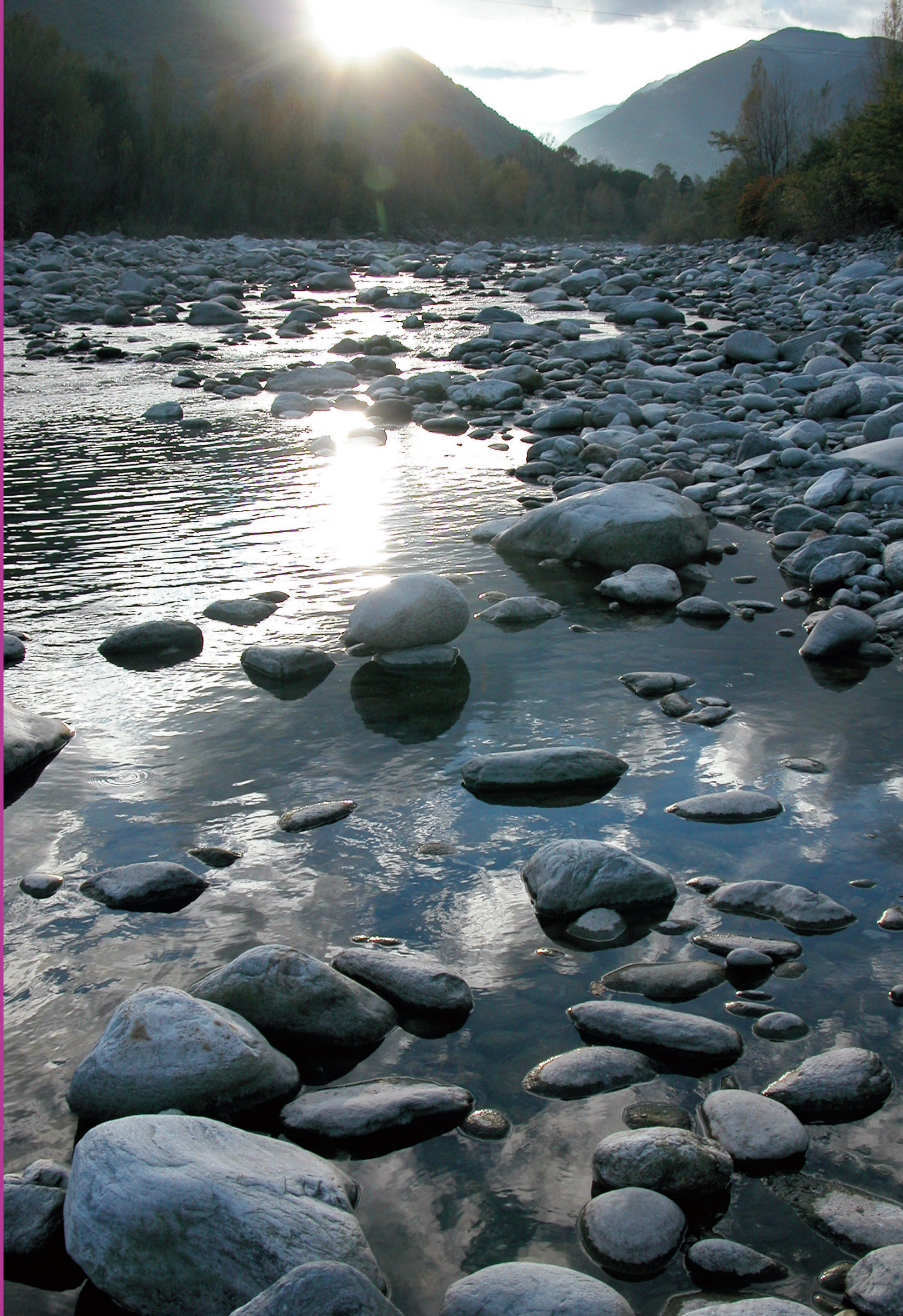




Acqua

66 L'essenziale in breve

67	Introduzione	2.1
67	Il ciclo dell'acqua	2.1.1
67	La distribuzione dell'acqua	2.1.2
68	Caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua	2.1.3
69	La Legge sulla protezione delle acque	2.2
70	Possibili impatti sulle acque	2.3
71	Inquinanti	2.3.1
72	Cause di inquinamenti	2.3.2
75	Deflussi minimi	2.3.3
75	Modifiche morfologiche	2.3.4
77	Smaltimento delle acque	2.4
77	Costruzione del sistema di canalizzazione e degli impianti di depurazione	2.4.1
80	Impianti di depurazione	2.4.2
83	Acque di scarico di origine industriale	2.4.3
86	Stato delle acque nel Canton Ticino	2.5
86	Stato chimico	2.5.1
103	Deflussi minimi	2.5.2
105	Stato morfologico dei corsi d'acqua	2.5.3

L'essenziale in breve

La società utilizza l'acqua potabile non solo a scopo alimentare ma anche per altre svariate attività che possono influenzarne negativamente la qualità. Le principali fonti d'inquinamento delle acque sono gli incidenti, i siti contaminati, le vecchie discariche, l'agricoltura, le deposizioni atmosferiche e le acque di scarico. Ci sono poi attività che non influiscono direttamente sulla qualità delle acque ma hanno comunque un impatto negativo, come la produzione di energia idroelettrica che riduce il quantitativo di acqua che scorre in un alveo (deflussi minimi) e gli interventi di correzione sui corsi d'acqua che influiscono negativamente sulla morfologia del corso d'acqua.

Compito della Legge federale sulla protezione delle acque è di ridurre queste fonti d'inquinamento o d'impatto sulle acque il più possibile.

Risultati importanti sono stati ottenuti nell'ambito dello smaltimento delle acque di scarico. La costruzione della rete di canalizzazione e degli impianti di depurazione iniziata negli anni settanta oggi è praticamente completata. Nel 2001 le acque di scarico provenienti dal 90% della popolazione ticinese sono state depurate. La costruzione di queste opere ha implicato grandi investimenti: tra il 1970 e il 2000 gli investimenti consortili e comunali furono di 1615 milioni di franchi, quelli cantonali 547 milioni e quelli federali 280 milioni di franchi. Anche le acque di scarico di origine industriale grazie ai pretrattamenti hanno migliorato molto di qualità: vengono infatti eliminati oltre il 95% degli idrocarburi e tra il 92-98% dei metalli pesanti.

Questi provvedimenti hanno influito positivamente sulla qualità dei laghi e dei corsi d'acqua. Gli apporti annuali di fosforo nel Lago di Lugano sono stati ridotti da oltre 95 a 25 tonnellate nel bacino nord e da 155 a 39 tonnellate nel bacino sud. Il lago si trova comunque ancora tuttora in uno stato eutrofico. Un completo risanamento a corto termine non sarà però possibile a causa dell'ingente quantitativo di fosforo accumulato negli strati profondi del bacino nord che può di tanto in tanto raggiungere lo strato superficiale. In particolare durante inverni molto freddi o in seguito all'immissione di affluenti in piena, acque dello strato profondo ricche di fosforo possono mescolarsi con quelle superficiali.

A differenza del Lago di Lugano nel Lago Maggiore gli obiettivi delle concentrazioni di fosforo sono stati raggiunti (da 35 a 10 microgrammi di fosforo al litro) ritornando ad uno stato oligotrofico. L'intero ecosistema lacustre è però inquinato con DDT e mercurio scaricati da un'azienda industriale e dilavati dal terreno del sito sul quale sorge l'azienda ubicata a Pieve Vergonte in territorio italiano.

In molti laghetti alpini vi sono tuttora problemi di acidificazione che non mostrano segni di miglioramento. Questa sensibilità all'acidificazione è dovuta ad un substrato formato prevalentemente da rocce cristalline che non è in grado di tamponare l'acidità proveniente dalle precipitazioni.

La qualità dei corsi d'acqua è in genere buona ad eccezione dei punti di immissione degli impianti di depurazione delle acque, dove il quantitativo di acqua nel ricettore è spesso insufficiente per diluire sufficientemente le acque provenienti dagli impianti. Per quanto riguarda i deflussi minimi i maggiori problemi si riscontrano nel Sopraceneri dove sono presenti anche la maggior parte dei punti di prelievo per la produzione di energia idroelettrica (114 su 118). Attualmente soltanto in 29 di questi punti è garantito un deflusso minimo. Per quanto riguarda la morfologia dei corsi d'acqua i punti critici sono tutti situati nelle zone urbanizzate soprattutto nel Sottoceneri. Oggigiorno si cerca di limitare ad un minimo i nuovi interventi correttivi sui corsi d'acqua e dove necessario spesso si preferisce adottare tecniche di ingegneria naturalistica che sono in grado di garantire sia la sicurezza delle persone e dei beni materiali sia il mantenimento delle funzioni naturalistiche del corso d'acqua.

Per quanto riguarda le acque sotterranee non vi sono particolari problemi che potrebbero compromettere la qualità delle acque di captazione.

Introduzione

2.1

2

L'acqua è una delle componenti essenziali dell'ambiente. L'acqua è vita.

La necessità di salvaguardare le acque dallo spreco e dal degrado è emersa prima dell'esigenza di proteggere l'ambiente nella sua globalità. Anche la Legge federale sulla protezione delle acque è antecedente a quella sulla protezione dell'ambiente e gli interventi a favore delle acque sono iniziati prima di quelli intrapresi per proteggere l'aria, il suolo, il paesaggio sonoro, ecc.

Le interazioni tra l'acqua e le altre componenti dell'ambiente sono continue, intense e essenziali per il mantenimento e lo sviluppo dell'intero ecosistema. Per questo motivo non è possibile parlare di ambiente senza considerare anche l'acqua.

Questo capitolo riassume i dati essenziali concernenti le acque nel Cantone Ticino. Il tema sarà sviluppato e approfondito in un documento separato, dedicato interamente alle acque.

Il ciclo dell'acqua

2.1.1

Il ciclo dell'acqua sulla terra può essere considerato come un'enorme impianto di distillazione alimentato dall'energia solare. Il calore dei raggi del sole fa evaporare l'acqua che si trova sotto forma liquida negli oceani, nei laghi, nei fiumi e nei suoli. L'evaporazione è maggiore più la superficie dell'acqua è calda, quando l'aria è secca e quando il trasporto verticale del vapore acqueo è importante. La maggior parte del vapore acqueo viene prodotto sopra gli oceani (85%). Tramite le circolazioni atmosferiche questo vapore può essere trasportato per lunghe distanze finché non condensa e raggiunge di nuovo la superficie terrestre in forma di pioggia, neve o ghiaccio. L'acqua che precipita sui continenti infiltrava nel suolo, raggiunge i corsi d'acqua e una gran parte finisce così di nuovo negli oceani. Il tempo di permanenza dell'acqua nell'atmosfera è molto breve e varia tra 8 e 10 giorni. Molto più lungo invece è il tempo di permanenza dell'acqua negli oceani (da 1700 a 3000 anni).

La distribuzione dell'acqua

2.1.2

L'acqua copre il 71% della superficie terrestre. La maggior parte di essa si trova negli oceani (97.2%), 2.2% in forma di ghiaccio e 0.6% come acque sotterranee. Quantitativamente insignificante è la parte che si trova nei laghi e nei fiumi (0.01%), nell'atmosfera (0.001%) e negli esseri viventi (0.00004%).

L'acqua è essenziale per garantire la vita sulla terra. Infatti costituisce la maggior parte della massa delle piante e degli animali. Per esempio nelle persone l'acqua costituisce il 70% della massa corporea. L'acqua però non è solo importante per le funzioni fisiologiche degli esseri viventi, ma funge anche da spazio vitale a innumerevoli specie animali e vegetali.

Dei 1.4 miliardi di chilometri cubi di acqua presenti sulla terra solo lo 0.13% è direttamente utilizzabile dall'uomo a scopo potabile. L'acqua dolce utilizzabile non è distribuita uniformemente sulla terra. Ci sono zone molto ricche d'acqua come ad esempio l'Europa centrale e zone dove l'acqua scarseggia. Gran parte dell'acqua dolce nel mondo cade nelle regioni di montagna. Le catene montuose, infatti, obbligano le correnti d'aria a salire in quota. Durante questa ascesa l'aria si raffredda e il vapore acqueo in essa contenuta condensa causando precipitazioni. Nelle montagne l'acqua viene immagazzinata in forma solida (neve e ghiaccio) o liquida (nelle rocce).

Le Alpi sono spesso chiamate il serbatoio d'acqua dell'Europa. Infatti in Svizzera sono depositati il 6% delle riserve d'acqua di tutta l'Europa che corrispondono a ca. 262 km³. Distribuendo uniformemente questa quantità d'acqua su tutta la superficie del nostro paese l'acqua raggiungerebbe uno spessore di 6.3 m. Due terzi delle precipitazioni che cadono in Svizzera raggiungono il Reno, il Rodano, il Po e il Danubio e sfociano nei mari. Il terzo rimanente ritorna nell'atmosfera per evaporazione. La Svizzera ha di conseguenza una grande responsabilità nell'assicurare una buona qualità d'acqua ai paesi che la circondano.

Caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua

2.1.3

Chimicamente la molecola dell'acqua è formata da due atomi di idrogeno e da un atomo di ossigeno. È una molecola piuttosto piccola e leggera, che presenta però alcune anomalie essenziali per gli esseri viventi. Una di esse riguarda la densità: con il diminuire della temperatura la densità aumenta fino a 4°C, per poi diminuire di nuovo. Come conseguenza nei laghi gli strati d'acqua di 4° C tendono a depositarsi sul fondo, mentre il ghiaccio, essendo meno denso dell'acqua, galleggia.

L'acqua presente sulla terra non contiene solo acqua ma anche componenti saline di vario genere come ad esempio carbonato, calcio, acido silicico, magnesio, cloruro e sodio. A dipendenza delle loro concentrazioni si distinguono le acque dolci e quelle salate (Tabella 2.1).

Composizione chimica dell'acqua.

Tabella 2.1

Le concentrazioni sono indicate in moli al litro.

	acqua dolce mol/l	acqua salata mol/l
HCO_3^-	61	150
Ca^{2+}	16	400
H^+	0.0003	0.00001
H_4SiO_4	19	8
Mg^{2+}	3.9	1200
Cl^-	7.1	18000
Na^+	5.8	12000

La Legge sulla protezione delle acque

La Legge federale sulla protezione delle acque (LPaC) in vigore dal 1991 ha lo scopo di proteggere le acque superficiali e sotterranee. Le ordinanze d'applicazione della LPaC sono l'Ordinanza sulla protezione delle acque (OPaC) e l'Ordinanza contro l'inquinamento delle acque con liquidi nocivi (Oliq).

L'OPaC definisce gli obiettivi ecologici per le acque. Tra questi figurano la protezione e il mantenimento di tutte le biocenosi di piante, animali e microorganismi presenti nelle acque e nelle aree circostanti (es: rive), dell'idrodinamica (es: mantenimento di deflussi minimi nei corsi d'acqua) e della qualità delle acque. Le esigenze di qualità delle acque sono riportate in forma tabellare nell'allegato 2 dell'ordinanza. Qui si definiscono le concentrazioni massime di metalli pesanti, nutrienti, pesticidi, carbonio organico disciolto... ammesse nelle acque.

Un altro compito dell'OPaC è quello di regolamentare l'eliminazione delle acque di scarico e lo smaltimento dei fanghi di depurazione. Le acque di scarico inquinate devono essere trattate e rispettare le esigenze riportate nell'allegato 3 dell'ordinanza prima di essere immesse in un ricettore naturale.

L'OPaC richiede anche l'effettuazione di un bilancio equilibrato del concime nelle aziende con allevamento di bestiame da reddito. Lo scopo è quello di evitare di disperdere inutilmente concime nell'ambiente che rischia poi di inquinare le acque.

L'Oliq invece regola la costruzione, la modificazione e l'ampliamento di impianti contenenti liquidi inquinanti che superano i 20 l. Lo scopo è quello di ridurre il rischio di inquinamenti alle acque per esempio a causa di impianti difettosi.

∇ Lago di Spluga (1964 m)



Foto: Ely Riva

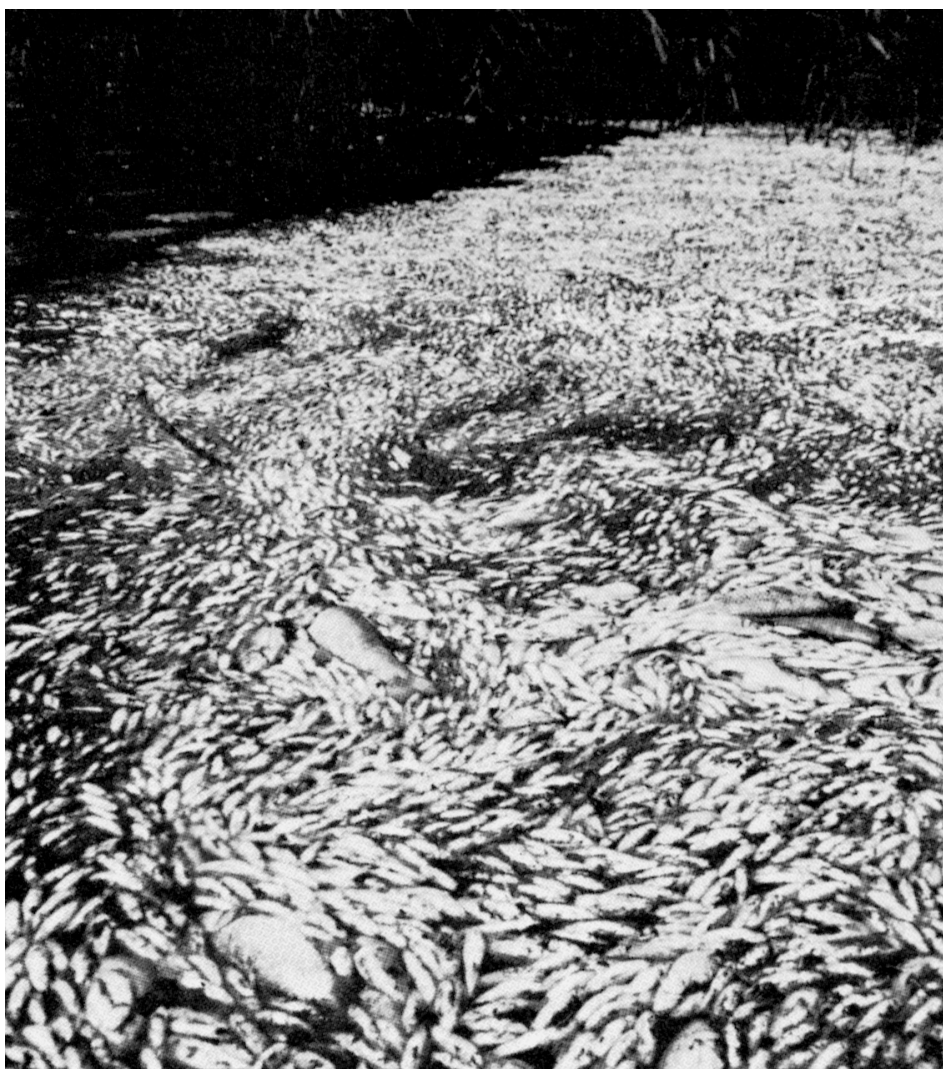
Possibili impatti sulle acque

La società umana utilizza l'acqua non solo a scopo potabile ma anche per altre svariate attività: per l'igiene, per la produzione artigianale e industriale, per il trasporto di rifiuti liquidi e solidi provenienti sia dalle economie domestiche sia dalle industrie, in agricoltura, per produrre energia, per raffreddare e per riscaldare, per svolgere attività sportive... Tutte queste attività possono influenzare negativamente la qualità delle acque. Gli inquinanti possono arrivare direttamente nelle acque superficiali tramite le acque di scarico, le deposizioni atmosferiche, il dilavamento dalla superficie del suolo, gli incidenti con versamento di liquidi oppure indirettamente attraverso l'infiltrazione di acque sotterranee inquinate.

Le acque sotterranee possono essere inquinate dall'infiltrazione nel terreno di sostanze o liquidi nocivi oppure dalla mobilitazione di sostanze da terreni inquinati. La mobilità delle sostanze nel terreno è determinata dalle condizioni chimiche e fisiche del suolo (> capitolo 1). Nei prossimi paragrafi verranno discussi i principali tipi (inorganici, organici, microbiologici) e le maggiori fonti d'inquinanti (incidenti, siti contaminati e discariche, agricoltura, deposizioni atmosferiche, acque di scarico) e altri impatti come i deflussi minimi e le modifiche morfologiche dei corsi d'acqua.

Moria di pesci del 1967
nel Laghetto di Muzzano
Figura 2.1

Foto: A. Toroni



Inquinanti

2.3.1

Possiamo suddividere gli inquinanti in tre categorie: inquinanti inorganici, organici e di origine microbiologica.

Gli inquinanti inorganici sono rappresentati prevalentemente dai metalli pesanti (ad esempio piombo, rame, zinco, cobalto, cadmio, mercurio), da sostanze nutritive come i composti dell'azoto (nitrato, ammonio, nitrito), dal fosforo e da altre sostanze inquinanti come ad esempio i cianuri.

Gli inquinanti inorganici, se presenti in concentrazioni eccessive, possono avere effetti tossici sugli organismi viventi com'è il caso per i metalli pesanti, il cianuro, i nitriti e l'ammoniaca. Concentrazioni troppo alte di sostanze nutritive, come i fosfati e i composti azotati, possono invece causare fenomeni di eutrofizzazione nelle acque superficiali (vedi riquadro).

Gli inquinanti organici provengono dalla vasta gamma di sostanze chimiche di sintesi utilizzate nel mondo (> capitolo 8). Tra queste figurano ad esempio i solventi, i pesticidi, i derivati del petrolio ma anche molte sostanze contenute negli scarichi domestici. La loro pericolosità è legata, oltre che alla tossicità, alla biodegradabilità, alla solubilità nell'acqua nonché alla mobilità. Inoltre sostanze organiche di per sé innocue possono diventare problematiche se immesse nelle acque in grandi quantitativi perché la loro decomposizione può ridurre notevolmente la concentrazione di ossigeno disponibile per altri organismi. A titolo di esempio, la figura 2.1 mostra le conseguenze dell'immissione di acque fognarie nel Laghetto di Muzzano. Questa moria di pesci, avvenuta nel 1967, è stata causata dalla liberazione di gas (metano, anidride carbonica, acido solfidrico) formatosi sui fondali in seguito alla fermentazione di sostanze organiche immesse con le acque fognarie.

Fra le sostanze organiche più temibili specialmente per le acque sotterranee sono da annoverare i solventi clorurati (> capitolo 8.3.8, pag. 282). Se immessi nel sottosuolo questi composti si degradano molto lentamente e persistono per decenni. Inoltre, essendo più pesanti dell'acqua i solventi clorurati tendono a depositarsi in profondità sul letto della falda (figura 2.2). Attraverso il flusso della falda il solvente viene lentamente desorbito, disciolto e trasportato a valle. Questo processo può perdurare per lunghi periodi ed è carico di conseguenze per captazioni che si trovano a valle. A pag. 340 presentiamo un esempio di contaminazione di questo tipo, accaduto a Coldrerio. Secondo l'Ordinanza sulle sostanze estranee e sui componenti presenti negli alimenti il limite di tolleranza dei solventi è di soli 10 µg/l. Ciò significa che 100 kg di questi solventi bastano per inquinare 10 milioni di m³ di acqua potabile ossia più di quanto viene consumato annualmente dalle città di Locarno e di Bellinzona.

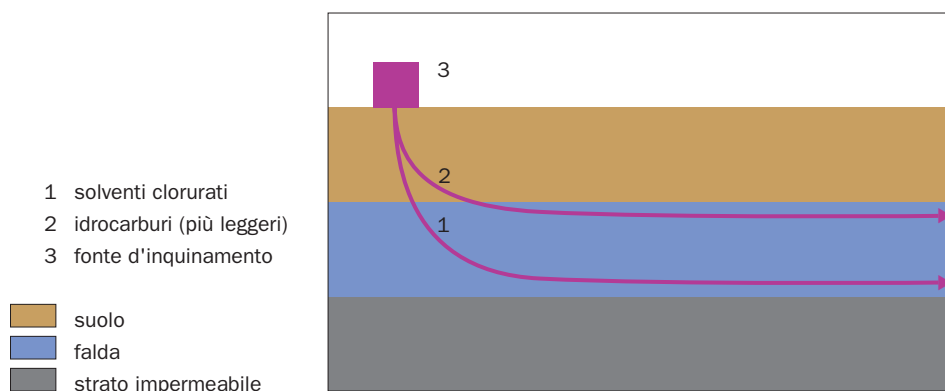
Eutrofizzazione

Il fenomeno dell'eutrofizzazione di un'acqua superficiale è dovuto all'apporto eccessivo di sostanze nutritive (soprattutto fosforo e azoto), che stimolano la crescita delle alghe, rendendo l'acqua torbida. Un'importante conseguenza di questo fenomeno è la carenza o un deficit di ossigeno negli strati più profondi di un lago. Infatti la decomposizione delle alghe in precipitazione verso il fondale da parte di batteri comporta il consumo di ossigeno. Questa ingente attività di

decomposizione provoca anche il rilascio di una parte delle sostanze nutritive e di sali (es. bicarbonato di calcio) che vanno ad aumentare la densità delle acque profonde dei laghi rendendo quindi più difficile e a volte quasi impossibile la circolazione annuale della massa d'acqua. L'eutrofizzazione causa anche l'eliminazione delle specie ittiche più pregiate (es: Salmonidi) e favorisce l'accrescimento di quelle meno apprezzate commercialmente (es: Ciprinidi).

Percorsi di migrazione di contaminanti nell'acqua di falda

Figura 2.2



Diverso è il comportamento degli idrocarburi poco solubili e più leggeri dell'acqua. Nella figura 2.2 sono rappresentate le fasi di un inquinamento con gasolio. La diffusione verticale si arresta in questo caso al limite superiore della falda, da qui la sostanza viene trasportata a valle rimanendo però sempre in superficie. In generale gli idrocarburi sono un miscuglio di centinaia di sostanze, di cui quelle più semplici (con peso molecolare più basso) si degradano più facilmente di quelle più complesse (con alto peso molecolare). Tra le sostanze difficilmente degradabili troviamo gli idrocarburi policiclici aromatici e i PCB.

Gli inquinanti microbiologici comprendono microrganismi quali batteri, virus, funghi, protozoi, piccoli vermi di cui solo quelli patogeni costituiscono un vero pericolo per gli esseri viventi. La concentrazione di microrganismi nelle acque è spesso correlata con la concentrazione di sostanze organiche che fungono da nutrimento. La loro origine è di varia natura: acque di scarico, acque superficiali, aria...

Cause di inquinamenti Incidenti

Durante le attività lavorative vengono prodotti, travasati, immagazzinati, manipolati e trasportati una miriade di sostanze e di prodotti chimici potenzialmente nocivi per le acque. Il rischio di un incidente è perciò reale. Le sostanze maggiormente impiegate sono senza dubbio gli idrocarburi (benzina, nafta, oli di vario tipo, solventi). Le statistiche mostrano in effetti che la maggior parte degli incidenti avviene con gli idrocarburi. Fra i più gravi incidenti capitati in Ticino dovuti al trasporto di idrocarburi, menzioniamo il caso dell'uscita di strada di un'autocisterna con 32'000 litri di gasolio allo svincolo autostradale di Camorino risalente al 20.1.1993. In questo caso più di 2'000 m³ di terreno hanno dovuto essere rimossi ed eliminati come rifiuto speciale per evitare un inquinamento della falda freatica.

Anche l'artigianato può essere all'origine di inquinamenti. Ad esempio l'inquinamento dei pozzi di captazione scoperto nel 1990 a Bellinzona era stato causato dall'impropria eliminazione di solventi clorurati (percloroetilene) in una lavanderia chimica.

Nel campo industriale i solventi clorurati, impiegati ad esempio nell'industria metallurgica e in quella elettronica quali sgrassanti, costituiscono uno dei maggiori fattori di rischio per le falde freatiche.

Ogni anno le richieste d'intervento che pervengono ai pompieri in caso d'inquinamento sono circa 250.

2.3.2

Nella maggior parte dei casi le cause degli inquinamenti vanno ascritte a negligenze (manipolazioni errate), a guasti meccanici o ad incidenti della circolazione, questi ultimi rappresentano con il 75% la percentuale maggiore. In rari casi (circa il 5-6%) la causa dell'inquinamento è da imputare ad un difetto degli impianti di deposito o a versamenti durante il trasporto di sostanze nocive alle acque. Questi dati dimostrano come le opere di risanamento degli impianti esistenti contribuiscano a ridurre al minimo le fuoriuscite dovute ad installazioni difettose. D'altro lato dimostrano anche la necessità di continuare a vigilare sullo stato degli impianti per evitare che gli stessi si deteriorino.

Nel 2000 si è registrato un aumento dei casi d'inquinamento di corsi d'acqua (in totale 38), incidenti che anche grazie all'immediata applicazione delle procedure previste da parte delle forze d'intervento (pompieri, polizia, IDA) non hanno provocato gravi danni.

Siti contaminati e discariche

I siti contaminati rappresentano delle fonti di inquinamento puntuali che minacciano sia le acque di falda che quelle superficiali. Includono le discariche, i luoghi d'incidente e aree industriali.

Più informazioni riguardo alla tematica dei siti contaminati si trovano nel capitolo 11.

Lo smaltimento dei rifiuti urbani e di quelli provenienti dall'edilizia nel Cantone è avvenuto prevalentemente per deposito in discariche considerate oggi siti inquinati. In generale questi impianti sono sprovvisti di dispositivi per l'impermeabilizzazione, per il drenaggio, per la captazione e per lo smaltimento delle acque di percolazione e del biogas e rappresentano quindi un elevato potenziale di trasmissione degli inquinanti nella falda. Le nuove discariche, sebbene realizzate in accordo alle prescrizioni dell'Ordinanza tecnica sui rifiuti (1990), pur dotate di tutti gli accorgimenti previsti, esercitano comunque un impatto sulle acque sotterranee e superficiali, anche se di entità molto limitata (> capitolo 12.4.3, pag. 357).

Agricoltura

Qualsiasi apporto continuo di sostanze inquinanti nel suolo costituisce un pericolo per le acque sotterranee in quanto questi contaminanti possono accumularsi nel terreno, interagire e interferire in modo più o meno marcato con i processi biologici, percolare nelle acque sotterranee e quindi influenzare l'equilibrio naturale esistente.

Nell'agricoltura sono i fertilizzanti (figura 2.3) e i prodotti fitosanitari a minacciare le acque.

I fertilizzanti utilizzati in agricoltura sono il letame, il colaticcio, i fertilizzanti sintetici, i fanghi provenienti dagli impianti di depurazione delle acque (> pag. 378) e il composto (> pag. 366). Le sostanze nutritive più importanti presenti nei concimi sono i composti dell'azoto e del fosforo. Questi servono per migliorare la produttività del suolo. Le piante assimilano l'azoto sotto forma di nitrati e di ammonio e utilizzano il fosforo in forma di orto-fosfato.

I nitrati, dato che vengono ritenuti dal suolo solo in minima parte, se sono apportati in quantità superiore alla capacità di assimilazione della vegetazione, vengono sovente dilavati e vanno a finire nelle acque sotterranee e superficiali. L'ammonio, che di per sé viene assorbito facilmente alla matrice del suolo, in presenza di ossigeno può essere facilmente ossidato ed essere trasformato in nitrato producendo acidità. L'apporto di azoto (più di 200'000 t/a in Svizzera) è all'origine del crescente tenore di nitrati nelle captazioni di acqua svizzera: in media dal 1952 a oggi questo tenore è raddoppiato. Il problema è particolarmente sentito sull'Altopiano mentre in Ticino, in assenza di uno sfruttamento agricolo intensivo, il tenore di nitrati nelle acque potabili rispetta sempre gli obiettivi di qualità.

Concimazione

Figura 2.3



Durante gli eventi di pioggia il fosforo apportato in eccesso sul terreno può essere dilavato superficialmente e/o raggiungere le acque sotterranee o superficiali attraverso i cosiddetti percorsi preferenziali nel terreno (gallerie di lombrichi, canali di drenaggio). Analogamente all'azoto anche l'apporto di fosforo dovuto all'agricoltura contribuisce poco all'inquinamento delle acque in Ticino, perché l'area usata a tale scopo è relativamente ridotta se confrontata con la superficie totale del Cantone. Possono fare eccezione situazioni locali come il Piano di Magadino. Il fosforo è problematico nelle acque superficiali perché è causa principale del fenomeno di eutrofizzazione.

Per il trattamento delle piante in Svizzera si usano annualmente circa 2'500 tonnellate di fungicidi, erbicidi ed insetticidi. Ad esempio nel 1986, in seguito al massiccio impiego di atrazina quale diserbante, nell'acqua potabile a Chiasso furono superati i limiti di tolleranza.

Deposizioni atmosferiche

Un'altra fonte d'inquinamento per le acque superficiali e sotterranee sono le deposizioni atmosferiche. L'80% degli apporti di azoto nel Lago Maggiore sono dovuti alle deposizioni (Mosello et al. 2001). Cifre analoghe valgono per il Lago di Lugano. Anche l'acidificazione di molti laghetti alpini è dovuto alle deposizioni atmosferiche (> «Laghetti alpini» a pag. 93).

Informazioni più dettagliate riguardo le deposizioni atmosferiche sono riportate nel capitolo 3.4.

Acque di scarico

Le acque di scarico domestiche e industriali confluiscono in complessi sistemi di canalizzazione. L'usura o la rottura delle canalizzazioni può condurre a fuoriuscite di acque luride che possono contaminare dapprima il terreno e in seguito la falda. Il pericolo è costituito dagli inquinanti organici e microbici (germi di origine fecale). In Svizzera si stima che il 30% delle canalizzazioni non siano più stagne e necessitano perciò di essere risanate. Sempre più sovente ci si occupa dello stato delle canalizzazioni con nuovi e sofisticati mezzi d'indagine come ad esempio la telecamera mobile.

Un'altra fonte d'inquinamento della rete di canalizzazione sono gli scaricatori di piena, che durante periodi di piogge abbondanti convogliano una parte delle acque luride direttamente nel ricettore.

Gli impianti di depurazione delle acque luride (capitolo 2.4.2, pag. 80) costituiscono a loro volta delle fonti di carico inquinante per i ricettori naturali (corsi d'acqua e laghi). Le acque depurate contengono infatti ancora piccole concentrazioni di inquinanti che possono rappresentare una frazione importante della portata idrica

dei ricettori naturali nei quali vengono immessi, specialmente nel caso degli impianti centrali nei quali vengono raccolte e trattate le acque di un'intera regione. Studi recenti hanno poi messo in evidenza la limitata efficacia degli impianti di depurazione nell'eliminazione di composti chimici con effetti biologici rilevanti a ridotte concentrazioni quali gli antibiotici, le componenti odorose dei cosmetici, residui di tensioattivi presenti in alcune categorie di detersivi e gli ormoni estrogeni (BUWAL, 1999). Queste sostanze fanno parte dei cosiddetti microinquinanti, così chiamati proprio perché presenti nelle acque solo in piccole concentrazioni.

Deflussi minimi

A livello svizzero, quasi il 61 % della produzione totale di energia è rappresentata dall'energia idroelettrica proveniente in maniera preponderante dai tre Cantoni alpini: Vallese (30%), Grigioni (21%) e Ticino (10%). Il Ticino è così il terzo Cantone svizzero produttore di energia idroelettrica grazie al rilievo del suo territorio che offre importanti dislivelli, alla ricchezza della sua rete idrologica e all'entità delle precipitazioni atmosferiche.

L'energia idroelettrica è spesso pubblicizzata come energia ecologica perché a differenza dell'energia fossile non produce gas di scarico, né sostanze radioattive. È però anche vero che i prelievi di acqua necessari per produrre l'energia influiscono negativamente sui corsi d'acqua.

Per produrre energia idroelettrica spesso si preleva acqua da corsi d'acqua di montagna e la si raccoglie in bacini idroelettrici. Dagli invasi l'acqua viene fatta fluire a seconda del fabbisogno nelle condotte forzate che raggiungono le centrali di produzione dell'energia. Problematici per i corsi d'acqua sono il prelievo e quindi l'esiguità della portata d'acqua immediatamente a valle delle captazioni e le variazioni improvvise della portata a valle delle centrali idroelettriche dovuti ad una produzione di energia orientata al fabbisogno (il livello del Fiume Ticino a Bellinzona varia ogni giorno di 1 m). Questa situazione si ripercuote in parte sulle acque sotterranee, sulla diversità del paesaggio e delle specie acquatiche.

2.3.3

Modifiche morfologiche

L'incremento demografico e lo spopolamento delle valli a favore delle pianure e dei centri urbani ha comportato un continuo avvicinamento degli insediamenti ai corsi d'acqua, anche in zone soggette ad alluvioni. È nata quindi l'esigenza di proteggere le persone ed i beni da inondazioni e di creare più spazio per edificare e coltivare. Entrambe le esigenze sono state soddisfatte intervenendo sulla morfologia dei corsi d'acqua e «correggendo» il loro percorso naturale. Molti corsi d'acqua sono stati rettificati, canalizzati, pavimentati o intubati. Per diminuire la pendenza e quindi la corrente dei corsi d'acqua rettificati è poi stato spesso necessario inserire delle briglie (figura 2.4). Accanto agli effetti positivi desiderati, questi interventi hanno però avuto anche effetti negativi, soprattutto dal punto di vista naturalistico:

2.3.4

- i corsi d'acqua diventano monotoni;
- le briglie interrompono la continuità longitudinale;
- si interrompono le interazioni tra la falda e il corso d'acqua;
- si elimina la vegetazione ripariale (canneti, giuncheti, vegetazioni golenali e biocenosi forestali);
- va perso il valore paesaggistico e ricreativo.

Tutti questi fattori hanno contribuito alla riduzione e in alcuni casi addirittura all'estinzione di specie di animali e vegetali per via della scomparsa di innumerevoli habitat.

Non solo le rive dei corsi d'acqua ma anche quelle dei laghi sono state spesso consolidate. La zona ripariale non profonda è normalmente caratterizzata dal succedersi di una vegetazione tipica costituita da canneti e altre piante acquatiche che offrono riparo e nutrimento a molte specie di animali. È anche in queste zone che molte specie si riproducono. Con il consolidamento delle rive queste zone sono scomparse e con esse anche la loro flora e la fauna.



Smaltimento delle acque

2.4

2

2.4.1

Costruzione del sistema di canalizzazione e degli impianti di depurazione

In Ticino le prime opere di canalizzazione furono costruite alla fine del 19° secolo. Fino agli inizi degli anni '70 esse furono perlopiù limitate alle zone urbane. Le acque luride che finivano nelle canalizzazioni non venivano depurate, ma venivano immesse direttamente nei corsi d'acqua o nei laghi. Gli scarichi delle economie domestiche, che non erano allacciate alla canalizzazione, venivano scaricati in pozzi perdenti o venivano utilizzati in agricoltura. Dopo gli anni '70 con la costruzione dei primi impianti di depurazione la rete di canalizzazione cominciò ad essere ampliata sistematicamente.

L'ampliamento della rete di canalizzazione con il corrispondente trattamento delle acque luride è stato eseguito suddividendo il territorio in tre zone di priorità (tabella 2.2), il cui ordine di priorità è stato stabilito in base alla sensibilità dei ricettori naturali, all'impatto delle acque scaricate e alla densità dell'insediamento urbano:

1. il bacino imbrifero del Lago Ceresio, dove si sono riscontrate le condizioni ecologiche più sfavorevoli (forte pressione antropica, tempo di permanenza delle acque nel Lago Ceresio molto lungo, corsi d'acqua di piccole dimensioni);
2. le aree con intenso insediamento urbano, con scarico diretto nel Verbano e gli agglomerati di Bellinzona, Biasca e Chiasso;
3. le aree, la cui dispersione delle acque luride non turba immediatamente l'equilibrio ecologico esistente.

Smaltimento delle acque

Figura 2.5

Ubicazione degli impianti di depurazione (IDA), la loro capacità idraulica in numero di abitanti equivalenti, i rispettivi comprensori e le reti di canalizzazione consortili.

Allacciamento IDA

- esistente
- in costruzione
- futuro

Comprensori IDA

- Bellinzona
- Biasca
- Brissago
- Chiasso
- Curio-Novaggio
- Foce Maggia
- Foce Ticino
- IDA comunale
- Lugano
- Magliasina
- Medio-Cassarate
- Mendrisio
- Pian Scairolo

in costruzione:

- Biasca
- Foce Maggia

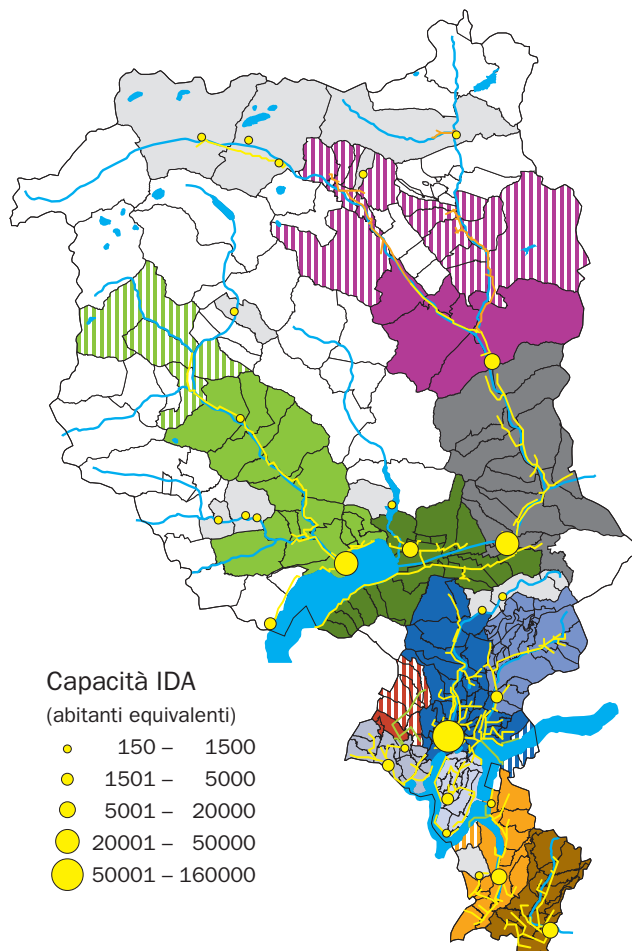
previsto:

- Curio-Novaggio
- Lugano
- Mendrisio
- senza

Capacità IDA

(abitanti equivalenti)

- 150 – 1500
- 1501 – 5000
- 5001 – 20000
- 20001 – 50000
- 50001 – 160000



< Il fiume Breggia a Chiasso

Figura 2.4

Un esempio di un corso d'acqua morfologicamente compromesso.

Zone di priorità per gli impianti di depurazione

Tabella 2.2

Zona di priorità	Area interessata	% popolazione allacciata ad un impianto di depurazione
1	Bacino del Ceresio	96.5
2	Bacino del Verbano: zone costiere, Piano di Magadino e Bellinzonese; Chiasso e Valle di Muggio	86.9
3	Valli del Sopraceneri	29.6

Le opere di canalizzazione si possono suddividere in reti comunali (canalizzazione all'interno di un comune) e in reti consortili (canalizzazione che allaccia diversi comuni tra di loro). Quest'ultime sono rappresentate nella figura 2.5.

I primi tre impianti di depurazione furono costruiti nel 1969 (Airolo, Muzzano, Meride). Gli impianti consortili oggi più importanti (Lugano, Mendrisio, Chiasso, Locarno e Bellinzona) sono entrati in funzione tra il 1976 e il 1984. Gli impianti di Lugano, Mendrisio e Pian Scairolo sono stati poi ampliati e potenziati tra il 1995 e il 2001.

La figura 2.5 illustra l'ubicazione degli impianti, la loro capacità idraulica e i relativi comprensori. Si può notare come 5 grossi impianti (dimensionati per oltre 12'000 abitanti ciascuno) raccolgono quasi tutte le acque del bacino imbrifero del Ceresio e altri 5 interessano le Valli del Sopraceneri dal Verbano fino a Biasca. Nella zona di terza priorità, territorialmente molto estesa ma con bassa densità insediativa, il metodo più idoneo è stato valutato caso per caso. In parte si è optato per la costruzione di impianti comunali. In altre zone i lavori di allacciamento sono iniziati più tardi, ma si trovano nella fase conclusiva (allacciamento dell'Alta Vallemaggia all'impianto di Foce Maggia).

La Legge federale sulla protezione delle acque prescrive che tutte le acque di scarico devono essere depurate, per cui anche nella zona di terza priorità la depurazione dovrà essere portata a termine. Per quanto concerne l'allacciamento delle zone di priorità 1 e 2 si può affermare che l'obiettivo è praticamente raggiunto con il potenziamento degli impianti di Lugano, Mendrisio e Pian Scairolo e la realizzazione del collegamento dell'Alto e Medio Malcantone all'impianto della Magliasina. Resta in sospeso l'eventuale deviazione delle acque depurate dell'impianto di Bioggio direttamente nel Fiume Tresa che permetterebbe di ridurre gli apporti di fosforo nel bacino sud del Lago di Lugano di ca. 3-4 t. La necessità di quest'opera potrà essere verificata solo dopo la conclusione della depurazione sulla costa lombarda del Ceresio. Nelle zone di terza priorità, per i comuni non ancora allacciati a un impianto di depurazione, si prevede di ricorrere a impianti individuali semplificati. Questo permette di contenere i costi entro limiti ragionevoli pur garantendo un'efficacia sufficiente anche dove lo scarico avviene in piccoli corsi d'acqua, che spesso rappresentano l'unico ricettore disponibile.

Nel 2001 le acque di scarico prodotte dal 90% della popolazione ticinese fu depurata: l'89% tramite impianto di depurazione e l'1% tramite fossa settica. La tabella 2.2 illustra il grado di allacciamento ad un depuratore delle acque per ogni zona di priorità.

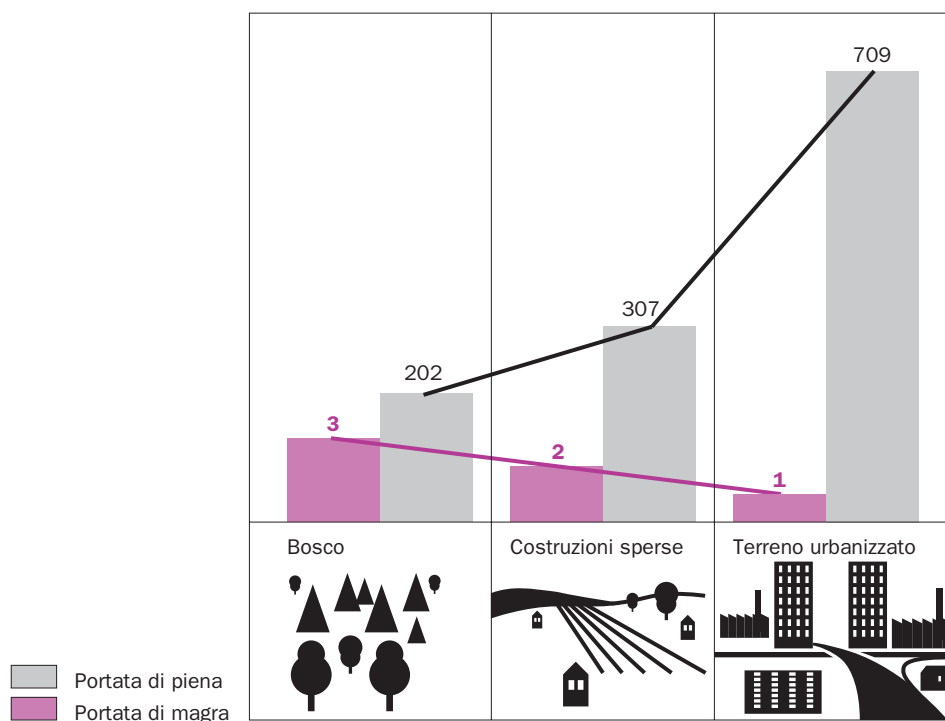
In futuro il lavoro consisterà soprattutto nel controllo, nella manutenzione e nel rinnovo della rete esistente.

Una problematica della rete di canalizzazione esistente è che in molte zone vi finiscono non solo le acque luride ma spesso anche le acque meteoriche e le acque chiare (canalizzazione a sistema misto). Per acque chiare si intendono acque di fontane e di drenaggi, acque sotterranee e sorgive e acque di raffreddamento. L'immissione di acque chiare e meteoriche nella canalizzazione provoca una diluizione delle acque luride. Questo comporta una riduzione dell'efficacia dell'impianto di depurazione e quindi uno scarico più elevato di azoto ammoniacale e

Portata di magra in $l/(s \cdot km^2)$ e di piena a dipendenza della superficie

Figura 2.6

Fonte: Geiger e Dreiseitl, 1995



fosforo. È interessante notare che la crescente urbanizzazione provoca una progressiva impermeabilizzazione del terreno (> capitolo Habitat, pag. 27). Di conseguenza sempre meno acqua piovana può infiltrare e sempre maggiori quantitativi si immettono invece nella canalizzazione o direttamente nelle acque superficiali. La crescente impermeabilizzazione del suolo provoca anche una modifica del regime naturale delle acque che si traduce in un aumento delle portate di piena, e in una riduzione delle portate durante i periodi di siccità (figura 2.6). È per rimediare a tutti questi problemi che la Legge federale sulla protezione delle acque prescrive nel limite del possibile di far infiltrare localmente le acque di scarico non inquinate che includono anche le acque meteoriche (canalizzazione a sistema separato).

Per regolare il corretto smaltimento delle acque, incluse quelle chiare e quelle meteoriche, la Legge federale sulla protezione delle acque prevede che ogni comune proceda all'allestimento di un Piano generale di smaltimento delle acque (PGS). Fino ad oggi nel Cantone Ticino sono stati ultimati 71 piani di smaltimento delle acque, mentre in 88 comuni questi sono in fase di preparazione (figura 2.7). In alcuni comuni non ancora muniti di un PGS c'è comunque un piano generale delle canalizzazioni (PGC), che è un piano meno complesso del PGS. Ci sono poi altri comuni, che non sono provvisti di alcun piano.

La costruzione e la manutenzione della rete di canalizzazione e degli impianti di depurazione hanno implicato grandi investimenti. Tra il 1970 e il 2000 gli investimenti fatti dai consorzi e dai comuni furono di 1.6 miliardi di franchi. I sussidi cantonali e federali ammontavano rispettivamente a 547 milioni e a 280 milioni.

Impianti di depurazione

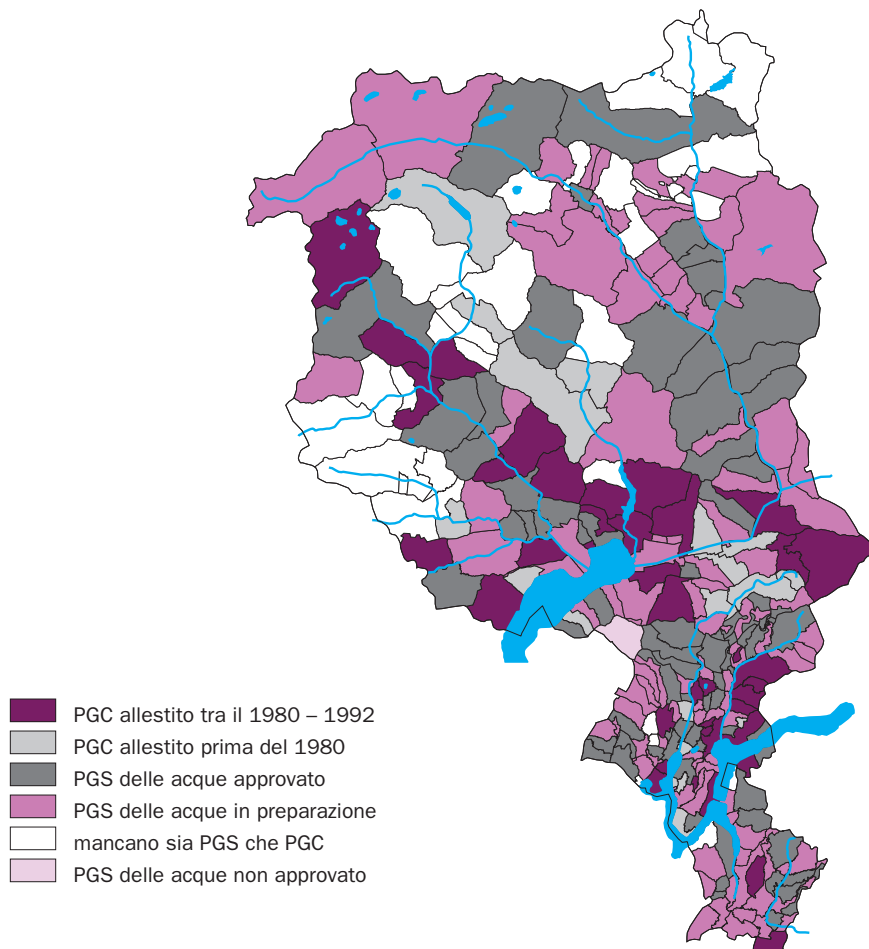
Gli impianti di depurazione servono a depurare le acque di scarico di provenienza domestica e industriale. Gli inquinanti possono essere immessi nelle acque in forma solida o disciolta.

La figura 2.8 mostra le diverse fasi di depurazione dell'impianto di depurazione delle acque di Lugano (Bioggio).

Dapprima le acque di scarico vengono fatte passare attraverso delle griglie per separare materiali grossolani come legni, sassi e materiali filamentososi (grigliatura). Segue una grigliatura più fine per separare anche particelle più piccole e la separazione dei grassi e degli olii che galleggiano in superficie (disoleazione) e della sabbia che si deposita sul fondo (disabbiatura). I materiali trattenuti dalle griglie e la sabbia finiscono in discarica mentre i grassi e gli olii vengono trattati insieme ai fanghi di depurazione (> capitolo 12.8, pag. 378). Tramite la decantazione primaria vengono eliminate altre parti solide come feci, carta, resti alimentari.... Dopo questa prima fase, che viene anche chiamata depurazione meccanica, le acque contengono ancora composti solidi e disciolti di carbonio. Questi vengono eliminati durante la depurazione biologica: in un apposito bacino ossigenato, batteri e altri microorganismi assimilano e decompongono le sostanze organiche ancora presenti. Oltre ai composti di carbonio, le acque di scarico contengono anche altre sostanze, come ad esempio l'ammonio e i fosfati. Se l'ammonio finisce nelle acque superficiali esso si trasforma facilmente in nitrato sottraendo ossigeno alle acque. Per evitare questo, durante la depurazione biologica viene aggiunto ossigeno in quantità sufficiente da permettere la trasformazione dell'ammonio nel più innocuo nitrato (nitrificazione). I nitrati vengono in seguito eliminati in una

Stato dei piani generali di smaltimento delle acque (PGS) nei comuni del Canton Ticino.

Figura 2.7



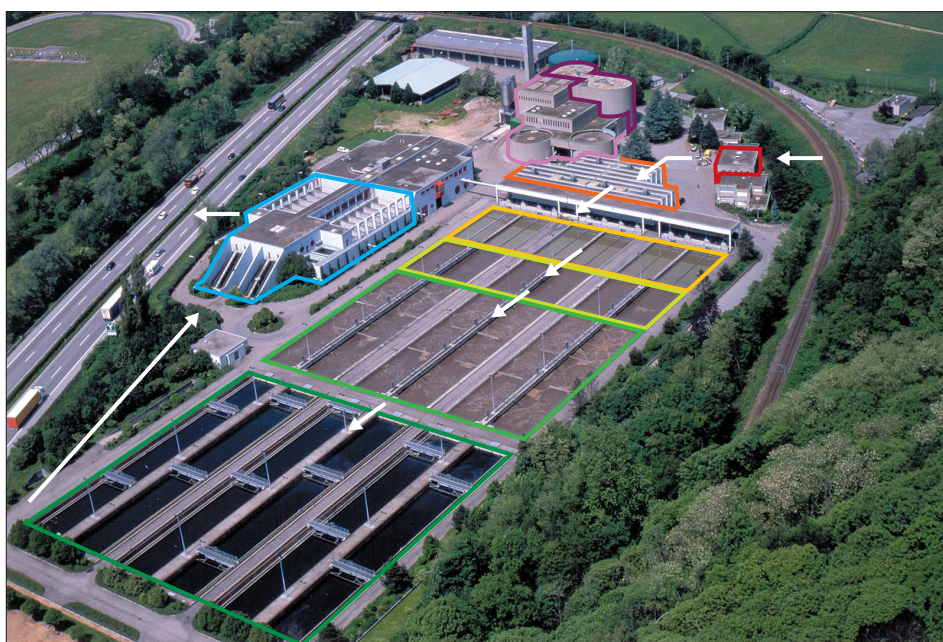
> Impianto di depurazione delle acque di Lugano



parte del bacino della depurazione biologica, nella quale non viene aggiunto ossigeno, per stimolare la trasformazione in azoto gassoso (denitrificazione). Per eliminare quindi i fosfati nello stesso bacino vengono aggiunti dei sali in grado di trasformare il fosforo disciolto in una forma particellata (defosfatazione). Durante la depurazione biologica i batteri e gli altri microorganismi si moltiplicano e insieme con altre sostanze organiche presenti nell'acqua formano dei fiocchi marroni. Questi fiocchi e il fosforo particellato vengono fatti precipitare sul fondo durante la decantazione finale. L'ultima tappa della depurazione è la filtrazione, dove vengono trattenuti anche i fiocchi più piccoli; terminata questa, l'acqua viene immessa in un fiume, riale o lago.

Non tutti gli impianti dispongono di tutte le fasi di depurazione presenti nell'impianto di Lugano, rappresentato nella figura 2.8. Le diverse fasi sono specificate per ogni impianto nella tabella 2.3.

Fasi di trattamento dell'impianto di depurazione delle acque di Lugano
Figura 2.8



- | | |
|--|--|
|  digestione anaerobica dei fanghi |  denitrificazione |
|  trattamento dei fanghi |  depurazione biologica |
|  grigliatura |  decantazione finale |
|  disabbigliamento e disoleazione |  filtrazione |
|  decantazione primaria |  entrata e uscita dell'acqua |

Attualmente gli impianti di depurazione trattano 70 milioni di m³ d'acqua all'anno. La capacità idraulica di un impianto di depurazione viene anche espressa in abitanti equivalenti (AE). Un AE corrisponde a un carico organico inquinante equivalente ad un abitante. La tabella 2.3 elenca i valori della domanda biochimica d'ossigeno (BOD₅) delle acque che sono entrate e uscite dagli impianti di depurazione del Canton Ticino nel 1999. Il BOD₅ è un valore che rappresenta il carico organico delle acque di scarico (vedi glossario). Si nota come grazie alla depurazione il BOD₅ diminuisce all'incirca del 90%. Nella stessa tabella è anche ben visibile l'eliminazione del fosforo negli impianti che dispongono della defosfatazione.

La qualità delle acque è controllata regolarmente. I parametri più importanti rilevati sono il contenuto di solidi sospesi, la domanda biochimica e chimica d'ossigeno, il carbonio organico disciolto, la trasparenza, l'ammonio, l'azoto nitroso, i composti organici alogenati adsorbibili, il fosforo e l'azoto.

Nel 2000 le acque scaricate dagli impianti di depurazione erano in genere conformi alla Legge per la maggior parte dei parametri. Fanno eccezione i valori di azoto ammoniacale che sono spesso superati perché molti impianti non dispongono della nitrificazione (tabella 2.3).

Lista degli impianti di depurazione (stato 1999)

Tabella 2.3

Nome impianto	Ricettore	Capacità idraulica (AE)	Trattamento							P tot (t/a)		BOD ₅ (t/a)	
			M	B	P	N	D	F		entrata	uscita	entrata	uscita
Lugano	Veduggio	160000	X	X	X	X	X	X		88.1	1.8	2503.0	83.9
Foce Maggia	Verbano	67500	X	X	X					24.3	5.8	1110.0	47.0
Bellinzona	Ticino	80000	X	X	X					37.3	5.4	1707.5	72.3
Foce Ticino	Ticino	31100	X	X	X					12.1	2.0	497.0	38.7
Mendrisio	Laveggio	27000	X	X	X					20.8	1.3	906.5	43.7
Chiasso	Breggia	27000	X	X	X					23.9	3.5	785.1	83.3
Biasca	Ticino	24000	X	X	X					7.8	0.4	252.0	10.7
Magliasina	Tresa	15000	X	X	X					6.8	0.7	282.9	15.6
Brissago	Verbano	6800	X	X	X					2.8	0.3	97.6	5.4
Pian Scairolo	Scairolo	12000	X	X	X					9.5	0.9	334.0	19.4
Medio Cassarate	Cassarate	12000	X	X	X			X		5.3	0.5	240.9	13.0
Airolo	Ticino	4300	X	X						3.0	1.7	65.7	3.9
Quinto	Ticino	2900	X	X	X	X	X			0.6	0.4	21.9	3.1
Curio-Novaggio	Magliasina	2500	X	X	X					0.7	0.4	44.5	2.3
Bissone	Ceresio	2500	X	X	X					0.6	0.2	43.8	3.0
Morcote	Ceresio	2000	X	X	X					0.8	0.2	32.9	1.5
Olivone	Ticino	1500	X	X	X					0.6	0.4	17.5	1.5
Campello-Carì	Ticino	1500	X	X						0.1	0.1	8.8	0.9
Isonne	Veduggio	1250	X	X	X					0.8	0.1	17.8	2.0
Meride	Gaggiolo	800	X	X						0.2	0.0	17.5	0.5
Loco	Isorno	500	X	X						0.3	0.2	11.0	1.1
Medeglia	Veduggio	350	X	X						0.2	0.1	6.7	1.6
Mergoscia	Verzasca	300	X	X	X					0.1	0.1	4.8	0.2
Someo	Maggia	300	X	X						0.1	0.1	6.6	0.2
Broglio	Maggia	150	X	X						0.0	0.0	2.2	0.2
Auressio	Isorno	150	X	X						0.0	0.0	2.2	0.2
Mosogno	Isorno	150	X	X						0.0	0.0	2.2	0.2
Altanca	Ticino	50	X	X						0.0	0.0	1.1	0.1

AE: abitanti equivalenti; M: depurazione meccanica; B: depurazione biologica; P: defosfatazione; N: nitrificazione; D: denitrificazione; F: filtrazione; P tot: fosforo totale; BOD₅: domanda biochimica d'ossigeno.

Problemi circa le concentrazioni di fosforo si sono riscontrati all'IDA Foce Maggia dove il 44% dei campioni misurati superavano il limite ammesso (limite: 0.8 mg P/l, in media dell'87.3%). Questo è molto probabilmente dovuto al fatto che si stanno facendo dei test per rimuovere il fosforo per via biologica anziché mediante la precipitazione simultanea con cloruro ferrico.

Problemi che concernono il contenuto di solidi sospesi e di fosforo e la trasparenza si sono trovati nell'IDA Foce Ticino. Questo è dovuto in parte all'importante carico proveniente dalle acque di scarico delle industrie situate sul Piano di Magadino e della discarica del Pizzante, ma anche per via dei fanghi provenienti dagli impianti di Foce Maggia e di Brissago. Il contenuto di solidi sospesi superava il limite ammesso nel 31% dei casi, la trasparenza nel 32% dei casi e il contenuto di fosforo in 43% dei casi.

Sia l'IDA Foce Maggia che Foce Ticino sono sottoposti a delle verifiche tecniche da parte di specialisti esterni soprattutto per la problematica delle esalazioni moleste. L'obiettivo è una migliore comprensione dell'impatto dei liquami industriali per ottimizzare i processi di depurazione.

Anche le acque di scarico dell'IDA di Chiasso spesso superavano i limiti di solidi sospesi (37%) e di trasparenza (63%): i solidi sospesi in media del 72% e la trasparenza in media del 22%. La capacità di depurazione di questo impianto non è infatti sufficiente per depurare tutta la quantità d'acqua che vi confluisce. A breve termine si cercherà di migliorare la situazione ottimizzando il sistema di gestione e a lungo termine si prevede di potenziare l'impianto.

Dal 2000 l'IDA di Bissone è in funzione solo parzialmente per via della rottura dei dischi percolatori immersi (trattamento biologico delle acque mediante biodischi). Come conseguenza molti parametri (solidi sospesi, composti organici disciolti, trasparenza, fosforo) erano superiori ai limiti ammessi. La situazione si risolverà quando le acque verranno deviate all'IDA di Mendrisio (molto probabilmente entro il 2004).

Nell'impianto di Medio Cassarate i valori di azoto ammoniacale superavano i valori ammessi (in media del 160%), perché la nitrificazione non funziona bene per il fatto che i liquami trattati hanno una capacità tampone troppo bassa per neutralizzare sufficientemente l'acidità creata dalla nitrificazione. Il consorzio sta infatti valutando la possibilità di dotarsi delle necessarie infrastrutture per aumentare tale capacità.

Nell'IDA di Quinto sono invece spesso superati i valori di fosforo (in media del 98%) perché, trattandosi di un nuovo impianto, la terza fase di depurazione ancora non è stata messa in funzione.

Acque di scarico di origine industriale

L'industria, l'artigianato e in generale tutte le attività produttive sono dei grossi consumatori d'acqua.

Le statistiche della Società svizzera dell'Industria del Gas e delle Acque (SSIGA) indicano che il 18% dell'acqua distribuita dalle diverse aziende è destinata alle attività produttive. Queste grosse quantità d'acqua vengono impiegate, oltre che come materia prima (ad esempio nell'industria alimentare, farmaceutica o in quelle della pittura), per scopi molto diversi, quali:

- raffreddamento,
- produzione di vapore,
- lavaggi,
- come solvente,
- processi produttivi.

Lo smaltimento di queste acque di scarico comporta talvolta grosse difficoltà a causa del loro potenziale inquinante sovente molto elevato.

2.4.3

In alcuni casi l'acqua non viene contaminata da sostanze estranee e non deve quindi essere trattata. In molti casi però l'acqua si carica di sostanze estranee e il suo smaltimento diventa perciò arduo. Le caratteristiche delle acque industriali che devono essere smaltite dipendono dal loro utilizzo in seno ai processi produttivi. Possiamo distinguere due tipi principali di acque di scarico:

- quelle non inquinate, che non hanno subito nessun cambiamento della loro composizione chimica. Si tratta prevalentemente di acque di raffreddamento, che possono aver modificato unicamente la loro temperatura;
- quelle inquinate, che contengono sostanze estranee derivanti da:
 - prodotti aggiunti per uno scopo determinato (ad es. detersivi per il lavaggio, acidi, basi o sali per un trattamento specifico, alghicidi),
 - prodotti o sostanze di cui si sono arricchite durante i processi produttivi (ad es. metalli pesanti, resti di vernice, oli minerali, residui solidi, resti di alimenti).

Oltre alla composizione anche le caratteristiche fisico-chimiche (temperatura, conduttività, trasparenza, pH) delle acque di scarico industriali sono spesso mutate e devono essere ripristinate prima dell'immissione nelle canalizzazioni.

Qualsiasi scarico di acque industriali deve essere autorizzato dal Cantone. L'autorizzazione precisa l'origine, le quantità e la qualità delle acque che possono essere scaricate. I criteri di qualità richiesti tengono conto delle potenzialità di smaltimento dell'IDA verso il quale le acque di scarico industriali vengono convogliate.

Per quanto concerne lo scarico delle acque pretrattate, tutte le industrie sono allacciate ad un IDA, ad eccezione delle Cartiera di Tenero.

Nel 2000 le industrie hanno scaricato 1'700'000 m³ di acque pretrattate di cui 750'000 m³ sono state convogliate ad un IDA delle acque e 950'000 sono state scaricate direttamente nel ricettore naturale. Il carico idraulico degli IDA dovuto alle acque pretrattate nelle industrie rappresenta in Ticino solo l'1.8% con una punta massima a Mendrisio (6.9%).

L'impatto del carico organico di origine industriale nei vari IDA è molto variabile e va dallo 0.2% a Foce Maggia, al 14.9% di Foce Ticino, al 17.4% a Bellinzona. Per Foce Ticino questo dato riflette la presenza nel relativo comprensorio del Consorzio di depurazione delle acque, di industrie alimentari e farmaceutiche, che notoriamente presentano acque con elevate concentrazioni di residui organici. In generale la concentrazione di materia organica in queste acque è parecchio più elevata che in quelle civili.

Anche gli idrocarburi rappresentano una fonte di pericolo importante in quanto, a causa delle loro caratteristiche fisico-chimiche sono in grado di provocare gravi perturbamenti agli IDA e ai ricettori naturali anche in piccole quantità. Per questa categoria di sostanze i risultati conseguiti mostrano come le tecniche di pretrattamento delle acque industriali inquinate con idrocarburi garantiscono un tasso d'abbattimento di oltre il 95%. In assenza di questi pretrattamenti ogni anno verrebbero immessi in canalizzazione più di 15 tonnellate d'idrocarburi provenienti dagli scarichi industriali. Grazie all'adozione di tecniche specifiche di disoleazione i quantitativi immessi in canalizzazione si riducono a 680 kg annui.

I metalli pesanti meritano particolare attenzione per la loro tossicità e la loro persistenza nell'ambiente. Oltre ai danni diretti per l'ambiente questi elementi altamente tossici possono essere all'origine di inquinamenti di corsi d'acqua o di malfunzionamenti di impianti di depurazione consortile con conseguenti fuoriuscite di acque luride non trattate nei ricettori naturali. I risultati ottenuti dimostrano che le tecniche di pretrattamento delle acque industriali disponibili attualmente permettono di abbattere più del 98% del piombo, del cadmio, del cromo e dello zinco, oltre il 97% del cobalto e del rame e almeno il 92% del nichel direttamente alla fonte. I relativi fanghi di pretrattamento, quando possibile, vengono riciclati recuperandone i metalli pesanti presenti, altrimenti vengono eliminati come rifiuti speciali.

L'evoluzione del carico di metalli pesanti di origine industriale per gli impianti di depurazione consortili mostra un generale miglioramento (figura 2.9). Il quantitativo di metalli scaricati dalle industrie è diminuito in 8 anni a circa la metà per zinco, rame, nichel e cromo, di 5 volte per il cadmio e di più di 10 volte per il piombo.

In assenza di questi pretrattamenti ogni anno verrebbero dispersi nell'ambiente ad esempio più di 1 tonnellata di rame, 4.3 tonnellate di zinco, quasi 900 kg di cromo e quasi 600 kg di nichel provenienti dalle immissioni industriali. Grazie al pretrattamento nelle industrie le immissioni industriali sopraindicate si riducono a 30 kg di rame, 135 kg di zinco, 13 kg di cromo e 43 kg di nichel.

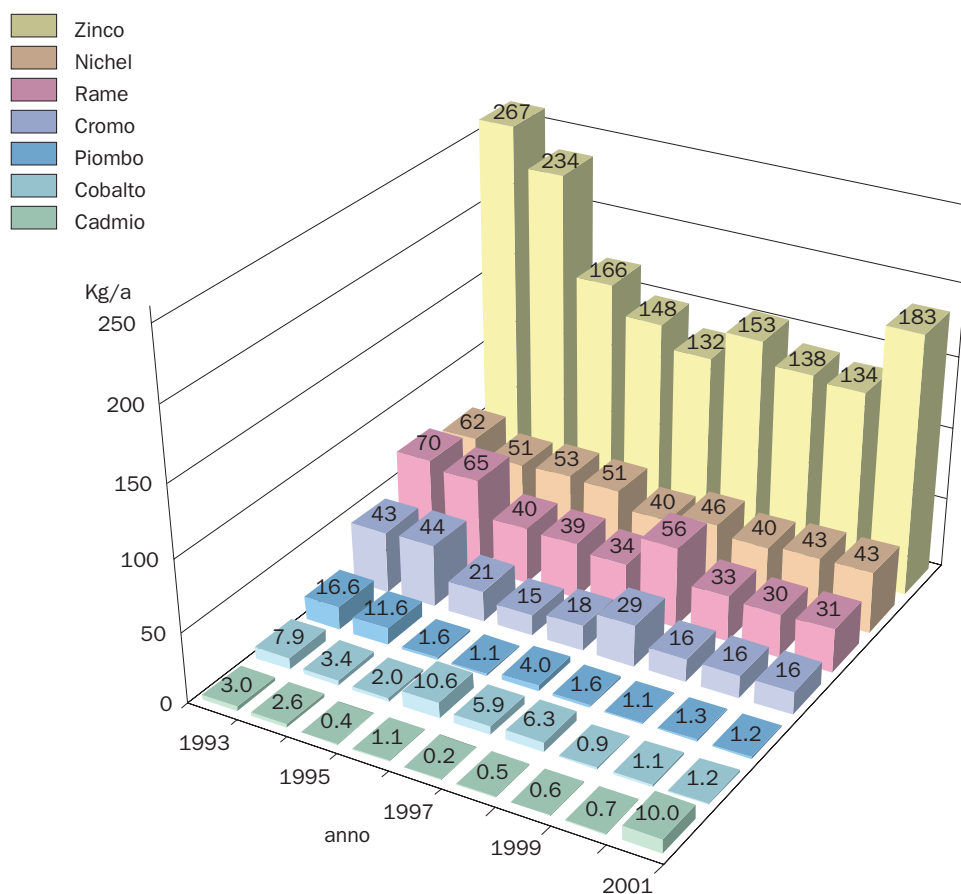
Il potenziale di rischio legato alla presenza di metalli pesanti nelle acque industriali è quindi alto; tuttavia i sistemi di pretrattamento applicati nell'industria e la loro accurata gestione assicurano un apporto minimo di elementi altamente tossici, nelle acque dei ricettori naturali e più generalmente nell'ambiente.

Il numero di prelievi che superano le esigenze generali dell'Ordinanza sulla protezione delle acque (OPAc) varia, a seconda del metallo, da un minimo del 0.5% ad un massimo del 2.5%. Nella maggior parte dei casi la non conformità è di lieve entità e costituisce un campanello di allarme e un'indicazione che esistono problemi legati ai processi produttivi o a quelli depurativi dell'industria in questione. In alcuni casi il superamento ha provocato problemi di gestione agli IDA in particolare per l'utilizzo dei fanghi di depurazione in agricoltura.

Evoluzione del carico di metalli pesanti dal 1993 al 2000.

Figura 2.9

I valori, in chilogrammi per anno, sono indicati sopra le singole colonne.



Stato delle acque nel Canton Ticino

2.5

2.5.1

Stato chimico Lago di Lugano o Ceresio

2

Lo stato fisico-chimico-biologico delle acque del Lago di Lugano (figura 2.10) viene monitorato regolarmente dalla sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo (SPAAS) sotto incarico della Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere dal 1978 con una frequenza di 15 campionamenti all'anno (CIPAIS 1980-1999a). Indagini saltuarie sono però state fatte fin dai primi anni del secolo scorso. I principali parametri rilevati sono la trasparenza, la temperatura, l'ossigeno, il pH, l'alcalinità, la conducibilità elettrica, i composti del fosforo e dell'azoto, la silice reattiva, il metano, i solfuri, il ferro disciolto e il manganese disciolto. Le misure sono effettuate a diverse profondità e in diverse località. Parallelamente si fanno anche delle indagini sul fitoplancton e sullo zooplancton. I controlli relativi alla balneabilità vengono svolti dal Laboratorio cantonale di Lugano.

Il Lago di Lugano, analogamente agli altri laghi a sud delle Alpi, era originariamente povero di sostanze nutritive. Lo sviluppo demografico e industriale e l'aumento del turismo negli anni '50 e '60 ha però causato un aumento delle acque di scarico. Siccome le acque luride venivano scaricate direttamente nei corsi d'acqua e quindi nel lago, ben presto lungo molte rive si dovette introdurre il divieto di balneazione a causa di concentrazioni eccessive di batteri patogeni nell'acqua. Altra conseguenza grave dell'apporto eccessivo di sostanze nutritive soprattutto azoto e fosforo fu l'eutrofizzazione del lago. L'eutrofizzazione causa fioriture di alghe microscopiche che si riflettono in una riduzione della trasparenza dell'acqua. La decomposizione dell'eccessiva biomassa algale morta richiede inoltre grandi quantitativi di ossigeno, per cui viene a mancare negli strati più profondi del lago. In un lago eutrofizzato vengono anche eliminate le specie ittiche più pregiate (es: Salmonidi) e viene favorito l'aumento di quelle meno apprezzate commercialmente (es: Ciprinidi). L'eutrofizzazione provocò anche, indirettamente, periodiche epidemie tra le specie sopravvissute e massicce morie. Nella maggior parte dei laghi il principale responsabile del fenomeno di eutrofizzazione è il fosforo. Risultò quindi evidente che per «guarire» il Lago di Lugano era necessario ridurre i carichi di fosforo. Si stimò che per risanare il Lago di Lugano era necessario ridurre i carichi di fosforo da ca. 95 tonnellate di fosforo all'anno (t P/a) a 22 t P/a per il bacino nord e da ca. 120 t P/a a 18 t P/a per il bacino sud.

Vista del Lago di Lugano
Figura 2.10

Il ponte-diga di Melide,
tra Melide (a sinistra)
e Bissone (a destra) divide
il Ceresio in 2 bacini.

Foto: G. Cotti



La circolazione dell'acqua nei laghi

Alla fine dell'estate nei laghi la temperatura è massima in superficie e diminuisce gradualmente negli strati più profondi. In autunno quando la temperatura dell'aria diminuisce gli strati superficiali dei laghi si raffreddano diventando più pesanti per cui scendono lasciando il posto a strati più caldi. Questo fenomeno si può ripetere finché l'acqua di tutto il bacino raggiunge i 4°C. A questo punto un ulteriore raffreddamento dello strato superficiale non provoca più un aumento della densità dell'acqua, per cui l'acqua rimane in superficie e si raffredda ulteriormente fino eventualmente a gelare. In primavera l'acqua in superficie si riscalda. Fino ai 4°C questo riscaldamento rende di nuovo le acque più dense e comporta quindi nuovamente la circolazione della massa d'acqua. La circolazione della massa d'acqua è un fenomeno importante perché provoca un rimescolamento dell'acqua nei laghi e dei sali e dell'ossigeno in essa contenuto.

Non in tutti i laghi questi fenomeni avvengono però regolarmente.

Nel bacino nord del Lago di Lugano le acque che si trovano ad una profondità maggiore di 100 m non partecipano alla circolazione. In parte perché sono molto profonde (max. 288 m) e non tutti gli inverni garantiscono temperature abbastanza basse durante periodi sufficientemente lunghi per raffreddare l'acqua fino a tali profondità. Il motivo principale però è dovuto al fatto che le acque profonde sono sempre più dense e quindi pesanti delle acque superficiali a causa dell'alta concentrazione di sali minerali in esse disciolte. Questi sali sono stati liberati durante la decomposizione di ingenti quantitativi di materiale organico, prodotto a causa dell'apporto eccessivo di fosforo. È per questo motivo che negli strati profondi del bacino nord del Lago di Lugano l'ossigeno è perennemente assente e le concentrazioni di fosforo sono molto alte.

Nel Lago Maggiore una circolazione completa delle masse d'acqua avviene soltanto durante inverni particolarmente freddi. Il motivo principale qui è la grande profondità del lago (max. 370 m). L'ultima circolazione completa è avvenuta negli anni '70.

L'ampliamento della rete di canalizzazione e l'allacciamento agli impianti di depurazione a partire dagli anni '70 insieme alla riduzione dei fosfati nei detersivi tessili (dall'86) hanno migliorato notevolmente la situazione. Per il bacino nord anche la deviazione delle acque di scarico della Città di Lugano verso il bacino sud hanno contribuito alla riduzione dei carichi di fosforo. Per il bacino sud invece è stato importante il potenziamento dell'impianto di depurazione di Bioggio. Negli ultimi 30 anni i carichi di fosforo si sono ridotti da oltre 95 t P/a a 25 t P/a nel bacino nord e da 155 t P/a a 39 t P/a nel bacino sud (compresi gli apporti provenienti dal bacino nord), avvicinandosi quindi di molto agli obiettivi fissati. La figura 2.11 a pag. 88 mostra l'evoluzione dei carichi di fosforo nel bacino nord e sud del Lago di Lugano. Per il 1975, il 1988 e il 1999 è anche stata stimata la provenienza del fosforo. Risulta evidente la diminuzione dell'apporto di fosforo proveniente dalle acque di scarico non depurate sia svizzere che italiane, anche se quest'ultime con una percentuale minore. Per il bacino sud è anche evidente una diminuzione dell'apporto di fosforo proveniente dall'IDA di Bioggio dal 1988 al 1999 grazie al potenziamento dell'impianto nel 1995. Per il bacino sud (nella figura 2.11) è indicato anche l'apporto proveniente dal bacino nord.

L'apporto di fosforo verso il bacino sud risulta inferiore a quello stimato per il bacino nord, perché una parte rimane depositata sul fondale oppure assorbita dagli organismi.

La depurazione delle acque e la conseguente diminuzione dei carichi di fosforo ha migliorato notevolmente la qualità delle acque del lago. Infatti dal 1996 nella parte Svizzera del lago tutte le rive sono durante la maggior parte del tempo nuovamente balneabili. Inoltre nello strato superficiale del bacino nord (0-100 m) le concentrazioni di fosforo sono diminuite da 130 µg P/l a 60 µg P/l e nel bacino sud da 90 µg P/l a 50 µg P/l avvicinandosi anche qui agli obiettivi fissati di 30 µg P/l. La figura 2.12 mostra l'evoluzione delle concentrazioni di fosforo nel Lago di Lugano dal 1983.

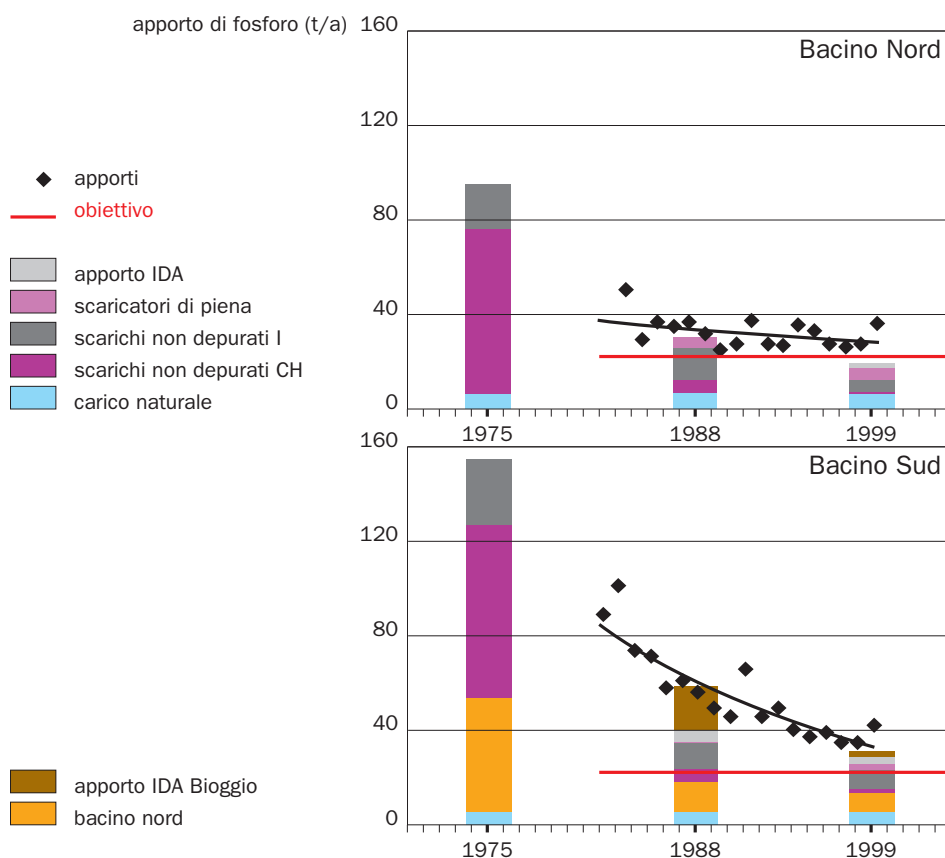
Ciò che la figura 2.12 non mostra però è che nel bacino nord a profondità maggiori di 100 m le concentrazioni di fosforo sono aumentate da 230 a 290 $\mu\text{g P/l}$. Questo significa che la concentrazione media di tutto il bacino nord (150 $\mu\text{g P/l}$) è ancora molto lontana dall'obiettivo fissato (30 $\mu\text{g P/l}$). Precarie sono ancora anche le condizioni d'ossigenazione. Infatti in entrambi i bacini nel corso del secondo semestre dell'anno a profondità maggiori di 40-50 m le concentrazioni d'ossigeno scendono al di sotto del limite prescritto dall'OPAc (4 mg O_2/l). A profondità maggiori di 75 m l'ossigeno è addirittura assente. La figura 2.13 mostra i profili di ossigeno a Gandria, Melide e Figino nel mese di ottobre del 2000.

Per quanto riguarda il bacino sud un ulteriore miglioramento della situazione dovrebbe avvenire con l'ampliamento degli impianti di depurazione di Mendrisio e di Pian Scairolo. Più complessa risulta invece la situazione per il bacino nord. Infatti per quanto riguarda le concentrazioni di fosforo e di ossigeno la situazione rimarrà precaria ancora a lungo. Il problema principale è la presenza di uno strato ricco di fosforo a profondità maggiori di 100 m che ha la capacità di fer-

Evoluzione dei carichi di fosforo nel Lago di Lugano

Figura 2.11

per gli anni
1975, 1988, 1999,
in tonnellate/anno
In alto: bacino nord
In basso: bacino sud



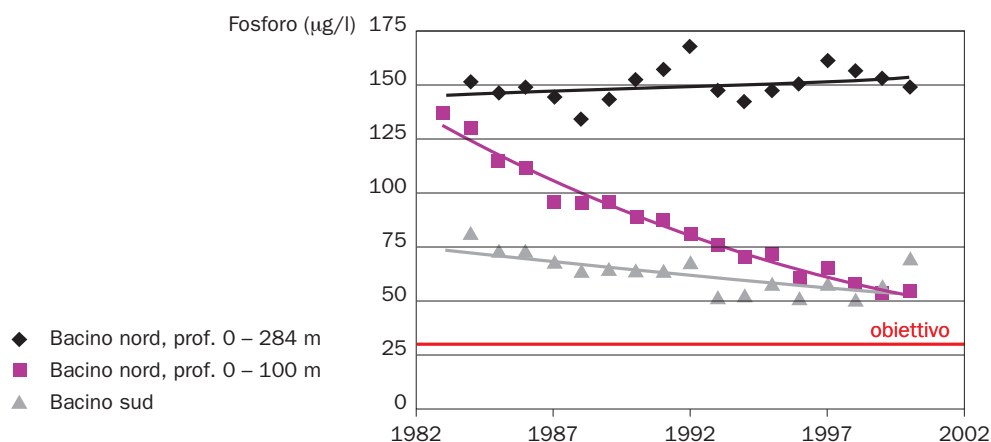
tilizzare le acque superficiali stimolando la crescita delle alghe nonostante l'importante riduzione degli apporti esterni. Infatti durante inverni freddi ci possono essere dei movimenti d'acqua tali da portare le acque ricche di fosforo dallo strato profondo a quello superficiale. Movimenti d'acqua simili possono avvenire anche durante periodi di forti precipitazioni in seguito all'immissione degli affluenti in piena. Si sta valutando al momento la possibilità tecnica e finanziaria di misure interne che permettano di diminuire sostanzialmente il fosforo negli strati profondi del lago. Possibili soluzioni in questo senso potrebbero essere la precipitazione del fosforo tramite l'immissione nelle acque profonde di idrossido di calcio o di flocculanti chimici in uso negli impianti di depurazione. Un importante problema di questi metodi di risanamento è che non sono mai stati testati su laghi così profondi come il Lago di Lugano ed è quindi difficile valutare la loro effettiva efficacia.

La situazione nel Lago di Lugano fa riflettere. Esso è infatti un esempio di come le conseguenze negative di un inquinamento avvenuto nel corso di pochi decenni possono perdurare durante un lasso di tempo molto più lungo.

Evoluzione delle concentrazioni di fosforo nel bacino nord e sud del Lago di Lugano

Figura 2.12

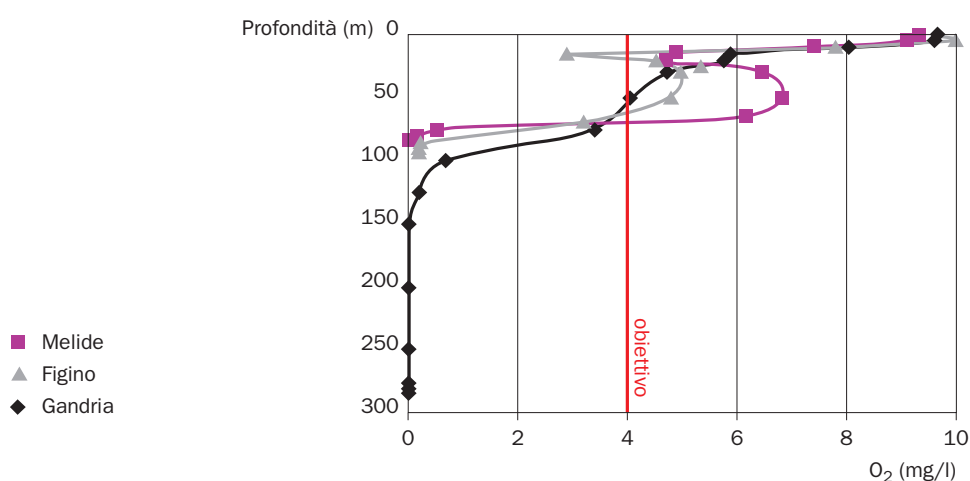
in microgrammi per litro, dal 1982 al 2000.



Profilo dell'ossigeno disciolto nel Lago di Lugano

Figura 2.13

nell'ottobre 2000, in milligrammi per litro.



Lago Maggiore (Verbano)

Lo stato chimico-fisico-biologico delle acque del Lago Maggiore viene monitorato regolarmente dall'Istituto per lo studio degli ecosistemi del CNR di Pallanza sotto incarico della Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere dal 1978 con una frequenza di 12 campionamenti all'anno (CIPAIS 1980-1999b). Indagini saltuarie sono però state fatte fin dai primi anni del secolo scorso.

I principali parametri rilevati sono la trasparenza, la temperatura, l'alcalinità, il pH, la conducibilità elettrica, l'ossigeno, il bicarbonato, i composti del fosforo e dell'azoto, il cloruro, il calcio, il magnesio, il sodio, il potassio, la silice reattiva, il solfato, il carbonio organico totale e particellato. Le misure sono effettuate a diverse profondità e in diverse località. Parallelamente si fanno anche delle indagini sul fitoplancton, sullo zooplancton e su popolamenti batterici.

Analogamente al Lago di Lugano anche nel Lago Maggiore lo sviluppo demografico ed industriale e lo spostamento della popolazione verso agglomerati urbani negli anni '50 e '60 ha causato un incremento dei carichi di sostanze nutritive (600 t P/a) e quindi anche un aumento delle loro concentrazioni nelle acque lacustri. Tuttavia l'incremento è stato molto più contenuto che non nel Lago di Lugano. Infatti, come mostra la figura 2.14 le concentrazioni massime, che sono state raggiunte alla fine degli anni '70, si aggiravano attorno ai 35 µg P/l ed erano quindi nettamente inferiori a quelle nel Lago di Lugano che erano di 130 µg P/l nel bacino nord e 90 µg P/l nel bacino sud.

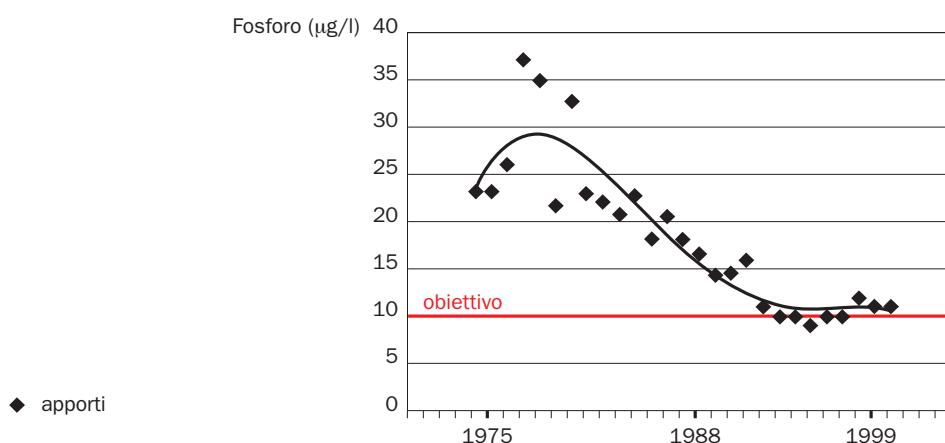
Come per il Lago di Lugano l'entrata in funzione di depuratori delle acque e la diminuzione del contenuto di fosforo nei detersivi ha comportato una riduzione degli apporti di fosforo (da 600 a 200 t P/a) raggiungendo così gli obiettivi prefissati (200 t P/a).

La riduzione dei carichi ha comportato anche una riduzione delle concentrazioni di fosforo nel lago (da 35 a 10 µg P/l, figura 2.14) raggiungendo pure gli obiettivi prefissati (10 µg P/l). Questa concentrazione è tipica di un lago povero di sostanze nutritive.

Diversamente dal Lago di Lugano, l'ossigenazione degli strati profondi del Lago Maggiore non è mai stata compromessa. Infatti i minimi non sono mai scesi sotto i 5.7 mg O₂/l e negli ultimi anni si sono mantenuti sopra i 6 mg/l.

Evoluzione delle
concentrazioni di fosforo
nel Lago Maggiore
Figura 2.14

nell'ottobre 2000,
in microgrammi per litro.





^ Lago Maggiore a Magadino

Un problema del Lago Maggiore è però la presenza di DDT, finito nel lago con gli scarichi di una ditta situata in territorio italiano che in passato produceva questa sostanza. Dopo una prima diminuzione, successiva alla chiusura degli impianti di produzione del DDT della Enichem a Pieve Vergonte, alla fine del 2000 la concentrazione di DDT nell'ecosistema lacustre e in alcune specie di pesci è nuovamente aumentata a causa dell'alluvione dell'autunno 2000, che ha trascinato nel lago il DDT presente nel terreno inquinato del sito sul quale sorgeva l'azienda. L'aumento della concentrazione di DDT nei pesci mostra la gravità dell'inquinamento nonostante le barriere idrauliche installate a Pieve Vergonte per impedire che la sostanza tossica arrivasse nell'acqua.

Gli scarichi industriali e i siti contaminati non hanno rilasciato solo DDT. Infatti, nel 2001, il Laboratorio cantonale ha riscontrato un superamento dei limiti di tolleranza (200 µg/kg) per quanto riguarda le concentrazioni di mercurio nei pesci del Lago Maggiore. Queste concentrazioni sono ancora lontane dal limite ammesso (500 µg/kg), ma destano comunque preoccupazione. Ulteriori accertamenti sono previsti per il 2002.

Nel Lago Maggiore si è pure constatato una riduzione del numero di pesci pescati nell'ultimo decennio. Una causa importante di questo fenomeno è certamente la depurazione delle acque che ha ridotto le concentrazioni di fosforo nel lago, diminuendo la produzione di alghe, di zooplancton e di pesci. Fenomeni simili sono noti e stati documentati per altri laghi (es: Lago dei Quattro Cantoni, Lago di Walen). Ricordiamo qui che un lago povero di sostanze nutritive è in genere caratterizzato dalla presenza di una grande varietà di specie ma non è in grado di produrre una grande massa di esseri viventi. Rimangono comunque anche altri fattori che potrebbero influire sulla popolazione dei pesci che dovrebbero essere approfonditi, come lo spurgo dei bacini idroelettrici (> pag. 99), la lavorazione degli inerti, il DDT o altre sostanze inquinanti, le specie alloctone competitive, la qualità delle rive, la dinamica artificiale del livello del lago, la gestione della pesca oppure l'effetto cumulativo dei vari fattori.

Laghetti di Muzzano, Origlio e Astano

I laghetti di Muzzano, Origlio ed Astano sono poco profondi (in media tra 2 e 5 m).

Analogamente al Ceresio anche il chimismo del Laghetto di Muzzano è stato influenzato fortemente dallo sviluppo demografico degli ultimi 30-50 anni. Il solo affluente del lago infatti fu canalizzato e utilizzato come ricettore delle acque di scarico domestiche. Negli anni '60 la concentrazione di fosforo nel laghetto raggiunse circa 300 µg P/l. Nel luglio del 1967 ci fu la prima importante moria di pesci (> Figura 2.1). La costruzione nel 1969 di una piccola stazione di depurazione contribuì alla diminuzione del carico di sostanze organiche che si riversavano direttamente nel lago. Nel 1978 l'impianto fu poi smantellato perché le acque luride furono convogliate all'impianto di depurazione di Lugano-Bioggio. Restava però ancora il problema degli scaricatori di piena: infatti durante forti precipitazioni le acque di stramazzo si riversavano direttamente nel laghetto. Nel 1994 vi fu una nuova importante moria di pesci a causa della mancanza di ossigeno venutasi a creare nel lago per via della decomposizione del materiale organico. Allora le concentrazioni di fosforo si aggiravano attorno ai 75 µg P/l, valore di molto inferiore rispetto agli anni '60 ma comunque ancora troppo alto. Con la recente posa del collettore per le acque di stramazzo (1999) la situazione è migliorata ulteriormente. Quest'opera passa infatti in parte sul fondo del laghetto ed evita gli scarichi episodici in caso di forti precipitazioni. Oggigiorno le concentrazioni di fosforo variano tra 30 e 90 µg P/l nel corso dell'anno e seppur diminuite caratterizzano ancora uno stato eutrofico. Le principali fonti di fosforo che determinano queste concentrazioni tuttora elevate sono l'autofertilizzazione del laghetto dovuto alla rimessa in circolazione del fosforo contenuto nei sedimenti e l'uso di fertilizzanti da parte dell'agricoltura nell'area circostante.

Nel Laghetto di Origlio le concentrazioni di fosforo sono minori (30 µg P/l) rispetto al Laghetto di Muzzano. Per un'ulteriore riduzione delle concentrazioni bisognerebbe intervenire sulle immissioni diffuse come l'agricoltura. Da non dimenticare, analogamente al Laghetto di Muzzano, l'influsso dell'autofertilizzazione dovuto al fosforo accumulatosi nei sedimenti negli anni passati. Menzioniamo pure la moria di pesci avvenuta nel gennaio 2002 per mancanza di ossigeno. La situazione si è venuta a creare a causa della prolungata siccità che ha ridotto il riciclo dell'acqua (e quindi dell'ossigeno), a causa delle temperature molto basse che hanno portato al gelo della superficie del lago (e quindi interrotto il contatto con l'ossigeno atmosferico) e alla decomposizione dell'eccessivo quantitativo di materiale organico formatosi durante la stagione calda che ha consumato l'ossigeno presente.

Non vi sono problemi di eutrofizzazione nel Laghetto di Astano, le cui concentrazioni di fosforo sono di 15 µg P/l e caratterizzano uno stato povero di sostanze nutritive.

> Lago di Muzzano



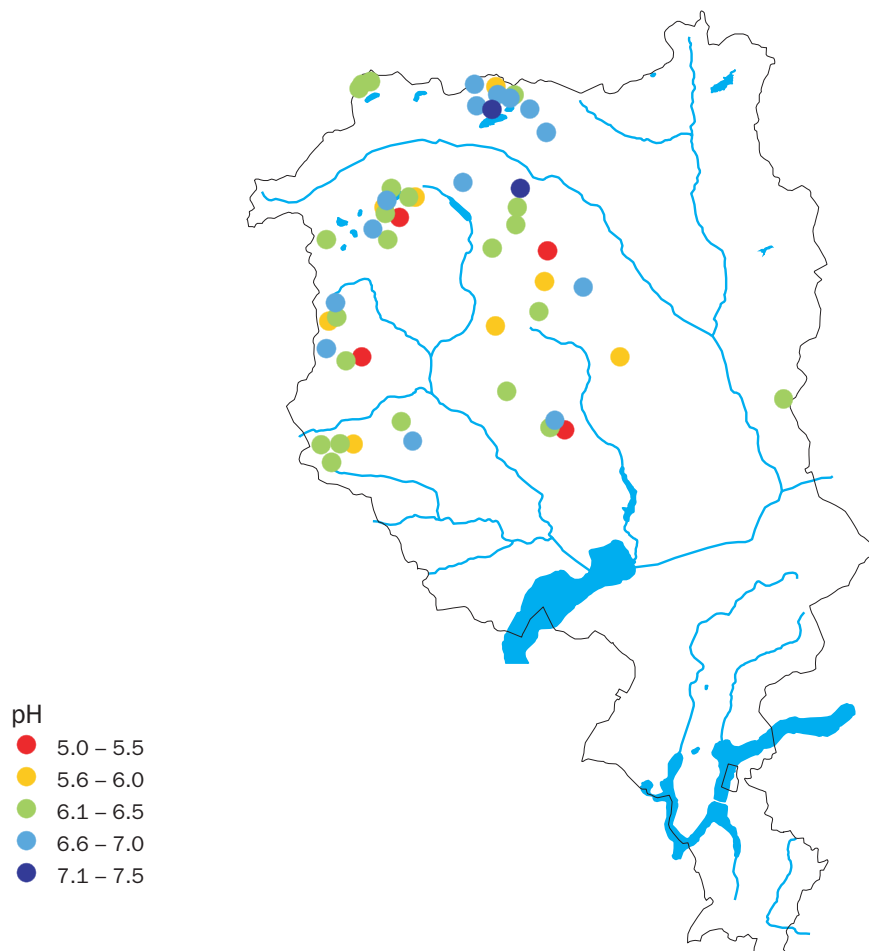
Laghetti alpini

La qualità delle acque dei laghetti alpini viene studiata da ormai circa 20 anni dalla Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo (SPAAS), anche in collaborazione con l'Istituto per lo studio degli ecosistemi del CNR di Pallanza. Questi studi iniziarono quando venne segnalata una moria di pesci nel Laghetto di Starlaresc da Sgiòf (Valle Verzasca) e venne riscontrata una sensibilità all'acidificazione di molti laghetti alpini. Questa sensibilità è dovuta alla presenza di un substrato formato prevalentemente da rocce cristalline, tipico della regione alpina centro occidentale, che non è in grado di tamponare l'acidità proveniente dalle precipitazioni. Informazioni più dettagliate a questo proposito si trovano nel capitolo 3.4.

Le campagne di monitoraggio avvengono con un intervallo di circa 3-5 anni. In queste occasioni si analizzano le acque di 51 laghetti. I parametri rilevati sono la temperatura, il pH, l'alcalinità, la trasparenza, l'ossigeno, la conducibilità elettrica, le sostanze nutritive, altri anioni e cationi e occasionalmente il fitoplankton e lo zooplankton. Nell'ambito del Programma cooperativo internazionale per la valutazione e il monitoraggio dell'acidificazione dei fiumi e dei laghi iniziato nel 2000 e al quale la SPAAS partecipa, si sono scelti inoltre una ventina di laghetti (in parte già studiati nel programma di monitoraggio menzionato prima) le cui acque vengono analizzate due volte all'anno. Accanto ai parametri menzionati prima si misurano anche le concentrazioni di alcuni metalli pesanti come l'alluminio e si studia la popolazione ittica e di macroinvertebrati.

pH dei 51 laghetti alpini nel 1995

Figura 2.15



Osservando i dati del 1995 dei 51 laghetti studiati, si nota come 32 laghetti su 51 hanno un pH inferiore a 6.5 (figura 2.15).

Normalmente il pH di un laghetto dovrebbe variare tra 6.5 e 8.5. L'acidificazione in generale provoca una diminuzione del numero di specie di piante e animali. Il numero di animali bentici (come lumache, conchiglie e crostacei), molto sensibili a fenomeni di acidificazione, comincia a diminuire già quando il pH scende sotto 6.5. A pH ancora inferiori spariscono specie ittiche sensibili come per esempio i salmonidi. Sembra che la causa principale di questi danni non sia direttamente l'acidità ma l'aumento delle concentrazioni di alluminio (tossico per molte specie) che è favorito dalle condizioni acide.

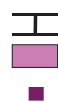
La figura 2.16 rappresenta l'evoluzione del pH medio di 23 laghetti alpini ticinesi dal 1980. L'andamento del valore pH negli ultimi 20 anni presenta variazioni interannuali probabilmente legate alle variazioni meteorologiche. Non esiste tuttavia un trend statisticamente significativo.

v Lago di Carì (2256 m)



Evoluzione del pH
di 23 laghetti alpini
dal 1980 al 2001

Figura 2.16


 min – max
 25% – 75%
 Mediana

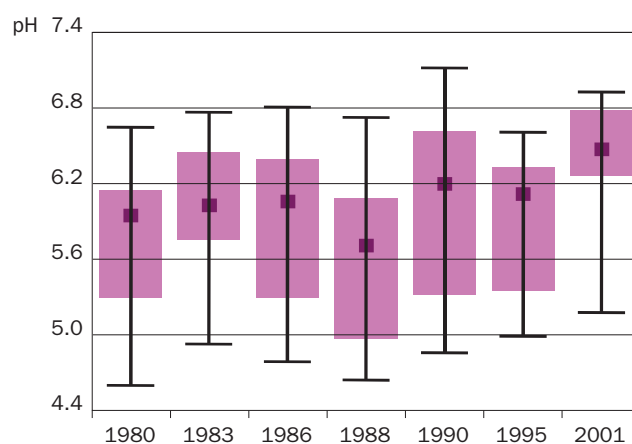


Foto: Ely Riva



Corsi d'acqua

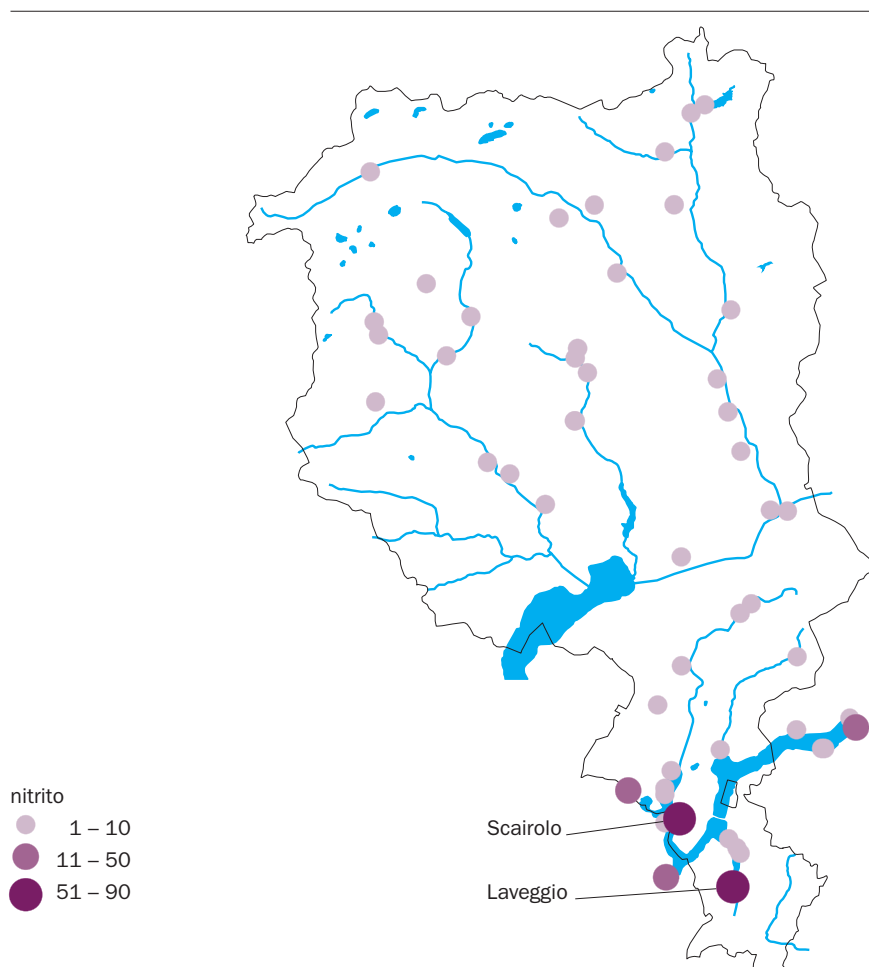
Le acque dei principali affluenti del Lago di Lugano vengono analizzate dalla Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo con una frequenza di 15 volte all'anno (il monitoraggio è distribuito uniformemente durante l'anno). Le acque dei principali affluenti del Lago Maggiore vengono invece analizzate mensilmente dall'Istituto per lo studio degli ecosistemi del CNR di Pallanza. I principali parametri rilevati sono la temperatura, il pH, l'alcalinità, la conducibilità elettrica, l'ossigeno disciolto, i composti azotati e del fosforo, la domanda biochimica di ossigeno (BOD_5), il carbonio organico disciolto e totale e la silice reattiva.

Altri corsi d'acqua vengono studiati nell'ambito di particolari campagne. Nel 1990 sono stati analizzati parametri chimici e biologici nel Fiume Ticino (da Biasca fino alla foce), nel Vedeggio e nel Laveggio. Nel 1991 si sono analizzate le acque del Fiume Ticino (da Faido fino a Biasca) e la Magliasina. La Maggia, la Bavona a Foroglio-Sabbione, la Melezza a Golino e la Verzasca sono state studiate nel 1992, la Tresa nel 1993, il Brenno e il Roncaglia nel 1994. I parametri rilevati furono l'alcalinità, il pH, la conducibilità elettrica, l'ossigeno, il carbonio organico disciolto, la domanda biochimica di ossigeno, i composti dell'azoto e del fosforo. Dal 2000 nell'ambito del Programma cooperativo internazionale per la valutazione e il monitoraggio dell'acidificazione dei fiumi e dei laghi vengono analizzate due volte all'anno anche le acque della Maggia a Brontallo, della Verzasca a Sonogno e del Vedeggio a Isonne. Accanto ai parametri menzionati prima si misurano anche le concentrazioni di alcuni metalli pesanti e l'alluminio e si studia la popolazione ittica e di macroinvertebrati.

Concentrazioni medie di nitrito (NO_2^-) nei corsi d'acqua

Figura 2.17

in μg N/l.
Il limite massimo ammesso dalla legge italiana è 10 μg /l.



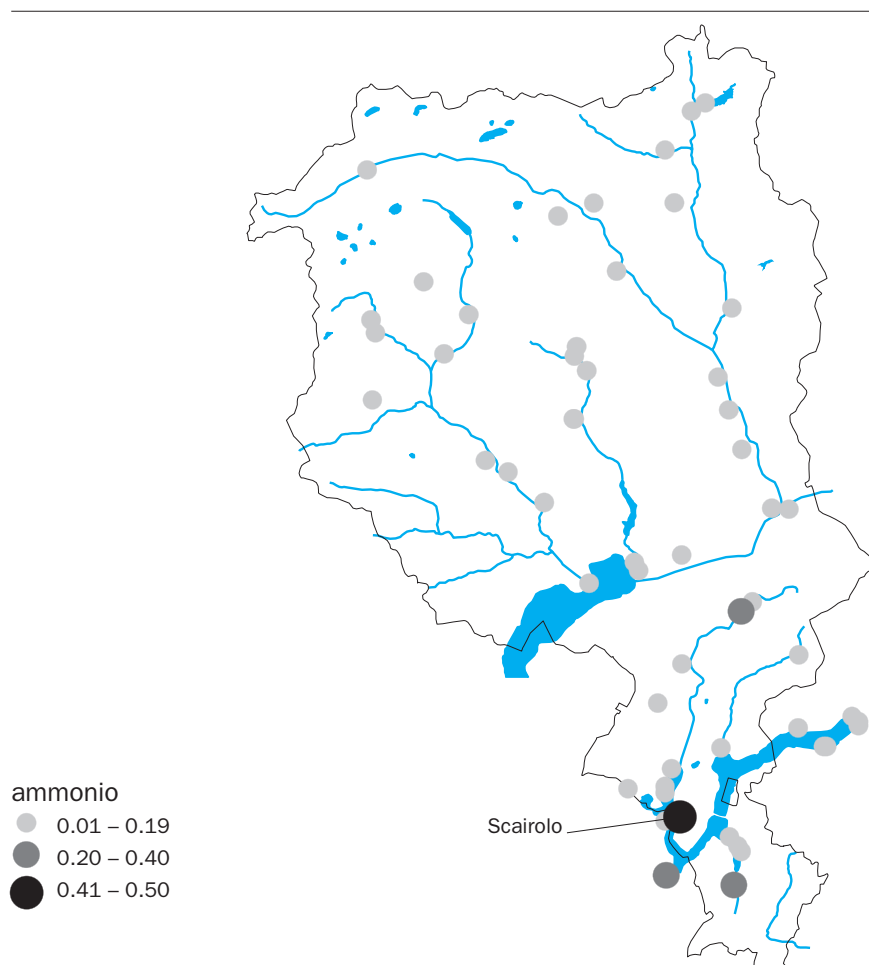
Per quanto riguarda lo stato chimico dei corsi d'acqua ticinesi si possono fare le seguenti osservazioni. I fiumi risultano generalmente ben ossigenati. La domanda biochimica d'ossigeno e le concentrazioni dei nitriti e dell'ammonio rispecchiano bene l'influsso sulle acque degli scarichi degli impianti di depurazione. Spesso infatti la portata d'acqua dei corsi d'acqua è insufficiente per diluire le acque provenienti dagli impianti di modo da rispettare i valori limite delle acque superficiali. L'Ordinanza sulla protezione delle acque non specifica un limite per le concentrazioni di nitriti ma pretende che le sue concentrazioni non pregiudichino gli organismi più sensibili come i salmonidi. Visto che vengono monitorati anche gli affluenti italiani del Lago di Lugano confrontiamo le concentrazioni con il limite ammesso dalla legge italiana che è di 10 µg N/l. Questo valore è spesso superato nei fiumi Laveggio (89 µg N/l), Scairolo (76 µg N/l), Bolletta (41 µg N/l), Lagadone (24 µg N/l) e Tresa (13 µg N/l) (figura 2.17). Il valore tra parentesi indica la media dei valori misurati.

Bisogna però aggiungere che i singoli valori possono deviare notevolmente dalla media sopra riportata. Così nel Laveggio i valori variano tra 18 e 536 µg N/l, nello Scairolo tra 15 e 181 µg N/l, nella Bolletta tra 12 e 521 µg N/l e nel Vedeggio tra 3 e 604 µg N/l. Migliore è la situazione negli altri corsi d'acqua, dove si registrano valori medi inferiori a 10 µg N/l.

Una situazione simile la ritroviamo per l'ammonio. Valori medi che superano il valore massimo ammesso dalla legge (0.4 mg N/l) li troviamo nello Scairolo (0.41 mg N/l) e valori relativamente alti li troviamo anche nella Bolletta (0.32 mg N/l) e nel Laveggio (0.37 mg N/l) (figura 2.18).

Concentrazioni medie di ammonio (NH_4^+) nei corsi d'acqua
Figura 2.18

In mg N/l. Il limite massimo ammesso dalla Legge federale sulla protezione delle acque varia tra 0.2 e 0.4 mg N/l.



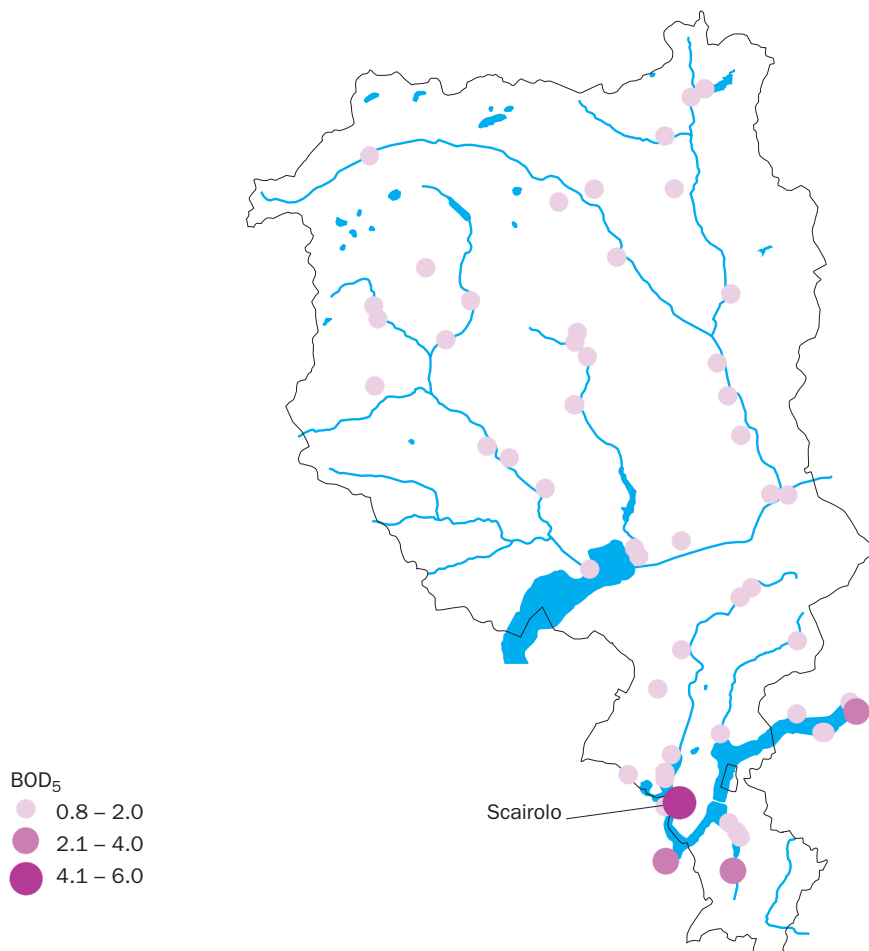
Anche per l'ammonio in alcuni corsi d'acqua la variabilità dei valori risulta piuttosto elevata: Laveggio (0.03-7.06 mg N/l), Scairolo (0.07-5.30 mg N/l). Ricordiamo che il limite fissato dalla legge varia tra 0.2 e 0.4 mg N/l a dipendenza della temperatura dell'acqua.

La domanda biochimica d'ossigeno è pure influenzata dalle acque di scarico (figura 2.19). Nello Scairolo il valore medio per la domanda biochimica d'ossigeno supera il limite massimo ammesso dalla legge (4 mg O₂/l). Valori medi elevati si trovano anche nel Laveggio, nella Bolletta e nel Lagadone. Pure qui i valori misurati possono variare di molto:

Bolletta (0.5-11.8 mg O₂/l)
Laveggio (0.0-15.6 mg O₂/l)
Livone (0.1-10.7 mg O₂/l)
Scairolo (1.0-13.3 mg O₂/l).

Domanda biochimica
d'ossigeno media
nei corsi d'acqua
Figura 2.19

in mg O₂/l. Il limite massimo
ammesso dalla Legge federale
sulla protezione delle acque
varia tra 2 e 4 mg O₂/l.



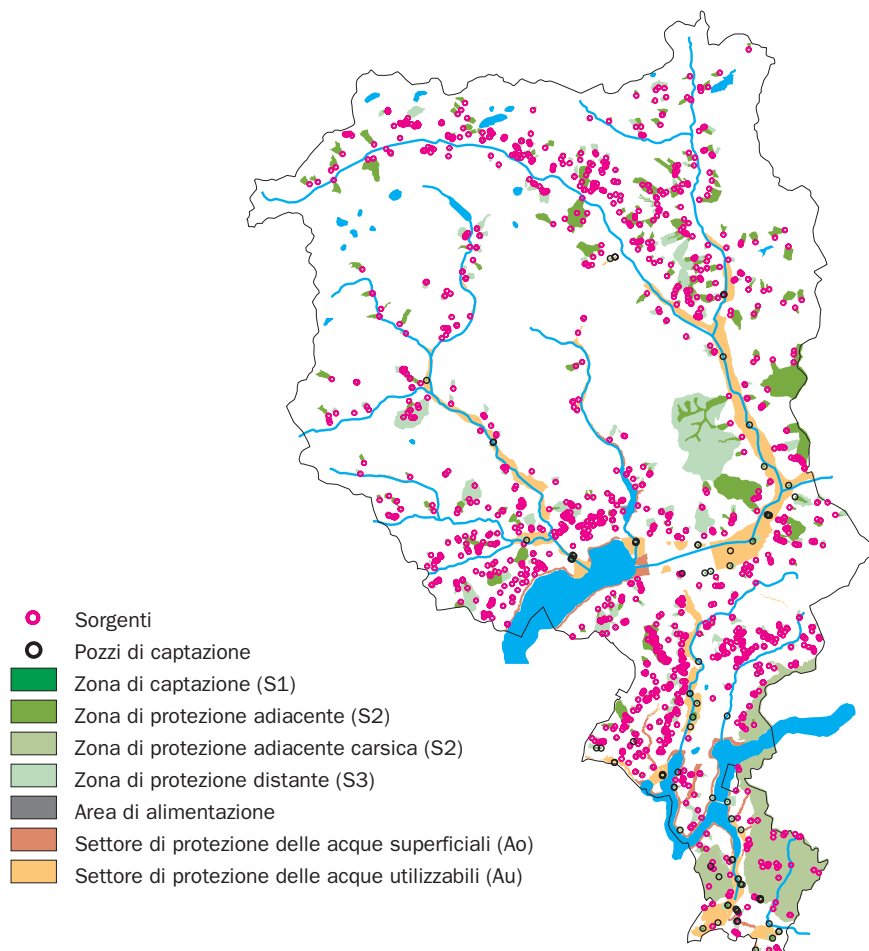
Un problema particolare per i corsi d'acqua sono gli spurghi dei bacini idroelettrici. In alcuni bacini idroelettrici si riscontra un importante apporto di materiale solido (sedimenti, sabbia, massi, ecc.) che con il tempo rischierebbe di ostruire lo scarico di fondo, necessario per far uscire l'acqua dal bacino in caso di necessità. Siccome per motivi di sicurezza lo scarico di fondo deve sempre essere in grado di funzionare, bisogna eliminare i sedimenti accumulatisi nei bacini. Questo avviene tramite i cosiddetti spurghi, durante i quali questo materiale viene fatto uscire attraverso lo scarico di fondo. A seconda della concentrazione di materiale nell'acqua scaricata uno spurgo può causare danni ingenti al corso d'acqua interessato. Ricordiamo lo spurgo del bacino del Lago di Palagnedra avvenuto nel 1991 che ha colorato di marrone la Melezza e la Maggia a valle della confluenza distruggendo praticamente tutti i macroinvertebrati e i pesci dei due corsi d'acqua. Per limitare i danni di questi spurghi è stato formato un apposito gruppo di lavoro che valuta caso per caso e detta le condizioni affinché possa essere concessa l'autorizzazione di eseguire lo spurgo.

Possiamo riassumere affermando che i superamenti dei limiti della Legge nei corsi d'acqua concernono in primo luogo gli affluenti del Lago di Lugano in zone che sono influenzate dagli scarichi degli impianti di depurazione. Spesso infatti la portata d'acqua dei corsi d'acqua è insufficiente per diluire le acque provenienti dagli impianti. Per il resto lo stato chimico dei corsi d'acqua ticinesi è in genere soddisfacente. Fanno eccezione il Faloppia e la Breggia (da Chiasso in poi). Poiché il Faloppia arriva dall'Italia e s'immette nella Breggia in Svizzera, gli inquinamenti devono essere affrontati e risolti oltre confine.

Protezione dei pozzi di captazione e delle sorgenti

Figura 2.20

Le zone di protezione (S1) si trovano nelle immediate vicinanze delle captazione, e non sono generalmente visibili nella scala usata.



Acque sotterranee

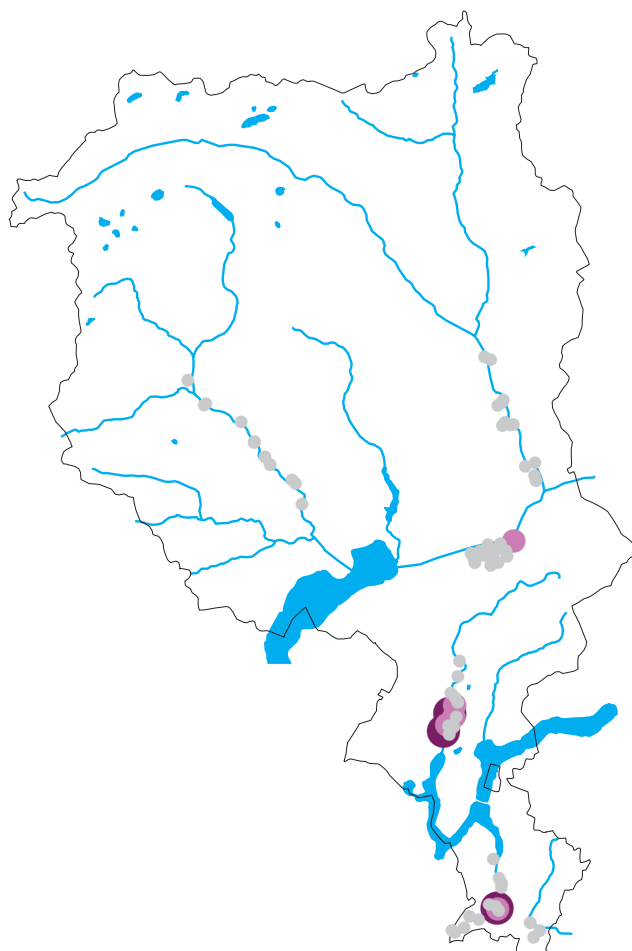
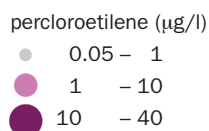
Le acque sotterranee costituiscono la principale fonte di approvvigionamento di acqua: meno di un centinaio di pozzi di captazione, raffigurati nella figura 2.20, forniscono ca. il 60% dell'acqua potabile distribuita alla popolazione (quasi 1800 sorgenti forniscono i rimanenti 40%). Al fine della loro protezione vengono definite delle cosiddette zone, dei settori e delle aree di protezione, all'interno dei quali esistono delle restrizioni riguardo alla loro gestione e all'utilizzo del suolo.

La figura 2.20 mostra anche i settori e le zone di protezione e le sorgenti. I settori di protezione Au mirano a proteggere le falde laddove è presente dell'acqua in quantità significative, utili per lo sfruttamento, limitando gli impianti che vi possono essere costruiti. I settori di protezione sono ubicati nei fondovalle e sono di conseguenza maggiormente esposti ai pericoli provenienti dagli insediamenti urbani, dalle attività produttive e dal traffico. In alcune zone del Cantone esiste un'incompatibilità tra insediamenti industriali e artigianali che usano sostanze pericolose per l'ambiente o rifiuti speciali e i settori di protezione delle acque. I settori di protezione Ao comprendono invece le acque superficiali e la loro zona ripariale, nella misura in cui quest'ultima è necessaria per garantire un'utilizzazione particolare. Nelle zone di protezione, per contro, le limitazioni mirano a evitare che degli inquinanti possano raggiungere captazioni o sorgenti esistenti e sono quindi più restrittive per quanto riguarda il tipo di utilizzo dei fondi ammessi. Queste zone, suddivise in 3 livelli di protezione (S1, S2 e S3 nella figura 2.20), si trovano generalmente a monte delle sorgenti e delle captazioni. La loro estensione dipende, oltre che dalla conformazione del sottosuolo, dalla quantità di acqua prelevata. Le aree di protezione, infine, permettono di «bloccare» a livello pianificatorio delle aree destinate allo sfruttamento futuro per l'acqua potabile. In pratica sono le aree riservate all'alimentazione della falda nei dintorni di possibili captazioni future.

Concentrazioni medie di percloroetilene in µg/l in punti critici della falda nel 2000

Figura 2.21

Le esigenze dell'Ordinanza sulla protezione delle acque per le acque sotterranee utilizzate come acqua potabile è di 1 µg/l, mentre quello ammesso dall'Ordinanza sulle sostanze estranee e sui componenti presenti negli alimenti è di 40 µg/l.



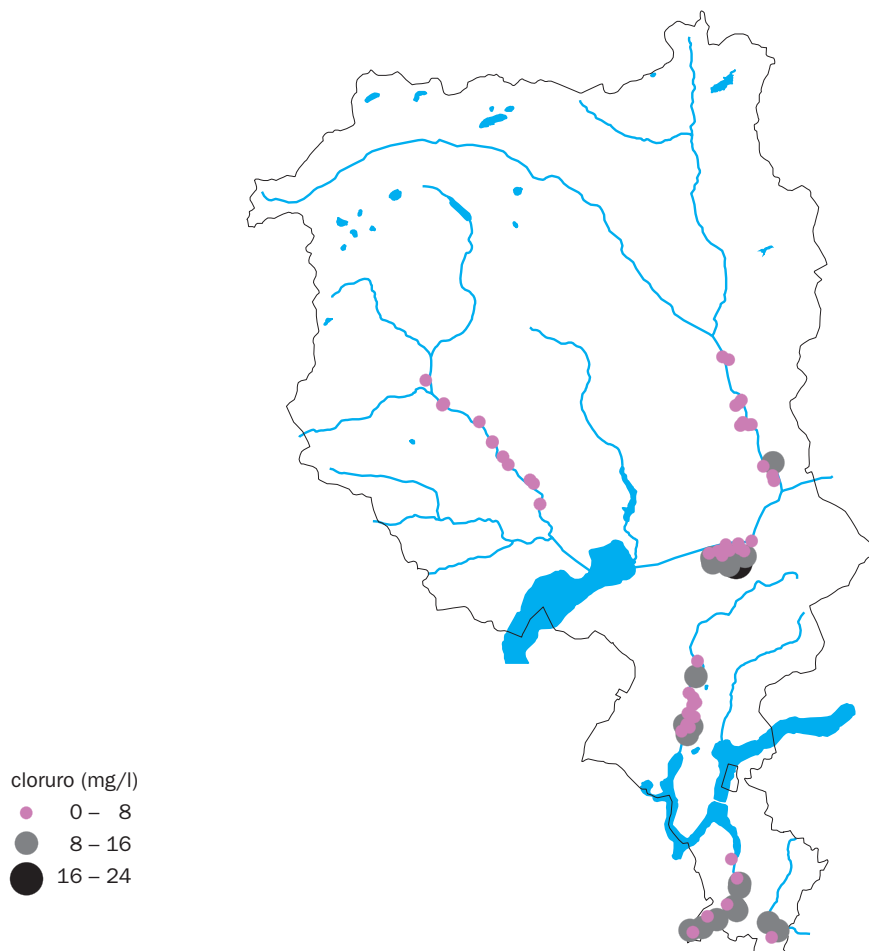
La qualità delle acque delle falde viene controllata di regola una volta all'anno. I prelievi vengono eseguiti dall'Istituto delle Scienze della Terra, mentre la maggior parte delle analisi vengono eseguite dal Laboratorio cantonale. I parametri rilevati sono i principali anioni e cationi, idrocarburi aromatici solubili, idrocarburi clorurati, alcuni metalli pesanti, il pH, la conduttività elettrica, la temperatura e il contenuto batterico, il carbonio organico disciolto (quest'ultimo parametro misurato dal Laboratorio della Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo). Nella falda del Mendrisiotto ci sono 19 punti di prelievo, in quella del Vedeggio 16, in quella di Magadino 13, in quella della Riviera 9 e in quella della Maggia 11. Oltre a questi, si effettuano delle campagne di prelievi volte a controllare eventuali focolai di inquinamenti (> Volume 2, capitolo 11.2.1), oppure finalizzate al controllo delle discariche.

Il bilancio delle analisi effettuate è sostanzialmente positivo. I risultati analitici del 2000 mostrano infatti come la qualità sia compromessa solo localmente in prossimità di zone agricole, delle vecchie discariche reattore, di luoghi di incidenti con idrocarburi e per immissioni industriali di idrocarburi alogenati e aromatici. Alcuni esempi nei quali le concentrazioni massime ammissibili di alcune sostanze sono state localmente superate vengono descritti nei paragrafi seguenti per l'anno 2000.

Concentrazioni medie di cloruro in mg/l nell'acqua di falda, nel 2000

Figura 2.22

Il limite ammesso dalla Legge sulla protezione delle acque è di 40 mg/l.



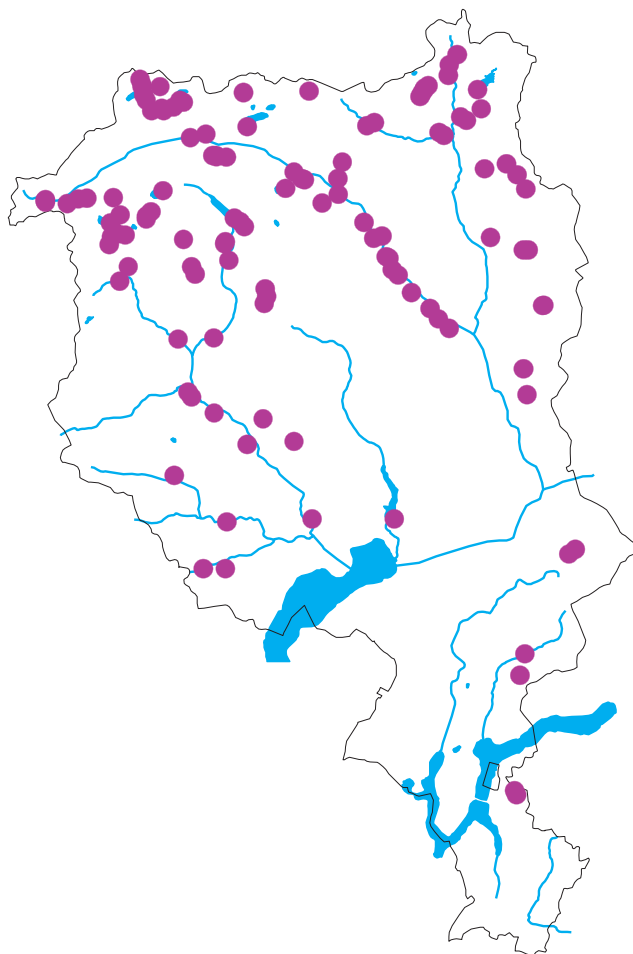
Le concentrazioni di percloroetilene e tricloroetilene (vedi «Inquinanti» a pag. 72), usati in passato come sgrassanti, superano le esigenze per le acque sotterranee e utilizzate come acqua potabile o previste a tale scopo (1 µg/l) in alcuni punti. Nella falda del Vedeggio presso la zona industriale di Bioggio queste esigenze sono state superate in 5 punti (percloroetilene: 15.9, 1.3, 2.5, 5.2, 9.3 µg/l; tricloroetilene: 1.5, 1.1, 3.0 µg/l). Nella falda del Piano di Magadino le stesse esigenze sono state superate in 3 punti nei pressi del vecchio arsenale militare (percloroetilene: 1.6 µg/l; tricloroetilene: 1.6 µg/l). Nella stessa falda anche il limite di tricloroetano è stato superato due volte (4.1, 1.5 µg/l). Confrontando però questi valori con i limiti dell'Ordinanza sulle sostanze estranee e sui componenti presenti negli alimenti (percloroetilene: 40 µg/l; tricloroetilene: 70 µg/l; tricloroetano: 2000 µg/l) constatiamo che non vi sono problemi di potabilità.

A Coldrerio nella falda del Mendrisiotto le esigenze dell'OPAC sono superate in 2 punti nei pressi di un vecchio garage che un tempo scaricava le acque di scarico in un pozzo perdente (percloroetilene: 28.2, 8.0 µg/l; tricloroetilene: 2.5 µg/l) (> pag. 340).

La Figura 2.21 illustra le ubicazioni ove sono state misurate concentrazioni di percloroetilene significative o superiori ai limiti di legge.

Anche i solfati e l'arsenico mostrano localmente delle concentrazioni più elevate. A differenza dei casi menzionati prima questi superamenti sono però dovuti a fonti naturali. Si nota infatti per i solfati che la media dei valori misurati è più alta nelle falde del Mendrisiotto (32.7 mg/l), del Vedeggio (17.8 mg/l), del Piano di Magadino (26.0 mg/l) e della Riviera (32.5 mg/l) e più bassa nella falda della Maggia (8.0 mg/l) dove prevalgono rocce cristalline povere di solfati. Per quanto riguarda l'arsenico concentrazioni che superano il limite previsto

Punti di prelievo
di acqua delle centrali
idroelettriche
Figura 2.23



dall'Ordinanza sulle sostanze estranee e sui componenti presenti negli alimenti (50 µg/l) sono stati riscontrati nella zona di Astano (69 e 75 µg/l) e di Barbengo (211 µg/l). Bisogna però qui distinguere tra i due stati di ossidazione As(III) e As(V), fra cui l'As(III) è 50-60 volte più tossico. Ad Astano le concentrazioni di As(III) sono inferiori a 1 µg/l, mentre a Barbengo sono 135 µg/l e quindi molto alte, ma si riducono a valori inferiori a 1 µg/l dopo il trattamento dell'acqua potabile.

Infine è interessante notare come le concentrazioni di altri parametri mostrano una variabilità spaziale che rispecchia la presenza dell'impatto umano, seppur con valori inferiori ai limiti legali. La figura 2.22 mostra per esempio le concentrazioni di cloruro nell'acqua delle falde. Nelle zone con insediamenti umani (Bellinzonese, Luganese e Mendrisiotto) si riscontrano infatti concentrazioni più elevate rispetto alle valli meno popolate, come, ad esempio, la Valle Maggia.

Riassumendo questo capitolo si può dire che in generale le acque sotterranee sono in buono stato e non vi sono pericoli per le captazioni d'acqua potabile.

Deflussi minimi

I problemi idrologici dei corsi d'acqua si concentrano soprattutto nel Sopraceneri, dove la produzione di energia idroelettrica ne ha cambiato notevolmente il regime idrico. In Ticino sono stati inventariati 118 punti di prelievo d'acqua (figura 2.23) ad uso idroelettrico, solo 4 dei quali situati nel Sottoceneri.

Si stima che le centrali idroelettriche sfruttano circa l'85% della portata media annua naturale dei corsi d'acqua. La ripartizione di tale influenza è illustrata nella figura 2.24 che mette in risalto come la maggioranza assoluta dei prelievi provochi un'influenza maggiore del 70%. Un rapporto fatto allestire dalla Confederazione (Akeret 1982) indica come «sensibile» un'influenza della portata media annua già a partire dal 20%.

Considerato che la maggioranza delle opere di presa costruite sul nostro territorio sono state progettate per captare la totalità della portata media affluente, i prelievi hanno in primo luogo un impatto diretto sul corso d'acqua (spesso un affluente laterale) lungo il quale sono ubicati. A valle della presa l'alveo risulterà di fatto asciutto in assenza di eventi idrologici importanti. Va peraltro rilevato che l'insieme dei prelievi (e dei bacini di accumulazione) presenti all'interno del bacino imbrifero determinano un influsso congiunto sulle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua principale della valle.

Nel caso del Brenno, disponiamo di una serie centennale di misure effettuate dalla stazione limnografica federale di Loderio (figura 2.25). L'andamento delle portate medie mostra con eloquenza la drastica e repentina diminuzione delle stesse in concomitanza con la costruzione e la messa in esercizio degli impianti idroelettrici delle OFIBLE (scaglionata sugli anni 1959-1963). La portata media annua passa da 18 m³/s nel periodo naturale a 5 m³/s nel periodo seguente la costruzione degli impianti (un quarto della portata originale).

2.5.2

v Fiume Maggia prima...

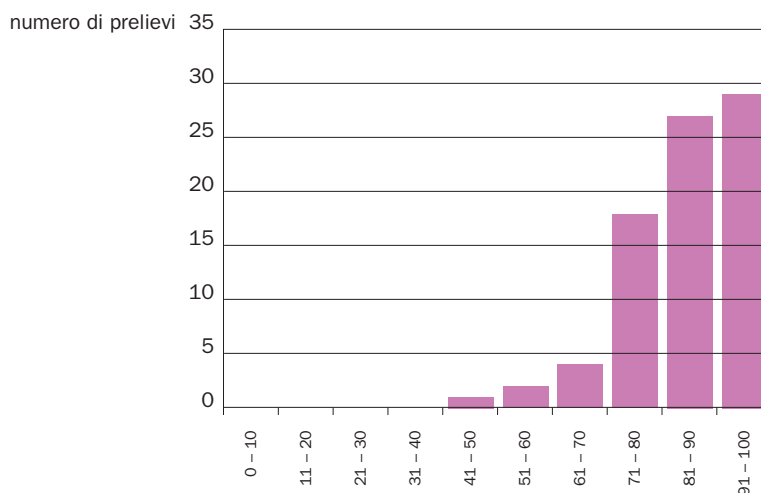


...e dopo la presa di Bignasco



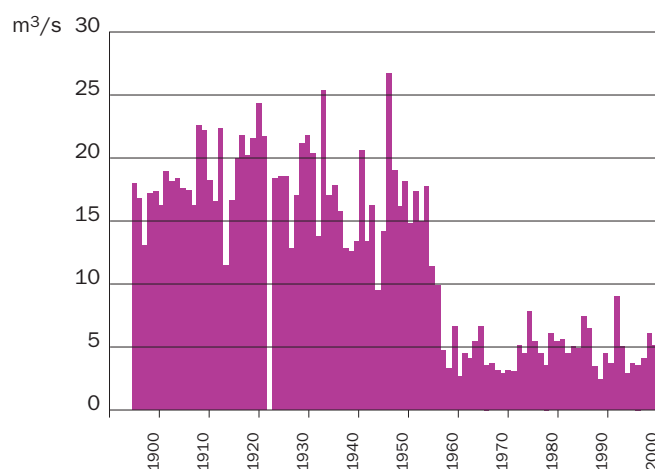
Foto: SPAAS

Classi d'influenza
dei prelievi d'acqua
Figura 2.24



Brenno a Loderio
Figura 2.25

Portate medie in m³/s.



L'influenza dei prelievi d'acqua sui deflussi minimi lungo il Fiume Ticino è ben visibile fino a Personico, dove vengono restituite le acque sfruttate dall'ultimo impianto idroelettrico nel bacino imbrifero (centrale Nuova Biaschina dell'AET). Per il Brenno e il fiume Maggia (compresi gli affluenti dell'Isorno e della Melezza) l'influenza riguarda l'intera asta fluviale poiché le restituzioni da parte delle centrali si situano direttamente nel fiume Ticino a Biasca (Centrale OFIBLE), rispettivamente nel lago Verbano (Centrale OFIMA). Il Brenno e la Maggia sono pertanto dei corsi d'acqua caratterizzati interamente da un deflusso residuale.

Nel 1982 il Parlamento ha accettato una serie di Decreti legislativi volti a garantire un deflusso minimo a valle dei principali prelievi d'acqua, in particolare sul corso dei fiumi Ticino, Maggia e Brenno. Altri deflussi minimi sono stati imposti alle aziende concessionarie in occasione del rinnovo o del rilascio di nuove concessioni per l'utilizzazione delle acque a scopo idroelettrico. Attualmente sono 30 i punti lungo i corsi d'acqua soggetti a prelievo dove viene garantito un deflusso minimo (tabella 2.4).

Stato morfologico dei corsi d'acqua

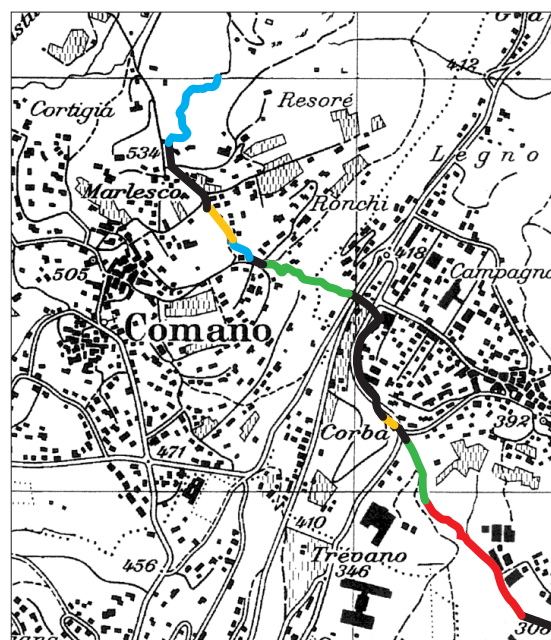
Una valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua è tema di un progetto iniziato nel 2000. Ancora non si ha una descrizione della situazione in dettaglio, ma le prime valutazioni indicano che i corsi d'acqua morfologicamente più compromessi si trovano nel Mendrisiotto, nel Luganese e tra il Locarnese e il Bellinzonese, in pratica nelle zone caratterizzate da insediamenti umani. Al momento un gruppo di lavoro si sta occupando del rilevamento dello stato morfologico dei corsi d'acqua. In quest'ambito i parametri che si rilevano sono la presenza o meno di tratti intubati, la larghezza media dell'alveo, la variabilità della superficie bagnata dell'alveo, il materiale che costituisce l'alveo, il tipo di vegetazione ripariale (naturale, artificiale), la presenza di macrofite e legno morto e la presenza di costruzioni come ponti, sbarramenti, briglie... La somma dei parametri rilevati permette di valutare lo stato ecomorfologico di un corso d'acqua. Si distinguono 5 classi:

- classe 1: naturale, vicino allo stato naturale
- classe 2: minimamente modificato
- classe 3: fortemente modificato
- classe 4: artificiale, poco naturale
- classe 5: intubato

Questo lavoro permetterà di individuare le situazioni più problematiche e sarà di conseguenza utile per individuare i luoghi dove sarebbe sensato e possibile un intervento di rivitalizzazione. La figura 2.26 mostra il risultato di un rilevamento ecomorfologico.

Esempio della valutazione dello stato ecomorfologico di un corso d'acqua (torrente «località Corba» a Comano)

Figura 2.26



© PK25 Swissstopo – DV503

Finora gli interventi di rivitalizzazione si sono limitati quasi soltanto a tratti di corsi d'acqua dove erano comunque richiesti interventi di manutenzione per migliorare la sicurezza idraulica. Un'eccezione è stata la rivitalizzazione con tecniche di ingegneria naturalistica su un tratto del Laveggio avvenuto grazie ad un'iniziativa partita dal «Gruppo di rinaturazione del Mendrisiotto» (Figura 2.27). A partire dall'anno 2002 verrà creato un apposito Fondo per facilitare la realizzazione di interventi di rivitalizzazione sui corsi d'acqua ticinesi.

Punti di prelievo
dove viene garantito
un deflusso minimo

Tabella 2.4

	Corso d'acqua	Azienda	Deflusso minimo
1	Bavona a San Carlo	OFIMA	50-100 l/s dalla presa
2	Maggia a Cambleo	OFIMA	50-100 l/s dalla presa
3	Maggia a Brontallo	OFIMA	300 l/s dalla presa
4	Maggia a Bignasco	OFIMA	1200-1800 l/s a Bignasco
5	Isorno a Mosogno	OFIMA	200 l/s dalla presa
6	Melezza a Palagnedra	OFIMA	300 l/s dalla presa
7	Brenno a Acquacalda	OFIBLE	30-50 l/s dalla presa
8	Brenno a Sommascona	OFIBLE	50-100-150 l/s dalla presa
9	Brenno a Sosto	OFIBLE	100-200-300 l/s dalla presa
10	Rasoira (Orino)	OFIBLE	0-50 l/s dalla presa
11	Nala (Valle d'Osogna)	OFIBLE	0-50 l/s dalla presa
12	Ticino a Airolo	AET	350-650 l/s dalla presa
13	Ticino a Rodi	AET	300-500 l/s dalla presa
14	Ticino a Lavorgo	AET	100 l/s dalla presa
15	Piumogna	AET	15-1000 l/s dalla presa
16	Salto a Maggia	SES	0-80 l/s al piede della cascata
17	Riale di Giumaglio	SES	0-40 l/s al piede della cascata
18	Ticinetto a Chironico	SES	130 l/s dalla presa
19	Maggia a Ponte Brolla	SES	200 l/s sotto il vecchio ponte FFS
20	Verzasca a Tenero	Verzasca SA	1000 l/s dalla centrale
21	Calcaccia	AECA	40 l/s al piede della cascata
22	Riale di Nante	AECA	deflusso continuo alla confluenza col Ticino
23	Riale Ceresa a Faido	CEF	30 l/s alla confluenza col Ticino
24	Piumogna a Dalpe	CEL-Dalpe	190-300 l/s dalla presa
25	Torrente Camana	Hdroelectra SA	30 l/s dalla presa
26	Morobbia a Giubiasaco	AECB	50 l/s dalla centrale
27	Cassarate a Curtina	AECM	10-15-30 l/s dalla presa
28	Torrente Bello	AECM	50 l/s nei giorni di forte precipitazione, quando la presa sul Cassarate viene chiusa
29	Sorgente Cà del Ferée a Arogno	AIL	Secondo esigenze particolari (Convenzione tra l'azienda e il Comune)

Tratto del Laveggio
prima (sopra, nel 1994)
e dopo l'intervento
di rivitalizzazione
(sotto, nel 1997)
Figura 2.27

Fonte: SPAAS

