

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1.1. Caratteristiche morfologiche del terreno

La Provincia di Bergamo è collocata nella parte centro-orientale della Regione Lombardia, ai piedi delle Prealpi Orobiche.

Essa confina con le Province di Milano, Brescia, Cremona, Lecco, Sondrio e comprende 244 Comuni.

Il territorio, nel settore settentrionale, è montuoso per il 63,5%; la fascia pedemontana collinare rappresenta invece il 12,1% del territorio ed il restante 24,4% è costituito da pianura.

1.1.1. Inquadramento fisiografico-morfologico del territorio bergamasco

Estratto dal P.T.C.P. Provincia di Bergamo

La provincia di Bergamo si estende su un'area topografica di 2.759 km² che racchiude un paesaggio alquanto variabile dal punto di vista orografico, morfologico ed, almeno in parte, climatico. Tale variabilità si è riflessa e si riflette su tutte le attività umane, sulla tipologia degli insediamenti e delle industrie.

Il settore settentrionale della provincia è montuoso (63.5 % del territorio); le massime elevazioni sono raggiunte lungo il crinale orobico che la delimita dalla contigua provincia di Sondrio. L'energia del rilievo si attenua poi con regolarità procedendo in direzione sud, ed attraverso una ridotta fascia pedemontana collinare (12.1 % del territorio), lascia il posto al territorio di pianura che rappresenta il restante 24.4% dell'area. Procedendo da nord verso sud, tra le massime elevazioni che caratterizzano il crinale orobico citiamo solamente il Pizzo Coca (la massima elevazione con 3.050 m.), il Pizzo Redorta (3.038 m.), il Pizzo del Diavolo (2.926 m.), il Diavolo di Tenda (2.916 m.), il Torena (2.911 m.).

La minima elevazione del crinale è raggiunta in corrispondenza del Passo San Marco (1.985 m.) per il quale, dalla fine del XVI secolo, transita la strada di collegamento con il territorio valtellinese, già dei Grigioni (strada Priula). Nella fascia più settentrionale l'energia del rilievo è violenta, basti ricordare il dislivello di 2.186 m. tra la cima del Pizzo Coca e l'abitato di Valbondione che si realizza su una distanza topografica di soli 4 km.

Pochi km a sud del crinale orobico si sviluppa una seconda catena di rilievi dal grossolano andamento est-ovest. Si tratta dei rilievi del Pizzo Camino (2.491 m.), Pizzo della Presolana-Monte Ferrante (2.521-2.427m.), Monte Madonnino-Monte Cабianca (2.502-2.601 m.), Monte Pegherolo-Monte Cavallo (2.369-2.323 m.).

Le due catene montuose sono separate da depressioni vallive le cui aste fluviali principali mostrano un grossolano andamento est-ovest; esse rappresentano i tratti iniziali dei principali

fiumi che scorrono nel territorio provinciale, che più a sud acquisiranno invece un decorso meridiano, o di alcuni dei loro affluenti maggiori (es.: torrente Stabina, Val Canale).

Il motivo di tali allineamenti orografici è da ricercare nell'assetto geologico dell'area, che in questo settore è caratterizzato da allineamenti strutturali con quella direzione prevalente. Come si potrà notare confrontando l'assetto fisiografico con l'assetto geologico-strutturale, è quest'ultimo che condiziona in larga misura i tratti salienti della fisiografia del territorio. A questo proposito già i geologi olandesi, De Sitter e De Sitter Koomans, nel 1949 parlavano di vari «gradini strutturali», digradanti verso la pianura, e caratterizzanti l'assetto della zona orobica. Attualmente molte delle idee dei De Sitter sulla geologia bergamasca sono superate, tuttavia, almeno da un punto di vista fisiografico, questo concetto dei gradini conserva una sua validità.

L'area più settentrionale conserva le tracce più evidenti della glaciazione pleistocenica più recente, la würmiana. Oltre ai depositi morenici, reperibili anche in aree più meridionali, in questa zona le valli maggiori sono spesso caratterizzate da una sezione a U nella parte intermedia e bassa dei versanti, che si svasa verso l'alto, ove l'acclività dei versanti diventa minore. Un tipico esempio è dato dalla valle del fiume Serio tra Fiumenero e Bondione; la sezione ad U della valle costituisce un canale calibrato dallo scorrere della lingua glaciale; le rocce, abrase anch'esse dallo stesso scorrere della lingua glaciale, si presentano ora a dossi mammellonari levigati ora a creste allungate.

Su tali rocce levigate, le popolazioni che dal Neolitico hanno abitato queste vallate, hanno lasciato traccia del loro passaggio nelle celebri incisioni rupestri. La maggior parte di queste incisioni si concentra nella media Val Camonica, in provincia di Brescia, ma rocce istoriate si rinvencono anche nei comuni di Lovere, Costa Volpino e Rogno. Una delle raffigurazioni, la cosiddetta «rosa camuna», è stata prescelta come simbolo della Regione Lombardia.

Altre forme legate al glacialismo pleistocenico sono i circhi glaciali, depressioni a forma di catino svasato, delimitato verso valle da una soglia rocciosa, che ospitano spesso un laghetto naturale. Essi costituiscono nicchie che interrompono la continuità dei versanti o costituiscono rotture di pendio nella curva di fondo dei torrenti. Esempi di tali laghetti di circo sono costituiti dal lago Rotondo, nei pressi del rifugio Calvi, dal lago naturale del Barbellino, e dai laghi del Venerocolo.

In anni recenti molte di queste soglie sono state artificialmente innalzate per la creazione di bacini d'invaso a scopi idroelettrici (es.: laghi Campelli, Cernello, del Dlavolo), in altri casi sono stati creati artificialmente sbarramenti sfruttando una stretta valliva posta a valle di ampi e pianeggianti slarghi, sempre connessi all'erosione glaciale (es.: bacino del Gleno). Alla possibilità di realizzazione di queste opere hanno concorso anche le condizioni climatiche che permettono un abbondante approvvigionamento della materia prima, rappresentata in questo caso dalle acque di scorrimento superficiale.

Altra attività economica recentemente affermatasi che sfrutta le condizioni climatiche e l'energia del rilievo che caratterizza questa fascia del territorio provinciale è costituita dagli impianti sciistici.

A sud di una linea ideale che passa per la Valtorta, la Val Secca di Roncobello, la Val Canale e l'alta Valle di Scalve, si entra in una zona con caratteristiche diverse. La congiungente citata è materializzata da un punto di vista geologico da un insieme di faglie che complessivamente assumono il nome di linea Valtorta-Valcanale. Si tratta del primo degli ideali gradini immaginati dai De Sitter.

La zona posta a meridione di tale linea è anch'essa caratterizzata dalla presenza di massicci montuosi di una certa importanza: Pizzo Camino (2.491 m.), Pizzo della Presolana-Monte Ferrante (2.521-2.427 m.), Monte Madonnino-Monte Cabianca (2.502-2.601 m.), Monte Pegherolo-Monte Cavallo (2.369-2.323 m.). Le massime elevazioni sono mediamente di qualche centinaio di metri più basse delle precedenti. Il Pizzo della Presolana (2.521 m.), spesso definito la montagna più bella della Bergamasca, richiama come aspetto la morfologia dei massicci delle Dolomiti, con i quali, dal punto di vista geologico, è d'altra parte strettamente imparentato.

I rilievi che caratterizzano questa fascia non solo sono più bassi delle vette del crinale orobico, ma sono formati da rocce di natura ed età diversa dalle precedenti. Salta immediatamente all'occhio il loro color chiaro in netto contrasto con il colore grigio scuro, fino a nero, dei rilievi più settentrionali. Si tratta di rocce di composizione prevalentemente calcarea e dolomitica, il che comporta certe conseguenze: tra queste la quasi totale assenza dei laghetti naturali e artificiali tanto abbondanti nella zona precedente (una eccezione è rappresentata ad esempio dal lago Branchino). Anche lo scorrimento di acque superficiali, così diffuso e capillare nel settore più settentrionale, in questa zona si dirada e tende a concentrarsi in un minor numero di aste fluviali e torrentizie più gerarchizzate. Ciò è proprio dovuto al prevalente tipo di roccia affiorante che, essendo carbonatica, si presta più facilmente ad assorbire le acque di precipitazione, e a convogliarle lungo fratture verso un tipo di circolazione sotterranea. Non mancherebbero anche in questa zona aree depresse e circhi glaciali atti ad ospitare laghetti, ma le acque che potrebbero accumularsi tendono piuttosto a defluire in profondità anziché ristagnare in superficie. Valga per tutti l'esempio del lago di Polzone (versante nord della Presolana), spesso quasi completamente asciutto. In quest'area si imposta quindi una notevole circolazione sotterranea; e quando gli acquiferi vengono a contatto con rocce impermeabili si possono creare zone di risorgenza. Tra queste vi sono quelle che alimentano gli acquedotti della città di Bergamo.

Un'idea dell'intensità della circolazione sotterranea si può avere, a piccola scala, osservando il getto d'acqua che esce dalla galleria mineraria sovrastante le baracche delle miniere di Polzone dopo violenti temporali. L'acqua che fuoriesce da questa condotta artificiale è quella drenata dal piccolo ripiano carbonatico che costituisce lo zoccolo sul quale è adagiata la cresta di Cima Verde.

Altra caratteristica è rappresentata dalla netta asimmetria in senso nord-sud dei versanti dei rilievi carbonatici citati.

Il versante settentrionale è molto ripido, ed occupa una fascia planimetricamente ristretta, presenta inoltre dislivelli dell'ordine di 1.000-1.500 m. rispetto ai fondivalle adiacenti; date le condizioni orografiche, alcuni paesi di quelle valli durante il periodo invernale rimangono in ombra per alcuni mesi. Lungo questi versanti la bancatura della roccia è facilmente individuabile: in questa zona essa è generalmente immersa verso sud con inclinazione media. Tali versanti sono stati inoltre interessati, in epoca preistorica, da vasti dissesti e paleofrane, le cui forme sono state talmente rimodellate nel corso dei millenni da mimetizzarle quasi completamente nel paesaggio. A titolo di esempio si può citare la paleofrana di Valcanale. I frequentatori di quella località sciistica avranno notato che alcune piste si sviluppano in canali formati da ghiaie ad elementi eterodimensionali di calcari chiari, gli stessi che formano il crinale di Pizzo Arera - Cima Fop. Le stesse ghiaie si trovano anche sul versante opposto, quello sovrastante l'abitato di Valcanale, fino alla quota 1.400 m. circa. Si tratta dell'accumulo di un'enorme frana precipitata dalla zona di Cima di Leten (dove infatti è ancora riconoscibile un'ampia nicchia di distacco), che produsse l'effetto di far retrocedere a sud di alcune centinaia di metri la linea di cresta. Il relativo corpo di frana doveva aver ostruito la paleovalle con un argine formato da ghiaie che si innalzava almeno fino a quota 1.400 m., ed a monte del quale si era verosimilmente formato un lago effimero. L'evoluzione morfologica esemplifica probabilmente quella che avrebbe seguito la frana del Monte Coppetto del 1987 (Valtellina) se lasciata a se stessa, senza le opere di sistemazione successive all'evento.

È interessante notare come, nell'esempio citato, la superficie di distacco abbia, almeno in parte, riutilizzato precedenti superfici di discontinuità generate alcune decine di milioni d'anni prima, durante la fase tettonica compressiva che ha portato alla formazione delle Alpi orobiche. Si tratta di ciò che in geologia sono dette ereditarietà o cause predisponenti di certe fenomenologie. E a proposito di ereditarietà, parte dell'accumulo della paleofrana del fianco orografico sinistro, in anni recenti è rifranto verso Valcanale; la modesta nicchia di distacco è tuttora ben visibile sul versante.

Il versante meridionale dei rilievi digrada più blandamente verso sud, spesso formando superfici inclinate abbastanza uniformi e regolari, profondamente incise da fiumi e torrenti che in questa zona hanno solitamente sviluppo in senso nord-sud. I corsi d'acqua maggiori, che nella precedente zona avevano un decorso in senso est-ovest, assumono ora un decorso più meridiano si pensi alla valle del Serio a sud di Gromo e alla valle del Brembo a sud di Lenna.

La diversa acclività dei versanti è anche in questo caso imputabile a cause geologiche, quali la giacitura prevalente della bancatura delle rocce, inclinata verso sud. Ciò comporta il fatto che i versanti meridionali dei gruppi montuosi citati coincidono per vasti tratti con le superfici di stratificazione, a differenza dei versanti settentrionali che mostrano le testate degli strati.

La parte medio-inferiore di questi versanti meridionali è inoltre caratterizzata da rocce calcareo-marnose o argillitiche che si prestano alla formazione di una copertura vegetale

piuttosto estesa e continua; essa, una volta disboscata, costituisce uno spazio particolarmente adatto al pascolo: si pensi, ad esempio, ai versanti sovrastanti gli abitati di Oneta-Gorno-Premolo o di Vedeseta-Taleggio.

La conca di Clusone, che si prolunga verso Bratto-Dorga, rappresenta un'anomalia nel panorama delle vallate bergamasche, di solito strette e incassate con poco spazio sul fondo, conteso dall'espansione antropica all'alveo naturale del fiume che le percorre. La conca di Clusone non costituisce una vallata vera e propria, ma un bacino imbrifero più articolato, la cui origine è legata alle complesse vicende tettoniche e glaciali che hanno interessato questa zona. Si tratta di un'ampia depressione, controllata dalla grossolana geometria sinclinalica della dolomia principale, parzialmente colmata durante il Quaternario da una successione di depositi terrigeni che le conferiscono l'attuale aspetto a ripiani terrazzati dai quali emergono rilievi conici in dolomia principale (es.: Colle Crosio). Dopo l'ablazione delle lingue glaciali le acque del bacino di Bratto-Dorga, che in precedenza confluivano nel fiume Serio presso Ponte Selva, hanno subito una diversione verso S-E per la cattura operata dal torrente Borlezza.

La Val Borlezza mostra a sua volta un'ampia sezione ad U che ne denuncia il modellamento glaciale da parte di una digitazione verso nord del ghiacciaio che percorreva la Val Camonica.

A sud di una linea piuttosto sinuosa che attraversa la conca di Clusone, risale la Val del Riso fino al colle di Zambla, ridiscende verso San Pellegrino e da qui risale il versante orografico destro della Val Brembana fino ad immettersi nella Valtorta, il panorama cambia nuovamente a causa del predominare degli affioramenti di un esteso corpo roccioso dolomitico denominato dolomia principale (traduzione del termine tedesco Hauptdolomit).

Tale corpo roccioso forma interi gruppi montuosi della provincia di Bergamo, tra i quali il Monte Cornet (1.786 m.), il Pizzo Formico (1.636 m.), il Monte Alben (2.019 m.), il Monte Zucco (1.366 m.); la fascia degli affioramenti della dolomia principale ad ovest della Val Brembana si spinge molto più a nord di quanto non faccia ad est della valle. Si evidenzia, inoltre un'ulteriore diminuzione di qualche centinaio di metri della quota delle vette dei rilievi.

La caratteristica di questa formazione è quella di dar origine a un paesaggio piuttosto brullo, con frequenti affioramenti rocciosi sparsi tra un bosco rado o un magro pascolo. Taluni torrenti secondari che attraversano questo corpo roccioso hanno dato origine a forre profondamente incassate, localmente denominate «orridi»; tipici esempi sono dati dall'orrido di Bracca e dalla parte terminale della Val Taleggio.

Nella fascia pedemontana un elemento saliente del paesaggio è rappresentato dal lago d'Iseo (Sebino), la cui sponda occidentale ricade nel territorio provinciale. Il Sebino ha una superficie di circa 61 km², il livello dell'acqua è a 186 m., mentre il fondale è di 66 m più depresso del livello del mare. Il fondo attuale è formato da sedimenti terrigeni che colmano parte di un precedente solco che incidava il substrato roccioso fino a parecchie centinaia di metri sotto l'attuale livello del mare, che rappresenta oggi il livello di base dell'erosione. Questa è una caratteristica comune a tutti i grandi laghi lombardi e che ha permesso, recentemente, di proporre una nuova ipotesi riguardo alla loro genesi. Come tutti i grandi laghi lombardi, il

Sebino sarebbe uno dei laghi formati in antiche depressioni vallive, molto più incise delle attuali, allorché il livello di base dell'erosione dei fiumi del versante alpino meridionale era più basso del livello attuale del mare, a causa del prosciugamento pressoché completo del Mar Mediterraneo durante la cosiddetta «crisi di salinità», avvenuta tra 6 e 5 milioni di anni fa.

Per estensione il lago d'Endine è il secondo lago naturale del territorio provinciale; il livello dell'acqua è a 334 metri, la profondità massima di 9,4 metri. Le origini sono diverse dal precedente, trattandosi di un modesto invaso raccolto in una depressione lasciata da una seconda digitazione del ghiacciaio camuno. Esso è attualmente in via di «rapido» interrimento da parte dei sedimenti terrigeni trasportati dai corsi d'acqua che vi confluiscono. Il termine «rapido» va naturalmente inteso alla scala dei tempi geologici, cioè dell'ordine dei millenni.

A proposito di laghi merita un accenno anche un paleolago, la cui esistenza è ormai testimoniata solo indirettamente dai sedimenti terrigeni che l'hanno colmato. Si tratta di un lago formatosi sul fianco orografico sinistro della Val Seriana, di fronte all'attuale abitato di Vertova.

Il lago che si formò ebbe vita effimera, in quanto fu riempito da sedimenti fluviali e lacustri che formano il ripiano di Casnigo-Lefte-Gandino che sovrasta di un centinaio di metri l'attuale alveo del Serio.

La zona è particolarmente celebre nella geologia del Quaternario, essendo nota fin dal secolo scorso per i ritrovamenti di fossili di vertebrati; inoltre fu sfruttata per l'estrazione di lignite e argilla fino a qualche decennio fa. La topografia pianeggiante della zona è attualmente antropizzata in modo intensivo.

La fascia pedemontana dei rilievi più direttamente prospiciente la pianura è formata da rocce più recenti della dolomia principale, vale a dire formatesi tra 200 e 60 milioni di anni fa.

Tra le rocce della fascia pedemontana sono frequenti le carbonatiche, che si prestano ad essere utilizzate quali pietre da calce e da cemento o per granulati. Il concorso della favorevole posizione logistica ha permesso il sorgere, già dal secolo scorso, di fiorenti industrie estrattive.

Tra i rilievi più direttamente incombenti sulla pianura citiamo il Monte Albenza (1.392 m.), il Canto Alto (1.146 m.) e il Monte Misma (1.160 m.). Si può notare che, malgrado le quote massime appaiano modeste in confronto a quelle precedentemente citate, si conserva un dislivello di circa 1.000 m. sulla quota della pianura, che in linea d'aria dista mediamente 5 km. Benché manchi una fascia collinare vera e propria come nella vicina Brianza, la demarcazione tra pianura e rilievi, pur netta, avviene tramite una linea sinuosa e lobata che determina ampi ingolfamenti della pianura alle spalle dei rilievi pedemontani (es.: zona di Trescore Balneario-Zandobbio), mentre alcuni modesti rilievi «emergono» dal livello della pianura (es.: dorsale a sud di Albano S. Alessandro e del Monte Orfano, quest'ultima però in territorio bresciano).

La terminologia utilizzata di «gradini strutturali» che scendono verso la pianura e di rilievi che da essa «emergono» ha una giustificazione geologica. Da questo punto di vista infatti la catena orobica non finisce al limite dei rilievi, ma prosegue verso sud, sepolta sotto il cuneo di ghiaie e

sabbie depostesi negli ultimi 5-6 milioni di anni. Con ciò non si vuol dire che sotto la pianura giacciono montagne e valli simili a quelle emerse, mantellate da una coltre di ghiaie e sabbie, ma che il substrato profondo mostra deformazioni simili a quelle visibili nella parte emersa, mentre solo il cuneo di sedimenti più recenti, che si ispessisce via via verso sud, ricopre indisturbato questo substrato. Questo implica che almeno negli ultimi 5-6 milioni di anni il territorio che stiamo esaminando non ha subito deformazioni di entità apprezzabile e ciò è testimoniato anche da una relativa quiete sismica.

Ciò non significa che il territorio è rimasto completamente immobile; la parte settentrionale partecipa solidalmente al più generale sollevamento di tutta la catena alpina, che avviene ad una velocità tanto più «rapida» quanto più si procede verso l'asse delle Alpi (ove è dell'ordine di 1 mm/anno), mentre la parte più meridionale del territorio partecipa alla più generale subsidenza della pianura. I dislivelli tra le cime dei rilievi e la pianura non sono però necessariamente destinati ad aumentare progressivamente in quanto l'orografia è sempre in una situazione di equilibrio dinamico, controllato dall'azione antagonista delle forze endogene (che tendono a provocare il sollevamento della catena montuosa), e degli agenti dell'erosione (che tendono allo smantellamento dei rilievi e alla colmatazione delle depressioni con l'accumulo dei detriti asportati dalle zone rilevate).

Le condizioni climatiche giocano da terzo incomodo, favorendo l'uno o l'altro dei processi. Ma il clima ha subito ripetute variazioni, con almeno quattro fasi glaciali principali. Ciò ha determinato l'alternarsi di più cicli di aggradazione (sedimentazione di materiale terrigeno sui versanti e nelle depressioni vallive) e di erosione generalizzata. Da qui la presenza in molte vallate del territorio alpino di ripiani terrazzati posti a varie altezze sul fondovalle; ogni ripiano corrisponde ad una fase di aggradazione, e l'eventuale inciso vallivo più depresso ad una successiva fase d'erosione. Qualche esempio tratto dal territorio provinciale si rinviene nell'alta Val di Scalve; i principali centri abitati di quella zona, Azzone, Vilminore, Pradella, Schilpario tanto per citarne alcuni, sorgono su ripiani posti alla quota 1.050-1.100 m. dei contrapposti fianchi vallivi. Si tratta in realtà di un unico ripiano dovuto al riempimento di una precedente valle, durante una fase di generalizzata sedimentazione, successivamente inciso di nuovo dal torrente Dezzo quando sono tornati a prevalere gli agenti dell'erosione. Gli stessi motivi si possono notare anche in altre vallate.

Attualmente prevale l'erosione e di ciò è una prova il fatto che i principali fiumi del territorio entrano nell'alta pianura formando profondi canyons. Si ricorda quello dell'Adda, al limite occidentale della provincia, intagliato nelle ghiaie cementate, il cosiddetto «ceppo», pietra da costruzione molto simile a quella che costituisce il terrazzo di Bratto-Dorga. Il fondo del canyon, in territorio di Paderno, costituisce l'unica zona di affioramento delle sequenze marine cenozoiche (più recenti di 65 milioni di anni) nel territorio provinciale. Il limite orientale della provincia è invece sottolineato dal canyon dell'Oglio. In posizione intermedia vi è il più modesto canyon del Brembo. Il fiume Serio non forma invece un canyon apprezzabile e costituisce quindi un'anomalia.

Procedendo in direzione sud, una o entrambe le pareti che delimitano queste incisioni si allontanano dall'attuale corso del fiume, cosicché esso viene a scorrere in una posizione mediana o eccentrica di un'ampia zona depressa, ed i pianalti intermedi, costituenti il «livello fondamentale della pianura» (vedi oltre), formano come delle penisole allungate che si rastremano in direzione sud.

La superficie della pianura è blandamente inclinata verso sud, variando tra i 270 m circa in vicinanza di Bergamo e i 100 m circa dei comuni più meridionali. L'altezza delle scarpate che intagliano il «livello fondamentale della pianura» diminuisce quindi via via in direzione sud, esse diventano nel contempo meno ripide.

La topografia naturale della pianura bergamasca negli ultimi decenni è stata localmente modificata dall'attività umana. Nella superficie topografica si aprono numerose cave di ghiaia e sabbia, inerti utilizzati nell'edilizia. Le cave sono spesso di grandi dimensioni e si spingono a volte sino a 20 metri sotto il piano di campagna, penetrando quasi sempre entro la falda freatica, che quindi forma uno specchio d'acqua sul fondo della cava stessa. Altre cave sono impostate lungo l'orlo dei terrazzi ed altre negli stessi alvei dei fiumi.

Il sottosuolo della pianura è ricco di acque che impregnano le alluvioni a varie profondità, esse traggono alimento in parte dalle precipitazioni meteoriche ed in parte dalla dispersione nel sottosuolo dei corsi d'acqua superficiali naturali o artificiali (ad es.: canali). Per questo motivo nel sottosuolo vi sono falde acquifere poste a varia profondità; a titolo di esempio, a Treviglio una prima falda è collocata tra 21-23 metri, una seconda tra 37-45 metri, una terza tra 65-75 metri; a Caravaggio una prima falda tra 26-41 metri, una seconda falda tra 48-62 metri. Tali risorse idriche vengono emunte attraverso numerosi pozzi, che raggiungono profondità superiori al centinaio di metri (vi sono anche sondaggi che raggiungono profondità di parecchie migliaia di metri, ma queste sono rivolte allo sfruttamento degli idrocarburi, ad es. le perforazioni di Malossa).

Al limite meridionale del territorio l'emergenza della falda freatica al passaggio tra l'alta pianura prevalentemente ghiaiosa e la bassa pianura prevalentemente sabbiosa, determina, o meglio determinava, quella fascia di sorgenti comprese tra le quote 160 e 75 metri, denominate fontanili. La portata dei fontanili varia nel tempo in funzione delle precipitazioni, dell'apporto dei corsi d'acqua e, soprattutto del livello della falda freatica che si va continuamente abbassando, soggetta com'è ad un fortissimo emungimento; per questa ragione negli ultimi decenni il numero dei fontanili attivi si è ridotto e la loro portata tende a diminuire.

1.1.2. Corpi idrici superficiali e relative caratteristiche idrologiche

Estratto P.T.C.P. Provincia di Bergamo

La rete idrografica provinciale comprende, oltre a laghi di varie dimensioni, torrenti, fiumi, canali artificiali e rogge. Quest'ultime sono derivate dai fiumi oppure drenano aree di pianura, inclusa quella delle risorgive, attingendo dai ben noti fontanili.

Le precipitazioni sono in media discretamente abbondanti e in quantità crescente via via che si sale in quota: si va infatti da circa 900 mm annui al limite meridionale della provincia fino a circa 2.000 mm annui a nord, su alcuni settori del crinale orobico al confine con la provincia di Sondrio, secondo il Cati, oppure sulla zona compresa fra la Valle del Riso (Gorno) e la Valcanale.

La quantità e il regime delle precipitazioni, e la natura del suolo e sottosuolo sono tali da garantire la presenza di abbondante disponibilità d'acqua sia superficiale che sotterranea. Fiumi, numerosissimi laghi di ogni dimensione, importanti riserve idriche sotterranee e persino qualche piccolo ghiacciaio sono, assieme alle sorgenti (tra le quali alcune minerali) e ai fontanili, gli elementi idrografici e i corpi idrici ben rappresentati in provincia e presi in esame in questa parte del volume.

a) I FIUMI

Due importanti fiumi, l'Adda e l'Oglio, tra i maggiori affluenti di sinistra del Po, delimitano rispettivamente ad ovest e a est la provincia di Bergamo, segnandone il confine con quelle di Como e di Milano e con quella di Brescia. Affluente di sinistra dell'Adda, il Brembo è fiume totalmente bergamasco, a differenza del Serio il cui tratto inferiore scorre in provincia di Cremona, prima di immettersi nell'Adda.

Entro i confini della provincia si svolge anche il percorso di un altro fiume: il Cherio, emissario del lago d'Endine analogamente al torrente Borlezza che sfocia nel lago d'Iseo presso Castro. Notevole per la sua portata è infine il torrente Dezzo che confluisce nell'Oglio presso Boario dopo aver percorso la Val di Scalve la cui parte alta è in provincia di Bergamo, a differenza dell'inferiore, che si trova in provincia di Brescia.

Tra i fiumi citati il maggiore è l'Adda che, all'uscita dal lago di Garlate, a Lavello (punto a monte del quale il bacino è di 4.572 Km²), ha una portata media annua di 158 m³/s. Segue l'Oglio che poco lontano dal punto in cui abbandona il lago d'Iseo, fa registrare una portata media annua di circa 58 m³/s avendo alle spalle un bacino di 1.842 Km².

Minori sono le portate del Brembo e del Serio, pari rispettivamente a circa 30 m³/s al ponte di Briolo presso Brembate Sopra (bacino di 765 Km²) e a 21 m³/s al ponte di Cene (bacino di 455

Km²). Di gran lunga inferiore è invece la portata media annua del Cherio: a Casazza, quando ha origine dal lago di Endine, è di soli 1,39 m³/s avendo a monte un bacino di soli 38 Km².

Il Brembo

Se si osservano le carte topografiche si vede che nella zona dove nasce il fiume, nell'alta Valle Brembana, sono indicati con il nome di Brembo tutti i più importanti corsi d'acqua che confluiscono da Lenna in su, tanto da far sorgere la domanda su dove siano le sorgenti. L'identificazione delle sorgenti di un fiume è questione di convenzioni: se si escludono fiumi derivati da scaturigini carsiche, dalla «sorgente» di solito sgorga una quantità insignificante d'acqua, il grosso dell'alimentazione essendo costituito dal progressivo apporto di una miriade di affluenti o, anche, dal drenaggio di acque sotterranee nel percorso in pianura. Le sorgenti del Brembo sono convenzionalmente poste nella conca dove sorge il rifugio Calvi, dominata dal Pizzo del Diavolo, dal Monte Aga e dal Grabiasca. Nasce qui in effetti il Brembo di Carona, nel quale a Branzi confluisce da destra il Brembo di Valleve. Ancora più a sud, poco a valle di Lenna, vi è la confluenza del Brembo di Mezzoldo dopo che questi ha ricevuto, presso Olmo, l'importante torrente Stabina.

Valgono almeno una citazione i torrenti principali che sfociano nel Brembo a sud di Lenna: Parina, Enna (Val Taleggio), Ambria (Val Serina), Brembilla e Imagna, tutti ben noti a quanti frequentano le valli bergamasche.

A sud di Ponte S. Pietro il Brembo scorre incassato in un ampio alveo suddiviso in una infinità di rami che si riuniscono più a valle: un alveo anastomosato, usando una classificazione della geomorfologia fluviale. La confluenza in Adda avviene poco a nord di Canonica.

Incanalata in numerose rogge, l'acqua del Brembo fu usata nei secoli per irrigazione e come fonte di energia per muovere mulini. Gli usi idroelettrici delle acque della parte montuosa del bacino risalgono invece ai primi decenni del XX secolo.

Caratteristiche idrologiche del Brembo. La stazione di misura delle portate del fiume è ubicata al ponte di Briolo, presso Brembate Sopra, poco a nord di Ponte S. Pietro.

Situata a 19 Km dalla confluenza con l'Adda, essa è a valle di tutta la parte montana del bacino, la cui superficie misura 765 Km² ed ha la massima altitudine nei 2.926 metri del Pizzo del Diavolo e una quota media di 1.140 m. Le misure idrologiche al ponte di Briolo hanno avuto inizio nel 1926: la massima portata fu registrata il 1° novembre 1928, con ben 1.580 m³/s, mentre la minima si ebbe il 6 febbraio 1926, con soli 2,46 m³/s.

In media, le maggiori portate si hanno nei mesi primaverili (aprile, maggio e giugno) mentre un secondo massimo cade in novembre, in accordo con il regime delle precipitazioni, alle quali, in primavera, si aggiunge il deflusso determinato dalla fusione delle nevi. Una certa influenza sulle portate è esercitata dai serbatoi artificiali esistenti nell'alto bacino, la cui capacità complessiva ammonta a 23,4 milioni di m³. Essi contribuiscono a ridurre il massimo primaverile

di deflusso a Briolo e ad aumentare viceversa le portate autunnali e invernali: in primavera infatti i serbatoi vengono riempiti mentre da ottobre a tutto aprile se ne effettua lo svasso.

Un altro parametro usato per definire le caratteristiche idrologiche di un corso d'acqua è la durata delle portate. Essa rappresenta quanti giorni all'anno in media si è uguagliata o superata una data portata, nel nostro caso sulla base di 37 anni di osservazioni. Ad esempio per soli 10 giorni in media all'anno si raggiungono o superano $121 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre per ben 355 defluiscono oltre $7,96 \text{ m}^3/\text{s}$. La prima di queste due portate è definita convenzionalmente «di piena», mentre la seconda «di magra». La portata semipermanente, raggiunta o superata in 182 giorni (dunque nel 50% del tempo dell'anno), è pari a $20,70 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il confronto tra la quantità d'acqua che cade nel bacino (misurata nelle stazioni pluviometriche o pluviografiche) e quella che defluisce attraverso il fiume, ci consente di ricostruirne il bilancio idrologico. Le altezze di afflusso (altezze dello strato d'acqua che cade sul bacino ogni mese o durante l'anno, supposto distribuito sull'intero bacino con spessore uniforme), sono in media costantemente superiori a quelle di deflusso (analoghe altezze, ma riferite all'acqua che esce nel fiume dalla sezione di Briolo). Il divario tra afflussi e deflussi è particolarmente accentuato nei mesi estivi: in agosto il coefficiente di deflusso (rapporto deflussi/afflussi) tocca il minimo di 0,53. In estate infatti è particolarmente attiva l'evapotraspirazione e inoltre, dai bacini artificiali, viene fatta defluire solo una parte dell'acqua che vi affluisce in seguito alle precipitazioni. La perdita del bacino (afflusso meno deflusso) è pari in media a 372 mm e, per le ragioni sopra esposte, ha il suo massimo mensile in agosto (81 mm).

Il Serio

Le carte topografiche indicano con il toponimo «sorgenti del Serio», le pendici sud occidentali del Monte Torena a circa 2.500 m. di quota in una zona impervia, priva di sentieri, modellata dal ghiacciaio che nel Pleistocene qui aveva la sua origine. Poche centinaia di metri più sotto, a un'altitudine di 2.129 m., vi è il lago Barbellino superiore (detto «naturale» per distinguerlo dagli artificiali sottostanti), che raccoglie direttamente l'acqua di queste sorgenti convenzionalmente identificate come punto di nascita del fiume. In quella stessa zona, consistenti apporti al Serio vengono da vallecole laterali quali quella della Malgina, nella quale scorre lo scaricatore dell'omonimo lago, e soprattutto dalle acque di fusione dei piccoli ghiacciai del Gleno (Trobio), un tempo uniti ma ora distinti in due corpi maggiori. L'acqua di fusione si carica di limo, come del resto avviene per ogni ghiacciaio, e il torrente che ne deriva è torbido donde, secondo l'interpretazione comunemente accettata, il nome di Trobio dato sia al ghiacciaio che alla valle nella quale il torrente si incanala sfociando, dopo un breve percorso, nel grande lago artificiale Barbellino.

Numerosi torrenti delle valli laterali concentrati nel tratto tra Valbondione e Ponte Nossa versano le loro acque nel Serio: sono il Bondione (Lizzola), il Fiume Nero, il Grabiasca, il Goglio, l'Acqualina (Valcanale), l'Ogna (Valzurio) e il Riso, per non citare che i maggiori.

Con la confluenza del Riso, a valle di Ponte Nossa, terminano gli apporti significativi di torrenti laterali e il Serio scorre verso la pianura dove, attorno a Seriate, il suo letto si fa molto largo e in gran parte asciutto. Qui, dopo aver rifornito i canali di derivazione, il fiume cede le acque che ancora gli restano a un sottosuolo ghiaioso molto permeabile, andando ad alimentare falde idriche sotterranee. In tutto il tratto di pianura bergamasca, tra Seriate e Mozzanica, il Serio ha un alveo «a trecce». Il suo letto, molto largo è suddiviso in numerosi rami che si ricongiungono subito a valle, isolando barre ghiaiose e sabbiose, ricoperte solo durante le piene.

All'uscita dalla provincia, l'alveo perde questo aspetto e vi è un unico canale, spesso interessato da meandri, fino allo sbocco in Adda, in località Bocca di Serio, a sud di Crema.

Allo sfruttamento delle acque per usi irrigui e di forza motrice, iniziato secoli fa con derivazioni di rogge, a partire dai primi decenni del XX secolo si è aggiunto quello per usi idroelettrici.

Caratteristiche idrologiche del Serio. I dati sull'idrologia del Serio riguardano la media Val Seriana, non essendo reperibili notizie relative alla parte inferiore del corso. Al ponte di Cene, situato a ben 72 Km dalla confluenza con l'Adda, vi è l'unica stazione idrometrografica. A monte di questa, il bacino ha un'estensione di 455 Km², un'altitudine massima nei 3.050 m. del Pizzo di Coca e una quota media di 1.335 m.

Le misure ebbero inizio nel 1927; nello stesso anno, il 10 novembre, si registrò la portata massima con 547 m³/s, mentre la minima si ebbe il 2 febbraio 1947, con 1,44 m³/s.

La durata delle portate a Cene, calcolata su un periodo di osservazioni di 40 anni, mostra una portata di piena (uguagliata o superata per 10 giorni all'anno) pari a 66,50 m³/s e una di magra (uguagliata o superata per 355 giorni l'anno) di 6,08 m³/s; il valore della portata semipermanente è di 15,50 m³/s.

Le portate, in media costantemente inferiori a quelle del Brembo al ponte di Briolo, hanno nel corso dell'anno un andamento analogo nei due fiumi. Qualche leggera differenza nei bilanci idrologici dei bacini del Brembo e del Serio proviene dai piccoli guadagni apparenti del secondo in maggio (durante il quale, a Cene, defluisce una quantità d'acqua in media un poco maggiore di quanta ne cada sul bacino a monte). La spiegazione sta nella quota media un po' più elevata del bacino del Serio rispetto a quello del Brembo - 1.335 m. contro 1.140- quindi in un maggior innevamento invernale e in un conseguente maggior deflusso durante la fusione in maggio.

Complessivamente la perdita del bacino (afflusso meteorico meno deflusso) è di 330,8 mm, un po' minore di quella del Brembo ed è massima in novembre (65,1 mm) invece che in agosto: l'acqua delle precipitazioni autunnali è largamente trattenuta nel bacino seriano.

Anche nel caso del Serio l'uomo modifica i deflussi: nel bacino vi sono infatti serbatoi artificiali per un volume complessivo di 23,9 milioni di m³.

Le maggiori differenze tra afflussi meteorici e deflussi anche in questo caso si hanno in agosto, quando il coefficiente di deflusso è in media di 0,64. È inoltre significativo anche il divario in

ottobre (0,67), diversamente dal bacino del Brembo, dove il coefficiente relativo a quest'ultimo mese è più elevato (0,75).

L'Adda

Il fiume Adda segna per un buon tratto il confine occidentale della provincia, separandola da quelle di Como e di Milano. La parte del corso che delimita la provincia è probabilmente la più pittoresca, comprendendo il tratto in cui il fiume scorre in un profondo canyon, tra Paderno e Trezzo. Tra la prima di queste due località e Porto d'Adda, sulla sponda milanese del fiume, nel 1777 fu aperto alla navigazione il celebre Canale di Paderno costruito per permettere alle imbarcazioni di superare le rapide dell'Adda, il cui letto in quel punto ha una pendenza maggiore rispetto ai tratti adiacenti e nel quale per di più vi sono caratteristici spuntoni rocciosi di conglomerato.

Nel naviglio di Paderno il dislivello di una trentina di metri venne superato con la costruzione di ben sei conche: per circa un secolo questo canale ha consentito di portare verso Milano le merci provenienti dal lago di Como, dalla Valtellina e dalla Svizzera. Attualmente il canale è utilizzato per derivare da una delle sue conche l'acqua che mette in movimento, mediante un condotto per gran parte sotterraneo, la centrale idroelettrica Esterle di Robbiate.

A partire da Lavello, per un tratto di circa 40 Km, vi sono sull'Adda ben otto centrali idroelettriche, attivate tra il 1895 ed il 1928. Tre di esse sono ubicate sulla sponda bergamasca: la centrale Semenza (Montedison) a Calusco messa in funzione nel 1920, la Crespi Addafile, poco a sud di Concesa, attivata nel 1909 ed infine la centrale di Fara d'Adda (Linificio Canapificio Nazionale) che, assieme a quella di Vaprio sulla sponda milanese, è la più antica, risalendo al 1895.

Le centrali sono alimentate da canali derivati da sbarramenti sul fiume ubicati qualche chilometro più a monte, oppure sorgono direttamente al piede delle dighe stesse.

Dalle dighe si dipartono inoltre canali irrigui di cui tratteremo più avanti.

Poco a nord di Paderno, località famosa soprattutto per il suo celebre ponte, ultimato nel 1889, vi è il ben noto traghetto di Imbersago, che collega le due sponde dell'Adda, attrattiva turistica e, anche, autentica curiosità se non altro per essere sopravvissuto fino ai nostri giorni con il suo ingegnoso sistema di traino guidato da una fune e sfruttando la corrente fluviale.

Dopo la confluenza con il Brembo, l'Adda alimenta importanti canali d'irrigazione: le derivazioni sono concentrate nell'area di Vaprio-Canonica approfittando della forte riduzione di altezza delle sponde all'uscita dal canyon di Trezzo. Hanno qui origine il naviglio della Martesana e la roggia Vailata: il primo, sulla destra, fluisce verso la pianura milanese mentre la seconda, sulla sinistra, attraversa l'angolo sud occidentale della pianura bergamasca. Un poco più a sud, a Cassano, un altro famoso canale, la Muzza, inizia il suo percorso portando altra acqua dell'Adda nella pianura milanese.

Caratteristiche idrologiche dell'Adda. I deflussi dell'Adda in territorio bergamasco sono regolati dalla diga di Olginate e dai differenti prelievi dei canali. La diga di Olginate costruita tra l'omonimo lago e il lago di Garlate, in funzione dal 1945, permette di variare il volume d'acqua contenuto nell'intero Lario. L'innalzamento di un solo centimetro delle paratoie consente infatti di immagazzinare nel lago di Como circa 1 milione e 450mila m³ di acqua alla quale se ne aggiungono altri 44mila se si considera anche il lago di Garlate, al cui emissario è collocata la diga. L'acqua a valle serve per l'irrigazione e per alimentare le centrali idroelettriche sull'Adda: per la prima la maggiore richiesta è in estate, per le seconde in inverno. La regolazione tende quindi ad avere il lago ai massimi livelli a fine maggio, per soddisfare alle richieste di irrigazione e a fine novembre per quelle di aumento di produzione di energia elettrica. Di solito vengono distinti schematicamente nel corso dell'anno quattro periodi:

- a) 1 novembre-30 aprile (inverno) nel quale gli afflussi meteorici sono generalmente scarsi e viene effettuato lo svasso del lago e dei serbatoi alpini;
- b) 1 maggio-10 giugno (primavera) nel quale viene effettuato l'invaso del lago e inizia quello dei serbatoi;
- c) 11 giugno-30 settembre (estate) nel quale prosegue l'invaso dei serbatoi alpini e inizia lo svasso del lago a favore dell'utilizzazione irrigua;
- d) 1 ottobre-31 ottobre (autunno) nel quale viene generalmente effettuato l'invaso del lago ed i serbatoi alpini iniziano lo svasso.

La capacità di invaso dei serbatoi alpini nel bacino dell'Adda prelacuale è sensibilmente cambiata negli anni del dopoguerra: si è passati infatti da 208 milioni di m³ di invaso utile nel 1946 a 515 milioni nel 1978. I maggiori incrementi si sono avuti tra il 1957 e il 1963, con l'entrata in esercizio di nuovi serbatoi idroelettrici e aumento della capacità di invaso del 139%. L'azione dei serbatoi alpini, come si deduce anche da quanto sopra esposto, è quella di incrementare gli apporti invernali al lago di Como e ridurre quelli estivi.

Una stazione idrometrografica situata a Lavello, presso Calolziocorte, poco a valle dell'uscita dell'Adda dal lago di Olginate, permette di calcolare le quantità d'acqua che defluiscono in questo punto, all'incirca coincidenti - per quanto detto ora - con quelle rilasciate deliberatamente dalla diga di Olginate. I dati elaborati dal servizio idrografico statale coprono, per ora, l'intervallo di tempo compreso tra il 1946 e il 1984; riguardano quindi un periodo il cui inizio coincide con quello di partenza della regolazione di cui la capacità massima è di 254 milioni di m³.

La portata media annua a Lavello è di 158 m³/s, dato che evidentemente risente poco della presenza della diga, la cui influenza è invece importante per le portate mensili. Di queste le maggiori sono quelle relative a giugno (265,0 m³/s) e le minime in gennaio (96,2 m³/s) e in marzo (97,2 m³/s).

Gli annali segnalano un massimo storico di 898 m³/s raggiunto il 5 ottobre 1976 e un minimo di 16,5 m³/s del 4 aprile 1953. Non sono stati pubblicati i valori relativi alla piena conseguente

all'evento meteorico estremo di Valtellina del luglio 1987, durante il quale un volume enorme di acqua pervenne nel lago. Dall'esame delle portate medie mensili dal 1980 al 1990, risulta evidente il grande valore ($461,2 \text{ m}^3/\text{s}$) relativo al luglio 1987, certamente causato dall'evento ricordato.

La durata delle portate anch'essa condizionata dalla diga di Olginate, mostra una portata di piena di $458 \text{ m}^3/\text{s}$ ed una di magra di $59,0 \text{ m}^3/\text{s}$: in generale l'effetto della regolazione è quello di aumentare sia le portate di magra che quelle di piena, a scapito delle intermedie. La costruzione dello sbarramento ha dunque causato un aumento della portata di piena dell'Adda a valle: si è infatti calcolato che una piena del fiume di $775 \text{ m}^3/\text{s}$, avente un tempo di ritorno all'incirca ventennale, viene incrementata di ben $280 \text{ m}^3/\text{s}$ dalla presenza della diga in quanto i lavori di sistemazione dell'incile hanno determinato un aumento di capacità di portata proprio per consentire un rapido smaltimento delle piene dei laghi. Un'adeguata programmazione dell'apertura-chiusura delle paratoie deve tentare di risolvere il difficile problema di ridurre le piene del lago (con conseguenti inondazioni di piazza Cavour a Como) e contemporaneamente laminare quelle dell'Adda.

Il bacino dell'Adda a monte di Lavello è quasi totalmente al di fuori della provincia, comprendendo l'intero bacino del lago di Como. Di esso nella figura allegata è rappresentato il bilancio afflussi meteorici-deflussi calcolati sul periodo 1946-1984; è importante ribadire che i deflussi sono regolati dall'uomo a partire dal 1945.

L'Oglio

Il Fiume Oglio marca, assieme al lago d'Iseo, il confine orientale della provincia di Bergamo, separandola da quella di Brescia che a Palazzolo «invade» per qualche Km^2 anche il territorio sulla destra del fiume. Il bacino è molto esteso: nella parte a nord del lago d'Iseo il fiume è bergamasco solo tra Rogno e Lovere, al termine della Val Camonica, mentre per il resto il bacino è per lo più bresciano, includendo solo una piccola parte della provincia di Sondrio. Uscito dalla provincia di Bergamo, il fiume prima separa la provincia di Cremona da quella di Brescia ed, infine, entra nel Mantovano, dove sfocia nel Po.

Nel tratto immediatamente a sud del lago d'Iseo alimenta dal suo lato destro alcune importanti rogge: la roggia Sale, la roggia Donna ed infine, all'estremo sud della provincia, il naviglio Pallavicino (o di Cremona) destinato all'irrigazione della provincia contigua.

Anche in questo tratto vi sono numerose derivazioni dalla sponda bresciana, quali ad esempio la nuova seriola, che trae origine poco a nord di Palazzolo.

Catteristiche idrologiche dell'Oglio. Per portata l'Oglio è il secondo fiume della provincia di Bergamo, pur essendo subordinato all'Adda. Come per quest'ultimo, i deflussi sono controllati da una diga quella di Sarnico, la prima costruita per regolare i grandi laghi prealpini dal lontano 1933, con una capacità di regolazione di $85,4$ milioni di m^3 .

La stazione di misura delle portate è ubicata a Capriolo, pochi chilometri a valle del punto di uscita dell'Oglio dal lago d'Iseo, e quindi, dallo stesso sbarramento di Sarnico, a una distanza di circa 100 Km dalla confluenza nel Po.

La portata media annua, valutata per il periodo di osservazioni 1933- 1991, coprente quindi un periodo di 58 anni interamente regolato di deflusso, è di 57,27 m³/s (valore comprendente anche la derivazione della roggia Fusia). I massimi e i minimi si hanno rispettivamente in giugno (85,5 m³/s) e nei primi tre mesi dell'anno (40 m³/s), analogamente a quanto avviene per l'Adda. Valori estremi, nel periodo di osservazioni sopra indicato, sono un massimo di 414 m³/s, raggiunto il 20 settembre 1960, allorché si ebbero estese inondazioni in Valcamonica e un minimo di 5,6 m³/s il 19 novembre 1950, in corrispondenza di una chiusura eccezionale dello sbarramento. Motivazioni ed effetti della regolazione del lago d'Iseo sul fiume Oglio sono analoghi a quanto detto a proposito dell'Adda.

La durata delle portate permette di considerare convenzionalmente a Capriolo come portata di piena 153,0 m³/s e di magra.

Il bilancio idrologico del bacino dell'Oglio a monte di Capriolo, infine, coincide con quello del lago d'Iseo al quale si rimanda.

Il Cherio

Il Cherio, emissario del lago d'Endine, è il minore dei fiumi bergamaschi qui considerati tanto per portata - in media circa 1,3 m³/s - quanto per lunghezza, in tutto circa una ventina di chilometri. Percorso il tratto inferiore della Val Cavallina compreso tra Casazza e Trescore, attraversa una piccola zona della pianura immettendosi nell'Oglio a Palosco. Nonostante la scarsa portata viene ugualmente utilizzato da tempo per irrigare le campagne mediante rogge come la Bolgare, che si diparte a sinistra in corrispondenza dell'omonima località.

Caratteristiche idrologiche del Cherio. La stazione idrometrografica di Casazza del Servizio Idrografico statale ha funzionato dal 1959 al 1968.

La portata media è di 1,39 m³/s, le medie dei singoli mesi variano da un massimo di 1,84 m³/s di novembre a un minimo di 0,97 m³/s di febbraio. I deflussi sono in genere più elevati nell'estate-autunno e più modesti in inverno. Sull'arco del decennio di osservazioni, la massima assoluta istantanea di 5,88 m³/s si ebbe il 6 novembre 1966 (in quel periodo si ebbero catastrofiche inondazioni a Firenze e nelle Venezie). La minima assoluta (0,30 m³/s) fu rilevata per più giorni consecutivi nel settembre 1962.

Il calcolo della durata delle portate mostra per la portata di piena circa 3,50 m³/s, per quella di magra di 0,5 m³/s, mentre la semipermanente è di circa 1,22 m³/s.

Le misure di deflusso effettuate alla stazione di Casazza hanno permesso di stendere il bilancio idrologico del bacino del lago d'Endine, per il quale si rimanda al paragrafo relativo a quest'ultimo.

b) LE ROGGE E I CANALI

Anticamente i canali destinati all'irrigazione e a fornire energia ai mulini, nel bergamasco erano denominati sariole dal nome latino del fiume Serio: *Sarius*. Dapprima riservato alle derivazioni da questo fiume, in seguito il termine fu esteso a quelle degli altri. Il Goltara segnala che la voce «sariola» compare già in un atto di vendita del 910 d.C. Molto usato nel passato, questo termine è ora caduto in disuso, tanto che non compare sulle carte topografiche, sostituito ovunque da quello di roggia, una traduzione dal latino *rubea*, presente fin dal 1294, a detta dello stesso Goltara, in documenti relativi all'area bergamasca.

Se si escludono quelle originate da sorgenti o comunque alimentate da falde sotterranee, la maggior parte delle rogge sono artificiali, derivate dai cinque fiumi della provincia. Con la eccezione di un canale tuttora in costruzione - il canale L. Pasinetti - i corsi d'acqua artificiali sono così antichi da potersi dire che facciano parte dell'«ambiente naturale» bergamasco. Molte rogge furono derivate dai fiumi al fine di muovere le pale dei mulini e delle segherie e, dalla fine dell'800, per produrre energia elettrica: in questi casi l'acqua utilizzata tornava al fiume.

Per l'uso irriguo l'acqua estratta viene invece dispersa sul suolo sicché non rientra che in minima parte nell'alveo dei fiumi.

Il canale L. Pasinetti. È opportuno un cenno alla più recente delle opere irrigue della pianura bergamasca, ancora in via di ultimazione il canale L. Pasinetti.

Il progetto elaborato dal Pasinetti fu oggetto di una deliberazione della Camera di commercio, industria e agricoltura di Bergamo fin dal lontano 1947. La funzione del canale è di irrigare l'alta pianura bergamasca e la pianura dell'Isola con acqua derivata dell'Adda. Il progetto prevede la presa a monte dello sbarramento di Robbiate d'Adda, un tracciato in galleria fino a Suisio e quindi attraversamento della pianura superando Brembo e Serio fino al Cherio e, attraverso questo fiume, all'Oglio.

Doveva passare quasi mezzo secolo dalla presentazione ufficiale di quest'opera, perché fosse dato il via alla sua realizzazione.

c) I LAGHI

Un tratto del confine orientale della provincia coincide con un grande lago prealpino: il lago d'Iseo o Sebino. Un altro lago prealpino minore, il lago d'Endine, è invece totalmente bergamasco.

Un notevole numero di laghi e laghetti caratterizza le Orobie il maggiore volume d'acqua è contenuto in bacini artificiali, ottenuti per lo più sbarrando conche in origine già occupate da laghetti.

Altri specchi d'acqua artificiale, quali antiche cave di ghiaia e sabbia, riempite di acqua di falda, nonché serbatoi opportunamente costruiti a scopo irriguo, sono sparsi qua e là nella pianura.

Il lago d'Iseo o Sebino

Il lago d'Iseo è il più grande lago prealpino della Bergamasca cui appartiene per la metà occidentale, essendo l'altra compresa nella provincia di Brescia. Su quest'ultima si estende quasi interamente il bacino idrografico del lago, coincidente con quello alto del fiume Oglio.

Le caratteristiche principali del Sebino sono riunite nella scheda a seguire.

Parametri fisiografici del lago d'Iseo

Latitudine N 45°44'		
Longitudine E (G) 10°04' W (M. Mario) 02°23'		
Affluenti: fiume Oglio		
Emissario: fiume Oglio, fiume Po		
Portata media emissario	m ³ /s	58,7
Altitudine del livello medio	m s.l.m.	186
Area del lago (superficie dell'acqua)	Km ²	60,9
Area del bacino imbrifero (lago compreso)	Km ²	1.736
Aree glaciali nel bacino imbrifero	Km ²	19,6
Alt. max del bacino imbrifero (M. Adamello)	m s.l.m.	3.554
Profondità massima	m	258
Profondità media	m	124
Larghezza massima	m	3.000
Lunghezza massima	m	20.200
Lunghezza della costa	Km	63
Volume d'acqua	m ³ (milioni)	7.600
Indice di sinuosità del lago		2,28
Rapporto area bacino imbrifero (con lago)/area lago		28,5
Tempo teorico di ricambio	anni	4,1
Copertura ghiaccio:		nessuna
Ambienti lacustri presenti nel bacino	Km ²	120
Utilizzazioni: ittica, navigazione, industriale		

La conca del lago d'Iseo fu modellata dai ghiacciai pleistocenici che, scesi a più riprese nella Val Camonica depositarono alla loro fronte apparati morenici tuttora ben conservati immediatamente a sud del lago. Il solco nel quale si incanalarono i ghiacciai fu inizialmente scavato da un fiume in periodo preglaciale circa 6 milioni di anni fa durante il Miocene superiore, quando il Mediterraneo, secondo l'opinione di molti geologi, si asciugò e quindi i corsi d'acqua che in esso sfociavano, approfondirono grandemente il loro letto, per raccordarsi a un «livello di base» assai più basso dell'attuale.

La profondità massima del fondo del Sebino si trova a circa 102 m sotto il livello del mare (questa profondità viene detta «di criptodepressione») e i rilievi sismici eseguiti da Flinckh hanno mostrato che, al di sotto della copertura dei sedimenti, il fondo roccioso ha un profilo

trasversale a V, che mal si concilia con la sola erosione glaciale la quale produce un profilo ad U. Le indagini geofisiche di cui si è detto hanno fornito una prova dell'origine primaria fluviale della conca, in seguito certamente modellata dai ghiacciai. Analoghe vicende, del resto, avrebbero avuto anche gli altri grandi laghi prealpini italiani.

Bilancio idrologico del bacino idrografico del lago d'Iseo. Dalle tabelle pubblicate negli annali del servizio idrografico statale si può ricavare il bilancio idrologico del bacino idrografico del lago d'Iseo. Occorre premettere, per una corretta lettura del bilancio, che il deflusso - l'acqua che esce dalla sezione in cui è ubicata la stazione di Capriolo, pochi chilometri a valle del punto di origine dell'emissario - pari in media a 58,6 m³/s, è regolato dall'uomo dal 1933, anno a partire dal quale sono state eseguite le misurazioni dopo la costruzione della diga di Sarnico.

Bilancio idrologico del bacino dell'Oglio a monte della stazione idrometrografica di Capriolo

Mesi	Deflusso (mm)	Afflusso meteorico (mm)	Coefficiente di deflusso
Gennaio	60,3	55,4	0,97
Febbraio	54,7	52,3	0,90
Marzo	59,1	75,1	0,77
Aprile	68,9	92,9	0,83
Maggio	110,4	139,1	0,89
Giugno	122,0	137,3	0,92
Luglio	113,7	133,7	0,77
Agosto	97,3	141,5	0,61
Settembre	88,1	118,7	0,73
Ottobre	86,7	122,4	0,76
Novembre	78,7	117,4	0,74
Dicembre	63,0	66,2	0,94
ANNO	1.002,9	1.253,0	0,80

Si consideri inoltre che nell'area del bacino vi sono serbatoi idroelettrici artificiali - i più importanti dei quali si trovano nel gruppo dell'Adamello - il cui deflusso è pure regolato dall'uomo, per un volume complessivo di 104,8 milioni di metri cubi.

Le altezze di afflusso (spessore dello strato d'acqua che precipita sul bacino in un mese o in un anno - a seconda che si considerino le altezze mensili o annuali - distribuita con spessore uniforme sull'area del bacino) variano ovviamente con il regime delle precipitazioni, presentando massimi in estate, una leggera flessione in settembre e ottobre, un nuovo incremento in novembre e spiccati minimi nei mesi invernali.

Esse riflettono il regime delle precipitazioni di una regione tipicamente alpina quale è la gran parte del bacino, che ha un'altitudine media di 1.429 m s.l.m., e una massima nei 3.554 m dell'Adamello.

L'andamento dei deflussi, per quanto regolato artificialmente con la diga di Sarnico, deve almeno in parte rispettare quello degli afflussi. L'altezza di deflusso (spessore dello strato d'acqua ottenuto distribuendo con altezza uniforme sull'intero bacino il volume d'acqua defluito a Capriolo in un anno o in un mese, a seconda che ci si voglia riferire al deflusso annuale o mensile) risulta minima in gennaio e massima in giugno, essendo i mesi estivi quelli nei quali viene effettuato l'invaso dei serbatoi montani, allorquando i loro immissari sono solitamente più ricchi di acqua.

Per il bacino dell'Iseo il coefficiente di deflusso (rapporto deflusso/afflusso) è pari a 0,80 e la perdita annua (afflusso meno deflusso) è di 250,1 mm

Esaminando i dati mensili risulta evidente che la perdita si protrae in ogni mese dell'anno, avvicinandosi al pareggio in gennaio e soprattutto in dicembre.

È probabile che, in assenza di regolazione e di serbatoi montani, si sarebbero potuti avere guadagni nei mesi primaverili, allorquando defluisce l'acqua di fusione delle nevi: data la quota, l'innevamento nel bacino è di solito piuttosto consistente.

Caratteristiche chimiche. Il chimismo di base delle acque del lago d'Iseo, quale risulta da medie di misure, è riportato nella tabella che segue.

Caratteristiche chimiche del lago d'Iseo

Calcio (m/l)	44
Cloruri (mg/l)	4
Magnesio (mg/l)	8
Nitrati (mg/l)	4,4
Sodio (mg/l)	2
Potassio (mg/l)	1
Solfati (mg/l)	60
Alcalinità (µeq/l)	1,8
Durezza (°F)	14,6

Rispetto agli altri grandi laghi prealpini è anomalmente elevato il tenore in solfati, probabilmente da mettere in relazione con la presenza di gessi e anidriti nella bassa Val Camonica nella quale scorre l'immissario (fiume Oglio). Quest'ultimo infatti, secondo le ricerche promosse dall'Amministrazione Provinciale di Bergamo, ha un tenore in solfati variabile (da 37 a 84 mg/l) ma pur sempre significativo, tale da giustificare l'arricchimento in questi composti nelle acque del lago.

Il lago d'Endine

Il lago d'Endine (o di Spinone) è ben noto a chi percorre la strada statale n. 42 (del Tonale e della Mendola) che si snoda tortuosa sulle sue sponde nord occidentali. Nei mesi invernali la superficie lacustre è spesso ricoperta da una lastra di ghiaccio.

Le caratteristiche generali del lago qui riportate sono tratte da uno studio pubblicato nel 1974 dall'Istituto italiano di idrobiologia (CNR), al quale ne hanno fatto seguito altri sempre firmati da studiosi dell'istituto citato.

La conca lacustre è di origine glaciale essendo dovuta all'attività erosiva di una colata di ghiaccio che nel Quaternario antico (Pleistocene) occupava la Val Cavallina spingendosi fino all'area su cui attualmente sorge il castello di Monasterolo, dove il ghiacciaio vallivo lasciò i depositi frontali che sbarrano il lago. Questi depositi sono attribuiti all'ultima grande espansione glaciale, mentre in tempi più antichi, durante una precedente espansione, nella Val Cavallina il ghiacciaio si spinse più a sud, fino a Luzzana.

Come mostra l'andamento delle isobate (linee che uniscono i punti di ugual profondità), che tendono ad avvicinarsi tra loro presso le rive, la conca ha dunque un profilo trasversale a fondo piatto e fianchi relativamente ripidi, in accordo con la sua origine glaciale. I fianchi, comunque, sono probabilmente rimodellati dall'azione dell'uomo, specialmente il destro lungo il quale corre la strada statale. L'originaria forma glaciale della conca fu modificata dall'azione dei torrenti che incidono i versanti della Val Cavallina. Essi costruirono infatti conoidi che andarono a occupare una parte del bacino sul più esteso sorge l'abitato di Monasterolo.

Tra i dati più rilevanti è da segnalare la profondità relativamente scarsa (massima di 9,40 m, media di 5,10 m).

Parametri fisiografici del lago d'Endine

Latitudine N 45°46'40"		
Longitudine E (G) 09°56'18" W (M. Mario) 02°30'50"		
Affluenti: fiume Fossadone		
Emissario: fiume Cherio, fiume Oglio, fiume Po		
Portata media emissario	m ³ /s	1,39
Altitudine del livello medio	m. s.l.m.	334
Area del lago (superficie dell'acqua)	Km ²	2,34
Area del bacino imbrifero (lago compreso)	Km ²	36,7
Alt. max del bacino imbrifero (M. Grione)	m s.l.m.	1.381
Profondità massima	m	9,4
Profondità media	m.	5,1
Larghezza massima	m	600
Lunghezza massima	m	5.000
Lunghezza della costa	Km	13,9
Volume d'acqua	m ³ (milioni)	11,93
Indice di sinuosità del lago		2,56
Rapporto area bacino imbrifero (con lago)/area lago		17,7
Tempo teorico di ricambio	anni	0,27
Copertura ghiaccio:		irregolare

Bilancio idrologico del bacino idrografico del lago d'Endine. Il bilancio idrologico del bacino del lago d'Endine è stato ricostruito in base alle osservazioni di precipitazioni e di deflusso attraverso l'emissario, effettuate dal servizio idrografico di Stato, limitatamente al decennio

1959-1968. In questo periodo, le misure eseguite alla stazione di Casazza hanno mostrato un deflusso dal lago attraverso il fiume Cherio pari in media a $1,39 \text{ m}^3/\text{s}$, con valori massimi di $5,8 \text{ m}^3/\text{s}$ e minimi di $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dall'esame del bilancio è evidente una perdita che va via via aumentando dalla fine dell'inverno ad agosto, in relazione al progressivo aumento di evaporazione dallo specchio lacustre e di evapotraspirazione dall'intero bacino man mano che aumenta la temperatura nel corso dell'anno.

I guadagni del corpo idrico a dicembre e a gennaio sono attribuiti alle ridotte evaporazioni ed evapotraspirazioni invernali e agli apporti di acque sotterranee.

Caratteristiche termiche e tempo di ricambio delle acque. Le caratteristiche termiche del lago d' Endine hanno mostrato che il lago, come del resto ci si poteva aspettare, è dimittico, essendo caratterizzato da due periodi di rimescolamento delle acque superficiali e profonde, testimoniato da uniformità di temperatura con la profondità (omeotermia) separati da altrettanti di stratificazione termica. Quest'ultima si verifica nei mesi invernali (dicembre-febbraio) con stratificazione inversa (circa 5°C sul fondo, circa 3°C in superficie) e tra aprile e ottobre, con stratificazione diretta. In luglio e agosto si hanno oltre 23°C in superficie e $14-16^\circ\text{C}$ in profondità.

Durante l'inverno si forma a volte in superficie una copertura di ghiaccio, che può essere parziale oppure totale: è questa una delle caratteristiche dei laghi prealpini minori, in quanto i quattro più estesi (Maggiore, Como, Iseo e Garda) hanno una tale massa d'acqua che permette di trattenere il calore ricevuto nei mesi estivi cedendolo lentamente in inverno.

Il tempo medio di ricambio delle acque lacustri, tempo necessario per il rinnovo del 50% dell'acqua in esso contenuta, è stato valutato in 127 giorni.

Caratteristiche chimiche. Essendo il bacino imbrifero impostato in rocce carbonatiche prevalentemente calcaree, l'acqua del lago d'Endine è ricca di bicarbonato specialmente di calcio, subordinatamente di magnesio e presenta un sensibile grado di durezza (in media circa 20 gradi francesi). Una simile composizione pone il lago al riparo da possibili fenomeni di acidificazione, che minacciano invece i laghi con basso tenore in bicarbonati alcalino-terrosi e quindi con bassa alcalinità.

Tra gli altri componenti fondamentali, i solfati sono riportati con valori molto differenti in fonti diverse: accanto a un valore di ben oltre 50 mg/l determinato dall'Istituto di ricerca sulle acque (IRSA) nel 1976, difficilmente spiegabile in relazione alla natura litologica del bacino, ve ne sono altri più realistici di $15-20 \text{ mg/l}$ riscontrati in occasioni diverse dai ricercatori dell'Istituto di Pallanza. Gli stessi studiosi in anni più recenti collocano il lago in esame tra gli eutrofici, in quanto in esso la quantità di fosforo totale, pari a circa $33 \text{ }\mu\text{g/l}$, è superiore a $20 \text{ }\mu\text{g/l}$, posto schematicamente e convenzionalmente come quantità al di sopra della quale si hanno condizioni di eutrofia.

In relazione a tenori di fosforo molto superiori riscontrabili in parecchi altri laghi - dove si superano spesso 100 µg/l - le condizioni del lago d'Endine non sono certamente tra le peggiori. Analisi effettuate nel 1984-85 dai più volte citati ricercatori di Pallanza, hanno mostrato comunque che lo stato trofico del lago non è sostanzialmente cambiato rispetto a quanto risultava da studi eseguiti nel 1973, nonostante che nel frattempo sia entrato in funzione un anello collettore circumlacuale che raccoglie l'80% degli scarichi urbani: ulteriori misure di risanamento sono tuttora allo studio. La composizione chimica relativamente agli elementi fondamentali (il cosiddetto «chimismo di base») delle acque del lago d'Endine è riportata nella seguente tabella.

Composizione chimica delle acque del lago di Endine

	1971	1984	1985
Calcio (mg/l)	56,91	54,10	65,73
Magnesio (mg/l)	12,76	12,52	11,18
Sodio (mg/l)	2,76	3,45	2,76
Potassio (mg/l)	0,78	0,78	0,78
Solfati (mg/l)	14,09	15,85	20,17
Cloruri (mg/l)	3,19	3,54	2,83
Alcalinità (µeq/l)	3,60	3,40	3,66

I nitrati mostrano sensibili variazioni stagionali oscillando tra 0,1 mg/l in estate e 0,7 mg/l all'inizio della primavera.

L'ossigeno, variamente distribuito nel corso dell'anno, è assente durante la stagnazione estiva (da giugno a settembre) a profondità superiori ai 6 m.

Vegetazione acquatica. La vegetazione acquatica è data da una fascia costiera di macrofite emerse e sommerse costituenti il caratteristico canneto che, secondo osservazioni effettuate nel 1972, interessava un'area corrispondente a circa il 18% della totale lacustre e presentava la massima estensione nelle zone settentrionali (Endine) e meridionali (Spinone) nonché in prossimità della riva orientale presso Monasterolo e San Felice: tutte queste zone hanno in comune fondali a dolce declivio.

Dalle ricerche di P. Guizzoni e C. Saraceni, eseguite negli anni 1972-73, risultò che la vegetazione acquatica costituiva la fonte principale di sostanza organica autoctona e che il complesso delle specie presenti consentiva di dedurre che il lago doveva essere ritenuto altamente eutrofico, se considerato facendo riferimento al parametro vegetazione.

I laghi alpini e prealpini minori

Le Orobie sono costellate da una miriade di laghi di ogni dimensione che costituiscono forse la caratteristica ambientale più saliente di queste montagne, tanto che all'illustrazione e

catalogazione di essi è dedicata più di una monografia: si possono citare a questo proposito quella di F. Radici e S. Calegari e quella di C. Resnati.

I maggiori laghi alpini sono artificiali, sbarrati da dighe, assai numerosi nelle Orobie bergamasche e concentrati specialmente nella zona tra le alte Val Brembana e Val Seriana, in particolare nelle montagne immediatamente a sud del Brembo di Carona (per intenderci la ben nota area dei laghi Gemelli) e nella conca dei laghi di Aviasco, tributaria del Serio a Gromo. La maggior parte delle dighe fu costruita negli anni '20 del secolo presente.

Le conche dei laghi artificiali furono certamente modellate dai ghiacciai quaternari, che al loro ritiro lasciarono una morfologia ricca di cavità favorevoli ad ospitare laghi: molti di quelli artificiali si trovano in corrispondenza di bacini già in parte riempiti da sedimenti lacustri o che ospitavano piccoli specchi d'acqua al momento di costruzione delle dighe. Edificando quest'ultime allo sbocco dei bacini, l'uomo ha ricreato le condizioni favorevoli ad accogliere grandi laghi, alzando soglie che permettono l'immagazzinamento di ingenti quantità d'acqua per produrre energia elettrica.

I regimi idrologici degli alti bacini del Brembo e del Serio ne risultarono sensibilmente modificati. Anche il paesaggio naturale subì profonde trasformazioni con la comparsa di numerosi laghi artificiali e la scomparsa di alcune celebri cascate come quelle del Serio a Valbondione, ora aperte solo qualche giorno all'anno per la gioia dei turisti, e quelle del torrente Borleggia nel Brembo a Branzi.

Modellata dai ghiacciai fu anche la gran parte delle conche occupate dai laghi minori distribuiti lungo l'intera catena orobica. La natura geologica di queste montagne, costituite per lo più da rocce scarsamente permeabili, quali argilliti e siltiti della formazione del Collio (Permiano inferiore) e da scisti cristallini pre-permiani, risultò favorevole alla genesi di una moltitudine di laghi e laghetti.

Molto meno adatte a trattenere acqua in bacini sono invece le prealpi bergamasche, costituite come sono da rocce calcaree e dolomitiche nelle quali l'acqua di precipitazione penetra in profondità, riuscendo successivamente a valle dove incontra un substrato impermeabile. Sono infatti praticamente assenti laghi nei gruppi montuosi di Pegherolo-Cavallo, Aralalta-Venturosa, Arera, Presolana, Camino-Cimone della Bagozza e in quelli più meridionali di Resegone, Castel Regina, Alben e Formico. Unici specchi d'acqua tra tutte queste montagne carbonatiche sono il lago Branchino sul versante nord dell'Arera, lo Spigorel sulle pendici settentrionali del Vigna Vaga (il laghetto è noto anche con il nome di quest'ultima montagna), il modesto laghetto di Polzone presso il rifugio Albani sotto la Presolana, il lago Campelli a nord del Cimone della Bagozza. In rocce carbonatiche del Trias medio, in vicinanza del contatto con quelle marnose del Trias inferiore, è infine anche il piccolo lago Arale, presso San Simone in alta Val Brembana.

Come particolarità, si può citare l'unico lago prealpino minore naturale di fondo valle, il lago di Gaiano, ubicato qualche chilometro a est del lago d'Endine, sul fondo della Valle Cavallina.

Una conseguenza della natura litologica non carbonatica della totalità dei bacini idrografici dei laghi alpini orobici è il contenuto di sali disciolti nelle loro acque estremamente basso.

Solo i bacini idrografici in rocce carbonatiche sono in grado infatti di assicurare, ai laghi che ospitano, una discreta mineralizzazione rappresentata da tenori significativi in calcio, magnesio e bicarbonato. Quest'ultimo componente viene dosato attraverso la misura dell'alcalinità che nei laghi delle Orobie, quasi tutti in bacini imbriferi privi di rocce carbonatiche, risulta molto bassa. La misura di questo parametro serve a quantificare il grado di esposizione al rischio di acidificazione prodotto da piogge acide: si ritiene infatti che esso sia elevato per alcalinità inferiore a 200 µeq/l. La grande maggioranza dei laghi orobici in cui furono effettuate analisi chimiche, si trova in condizioni di esposizione al rischio di acidificazione. I valori di pH riscontrati nel 1981 - per lo più leggermente inferiore a 7 - mostrano tuttavia che la maggior parte dei laghi erano caratterizzati da debole acidità: la calamità dell'acidificazione dei laghi, che ha colpito massicciamente quelli scandinavi e canadesi, sembra per ora aver risparmiato i laghi alpini.

I laghi artificiali della pianura

Nella pianura bergamasca e in quella dell'Oglio in Val Camonica vi è un discreto numero di laghetti artificiali. Sono cave di ghiaia e sabbia, in attività o dismesse, situate nei depositi fluviali e riempite dalle acque sotterranee della falda freatica. Solo dove la falda è molto profonda le cave rimangono all'asciutto. Gli specchi d'acqua aventi questa origine possono essere adibiti a differenti usi. Vi è innanzitutto un certo numero di cave ancora in funzione, nelle quali l'estrazione di inerti viene effettuata direttamente dal fondo dei laghetti generati dalle operazioni di cava mediante draghe galleggianti come avviene ad esempio a Pontirolo Nuovo, a Mozzanica e a Covo.

Dove l'attività estrattiva è cessata rimangono laghetti come attorno a Treviglio . La tendenza è quella di sfruttare in vario modo questi specchi d'acqua: vi si attua la piscicoltura, come a Calcio e in due bacini a Torre Pallavicina, oppure la pesca sportiva, come ad Almenno S. Salvatore, Almenno S. Bartolomeo , Martinengo, Fontanella e in una parte del bacino di Bessimo in Val Camonica.

1.1.3. Prevenzione del rischio idraulico

Estratto da PTCP Provincia di Bergamo

Uno studio attento e diffuso è stato condotto sulle analisi che si riferiscono ai fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua, alle precipitazioni atmosferiche intense, all'esame delle piene dei principali corsi d'acqua naturali, alla valutazione sintetica delle situazioni di rischio esondativo lungo i principali corsi d'acqua naturali nel territorio provinciale.

Il problema è stato affondato da tempo da diverse Amministrazioni Locali che hanno progettato e realizzato opere di regimazione delle portate, con studi peraltro spesso limitati e non estesi all'intero corso d'acqua.

La situazione di rischio deriva oggi in particolare dalla eccessiva urbanizzazione, verificatasi nel tempo, degli spazi fluviali.

E' nota l'importanza fondamentale che ha avuto l'adozione da parte dell'Autorità di Bacino del fiume Po, del P.A.I. – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – e delle relative, puntuali Norme di intervento, oggi vigenti.

Nel territorio della provincia di Bergamo, sono stati considerati dal P.A.I. i seguenti bacini idrografici:

- bacino del fiume Oglio
- bacino del fiume Adda 8compresi i sottobacini del fiume Serio e del fiume Brembo)

Per essi il P.A.I. ha determinato la delimitazione di tre fasce fluviali, fornendo norme dettagliate di intervento:

- fascia A - di deflusso delle piene (ritorno 100 anni)
- fascia B - di esondazione (ritorno di 200 anni)
- fascia C - di inondazione per piene catastrofiche (ritorno 500 anni)

I tratti delle aste fluviali che sono state oggetto di delimitazione delle fasce A, B, C, da parte del P.A.I., sono:

fiume Serio : da Alzano Lombardo fino a Mozzanica;

fiume Brembo : da Lenna fino alla confluenza in Adda;

fiume Adda : da Cisano Bergamasco fino a Casirate d'Adda;

fiume Oglio : da Rogno a Costa Volpino nella zona sopralacuale e da Sarnico a Torre Pallavicina nella parte sub-lacuale

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.), (approvato dal Consiglio Provinciale con delibera n. 40 del 22-04-2004), avvalendosi dell'art.25.4 delle Norme di Attuazione del P.A.I. si propone di integrare lo studio con la determinazione delle fasce fluviali per i corsi d'acqua non compresi tra quelli già predisposti dal P.A.I.

I corsi d'acqua considerati sono quelli indicati come "principali" nella Delibera della G.R. n.7/7868 del 25/01/2002

L'operazione, condotta attraverso Piani di Settore, sarà effettuata dalla Provincia con intesa con le Comunità Montane e con i Comuni interessati, secondo le priorità che saranno stabilite

sulla base delle urgenze derivanti dalla frequenza ed entità dei fenomeni di esondazione che si sono manifestati.

Nei Piani di Settore del PTCP sono proposte le localizzazioni e le tipologie degli interventi strutturali che sono giudicati necessari, e in particolare quelli sulle "casce di espansione" per le piene fluviali.

I provvedimenti non strutturali (che consistono nelle discipline amministrative e urbanistiche) sono tesi ad impedire la presenza di insediamenti nelle aree soggette a rischio, "lasciando il fiume libero di sondare nelle aree a ciò destinate, mantenendo alla corrente le naturali irregolarità ed occasioni di dissipazione energetica e di laminazione, con benefica riduzione dei colmi nei tratti fluviali di valle".