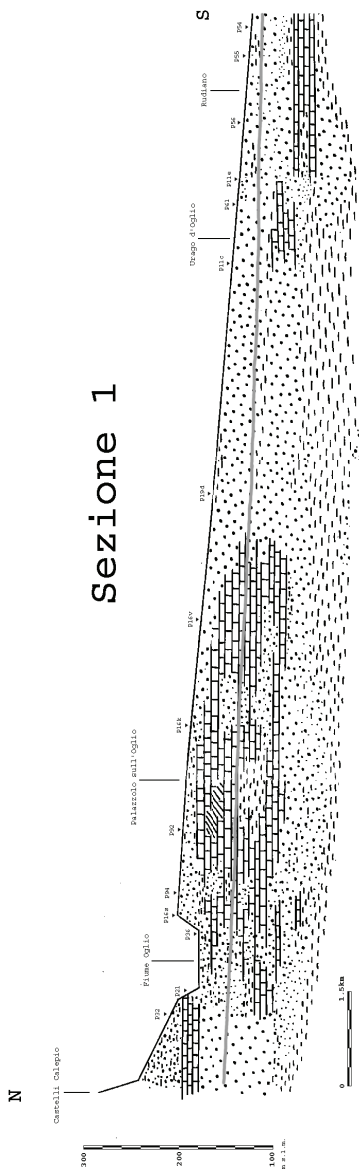
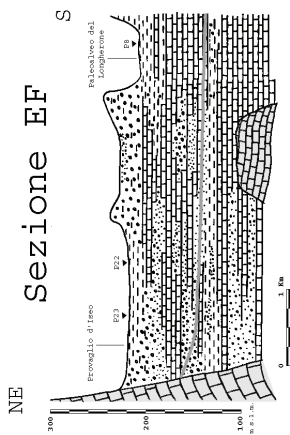
Geometria dei corpi idrici sotterranei

-  Isopiezometrica media con quota (m s.l.m.)
-  Isopiezometrica intermedia con quota (m s.l.m.)
-  Direzione di deflusso delle acque sotterranee
-  Traccia di antichi scaricatori fluvioglaciali
- A**  **B** Traccia di sezione idrogeologica

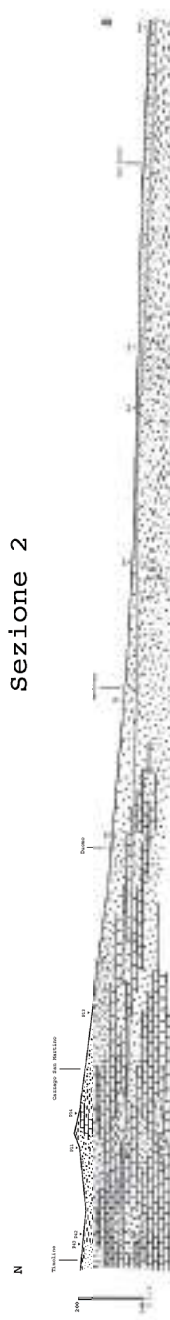
NOTA: data la mancanza di spazio, le sezioni idrogeologiche sono riportate nell'allegato ad esse dedicato.

Sezioni idrogeologiche





Sezione 2



LEGENDA

- Ghiaie e ciottoli
- Sabbie
- Argille e limi
- Conglomerato
- Arenarie
- Substrato roccioso
- p22 Ubicazione dei pozzi
- Livello piezometrico

Figure parte terza

Figura 1 - Rappresentazione a fasce cromatiche del modello di elevazione del terreno a passo 250 m utilizzato per la individuazione del reticolo idrografico superficiale della parte prelacuale del bacino del F. Oglio

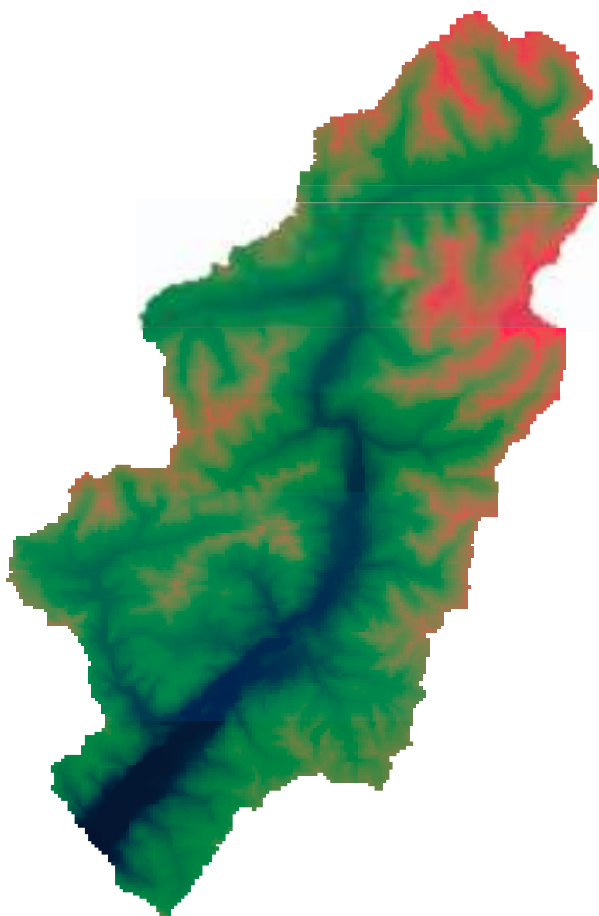


Figura 2 - Reticolo coprente per il bacino idrografico del fiume Scrivia



Il modello di elevazione di partenza di questo bacino appenninico, caratterizzato da un passo di campionamento di circa 250 m su maglia quadrata, è caratterizzato dalla presenza di 54 pits e 135 celle a gradiente topografico nullo, conseguenza del sottocampionamento imposto alla superficie originaria.

Figura 3 - *Differenti reticoli canalizzati ottenuti a partire dal reticolo coprente del bacino dello Scrivia*



Fig. 3a



Fig.3b



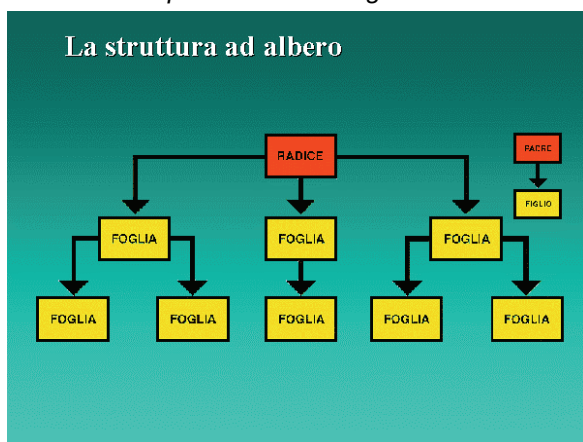
Fig. 3c



Fig. 3d

Le figure 3a e 3b corrispondono al reticolo estratto mediante applicazione di un criterio di area contribuyente fissa (rispettivamente, 0.1 Km² e 0.4 Km²). I reticoli di drenaggio riportati in figura 3c e 3d sono invece stati ottenuti facendo variare l'area contribuyente di soglia sulla base della pendenza locale, e avendo assunto un valore della costante C rispettivamente pari a 0.015 Km² e 0.1 Km², con esponente α pari a 2. Come è dato notare, adottando questo secondo algoritmo la densità di drenaggio non risulta distribuita uniformemente sulla superficie del bacino.

Figura 4 - Esempio di struttura gerarchica ad albero



Il reticolo di drenaggio di un bacino può assimilarsi, dal punto di vista topologico, a questo tipo di struttura, considerata nella sua versione non binaria, ove cioè un padre può avere più di due figli. In questa rappresentazione la sezione di chiusura è assimilata alla radice dell'albero e le foglie di estremità sono i rami del primo ordine ove ha origine il reticolo.

Figura 5 - *Reticolo idrografico superficiale coprente della parte prelacuale del bacino del F. Oglio*

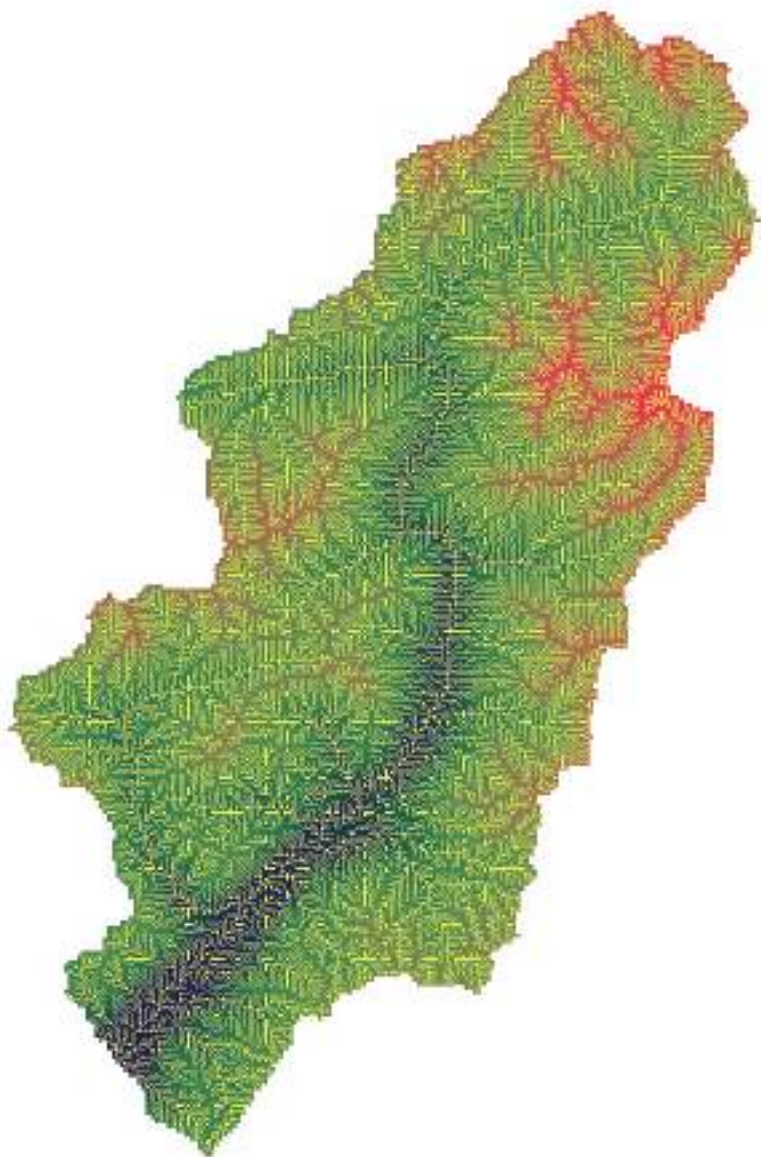


Figura 6 - *Reticolo idrografico superficiale permanente della parte prelacuale del bacino del F. Oglio*

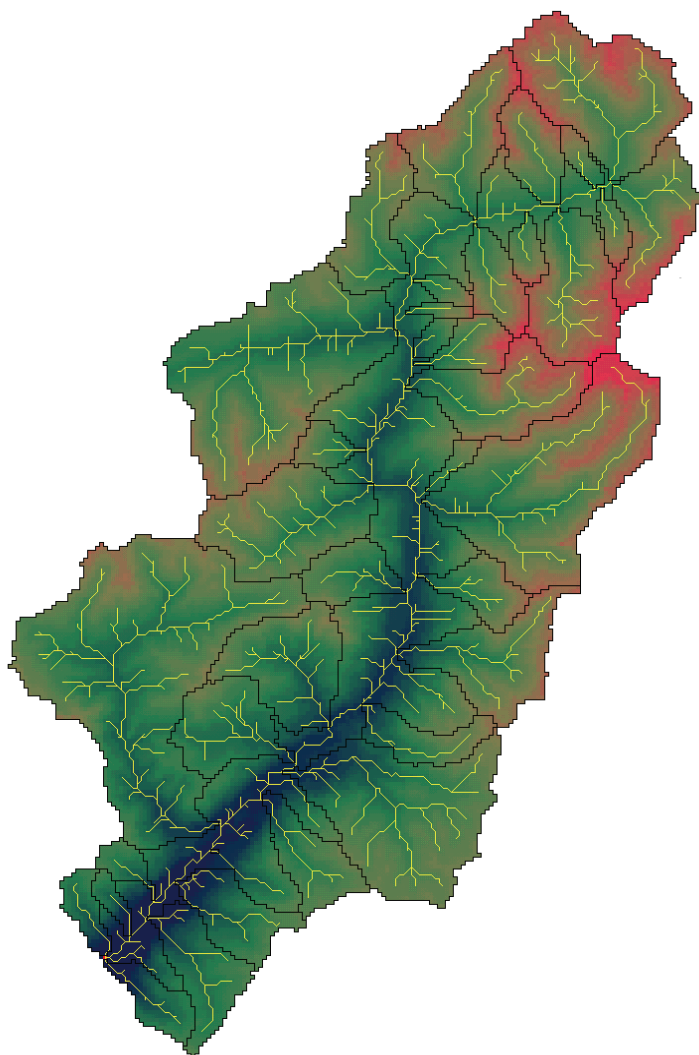


Figura 7 - *Suddivisione del bacino del F. Oglio prelacuale in sottobacini e numerazione adottata per gli stessi in Appendice 2*



Figura 8 - Reticolo di drenaggio estratto dal modello di elevazione del terreno del comprensorio tra F. Oglio e F. Mella, filtrato ad area di soglia costante

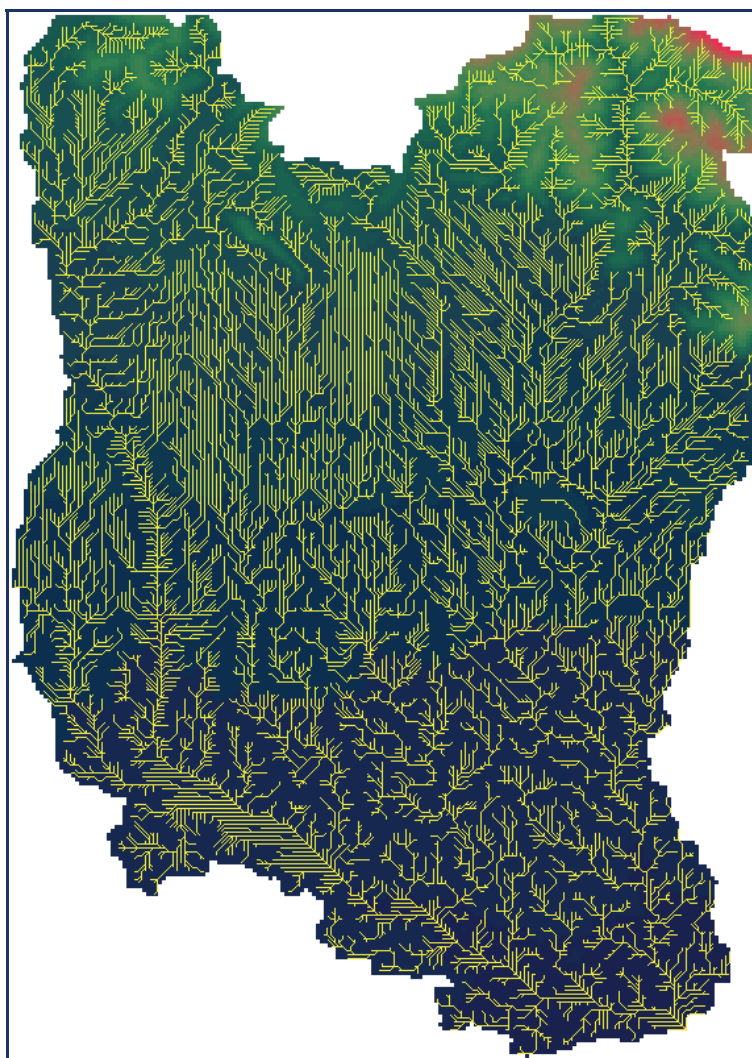
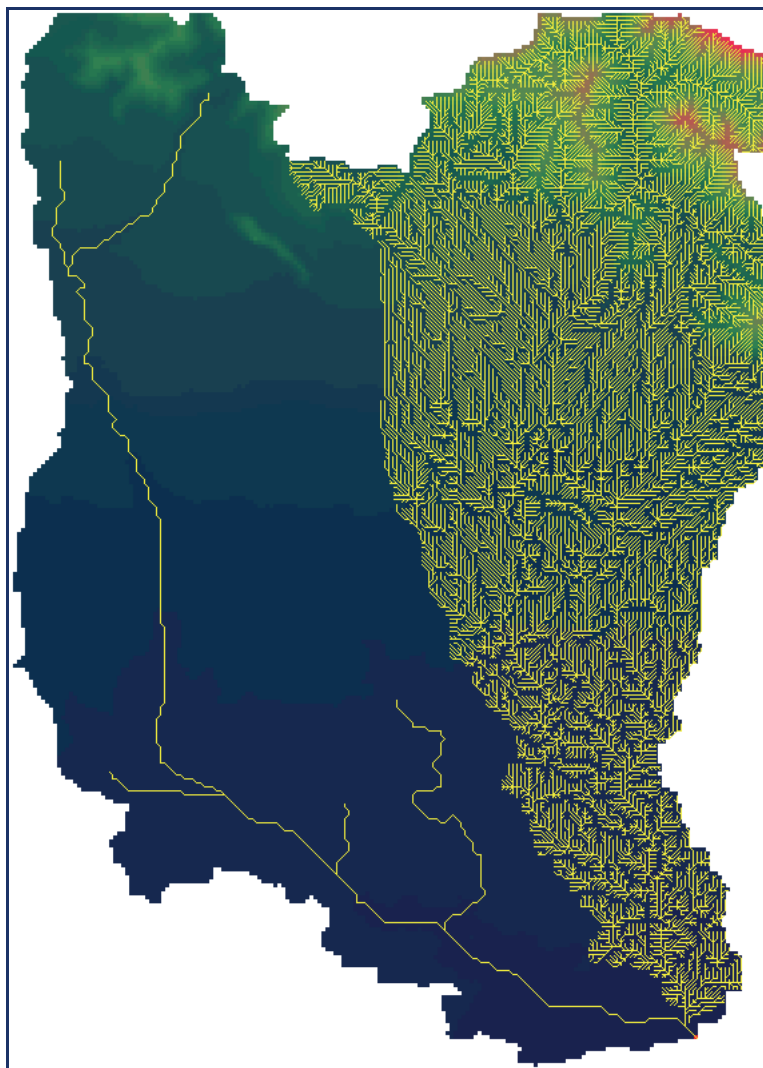
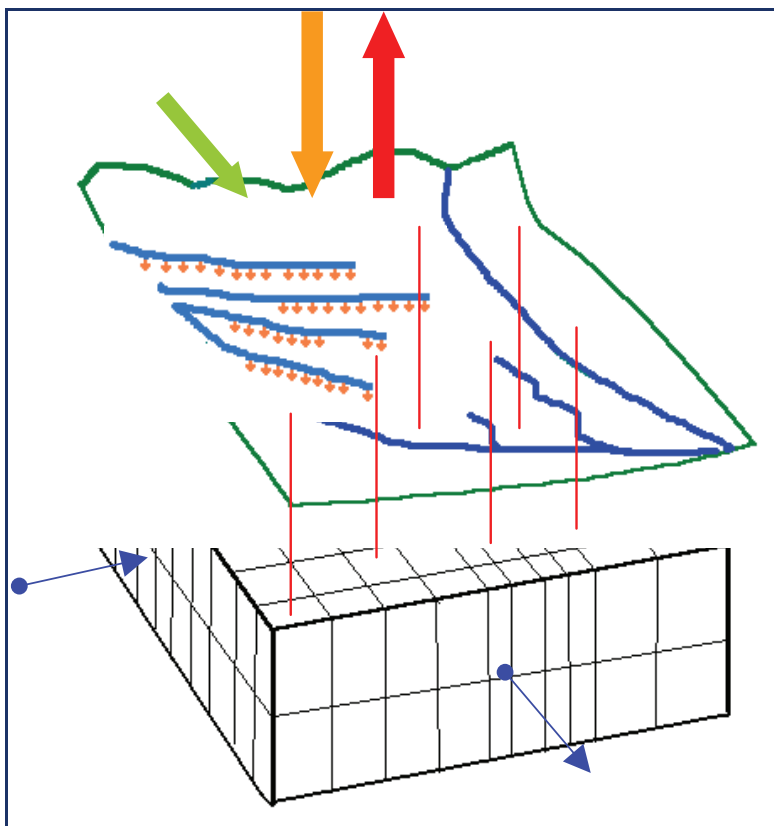


Figura 9 – *Parte del reticolo di drenaggio coprente relativo al bacino del F. Mella.*



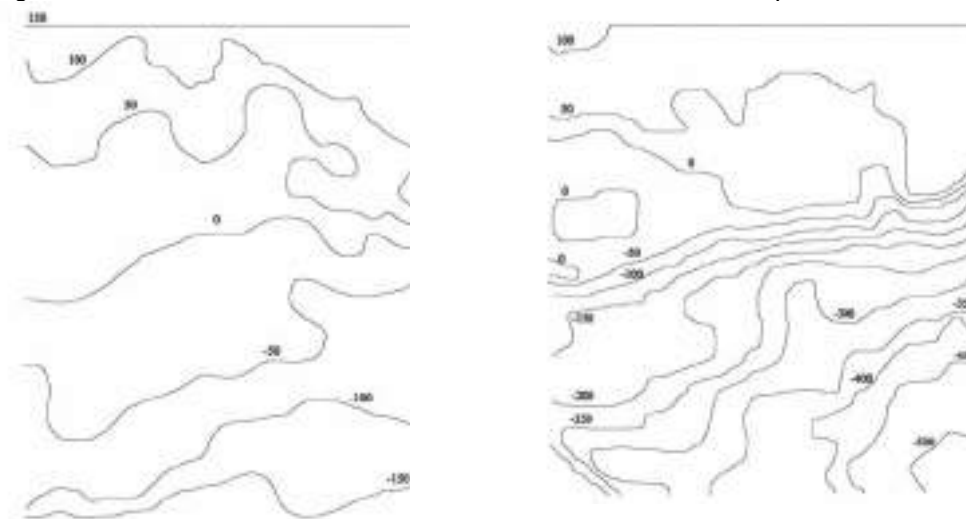
Per complemento, la porzione scura, nella quale sono visualizzati i soli assi drenanti principali (Cherio, Oglio, Strone e Saverona) individua il bacino idrografico superficiale del F. Oglio nella zona in esame.

Figura 10 - *Rappresentazione sintetica dei termini del bilancio idrologico*



Rappresentazione schematica degli ingressi e delle uscite del sistema acquifero. (freccia arancione: apporto meteorico; freccia rossa: evapotraspirazione comprensiva dei prelievi ad uso agricolo; freccia verde: apporti dai bacini idrografici contigui; linee rosse: prelievi dai pozzi ad uso idropotabile ed industriale; linee blue: interscambio con il reticolo permanente fluviale; linee azzurre con frecce arancioni: ingresso distribuito dal reticolo di canali; frecce blue: interscambio con gli acquiferi circostanti.

Figura 11 - Andamento delle isobate nella zona in studio acquifero A e B



Le superfici ottenute sono state dunque convertite in file di input per il modello Modflow, in termini di quota inferiore dello strato A (bottom elevation - layer 1) e di quota inferiore dello strato B (bottom elevation - layer 2). Attraverso tali strati è stato possibile, nella realizzazione del modello che rappresenta il complesso acquifero in studio (una cui sezione est-ovest e nord-est è illustrata in Figura 12), fornire una rappresentazione geometrica dell'acquifero e degli strati da cui esso è costituito.

Figura 12- Sezione longitudinale e trasversale del modello geometrico a seguito dell'inserimento delle quote stratigrafiche: caratterizzazione geometrica dell'acquifero

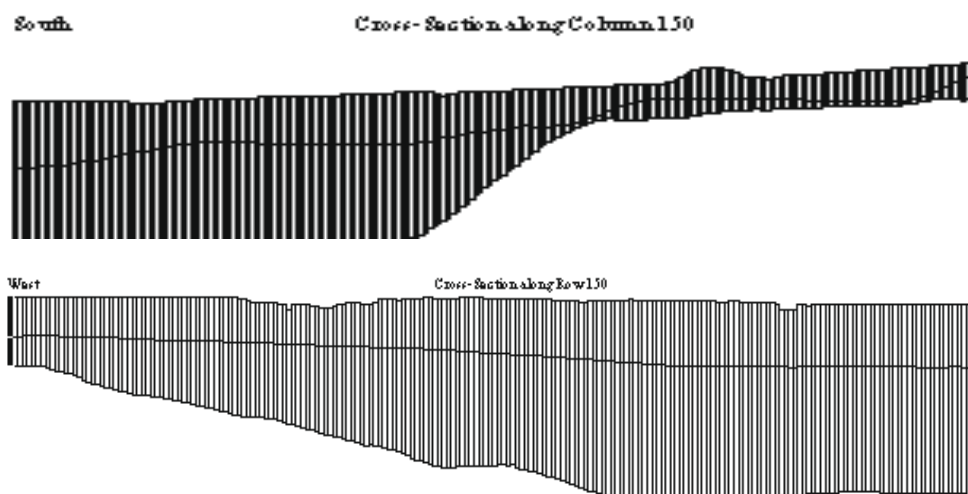


Figura 13 - Andamento delle isopache nella zona in studio acquifero A e B

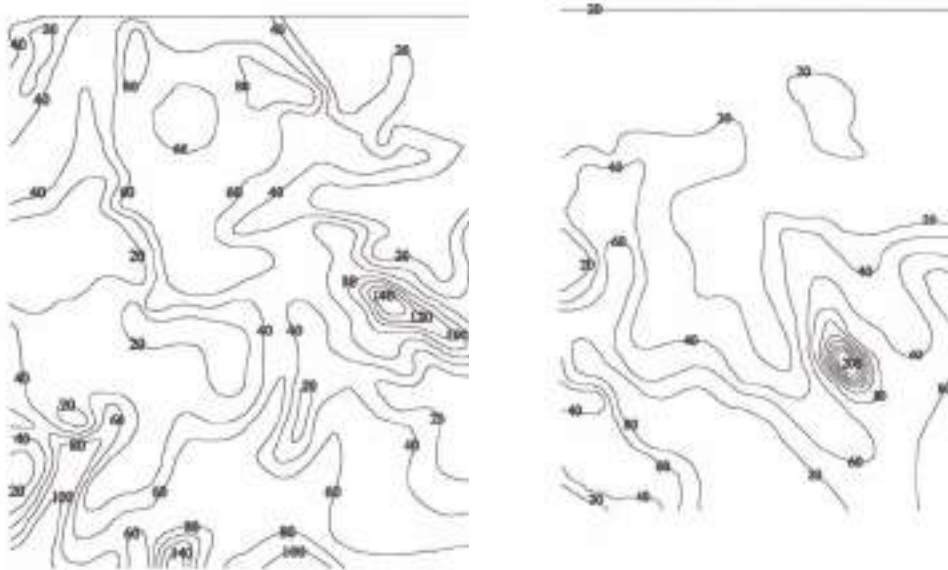


Figura 14 - Mappa di permeabilità dell'acquifero A e B

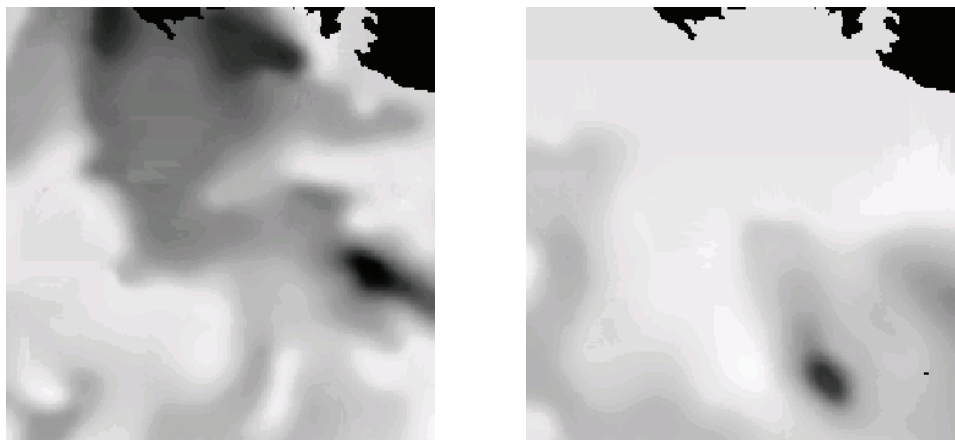


Figura 15 – *Termini complessivi di ingresso ed uscita dal sistema in assenza del contributo dei canali irrigui*

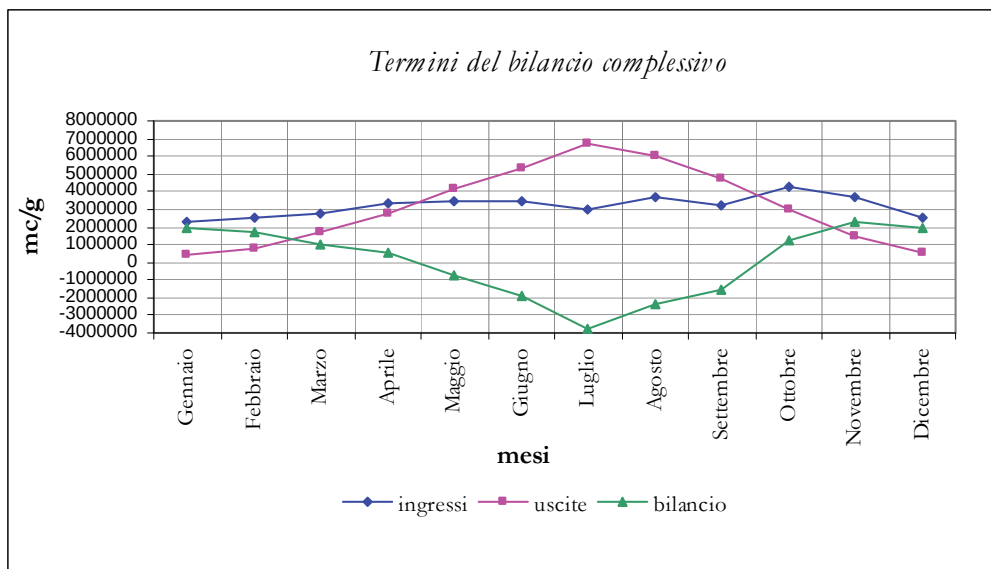


Figura 16 – *Surplus idrico mensile dovuto al bilancio netto tra piogge ed evapotraspirazione*

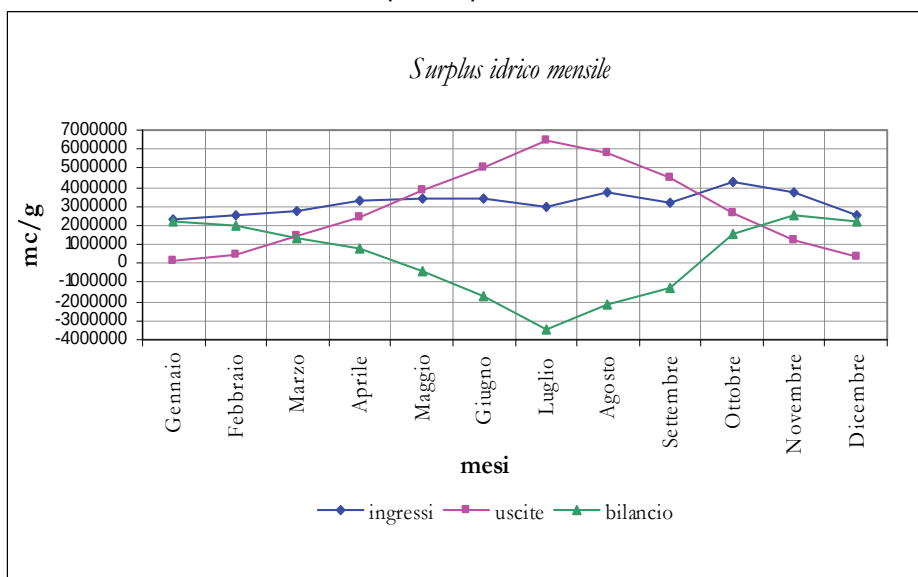


Figura 17 - Variabilità stagionale all'interno del pozzo Berlingo, in comune di Travagliato

Ex pozzo comunale di Berlingo

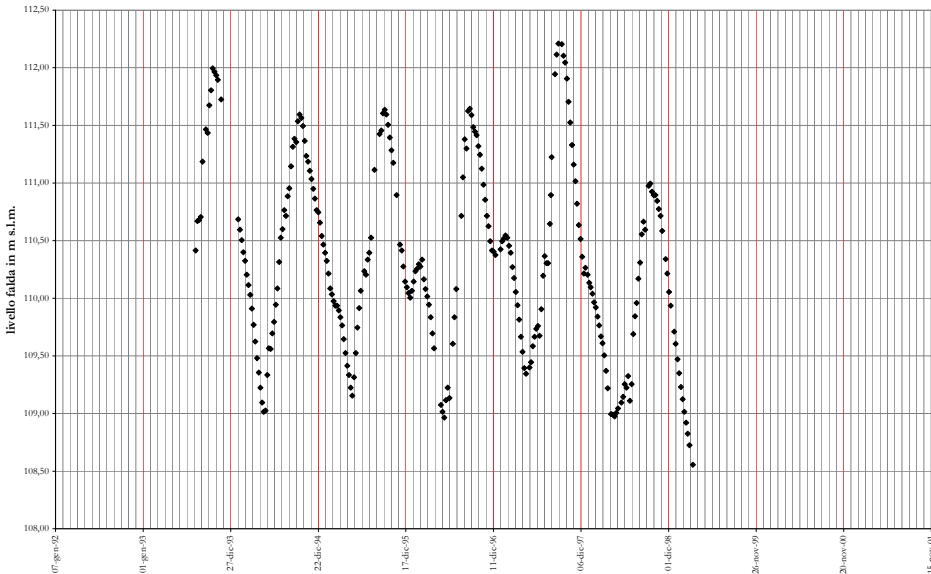
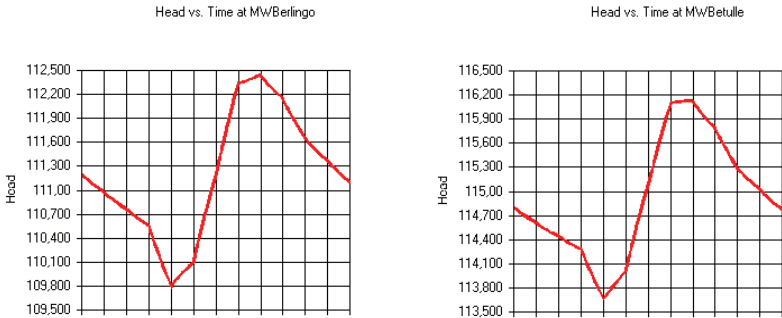
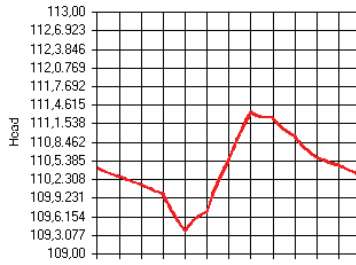


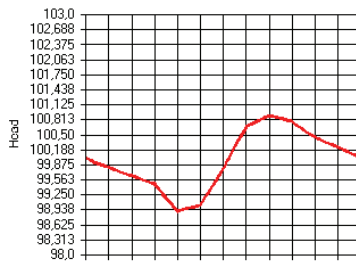
Figura 18 - Andamento stagionale della piezometria ai pozzi monitoranti inseriti nel modello. I pozzi procedono da nord verso sud.



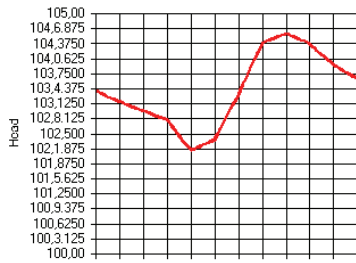
Head vs. Time at MWBissa



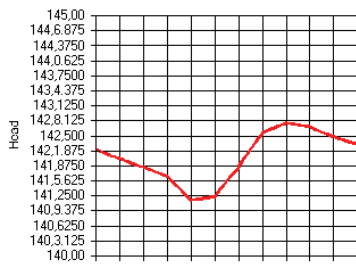
Head vs. Time at MWBuschi



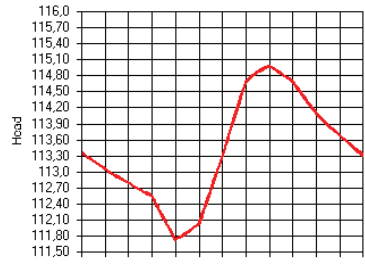
Head vs. Time at MWCrivello



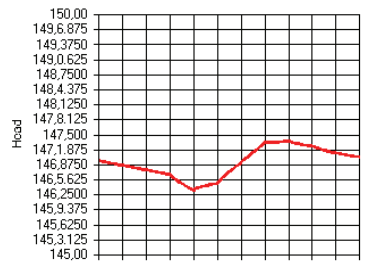
Head vs. Time at MWFormat



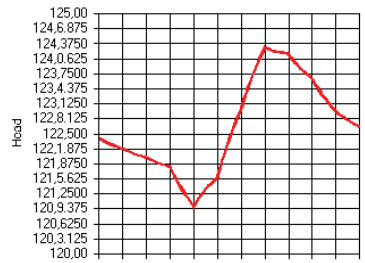
Head vs. Time at MWBriva



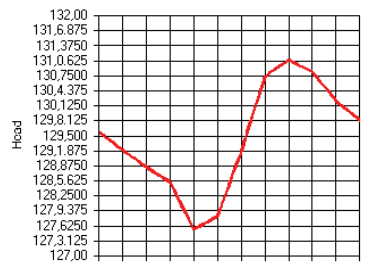
Head vs. Time at MWCo_stamp



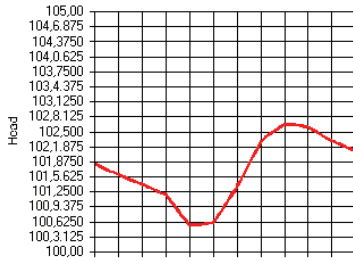
Head vs. Time at MWDur_press



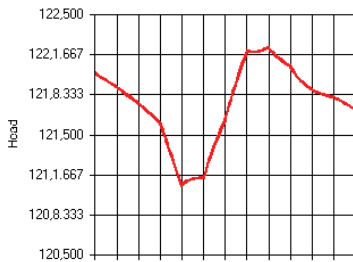
Head vs. Time at MWLorini



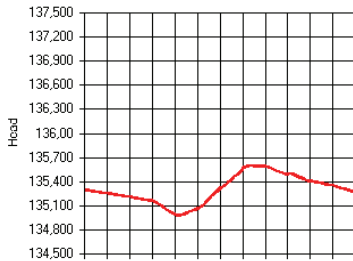
Head vs. Time at Mw/Pulech



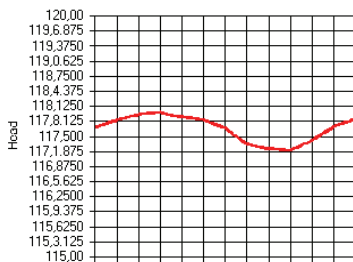
Head vs. Time at Mw/Vallosa



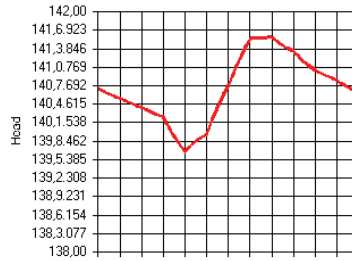
Head vs. Time at Mw/Vitali



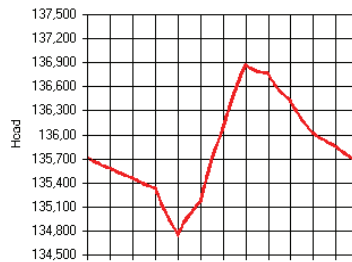
Head vs. Time at Mw/Ferriera



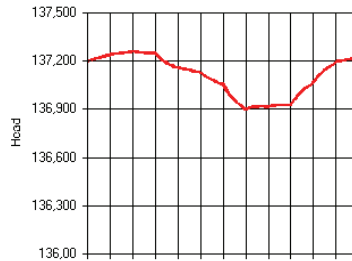
Head vs. Time at Mw/Valena



Head vs. Time at Mw/Vanzago



Head vs. Time at Mw/Cividate



Head vs. Time at Mw/Vanzago

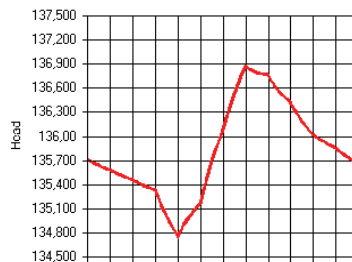


Figura 19 - Piezometria per lo strato superiore e inferiore, dopo la modulazione dei valori locali di permeabilità

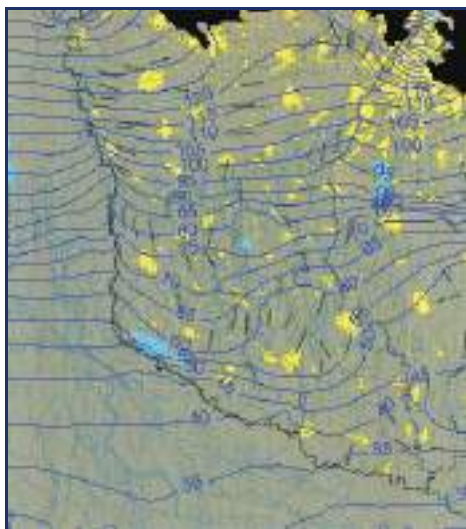
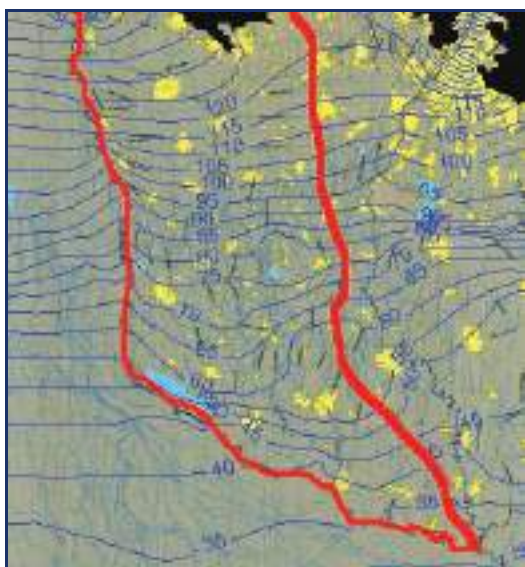


Figura 20 - Delimitazione dello spartiacque profondo, relativo allo strato superficiale, per il bacino dell'Oglio a valle di Sarnico, in sinistra idrografica



APPENDICE 1

Si riporta di seguito l'elenco dei parametri geomorfologici calcolati per ciascun sottobacino in cui è stato disaggregato il Bacino dell'oglio prelacuale.

Parametro geomorfologico calcolato	Definizione
area del bacino A [km ²]	
lunghezza del perimetro del bacino, P, [km]	
altezza media [m.s.l.m.], H _m	
altezza massima [m.s.l.m.], H _M	
altezza minima [m.s.l.m.], H ₀	
relief totale (rilievo del bacino) [m]	elevazione del punto più alto nel bacino rispetto alla quota della sezione di chiusura
relief ratio (rapporto di rilievo) [m/km]	elevazione del punto più alto nel bacino rispetto alla quota della sezione di chiusura, diviso per la massima distanza lungo il reticolo coprente del bacino
pendenza media [m/m]	
pendenza massima [m/m]	
pendenza minima [m/m]	
pendenza media dell'asta principale [m/m]	
pendenza 10-85 dell'asta principale [m/m]	pendenza dell'asta principale calcolata tra i punti a distanza 10%L e 85%L dalla sezione di chiusura. L è la massima distanza lungo il reticolo permanente.
diametro [-]	distanza topologica massima
magnitudo [-], M	numero di link del primo ordine, o sorgenti della rete
rapporto di circolarità	$A/(P^2/(4\pi))$
massima distanza lungo il reticolo canalizzato, L [km]	
massima distanza lungo il reticolo coprente [km]	
distanza topologica media [-]	N/M dove N indica il numero totale di link; in sostanza, è il numero di rami (di cui il primo esterno) mediamente compresi nel percorso che unisce la sorgente alla chiusura
T corrivazione (Giandotti) [h]	$\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_media}}$ dove h _{media} [m] rappresenta l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura; h _{media} = H _m -H ₀
T corrivazione (Giandotti modificato)	$\frac{3.3\sqrt{A} + 3.2L}{\sqrt{h_media}}$

fattore di forma [-]	A/L^2
coefficiente di forma	$\pi L^2/(4A)$
numero di segmenti, area, lunghezza e pendenza media per ogni ordine di Horton	
rapporti di Horton	
numero totale di segmenti nella rete permanente	
lunghezza totale della rete permanente [km]	lunghezza complessiva del reticolo canalizzato, L_{tot}
densità di drenaggio [1/Km]	L_{tot}/A
Lunghezza media del deflusso superficiale [Km]	$A/(2 L_{tot})$
flussi di irraggiamento sul bacino al solstizio estivo, solstizio invernale, equinozio	

In aggiunta a questi parametri, si sono calcolate alcune funzioni di interesse idrologico, ovvero

- curva ipsografica del bacino,
- funzione d'ampiezza (*width function*),
- funzione d'area (*area function*)

Per capire l'importanza dei parametri geomorfologici sopra riportati, si deve considerare che la struttura del *reticolo di drenaggio* di un bacino costituisce l'aspetto più appariscente della capillare *rete idraulica* che connette e trasforma l'ingresso distribuito sul territorio in una uscita concentrata nella sezione di chiusura. Tale rete, proprio per la sua capillarità e complessità, richiede necessariamente uno sforzo di concettualizzazione. Esempi di concettualizzazione a basso livello (cioè più prossimi alla realtà prototipale) sono le distinzioni tra reticolo alveato e reticolo di versante che possono venire operate nei moderni modelli distribuiti. Esempi di concettualizzazione più astratta, ad alto livello, sono quelle che, nel decennio precedente l'avvento della modellistica distribuita, hanno portato alla parametrizzazione geomorfologica dei modelli idrologici concentrati. Entrambi sono comunque testimonianza della importanza attribuita ad una corretta schematizzazione del reticolo di drenaggio, quale fattore chiave nel complessivo processo di trasformazione idrologica.

A partire dal lavoro pionieristico di Horton, molti ricercatori afferenti ai settori della geologia, della geografia descrittiva e quantitativa e della idrologia, hanno fermato la loro attenzione sulla struttura statica presentata dai reticoli di drenaggio creati dallo scorrere delle acque su di una superficie. Eguale attenzione è stata prestata al fenomeno visto nel suo lato evolutivo. Alla ricerca dei fattori determinanti la struttura dei reticoli di drenaggio, i primi ricercatori hanno cercato di inquadrarne la

specificità avanzando ipotesi sulla crescita temporale e determinando delle "misure" che in qualche modo potessero servire a caratterizzarli. Questo primo approccio è stato molto spesso limitato alla descrizione statica, poichè, in considerazione dei tempi caratteristici intrinseci al fenomeno osservato, in pochi casi e comunque in condizioni molto particolari, si è potuto assistere ad una completa evoluzione di un reticolo naturale.

Horton [1932, 1945], uno dei fondatori della moderna geomorfologia quantitativa, pose una particolare attenzione all'aspetto genetico dei reticoli di drenaggio, prima di studiarne la struttura e introdurre le fondamentali leggi di composizione che rappresentano tutt'oggi una pietra miliare della geomorfologia fluviale. Egli propose un meccanismo deterministico di sviluppo, che muove dall'analisi di una superficie inclinata, inizialmente indifferenziata, la quale, a partire da una certa distanza critica X_c , dal crinale venga interessata dalla formazione di *rills* (solchi) paralleli tra loro. La distanza X_c è naturalmente quella necessaria affinché il flusso superficiale raggiunga una sufficiente capacità erosiva. I meccanismi che nel modello di Horton governano il successivo sviluppo del reticolo si riassumono nelle due parole, in traducibili ma evocatrici, di "*micropiracy*" e "*crossgrading*". Il primo si svilupperebbe attraverso un processo competitivo tra i *rills* paralleli, che porterebbe al prevalere di uno su tutti, con accorpamento ("*abstraction*") degli altri. Come conseguenza, la superficie iniziale verrebbe ad essere divisa in due falde versanti, attraversate da un canale drenante. A questo punto, supposto che le due falde versanti abbiano lunghezza maggiore di X_c , su ciascuna delle due falde versanti comincia un processo analogo a quello sopra descritto, con formazione di affluenti trasversali (*crossgrading*) all'asta principale. E' chiaro che il processo va iterato, fino a giungere ad un reticolo pienamente sviluppato. Un aspetto interessante di questo schema genetico è la consapevolezza del processo competitivo tra canali.

E' stato obiettato che il meccanismo proposto da Horton è improponibile quale meccanismo di formazione a scala di bacino (Dunne, 1980, Leopold et al., 1964), contesto nel quale sembra più realistico pensare ad una crescita del reticolo che parta dalla sezione di chiusura per procedere verso monte. L'obiezione sembra essere fondata per molti dei bacini idrografici osservati in natura. Tuttavia, mentre la modellazione quantitativa dell'evoluzione a scala di bacino è probabilmente impossibile per la molteplicità e complessità dei fattori che vi concorrono, lo schema di Horton sembra essere una concettualizzazione valida per superfici limitate (il versante) e fortemente erodibili quali quelle utilizzate in esperienze di laboratorio.

Senz'altro non può intendersi quale unico meccanismo generativo. In

particolare, il meccanismo hortoniano, che identifica il processo erosivo come dovuto al solo scorrimento superficiale delle acque, appare, secondo gli studi di Dunne (1980), essere troppo limitativo, e valido in assoluto solo per zone aride. A tale meccanismo, nelle nostre latitudini, egli affianca un meccanismo di iniziazione del reticolo dovuto alla emersione del flusso sub-superficiale, o comunque ai fenomeni collegati di *saturation overland flow*. Secondo Dunne, il reticolo di drenaggio ha inizio laddove la forza idrodinamica (*drag*) esercitata dall'emersione del flusso supera la forza coesiva tra particelle. Tale forza è tanto maggiore quanto più grande è il gradiente di carico proprio del flusso saturo o insaturo e quindi, si è portati a dire, nelle zone caratterizzate da rilievo sviluppato. Il meccanismo di erosione collegato alla emersione del flusso sub-superficiale, una volta innescato porta ad una distorsione delle linee di flusso nell'intorno ed una conseguente autoamplificazione del fenomeno erosivo.

Possiamo dire che la geomorfologia quantitativa sia nata con i lavori di Horton [1932, 1945], il quale per primo introdusse l'idea dell'ordinamento dei rami di un reticolo. Successivamente, essa fu ripresa e modificata da Strahler [1952]. In sintesi, una rete idrografica può essere vista, dal punto di vista topologico, come un albero, dove le *sorgenti* sono definite dai punti della rete posti negli estremi di monte; la *chiusura* è il punto estremo di valle del reticolo, le giunzioni (o *nodi*) sono i punti della rete dove i *rami* si uniscono dando luogo a un unico ramo, dove si assume che in un nodo si uniscano non più di due rami; i *rami esterni* sono gli elementi della rete compresi tra una sorgente e il primo nodo di valle; i *rami interni* sono gli elementi della rete compresi tra due successive giunzioni o tra la chiusura e la prima giunzione a monte; la *magnitudo*, μ , di una rete è il numero complessivo delle sorgenti (o dei rami esterni); la *distanza topologica* di una certa sorgente dalla chiusura della rete è il numero di rami (di cui il primo esterno) compresi nel percorso che unisce la sorgente alla chiusura ; il *diametro*, λ , del reticolo è la distanza topologica massima (v. anche Smart [1972, 1974]).

Ordinamento gerarchico

L'analisi quantitativa della struttura geomorfologica di una rete di drenaggio fu per la prima volta introdotta da Horton [1932, 1945]. Il suo criterio di classificazione gerarchica, basata sulla diversa importanza idrologica che i rami del reticolo vengono ad assumere via via che questo da monte si sviluppa verso valle, fu successivamente sviluppato da Strahler [1952, 1964], che modificò lo schema ordinativo di Horton, ma confermò la validità delle due leggi da lui proposte, deducendone

una terza. Strahler propose i seguenti criteri di ordinamento dei rami della rete

- Le sorgenti originano rami e canali di ordine 1.
- Quando due rami di ordine i -esimo e j -esimo si congiungono, il ramo risultante assume l'ordine

$$k = \text{Max} \left[i, j, \text{int} \left(1 + \frac{i+j}{2} \right) \right],$$

e due o più rami in successione, aventi medesimo ordine, formano un canale del loro stesso ordine (v. Pilotti e Rosso, [1994]).

- L'ordine Ω del bacino di drenaggio corrisponde a quello del canale di ordine massimo.

In pratica, l'emissario originato da rami dello stesso ordine assume ordine immediatamente superiore, mentre esso mantiene l'ordine del ramo d'ordine maggiore quando sia generato da rami di ordine diverso. Tra i vari sistemi di classificazione il metodo di Horton-Strahler è il più noto e anche quello maggiormente usato, per la sua buona rappresentatività e, non ultimo, per la sua semplicità. Inoltre, esso permette di condurre analisi comparative abbastanza significative, dato che è piuttosto comune trovare bacini del medesimo ordine tra il grande numero di bacini analizzati con questo metodo nella letteratura geomorfologica e idrologica.

Leggi di Horton

Il metodo di classificazione di Horton ha fornito la base per la formulazione delle famose leggi di biforcazione, della lunghezza e della pendenza dei canali ordinati (aste). A queste leggi, Schumm [1956] aggiunse la quarta, importante, legge delle aree drenate. Tali leggi mostrano come le reti di drenaggio presentino, empiricamente, una organizzazione gerarchica di tipo sistematico, la cui validità è stata verificata per numerosi casi pratici in differenti situazioni geografiche e climatiche.

La *Prima Legge di Horton* (o del *numero dei canali*) individua nella successione $\{N_1, N_2, \dots, N_{\Omega}=1\}$ del numero dei canali (decrecente con l'ordine $[1, 2, \dots, \Omega]$ delle stesse) una serie geometrica inversa, in cui l'ultimo termine è unitario. Il rapporto R_B , detto *rapporto di biforcazione*, porge il numero dei canali di qualsivoglia ordine ω , noto l'ordine Ω del bacino

$$N_{\omega} = R_B^{\Omega-\omega}.$$

La *Seconda Legge di Horton* (o delle *lunghezze dei canali*) individua nella successione $\{L_1, L_2, \dots, L_{\Omega}\}$ della lunghezza media dei canali (generalmente crescente con l'ordine delle stesse), una serie geometrica in cui il primo termine è pari alla lunghezza media dei canali di primo ordine, o rami esterni. Il rapporto R_L , detto *rapporto delle lunghezze*, porge la lunghezza media dei canali di qualsivoglia ordine ω , nota la lunghezza dei rami esterni

$$L_{\omega} = L_1 R_L^{\omega-1}.$$

La *Terza Legge di Horton*, che riguarda la *pendenza media dei canali*, e la *Legge delle aree drenate*, dovuta al successivo lavoro di Strahler [1952], sono analoghe, rispettivamente, alla legge del numero dei canali e delle lunghezze, dove vengono considerate, rispettivamente, la pendenza media dei canali $\{S_1, S_2, \dots, S_{\Omega}\}$ e l'area mediamente drenata dalle aste $\{A_1, A_2, \dots, A_{\Omega}\}$. Pertanto le *Leggi di Horton* si possono enunciare come

$$R_B = \frac{N_{\omega-1}}{N_{\omega}}, \quad \text{per } 2 \leq \omega \leq \Omega,$$

$$R_L = \frac{L_{\omega}}{L_{\omega-1}}, \quad \text{per } 2 \leq \omega \leq \Omega,$$

$$R_S = \frac{S_{\omega-1}}{S_{\omega}}, \quad \text{per } 2 \leq \omega \leq \Omega,$$

$$R_A = \frac{A_{\omega}}{A_{\omega-1}}, \quad \text{per } 2 \leq \omega \leq \Omega,$$

In quest'ultima il valore di A_{ω} , che rappresenta il valore medio dell'area drenata complessivamente da un canale di ordine ω , comprende sia l'area a_{ω} direttamente drenata dall'asta di ordine ω che l'area drenata di monte, $A_{\omega-1}$, relativa alle aste tributarie di ordine inferiore a ω .

La rappresentazione grafica di queste leggi si ottiene riportando i valori delle trasformazioni logaritmiche di N_{ω} , L_{ω} , S_{ω} e A_{ω} al variare del corrispondente ordine ω .

L'interpolazione lineare dei dati sperimentali rilevati dal reticolo fornisce i valori dei parametri R_B , R_L , R_S e R_A , che sono dati dalla pendenza delle rette interpolate. Un'ampia messe di risultati sperimentali mostra come, per i bacini di drenaggio naturali, i valori di R_B siano normalmente compresi fra 3 e 5, quelli di R_L e R_S fra 1.5 e 3.5, quelli di R_A fra 3 a 6, essendo inoltre $R_S \leq R_L \leq R_B \leq R_A$.

Invarianza di scala

Le leggi di Horton comportano che il sistema idrografico goda della proprietà di *auto-somiglianza* o *invarianza di scala* e la caratterizzazione del reticolo si può quindi condurre in termini di geometria frattale. La dimensione topologica del reticolo risulta [La Barbera e Rosso, 1989]

$$D_t = \text{Min} \left(2, \frac{\text{Ln} R_B}{\text{Ln} R_L} \right),$$

mentre i singoli rami hanno dimensione [Rosso *et al.*, 1991]

$$D_s = \text{Max} \left(1, 2 \frac{\text{Ln} R_L}{\text{Ln} R_A} \right).$$

Il complesso della rete idrografica presenta quindi una dimensione pari a $D_f = D_t D_s$ (v. Tarboton *et al.* [1990]), ossia

$$D_t = \text{Min} \left[2, \text{Max} \left(1, 2 \frac{\text{Ln} R_B}{\text{Ln} R_A} \right) \right].$$

Lo sviluppo del corso d'acqua principale di un bacino varia quindi con l'area drenata secondo una legge di potenza del tipo

$$L_{cap} \propto A^{\frac{D_s}{2}} = A^{\frac{\text{Ln} R_L}{\text{Ln} R_A}},$$

la lunghezza totale della rete idrografica segue una legge di potenza del tipo

$$L_{ri} \propto A^{\frac{D_r}{2}} = A^{\frac{\ln R_B}{\ln R_A}}.$$

Le dimensioni frattali, che caratterizzano i sistemi idrografici, sono rispettivamente $D_S = 1 \div 1.2$, $D_t = 1.4 \div 1.7$, e $D_r = 1.6 \div 2.0$.

Bibliografia Essenziale

- Dunne, T. Formation and control of channel networks, *Progr. Phys. Geogr.*, 4, 211-239, 1980.
- Horton, R. E., Drainage basin characteristics, *Eos Trans. AGU*, 13, 350-361, 1932.
- Horton, R. E., Erosional development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative geomorphology, *Geol. Soc. Am Bull.*, 56, 275-370, 1945.
- La Barbera, P., & R. Rosso, On the Fractal Dimension of Stream Networks, *Water Resour. Res.*, 25(4), 735-741, 1989.
- Leopold, L. B., W. B. Langbein, The concept of entropy in landscape evolution, *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 500-A, 1962.
- Leopold, L. B., M. G. Wolman, J. P. Miller, Fluvial processes in geomorphology, W.H. Freeman, San Francisco, 1964.
- Pilotti M., Rosso R., Il Bacino Imbrifero e la sua Rete Idrografica: Genesi, Struttura ed Evoluzione dei Reticoli di Drenaggio, Corso di Aggiornamento *Moderni Criteri per la Sistemazione degli Alvei Fluviali*, Politecnico di Milano, 10-14 ottobre 1994.
- Pilotti, M., Gandolfi C., Bischetti G.B. Identification and Analysis of Natural Channel Networks from Digital Elevation Models, *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 1007-1020, 1996.
- Schumm, S.A., Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 67, 597-646, 1956.
- Strahler, A.N., Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 63, 1117-1142, 1952.
- Strahler, A.N., Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks, in: Chow, V.T., *Handbook of Applied Hydrology*, Sec. 4, McGraw-Hill Book Company, New York, 1964.
- *Am Bull.*, 63, 1117-1142, 1952
- Smart, J.S. Statistical properties of stream lengths, *Water Resour. Res.*, 4, 1001-1014, 1968
- Smart, J.S., Channel Networks, *Adv. Hydrosc.*, 8, 305-346, 1972.
- Smart, J.S., The analysis of drainage network composition, in: *Fluvial Geomorphology*, edited by M.E. Morisawa, pp. 27-49, Geomorphology, Binghampton, N.Y., 1974.
- Smart, J.S. The random model in fluvial geomorphology, in *Fluvial Geomorphology*, edito da M. E. Morisawa, pp 27-49, pubblicato in Geomorphology, Binghampton, N.Y., 1974.
- Tarboton, D.G., Bras, R.L., & I. Rodriguez-Iturbe, Comment on "On the Fractal Dimension of Stream Networks" by P. La Barbera & R. Rosso, *Water Resources Research*, 26(11), 2243- 2244, 1990.

APPENDICE 2

Schede geomorfologiche per ciascun sottobacino in cui è stato disaggregato il Bacino dell'oglio prelacuale. Per il significato della sigla identificativa del bacino si veda il testo.

file sorgente: 1-2-3.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	68.93750
perimetro [km]	46.500
altezza media [m]	2315.58
altezza massima [m]	3170.00
altezza minima [m]	1253.00
relief totale [m]	1917.00
"relief ratio" [m/Km]	21.35374
pendenza media [m/m]	0.47593
pendenza massima [m/m]	1.43200
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.10738
diametro [-]	9
magnitudo [-]	18
rapporto di circolarità	0.401
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	11.613
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	5.444
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.942
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.981
fattore di forma [-]	0.00855380
coefficiente di forma	91.81859694

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	18	3.618056	0.875578	0.034230
2	4	9.828125	2.362437	0.021948
3	1	68.937500	8.346194	0.006149

Rapporti di Horton

rapporto Rb	4.24
rapporto Ra	4.37
rapporto RI	3.09
rapporto Rs	2.36

numero totale di segmenti nella rete permanente	23
lunghezza totale dela rete permanente [km]	33.556
densità di drenaggio [1/Km]	0.487
lunghezza media del runoff [Km]	1.027

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	68.93750	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.90438	1.04428

file sorgente: 4.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	35.00
perimetro [km]	36.500
altezza media [m]	2243.40
altezza massima [m]	3250.00
altezza minima [m]	1260.00
relief totale [m]	1990.00
"relief ratio" [m/Km]	22.16690
pendenza media [m/m]	0.46346
pendenza massima [m/m]	1.60
pendenza minima [m/m]	0.040
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.16949
diametro [-]	4
magnitudo [-]	9
rapporto di circolarità	0.330
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	9.009
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	3.333
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.482

T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.542
fattore di forma [-]	0.00434282
coefficiente di forma	180.84984361

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	9	3.652778	0.955133	0.029314
2	3	9.333333	2.164214	0.021786
3	1	35.000	3.517767	0.016711

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.00
rapporto Ra	3.10
rapporto RI	1.92
rapporto Rs	1.32

numero totale di segmenti nella rete permanente	13
lunghezza totale dela rete permanente [km]	18.607
densità di drenaggio [1/Km]	0.532
lunghezza media del runoff [Km]	0.941

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	35.00	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.80892	0.93406

file sorgente: 5a.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	6.50000
perimetro [km]	15.500
altezza media [m]	2089.88
altezza massima [m]	3050.00
altezza minima [m]	1270.00
relief totale [m]	1780.00

"relief ratio" [m/Km]	19.82768
pendenza media [m/m]	0.51896
pendenza massima [m/m]	1.40
pendenza minima [m/m]	0.019799
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.23561
diametro [-]	1
magnitudo [-]	2
rapporto di circolarità	0.340
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	3.310
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	1.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.662
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.664
fattore di forma [-]	0.00080652
coefficiente di forma	973.80685023

ordine	#segmenti	area media [km2]	lunghezza media [km]	pendenza media [m/m]
1	2	2.937500	0.551777	0.028439
2	1	6.500	2.560660	0.050058

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.00
rapporto Ra	2.21
rapporto RI	4.64
rapporto Rs	0.57

numero totale di segmenti nella rete permanente	3
lunghezza totale dela rete permanente [km]	3.664
densità di drenaggio [1/Km]	0.564
lunghezza media del runoff [Km]	0.887

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	6.50	
condizione		flusso specifico unit. [W/m2]	flusso specifico unit. rispetto ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.73018	0.84314

file sorgente: 5b.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	5.56250
perimetro [km]	13.500
altezza media [m]	1970.31
altezza massima [m]	2815.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	2815.01
"relief ratio" [m/Km]	234.39853
pendenza media [m/m]	0.42600
pendenza massima [m/m]	1.00
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.76690
diametro [-]	1
magnitudo [-]	2
rapporto di circolarità	0.384
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	2.664
massima distanza lungo l'SFDN [km]	12.009
distanza topologica media [-]	1.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.378
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.367
fattore di forma [-]	0.03856739
coefficiente di forma	20.36430898

ordine	#segmenti	area media [km2]	lunghezza media [km]	pendenza media [m/m]
1	2	2.593750	0.728553	0.035919
2	1	5.562500	1.560660	0.038685

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.00
rapporto Ra	2.14
rapporto RI	2.14
rapporto Rs	0.93

numero totale di segmenti nella rete permanente	3
lunghezza totale dela rete permanente [km]	3.018
densità di drenaggio [1/Km]	0.543
lunghezza media del runoff [Km]	0.922

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	5.50	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	1.02768	1.18666

file sorgente: 6.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	43.18750
perimetro [km]	35.500
altezza media [m]	2326.27
altezza massima [m]	3330.00
altezza minima [m]	1137.00
relief totale [m]	2193.00
"relief ratio" [m/Km]	182.60544
pendenza media [m/m]	0.51891
pendenza massima [m/m]	2.00
pendenza minima [m/m]	0.028
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.15076
diametro [-]	9
magnitudo [-]	11
rapporto di circolarità	0.431
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	10.699
massima distanza lungo l'SFDN [km]	12.009
distanza topologica media [-]	5.545
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.535
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.622
fattore di forma [-]	0.29943892
coefficiente di forma	2.62289942

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	11	3.738636	1.269774	0.032085
2	2	10.343750	1.280330	0.020573
3	1	43.187500	6.578427	0.013705

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.32
rapporto Ra	3.40
rapporto RI	2.28
rapporto Rs	1.53

numero totale di segmenti nella rete permanente	14
lunghezza totale della rete permanente [km]	23.107
densità di drenaggio [1/Km]	0.535
lunghezza media del runoff [Km]	0.935

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	43.18750	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.79456	0.91748

file sorgente: 7a.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	7.56250
perimetro [km]	14.500
altezza media [m]	1950.60
altezza massima [m]	2920.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	2920.01
"relief ratio" [m/Km]	243.14161
pendenza media [m/m]	0.56360
pendenza massima [m/m]	1.20
pendenza minima [m/m]	0.001

pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.52737
diametro [-]	0
magnitudo [-]	1
rapporto di circolarità	0.452
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	3.517
massima distanza lungo l'SFDN [km]	12.009
distanza topologica media [-]	0.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.461
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.460
fattore di forma [-]	0.05243431
coefficiente di forma	14.97870661

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	1	7.562500	3.517767	0.025453

rapporti di Horton

numero totale di segmenti nella rete permanente	1
lunghezza totale dela rete permanente [km]	3.518
densità di drenaggio [1/Km]	0.465
lunghezza media del runoff [Km]	1.075

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	7.37500	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.69354	0.80083

file sorgente: 7b.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	20.31250
perimetro [km]	24.000
altezza media [m]	2160.00
altezza massima [m]	3050.00

altezza minima [m]	1125.03
relief totale [m]	1924.97
"relief ratio" [m/Km]	21.44253
pendenza media [m/m]	0.52238
pendenza massima [m/m]	1.56000
pendenza minima [m/m]	0.040
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.16921
diametro [-]	2
magnitudo [-]	3
rapporto di circolarità	0.443
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	7.535
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	1.667
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.140
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.212
fattore di forma [-]	0.00252039
coefficiente di forma	311.61819208

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	3	6.416667	1.796362	0.018215
2	1	20.312500	4.517767	0.023118

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.00
rapporto Ra	3.17
rapporto RI	2.51
rapporto Rs	0.79

numero totale di segmenti nella rete permanente	4
lunghezza totale dela rete permanente [km]	9.907
densità di drenaggio [1/Km]	0.488
lunghezza media del runoff [Km]	1.025

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	20.31250	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.99028	1.14347

file sorgente: 8.sbb

Soglia sull'area contribuente [km2]	1
area del bacino [km2]	19.50000
perimetro [km]	24.000
altezza media [m]	2096.28
altezza massima [m]	3250.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	3250.01
"relief ratio" [m/Km]	270.61985
pendenza media [m/m]	0.65544
pendenza massima [m/m]	11.02004
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.31821
diametro [-]	2
magnitudo [-]	3
rapporto di circolarità	0.425
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	8.328
massima distanza lungo l'SFDN [km]	12.009
distanza topologica media [-]	1.667
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.823
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.900
fattore di forma [-]	0.13520252
coefficiente di forma	5.80904968

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	3	6.000	1.138071	0.210064
2	1	19.500	6.474874	0.016947

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.00
rapporto Ra	3.25
rapporto RI	5.69
rapporto Rs	12.40

numero totale di segmenti nella rete permanente	4
lunghezza totale dela rete permanente [km]	9.889
densità di drenaggio [1/Km]	0.507
lunghezza media del runoff [Km]	0.986

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	17.81250	
condizione	flusso specifico unit.		flusso specifico unit. rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.77914	0.89968

file sorgente: 10-11-12.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	38.87500
perimetro [km]	39.500
altezza media [m]	2160.69
altezza massima [m]	3150.00
altezza minima [m]	1055.00
relief totale [m]	2095.00
"relief ratio" [m/Km]	164.19139
pendenza media [m/m]	0.49304
pendenza massima [m/m]	1.88000
pendenza minima [m/m]	0.028
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.11792
diametro [-]	4
magnitudo [-]	6
rapporto di circolarità	0.313
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	11.406
massima distanza lungo l'SFDN [km]	12.759
distanza topologica media [-]	2.833

T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.581
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.716
fattore di forma [-]	0.23878284
coefficiente di forma	3.28917334

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km ²]	[km]	[m/m]
1	6	6.062500	0.912479	0.024992
2	2	16.593750	4.142767	0.011737
3	1	38.875000	3.017767	0.011963

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.45
rapporto Ra	2.53
rapporto RI	1.82
rapporto Rs	1.45

numero totale di segmenti nella rete permanente	9
lunghezza totale dela rete permanente [km]	16.778
densità di drenaggio [1/Km]	0.432
lunghezza media del runoff [Km]	1.158

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km ²]	:	38.87500	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m ²]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.92452	1.06755

file sorgente: 14.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km ²]	1
area del bacino [km ²]	31.87500
perimetro [km]	37.000
altezza media [m]	1873.68
altezza massima [m]	2860.00
altezza minima [m]	900.00

relief totale [m]	1960.00
"relief ratio" [m/Km]	21.83272
pendenza media [m/m]	0.39892
pendenza massima [m/m]	1.12000
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.14539
diametro [-]	3
magnitudo [-]	6
rapporto di circolarità	0.293
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	9.492
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	2.667
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.475
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.570
fattore di forma [-]	0.00395507
coefficiente di forma	198.58022044

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	6	5.010417	1.540440	0.022286
2	2	14.968750	3.746320	0.018279
3	1	31.875000	0.853553	0.022500

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.45
rapporto Ra	2.52
rapporto RI	0.74
rapporto Rs	1.00

numero totale di segmenti nella rete permanente	9
lunghezza totale dela rete permanente [km]	17.589
densità di drenaggio [1/Km]	0.552
lunghezza media del runoff [Km]	0.906

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	31.87500	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.91201	1.05310

file sorgente: 15.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	5.00
perimetro [km]	11.500
altezza media [m]	1720.56
altezza massima [m]	2750.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	2750.01
"relief ratio" [m/Km]	30.63275
pendenza media [m/m]	0.92160
pendenza massima [m/m]	10.72004
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.62801
diametro [-]	0
magnitudo [-]	1
rapporto di circolarità	0.475
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	2.810
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	0.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.397
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.395
fattore di forma [-]	0.00062040
coefficiente di forma	1265.94890530

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	1	5.000	2.810660	0.043723

rapporti di Horton

numero totale di segmenti nella rete permanente	1
lunghezza totale dela rete permanente [km]	2.811
densità di drenaggio [1/Km]	0.562
lunghezza media del runoff [Km]	0.889

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	4.43750	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.78842	0.91039

file sorgente: 15a.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	5.00
perimetro [km]	11.500
altezza media [m]	1720.56
altezza massima [m]	2750.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	2750.01
"relief ratio" [m/Km]	30.63275
pendenza media [m/m]	0.92160
pendenza massima [m/m]	10.72004
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.62801
diametro [-]	0
magnitudo [-]	1
rapporto di circolarità	0.475
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	2.810
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	0.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.397
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.395
fattore di forma [-]	0.00062040
coefficiente di forma	1265.94890530

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	1	5.000	2.810660	0.043723

rapporti di Horton

numero totale di segmenti nella rete permanente	1
lunghezza totale dela rete permanente [km]	2.811
densità di drenaggio [1/Km]	0.562
lunghezza media del runoff [Km]	0.889

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	4.43750	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.78842	0.91039

file sorgente: 15b.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	3.31250
perimetro [km]	10.500
altezza media [m]	1770.94
altezza massima [m]	2790.00
altezza minima [m]	750.00
relief totale [m]	2040.00
"relief ratio" [m/Km]	22.72386
pendenza media [m/m]	0.51450
pendenza massima [m/m]	1.46000
pendenza minima [m/m]	0.098995
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.35810
diametro [-]	0
magnitudo [-]	1
rapporto di circolarità	0.378
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	3.560
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773

distanza topologica media [-]	0.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.494
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.545
fattore di forma [-]	0.00041102
coefficiente di forma	1910.86627216

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	1	3.312500	3.560660	0.094695

rapporti di Horton

numero totale di segmenti nella rete permanente	1
lunghezza totale dela rete permanente [km]	3.561
densità di drenaggio [1/Km]	1.075
lunghezza media del runoff [Km]	0.465

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	3.18750	
condizione	flusso specifico unit.		flusso specifico unit. rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.85124	0.98292

file sorgente: 16-21.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	118.62500
perimetro [km]	61.500
altezza media [m]	1634.22
altezza massima [m]	2675.00
altezza minima [m]	650.08
relief totale [m]	2024.92
"relief ratio" [m/Km]	22.55588
pendenza media [m/m]	0.42957
pendenza massima [m/m]	1.46000
pendenza minima [m/m]	0.025

pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.06998
diametro [-]	16
magnitudo [-]	31
rapporto di circolarità	0.394
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	20.363
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	9.484
T corrivazione (Giandotti) [ore]	2.953
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	3.223
fattore di forma [-]	0.01471905
coefficiente di forma	53.35927946

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km ²]	[km]	[m/m]
1	31	3.610887	1.174750	0.031546
2	6	12.406250	3.014806	0.013400
3	1	118.625000	11.724874	0.006024

Rapporti di Horton

rapporto Rb	5.57
rapporto Ra	5.73
rapporto RI	3.16
rapporto Rs	2.29

numero totale di segmenti nella rete permanente	38
lunghezza totale della rete permanente [km]	66.231
densità di drenaggio [1/Km]	0.558
lunghezza media del runoff [Km]	0.896

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km ²]	:	118.62500	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m ²]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.84482	0.97552

file sorgente: 22.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	4.50000
perimetro [km]	10.500
altezza media [m]	1244.64
altezza massima [m]	2225.00
altezza minima [m]	650.01
relief totale [m]	1574.99
"relief ratio" [m/Km]	17.54405
pendenza media [m/m]	0.54616
pendenza massima [m/m]	1.24000
pendenza minima [m/m]	0.028
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.21839
diametro [-]	0
magnitudo [-]	1
rapporto di circolarità	0.513
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	2.060
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	0.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.593
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.557
fattore di forma [-]	0.00055836
coefficiente di forma	1406.60989478

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	1	4.500	2.060660	0.021872

rapporti di Horton

numero totale di segmenti nella rete permanente	1
lunghezza totale dela rete permanente [km]	2.061
densità di drenaggio [1/Km]	0.458
lunghezza media del runoff [Km]	1.092

Flussi di irraggiamento sul bacino			
area [km2]	:	4.50	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.96877	1.11864

file sorgente: 23.sbb

Soglia sull'area contribuente [km2]	1
area del bacino [km2]	13.56250
perimetro [km]	20.000
altezza media [m]	2034.99
altezza massima [m]	3130.00
altezza minima [m]	658.00
relief totale [m]	2472.00
"relief ratio" [m/Km]	27.53597
pendenza media [m/m]	0.68770
pendenza massima [m/m]	2.44000
pendenza minima [m/m]	0.036
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.23071
diametro [-]	2
magnitudo [-]	4
rapporto di circolarità	0.426
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	5.535
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	2.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.776
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.805
fattore di forma [-]	0.00168284
coefficiente di forma	466.70927385

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	4	3.109375	1.004442	0.037548
2	2	5.781250	1.383883	0.072978
3	1	13.562500	2.207107	0.049005

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.00
rapporto Ra	2.09
rapporto RI	1.48
rapporto Rs	0.88

numero totale di segmenti nella rete permanente	7
lunghezza totale dela rete permanente [km]	8.993
densità di drenaggio [1/Km]	0.663
lunghezza media del runoff [Km]	0.754

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	13.56250	
condizione	flusso specifico unit.		flusso specifico unit. rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.87925	1.01527

file sorgente: 25.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	43.93750
perimetro [km]	39.000
altezza media [m]	2124.28
altezza massima [m]	3330.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	3330.01
"relief ratio" [m/Km]	37.09345
pendenza media [m/m]	0.56254
pendenza massima [m/m]	6.52004
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.19816
diametro [-]	6
magnitudo [-]	7
rapporto di circolarità	0.363
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	13.424
massima distanza lungo l'SFDN [km]	89.773
distanza topologica media [-]	3.857

T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.265
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.407
fattore di forma [-]	0.00545179
coefficiente di forma	144.06246433

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	7	5.937500	1.385678	0.019649
2	1	43.937500	11.321068	0.019025

Rapporti di Horton

rapporto Rb	7.00
rapporto Ra	7.40
rapporto RI	8.17
rapporto Rs	1.03

numero totale di segmenti nella rete permanente	8
lunghezza totale dela rete permanente [km]	21.021
densità di drenaggio [1/Km]	0.478
lunghezza media del runoff [Km]	1.045

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	42.31250	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.87202	1.00692

file sorgente: 26.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	8.43750
perimetro [km]	16.500
altezza media [m]	1717.15
altezza massima [m]	2520.00
altezza minima [m]	575.00
relief totale [m]	1945.00

"relief ratio" [m/Km]	404.32386
pendenza media [m/m]	0.54160
pendenza massima [m/m]	1.20
pendenza minima [m/m]	0.200
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.39958
diametro [-]	2
magnitudo [-]	3
rapporto di circolarità	0.389
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	3.353
massima distanza lungo l'SFDN [km]	4.811
distanza topologica media [-]	1.667
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.616
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.601
fattore di forma [-]	0.36461398
coefficiente di forma	2.15405387

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	3	2.708333	1.457107	0.054905
2	1	8.437500	1.000	0.093333

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.00
rapporto Ra	3.12
rapporto RI	0.69
rapporto Rs	0.59

numero totale di segmenti nella rete permanente	4
lunghezza totale della rete permanente [km]	5.371
densità di drenaggio [1/Km]	0.637
lunghezza media del runoff [Km]	0.785

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	8.43750	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.89832	1.03729

file sorgente: 27-30.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	55.25000
perimetro [km]	39.500
altezza media [m]	1746.73
altezza massima [m]	2700.00
altezza minima [m]	525.04
relief totale [m]	2174.96
"relief ratio" [m/Km]	149.09752
pendenza media [m/m]	0.48835
pendenza massima [m/m]	1.50
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.11523
diametro [-]	13
magnitudo [-]	15
rapporto di circolarità	0.445
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	13.234
massima distanza lungo l'SFDN [km]	14.587
distanza topologica media [-]	7.267
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.773
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.913
fattore di forma [-]	0.25963938
coefficiente di forma	3.02495776

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	15	3.495833	1.114010	0.029449
2	2	23.656250	5.337311	0.018631
3	1	55.250	2.914214	0.015557

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.87
rapporto Ra	3.98
rapporto RI	1.62
rapporto Rs	1.38

numero totale di segmenti nella rete permanente	18
lunghezza totale dela rete permanente [km]	30.299
densità di drenaggio [1/Km]	0.548
lunghezza media del runoff [Km]	0.912

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	55.25000	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.86863	1.00301

file sorgente: 31.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	4.43750
perimetro [km]	13.500
altezza media [m]	1702.92
altezza massima [m]	2460.00
altezza minima [m]	545.00
relief totale [m]	1915.00
"relief ratio" [m/Km]	131.27678
pendenza media [m/m]	0.43767
pendenza massima [m/m]	0.80
pendenza minima [m/m]	0.220
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.35855
diametro [-]	1
magnitudo [-]	2
rapporto di circolarità	0.306
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	3.681
massima distanza lungo l'SFDN [km]	14.587
distanza topologica media [-]	1.000

T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.512
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.550
fattore di forma [-]	0.02085339
coefficiente di forma	37.66285435

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	2	1.968750	0.780330	0.036205
2	1	4.437500	2.371320	0.128978

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.00
rapporto Ra	2.25
rapporto RI	3.04
rapporto Rs	0.28

numero totale di segmenti nella rete permanente	3
lunghezza totale dela rete permanente [km]	3.932
densità di drenaggio [1/Km]	0.886
lunghezza media del runoff [Km]	0.564

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	4.31250	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.99275	1.14633

file sorgente: 32-39.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	110.06250
perimetro [km]	61.500
altezza media [m]	2074.05
altezza massima [m]	3360.00
altezza minima [m]	550.00
relief totale [m]	2810.00

"relief ratio" [m/Km]	116.57333
pendenza media [m/m]	0.51762
pendenza massima [m/m]	2.12000
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.11590
diametro [-]	13
magnitudo [-]	26
rapporto di circolarità	0.366
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	22.648
massima distanza lungo l'SFDN [km]	24.105
distanza topologica media [-]	8.462
T corrivazione (Giandotti) [ore]	2.431
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	2.743
fattore di forma [-]	0.18941969
coefficiente di forma	4.14633859

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	26	3.937500	0.808776	0.032629
2	3	32.083333	10.289003	0.015314
3	1	110.062500	4.914214	0.011894

Rapporti di Horton

rapporto Rb	5.10
rapporto Ra	5.29
rapporto RI	2.46
rapporto Rs	1.66

numero totale di segmenti nella rete permanente	30
lunghezza totale dela rete permanente [km]	56.809
densità di drenaggio [1/Km]	0.516
lunghezza media del runoff [Km]	0.969

Flussi di irraggiamento sul bacino			
area [km2]	:	110.06250	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]	ad una superf.	orizzontale [-]
media	60.00	0.88318	1.01981

file sorgente: 41.sbb

Soglia sull'area contribuente [km2]	1
area del bacino [km2]	16.31250
perimetro [km]	25.500
altezza media [m]	1758.33
altezza massima [m]	2750.00
altezza minima [m]	390.00
relief totale [m]	2360.00
"relief ratio" [m/Km]	97.90500
pendenza media [m/m]	0.51745
pendenza massima [m/m]	1.62000
pendenza minima [m/m]	0.040
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.23693
diametro [-]	3
magnitudo [-]	6
rapporto di circolarità	0.315
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	5.871
massima distanza lungo l'SFDN [km]	24.105
distanza topologica media [-]	2.667
T corrvazione (Giandotti) [ore]	0.844
T corrvazione (Giandotti modificato) [ore]	0.868
fattore di forma [-]	0.02807413
coefficiente di forma	27.97587068

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	6	2.489583	0.627961	0.026102
2	2	6.718750	1.633883	0.036331
3	1	16.312500	2.810660	0.052480

Rapporti di Horton	
rapporto Rb	2.45
rapporto Ra	2.56
rapporto RI	2.12
rapporto Rs	0.71

numero totale di segmenti nella rete permanente	9
lunghezza totale della rete permanente [km]	9.846
densità di drenaggio [1/Km]	0.604
lunghezza media del runoff [Km]	0.828

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	16.31250	
condizione	flusso specifico unit.		flusso specifico unit. rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.89245	1.03051

file sorgente: 42.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	18.62500
perimetro [km]	22.500
altezza media [m]	1446.05
altezza massima [m]	2390.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	2390.01
"relief ratio" [m/Km]	99.14993
pendenza media [m/m]	0.45297
pendenza massima [m/m]	1.42000
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.27723
diametro [-]	3
magnitudo [-]	4
rapporto di circolarità	0.462
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	6.078
massima distanza lungo l'SFDN [km]	24.105
distanza topologica media [-]	2.250

T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.867
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.886
fattore di forma [-]	0.03205398
coefficiente di forma	24.50235654

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km ²]	[km]	[m/m]
1	4	4.484375	1.758883	0.028788
2	1	18.625000	2.914214	0.030959

Rapporti di Horton

rapporto Rb	4.00
rapporto Ra	4.15
rapporto RI	1.66
rapporto Rs	0.93

numero totale di segmenti nella rete permanente	5
lunghezza totale dela rete permanente [km]	9.950
densità di drenaggio [1/Km]	0.534
lunghezza media del runoff [Km]	0.936

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km ²]	:	18.56250	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m ²]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.90418	1.04406

file sorgente: 43-45.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km ²]	1
area del bacino [km ²]	41.12500
perimetro [km]	44.000
altezza media [m]	1825.78
altezza massima [m]	2830.00
altezza minima [m]	325.03
relief totale [m]	2504.97

"relief ratio" [m/Km]	103.91915
pendenza media [m/m]	0.53614
pendenza massima [m/m]	1.52000
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.16542
diametro [-]	5
magnitudo [-]	7
rapporto di circolarità	0.267
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	12.967
massima distanza lungo l'SFDN [km]	24.105
distanza topologica media [-]	3.714
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.455
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.617
fattore di forma [-]	0.07077692
coefficiente di forma	11.09681193

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	7	5.607143	2.084119	0.032730
2	2	9.156250	0.530330	0.016638
3	1	41.125000	7.328427	0.018969

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.65
rapporto Ra	2.71
rapporto RI	1.88
rapporto Rs	1.31

numero totale di segmenti nella rete permanente	10
lunghezza totale dela rete permanente [km]	22.978
densità di drenaggio [1/Km]	0.559
lunghezza media del runoff [Km]	0.895

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	41.12500	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.84586	0.97671

file sorgente: 48.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	17.68750
perimetro [km]	28.500
altezza media [m]	1422.72
altezza massima [m]	2500.00
altezza minima [m]	300.05
relief totale [m]	2199.95
"relief ratio" [m/Km]	91.26534
pendenza media [m/m]	0.42462
pendenza massima [m/m]	1.00
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.17456
diametro [-]	3
magnitudo [-]	4
rapporto di circolarità	0.274
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	9.595
massima distanza lungo l'SFDN [km]	24.105
distanza topologica media [-]	2.250
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.165
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.331
fattore di forma [-]	0.03044053
coefficiente di forma	25.80106802

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	4	4.140625	1.633883	0.018616
2	1	17.687500	4.767767	0.044966

Rapporti di Horton

rapporto Rb	4.00
rapporto Ra	4.27
rapporto RI	2.92
rapporto Rs	0.41

numero totale di segmenti nella rete permanente	5
lunghezza totale dela rete permanente [km]	11.303
densità di drenaggio [1/Km]	0.639
lunghezza media del runoff [Km]	0.782

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	17.68750	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.87033	1.00497

file sorgente: 49-51.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	48.12500
perimetro [km]	36.000
altezza media [m]	1414.07
altezza massima [m]	2830.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	2830.01
"relief ratio" [m/Km]	117.40340
pendenza media [m/m]	0.54635
pendenza massima [m/m]	9.40004
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.18057
diametro [-]	9
magnitudo [-]	13
rapporto di circolarità	0.467
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	9.802
massima distanza lungo l'SFDN [km]	24.105
distanza topologica media [-]	5.615

T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.411
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.443
fattore di forma [-]	0.08282405
coefficiente di forma	9.48273019

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	13	3.567308	1.673311	0.041565
2	2	12.031250	1.810660	0.034082
3	1	48.125000	4.578427	0.014624

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.61
rapporto Ra	3.67
rapporto RI	1.65
rapporto Rs	1.69

numero totale di segmenti nella rete permanente	16
lunghezza totale dela rete permanente [km]	29.953
densità di drenaggio [1/Km]	0.622
lunghezza media del runoff [Km]	0.803

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	42.50	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.95606	1.10397

file sorgente: 52-53.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	30.93750
perimetro [km]	31.500
altezza media [m]	1245.27
altezza massima [m]	2300.00
altezza minima [m]	261.02

relief totale [m]	2038.98
"relief ratio" [m/Km]	188.00240
pendenza media [m/m]	0.35870
pendenza massima [m/m]	1.12000
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.11942
diametro [-]	5
magnitudo [-]	8
rapporto di circolarità	0.392
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	9.035
massima distanza lungo l'SFDN [km]	10.845
distanza topologica media [-]	3.625
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.426
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.507
fattore di forma [-]	0.26301836
coefficiente di forma	2.98609639

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	8	3.593750	1.374080	0.030783
2	2	11.875000	3.133883	0.014238
3	1	30.937500	3.474874	0.020012

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.83
rapporto Ra	2.93
rapporto RI	1.59
rapporto Rs	1.24

numero totale di segmenti nella rete permanente	11
lunghezza totale dela rete permanente [km]	20.735
densità di drenaggio [1/Km]	0.670
lunghezza media del runoff [Km]	0.746

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2] : 30.93750

condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]

media	60.00	0.91672	1.05854
-------	-------	---------	---------

file sorgente: 55-61.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	86.87500
perimetro [km]	57.500
altezza media [m]	1485.44
altezza massima [m]	2550.00
altezza minima [m]	249.00
relief totale [m]	2301.00
"relief ratio" [m/Km]	130.83156
pendenza media [m/m]	0.35496
pendenza massima [m/m]	1.20
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.10108
diametro [-]	10
magnitudo [-]	16
rapporto di circolarità	0.330
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	16.234
massima distanza lungo l'SFDN [km]	17.587
distanza topologica media [-]	6.313
T corrivazione (Giandotti) [ore]	2.191
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	2.352
fattore di forma [-]	0.28085788
coefficiente di forma	2.79642558

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	16	5.093750	2.017576	0.019980
2	4	16.640625	3.866879	0.019780
3	1	86.875000	9.406854	0.015904

Rapporti di Horton	
rapporto Rb	4.00
rapporto Ra	4.13
rapporto RI	2.16
rapporto Rs	1.12

numero totale di segmenti nella rete permanente	21
lunghezza totale della rete permanente [km]	57.156
densità di drenaggio [1/Km]	0.658
lunghezza media del runoff [Km]	0.760

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	86.87500	
condizione	flusso specifico unit.		flusso specifico unit. rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.82049	0.94742

file sorgente: 63.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	23.06250
perimetro [km]	31.000
altezza media [m]	1436.84
altezza massima [m]	2141.00
altezza minima [m]	230.00
relief totale [m]	1911.00
"relief ratio" [m/Km]	108.65672
pendenza media [m/m]	0.43139
pendenza massima [m/m]	1.24000
pendenza minima [m/m]	0.004000
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.17516
diametro [-]	3
magnitudo [-]	4
rapporto di circolarità	0.302
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	8.095
massima distanza lungo l'SFDN [km]	17.587
distanza topologica media [-]	2.250

T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.128
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.202
fattore di forma [-]	0.07455867
coefficiente di forma	10.53396085

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	4	5.390625	1.493718	0.035341
2	1	23.062500	6.992641	0.020110

Rapporti di Horton

rapporto Rb	4.00
rapporto Ra	4.28
rapporto RI	4.68
rapporto Rs	1.76

numero totale di segmenti nella rete permanente	5
lunghezza totale dela rete permanente [km]	12.968
densità di drenaggio [1/Km]	0.562
lunghezza media del runoff [Km]	0.889

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	23.06250	
condizione	flusso specifico unit.		flusso specifico unit. rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.82064	0.94759

file sorgente: 65-75.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	176.87500
perimetro [km]	90.500
altezza media [m]	1494.23
altezza massima [m]	2765.00
altezza minima [m]	235.00

relief totale [m]	2530.00
"relief ratio" [m/Km]	83.87065
pendenza media [m/m]	0.47444
pendenza massima [m/m]	2.00
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.05129
diametro [-]	24
magnitudo [-]	44
rapporto di circolarità	0.271
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	28.562
massima distanza lungo l'SFDN [km]	30.166
distanza topologica media [-]	15.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	3.383
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	3.812
fattore di forma [-]	0.19437723
coefficiente di forma	4.04058738

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	44	3.761364	1.153380	0.025960
2	9	12.500	3.141202	0.016428
3	2	51.656250	4.017767	0.008610
4	1	176.875000	15.363961	0.007981

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.62
rapporto Ra	3.66
rapporto RI	2.23
rapporto Rs	1.52

numero totale di segmenti nella rete permanente	56
lunghezza totale dela rete permanente [km]	102.419
densità di drenaggio [1/Km]	0.579
lunghezza media del runoff [Km]	0.863

rapporti di Horton

numero totale di segmenti nella rete permanente	1
lunghezza totale della rete permanente [km]	7.700
densità di drenaggio [1/Km]	0.563
lunghezza media del runoff [Km]	0.889

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	0.12500	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.86103	0.99423

file sorgente: 77.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	24.31250
perimetro [km]	30.000
altezza media [m]	982.60
altezza massima [m]	1961.00
altezza minima [m]	204.01
relief totale [m]	1756.99
"relief ratio" [m/Km]	58.24501
pendenza media [m/m]	0.34243
pendenza massima [m/m]	1.04800
pendenza minima [m/m]	0.028
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.17008
diametro [-]	3
magnitudo [-]	7
rapporto di circolarità	0.339
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	8.449
massima distanza lungo l'SFDN [km]	30.166
distanza topologica media [-]	2.714
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.451
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.552
fattore di forma [-]	0.02671828
coefficiente di forma	29.39553289

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	7	3.285714	1.450979	0.020560
2	2	11.968750	2.840990	0.021000
3	1	24.312500	0.353553	0.000337

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.65
rapporto Ra	2.72
rapporto RI	0.49
rapporto Rs	7.81

numero totale di segmenti nella rete permanente	10
lunghezza totale dela rete permanente [km]	16.192
densità di drenaggio [1/Km]	0.666
lunghezza media del runoff [Km]	0.751

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	24.31250	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.80689	0.93171

file sorgente: 78.sbb

Soglia sull'area contribuente [km2]	1
area del bacino [km2]	16.93750
perimetro [km]	15.500
altezza media [m]	1337.90
altezza massima [m]	1961.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	1961.01
"relief ratio" [m/Km]	65.00834
pendenza media [m/m]	0.47259

pendenza massima [m/m]	4.36004
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.39821
diametro [-]	2
magnitudo [-]	3
rapporto di circolarità	0.886
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	4.121
massima distanza lungo l'SFDN [km]	30.166
distanza topologica media [-]	1.667
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.774
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.732
fattore di forma [-]	0.01861351
coefficiente di forma	42.19506382

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	3	5.562500	2.802285	0.048230
2	1	16.937500	0.750	0.006154

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.00
rapporto Ra	3.04
rapporto RI	0.27
rapporto Rs	7.84

numero totale di segmenti nella rete permanente	4
lunghezza totale della rete permanente [km]	9.157
densità di drenaggio [1/Km]	0.541
lunghezza media del runoff [Km]	0.925

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	6.75000	
condizione	flusso specifico unit.		flusso specifico unit. rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.97054	1.12068

file sorgente: 79.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	27.75000
perimetro [km]	35.500
altezza media [m]	1027.89
altezza massima [m]	1920.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	1920.01
"relief ratio" [m/Km]	63.64917
pendenza media [m/m]	0.31582
pendenza massima [m/m]	0.88000
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.13463
diametro [-]	3
magnitudo [-]	5
rapporto di circolarità	0.277
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	9.656
massima distanza lungo l'SFDN [km]	30.166
distanza topologica media [-]	2.400
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.386
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.506
fattore di forma [-]	0.03049593
coefficiente di forma	25.75419436

ordine	#segmenti	area media [km2]	lunghezza media [km]	pendenza media [m/m]
1	5	5.237500	2.027817	0.017313
2	2	13.687500	3.371320	0.018791
3	1	27.750	0.500	0.002300

Rapporti di Horton

rapporto Rb	2.24
rapporto Ra	2.30
rapporto RI	0.50
rapporto Rs	2.74

numero totale di segmenti nella rete permanente	8
lunghezza totale dela rete permanente [km]	17.382
densità di drenaggio [1/Km]	0.626
lunghezza media del runoff [Km]	0.798

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	27.68750	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.80779	0.93275

file sorgente: 80a.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	210
perimetro [km]	19.000
altezza media [m]	1130.33
altezza massima [m]	1920.00
altezza minima [m]	-0.01
relief totale [m]	1920.01
"relief ratio" [m/Km]	63.64917
pendenza media [m/m]	0.39652
pendenza massima [m/m]	4.66004
pendenza minima [m/m]	0.001
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.22306
diametro [-]	2
magnitudo [-]	3
rapporto di circolarità	0.731
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	5.828
massima distanza lungo l'SFDN [km]	30.166
distanza topologica media [-]	1.667
T corrivazione (Giandotti) [ore]	1.007
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	1.005
fattore di forma [-]	0.02307800
coefficiente di forma	34.03232826

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	3	6.812500	3.434434	0.018091
2	1	21.000	2.310660	0.066737

Rapporti di Horton

rapporto Rb	3.00
rapporto Ra	3.08
rapporto RI	0.67
rapporto Rs	0.27

numero totale di segmenti nella rete permanente	4
lunghezza totale dela rete permanente [km]	12.614
densità di drenaggio [1/Km]	0.601
lunghezza media del runoff [Km]	0.832

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	9.37500	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit. rispetto	
	[W/m2]	ad una superf. orizzontale [-]	
media	60.00	0.95335	1.10084

file sorgente: 80b.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	4.93750
perimetro [km]	13.500
altezza media [m]	868.71
altezza massima [m]	1700.00
altezza minima [m]	191.01
relief totale [m]	1508.99
"relief ratio" [m/Km]	319.39675
pendenza media [m/m]	0.49576
pendenza massima [m/m]	1.18000
pendenza minima [m/m]	0.003960
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.20182

diametro [-]	0
magnitudo [-]	1
rapporto di circolarità	0.340
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	3.017
massima distanza lungo l'SFDN [km]	4.725
distanza topologica media [-]	0.000
T corrivazione (Giandotti) [ore]	0.644
T corrivazione (Giandotti modificato) [ore]	0.653
fattore di forma [-]	0.22120522
coefficiente di forma	3.55054084

ordine	#segmenti	area media	lunghezza media	pendenza media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	1	4.937500	3.017767	0.022011

rapporti di Horton

numero totale di segmenti nella rete permanente	1
lunghezza totale dela rete permanente [km]	3.018
densità di drenaggio [1/Km]	0.611
lunghezza media del runoff [Km]	0.818

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	4.93750	
condizione		flusso specifico unit. [W/m2]	flusso specifico unit. rispetto ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.98995	1.14310

file sorgente: 96.sbb

Soglia sull'area contribuyente [km2]	1
area del bacino [km2]	14.06250
perimetro [km]	23.000
altezza media [m]	825.31
altezza massima [m]	1710.00
altezza minima [m]	186.01
relief totale [m]	1523.99

"relief ratio" [m/Km]	192.76372
pendenza media [m/m]	0.39201
pendenza massima [m/m]	1.26000
pendenza minima [m/m]	0.025
pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.13949
diametro [-]	4
magnitudo [-]	5
rapporto di circolarità	0.334
massima distanza lungo il reticolo canalizzato [km]	6.552
massima distanza lungo l'SFDN [km]	7.906
distanza topologica media [-]	2.800
T corrvazione (Giandotti) [ore]	1.227
T corrvazione (Giandotti modificato) [ore]	1.319
fattore di forma [-]	0.22498258
coefficiente di forma	3.49092872

ordine	#segmenti	area	lunghezza	pendenza
		media	media	media
[-]	[-]	[km2]	[km]	[m/m]
1	5	2.575000	0.432843	0.016119
2	1	14.062500	5.846194	0.017061

Rapporti di Horton

rapporto Rb	5.00
rapporto Ra	5.46
rapporto RI	13.51
rapporto Rs	0.94

numero totale di segmenti nella rete permanente	6
lunghezza totale dela rete permanente [km]	8.010
densità di drenaggio [1/Km]	0.570
lunghezza media del runoff [Km]	0.878

Flussi di irraggiamento sul bacino

area [km2]	:	14.06250	
condizione	flusso specifico unit.	flusso specifico unit.	rispetto
	[W/m2]		ad una superf. orizzontale [-]
media	60.00	0.79452	0.91744

APPENDICE 3

Dati pluviometrici

Dati raccolti per ogni stazione pluviometrica

Vengono di seguito riportati i dati raccolti per ogni stazione pluviometrica considerata, per l'intervallo temporale scelto.

Stazione	Castiglione delle stiviere(bacino tra Mincio e Oglio)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950													
1951	114,0	134,0	92,0	35,0	120,0	114,0	88,0	87,0	98,0	41,0	122,0	56,0	1101,0
1952	20,0	7,0	16,0	75,0	51,0	44,0	51,0*	55,0*	25,0	81,0	84,0	82,0	591,0
1953	18,0	4,0	/	122,0	44,0	73,0	58,0	127,0	190,8	326,0	9,0	36,0	1007,8
1954	57,0	59,0	79,0	106,0	147,0	34,0	17,0	65,0	30,2	43,0	55,0	39,0	731,2
1955	31,0	89,0	/	8,0	76,0	35,0	170,0	101,0	133,0	96,0	52,0	56,0	847,0
1956	35,0	4,0	55,5	87,0	150,0	68,0	61,0	6,5	79,0	56,5	86,0	6,0	694,5
1957	64,0	91,0	24,0	102,0	113,0	60,0	125,0	42,0	33,0	68,0	119,0	56,0	897,0
1958	37,0	23,0	10,0	254,0	31,0	148,0	10,5	36,0	41,0	113,0	149,0	172,0	1024,5
1959													
1960	50,0	128,0	137,0	48,0	36,0	122,0	100,0	88,0	106,0	205,0	127,0	75,0	1222,0
1961													
1962													
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974	24,0	79,0	77,0	106,0	69,0	111,0	22,0	56,0	64,0	83,0	52,0	/	743,0
1975	58,6	42,9	123,8	33,0	108,7	88,0	76,0	94,0	121,0	146,3	112,2	87,0	1091,5
1976	5,0	76,0	20,0	62,0	48,0	13,0	287,0	190,0	145,0	250,0	82,0	53,0	1231,0
1977													
1978													
1979	115,0*	88,0	84,0	104,0	12,0	44,0	36,0	99,0	131,8	128,4	80,8	86,4	1009,4
1980	64,8	15,6	141,8	31,6	97,4	200,6	18,4	23,2	35,2	232,4	138,6	34,2	1033,8
1981	10,6	1,2	47,6	48,2	93,4	80,0	150,0	149,8	137,0	116,4	1,6	101,8	937,6
1982	16,0	22,4	44,4	20,2	87,2	27,8	100,0	140,0*	40,0*	220,0*	175,8	62,4	956,2
1983	5,0	31,2	85,0	64,2	115,2	51,0	23,0	50,4	79,0	46,6	0,0	108,8	659,4
1984	40,0	72,0	72,8	99,4	225,2	38,0	24,8	222,6	64,6	89,6	95,6	75,6	1120,2
1985	152,8	18,4	197,2	34,4	99,2	76,2	17,6	58,8	32,2	48,8	98,0	52,0	885,6
1986	54,2	98,4	57,0	87,0					67,8	29,8	54,0	25,6	473,8
1987	82,2	149,4	30,6	74,6	69,8	95,0	57,6	59,6	43,8	32,8	62,4	73,5	831,3
1988	78,2	42,2	50,6	85,2	123,4	138,6	45,2	45,6	32,0	78,6	/	31,2	750,8
1989	2,8	59,4	25,2	169,6	33,6	85,0	190,2	104,6	93,4	/	15,0	5,6	784,4
1990	4,4	16,0	63,8	107,5	46,0	121,4	35,6	99,6	58,6	131,4	46,0	62,2	792,5
1991	28,4	28,0	57,8	58,0	109,6	53,8	52,0	46,0	69,0	188,6	89,8	7,0	788,0
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	25,0												

Stazione	Ghedì (Bacino tra Mincio e Oglio)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950													
1951	99,4	109,4	87,4	42,8	110,0	78,0	65,0	80,8	105,4	39,4	137,8	58,4	1013,8
1952	16,4	28,6	20,0	49,6	30,8	30,0	54,0	57,0	27,6	65,2	50,4	42,8	472,4
1953	4,4	10,4	/	81,8	23,2	30,6	71,6	106,8	120,2	403,4	12,2	45,2	909,8
1954	44,2	50,8	64,4	90,8	117,2	71,8	17,0	56,0	46,0	42,0	62,8	51,4	714,4
1955	26,2	82,0	51,4	/	41,0	57,4	104,8	46,0	101,0	34,8	57,8	36,2	638,6
1956	38,4	3,4	47,6	69,6	58,8	43,0	31,8	16,0	73,0	44,6	63,0	2,6	491,8
1957	48,8	74,0	18,0	69,6	71,8	111,2	27,8	36,0	39,8	44,6	85,6	35,2	662,4
1958	22,0	37,0	33,6	166,2	17,0	100,2	13,0	30,0	3,0	54,6	93,8	90,6	661,0
1959	9,8	1,2	60,8	66,8	119,2	91,2	29,2	137,4	51,0	103,6	156,0	155,8	982,0
1960	43,0	90,8	99,2	23,6	18,2	51,6	64,0	77,0	75,2	174,4	93,4	68,4	878,8
1961	53,0	13,2	2,0	96,6	47,6	31,2	80,6	39,2	8,0	60,4	67,7	37,6	537,1
1962	40,0	48,4	85,2	102,6	118,8	47,0	50,0	12,0	9,0	67,0	191,8	38,0	809,8
1963	52,2	104,0	124,4	111,2	176,4	117,8	43,2	74,8	113,0	10,2	189,4	54,4	1171,0
1964	36,2	60,4	124,6	132,8	107,8	86,6	59,2	98,6	23,8	207,8	53,2	105,2	1096,2
1965	80,8	0,8	102,0	85,4	97,4	116,8	137,2	117,2	130,6	28,2	144,2	26,4	1067,0
1966	38,2	58,4	21,4	116,8	20,6	25,6	98,8	186,0	122,4	250,6	142,0	33,6	1114,4
1967	15,0	40,0	49,8	75,4	46,8	47,6	33,4	187,2	66,8	25,6	79,4	24,0	691,0
1968	14,6	140,0	12,6	30,0	115,0	146,0	47,0	209,2	50,0	59,2	140,2	75,0	1038,8
1969	38,0	107,6	41,6	74,8	12,0	165,6	17,2	83,4	65,8	0,6	84,0	24,6	715,2
1970	117,0	37,6	103,6	17,0	73,6	60,4	76,0	137,0	9,0	64,6	93,6	54,8	844,2
1971	106,4	51,2	71,4	46,6	109,4	81,2	62,2	34,8	19,6	35,8	105,8	47,8	772,2
1972	134,2	167,8	62,8	56,4	58,6	44,8	127,4	59,6	106,4	30,4	45,8	89,2	983,4
1973	101,8	32,6	14,4	63,2	17,4	178,2	42,6	133,0	100,4	65,0	39,8	33,8	822,2
1974	49,2	58,8	57,2	79,8	61,6	99,6	11,4	68,8	100,8	70,2	20,4	8,6	686,4
1975	53,0	43,6	>>	26,8	138,0	106,0	>>	86,0	>>	>>	>>	>>	
1976	12,0	59,6	13,4	42,2	21,6	3,8	134,0	120,4	167,4	270,6	107,9	51,4	1004,3
1977	23,6	35,8	66,8	48,4	110,0	31,4	96,6	159,8	12,6	51,0	24,8	66,0	726,8
1978	115,6	>>	41,2	68,4	95,2	>>	50,8	59,0	16,4	67,2	14,8	35,0	
1979	25,2	40,8	60,0	79,4*	12,0	34,2	12,8	99,0	104,6	139,2	64,2	81,4	752,8
1980	47,8	0,0	85,4	27,4	70,4	151,0	21,8	25,2	41,8	185,4	115,0	27,2	798,4
1981	4,2	1,8	40,0	35,2	90,0*	51,2	112,2	70,2	129,0	122,0	1,2	76,0	733,0
1982	14,4	19,0	33,6	13,8	65,2	17,4	91,4	120,0	29,8	190,2	146,4	51,8	793,0
1983	4,6	20,6*	68,2	57,6	79,2	30,0	17,2	43,2	57,0	45,8	0,4	90,0	513,8
1984	28,4	59,6*	65,6	90,8	173,6	52,6	28,8	91,0	61,6	52,2	65,6	61,4	831,2
1985	140,0*	20,0*	112,4	22,8	88,8	67,0	17,6	23,2	29,8	50,0*	70,8	34,2	676,6
1986	32,6	70,4	42,4	90,0*	100,0*	82,0	78,6	8,6	38,2	17,0	49,4	16,8	626,0
1987	23,4	129,8	16,4	65,4	>>	50,2	38,4	20,8	44,8	61,2	57,0	52,4	
1988	80,0	42,4	57,4	71,8	146,2	81,2	51,8	23,4	11,4	36,8	15,2	36,0	653,6
1989													
1990													
1991	33,8	17,8	18,6	32,8	93,4	33,6	30,6	27,0	41,2	174,6	64,8	0,6	568,8
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n. dati	39,0												

Stazione	Borgonato(bacino Oglio)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno													mm
1950													
1951	115,8	158,8	83,4	25,2	83,0	49,2	114,6	134,2	96,8	56,0	212,4	41,0	1170,4
1952	16,6	25,2	32,4	102,0	54,4	48,0	105,4	69,0	2,0	53,2	101,6	46,4	656,2
1953	2,6	8,0	/	89,2	26,2	113,4	88,2	76,8	198,4	368,6	6,4	30,8	1008,6
1954	7,6	40,4	90,6	60,8	118,6	116,0	45,2	150,6	35,0	58,0	78,8	80,6	882,2
1955	16,8	87,6	66,4	/	69,6	96,8	219,8	107,2	97,4	45,4	83,2	37,0	927,2
1956	59,4	4,8	87,6	140,6	121,2	80,8	112,4	37,0	93,8	68,8	54,0	1,4	861,8
1957	60,4	91,6	16,2	84,8	130,0	103,6	60,0	31,4	73,6	96,6	108,0	67,8	924,0
1958	18,4	70,4	27,0	149,8	42,4	151,6	18,4	38,2	29,8	108,4	66,4	157,4	878,2
1959	21,8	2,0	100,4	125,2	76,6	144,4	77,0	196,6	130,2	92,0	169,4	141,6	1277,2
1960	71,6	100,8	79,2	43,6	37,0	120,4	144,2	77,6	204,0	285,8	101,0	104,4	1369,6
1961	83,2	18,8	6,2	134,2	56,4	72,6	164,1	5,8	23,0	149,8	139,6	73,8	927,5
1962	57,6	30,6	62,6	125,0	226,0	72,2	43,2	27,2	14,0	86,4	147,2	53,4	945,4
1963	97,0	47,2	106,6	123,4	104,6	73,6	50,0	266,8	90,0	31,2	244,6	57,0	1292,0
1964	10,6	73,4	167,6	117,4	70,4	103,6	71,4	175,0	8,2	201,8	57,4	99,2	1156,0
1965	84,0	0,4	85,6	58,6	141,2	131,6	113,6	107,6	174,2	34,6	123,0	33,8	1088,2
1966	19,0	41,8	2,6	118,6	54,2	42,6	163,2	162,6	95,0	252,8	134,4	37,0	1123,8
1967	9,0	62,4	41,6	54,8	64,2	68,2	63,2	105,2	60,6	70,0	121,8	8,2	729,2
1968	10,8	160,0	11,2	34,8	105,2	135,8	97,6	207,2	57,2	74,8	124,6	41,4	1060,6
1969	80,2	80,6	56,8	71,8	94,4	93,4	21,2	97,8	81,6	/	74,8	8,6	761,2
1970	205,0	26,8	85,2	72,8	103,2	44,2	61,2	109,4	21,4	58,6	167,4	33,2	988,4
1971	119,4	31,8	90,0	51,6	155,6	144,6	53,4	44,8	30,6	21,2	125,8	40,6	909,4
1972	98,8	132,0	87,0	89,2	88,2	127,0	130,6	68,8	117,2	59,6	29,4	78,4	1106,2
1973	67,4	10,2	4,0	77,4	30,0	133,2	162,4	127,0	27,6	92,0	36,2	41,8	809,2
1974	38,2	80,0	61,4	103,8	61,0	86,2	22,8	70,8	104,0	76,8	64,8	11,6	781,4
1975	109,0	49,6	120,6	34,8	>>	151,2	54,2	95,2	>>	122,8	119,8	85,2	
1976	14,0	31,2	10,2	45,6	52,8	54,0	129,8	186,2	208,0	259,4	89,8	35,6	1116,6
1977	108,2	118,8	100,4	68,6	207,2	136,2	237,6	188,8	50,8	92,0	26,0	46,2	1380,8
1978	124,2	84,8	33,6	93,0	105,8	50,8	44,6	79,4	10,8	62,2	38,0	67,2	794,4
1979	36,4	53,0	136,4	115,6	16,0	53,0	48,8	203,8	194,8	165,4	92,2	86,6	1202,0
1980	40,6	12,0	99,8	4,6	110,0*	73,6	38,4	8,0	2,0	163,2	124,8	16,0	693,0
1981	2,6*	2,0	63,0	38,0	141,8*	33,2	96,4	67,8	146,8	56,6	2,2	28,0	678,4
1982													
1983	0,0	21,0*	78,0*	82,0	97,0*	36,8	58,0	63,8	44,8	48,4	0,8	106,8*	637,4
1984	19,6	64,2	93,8	92,8	220,0	89,0	64,4	92,0	108,0	83,8	78,6	78,0	1084,2
1985	>>	13,4	223,0	>>	70,0	97,0	43,0	71,8	46,4	54,4	115,8	60,4	
1986	49,8	97,4	37,4	125,2	66,0	101,8	54,6	43,2	31,8	12,2	50,6	15,4	685,4
1987	>>	101,6	28,6	103,8	>>	53,4	98,0	79,4	46,2	92,8	42,2	44,6	
1988	119,2	34,8	42,0	70,4	225,8	165,0	82,4	51,4	24,2	148,2	3,2	34,0	1000,6
1989	27,4	66,6	39,4	274,8	55,0	122,0	178,6	143,2	102,0	28,0	23,8	14,2	1075,0
1990	31,8	20,0	51,4	122,2	111,4	141,4	93,0	56,8	40,0	106,4	87,2	54,2	915,8
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	39,0												

Stazione	Brescia (bacino Oglio)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950	33,0	54,0	21,0	140,0	48,0	49,0	12,0	19,0	58,0	67,0	91,0	131,0	723,0
1951	86,0	126,8	68,6	43,6	92,6	68,0	139,6	69,6	155,0	37,8	96,2	31,0	1014,8
1952	9,0	24,2	28,0	56,4	56,0	56,8	33,2	47,6	33,8	59,2	49,6	43,8	497,6
1953	2,4	15,0	/	106,0	71,0	72,0	77,9	52,5	211,0	449,8	8,5	30,0	1096,1
1954	40,2	54,6	61,4	87,4	119,2	160,4	23,4	59,6	17,4	53,0	71,2	32,5	780,3
1955	25,0	71,1	31,1	/	72,0	97,0	197,3	162,5	55,5	30,0	75,0	41,3	857,8
1956	54,4	6,5	84,8	100,1	114,5	74,6	98,2	30,7	84,8	104,4	69,1	5,3	827,4
1957	71,3	105,8	24,6	99,5	131,7	162,3	61,6	33,0	51,0	80,2	147,0	59,2	1027,2
1958	34,0	83,9	39,6	237,4	29,1	197,5	33,3	113,5	1,2	126,3	94,2	155,6	1145,6
1959	26,2	1,4	97,2	125,1	98,9	89,5	118,9	209,2	130,3	169,9	198,8	191,3	1456,7
1960	56,7	84,4	116,7	44,6	30,3	157,1	139,4	118,5	244,1	238,9	111,3	106,2	1448,2
1961	75,9	16,0	6,0	96,1	79,8	65,8	155,2	21,1	29,6	167,6	166,3	90,6	970,0
1962	41,0	34,4	72,7	120,7	207,5	35,2	48,0	30,9	10,5	75,6	152,3	43,6	872,4
1963	98,5	74,4	107,4	98,2	162,9	180,5	100,9	202,4	100,1	25,9	177,3	55,0	1383,5
1964	5,6	46,0	166,6	91,2	90,8	77,4	27,9	99,3	9,0	178,1	50,7	104,7	947,3
1965	60,3	/	92,2	78,3	120,6	105,6	120,0	102,0	139,2	20,5	134,0	37,1	1009,8
1966	31,9	51,7	7,5	127,3	51,9	30,8	121,6	254,7	54,7	216,2	145,0	24,2	1117,5
1967	11,6	82,0	30,9	88,5	52,8	113,0	31,2	133,6	72,8	54,5	95,1	30,1	796,1
1968	8,4	165,8	10,0	24,2	141,7	145,7	61,3	239,7	61,1	50,6	129,7	65,9	1104,1
1969	65,4	89,9	49,7	66,8	73,1	152,5	31,0	67,8	96,5	/	81,8	24,6	799,1
1970	104,1	25,6	91,1	38,1	90,0	70,7	56,5	129,9	9,6	62,5	114,8	21,1	814,0
1971	116,4	50,8	66,4	48,3	118,8	218,9	61,2	46,8	19,4	23,7	99,3	47,0	917,0
1972	97,8	183,5	62,9	83,6	78,7	135,7	152,1	41,7	72,2	47,2	45,6	76,4	1077,4
1973	104,5	35,9	15,2	64,3	22,3	132,3	189,4	74,0	105,5	89,9	36,2	52,2	921,7
1974	33,1	91,2	59,8	77,4	106,4	64,2	16,8	102,2	90,7	59,9	5,5	89,2	796,4
1975	71,8	40,1	139,6	31,4	139,8	180,1	67,8	115,0	185,6	153,8	179,6	67,3	1371,9
1976	0,6	43,7	13,2	91,2	37,3	22,0	173,7	158,3	214,4	339,5	96,8	50,7	1241,4
1977	176,4	111,2	97,6	70,2	192,5	84,5	194,7	163,0	89,5	32,4	24,1	72,7	1308,8
1978	123,6	121,3	43,0	128,3	93,8	145,0	75,2	141,8	38,2	73,8	28,3	95,0	1107,3
1979	89,2	83,7	133,3	118,0	18,0	54,6	17,2	140,5	117,2	174,1	73,1	95,8	1114,7
1980	62,8	24,4	156,8	44,4	100,2	102,0	31,0	14,6	14,2	211,8	116,2	24,0	902,4
1981	2,6	3,0	41,6	60,3	125,2	109,2	142,7	59,6	143,0	120,0	1,6	71,7	880,5
1982	14,8	22,0	55,0	13,2	105,4	96,2	109,4	230,2	12,6	211,2	160,4	55,4	1085,8
1983	2,4	26,0	87,2	73,0	73,4	30,0	28,6	54,0	96,8	54,4	0,4	105,6	631,8
1984	26,8	71,6	72,8	84,0	193,2	63,2	37,2	120,6	127,0	67,0	66,0	77,4	1006,8
1985	182,8	15,0	194,8	40,8	125,6	73,2	75,8	69,2	27,0	25,4	144,2	56,4	1030,2
1986	113,4	101,4	42,9	105,9	96,7	84,0	69,7	25,3	50,5	15,6	51,5	19,7	776,6
1987	109,1	167,4	32,2	89,4	96,6	56,3	38,3	60,5	42,0	129,9	56,1	46,2	924,0
1988	77,4	51,6	69,1	96,9	226,2	92,2	45,2	10,2	25,8	91,4	10,8	39,9	836,7
1989	6,4	83,4	43,0	233,5	20,8	175,4	229,9	123,2	86,9	21,0	40,6	7,0	1071,1
1990	26,4	17,2	70,4	107,2	104,8	90,4	80,4	15,0	30,4	118,8	73,8	75,0	809,8
1991	35,6	27,1	61,0	61,0	106,6	50,8	100,9	40,7	77,3	205,2	98,0	2,5	866,7
1992	23,0	27,1	15,2	115,8	94,4	173,2	45,6	35,6	103,2	284,2	44,8	89,4	1051,5
1993	0,4	4,0	67,2	60,2	46,0	73,4	66,6	108,6	251,7	266,6	80,8	32,8	1058,3
1994	67,8	35,2	11,6	84,8	90,6	46,2	98,5	87,0	243,6	71,4	103,2	58,6	998,5
1995	49,0	109,6	45,8	75,8	147,4	123,6	17,2	138,4	180,0	23,0	60,4	178,5	1148,7
1996	142,6	72,4	35,8	65,0	84,6	106,8	98,0	128,5	46,6	76,6	157,6	151,3	1165,8
1997	102,2	6,2	11,4	34,2	28,0	190,1	61,4	87,2	0,0	23,8	122,4	159,5	826,4
1998													
1999													
2000													
n° dati	49,0												

Stazione	Calcio (bacino Oglio)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950													
1951													
1952													
1953													
1954													
1955													
1956													
1957													
1958													
1959													
1960													
1961													
1962													
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980	34,2	35,2	124,8	12,8	73,2*	110,8	24,8	35,2	19,4	191,2	138,8	24,6	825,0
1981	3,6	4,0	33,0	45,0	136,0	55,0	107,0	92,0	177,0	141,0	0,0	78,0	871,6
1982	23,2*	27,0	96,0	10,2	130,2	54,0	117,4	172,6	31,2	281,4	123,0	62,4	1128,6
1983	1,2	29,0	95,8	95,6	126,4	24,0	15,2	37,4	56,8	28,2	0,0	94,2	603,8
1984	24,8	64,6	86,6	77,8	188,8	121,2	35,2	89,0	93,8	65,2	88,8*	65,2	1001,0
1985	81,8	28,0	194,2	29,4	139,6	82,8	20,0*	41,4	19,0	30,0*	100,0*	73,6	839,8
1986	69,0	127,8	50,0*	121,4	78,0	136,6	17,6	43,2	82,6	16,2	61,6	25,0*	829,0
1987	118,4	187,8	20,8	88,0	177,4	68,0	62,2	75,8	47,0	132,4	51,8	66,0	1095,6
1988													
1989	9,6	62,8	49,8	195,4	22,8	81,0	115,2	159,4	64,4	31,4	37,0	10,4	839,2
1990	26,6	2,6	57,2	183,0	142,6	47,4	77,0	19,8	16,0	119,4	91,8	40,0	823,4
1991	53,8	23,8	45,6	79,0	112,0	31,0	65,6	45,2	128,6	165,0	84,2	1,6	835,4
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	11,0												

Stazione	Chiari(bacino Oglio)													
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo	
Anno	mm													
1950														
1951	129,2	183,5	84,5	39,6	116,8	35,8	119,8	170,0	102,3	77,8	177,2	59,8	1296,3	
1952	19,0	15,0	36,4	82,6	37,4	99,6	89,8	38,2	52,6	81,8	48,0	56,6	657,0	
1953	/	/	113,5	18,0	98,5	109,5	112,0	201,0	487,0	10,0	46,0	5,5	1201,0	
1954	42,5	1,9	63,8	100,4	84,6	35,2	150,4	20,6	42,6	63,2	70,0	124,8	800,0	
1955	23,0	95,8	38,0	/	94,0	89,5	243,5	104,5	89,5	47,0	95,0	41,5	961,3	
1956	51,2	3,4	121,4	168,4	179,6	127,2	154,4	49,4	64,8	75,2	98,4	2,8	1096,2	
1957	53,5	108,0	26,0	102,5	151,7	91,2	78,0	34,0	59,5	61,0	107,0	71,5	943,9	
1958	36,6	84,6	64,2	280,8	69,6	182,4	29,0	79,2	10,8	222,2	116,2	245,6	1421,2	
1959	18,0	3,6	150,2	100,7	104,4	156,2	122,0	230,6	169,4	110,4	208,8	223,8	1598,1	
1960	78,0	93,8	102,4	69,5	22,0	153,0	88,0	121,8	249,8	271,6	174,8	110,4	1535,1	
1961	87,5	21,2	4,0	138,8	75,2	119,2	138,0	12,2	16,8	110,2	130,2	78,6	931,9	
1962	34,2	38,0	93,2	116,8	201,6	61,0	40,0	46,8	6,0	90,8	151,6	23,0	903,0	
1963	113,8	50,0	114,8	102,8	118,6	137,2	78,4	157,8	113,8	28,8	173,0	29,6	1218,6	
1964	20,0	77,2	180,6	88,0	86,2	105,6	75,8	111,0	12,2	172,6	46,2	89,2	1064,6	
1965	70,5	/	90,6	62,6	140,6	173,4	93,0	102,6	142,6	22,8	148,4	38,8	1085,9	
1966	10,6	40,2	16,0	121,0	22,6	16,2	107,0	173,2	112,2	218,2	127,8	25,6	990,6	
1967	13,4	84,2	32,6	84,8	57,8	112,2	71,6	150,0	67,4	54,0	112,6	17,6	858,2	
1968	7,0	142,4	10,0	38,8	115,6	129,8	105,6	255,0	52,4	76,8	137,0	50,8	1121,2	
1969	58,0	69,6	72,5	89,0	52,0	132,5	25,0	89,0	108,0	/	73,0	10,5	779,1	
1970	130,0	26,2	117,8	38,0	90,2	49,6	55,4	186,0	47,4	65,2	162,4	52,6	1020,8	
1971	122,0	37,4	83,4	52,6	159,4	119,6	76,0	72,6	13,2	20,8	102,4	64,0	923,4	
1972	13,0	149,8	58,2	108,4	72,0	104,4	223,6	81,8	103,8	49,0	33,8	88,0	1085,8	
1973	65,0	42,0	9,8	55,8	27,0	114,4	128,6	63,2	73,0	88,4	31,2	45,4	743,8	
1974	36,4	77,0	65,0	85,0	62,4	50,8	32,0	58,8	56,4	53,8	67,4	11,0	656,0	
1975	94,6	5,6	83,2	39,4	145,4	144,4	81,2	76,4	238,4	132,4	131,6	>>		
1976	7,0	24,0	17,0	53,0	37,5	26,0	129,2	166,4	213,4	245,6	110,0	42,2	1071,3	
1977														
1978														
1979	47,8	96,0	120,8	117,2	12,4	79,2	29,0	144,4	169,6	137,8	75,6	82,0	1111,8	
1980	52,2	26,4	135,6	5,6	82,0	130,0	38,2	21,6	19,6	150,4	77,2	18,6	757,4	
1981	2,6	3,6	44,8	27,8	128,2	49,6	108,8	74,6	139,4	128,4	0,8	48,0	756,6	
1982	14,0	25,2	85,0	12,2	101,8	61,8	90,4	126,2	32,2	232,4	121,0	53,6	955,8	
1983	1,0	36,2	75,4	79,6	102,6	15,2	31,4	36,6	49,2	22,4	2,2	84,2	536,0	
1984														
1985	67,6	13,8	>>	>>	133,2	62,8	35,6	61,2	51,0	41,8	122,8	61,0		
1986	57,6	114,0	35,2	110,0	59,0	105,4	63,4	22,0	68,4	10,6	46,2	19,8	711,6	
1987	110,0	153,4	17,0	58,4	103,2	39,6	53,8	47,6	49,2	104,4	42,4	58,4	837,4	
1988	89,4	21,0	28,8	55,6	104,8	107,6	74,8	45,6	19,2	119,2	2,0	36,0	704,0	
1989	1,0	32,6	41,4	171,6	18,4	76,0	95,0	103,6	73,8	18,0	28,8	5,0	665,2	
1990														
1991	27,4	25,0	113,0	76,8	102,0	32,6	43,8	18,4	92,2	141,4	67,4	0,2	740,2	
1992														
1993														
1994														
1995														
1996														
1997														
1998														
1999														
2000														
n° dati	37,0													

Stazione	Concesio (bacino Oglio)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno													mm
1950	241,0	382,0	258,0	70,0	230,0	156,0	128,0	151,0	126,0	76,0	275,0	51,0	2144,0
1951													
1952	35,0	23,0	32,0	124,0	55,0	49,0	51,0	69,0	87,0	140,0	25,0	1,0	691,0
1953	>>	>>	>>	>>	>>	>>	36,0	>>	>>	>>	>>	>>	
1954	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	
1955	>>	>>	>>	/	>>	127,0	132,0	143,0	85,0	43,0	80,0	59,0	869,0
1956	17,0	9,2	51,0	150,0	108,0	86,0	129,0	49,0	80,0	94,0	48,0	24,0	845,2
1957	66,0	77,0	30,0	86,0	175,0	127,0	84,0	29,0	35,0	47,0	128,0	128,0	1012,0
1958	30,0	95,0	20,0	259,0	47,0	100,0	27,0	56,0	8,0	55,0	81,0	100,0	878,0
1959	17,0	4,0	120,0	99,0	200,5	223,0	55,6	346,1	80,6	208,9	209,0	338,7	1902,4
1960	113,9	121,1	173,2	55,0	153,1	140,0	288,8	221,6	249,5	457,5	245,9	205,2	2424,8
1961	158,4	12,0	2,0	174,8	328,4	301,8	104,2	61,2	51,0	136,5	190,9	144,9	1666,1
1962	116,0	31,2	77,7	194,0	195,8	215,2	130,4	11,0	19,0	90,0	185,0	50,0	1315,3
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968	8,0	100,0	46,0	59,7	156,0	179,0	87,0	335,0	60,0	77,0	164,0	56,0	1327,7
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974	51,0	125,0	84,0	89,0	94,0	96,0	26,0	65,0	108,0	76,0	72,0	/	886,0
1975	99,0	34,0	165,0	50,0	165,0	98,0	84,0	175,0	203,0	155,0	197,0	36,5	1461,5
1976	34,0	16,0	20,0	109,0	80,0	33,0	262,0	183,0	235,0	315,1	113,0	61,0	1461,1
1977	174,0	14,9	116,0	67,0	266,0	159,0	183,0	222,0	85,0	63,0	31,0	73,0	1453,9
1978	173,6	114,0	52,2	100,0	121,0	91,0	36,0	149,0	15,0	80,0	30,0	108,2	1070,0
1979	134,0	86,0	151,0	137,0	25,0	84,0	23,0	179,0	125,0	208,0	74,0	141,0	1367,0
1980													
1981	0,0	2,8	73,0	53,0	152,0	81,0	159,0	114,0	167,0	156,0	0,0	89,0	1046,8
1982	25,0	17,0	87,0	18,0	162,0	106,0	110,0	288,0	12,0	229,0	156,0	79,0	1289,0
1983													
1984													
1985													
1986													
1987													
1988													
1989	4,0	66,0	42,0	239,0	41,0	112,0	296,0	94,0	115,0	18,0	35,0	14,0	1076,0
1990	28,0	21,0	71,0	110,0	101,0	125,0	70,0	23,0	42,0	81,0	85,0	125,0	882,0
1991	>>	>>	>>	71,0	131,0	164,0	98,0	55,0	61,0	198,0	96,0	>>	
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	22,0												

Stazione	Rovato (bacino Oglio)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950													
1951													
1952													
1953													
1954													
1955													
1956													
1957													
1958													
1959													
1960													
1961													
1962													
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980													
1981													
1982	12,6	21,4	81,8	8,0	111,2	88,2	88,8	133,0	48,2	197,2	123,2	59,0	972,6
1983													
1984	18,0	51,8	62,6	75,4	159,0	84,8	23,2	77,0	65,0	82,2	57,2	62,6	818,8
1985	>>	10,2	135,4	28,4	159,8	97,2	17,4	58,4	45,2	40,0	112,2	51,8	
1986	102,2	62,4	39,1	107,0	26,8	70,8	62,4	37,2	66,8	15,0	55,0	19,0	663,7
1987	19,0	176,8	22,4	67,8	119,9	44,3	40,2	66,1	26,9	106,8	47,4	39,2	776,8
1988	105,3	25,1	57,2	42,7	103,4	112,3	70,4	30,2	11,4	111,7	14,4	11,8	695,9
1989	0,2*	36,4	32,5	163,5	18,7	45,8	100,1	138,0	66,6	34,4	30,8	13,2	680,2
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	7,0												

Stazione	Sarnico (bacino Oglio)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950													
1951													
1952													
1953													
1954													
1955													
1956													
1957													
1958													
1959													
1960	83,0	109,0	107,0	56,0	36,0	180,0	123,0	150,0	279,0	248,0	132,0	111,0	1614,0
1961	95,0	23,0	6,0	134,0	67,0	91,0	147,0	13,0	37,0	139,0	156,0	70,0	978,0
1962	80,0	32,0	75,0	143,0	215,0	111,0	105,0	25,0	23,0	76,8	162,5	53,0	1101,3
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974	34,0	106,0	75,0	87,0	65*	59,0	25*	95,0	106,0	67,0	70,0	19,0	808,0
1975	94,0	47,5	131,0	41,0	128,0	187,0	81,0	96,0	189,0	133,0	145,8	85,0	718,0
1976	18,0	24,0	12,0	82,0	82,0	>>	270,0	304,0	199,0	242,6	136,6	50,6	
1977	222,4	149,8	112,6	79,2	257,8	91,0	243,6	185,4	115,4	143,4	30,6	45,6	1676,8
1978	146,6	115,8	58,6	93,4	146,2	77,6	38,8	90,0	6,6	66,0	21,6	86,2	947,4
1979	97,6	67,0	211,6	156,6	23,8	95,8	52,4	210,0	255,0	194,6	99,6	106,4	1570,4
1980	44,0	29,4	108,2	5,6	110,2	106,4	39,6	31,6	6,0	250,8	103,4	18,6	853,8
1981	2,6	2,8	80,6	48,4	190,2	58,4	103,8	64,0	177,0	123,0	1,4	56,8	909,0
1982	21,2	17,6	73,6	12,0	86,2	103,2	100,8	281,0	30,6	243,2	160,0	74,4	1203,8
1983	0,6	19,8	84,4	122,2	145,8	32,6	69,8	85,6	53,0	36,0	0,8	116,2	766,8
1984	17,0	45,0	86,4	80,8	252,6	95,0	48,2	123,0	102,6	67,6	84,2	69,0	1071,4
1985	0,4	>>	>>	67,8	198,2	141,6	>>	62,8	16,8	>>	75,0	43,6	
1986	52,2	101,4	36,0	116,0	53,8	71,8	63,4	57,0	142,8	13,2	67,4	13,2	788,2
1987	>>	168,8	31,6	101,6	112,6	78,6	55,0	106,6	37,2	90,2	42,6	4,2	
1988	103,0	28,8	35,0	79,2	193,8	158,0	87,2	91,2	21,4	146,2	3,6	34,4	981,8
1989	6,2	85,0	45,2	262,2	46,6	179,0	195,8	112,6	158,0	26,0	31,2	14,4	1162,2
1990	36,0	23,4	37,0	172,4	99,6	131,4	100,6	58,4	38,8	111,8	124,4	50,8	984,6
1991	45,2	14,6	72,0	73,8	93,6	108,6	98,0	4,2	86,8	153,2	79,4	2,2	831,6
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	21,0												

Stazione	Bergamo (bacino Adda)												Totale annuo
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Anno	mm												
1950	50,0	75,0	25,0	216,0	33,0	82,0	79,0	164,0	86,0	52,0	175,0	159,0	1196,0
1951	136,0	196,6	125,6	91,4	168,4	98,8	169,0	130,6	141,2	119,2	305,0	50,6	1732,4
1952	22,6	28,6	40,8	148,6	62,8	129,4	115,2	97,6	121,0	194,2	54,2	47,0	1062,0
1953	10,8	7,2	/	113,8	37,0	131,0	157,0	144,4	134,0	429,8	19,2	33,0	1217,2
1954	23,0	47,0	104,6	63,4	161,4	147,0	35,2	145,6	58,8	44,2	71,2	85,6	987,0
1955	38,4	59,8	78,0	/	84,8	101,4	188,2	122,6	127,0	61,8	99,8	45,0	1006,8
1956	54,0	12,4	147,0	264,4	57,8	107,0	120,0	58,4	140,2	31,0	59,8	/	1052,0
1957	94,8	56,0	21,8	115,6	172,2	262,8	84,2	71,6	21,8	151,0	159,2	112,0	1323,0
1958	24,6	74,6	34,4	175,4	51,6	158,6	15,4	42,6	40,8	114,8	84,0	211,2	1028,0
1959	18,2	8,0	132,2	125,0	118,2	252,8	282,0	128,6	87,6	140,2	209,4	177,6	1679,8
1960	83,6	109,0	93,0	52,8	58,4	236,0	119,6	88,6	318,2	273,0	192,2	121,2	1745,6
1961	101,2	29,4	7,6	159,8	126,2	113,2	105,4	11,6	39,6	92,2	180,2	56,6	1023,0
1962	73,8	32,6	78,0	132,8	139,2	30,0	58,0	39,0	15,0	82,0	145,0	61,2	886,6
1963	87,2	45,2	113,6	134,2	111,2	125,6	165,6	321,6	106,6	58,0	251,8	62,8	1583,4
1964	30,4	67,4	164,4	127,0	65,2	90,0	87,6	151,6	5,0	190,2	52,2	81,2	1112,2
1965	91,6	1,0	111,8	45,8	160,4	160,2	105,0	199,6	219,4	35,0	139,4	38,8	1308,0
1966	17,0	68,4	15,2	174,2	111,0	35,0	167,8	134,8	63,8	368,4	160,2	73,4	1389,2
1967	10,4	83,6	78,4	93,4	88,0	76,0	60,0	53,8	73,4	92,6	191,6	10,8	912,0
1968	19,4	240,6	22,8	83,6	134,6	192,0	185,4	314,2	86,0	89,6	173,8	52,6	1594,6
1969	123,6	112,8	81,6	74,2	71,6	137,6	50,4	150,4	96,4	2,4	137,6	9,2	1047,8
1970	171,0	32,2	118,4	85,4	120,0	63,8	72,4	170,6	32,2	30,4	236,2	49,2	1181,8
1971	113,6	72,6	139,8	64,6	173,2	141,4	91,6	54,6	64,4	4,6	155,2	45,6	1121,2
1972	112,2	170,8	145,4	239,8	110,6	188,8	126,0	104,2	164,4	58,2	19,0	100,0	1539,4
1973	81,2	16,2	1,6	85,8	60,8	151,0	193,8	112,8	95,0	136,8	31,2	84,6	1050,8
1974	48,4	171,4	70,0	113,6	66,6	75,4	25,6	134,8	94,2	57,8	65,0	12,6	1070,2
1975	106,4	44,2	109,6	25,4	162,0	109,8	22,4	151,8	211,8	162,0	138,0	90,6	1334,0
1976	14,0	46,4	15,0	47,0	55,6	17,2	131,6	217,4	225,6	270,4	117,4	51,4	1209,0
1977	202,5	156,0	106,8	97,4	187,6	108,3	212,2	164,0	81,8	142,6	27,0	69,8	1556,0
1978	169,4	140,2	36,4	65,6	168,0	101,4	84,4	69,8	1,0	28,6	13,4	89,4	967,6
1979	100,6	80,6	189,3	118,4	15,4	81,6	37,8	162,4	130,4	206,0	79,8	100,6	1492,2
1980	31,0	32,0	105,2	8,2	127,6	90,6	36,0	>>	8,4	225,0	96,0	10,0	
1981	1,0	0,0	190,0	39,4	184,0	31,8	57,4	81,0	167,6	77,0	2,2	99,0	930,4
1982	22,8	19,6	70,2	8,0	96,4	62,2	185,6	154,6	59,6	254,8	178,2	79,8	1191,8
1983	0,0	27,8	100,8	86,0	120,6	61,4	21,2	70,2	27,8	32,4	1,4	144,8	694,4
1984	17,8	59,4	108,4	192,2	281,8	120,2	15,4	113,6	157,2	109,4	73,8	61,6	1310,8
1985	114,2	3,0	151,8	39,4	134,8	83,0	13,8	7,6	18,8	26,0	117,4	68,8	778,6
1986	90,2	93,4	25,2	69,0	64,4	60,4	17,4	43,8	40,6	8,6	56,6	12,4	582,0
1987	47,8	155,6	19,4	>>	>>	91,0	67,4	74,8	27,6	>>	>>	>>	
1988	109,6	38,4	30,4	101,2	173,8	193,0	34,4	56,2	34,2	202,0	/	40,0	1013,2
1989													
1990	36,4	27,8	20,0	180,6	103,6	99,6	82,6	31,6	21,0	>>	106,4	53,4	
1991	48,8	>>	>>	93,6	>>	56,8	76,0	>>	147,6	>>	98,6	/	
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	41												

Stazione	Crema (bacino Adda)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950													
1951	114,0	89,0	42,4	14,6	46,2	27,8	75,4	87,8	74,4	91,6	124,4	46,0	833,6
1952	8,8	19,0	19,8	66,4	41,4	23,2	67,4	47,0	32,2	68,4	70,2	42,8	506,6
1953	8,2	1,4	/	91,6	16,6	80,8	38,4	120,8	74,6	421,2	10,2	48,6	912,4
1954	17,0	51,4	64,0	95,8	118,6	101,4	61,4	84,2	11,8	33,8	36,2	29,4	705,0
1955	40,0	82,2	58,4	/	34,6	52,4	203,4	99,6	67,8	30,2	60,2	45,4	774,2
1956	26,2	3,0	86,6	62,6	102,8	86,0	58,8	10,4	36,8	30,8	65,0	1,0	570,0
1957	76,2	93,4	12,6	118,2	192,4	132,6	57,8	31,2	29,4	61,8	115,8	62,4	983,8
1958	25,8	41,6	36,2	198,0	57,2	126,4	13,8	52,0	5,0	84,6	92,6	120,8	854,0
1959	8,4	2,4	111,8	47,2	108,2	141,4	72,6	112,4	72,2	64,0	156,6	178,4	1075,6
1960	46,4	78,4	87,6	65,8	15,8	134,4	55,0	72,0	158,8	182,6	129,6	67,2	1093,6
1961	42,6	18,8	1,6	114,8	44,8	43,2	82,6	8,6	15,4	133,0	107,2	61,0	673,6
1962	36,8	37,0	74,6	101,4	137,4	90,0	51,8	16,8	10,4	69,4	143,0	33,6	802,2
1963	82,0	66,8	72,4	96,2	79,0	84,8	62,0	63,6	108,4	26,0	180,2	49,4	970,8
1964	13,4	72,6	169,4	93,4	85,8	69,0	29,2	44,0	15,2	196,8	36,0	98,4	923,2
1965	67,8	/	70,2	26,2	67,4	111,4	46,2	136,0	103,2	18,8	107,2	34,6	789,0
1966	21,8	54,4	16,0	186,0	23,6	20,4	97,8	125,2	93,8	251,8	110,8	27,8	1029,4
1967	14,4	77,0	21,6	48,6	18,8	52,2	48,4	113,8	56,2	6,2	90,6	28,2	576,0
1968	4,2	101,8	3,4	17,4	74,4	107,6	64,4	236,2	40,2	77,0	139,6	48,0	914,2
1969	51,0	59,6	55,2	90,0	37,8	96,6	32,6	72,0	79,8	/	72,4	34,8	681,8
1970	116,0	16,2	99,8	38,2	60,4	26,6	45,4	121,0	9,2	80,8	125,0	74,6	813,2
1971	99,4	49,2	58,8	83,0	143,0	69,6	16,8	36,0	15,0	13,0	103,6	58,2	745,6
1972	172,0	174,0	78,0	129,0	71,0	51,0	112,4	38,6	147,0	63,0	43,0	84,0	1163,0
1973	91,0	35,0	22,0	48,0	105,0	131,0	103,0	87,0	112,0	114,0	30,2	69,0	947,2
1974	55,5	107,0	45,0	111,0	62,0	40,0	21,0	25,0	87,0	64,0	89,0	14,0	720,5
1975	63,5	60,4	112,0	18,0	231,0	102,0	70,0	114,0	183,0	153,0	112,0	85,0	1303,9
1976	17,0	66,0	22,0	57,0	49,0	30,0	109,0	192,0	169,0	320,0	121,0	60,0	1212,0
1977	196,0	108,0	110,0	85,0	202,0	70,0	159,0	270,0	112,0	131,0	57,0	71,0	1571,0
1978	149,0	152,0	69,0	100,0	116,0	65,0	87,0	32,0	63,0	89,0	50,0	94,0	1066,0
1979	>>	120,0	155,0	82,0	>>	56,0	24,0	179,0	186,0	210,0	95,0	97,0	
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986													
1987	94,2	166,4	21,6	85,0	123,2	51,6	42,4	99,0	47,4	103,6	64,8	49,0	1051,8
1988	90,6	20,0	29,6	91,8	85,0	110,0	30,6	63,6	22,8	173,0	5,4	62,2	784,6
1989	9,8	48,2	49,4	204,8	5,4	48,4	94,4	69,0	63,8	7,6	26,0	6,6	633,4
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	34												

Stazione	Cremona (bacino tra Oglio e Adda)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950	29,0	31,0	24,0	71,0	27,0	26,0	10,0	5,0	30,0	59,0	67,0	152,0	531,0
1951	96,4	89,8	75,2	53,2	92,6	29,4	49,6	37,4	62,0	123,4	106,0	49,2	864,2
1952	9,6	24,0	8,4	32,2	18,4	44,4	36,2	29,2	35,6	75,4	63,8	66,0	443,2
1953	24,4	11,8	/	154,2	33,4	26,8	53,0	43,4	111,6	295,4	7,2	48,8	810,0
1954	47,2	33,0	103,4	112,2	90,0	84,4	13,2	52,8	13,0	55,8	81,2	79,4	765,6
1955	54,2	117,0	132,8	0,2	44,3	35,6	91,4	48,4	76,0	36,4	70,2	52,6	759,1
1956													
1957	76,6	97,2	24,8	142,2	174,2	82,8	69,0	15,4	59,6	64,8	156,8	53,8	1017,2
1958	28,2	38,8	52,0	191,8	20,6	100,4	17,4	33,6	5,2	105,4	152,4	143,0	888,8
1959	17,4	6,8	127,8	64,2	102,6	96,8	61,2	115,6	88,2	108,6	201,0	197,0	1187,2
1960	39,8	80,6	132,0	57,4	17,6	99,0	98,2	28,4	143,4	209,4	155,0	88,3	1149,1
1961	93,4	14,4	1,2	132,7	59,6	24,4	39,2	3,0	11,0	111,6	136,8	70,0	697,3
1962	33,2	53,6	94,2	99,2	28,0	25,6	1,0	3,4	78,6	188,6	28,2	98,8	732,4
1963	90,8	94,6	86,2	90,4	79,8	23,2	129,6	100,2	154,0	26,6	188,2	67,0	1130,6
1964	25,4	70,8	216,4	131,8	57,8	48,8	49,2	85,8	45,8	241,6	20,6	122,6	1116,6
1965	99,2	/	87,8	49,6	78,4	108,6	74,4	120,0	78,6	18,6	123,0	35,6	873,8
1966	22,8	72,4	14,0	128,8	40,4	4,2	49,2	139,0	93,8	202,0	104,2	62,4	933,2
1967	14,6	60,2	26,2	61,6	21,6	121,2	17,0	107,8	36,4	8,4	64,0	31,2	570,2
1968	3,2	103,8	9,0	30,2	96,6	147,6	75,2	77,2	39,2	64,0	185,6	91,2	922,8
1969	73,4	95,2	57,0	63,8	53,0	112,2	49,0	38,0	58,6	/	83,6	48,6	732,4
1970	128,2	20,6	101,2	18,4	55,4	44,0	71,8	49,2	8,6	76,2	83,0	78,4	735,0
1971	89,6	53,4	68,8	67,4	100,4	46,4	22,6	4,0	8,0	17,6	113,0	31,6	622,8
1972	170,4	160,2	68,8	129,6	58,0	52,2	116,0	54,0	87,6	38,0	46,8	73,6	1055,2
1973	131,6	33,8	45,6	60,4	32,2	107,0	51,6	78,8	93,6	59,4	20,6	32,8	747,4
1974	63,2	75,0	40,6	87,0	65,2	121,8	41,8	27,6	31,6	56,4	38,2	9,8	658,2
1975	36,0	55,8	84,6	4,2	113,4	50,6	28,4	88,0	94,8	209,8	87,8	107,6	961,0
1976	9,8	72,8	35,6	27,0	37,6	15,4	96,8	176,4	143,0	226,4	125,6	44,0	1010,4
1977	149,4	39,4	63,6	24,2	176,2	49,6	52,2	158,4	13,4	59,0	45,8	53,6	884,8
1978	149,0	152,0	69,0	100,0	116,0	65,0	87,0	32,0	63,0	89,0	50,0	94,0	1066,0
1979	56,0	105,0	50,6	46,8	1,4	25,8	8,8	230,4	152,2	133,0	87,0	96,8	993,8
1980													
1981													
1982													
1983	1,6	20,6	85,2	44,2	41,8	38,0	9,6	71,6	24,6	15,2	0,0	80,4	432,8
1984	38,2	63,2	60,0	94,8	137,2	46,8	12,0	134,0	49,6	63,4	83,8	57,6	840,6
1985	126,4	18,4	186,8	16,0	103,6	88,8	0,6	60,2	23,0	44,2	106,6	41,0	815,6
1986	87,6	80,6	61,6	103,4	10,8	65,2	41,4	22,4	49,8	20,6	54,2	29,4	627,0
1987	78,2	128,8	24,0	94,6	35,8	44,2	39,2	37,4	73,6	127,8	64,0	66,4	814,0
1988	57,4	21,8	32,4	75,8	71,8	92,0	67,6	39,8	15,0	99,6	5,6	61,2	640,0
1989	6,6	41,2	41,4	127,4	9,0	59,4	47,2	60,8	58,0	29,8	24,0	8,4	513,2
1990	14,8	18,8	94,6	111,0	47,2	70,2	52,2	53,6	25,2	205,2	60,8	53,2	806,8
1991	36,0	16,4	49,0	70,4	84,6	34,6	27,8	0,2	104,6	174,2	77,2	1,6	676,6
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	38												

Stazione	Martinengo (bacino ?)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno	mm												
1950													
1951	145,0	213,5	91,0	51,3	132,5	63,0	169,5	116,5	132,5	106,0	232,0	56,5	1509,3
1952	29,5	20,0	39,8	116,0	87,0	54,5	139,5	81,5	89,5	101,3	67,0	68,0	893,6
1953	6,0	8,4	/	90,6	20,7	185,1	88,2	113,1	263,1	498,7	14,8	56,2	1344,9
1954	49,0	71,2	109,7	80,7	189,1	107,5	19,1	123,5	28,8	60,4	93,8	61,0	993,8
1955	44,2	86,6	71,9	/	61,0	83,5	175,4	75,4	108,1	52,2	58,2	48,5	865,0
1956	77,5	8,0	104,8	138,9	121,4	73,4	114,9	31,6	113,0	31,2	57,8	4,2	876,7
1957	89,0	119,9	24,9	103,4	160,2	112,5	113,4	42,5	33,0	115,0	128,6	80,1	1122,5
1958	24,8	52,6	40,2	228,6	48,8	139,8	25,2	57,6	39,8	104,0	84,2	166,8	1012,4
1959	19,6	3,6	119,6	75,8	58,8	116,2	132,2	204,0	139,4	92,0	160,2	166,8	1288,2
1960	63,0	96,6	91,8	59,6	22,4	146,4	113,0	70,8	203,0	203,4	118,0	93,8	1281,8
1961	48,4	18,6	6,4	113,2	65,2	87,2	129,2	16,4	17,0	94,6	101,4	106,0	803,6
1962	51,0	40,8	83,4	109,4	147,8	56,8	49,4	57,4	7,4	69,2	143,8	47,2	863,6
1963	100,6	55,8	107,2	87,8	138,0	113,4	74,6	199,8	65,4	39,6	222,2	47,2	1251,6
1964	17,6	70,8	186,4	123,6	72,0	36,2	108,2	94,0	9,4	226,2	50,0	92,4	1086,8
1965	81,0	0,2	92,6	70,6	94,2	161,8	44,8	148,3	187,0	19,2	138,8	43,8	1082,3
1966	21,6	46,4	21,0	172,6	38,8	19,6	156,6	229,2	115,4	295,8	140,8	43,8	1301,6
1967	10,6	88,2	41,4	78,8	58,8	59,4	49,8	129,4	43,2	30,6	115,0	18,4	723,6
1968	19,4	161,8	12,4	43,6	91,6	113,2	82,4	236,4	42,6	70,0	147,8	53,4	1074,6
1969	106,8	96,0	71,8	87,4	34,4	129,0	46,8	84,8	100,2	/	84,2	27,8	869,2
1970	135,2	19,2	111,0	61,8	75,4	51,4	15,4	135,2	12,6	51,4	168,2	52,2	889,0
1971	107,6	48,6	89,0	58,6	86,4	106,2	37,0	31,8	15,6	11,8	129,2	40,6	762,4
1972	111,4	147,4	67,8	114,4	74,4	122,6	122,2	62,2	107,0	55,2	12,0	107,0	1103,6
1973	66,2	39,4	4,6	58,0	28,6	115,0	132,8	60,6	83,8	88,0	30,8	53,6	761,4
1974	44,4	113,6	66,4	84,0	68,8	61,0	29,8	88,6	56,6	60,2	74,6	15,0	851,6
1975	84,2	49,0	104,0	17,6	172,6	135,4	83,2	114,4	200,4	138,4	117,9	76,0	1293,1
1976	12,0	55,2	16,6	67,6	31,0	57,2	107,0	220,4	164,0	230,4	119,8	46,4	1127,6
1977	208,2	125,0	113,2	69,0	202,0	87,6	195,0	199,6	42,2	133,4	30,4	72,0	1477,6
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986													
1987													
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	27												

Stazione	Treviglio (bacino Adda)												
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Anno													mm
1950													
1951	125,0	116,2	90,0	21,4	87,4	26,0	90,2	98,0	141,6	103,0	191,2	46,2	1136,2
1952	9,8	15,6	22,0	72,2	55,8	30,8	63,0	42,0	68,8	79,4	49,8	43,4	552,6
1953	6,6	4,2	/	66,4	13,4	88,0	65,8	66,4	108,8	387,8	15,8	18,8	842,0
1954	15,8	52,6	85,6	53,6	173,0	92,6	8,6	114,8	22,6	26,2	56,2	68,6	770,2
1955	21,6	62,0	55,6	/	57,8	46,4	165,6	25,2	67,4	41,0	48,2	18,2	609,0
1956	37,8	2,0	48,8	113,0	78,4	104,2	56,0	11,0	49,0	36,6	54,6	1,2	592,6
1957	82,0	105,6	16,8	103,4	174,6	91,8	94,0	34,0	15,0	104,8	140,0	106,2	1068,2
1958	26,8	63,6	36,8	189,4	47,0	132,4	13,6	41,4	23,0	66,2	96,0	161,2	897,4
1959	17,8	6,0	134,0	82,0	119,0	122,0	94,2	140,6	78,0	91,8	178,6	172,4	1236,4
1960	58,6	103,4	88,4	47,6	31,4	134,0	66,4	62,2	204,6	218,6	159,6	95,8	1270,6
1961	55,4	23,2	3,0	114,2	99,0	99,8	115,2	12,6	17,0	113,2	133,0	61,6	847,2
1962	47,4	33,2	77,6	95,4	116,2	49,2	57,8	28,6	10,0	78,4	142,0	36,2	772,0
1963	75,0	13,2	82,8	87,6	93,6	58,2	73,6	124,2	79,6	25,0	209,8	52,6	975,2
1964	14,0	65,8	173,6	90,6	75,6	51,4	50,6	28,6	10,2	176,0	45,0	74,8	856,2
1965	78,2	0,4	88,6	43,0	79,8	104,6	89,4	129,0	148,0	23,2	122,2	40,6	947,0
1966	14,0	48,6	19,2	184,4	45,6	10,2	138,8	151,0	86,8	326,4	120,6	41,2	1186,8
1967	12,2	79,2	38,0	62,0	38,6	85,6	64,4	140,4	59,6	11,2	105,2	23,0	719,4
1968	12,4	135,2	9,6	30,4	87,2	108,2	43,0	158,4	27,6	69,0	129,4	56,0	866,4
1969	67,8	86,0	72,2	75,8	34,0	64,0	51,8	102,6	113,6	/	63,0	29,2	760,0
1970	121,0	18,6	102,6	63,8	54,6	37,8	13,6	120,6	9,4	34,0	107,2	56,4	739,6
1971	86,4	44,6	92,4	62,8	100,6	72,4	36,8	22,6	23,2	7,4	85,8	55,0	690,0
1972	107,0	120,4	62,6	98,4	77,8	63,2	111,8	66,6	165,8	57,2	20,8	82,2	1033,8
1973	63,8	21,0	4,8	49,4	26,8	119,2	110,2	78,2	57,2	93,0	26,2	36,0	685,8
1974	45,2	114,4	44,0	91,6	44,4	46,4	38,6	133,4	53,0	48,2	59,6	14,8	733,6
1975	82,6	42,8	78,2	14,0	165,8	99,2	>>	87,6	>>	91,6	99,2	>>	
1976	10,0	46,4	14,0	48,8	29,4	25,4	102,8	182,8	153,6	229,0	98,0	37,4	977,6
1977	166,6	89,8	100,2	64,2	172,8	64,0	159,4	144,2	60,2	98,2	25,8	64,0	1209,4
1978	>>	120,4	49,2	69,8	118,8	38,2	47,8	31,2	1,8	49,0	37,4	68,4	
1979	66,8	80,0	125,4	103,2	4,8	71,2	19,8	220,0	132,6	170,6	80,8	86,0	1161,2
1980	42,8	28,4	110,0	4,0	57,2	80,0	19,6	33,8	13,4	180,6	117,6	16,6	704,0
1981	2,6	2,6	55,6	34,0	137,6	43,0	116,2	39,8	163,6	104,4	0,8	59,0	759,2
1982	20,2	23,6	66,2	7,8	72,0	33,6	88,0	100,8	63,6	241,6	100,0	35,4	852,8
1983	1,6	27,2	114,8	100,8	129,8	64,4	13,4	196,2	20,4	30,8	0,4	141,4	841,2
1984	28,4	76,0	105,0	114,6	270,8	117,6	16,2	115,8	111,0	91,6	92,0	65,4	1204,4
1985	130,0	12,8	152,8	27,0	136,4	85,0	79,6	48,2	47,8	46,2	132,6	66,4	964,8
1986	121,4	126,6	44,4	146,0	69,0	84,0	34,8	35,2	52,2	15,6	71,6	16,8	817,6
1987	83,4	207,0	21,6	85,2	115,6	66,4	27,8	57,2	47,0	118,6	48,2	57,0	935,0
1988	110,0	37,0	31,6	89,0	94,0	132,6	93,6	22,6	19,2	112,6	4,0	65,0	811,2
1989													
1990													
1991	>>	6,6	13,4	43,4	>>	>>	13,0	10,0	136,0	>>	21,8	/	
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
n° dati	39												

Dati termometrici

Dati raccolti per ogni stazione termometrica

Vengono di seguito riportati i dati raccolti per ogni stazione termometrica considerata, per l'intervallo temporale scelto.

Stazione	Bergamo											
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Anno	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med
2000												
1999												
1998												
1997												
1996												
1995												
1994												
1993												
1992												
1991												
1990	2.5	7.4	10.5	10.7	18.0	20.3	22.9	22.8	18.7	14.6	6.9	2.0
1989	/											
1988	3.7	4.5	9.0	12.6	17.9	20.0	24.1	23.8	19.4	15.4	4.6	4.8
1987	0.8	3.6	5.4	12.6	>>	>>	25.5	23.2	>>	>>	>>	3.3
1986	2.7	1.9	8.1	11.0	20.2	20.9	23.6	23.2	19.5	15.5	8.2	3.3
1985	/											
1984	3.6	4.4	8.3	13.0	13.8	20.9	24.8	22.8	18.9	14.5	9.0	4.7
1983	5.7	3.8	10.0	14.0	17.1	22.9	27.9	24.5	21.1	15.5	8.4	3.7
1982	2.9	4.9	>>	>>	>>	23.6	25.8	23.6	22.5	14.1	10.2	5.9
1981	3.3	5.1	10.9	14.5	17.1	23.0	23.4	24.5	20.3	14.1	7.1	3.3
1980	2.9	6.3	9.0	13.1	15.9	20.5	23.2	26.0	22.3	14.5	6.1	3.9
1979	2.5	7.3	10.7	13.7	20.0	23.6	24.7	23.8	20.8	>>	8.0	5.9
1978	5.4	3.8	11.7	13.4	16.8	21.9	24.6	25.0	23.2	16.9	9.7	3.9
1977	3.3	7.2	12.1	13.9	17.6	22.0	24.2	23.4	21.7	>>	10.0	5.3
1976	4.8	7.7	9.1	15.6	20.7	25.6	26.4	22.7	19.0	15.8	10.1	5.2
1975	6.8	8.0	10.4	16.0	19.5	21.8	26.6	25.2	22.6	16.0	8.7	5.6
1974	4.6	6.8	9.4	12.6	18.3	22.4	26.4	27.0	21.8	11.6	9.9	8.1
1973	2.9	5.2	9.5	12.5	18.7	22.7	24.4	25.1	20.9	13.4	7.2	2.4
1972	1.7	5.0	8.4	10.1	17.8	18.5	20.9	22.4	15.3	12.4	7.9	3.0
1971	2.1	3.4	4.2	12.8	17.0	18.9	23.8	24.3	17.5	13.3	6.8	4.2
1970	2.2	2.5	4.6	10.3	15.2	21.5	23.1	20.8	19.8	12.9	8.2	2.6
1969	6.4	3.8	8.6	12.5	19.1	19.7	24.2	22.8	20.7	18.5	9.3	2.9
1968	3.8	5.1	10.8	14.3	15.8	20.7	24.1	21.5	21.1	17.0	10.5	4.7

1967	3.5	5.0	11.0	12.2	17.6	20.5	25.8	23.0	20.1	17.0	8.8	5.7
1966	3.5	7.4	10.0	14.3	19.4	23.3	22.0	20.9	19.9	16.2	6.0	5.4
1965	3.9	3.8	8.6	12.1	17.0	20.7	23.4	22.2	16.2	15.2	7.7	5.8
1964	3.5	5.6	6.5	13.7	18.6	22.1	24.9	21.4	20.2	13.0	8.4	5.0
1963	0.3	2.2	7.4	13.4	17.3	17.7	25.1	21.4	18.5	14.8	10.4	3.7
1962	4.5	4.4	3.7	11.0	14.1	>>	>>	>>	>>	>>	8.0	4.3
1961	1.5	8.4	11.6	14.6	17.0	21.0	22.0	23.0	22.1	14.4	7.8	3.6
1960	3.1	3.0	8.0	13.0	17.3	21.0	20.8	21.6	17.1	12.3	8.3	4.8
1959	3.1	7.0	10.2	12.6	16.2	20.4	24.2	21.4	18.5	13.0	7.5	4.8
1958	3.0	6.9	5.3	9.4	19.4	20.0	23.3	23.3	20.6	14.3	9.4	4.4
1957	3.8	6.3	10.4	12.2	14.3	20.3	22.5	22.3	19.9	14.1	9.3	4.0
1956	3.2	-2.1	6.9	10.0	17.6	19.0	22.5	22.4	>>	>>	6.7	4.0
1955	4.5	4.7	6.3	13.2	16.3	20.2	23.2	21.7	19.2	13.6	7.5	4.3
1954	1.3	1.6	9.1	11.9	15.8	21.0	21.9	21.3	20.5	14.0	8.5	7.0
1953	2.1	4.4	10.2	13.7	18.8	18.1	22.6	22.4	19.4	14.8	8.0	6.2
1952	2.5	4.0	7.7	14.0	17.5	22.3	25.3	24.0	17.9	13.0	6.5	3.2
1951	4.9	5.9	6.7	11.9	15.0	20.8	22.5	22.7	21.2	12.7	9.3	5.7
1950	/											
n. dati	38											

Stazione		Cremona										
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Anno	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med
2000												
1999												
1998												
1997												
1996												
1995												
1994												
1993												
1992												
1991	3.2	1.9	11.8	12.3	14.9	21.9	26	26.1	22.3	13.2	7.2	1.4
1990	1.2	7.2	10.7	11.7	19.4	21.5	24.3	23.6	19.2	14.5	5.8	1.2
1989	0.5	5.7	10.9	12.1	18.9	21.2	23.6	23.6	18.6	12.2	6.1	2.2
1988	/											
1987	/											
1986	/											
1985	/											
1984	/											
1983	/											
1982	/											
1981	/											
1980	/											
1979	/											
1978	/											
1977	/											
1976	/											
1975	/											
1974	/											
1973	/											
1972	/											
1971	/											
1970	/											
1969	/											
1968	/											
1967	/											
1966	/											
1965	/											
1964	/											

1963	-0.8	0.4	7.7	14.1	17.8	22.2	25.1	23.7	20.1	14.8	11.1	1.9
1962	3.3	4.5	5.8	13.1	17.1	21.9	24.4	26.3	20.8	13.8	7.6	1.3
1961	0.6	7.1	11.8	16.0	17.9	23.3	23.7	24.0	22.5	14.7	8.1	3.4
1960	0.8	2.9	8.9	13.8	18.7	23.0	22.7	23.2	18.2	13.1	8.8	4.5
1959	2.2	5.4	10.7	13.7	17.8	22.5	26.0	24.4	19.5	13.0	8.2	4.8
1958	1.1	5.7	5.7	10.4	20.0	20.9	24.2	24.9	20.9	13.8	9.2	3.3
1957	0.2	4.8	9.5	11.2	14.2	20.6	23.6	22.1	18.1	11.9	7.4	1.4
1956	1.6	-3.8	6.4	10.6	17.1	19.3	23.5	22.6	18.7	12.5	5.1	1.0
1955	3.0	4.0	5.7	12.8	16.7	20.6	23.2	22.4	18.7	12.5	6.3	2.7
1954	-2.0	0.1	9.2	11.8	16.5	21.6	22.4	22.2	19.1	12.3	6.9	4.1
1953	-0.9	2.5	8.7	13.8	18.8	20.1	24.4	22.8	19.3	14.8	5.9	5.5
1952	0.1	1.0	7.0	14.7	18.2	23.4	25.9	24.6	18.1	12.5	5.5	1.9
1951	4.0	5.8	7.5	13.0	16.4	23.1	24.6	24.1	22.2	12.9	9.6	1.8
1950	0.4	5.1	10.4	12.0	19.3	24.2	27.8	24.1	20.2	13.7	6.6	1.7
n-dati	16											

Stazione		Sarnico										
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Anno	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med
2000												
1999												
1998												
1997												
1996												
1995												
1994												
1993												
1992												
1991	3.6	2.2	10.8	10.5	14.7	20.5	25.6	25.6	20.7	13.3	7.3	2.5
1990	/											
1989	2.5	6.5	10.8	12.3	18.3	21.0	24.5	24.4	18.5	13.6	7.9	4.7
1988	6.4	6.3	8.5	11.4	15.0	20.6	23.6	23.8	18.3	14.5	7.2	3.7
1987	/											
1986	/											
1985	/											
1984	/											
1983	/											
1982	/											
1981	/											
1980	/											
1979	NN											
1978	NN											
1977	NN											
1976	NN											
1975	NN											
1974	NN											
1973	/											
1972	/											
1971	NN											
1970	NN											
1969	NN											
1968	NN											
1967	NN											
1966	NN											
1965	NN											

1964	NN											
1963	NN											
1962	NN											
1961	NN											
1960	NN											
1959	NN											
1958	NN											
1957	NN											
1956	NN											
1955	NN											
1954	NN											
1953	NN											
1952	NN											
1951	NN											
1950	NN											
n. dati	3											

Stazione		Chiari										
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Anno	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med
2000												
1999												
1998												
1997												
1996												
1995												
1994												
1993												
1992												
1991	/											
1990	/											
1989	/											
1988	/											
1987	/											
1986	/											
1985	/											
1984	/											
1983	/											
1982	/											
1981	/											
1980	/											
1979	/											
1978	/											
1977	/											
1976	3.1	6.1	7.1	12.7	17.3	21.8	22.9	19.9	16.4	13.7	8.5	4.4
1975	4.6	6.1	8.3	13.0	16.3	19.0	23.0	22.5	20.2	13.6	7.6	3.8
1974	4.7	7.6	9.3	12.4	16.2	19.0	22.9	23.8	19.2	10.0	7.6	5.3
1973	2.9	5.4	8.9	10.6	17.1	21.1	22.3	23.5	20.0	13.2	7.4	3.5
1972	3.4	6.5	10.9	12.1	16.1	19.8	21.9	21.4	15.8	12.4	8.1	3.3
1971	2.4	5.0	6.6	14.0	17.4	19.1	24.1	24.8	19.1	14.2	8.6	3.0
1970	2.1	4.2	7.1	11.8	15.4	21.4	22.8	22.3	21.3	13.9	9.8	1.4
1969	2.2	2.5	8.5	12.0	18.6	19.3	23.3	22.7	19.9	15.9	8.9	2.9
1968	1.9	5.7	10.5	14.5	15.8	19.8	22.9	20.1	18.7	13.9	8.8	2.5
1967	2.4	5.0	10.7	12.4	17.8	20.1	25.2	22.7	19.5	16.0	8.9	4.2
1966	0.1	7.2	10.1	14.0	18.4	22.5	21.9	21.6	20.6	16.3	5.6	3.7
1965	3.7	4.5	5.3	12.4	16.8	20.6	23.2	21.9	17.9	14.1	7.4	4.3

1964	0.1	5.0	7.8	14.0	19.1	22.8	24.7	22.6	20.5	13.7	8.6	5.1
1963	0.2	2.1	8.4	14.0	17.4	20.6	24.6	22.2	19.1	13.7	10.3	1.3
1962	2.6	5.6	7.0	12.9	16.8	20.8	23.3	25.9	21.2	15.4	8.2	4.0
1961	2.6	9.2	13.2	16.1	17.5	22.2	23.3	24.3	23.3	16.1	8.7	4.4
1960	2.7	4.1	9.9	14.0	18.6	22.8	22.2	23.2	19.2	13.6	9.5	5.5
1959	3.0	4.9	10.8	13.1	17.7	22.3	25.6	23.4	20.4	14.7	9.2	5.9
1958	2.4	6.2	6.4	10.0	19.5	20.3	24.0	24.2	21.8	14.8	10.0	4.4
1957	3.5	6.2	10.7	12.9	15.2	20.9	23.1	22.7	19.5	14.4	10.2	3.2
1956	2.7	-2.0	7.2	11.2	18.1	19.5	23.7	23.3	20.4	13.7	6.7	2.6
1955	5.4	5.9	7.4	13.9	17.4	20.1	23.3	22.1	19.9	14.4	8.8	3.7
1954	-0.9	1.2	10.5	12.4	16.2	21.5	22.4	21.8	21.8	14.5	9.6	5.2
1953	1.5	5.7	11.4	15.3	19.4	19.3	23.8	23.6	20.5	15.8	8.3	6.5
1952	1.6	3.5	8.9	15.5	18.5	22.9	25.6	23.7	18.6	13.8	7.1	3.4
1951	5.2	6.9	8.2	13.5	16.6	22.0	23.5	23.7	22.7	14.6	9.6	3.2
1950	/											
n. dati	26											

Stazione		Brescia-annali idrologici											
Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Anno	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	med	
2000													
1999													
1998													
1997													
1996													
1995													
1994													
1993													
1992													
1991	3.2	1.9	11.8	12.3	14.9	21.9	26	26.1	22.3	13.2	7.2	1.4	
1990	1.8	7.7	11.1	12.1	19.2	21.5	24.0	>>	19.6	15.5	7.5	2.2	
1989	1.4	6.5	11.1	12.5	18.5	20.6	23.4	23.2	18.8	13.0	7.0	3.3	
1988	5.7	5.4	8.9	13.4	18.2	20.4	24.8	24.7	19.4	16.1	5.1	3.6	
1987	/												
1986	/												
1985	/												
1984	/												
1983	/												
1982	/												
1981	/												

1980	/											
1979	/											
1978	/											
1977	/											
1976	/											
1975	/											
1974	/											
1973	/											
1972	/											
1971	/											
1970	/											
1969	/											
1968	/											
1967	/											
1966	/											
1965	/											
1964	/											
1963	/											
1962	/											
1961	/											
1960	/											
1959	/											
1958	/											
1957	/											
1956	/											
1955	/											
1954	/											
1953	/											
1952	/											
1951	/											
1950	/											
n.dati	4											

I Quaderni della Fondazione Cogeme Onlus

Collana diretta da Simone Mazzata



numero uno

La Carta della Terra. Il contributo di Vittorio Falsina - *pp.32*

numero due

Ingegneria naturalistica. Opportunità per il territorio - *pp.142 + pp.16 a colori*

numero tre

Scenari demografici nell'ambito della rete territoriale Cogeme. Flussi di conoscenza per l'intervento sociale (indagine 2004) - *pp.96+67 tavole statistiche*

numero quattro

Il fenomeno migratorio dall'emergenza alla convivenza. Contributi per la rete territoriale Cogeme (indagini 2005) - *pp.166+74 tavole statistiche*

numero cinque

il Giardino della Vita. La Carta della Terra e il suo potenziale educativo - *pp.118*

numero sei

Territorio, popolazione, scuola. Uno studio socio-demografico nella rete territoriale Cogeme (indagini 2006) - *pp.101+107 tavole statistiche*

numero sette

Progettare insieme l'accessibilità. L'esperienza degli 11 Comuni del Distretto n.7 di Chiari (BS) - *pp.320*

numero otto

Popolazione e salute. Dinamiche demografiche e accesso ai servizi ospedalieri nella rete territoriale Cogeme (indagini 2007) - *pp.130+85 tavole statistiche*

numero nove

Nel Cerchio della Creazione. Educazione e saggezza dei Popoli Nativi - *pp.170*

numero dieci

Franciacorta sostenibile. 20 Comuni progettano insieme il futuro del territorio - *pp.210*

numero undici

Pianura sostenibile. Il percorso di 36 Comuni per la sostenibilità del territorio - *pp.216*

numero dodici

La Carta della Terra. Verso un'etica globale - *pp.16*

numero tredici

La Terra che cura. Educazione e Saggezza dei popoli nativi - *pp.90*

numero quattordici

Evoluzione demografica nella rete territoriale Cogeme. Dinamiche di lungo e medio periodo (1981-2011) - *pp.88+152 tavole statistiche*

numero quindici

La Rete della Vita. L'arte incontra il futuro (catalogo della mostra di pittura e scultura 2009 e 2010) - *pp.50*

numero sedici

Il bacino idrografico del fiume Oglio. Caratterizzazione geografica, idrografica, geologica e morfologica - *pp.293+pp.46 a colori*

I volumi sono richiedibili direttamente alla Fondazione Cogeme Onlus, tramite fax (0307714374) o mail (fondazione@cogeme.net),

