

l'acqua e i suoi nemici

Agenti e fonti di inquinamento

Luca Colombo, Eros Crivelli, Sandra Steingruber

1. Introduzione

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. Le attività umane influiscono anche sulla qualità delle acque indirettamente, per esempio compromettendo la qualità dell'aria e quindi delle precipitazioni che finiscono nelle acque superficiali e sotterranee o degradando il suolo e quindi influenzando la qualità delle acque sotterranee. In questi casi si cerca di intervenire sulle acque per ridurre il livello del disturbo. Nei prossimi paragrafi verranno discussi i principali tipi d'inquinamento (inorganici, organici, microbiologici) e le maggiori fonti che le generano (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.

2. Inquinanti

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, ammo-



foto Ti-press / Davide Agosta

nio, nitrito), dal fosforo e da altre sostanze inquinanti come ad esempio i cianuri.

Gli inquinanti possono arrivare direttamente nelle acque superficiali tramite le acque di scarico, le deposizioni atmosferiche, il dilavamento della 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 mobilizzazione di sostanze da terreni inquinati. La mobilità delle sostanze nel terreno è determinata dalle condizioni chimiche e fisiche del suolo.

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. Tra queste figurano 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 A mostra le conseguenze dell'immissione di acque fognarie nel laghetto di Muzzano.

Fra le sostanze organiche più temibili, specialmente per le acque sotterranee, sono da annoverare i solventi clorurati. Se immessi nel

«Ogni anno le richieste d'intervento in caso d'inquinamento sono circa 250.»

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 (v. fig. B). Attraverso il flusso della falda il solvente viene lentamente desorbito, disciolto e trasportato a valle. Questo processo può durare per lunghi periodi ed è carico di conseguenze per captazioni che si trovano a valle. Secondo l'Ordinanza sulle sostanze estranee e sui componenti presenti negli alimenti, il limite di tolleranza dei solventi è di soli 8 microgrammi al litro. Ciò significa che 100 chilogrammi di questi solventi bastano per inquinare 10 milioni di metri cubi 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).

Diverso è il comportamento degli idrocarburi poco solubili e più leggeri dell'acqua. Nella figura B 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,...

3. 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 metri cubi di terreno hanno dovuto essere rimossi ed eliminati come rifiuto speciale per evitare un inquinamento della falda freatica.



La moria di pesci nel laghetto di Muzzano del 1967 è avvenuta a causa della liberazione di gas (metano, anidride carbonica, acido solfidrico) formatosi sui fondali in seguito alla fermentazione di sostanze organiche immesse con le acque fognarie (foto: A.Toroni).

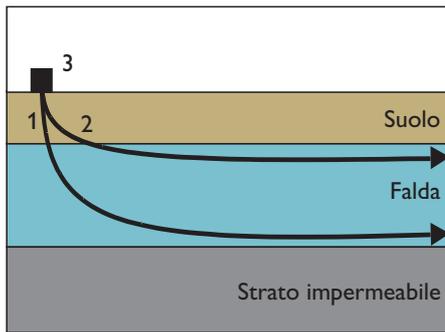
Anche l'artigianato può essere all'origine di inquinamenti. Ad esempio l'inquinamento dei pozzi di captazione scoperto nel 1990 a Bellinzona era stato causato dall'impropria eliminazione di solventi clorurati (percloroetilene) in una lavanderia chimica.

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 pervenute ai pompieri in caso d'inquinamento sono circa 250.

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 costituiscono 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.

B Percorsi di migrazioni di contaminati nell'acqua di falda



Solventi clorurati (1) e idrocarburi più leggeri (2) provenienti da una fonte d'inquinamento (3) dopo infiltrazione nel terreno.

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.

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 federale 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.

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 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 e il composto. 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 tonnellate all'anno in CH) è all'origine del crescente tenore di nitrati nelle captazioni di acqua svizzere: 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.

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 i limiti di tolleranza erano stati superati.



«Nell'agricoltura sono i fertilizzanti e i prodotti fitosanitari a minacciare le acque.»

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 molto laghetti alpini è dovuta alle deposizioni atmosferiche.

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 costitui-

to 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 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 immesse 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.



I principali autori dei contributi della Sezione protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo:

da sinistra in alto: Stefano Pozzi, Marco Andretta, Gabriele Mossi, Germano Righetti, Alberto Barbieri
in basso: Luca Colombo, Mario Camani, Sandra Steingruber, Patrizia Baroni, Eros Crivelli



foto T. Potelli

Un esempio di un corso d'acqua morfologicamente compromesso.

4. 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 metro). Questa situazione si ripercuote in parte sulle acque sotterranee, sulla diversità del paesaggio e delle specie acquatiche.

5. 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 (v. fig. C). Accanto agli effetti positivi desiderati, questi interventi hanno però avuto anche effetti negativi, soprattutto

dal punto di vista naturalistico:

- 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 ripuale (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 ripuale 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. ■

Bibliografia

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Einfluss von Abwassereleitungen aus Kläranlagen auf Fischbestände und Bachforelleneier. Vollzug Umwelt. Bern, Mitteilungen zur Fischerei 61, 1999.

Mosello R. et al.: Nitrogen budget of Lago Maggiore. The relative importance of atmospheric deposition and catchment sources. J. Limnol. 60(1), p. 27-40, 2001.