

## INTRODUZIONE

Nel nostro pianeta, l'acqua è l'elemento vitale per eccellenza; nessun organismo può svilupparsi senza di essa. Nel corso del tempo questa risorsa (considerata illimitata ancora nel secolo scorso) è divenuta sempre più preziosa. In alcune zone del pianeta è alla base di conflitti più o meno latenti; in altre, come nel nostro Paese, di confronto serrato. Nel nostro contesto territoriale ci si pone – già ora – un problema di limitatezza della risorsa, anche se circoscritto ai mesi estivi. Al di là dei problemi di quantità, è sempre più pregnante la questione della qualità della risorsa acqua; in funzione dei bisogni collettivi ed individuali delle Comunità che gravitano sul corso d'acqua.

Sotto questo profilo appare opportuno inquadrare il problema attraverso due aspetti:

a – l'adozione di riferimenti attraverso i quali definire la qualità dell'acqua.

Chiamiamo questi riferimenti *alterazioni, criteri o indicatori*, ovvero esplicitazioni di *parametri* che possono sintetizzare la natura o gli effetti di certi fenomeni.

b – l'incidenza delle alterazioni sugli equilibri naturali degli ecosistemi e sulle tipologie di impiego della risorsa da parte dell'uomo. Questa valutazione circa l'impatto in ambito ecologico e sull'attitudine dell'acqua ad essere impiegata per usi antropici, dovrebbero costituire una base di conoscenza per contribuire ai tavoli di discussione attivati dalle Comunità locali nel contesto dei processi di **AGENDA 21**.

## COSTITUZIONE CHIMICA DELLE ACQUE

**Livia Vittori Antisari\***

Lo stato di qualità dei corpi idrici può essere valutato in base sia alla specifica destinazione d'uso (acque destinate all'uso potabile, acque di balneazione, acque irrigue, acque destinate alla vita di pesci e molluschi) sia allo stato ecologico, legato alla loro naturale capacità di autodepurarsi e di essere di sostegno a comunità animali e vegetali ampie e diversificate. Tutte le acque, sia superficiali che sotterranee, hanno una certa capacità di reagire all'immissione diretta ed indiretta di carichi inquinanti, comprende una complessa serie di meccanismi di tipo fisico (sedimentazione, diluizione, adsorbimento), chimico (reazioni di precipitazione, ossidoriduzione, idrolisi) e biologico (degradazione batterica, ingestione da parte di organismi acquatici), volti a riportare l'acqua allo stato originario.

Lo sviluppo sostenibile consiste, infatti, nello sfruttamento della risorsa in modo tale che non si esaurisca totalmente.

A tale scopo la tutela della risorsa avviene attraverso il controllo del rispetto delle norme, non fini a se stesse, ma che permetta la comprensione delle cause di degrado di un ambiente attraverso la raccolta di dati periodici e costanti per permettere la maggiore comprensione delle dinamiche ambientali; la strategia è quella della prevenzione del danno irreversibile che può essere apportato alla risorsa. Le acque dolci sia sotterranee sia superficiali mostrano variazioni di composizione chimica estremamente grandi, in quanto la loro composizione chimica dipende da molti fattori: I) dalle caratteristiche delle precipitazioni meteoriche II) dalle interazioni tra le acque e le fasi mineralogiche costituenti le rocce che ospitano gli acquiferi o su cui scorrono le acque superficiali III) dal mescolamento delle acque con acquiferi più antichi IV) dall'attività antropica.

### Costituenti chimici delle precipitazioni atmosferiche

Contrariamente a quanto si possa pensare, la pioggia (che è la più comune fonte di alimentazione delle falde idriche) non è per niente simile all'acqua distillata; infatti le acque piovane possono contenere sostanze chimiche derivanti da: eruzioni vulcaniche, emissioni di gas e sublimazioni di solidi dalla crosta terrestre, polveri e altri solidi portati nell'atmosfera dal vento, spray marini, gas e altri prodotti metabo-

lici introdotti nell'atmosfera dagli organismi viventi, reazioni causate da fulmini e dai raggi cosmici, inquinamento antropico. La pioggia può dunque contenere svariate sostanze e ioni, tra cui calcio, magnesio, potassio, sodio, bicarbonato, cloro, solfati, composti azotati (ammoniaca, nitriti e nitrati), fosfati, cadmio, rame, ferro, piombo, nickel e zinco.

### L'effetto del suolo e degli acquiferi

*“tales aquae qualis terra per quam fluunt”* Plinio il Vecchio sottolineava la correlazione tra le caratteristiche delle rocce e la costituzione chimica delle acque. Infatti, la costituzione e la concentrazione delle sostanze disciolte

nelle acque può essere ricondotta ad un problema di equilibrio chimico di dissoluzione; un equilibrio degli elementi dettato dalla fase solida, da una parte e la fase fluida dall'altra. I minerali, contenuti nelle rocce, si comportano molto

diversamente a contatto con le acque, a seconda che si tratti di minerali solubili tal quali, o di minerali che possono liberare degli ioni solo a seguito di reazioni di alterazione. Questi ultimi processi possono essere lenti e complessi se le rocce contengono silicati.

Il monitoraggio delle acque si avvale di strumenti facilmente fruibili quali gli indicatori e gli indici che descrivono diversi aspetti dei sistemi sia di origine antropica sia ambientale naturale.

L'indicatore viene definito come un parametro o un valore derivato da più parametri, che indica/fornisce informazioni quindi è in grado di descrivere lo stato di un fenomeno, di un ambito, di un'area. L'indicatore dovrebbe essere uno strumento sintetico e nello stesso tempo efficace per fornire una descrizione del fenomeno il più accurata possibile.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente ha definito un modello per mettere in relazione tra loro le diverse classi di indicatori. Le classi si suddividono in **Cause Generatrici Primarie** (rappresentano le attività antropiche dall'agricoltura, all'industria) che producono **Pressioni** (scarichi di corpi idrici, produzione di rifiuti) che determinano cambiamenti nello **Stato dell'ambiente** (sulla sua qualità o biodiversità di alcuni ecosistemi) proprio da tali modificazioni dell'ambiente è possibile risalire agli **Impatti** sugli ecosistemi stessi, e quindi anche sulla salute. Gli indicatori di **Risposta** consistono in normative e piani di intervento atti a ripristinare le condizioni di sostenibilità delle pressioni sull'ambiente, al fine di salvaguardare le risorse senza danneggiarle in modo irreversibile.

Tra questi indici e indicatori quelli di stato descrivono la qualità dell'ambiente, quindi lo stato di salute in cui si trovano gli ecosistemi come laghi o fiumi.

Tali indici ed indicatori di stato sono stati tutti sperimentati ed alcuni ufficializzati in quanto previsti dal DI 152/99 che si riferisce proprio alla qualità delle acque.

Indici e indicatori di stato, definiti anche come macrodescrittori; i macrodescrittori (ossigeno disciolto, BOD5, COD, ione ammonio, nitrati, fosforo totale, ortofosfato e *Escherichia coli*) entrano, insieme ad altri indici biologici, nella formula per il calcolo dell'indice sintetico SECA, che rappresenta lo stato ecologico dei corsi d'acqua.

## INDICATORI DI STATO

**Temperatura.** Influenza diversi equilibri all'interno dell'ecosistema fluviale. La solubilità dei gas dipende dalla temperatura dell'acqua; l'ossigeno molecolare, il gas disciolto di primaria importanza per la vita acquatica, è maggiormente solubile in acque fredde. Un'alterazione della temperatura, imputabile, ad esempio, allo scarico di acque di raffreddamento, produrrà una diminuzione della solubilità dell'ossigeno, con gravi conseguenze sulla catena trofica. In aggiunta ad eventuali fenomeni di riscaldamento di origine antropica, si verificano variazioni naturali di temperatura dovute all'alternarsi del giorno e della notte e delle stagioni. Altri effetti legati alle variazioni di temperatura sono, a titolo di esempio, l'influenza sull'attività batterica di degradazione delle sostanze organiche, che generalmente ha un *optimum* a 35°C, la solubilità di composti organici volatili che diminuisce al crescere della temperatura, e l'attività tossica di alcu-

ne sostanze che si esplica in misura maggiore a temperature più elevate.

**Conducibilità elettrica.** Misura la concentrazione di specie ioniche, e, quindi, della salinità. E' influenzata dagli equilibri di dissoluzione delle rocce e dalla degradazione di materiale organico. Notevoli alterazioni possono derivare dagli scarichi civili ed industriali e dal dilavamento dei suoli agricoli ad opera delle precipitazioni (un caso tipico è l'aumento della concentrazione di nitrati legata al loro utilizzo come fertilizzanti in agricoltura).

**\*Ossigeno disciolto.** Tutte le acque superficiali, in condizioni normali, contengono una certa quantità di ossigeno disciolto. La solubilità dell'ossigeno in acqua dipende dalla temperatura, dalla concentrazione salina dell'acqua e dalla pressione atmosferica. E' importante anche la portata idraulica, la velocità della corrente e la presenza di sostanze inquinanti come tensioattivi, oli e solidi sospesi che riducono gli scambi con l'atmosfera. La quantità di ossigeno disciolto nelle acque superficiali è inoltre legata alla qualità e alla concentrazione delle sostanze organiche presenti, all'attività batterica e fotosintetica.

Quando un corpo idrico riceve scarichi di natura organica di origine civile, zootecnica o industriale, l'ossigeno viene utilizzato nei processi di ossidazione biologica delle sostanze organiche inquinanti, fino a scomparire. In condizioni anossiche si hanno fenomeni fermentativi ad opera di batteri anaerobi, con produzione di ammoniaca ed acido solfidrico.

Nel periodo estivo, quando si ha un notevole sviluppo algale (eutrofizzazione), si può avere un aumento dell'ossigeno disciolto durante le ore diurne, in seguito all'attività fotosintetica delle alghe ed una sua diminuzione durante le ore notturne, quando sono attivi solamente i meccanismi della respirazione, con consumo di ossigeno e produzione di anidride carbonica. L'ossigeno disciolto, oltre ad essere alla base della vita animale e vegetale, è il solo significativo ossidante presente in un'acqua superficiale. Può essere espresso sia in termini di concentrazione che di percentuale di saturazione, riferendo la concentrazione attuale alla concentrazione di saturazione in quelle condizioni di temperatura. Per alcuni autori, i pesci non tollerano concentrazioni inferiori ai 5 mg L<sup>-1</sup>.

**\*Azoto ammoniacale.** Valuta la concentrazione dello ione ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg L<sup>-1</sup>) nelle acque. L'azoto con numero di ossidazione -3 viene assorbito dal fitoplancton. E' un indicatore di inquinamento delle acque sia agricolo che industriale-civile, la sua immissione provoca la diminuzione della quantità di ossigeno disciolto nell'acqua. L'azoto ammoniacale deriva dalla degradazione di composti organici azotati. Esso viene perciò considerato indice di inquinamento recente di origine civile. In corsi d'acqua ben ossigenati l'azoto ammoniacale risulta assente o presente in tracce poiché viene ossidato velocemente ad azoto nitrico. Le fonti principali sono rappresentate da scarichi fognari, allevamenti zootecnici e reflui delle industrie alimentari e chimiche.

**\*Azoto nitrico.** Rivela la concentrazione di nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg L<sup>-1</sup>) che sono a disposizione del fitoplancton. Quando si verificano fenomeni di anossia entra nella catena respiratoria

di microrganismi anaerobi. I nitrati si formano dalla completa ossidazione dell'azoto ammoniacale ad opera della flora batterica presente nelle acque, attraverso un prodotto intermedio costituito dai nitriti ( $\text{NO}_2$ ). La presenza di nitrati nelle acque è dovuta agli scarichi urbani, agli allevamenti zootecnici, alle acque provenienti dal dilavamento dei terreni trattati con fertilizzanti ed agli scarichi industriali.

Una elevata concentrazione di nitrati, associata alla presenza abbondante di fosfati, e in condizioni favorevoli di temperatura, determina il fenomeno della eutrofizzazione.

La presenza di composti azotati in forma organica ed inorganica, in assenza di inquinamento di varia origine, dipende dalla degradazione della materia organica. I composti azotati possono presentarsi nei diversi stati di ossidazione per azione dei microrganismi in presenza di quantità maggiori o minori di ossigeno; l'ammoniaca e lo ione ammonio vengono ossidati a nitriti e nitrati in ambiente aerobico, mentre in condizioni anaerobiche si verifica il processo di denitrificazione biologica, con riduzione ad azoto molecolare dei due composti ossigenati. L'ammoniaca esplica un'azione tossica diretta sulla fauna ittica mentre sono ormai riconosciuti gli effetti cancerogeni dei nitriti. Un inquinamento da nitrati delle acque superficiali può essere dovuto a causa del dilavamento dei terreni agricoli fertilizzati con concimi azotati ad opera delle precipitazioni atmosferiche. I nitrati costituiscono anche un nutriente primario per le alghe ed in alcuni casi, diventandone il nutriente limitante, possono innescare il processo di eutrofizzazione.

**\*BOD5 (Biochemical Oxygen Demand).** Esprime la quantità di ossigeno ( $\text{mg L}^{-1}$ ) necessaria per l'ossidazione biochimica delle sostanze contenute nell'acqua. La sua determinazione tende a riprodurre le condizioni che si possono verificare nei corpi idrici. Infatti la richiesta di ossigeno è dovuta generalmente a tre classi di sostanze i) composti organici, che vengono utilizzati dai microrganismi (crescita, respirazione, riproduzione) ii) composti ossidabili dell'azoto (ione ammonio) utilizzati come fonte energetica da microrganismi specifici come *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* iii) sostanze inorganiche (es.  $\text{Fe}^{2+}$ , solfuri, solfiti) che vengono facilmente ossidati dall'ossigeno presente nelle acque. Le prime due classi utilizzano l'ossigeno con meccanismi biochimici, l'ultima con meccanismi chimici.

**\*COD (Chemical Oxygen Demand).** Misura la richiesta ( $\text{mg L}^{-1}$ ) chimica di ossigeno consumato per l'ossidazione delle sostanze organiche ed inorganiche in un campione d'acqua; fornisce quindi, un'indicazione del contenuto totale delle sostanze organiche ed inorganiche ossidabili e di conseguenza di una possibile pressione antropica. Il COD corrisponde alla concentrazione di ossigeno necessaria per ossidare le sostanze organiche ed inorganiche presenti nell'acqua. E' un parametro fondamentale nel controllo di qualità di un corso d'acqua, poiché è una misura del grado di inquinamento sia di tipo civile che industriale.

PARAMETRO	LIVELLO 1	LIVELLO 2	LIVELLO 3	LIVELLO 4	LIVELLO 5
Ossigeno disciolto	$\leq 10$	$\leq 20$	$\leq 30$	$\leq 50$	$> 50$
BOD5	$< 2,5$	$\leq 4$	$\leq 8$	$\leq 15$	$> 15$
COD	$< 5$	$\leq 10$	$\leq 15$	$\leq 25$	$> 25$
Azoto ammoniacale	$< 0,03$	$\leq 0,10$	$\leq 0,50$	$\leq 1,50$	$> 1,50$
Azoto nitrico	$< 0,3$	$\leq 1,5$	$\leq 5,0$	$\leq 10,0$	$> 10,0$
Escherichia coli	$< 100$	$\leq 1000$	$\leq 5000$	$\leq 20000$	$> 20000$
Punteggio	80	40	20	10	5
LIM	480-560	240-475	120-235	60-115	$< 60$
Giudizio	Ottimo	Buono	Sufficiente	Scarso	Pessimo
Colore attribuito	Blu	Verde	Giallo	Arancio	Rosso
Allegato 1 DL 152/99					

**Clorofilla "a".** Rivela la quantità di pigmento fotosintetico e quindi la biomassa algale in superficie e lungo la colonna d'acqua.

**\*Fosforo.** La presenza di fosfati ( $\text{P mg L}^{-1}$ ) nelle acque superficiali è dovuta principalmente agli scarichi urbani (come prodotto del metabolismo umano e come costituente dei detersivi) e agli effluenti zootecnici.

**\*Escherichia coli o coliformi totali.** Rappresentano degli

indicatori di inquinamento fecale (UFC/100mL), poiché sono batteri che vivono normalmente nell'intestino dell'uomo e degli animali. La loro presenza corrisponde ad un pericolo per la salute, poiché c'è la possibilità che siano presenti anche microrganismi patogeni.

**I.B.E. (Indice Biotico Esteso).** Si basa sull'analisi della struttura delle comunità di macroinvertebrati viventi nei corsi d'acqua, valuta la presenza/assenza di alcuni taxa indicandone lo stato qualitativo.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
IBE	$\geq 10-10/9$	8/7-8-8/9-9-9/10	6/5-6-6/7-7-7/8	4/3-4-4/5-5-5/6	1-2-3
LIM	480-560	240-475	120-235	60-115	$< 60$
SECA	Ottimo	Buono	Sufficiente	Scarso	Pessimo
Allegato 1 DL 152/99					

**LIM (Livello di Inquinamento da Macrodescrittori).** Lo scopo dell'indicatore è quello di descrivere la qualità degli ambienti delle acque correnti sulla base di analisi chimico-fisiche e microbiologiche. E' un indice sintetico di inquinamento introdotto dal DL 152/99 e successive modifiche, è rappresentabile in cinque livelli (1=ottimo, 5=pessimo). Il livello di inquinamento da macrodescrittori (LIM) è un valore numerico che viene calcolato sulla base dei risultati delle analisi chimico fisiche sopra elencate (contrassegnate da un asterisco \*) sui campioni di acque prelevati nel corso di un anno. In base al risultato di tale calcolo ad ogni parametro viene attribuito un punteggio come indicato nella tabella seguente.

**Indice SECA (Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua).** Definisce lo stato ecologico dei corsi d'acqua derivante dagli impatti dei principali inquinanti di origine antropica provenienti da scarichi civili, industriali, e zootecnici e da fonti diffuse; vengono prese in considerazione anche le alterazioni fisiche e morfologiche dei corsi d'acqua che si riflettono sulla qualità delle acque, dei sedimenti e del mondo vivente. Questo indice, introdotto dal DL 152/99 e successive modifiche, definisce lo stato ecologico dei corsi d'acqua inteso nella loro complessità degli ecosistemi acquatici e della natura chimica e fisica delle acque nei confronti degli elementi biotici del sistema. Integra i dati ottenuti dalle analisi chimico-fisiche e microbiologiche raggruppate nell'indice LIM con i risultati ottenuti dall'applicazione dell'IBE. L'indice SECA pone l'accento sul fatto che lo stato chimico e biologico, da soli, non sono sufficienti per dare un giudizio di qualità corretta, ma occorre analizzarli entrambi.

I valori dell'indice SECA, ottenuti dall'integrazione di LIM e IBE sono riportati nella tabella seguente.

### **Inquinamento delle acque dolci**

Nel 1968 a Strasburgo, dal Comitato Europeo, viene promulgata la "Carta dell'acqua" per la salvaguardia della natura e delle sue risorse, individuando dodici principi fondamentali:

1. Non c'è vita senza acqua. L'acqua è un bene prezioso, indispensabile a tutte le attività umane.
2. Le risorse di acqua dolce non sono inesauribili. E' indispensabile preservarle, controllarle e, se possibile, accrescerle.
3. Alterare la qualità dell'acqua significa nuocere alla vita dell'uomo e degli altri esseri viventi che da essa dipendono.
4. La qualità dell'acqua deve essere presentata ai livelli adatti alla utilizzazione prevista e deve specialmente soddisfare le esigenze della salute pubblica.
5. Quando l'acqua, dopo essere stata utilizzata, viene restituita al suo ambiente naturale, essa non deve compromettere ulteriori usi, tanto pubblici che privati, dell'ambiente medesimo.
6. Il mantenimento di una copertura vegetale appropriata, di prevalenza forestale, è essenziale per la salvaguardia delle risorse idriche.
7. Le risorse idriche devono essere oggetto di inventario.
8. La buona gestione delle acque deve essere oggetto di un piano stabilità dalle autorità competenti.
9. La salvaguardia delle acque implica un notevole sforzo di ricerca scientifica, di formazione di specialisti e d'informazione pubblica.
10. L'acqua è un patrimonio comune il cui valore deve essere riconosciuto da tutti. Ciascuno, infatti, ha il dovere di economizzarla e di utilizzarla con estrema cura.
11. La gestione delle risorse idriche deve essere inquadrata nel bacino naturale, piuttosto che entro limiti delle frontiere amministrative e politiche.
12. L'acqua non ha frontiere. Essa è una risorsa comune che necessita di una cooperazione internazionale.

L'inquinamento può essere definito come serie di modifiche sfavorevoli all'ambiente naturale di origine prettamente antropica che si manifesta con interventi diretti e indiretti modificando le caratteristiche chimico-fisiche delle acque, i flussi energetici e la biodiversità delle comunità viventi.

**Inquinamento naturale**-modifiche delle qualità dovute a cause naturali insopprimibili, in quanto l'acqua piovana a contatto con il comparto ambientale sia dell'aria sia del suolo porta in soluzione ed in sospensione sostanze che appartengono al mondo naturale. Nell'atmosfera non ci sono solamente inquinanti che derivano da processi naturali come per esempio le eruzioni vulcaniche, infatti la conseguenza più pericolosa dell'inquinamento atmosferico sono le piogge acide, causate dall'effusione di sostanze tossiche, da impianti di combustione, tecnologici e dai gas provenienti dalle autovetture. Poiché l'atmosfera è un aerosol, ossia una dispersione di particelle liquide e solide (fase dispersa) in un mezzo gassoso (fase disperdente), le sostanze che la inquinano sono suddivisi in inquinanti della fase dispersa e della fase disperdente .

**Inquinamento indotto temporaneo**-definito come stato d'inquinamento superiore a quello definito naturale e deriva dall'apporto di inquinanti di varia specie, tra cui figura anche il calore (inquinamento energetico) in quantità non superiori alla capacità di autodepurarsi dell'acqua interessata.

**Inquinamento indotto permanente**- grave stato d'inquinamento che deriva dalla presenza di inquinanti tali, dal punto di vista sia qualitativo sia quantitativo, da inibire la capacità di autodepurazione dell'acqua e da provocare quindi permanente degrado estetico o funzionale del corpo idrico.

Proprio a causa delle sue proprietà solventi, che ne fanno un elemento indispensabile per lo svolgimento della vita, l'acqua difficilmente si mantiene pura: in essa si sciolgono e si disperdono sostanze estranee in quantità e tipologia estremamente variabile. A seconda delle qualità degli inquinanti presenti nell'acqua, il suo riutilizzo può essere più o meno compromesso per gli esseri viventi. Per ovviare a questo problema, nel corso dei millenni si sono sviluppati nella biosfera dei meccanismi di rimozione delle sostanze estranee dell'acqua che ne hanno permesso il riutilizzo indefinito (depurazione naturale o autodepurazione). Tutte le attività umane

sono oggi totalmente basate sull'utilizzo di enormi volumi d'acqua, dai più semplici usi domestici alle tecnologie più avanzate. I meccanismi di depurazione naturale in molti casi non sono più sufficienti.

L'inquinamento delle acque può essere naturale, domestico (liquame delle fogne urbane), agricolo (principalmente dovuto a prodotti chimici utilizzati come pesticidi e concimi prevalentemente azotati), industriale (eliminazione nell'ambiente esterno delle acque residue da lavorazioni industriali). Gli scarichi di fognature civili portano nelle acque soprattutto prodotti del metabolismo umano con relativa carica batterica, inquinanti derivanti da attività domestiche (alimentazione e lavaggio) e rifiuti convogliati dal drenaggio di strade, piazzali e officine. Gli scarichi di effluenti industriali, contenenti residui delle materie prime e dei prodotti intermedi e finali delle lavorazioni, hanno composizione variabile a seconda del tipo d'industria che li fornisce.

Gli effetti dell'inquinamento delle acque si manifestano attraverso la presenza e l'aumento della concentrazione di sostanze tossiche, mancanza di ossigeno, variazioni di pH e temperatura.

Il pH di un'acqua superficiale è determinato dall'insieme di equilibri acido-base che si instaurano tra l'anidride carbonica disciolta, atmosferica e prodotta dalla dissoluzione di materia organica, ed i carbonati derivanti dalla dissoluzione delle rocce calcaree. Il valore di pH che si misura in assenza di inquinamento è compreso tra 6,5 e 8,7. Una variazione di tale valore verso pH acidi o basici porta alla dissoluzione degli allumino-silicati e, quindi, alla solubilizzazione dell'alluminio che riprecipitando forma un film di idrossido gelatinoso sulle branchie, ed è causa di asfissia per i pesci. Come per l'alluminio, il pH è determinante nella disponibilità di altre sostanze che potrebbero rivelarsi nocive e per la fauna e per il possibile uso potabile, ad esempio l'ammoniaca.

## UN SISTEMA DI AUDIT DELLA QUALITÀ FLUVIALE BASATO SU TRE METODICHE

Presso il GeoL@boratorio – sotto un aspetto specificatamente didattico e divulgativo – si è affrontato il problema dello studio della qualità dei corsi d'acqua ponendo l'attenzione a tre aspetti diversi ma intrecciati tra di loro:

- a – la lettura dell'ambito fluviale;
- b – una attenzione alla risposta dei bioindicatori alle alterazioni;
- c – la predisposizione di metodologie e tecniche di analisi della qualità dell'acqua.

Il programma di studio e di sperimentazione, sviluppato passo passo nel trascorso triennio, ha innanzitutto conseguito il risultato di impostare una rete di monitoraggio ambientale stabile. Al tempo stesso ha consentito di ipotizzare un sistema di valutazione della qualità del sistema fluviale con le seguenti caratteristiche specifiche.

1. È applicabile a tutti i tipi di corsi d'acqua dei bacini padani: i risultati sono standardizzabili e comparabili.
2. È suscettibile di sviluppo, di integrazione, senza che sia necessario rimettere in discussione i principi fondanti.
3. È polivalente nell'impiego e capace di dare risposte in funzione di diverse necessità, come l'assunzione di decisioni, la messa a punto di interventi, la diffusione di informazione per interessi diversi.

Se l'immissione delle sostanze inquinanti è eccessiva, si supera la capacità autodepurativa dei corpi idrici, per cui si evidenziano fenomeni quali la eutrofizzazione e/o la contaminazione chimica e microbiologica.

L'eutrofizzazione consiste in una crescita eccessiva di alghe che si verifica quando, in condizioni climatiche favorevoli, tipiche della stagione estiva, sono presenti nelle acque elevate concentrazioni di sostanze nutritive (fosforo, azoto) che consentono la proliferazione algale.

La successiva marcescenza e degradazione della biomassa algale determina un consumo totale dell'ossigeno disciolto nell'acqua (anossia), per cui prevalgono forme microbiche capaci di vivere in condizioni anaerobiche assenza di ossigeno) e capaci di produrre sostanze come l'ammoniaca e l'idrogeno solforato, che hanno un odore sgradevole e sono tossici per tutto l'ecosistema acquatico. La contaminazione chimica delle acque è causata soprattutto da scarichi civili, produttivi non depurati in modo adeguato e da tutte le sostanze, come fitofarmaci e fertilizzanti, che vengono utilizzate in agricoltura.

La contaminazione microbiologica è dovuta essenzialmente allo scarico di reflui civili e zootecnici non depurati. Tali scarichi hanno cariche microbiche molto elevate, fino ad alcuni milioni di microrganismi/ml, ed in essi possono essere presenti anche specie patogene per l'uomo (virus dell'epatite A, salmonella typhi, paratyphi, vibrio cholerae). Se queste acque vengono immesse in un corpo idrico, senza idonea depurazione, si può determinare un grave inquinamento, con rischio di epidemie se il corpo idrico viene utilizzato per l'approvvigionamento idropotabile.

*\*Dipartimento Scienze e Tecnologie Agroambientali,  
Università di Bologna*

4. Il "sistema" è stato messo a punto per finalità scolastiche, ma è suscettibile di produrre diagnosi sintetiche, identificare la natura degli inquinamenti più comuni, valutare le ricadute sull'ambiente e sugli impieghi di natura antropica; si basa su principi scientifici e su metodiche consolidate per pervenire alle proprie determinazioni.
5. È integrato nei curricoli scolastici dei diversi ordini di scuola; con la precisa finalità di concorrere ad *educare alla consapevolezza che le scienze ecologiche/ambientali si occupano della interrelazione esistente tra tutte le forme di vita ed hanno come obiettivo l'armonizzazione della natura, umana e non umana* (Franco Frabboni).
6. Impiega tecnologie facilmente padroneggiabili in ambito scolastico e strumentazione di facile collocazione in un laboratorio scolastico di una scuola superiore (liceo scientifico, istituto tecnico).

La rappresentazione dei risultati è graficamente omogenea; in tutti i protocolli è previsto che i risultati vengano tradotti in una *scala di qualità*. Quest'ultima è suddivisa in 5 classi al fine della rappresentazione cartografica della qualità impiegando una scala grafica a cinque colori: Blu, Verde, Arancio, Giallo e Rosso.

L'architettura generale del *sistema* proposto è qui illustrato.