

# biologia ambientale

# 6

novembre  
dicembre  
1991

BOLLETTINO C.I.S.B.A. anno V n. 23



## SOMMARIO

EDITORIALE	3
DEPURAZIONE	5
Ruolo della fitodepurazione nell'abbattimento dei nutrienti	di F. Egaddi
MODELLISTICA AMBIENTALE	15
Per un modello matematico di inquinamento ambientale in corsi d'acqua	di N. Prati
ATTUALITA'	21
Conservation and preservation	di R.C. Petersen
NATUROPA	23
Una politica di gestione	di F. Roelants du Vivier
ABSTRACTS	26
SEGNALAZIONI	37
Lo zoo di carta	di M. Festanti
PAGINE APERTE	41
Logica fuzzy, più chiara di quanto si creda	di E. Cox & M. Goetz
APPUNTAMENTI	46



# biologia ambientale

Bollettino C.I.S.B.A. n. 6/1991

direttore responsabile  
**Paolo Carta**

## REDAZIONE

**Rossella Azzoni** responsabile di redazione  
**Giuseppe Sansoni** responsabile grafico  
**Roberto Spaggiari** responsabile di segreteria

Hanno collaborato a questo numero:

**Bruno Borghini**  
**Franca Egaddi**  
**Maurizio Festanti**  
**Mirka Galli**  
**Bruno Maiolini**  
**Nando Prati**  
**Piero Sacchetti**  
**Berta Thaler**  
**Paolo Turin**

*Numero chiuso in redazione il 26/11/1991*

Il C.I.S.B.A. - Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale  
- si propone di:

- divenire un punto di riferimento nazionale per la formazione e l'informazione sui temi di biologia ambientale, fornendo agli operatori pubblici uno strumento di documentazione, di aggiornamento e di collegamento con interlocutori qualificati
- favorire il collegamento fra il mondo della ricerca e quello applicativo, promuovendo i rapporti tecnico-scientifici con i Ministeri, il CNR, l'Università ed altri organismi pubblici e privati interessati allo studio ed alla gestione dell'ambiente
- orientare le linee di ricerca degli Istituti Scientifici del Paese e la didattica universitaria, facendo della biologia ambientale un tema di interesse nazionale
- favorire il recepimento dei principi e dei metodi della sorveglianza ecologica nelle normative regionali e nazionale concernenti la tutela ambientale.

Per iscriversi al C.I.S.B.A. o per informazioni scrivere al  
*Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale, cas. post.  
Succursale 1, 42100 Reggio Emilia*  
o telefonare al Segretario: *Roberto Spaggiari: 0522-42941.*

Quote annuali di iscrizione al Centro Italiano Studi di  
Biologia Ambientale: socio ordinario: £ 70.000; socio col-  
laboratore £ 50.000; socio sostenitore £ 600.000.

I soci ricevono il bollettino *Biologia Ambientale* e vengono  
tempestivamente informati sui corsi di formazione e sulle  
altre iniziative del C.I.S.B.A.

Gli articoli originali e altri contributi vanno inviati alla  
Redazione:  
*Rossella Azzoni Gastaldi, via Cola di Rienzo, 26 - 20144  
Milano.*

I dattiloscritti, compreso il materiale illustrativo, saranno  
sottoposti a referee per l'approvazione e non verranno  
restituiti, salvo specifica richiesta dell'Autore all'atto del-  
l'invio del materiale.

Le opinioni espresse dagli Autori negli articoli firmati non  
rispecchiano necessariamente le posizioni del C.I.S.B.A.

---

---

## EDITORIALE

---

---



*Chi è un professionista ?*

*Una persona dotata di una preparazione specifica per svolgere un determinato lavoro, e non un altro. Ciò dovrebbe valere in ogni campo.*

*Eppure in Italia, fino a tempi recenti, non si era pensato all'insegnante come ad un professionista. Una laurea qualsiasi è sempre bastata a chi decideva d'insegnare nelle nostre scuole, e le classi hanno dovuto fare da cavie.*

*La realtà nazionale è ben schematizzabile: dopo un corso triennale (a 17 anni) finora si è potuto entrare come educatori nelle scuole materne; con un anno in più (e un tirocinio molto spesso risibile) nelle elementari come maestri. Ai laureati si è chiesto d'aver studiato le discipline loro assegnate, non di saperle insegnare; assolutamente inesistente nelle nostre medie secondarie e superiori l'obbligo di un tirocinio pratico, più o meno lungo. E non sempre c'è stata neppure la verifica "formale" rappresentata da un esame di abilitazione o di concorso a cattedre.*

*Le nozioni universitarie non fanno l'insegnante per magia: ogni professione, anche quella docente, richiede tecniche precise che devono essere conosciute. Se pure in Italia incontriamo maestri e professori preparati, ciò si deve ai loro meriti personali, non certo a ciò che è stato insegnato loro a scuola o all'università.*

*Ma l'allineamento con altri Paesi sembra ormai prossimo: le università si preparano a formare gli insegnanti!*

*Per tutti i docenti di ogni tipo di scuola la preparazione sarà universitaria e teorico-pratica, fondata non più solo sulle discipline specifiche, ma anche sulle scienze dell'educazione (psicologia, pedagogia, didattica, eccetera), sul tirocinio pratico e sulle didattiche particolari.*

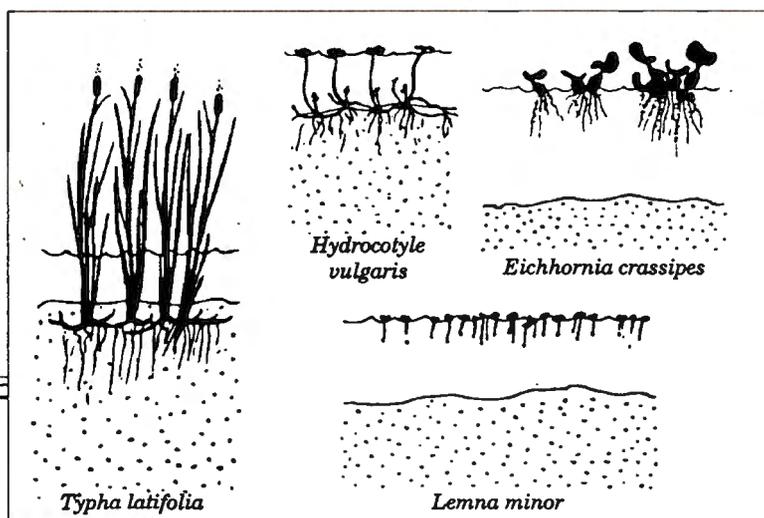
*Oltre a dover affrontare i numerosi problemi d'ordine finanziario, organizzativo e didattico, c'è solo da sperare che questa riforma non si debba trovare a superare anche le resistenze dei professori universitari, più abituati a pensare alla ricerca che all'insegnamento. Essi sempre più si dovranno rendere conto del valore culturale che assume per l'università il nuovo compito di formare gli insegnanti.*

*La legge n. 341/90 istituisce, tra l'altro, una specifica scuola di specializzazione da frequentare dopo la laurea - articolata in indirizzi, con tirocinio didattico e con diploma finale abilitante per la formazione degli insegnanti delle scuole secondarie.*

*L'aspetto sul quale vale la pena di riflettere è quello relativo al tirocinio: nel nostro Paese l'accesso a molte professioni è subordinato al sostenimento di un esame di stato, preceduto da un periodo di praticantato più o meno lungo.*

*Il valore formativo del tirocinio viene però spesso svilito dalla superficialità con la quale vengono rilasciate certificazioni di frequenza fittizie: l'atteggiamento del considerare questo periodo di tempo, compreso fra la laurea e l'abilitazione, un "male necessario" invece di un momento da utilizzare per apprendere i meccanismi del lavoro - quasi novelli "ragazzi di bottega" - non fa che vanificare le scelte di professionalità operate dal legislatore.*

## DEPURAZIONE



# RUOLO DELLA FITODEPURAZIONE NELL'ABBATTIMENTO DEI NUTRIENTI\*

Franca Egaddi\*\*

## INTRODUZIONE

Verranno qui presentati alcuni aspetti del complesso problema della coltivazione delle piante acquatiche come mezzo per depurare le acque di scarico, basandoci su una raccolta ed un esame critico della letteratura internazionale concernente tale tema.

L'interesse per questo tema di ricerca è dettato dall'esigenza di fare il punto e promuovere studi tendenti a ridurre gli effetti di alcuni residui inquinanti, ed in prevalenza dei nutrienti provenienti da attività umane, e di privilegiare quei processi di risanamento ambientale che, sfruttando l'energia solare, potrebbero costituire un contributo non trascurabile al risparmio di energia convenzionale.

Le acque di scarico, anche se trattate, presentano ancora un elevato contenuto di nu-

trienti, in particolare azoto e fosforo. Infatti il processo tradizionale di depurazione non riduce di molto la quantità complessiva di questi nutrienti immessi nell'ambiente, ma ne cambia soprattutto la composizione e lo stato fisico-chimico, in modo tale che essi risultano più facilmente assimilabili.

Per limitare gli effetti negativi in termini di costi energetici e di contributo al processo di eutrofizzazione, le strade da seguire possono essere o di ridurre la quantità di residui negli scarichi non trattati attraverso un processo di riciclaggio prima che essi diventino rifiuti, o di guardare a questi residui come a delle risorse da riconvertire in sostanze a maggiore potere aggiunto.

Le ricerche che si sono sviluppate in questo settore negli anni scorsi erano mirate prevalentemente:

- all'individuazione di specie vegetali caratterizzate da una elevata produttività e una buona qualità di biomassa;
- all'ottimizzazione delle condizioni di coltura;

\* Relazione presentata al convegno nazionale "L'acqua tra storia cultura e natura", Terme di Comano (Trentino), 4-5 ottobre 1990.

\*\* Studio Associato IND.ECO, Parma

• all'individuazione dei possibili usi delle biomasse prodotte in considerazione anche dell'eventuale tossicità derivante dalla composizione del mezzo colturale.

La coltivazione delle piante acquatiche, come mezzo per depurare le acque di scarico, è tuttavia fattibile soprattutto in determinate condizioni che dipendono prevalentemente:

- dalla quantità e dalla composizione del refluo da trattare;
- dalla disponibilità di ampie superfici da adibire a lagunaggio;
- dalle condizioni climatiche.

La validità della coltivazione di piante acquatiche su acque di scarico va quindi ricercata nel conseguimento di più obiettivi concomitanti:

- recuperare nutrienti che altrimenti avrebbero un impatto ambientale negativo, attraverso il raccolto delle biomasse vegetali;
- sviluppare la logica del riciclaggio, chiudendo all'interno delle stesse aree di produzione i cicli di alcuni nutrienti come azoto e fosforo;
- privilegiare tecniche depurative a basso consumo energetico, di semplice conduzione e decentrate nel territorio;
- sfruttare aree marginali (incolti, zone umi-

de) nel rispetto delle loro condizioni di naturalità.

Data l'ampiezza dei contributi, si limiterà il campo di interesse ad alcuni settori, nel tentativo di fornire un quadro generale relativo a questo argomento.

### MICROALGHE

Viene considerata, pertanto, dapprima la produzione di biomasse vegetali utilizzando alghe unicellulari.

Gli obiettivi principali dell'allevamento in massa di alghe vengono riportati in Figura 1, dalla quale emergono i due obiettivi di fondo a cui tende questo sistema:

- trattamento di scarichi, come scarichi grezzi o dopo trattamento secondario in impianti di depurazione, con particolare attenzione all'abbattimento dei nutrienti azoto e fosforo;
- produzione di biomasse utilizzabili per ricavare fertilizzanti, estrarre prodotti chimici, fornire proteine come integratori della dieta animale e umana, costituire un substrato alimentare per l'acquacoltura, oppure utilizzazioni dirette nei processi di digestione anaerobica per la produzione di biogas.

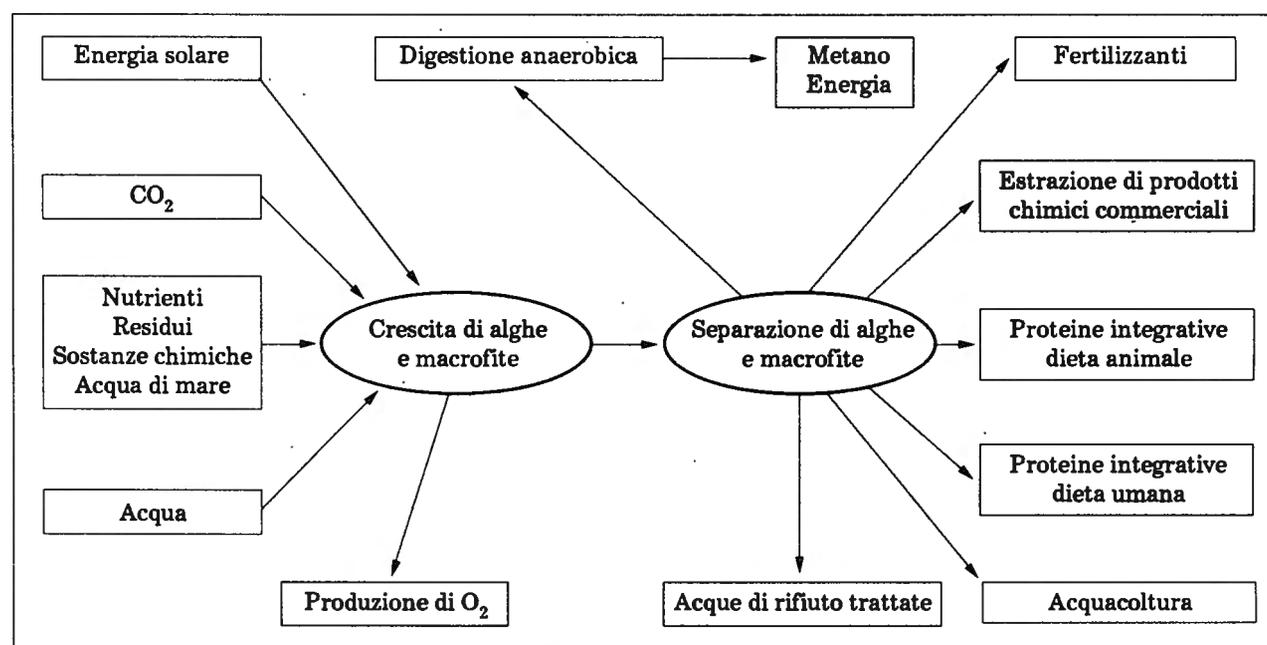


Fig. 1 - Obiettivi della coltura in massa di biomasse vegetali

Le caratteristiche che giustificano l'allevamento in massa di alghe unicellulari sono prevalentemente tre:

- breve tempo di generazione (2-6 ore) e rapida crescita;
- elevato contenuto proteico;
- produzione legata a substrati disponibili in grandi volumi.

Le alghe più comunemente coltivate sono appartenenti alle:

- cloroficee (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Coelastrum*);
- Cianoficee (*Spirulina*);
- Diatomee (*Dunaliella*).

Il mezzo colturale più utilizzato è il liquame proveniente da allevamenti animali, sia diluito che non diluito.

Per quanto riguarda le condizioni di sviluppo, è necessario che nel mezzo di coltura siano presenti carbonio, azoto, fosforo, ioni inorganici (Ca, Mg, K, Fe, Mn e altri metalli in tracce) che hanno il compito di funzionare da catalizzatori.

Dati sperimentali riportati da diversi Autori provano che si ha una crescita ottimale soprattutto

quando si realizzano alcune condizioni riportate in tab. 1.

Circa le rese produttive di questo tipo di colture esistono esperienze non sempre concordanti. Sono state verificate produzioni, in peso secco, di 10 g/m<sup>2</sup>giorno. Il periodo di crescita più difficile sembra essere quello tra febbraio e marzo, in cui le basse temperature (< 10 °C) e la scarsa illuminazione costituiscono fattori limitanti.

Per quanto riguarda la rimozione dei nutrienti, colture intensive di alghe possono partecipare attivamente alla loro rimozione. Il problema di abbattere l'eccesso in nutrienti presenti nelle acque di scarico si pone infatti anche per gli elevati costi e, a volte, la limitata efficienza dei metodi fisici e chimici tradizionali.

Secondo PERSOONE et AL. (1980), ad esempio, con allevamenti di alghe in condizioni ottimali si può ottenere una rimozione dell'azoto e del fosforo superiore al 90%, mentre altri Autori indicano una rimozione dell'azoto superiore al 95%.

La fase di separazione delle alghe unicellulari dal mezzo liquido costituisce però uno dei pro-

Tab. 1 - Condizioni ottimali per la produzione in massa di alghe

Luce	°C	CO <sub>2</sub>	pH	N/P	Umidità
17.000 lux per effluenti diluiti, provenienti da allevamenti di animali (DE PAUW et AL., 1976)	18-21° per effluenti diluiti, provenienti da allevamenti di animali (DE PAUW et AL., 1976)	Le migliori condizioni di crescita si ottengono con aggiunta di CO <sub>2</sub> al mezzo di coltura. Questo serve a stabilizzare il pH a valori ottimali (7-7,5) e ad aumentare l'efficienza della produzione algale (DE PAUW et AL., 1976)	Valori troppo acidi o troppo basici sono fortemente inibenti la crescita algale (pH > 8 provoca un blocco dell'assunzione dei nutrienti) (DE PAUW et AL., 1976)	Il rapporto ottimale per la crescita algale in liquami suinocoli è 5:1 (DE PAUW et AL., 1976)	70-80% (WONG et AL., 1977)
27.000 lux per effluenti non diluiti, provenienti da allevamenti di animali (DE PAUW et AL., 1976)	23-25° per effluenti non diluiti, provenienti da allevamenti di animali (DE PAUW et AL., 1976)				
25.000 lux (WONG et AL., 1977)	25° (WONG et AL., 1977)				
	15-25° per le diatomee; 25-35° per le alghe verdi; 35-40° per le alghe blu-verdi (BERBENNI e GALASSI, 1978)				

Tab. 2 - Metodi di raccolta della biomassa algale (MIDDLEBROKS et AL., 1974)

Centrifugazione	Coagulazione Flocculazione Sedimentazione	Flottazione per insufflazione di aria	Filtri intermit- tenti a sabbia	Microfiltrazioni
Metodo valido per la separazione delle alghe, anche se esperimenti in impianti pilota evidenziano sensibili problemi operativi dovuti all'uso di attrezzature sofisticate.	L'efficacia del processo è legata al tipo ed alla fisiologia delle cellule algali, fattore che può variare sensibilmente. Non è un metodo facilmente controllabile e richiede personale molto esperto. Produce grossi volumi di fango.	Metodo valido per la separazione delle alghe, anche se esperimenti in impianti pilota evidenziano sensibili problemi operativi dovuti all'uso di attrezzature sofisticate.	Sistema non molto usato perché richiede un basso tasso di carico. Ci sono poche informazioni sull'uso pratico di tali filtri in unità di depurazione. Piuttosto economico.	Usati spesso, si è ottenuto un valore medio di rimozione dell'89% per il fitoplancton. Un problema associato con tale provvedimento è rappresentato dalla difficoltà di mantenere una costante qualità dell'effluente, soprattutto durante le fluttuazioni dovute alle piene e per eccessiva crescita batterica e algale che può occludere i pori del filtro.

cessi più impegnativi nella conduzione di questi sistemi. Essa incide in modo sensibile sui costi complessivi del trattamento.

I metodi di raccolta della biomassa algale vengono riassunti in tab. 2.

Di un certo interesse è la percentuale in proteine di questa biomassa.

Diversi Autori riportano prove relative ad un soddisfacente valore nutritivo e ad una buona digeribilità della biomassa algale utilizzata come cibo per animali.

E' utile ora sottolineare alcune delle difficoltà che si possono incontrare nella realizzazione di sistemi di coltura in massa di microalghe.

Innanzitutto la conversione di energia solare in biomassa algale sembra essere un processo piuttosto dispersivo sul piano energetico. La resa migliore ottenibile è del 5 % rispetto alla quantità di luce radiante solare.

Esistendo inoltre, un'apparente relazione negativa fra le dimensioni di una coltura algale e la resa potenziale di biomassa, diviene importante sviluppare studi bioingegneristici sulle colture algali a grande scala.

Non sembra, comunque, che questo tipo di coltura possa offrire una soluzione ottimale ai vari problemi, per diversi ordini di motivi, quali, ad esempio:

- i costi e le difficoltà legati alle tecniche di separazione dal mezzo liquido;
- la possibilità di estrarre sostanze chimiche

dalle alghe è limitata dalla difficoltà pratica di mantenere colture monospecifiche per lunghi periodi;

- le proteine ottenibili sono carenti di aminoacidi solforati e la durezza delle pareti cellulari delle alghe più comuni (ad esempio, *Clorella* e *Scenedesmus*) crea dei problemi di digeribilità all'uomo e agli animali.

Pertanto la direzione verso cui orientare questo tipo di coltura in massa sembrerebbe quella del trattamento terziario degli effluenti della depurazione, utilizzando ad esempio le alghe in catene controllate per la produzione di biomasse animali. Questo potrebbe rappresentare anche una soluzione al problema della separazione.

#### MACROFITE GALLEGGIANTI

Analizziamo ora i sistemi di trattamento che sfruttano la produzione in massa di macrofite galleggianti. Lo schema di funzionamento è semplice ed è illustrato in Fig. 2.

I vantaggi di questo tipo di coltura sono legati in particolare alla elevata biomassa prodotta, alla notevole efficacia di rimozione dei nutrienti azoto e fosforo, alla possibilità di operare in bacini più profondi (quindi in grado di contenere maggiori volumi di acqua a parità di superficie occupata rispetto alle colture di alghe) e alla agevole separazione dal mezzo liquido. Le essenze più studiate e promettenti di

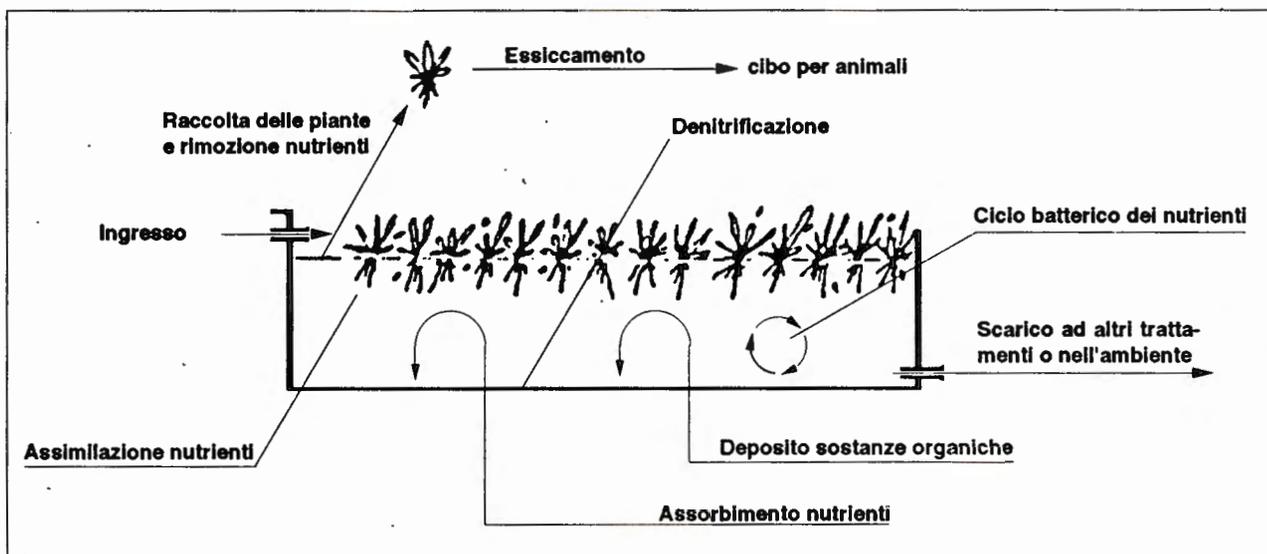


Fig. 2 - Processi implicati nel lagunaggio con fitodepurazione (CORRADI et AL., 1981)

questo gruppo sono il giacinto d'acqua (*Eichhornia crassipes*) ed alcune specie di Lemnace, comunemente conosciute come "lenticchie d'acqua".

Il giacinto d'acqua è una pianta liberamente natante, ma con un fitto ciuffo di radici che si immergono nell'acqua assorbendo azoto e fosforo, funzionando da filtro per i solidi sospesi e agendo come un substrato vivente per l'attacco da parte dei microrganismi che contribuiscono significativamente all'abbattimento del carico organico.

Uno dei problemi maggiori legato all'uso di questa pianta è rappresentato dai limiti di sopravvivenza alla temperatura. Infatti il tasso di crescita si riduce drasticamente al disotto dei 10 °C, mentre a -5 °C per 48 h si ha la completa distruzione della pianta. A questo si potrebbe ovviare mediante l'installazione di coperture a serra, atte a mantenere l'optimum di temperatura, ma a questo punto occorre riconsiderare l'aspetto economico.

Attualmente, in alcune zone degli USA viene utilizzata con successo un'altra macrofita, *Hydrocotyle umbellata*, dotata di un alto tasso di crescita e di un'alta capacità di assimilare i nutrienti anche durante i periodi freddi. Ciò ha suggerito la possibilità di alternare la coltivazione di quest'ultima pianta al giacinto d'acqua

per mantenere la massima efficienza del sistema nelle zone fredde; al momento mancano dati precisi sul rendimento e sull'efficienza di questi sistemi.

In condizioni ambientali favorevoli, il giacinto d'acqua è una delle piante più produttive del mondo. Per tali caratteristiche, in una cinquantina di paesi a clima tropicale e subtropicale, è diventato una delle piante infestanti.

Questo fatto deve indurre a valutare con attenzione i problemi che potrebbero derivare da un allevamento in massa del giacinto d'acqua nel nostro Paese, per il progressivo selezionarsi di ecotipi resistenti. E' opportuno, comunque, rilevare che la pianta è già commercializzata da tempo presso i vivaisti ed in Italia non ha trovato finora condizioni per una vita spontanea.

Per quanto riguarda la rimozione dei nutrienti, queste piante, come si è detto, sono dotate di un elevato "standing crop": sono pertanto in grado di assumere dall'acqua sensibili quantità di nutrienti. E' stato tuttavia verificato che solo quando il carico in azoto non è molto alto e le piante vengono rimosse con periodicità opportuna, il principale meccanismo di rimozione dell'azoto è rappresentato dall'assunzione da parte delle piante. Al contrario, cioè se il carico in azoto è troppo elevato, il principale

**Tab. 3 - Rimozione dell'azoto nel trattamento terziario con giacinto d'acqua**

Carico idraulico (m <sup>3</sup> /ha · d)	Riduzione % dell'N totale
9350	10-35
4675	20-55
2340	37-75
1560	50-90
1170	65-90
<935	70-90

meccanismo di rimozione è rappresentato dalla denitrificazione. In tab. 3 viene riportata la percentuale di riduzione dell'azoto totale in funzione del carico idraulico.

La rimozione del fosforo in un sistema a macrofite acquatiche è dovuta a diversi processi: all'assunzione da parte delle piante, all'immobilizzazione microbica del detrito vegetale, alla ritenzione da parte del sedimento ed alla precipitazione nella colonna d'acqua. Pertanto per la rimozione di questo nutriente è necessaria non solo la raccolta delle piante, ma anche il dragaggio periodico dei sedimenti.

Il rapporto ottimale azoto/fosforo nel mezzo acquatico, per ottenere la massima resa in biomassa, dovrebbe comunque essere di 2,3 - 5. Questo range ottimale può essere utilizzato per valutare se in un determinato sistema di trattamento a giacinto d'acqua, l'azoto o il fosforo siano limitanti per la crescita delle piante. In tab. 4 vengono riportati alcuni esempi di carichi idraulici applicabili al giacinto d'acqua.

Il giacinto d'acqua può inoltre essere utilizzato per ridurre l'inquinamento da metalli pesanti ed altre sostanze chimiche come i fenoli. Occorre però ricordare che le piante, assorbendo elevate quantità di metalli, subiscono danneggiamenti metabolici permanenti e quindi, se utilizzate per il trattamento di scarichi chimici, devono essere periodicamente raccolte.

Inoltre le piante raccolte, proprio per il loro elevato contenuto in metalli pesanti, non possono ovviamente essere utilizzate per la produzione di foraggio o di concime, ma possono

**Tab. 4 - Alcuni esempi di carichi idraulici applicabili alle colture in massa di giacinto d'acqua (EPA, 1988)**

Scarichi domestici	Trattamenti secondari (BOD <sub>5</sub> < 30 mg/l)	Trattamenti terziari (dopo aerazione)
m <sup>3</sup> /ha · day	m <sup>3</sup> /ha · day	m <sup>3</sup> /ha · day
240-3570	200-600	1000

essere utilizzate per la trasformazione in biogas o, qualora il procedimento si dimostrasse vantaggioso, per il recupero del metallo.

Per quanto riguarda l'utilizzazione commerciale della biomassa prodotta, vi sono diverse opportunità da valutare caso per caso.

L'utilizzazione del giacinto per l'alimentazione animale, ad esempio, è limitata dal suo elevato contenuto in acqua che può produrre un rapido deterioramento del materiale stoccato. Di notevole interesse è invece l'uso del giacinto nella fermentazione anaerobica per la produzione di biogas. Queste tecniche di digestione sono vantaggiose su impianti a larga scala per l'elevato rapporto solidi/acqua, mentre si possono verificare alcuni problemi per la presenza di sacche d'aria all'interno della pianta che, pertanto, dovrebbe essere triturrata prima di essere immessa nei digestori anaerobici.

Le altre macrofite, come già si è detto, utilizzate per questi sistemi di trattamento, sono le lenticchie d'acqua che in Italia sono molto comuni e ricoprono vaste superfici di acque stagnanti, laghi, risaie e canali.

Nella famiglia delle Lemnacee sono state coltivate in massa *Lemna* sp., *Spirodela* sp. e *Wolffia* sp. I principali vantaggi offerti da questo tipo di coltura sono:

- facile raccolta (per scrematura);
- capacità di rimozione dei nutrienti, in particolare azoto e fosforo;
- possibilità di crescita regolare anche in climi temperato-freddi; per questo motivo viene impiegata a rotazione con il giacinto in alcuni

sistemi di trattamento; inoltre il suo tasso di crescita è superiore del 30% a quello del giacinto d'acqua;

- alto contenuto in proteine (almeno il doppio rispetto al giacinto);
- basso contenuto in fibre e lignina; questo perchè le piante vengono asportate frequentemente, almeno settimanalmente, in modo da poter disporre di una biomassa più giovane e più adatta alla dieta animale;
- buona appetibilità, quindi, della biomassa prodotta; il valore nutritivo di queste piante è alto rispetto al giacinto, poichè contengono fino al doppio di proteine, grassi, azoto e fosforo.

Queste specie, rispetto al giacinto d'acqua, hanno un ruolo meno diretto nel processo di trattamento poichè, mancando di un esteso sistema radicale, forniscono una minor superficie all'insediamento dei microrganismi. Il principale utilizzo della lemna è, pertanto, quello di recuperare i nutrienti in un trattamento terziario, anche se può essere impiegata con un certo successo in un trattamento secondario. Un'ulteriore caratteristica di questa pianta è quella di formare un fitto tappeto sulla superficie dell'acqua. Questo fatto inibisce sia gli scambi gassosi acqua/aria, sia la produzione di  $O_2$  da parte del fitoplancton, a causa della scarsa penetrazione della luce: nella colonna d'acqua si instaurano perciò condizioni decisamente anaerobiche che favoriscono la denitrificazione.

I sistemi basati sulle lenticchie d'acqua possono presentare alcuni inconvenienti: un forte vento può infatti impilare, ad esempio, le lenticchie in uno strato spesso od anche spazzare via completamente le piante dall'acqua. Nei sistemi molto ampi può essere quindi necessario introdurre delle barriere galleggianti per prevenire questo fenomeno.

#### MACROFITE EMERGENTI RADICATE

Un discorso a parte meritano i sistemi di trattamento basati su macrofite emergenti radicate, in quanto il ruolo potenziale di queste piante nella depurazione delle acque è un fattore importante non solo nelle cosiddette "zone

umide artificiali", ma anche nelle "zone umide naturali".

Queste ultime infatti sono tipicamente colonizzate da macrofite emergenti radicate come *Typha*, *Scirpus* e *Phragmites*, che possono essere accompagnate da macrofite flottanti e sommerse. Questi ambienti sono caratterizzati da acque mediamente basse, con un flusso lento e sono in grado di sostenere una popolazione di batteri che cresce sulle parti sommerse della pianta formando un film biologico di una certa importanza nell'abbattimento del carico organico. Inoltre la condizione di acque a flusso lento consente la sedimentazione dei solidi sospesi.

Le zone umide artificiali, pertanto, hanno le caratteristiche positive di quelle naturali, ma con il vantaggio di poterne controllare gli aspetti negativi e rafforzare quelli positivi.

Le zone umide artificiali possono essere costruite pertanto in modo da consentire il controllo di ben definite condizioni, quali, ad esempio, la composizione del substrato, il tipo di vegetazione, il modello di flusso e così via.

La rimozione degli inquinanti in questi sistemi avviene attraverso una combinazione di processi biologici diversi:

- la rimozione dell'azoto avviene soprattutto, ed in modo efficace, per un processo di nitrificazione-denitrificazione;
- la rimozione del fosforo non è sempre efficace ed aumenta con la presenza di ferro ed alluminio; anche in questo caso per una più efficiente rimozione di questi nutrienti, è opportuno procedere al taglio periodico delle piante allo scopo di stimolarne la crescita;
- fenomeni di precipitazione, di sedimentazione ed adsorbimento (eliminazione dei solidi sospesi);
- la trasformazione ad opera dei microrganismi che ricoprono le parti sommerse delle piante.

Una importante caratteristica di queste macrofite, infatti, è quella di possedere ampi spazi aeriferi interni cosicchè l'ossigeno viene trasportato alle radici ed ai rizomi. Un po' di ossigeno, quindi, può essere rilasciato dalle radici e stimolare così sia la decomposizione della materia organica che la crescita dei batte-

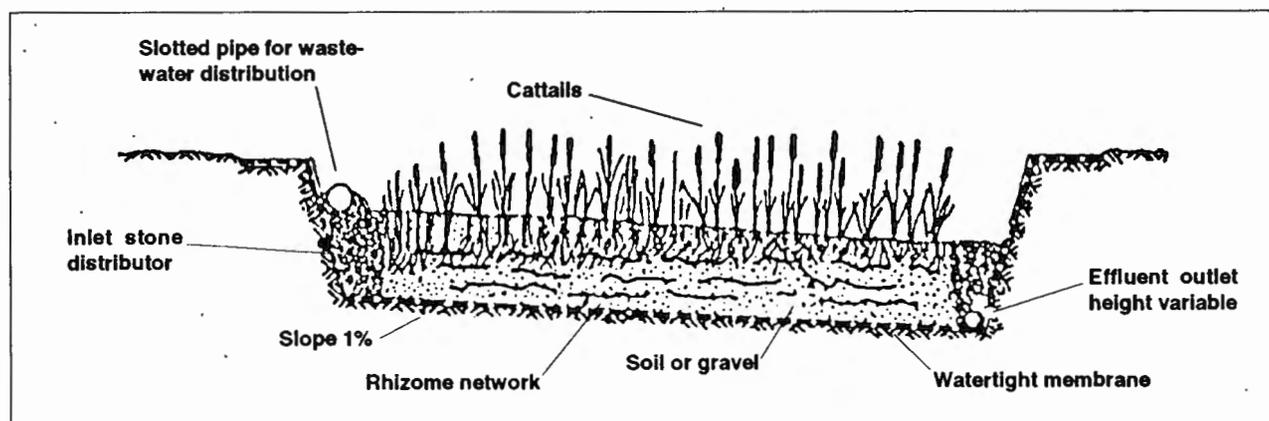


Fig. 3 - Typical cross section - SFS system

ri nitrificanti nella rizosfera.

I dati attualmente disponibili sul rendimento delle zone umide artificiali mostrano un'efficace rimozione dei solidi sospesi e della materia organica facilmente biodegradabile: gli effluenti, infatti, raggiungono una qualità quasi superiore a quella ottenuta mediante un trattamento secondario. L'efficienza di rimozione dell'azoto e del fosforo è variabile e dipende dal carico, dal tipo di substrato e dalla composizione dello scarico.

Mentre la maggior parte dei processi coinvolti in questi trattamenti sono ben documentati dal punto di vista qualitativo, i dati quantitativi sui processi stessi e sui fattori che li influenzano sono ancora scarsi.

Attualmente i due sistemi di trattamento più utilizzati, basati sulle macrofite emergenti, sono il Free Water Surface System ed il Subsurface Flow System. Il primo, più utilizzato negli USA, consiste tipicamente di un bacino o un canale in cui viene introdotto un substrato di crescita per le macrofite emergenti ed in cui l'acqua, mediamente bassa, scorre molto lentamente attraverso il sistema. Più utilizzato in Europa è il secondo sistema, meglio conosciuto come Root-Zone-Method. Lo schema di funzionamento è riportato in Fig.3.

Come si può notare, questo sistema è essenzialmente un filtro orizzontale: l'influente entra attraverso un filtro di pietre che lo distribuisce nel sistema. Il fondo del bacino è impermeabilizzato (con materiale naturale o artificia-

le) allo scopo di evitare indesiderabili fenomeni di percolazione nel sottosuolo.

Il flusso orizzontale dello scarico, subsuperficiale, passa così attraverso la rizosfera; avvengono quindi i processi sopra menzionati: decomposizione microbiologica della materia organica, denitrificazione dell'azoto, etc.

In Germania, il Max Planck Institut ha affrontato lo studio di un sistema di fitodepurazione di reflui urbani composto da una sezione a *Phragmites communis* ed una a *Scirpus lacustris*. *Phragmites* sembra essere più efficiente nel trasferimento dell'ossigeno, in quanto le radici penetrano più profondamente rispetto a *Typha* sp.

In Danimarca il Root Zone Method è stato introdotto nel 1983 per il suo basso costo e perché, avendo un'efficacia depurante equivalente o migliore a quella ottenuta con la tecnologia convenzionale, permetteva trattamenti decentrati, non richiedendo il collettamento degli scarichi ad un impianto centralizzato. E' stata soprattutto riconosciuta la capacità del Root Zone Method di rimuovere tanto i nutrienti che la materia organica con costi di costruzione e gestione pari al 10-50% di quelli richiesti dalle soluzioni tecnologiche tradizionali. Attualmente in Danimarca ci sono circa 100 sistemi di trattamento di questo tipo; le prime esperienze mostrano che la capacità di abbattimento di questi sistemi per il BOD e i solidi sospesi è molto vicina agli standard convenzionali di trattamento secondario già dalla

prima stagione di crescita. L'efficienza di rimozione dell'azoto e del fosforo varia attorno al 20-50%, in funzione della portata idraulica.

Alcuni inconvenienti di questo sistema sembrano essere:

- lo scorrimento in superficie delle acque piovane che impedisce che una parte dello scarico venga in contatto con la rizosfera;
- una capacità di trasporto dell'ossigeno non sempre sufficiente ad assicurare la decomposizione aerobica nella rizosfera ed una nitrificazione quantitativamente significativa.

Ciononostante il Root Zone Method si è dimostrato competitivo con gli altri trattamenti tecnologici disponibili per piccole e medie comunità.

### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In conclusione, da questa breve rassegna emergono in particolare le seguenti considerazioni:

- i sistemi che utilizzano la fitodepurazione richiedono una progettazione *ad hoc*, caso per caso, che tenga conto delle caratteristiche del refluo da trattare, delle sostanze inquinanti da abbattere, delle superfici disponibili e delle condizioni climatiche. Questi sistemi sono adatti soprattutto a piccoli centri abitati, con bassa portata ed alto carico, ad esempio villaggi turistici estivi, campeggi, allevamenti animali, integrando questa soluzione con lagunaggi, fertirrigazione ed eventuale utilizzo delle biomasse prodotte, una volta risolti i problemi igienico-sanitari. E' opportuno ricordare che attualmente la legislazione italiana non consente l'impiego di queste biomasse nella dieta animale, salvo poi consentire l'abbeveraggio nel corpo recettore anche ad un metro dallo scarico;
- questi impianti richiedono un corretto dimensionamento, una precisa definizione della geometria dei bacini ed una preventiva valutazione del destino delle biomasse prodotte, ricordando che esiste una grossa differenza, in volume, tra peso umido e peso secco.

La fitodepurazione, pur rappresentando una soluzione integrativa nella più complessa politica di risanamento delle acque, riveste un

precipuo interesse in quanto utilizza processi naturali, ha costi di gestione più limitati e può essere condotta anche da personale non specializzato e con mezzi recuperabili, ad esempio, dall'attività agricola.

In Italia manca ancora, purtroppo, un'adeguata sperimentazione su impianti a scala reale che consenta una più precisa definizione dei parametri dimensionali e costruttivi.

Questi sistemi, inoltre, non vanno considerati esclusivamente come soluzioni alternative ai trattamenti tecnologici convenzionali, ma anche nell'ottica di un collegamento con tutta una gamma di altri interventi quali il lagunaggio anaerobico, aerobio e facoltativo, la valorizzazione degli ecosistemi filtro nelle zone di alveo, la rifinitura dei processi di trattamento tradizionali.

Le scarse esperienze nazionali sono legate in alcuni casi ad obiettive difficoltà di collocazione di questi impianti (ad esempio in relazione alla struttura del nostro territorio con molti centri abitati, scarse superfici disponibili e dove spesso gli scarichi sono concentrati per migliaia di abitanti equivalenti), ma più spesso ad una scarsa volontà di cercare alternative alle comode soluzioni degli impianti di depurazione tradizionali "chiavi in mano", tranne poi trascurarne il funzionamento o l'effetto dell'impatto dell'effluente nel corpo recettore.

Molti dei problemi legati alla fitodepurazione sono dovuti ad una politica di risanamento delle acque basata sulla concentrazione degli scarichi (vedi legge Merli) e non su un corretto rapporto fra carichi inquinanti sversati e capacità portante dei corpi recettori. Il problema è, quindi, quello di risanare fiumi e laghi e non di costruirsi alibi contro i pretori, garantendosi concentrazioni negli scarichi senza preoccuparsi dei sistemi con cui vengono raggiunte.

La fitodepurazione nel controllo dell'inquinamento delle acque è un approccio corretto e promettente nello sforzo urgente di ridurre l'inquinamento dei corpi recettori: merita perciò un periodo di sviluppo e sperimentazione qualificata.

## BIBLIOGRAFIA

- Berbenni P & Galassi G. - 1978. Chimica ed ecologia delle acque.  
*ETAS Libri*, Milano.
- Brix H. & Schierup H.H. - 1989. The use of aquatic macrophytes in water-pollution control.  
*Ambio*, 18: 100-107.
- Corradi M., Copelli M. & Ghetti P.F. - 1981. Depurazione delle acque e produzione di biomasse.  
*Rivista di suinicoltura*, 1: 15-66.
- De Pauw N. & De Leenheer L. - 1976. Mass culturing of marine and freshwater algae on aerated swine manure. p. 441-473.  
In "Cultivation of fish fry and its live food". Styczynska-Jurewicz E., T. Backiel, E. Jaspers & G. Persoone (Eds).  
*European Mariculture Society, Special Public.*, 4, Bredene, Belgium, 534 p.
- EPA - 1988. Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment.  
*EPA n. 625*: 1-88.
- Giannotti M. - 1988. Trattamento di effluente urbano scaricato nel canale naturale "Sanguinaro" (Montalto di Castro) mediante fitodepurazione con macrofite galleggianti e successiva trasformazione della biomassa in prodotto riutilizzabile in agricoltura.  
In "Acque reflue e fanghi. Trattamento e smaltimento, sviluppi normativi e tecnologici", p. 209-222, Ed. CSI.
- Malcewshi S., Ferraris M. & Capetta C. - 1987. Ecosistemi filtro per la fascia di media collina piacentina. Verifiche sperimentali su impianti pilota. Relazione annua sulla qualità delle acque superficiali.  
*Ammin. Prov. Piacenza*, luglio 1988, appendice I: 1-34.
- Middlebrooks D.J., Procella D.B., Gearheart R.A., Marshall G.R., Reynolds J.H. & Grenney W.J. - 1974. Techniques for algal removal from wastewater stabilization ponds.  
*J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 46: 2676.
- Persoone G., Morales J., Verlet H. & De Pauw N. - 1980. Air-lift pumps and the effect of mixing on algal growth. p. 505-522.  
In "Algae Biomass", Shelef G. & Soeder C.J. (Eds.).  
*Elsevier/North-Holland Biomedical Press*, Amsterdam, 852 pp.
- Vaucouloux M. - 1982. Utilisation des potentialités du milieu naturel pour l'épuration des eaux usées domestiques et leur réemploi aux USA. Rapport de mission effectuée aux Etat-Unis d'Amerique.  
*Ministère de l'Agriculture*, Paris.
- Viaroli P. - 1989. Processi biologici alternativi per il trattamento terziario delle acque. La fitodepurazione: problemi e prospettive.  
In atti convegno "Depurazione e inquinamento del mare", S. Benedetto del Tronto-Grottamare, 1989.
- Wong M.H. - 1977. Decomposition of activated and digested sludge extracts in cultivating *Chlorella pyrenoidosa* and *Chlorella salina*.  
*Environ. Pollut.*, 14: 207-21.



## MODELLISTICA AMBIENTALE



### PER UN MODELLO MATEMATICO DI INQUINAMENTO AMBIENTALE IN CORSI D'ACQUA

Nando Prati\*

#### INTRODUZIONE

Utilizzando la teoria dei Fuzzy Set (insiemi imprecisi) è possibile costruire modelli matematici dell'inquinamento in corsi d'acqua. Sono stati costruiti e testati su due torrenti affluenti del Po due modelli allo scopo di fornire (prevedere) il livello di inquinamento misurato con l'Extended Biotic Index (EBI) partendo da alcuni dati fisico-chimici relativi al periodo in esame. Il modello di inquinamento presentato si propone di legare in una relazione di causa-effetto i parametri chimici di un corso d'acqua con quelli biologici in modo che, conoscendo i parametri chimici, si possa prevedere il loro effetto stimando il livello del parametro biologico corrispondente.

Va premesso che i parametri biologici e fisico-chimici non sono correlati fra loro in modo univoco; anzi, la corrispondenza tra i due tipi di analisi spesso non è soddisfacente. Ciò è in parte legato al fatto che l'analisi chimica fornisce valori istantanei delle variabili mentre l'analisi biologica, riflettendo condizioni a lungo

termine, fornisce indicazioni più realistiche della qualità del corso d'acqua. È noto, infatti, che i parametri chimici possono subire consistenti variazioni nell'arco di brevi intervalli di tempo mentre i parametri biologici presentano una stabilità notevolmente superiore, legata alle caratteristiche dei macroinvertebrati utilizzati per la misurazione dell'indice biotico. L'effetto degli inquinanti chimici sui popolamenti biologici, inoltre, non si esprime secondo semplici relazioni dose-risposta, ma può essere fortemente modulato da fenomeni di sinergia o di antagonismo.

La non univocità della risposta fa preferire per la costruzione di un modello matematico, metodi non derivanti dalla statistica classica o da qualche sua generalizzazione (PRATI, 1990). Infatti i metodi derivanti dalla statistica forniscono un legame che è quasi sempre "strettamente funzionale" tra i parametri di entrata e di uscita, così che ogni variazione dei parametri in entrata determina una variazione dei parametri in uscita. Inoltre tali metodi forniscono degli operatori monotoni che rendono difficilmente trattabili i fenomeni di antagonismo o di

\* via Gabbi 6, 42100 Reggio Emilia.

sinergia.

I metodi derivanti dalla statistica o da sue generalizzazioni sono comunque da preferire, per la maggiore affidabilità della previsione, nei casi in cui si abbiano delle conoscenze abbastanza precise sul fenomeno che si vuole modellare.

Il metodo qui descritto, derivante dalla teoria dei Fuzzy Set, è in grado di tradurre le conoscenze qualitativo-intuitive dei fenomeni di inquinamento, anche se spesso approssimative, fornendo comunque risultati precisi ed attendibili. Esso riesce a tradurre fenomeni di sinergia e/o antagonismo eventualmente presenti.

#### Fuzzy Set e ragionamento vago (impreciso)

Nel linguaggio comune esistono affermazioni (*proposizioni*) precise ed altre imprecise o vaghe. Per esempio «essere un numero minore o uguale a 5» è una proposizione precisa; al contrario «essere un numero grande», «Tizio è un uomo alto», «la tal concentrazione è pericolosa» non sono affermazioni precise. Infatti se noi consideriamo un certo numero  $x$  e ci poniamo la domanda « $x$  è minore o uguale a 5?» a questa possiamo rispondere «certamente sì» o «certamente no». Al contrario se noi ci poniamo la domanda « $x$  è un numero grande?» non sempre possiamo rispondere «certamente sì» o «certamente no», anzi può capitare che non si sia in grado di rispondere né sì né no. Per esempio il numero 1000 è sicuramente un numero grande, 0 è sicuramente un numero che non è grande, ma che cosa possiamo dire del numero 500? Se ci poniamo la domanda «500 è grande?» la risposta è «500 è un po' grande ma non troppo».

Questi due tipi di affermazioni, precise ed imprecise, vengono tradotte matematicamente con due tipi di insiemi: quelle precise con gli insiemi classici (ben conosciuti), le altre dagli insiemi Fuzzy (Fuzzy Set, insiemi imprecisi o sfuocati). Si può continuare a utilizzare gli insiemi classici anche per affermazioni imprecise, ma solo se si «precisa» ogni nozione: per

esempio si può stabilire che un numero è grande se e solo se è più grande di 500 altrimenti no, stabilire che un uomo è alto se e solo se è più alto di 1,70 metri ecc. Così facendo, però, non si riescono a tradurre in maniera veramente fedele e naturale tutte queste nozioni imprecise.

**Definizione:** dato un insieme  $X$ , un Fuzzy Set (insieme sfuocato o impreciso) su  $X$  è una funzione  $F$  che ad ogni oggetto  $x$  di  $X$  fa corrispondere un numero compreso fra 0 ed 1.

Si noti che la funzione  $F$  non è necessariamente una distribuzione di probabilità (si veda DUBOIS-PRADE, 1988 per i rapporti fra i Fuzzy Set e la probabilità).

Ora, per tradurre l'«insieme dei numeri grandi» con un Fuzzy Set basta determinare, dall'insieme dei numeri, una funzione  $A$  che ad ogni numero  $x$  associ un numero  $A_x$  che ci dica sommariamente quanto  $x$  è grande facendo corrispondere 0 a no ed 1 a sì. Così, visto che 0 è sicuramente piccolo (= non grande),  $A_{(0)} = 0$ ; poichè 1000 è sicuramente grande,  $A_{(1000)} = 1$ ; poichè 500 è abbastanza grande  $A_{(500)} = 0,5$ ; e così via, traducendo con un numero compreso fra 0 e 1 tutte le possibili risposte che ci sono fra il no e il sì.

I Fuzzy Set possono essere naturalmente visualizzati con grafici: se in ascissa vengono posti i numeri naturali ed in ordinata i numeri fra 0 ed 1, i Fuzzy Set dei «numeri grandi» e dei numeri piccoli appaiono come in fig. 1A e 1B.

In 1A i numeri superiori a 1000 hanno un grado di appartenenza = 1, rispondono cioè pienamente «sì» alla domanda «è un numero grande?»; i numeri inferiori a 100, invece, con grado di appartenenza = 0, rispondono «no» a tale domanda (sono, cioè, piccoli); i numeri da 100 a 1000, con grado di appartenenza superiore a 0 e inferiore a 1, variano progressivamente da «abbastanza piccolo» a «abbastanza grande». Inversamente, per il Fuzzy Set dei numeri piccoli (fig. 1B), il grado di appartenenza è 1 per i numeri da 0 a 100 e 0 per quelli superiori a 1000.

Particolare importanza hanno poi nel linguaggio comune le espressioni del tipo «se ...

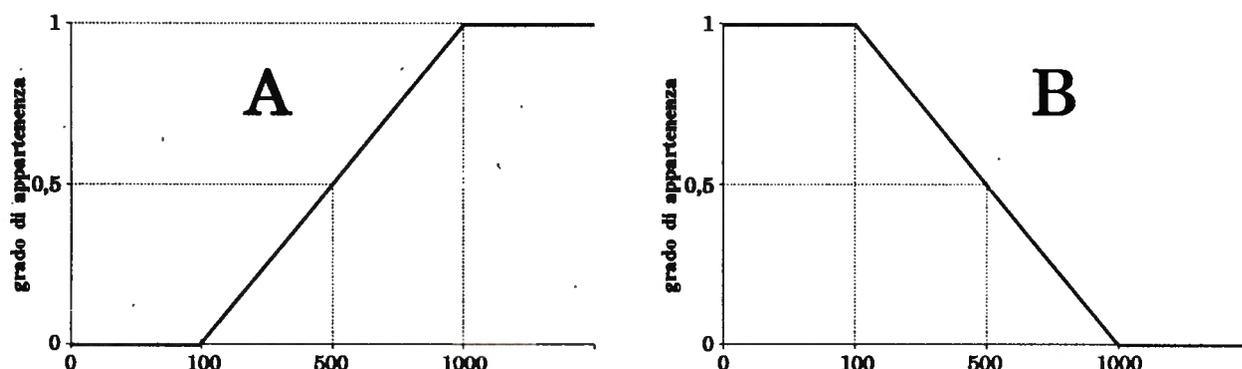


Fig. 1 - Fuzzy Set dei numeri grandi (A) e dei numeri piccoli (B)

allora ...» cioè le implicazioni, dove al posto dei puntini ci sono delle espressioni che possono essere sia affermazioni precise che imprecise. Con queste è possibile, per esempio, descrivere il funzionamento di molti impianti ed è proprio qui che i Fuzzy Set hanno avuto uno dei loro migliori successi (DUBOIS-PRADE, 1980 e 1988; OSTERGAARD, 1977) oppure è possibile impartire delle direttive ad una persona affinché questa impari a svolgere un determinato compito: «se succede la tal cosa allora fai questo, mentre se succede la tal altra allora fai quell'altro», ecc.

Anche le nostre scarse nozioni sull'inquinamento possono essere descritte mediante frasi del genere. Per esempio se in un certo ambiente si considera che il parametro biologico Z dipenda da una sola sostanza chimica pericolosa W ivi presente, l'effetto di W su Z può essere descritto nella maniera seguente: fissata la nostra attenzione su un periodo di tempo, in quel periodo

[1] «se la concentrazione di W è alta allora il parametro Z è basso, mentre se la concentrazione di W è bassa allora il parametro Z è alto».

Bisogna notare che tale frase è già abbastanza complessa. Per descrivere una frase come la [1] a partire da Fuzzy Set semplici avremo bisogno di due operatori: l'operatore  $\oplus$  per tradurre una implicazione semplice «se ... allora ...», e l'operatore  $\cup$  per tradurre la congiunzione «mentre». Così se noi descriviamo le frasi:

- «la concentrazione di W è alta», con il Fuzzy

Set  $W_a$ ;

- «la concentrazione di W è bassa», con il Fuzzy Set  $W_b$ ;
  - «il parametro Z è alto», con il Fuzzy Set  $Z_a$ ;
  - «il parametro Z è basso», con il Fuzzy Set  $Z_b$ ;
- la frase «se la concentrazione di W è alta allora il parametro Z è basso», viene descritta dal Fuzzy Set  $W_a \oplus Z_b$  mentre «se la concentrazione di W è bassa allora il parametro Z è alto» viene descritta con il Fuzzy Set  $W_b \oplus Z_a$ .

Utilizzando l'altro operatore  $\cup$  si ottiene infine che la frase [1] viene descritta con il Fuzzy Set

$$C = (W_a \oplus Z_b) \cup (W_b \oplus Z_a).$$

C è l'oggetto matematico che ci permette di calcolare il parametro Z una volta dato il parametro chimico, ovvero è la base dell'algoritmo che ci fornisce come output il livello del parametro Z una volta che gli venga fornito come input una data concentrazione della sostanza W. Quindi se in un dato momento noi sappiamo che la sostanza pericolosa W ha concentrazione x, possiamo calcolare quale è il livello di Z dalla regola empirico-intuitiva che abbiamo tradotto con C. Ovvero se sappiamo che l'input è una certa concentrazione x,

$$x \Rightarrow \boxed{C} \Rightarrow O$$

il nostro algoritmo ci fornirà un Fuzzy Set di output O dal quale noi potremo dedurre un valore preciso per il parametro Z.

Quanto descritto è valido se si considera una sola sostanza chimica come input. Naturalmente si possono considerare più sostanze chimiche di input complicando ulteriormente la costruzione del modello.

#### Applicazione alla qualità delle acque

Con costruzioni come quelle sopra delineate sono stati realizzati due diversi modelli della qualità delle acque dei torrenti Crostolo ed Enza della provincia di Reggio Emilia, verificandone la validità con i dati ottenuti dai rilevamenti chimici e biologici dell'anno 1988.

Per la determinazione dei Fuzzy Set di base che servono per la costruzione dei modelli è stata utilizzata la tab. 1 che riporta le concentrazioni limite di varie sostanze per la salvaguardia della vita acquatica (IRSA, 1977).

Per la costruzione del modello, fra i vari parametri, sono stati scelti i tre più significativi per i due torrenti in esame, utilizzando come dati di input le concentrazioni dell'ossigeno disciolto, del fosforo totale e dell'azoto ammoniacale; per l'output il parametro EBI con i

Tab. 1. Limiti per la salvaguardia della vita acquatica (in mg/l).

INDICE	Soglia di rischio	Soglia di sicurezza
pH	6-9	6,5-8,5
Solidi particolati	100	50
BOD	10	5
COD	40	20
Arsenico	0,5	0,05
Mercurio	0,005	0,005
Nichel	1	0,1
Piombo	0,1	0,01
Rame	0,02	0,002
Zinco	0,25	0,025
Fosforo	0,25	0,125
Ammoniaca	1	0,5
Fenoli	0,1	0,05
Detergenti	1	0,2
Pesticidi clorurati	0,005	0,0005
Ossigeno	>4	>6

suoi 12 livelli (GHETTI, BONAZZI, 1980). Volendo studiare un altro corso d'acqua bisognerà tenere presenti le sue eventuali caratteristiche peculiari e scegliere i parametri per esso più significativi per eventuali modifiche ai modelli.

Utilizzando le soglie di rischio e di sicurezza, sono stati definiti tre Fuzzy Set per ogni sostanza che traducono le indicazioni di concen-

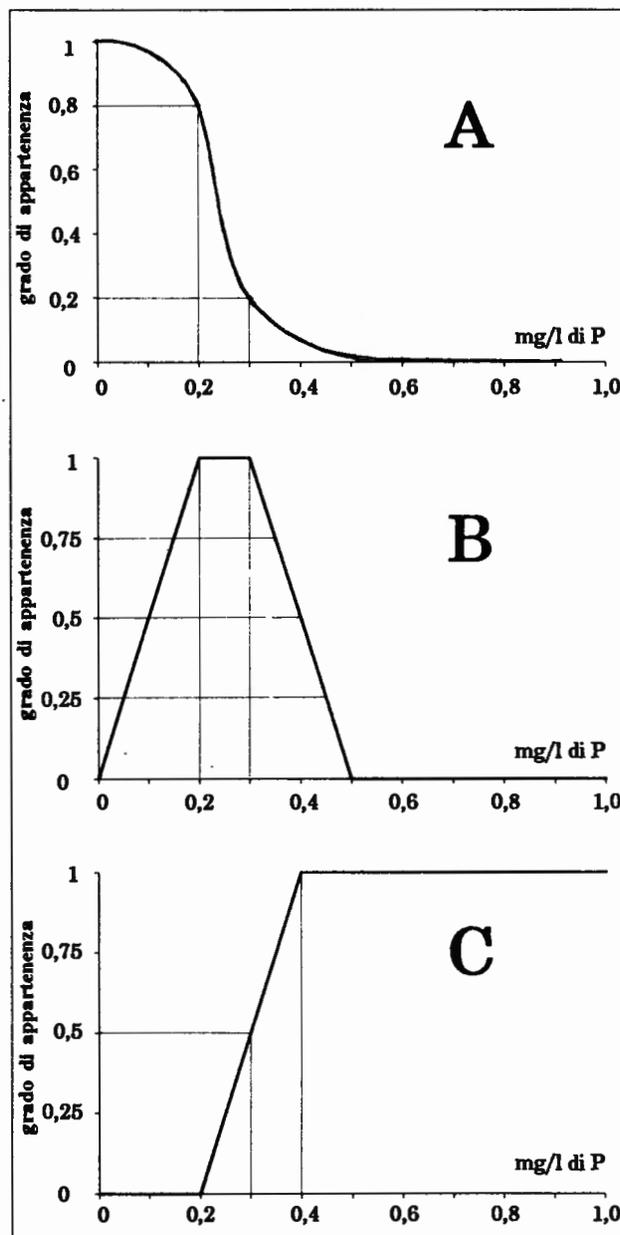


Fig. 2 - Fuzzy Set del fosforo

A: concentrazione non pericolosa; B: concentrazione pericolosa; C: concentrazione molto pericolosa

trazione "non pericolosa", "abbastanza pericolosa" e "molto pericolosa". Per esempio i Fuzzy Set "concentrazione di fosforo non pericolosa" ( $< 0,1$  mg/l), "concentrazione di fosforo pericolosa" (0,2-0,3 mg/l) e "concentrazione di fosforo molto pericolosa" ( $> 0,4$  mg/l) sono riportati in fig. 2. In modo analogo sono stati definiti i Fuzzy Set dell'ossigeno disciolto e dell'azoto ammoniacale, utilizzando le soglie indicate nella tab. 2.

Il primo dei due modelli è stato costruito trascrivendo con i Fuzzy Set la seguente regola *R* empirico-intuitivo complessa, costituita dalle tre implicazioni semplici:

**R1** = Se le concentrazioni di ossigeno, fosforo e azoto non sono pericolose allora il livello di EBI è alto;

**R2** = Se una delle concentrazioni di ossigeno o di fosforo o di azoto è abbastanza pericolosa allora il livello di EBI è medio;

**R3** = Se una delle concentrazioni di ossigeno o di fosforo o di azoto è pericolosa allora il livello di EBI è basso.

Quindi  $R = "R1 \cup R2 \cup R3"$

Il secondo modello è stato costruito traducendo con i Fuzzy Set una regola più complessa che non viene qui fornita perchè di non facile interpretazione o spiegazione. Essa, basata su osservazioni empirico-intuitive derivanti dall'analisi dei dati rilevati nel torrente Enza nel 1988 e nel Crostolo in un periodo precedente, fornisce previsioni più accurate di quelle ottenute con la regola precedente. Con essa si

**Tab. 2. Soglie utilizzate per la definizione dei Fuzzy Set dell'ossigeno disciolto e dell'azoto ammoniacale.**

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE		
	non pericolosa	abbastanza pericolosa	pericolosa
Ossigeno disciolto	$> 6$	5,5-4,5	$< 4$
Azoto ammoniacale	$< 0,5$	0,55-0,95	$> 1$

riesce a tradurre anche un fenomeno forse di antagonismo, forse dipendente da altri fattori, che si nota tra il fosforo e l'azoto a livelli medi. Come si può osservare mettendo in una tabella i dati di input e di output, se l'ossigeno è "sicuro" il livello di EBI previsto nel caso che sia il fosforo sia l'azoto abbiano un "concentrazione pericolosa" è leggermente migliore rispetto al caso in cui solo il fosforo abbia una "concentrazione pericolosa".

I due modelli testati sui dati dei due torrenti rilevati nel 1988, hanno fornito una previsione dei livelli di EBI molto corretta. Infatti, come mostrato nell'esempio seguente, il livello di EBI effettivamente ricavato dal mappaggio biologico in ogni stazione appare nell'output dei modelli con grado di necessità 1 o comunque con grado di necessità molto alto.

A titolo di esempio si riportano i dati rilevati in una stazione:

ossigeno disciolto	=	10	mg/l
fosforo totale	=	0,313	mg/l
azoto ammoniacale	=	0,31	mg/l
EBI	=	7	

Inserendo i dati dell'ossigeno, dell'azoto e del fosforo mediante la regola meno precisa descritta sopra si è ottenuto come output il Fuzzy Set mostrato in fig. 3 che si legge nel modo seguente:

- i livelli 1, 2, 3 seguono necessariamente da **C** e da **x** con grado 0, cioè non seguono affatto,
- il livello 4 segue necessariamente da **C** e da **x** con grado 0,2 cioè segue un po', ma molto poco,
- i livelli 6 e 7 seguono necessariamente da **C** e da **x** con grado 1, cioè seguono necessariamente (ecc.).

Da tale output si può scegliere il valore previsto di EBI come quello che presenta il grado più alto di necessità, o come media dei valori con il grado più alto. In tal caso il livello previsto (calcolato) è di 6,5 che ben si accorda con il livello effettivamente rilevato che è di 7. Si noti, comunque, che 7 ha grado di necessità 1 nell'output.

Per maggiori dettagli sui modelli di inquinamento con Fuzzy Set si veda COLOMBO & PRATI

e, più in generale, DUBOIS & PRADE (1980) per i modelli di ragionamento Fuzzy

### Considerazioni conclusive

Per i due torrenti esaminati è ora possibile, con i due modelli proposti, stabilire con buona approssimazione i valori presunti di EBI nei casi in cui essi non siano stati rilevati per un qualsiasi motivo, o fare delle stime dei valori di EBI in annate trascorse quando tale rilevamento non era ancora usuale.

Un'altra possibile applicazione è il confronto di ogni valore di EBI misurato sul campo con il valore dedotto dal modello. Un sensibile scostamento dalle previsioni potrebbe, infatti, segnalare l'esistenza (attuale o passata) di fattori inquinanti insoliti, quali per esempio sversamenti accidentali, o di particolari concentrazioni degli inquinanti non considerate nel modello; tale scostamento indurrà l'operatore a ricercarne le cause.

Va notato che i due modelli sono stati costruiti tenendo conto del fatto che i due torrenti presentano caratteristiche simili. In particolare la scelta dei parametri di input è stata determinata dal fatto che, in entrambi, l'inquinamento è prevalentemente di origine antropica.

Volendo costruire un modello per un altro corso d'acqua è necessario verificare se questo ha caratteristiche diverse dai due considerati. Nel caso di un corso d'acqua in cui l'inquinamento derivi prevalentemente da scarichi industriali occorrerà considerare come parametri di input, per esempio, anche i dati sui metalli pesanti oltre (eventualmente) a quelli utilizzati in questo lavoro.

### Ringraziamenti

I modelli di inquinamento sommariamente descritti sono stati preparati sotto gli auspici di un contratto di ricerca stipulato con l'Istituto di Ingegneria dei Sistemi ed Informatica del C.C.R. Euratom della Commissione delle Comunità Europee di Ispra.

Si ringrazia l'ing. Cagnoli dell'Assessorato Ambiente della Regione Emilia-Romagna, il personale del P.M.P. di Reggio Emilia ed in particolare il dott. Spaggiari per la collaborazione prestata nel corso della ricerca.

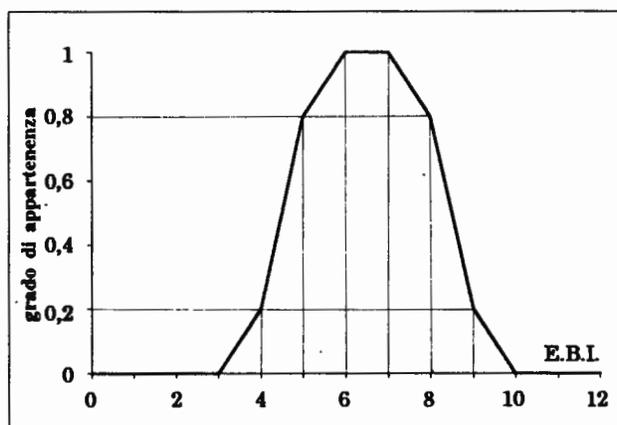


Fig. 3 - Esempio di utilizzo del modello di Fuzzy Set per la previsione del valore di E.B.I. di una stazione di campionamento.

### BIBLIOGRAFIA

COLOMBO A.G., PRATI N. (in preparazione)  
Fuzzy models of pollution in water.

DUBOIS D., PRADE H. - 1980  
Fuzzy Sets and sistem: Theory and applications.  
Academic Press, New York.

DUBOIS D., PRADE H. - 1988  
Possibility Theory. An approach to computerized  
processing of uncertainty.  
Plenum Press, New York.

GHETTI P.F., BONAZZI G. - 1980  
Biological Water Assesment Methods.  
Final Report Vol. II, Commission of the European  
Communities.

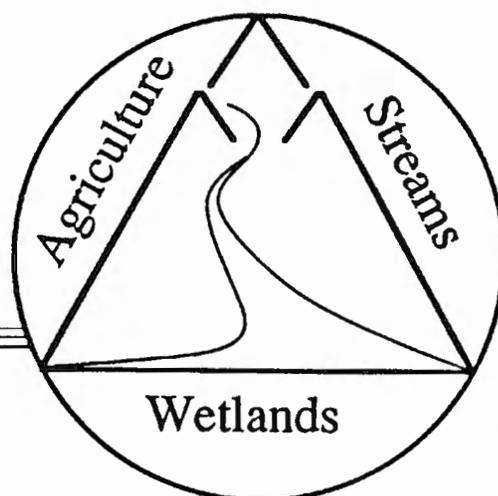
IRSA -1977  
Indagini sulle qualità delle acque del fiume Po.  
Quaderni IRSA

OSTERGAARD J.J. - 1977  
Fuzzy logic control of a heater exchanger process.  
In "Fuzzy automata and decision processes", M.M.  
Gupta, G.N.Saridis, B.R. Gaines eds., 285-320.

PRATI N. - 1990  
The Treatment of Uncertainty in Environmental  
Quality Indices.  
Proc. Workshop on indicators indices for envi-  
ronmental impact assessment and risk analysis.C.C.R.  
Ispra 15-16 Maggio 1990.

## ATTUALITA'

Articolo tratto dagli editoriali dei numeri 2/1990 e 3/1991 di *Meanders*, organo di informazione del gruppo di lavoro "Conservation and Management of Running Waters" della SIL (Société Internationale de Limnologie), Lund, Sweden.



## CONSERVATION AND PRESERVATION

Robert C. Petersen Jr.\*

There seems to be a disagreement or slight confusion over the use of the term *conservation*, as in to conserve nature. For some, the term *conservation* implies resource management in a dynamic sense. For others, the term *conservation* implies management in a static sense. This difference may have some importance in how we view the goals of our working group and, therefore, we should examine this term and its different subtleties of meanings, especially since we are a multi-lingual group.

In both the Oxford English Dictionary and Webster's Dictionary, one of the definitions of *conservation* is the planned management of a natural resource to prevent exploitation, destruction, or neglect. In English usage then, the word *conserve* tends to be used in a dynamic sense, as in managing a resource. In comparison the term *preserve* in English implies pro-

tection in a static sense and is used to imply restricting a change in state, as when protecting foods by canning or pickling. Rare species may be preserved in zoos or in protected habitats but nature in a broader sense should be conserved.

However, in other European languages there are terms which sound similar to the English term *conserve*, but really mean the more restricted term *preserve*, as when making pickles or jams. In Swedish, the verb *konservera* means to protect foods from spoiling. If one wishes to manage a resource the verb *bevara* is sometimes used. In German when one cans or pickles foods one uses the verb *konservieren*. If a resource is to be managed for future use then one uses the verb *erhalten*. In French the differences in language usage between the verbs *conserver* and *préservier* are slight, but tend to follow the English usage, with *conserver* implying to keep in good shape in the dynamic sense, while *préservier* implies to protect in the static sense.

\* Limnology Institute, University of Lund, Box 65, 221 00 Lund, Sweden

In other words, if someone from Germany or Sweden hears someone from the UK or France use the term *conserve*, there could be the misunderstanding that those from the UK or France want to preserve in the static sense as opposed to conserve in a more dynamic sense.

When the name of our working group was first discussed there was the thought that the term *conservation* implied a too heavy emphasis on maintaining the current condition of a river and not allowing it to vary as a system. We intended the name of the group to have a dynamic sense and added the term *management* to strengthen the dynamic aspect of the term *conserve*. Based on language usage, this strengthening seems to be a good idea.

\* \* \* \* \*

In the last issue of *Meanders*, I wrote a short editorial on the use of the terms *conservation* and *preservation* and how these terms are used and interpreted in different languages. I felt that since our working group name used the term *conservation* we should consider how this term is used in different languages. I also mentioned that when we discussed the group name in Munich there was a concern that *conservation* may imply restricted action. We added the term *management* to strengthen the idea of a dynamic process. In the last issue I discussed the use of the terms *conservation* and *preservation* in English, Swedish, German and French. Several colleagues have contributed the following observations for Spanish and Italian.

Narcis Prat, Department of Ecology, University of Barcelona, observes that «... in Spanish *conservar* is also a restricted term, equivalent to *preservar* so it was a good idea to include *management* in the working group name. It is difficult to translate management to Spanish with the English idea, but many people can understand the significance. The literal translation is *manejar* but this word implies considerable changes of the original system, the best translation should be *gestión*, which denotes

the interest in the dynamic situation you mention in your editorial. The translation to Spanish of the SIL working group should be *Conservación y gestión de los ríos*».

Irene Wais, Natural Council for Scientific and Technical Research, Buenos Aires, writes that in Spanish the terms *conservation* and *preservation* are sometimes used indiscriminately when in fact they have different meanings in Spanish. According to the Dictionary of the Royal Academy of Spain, *to conserve* means «... to keep something and to care of its permanence, to continue practicing something, to keep very carefully something or to make preserves (ref. food)» ... and ... *to preserve* means «to avoid in advance some damage or danger for a person or thing». Dr. Wais continues and observes that «... both words derive from Latin and I think it is important to consider the etymology of them. *To conserve* come from *conservare* from “cum” (with) and “servare” (to keep) and *preserve* comes from *praeservare* from “prae” (before, in advance) and “servare” (to keep)».

Maurizio Battagazzore, University of Parma, writes that *conservation* involves the combination of the natural evolution of an ecosystem and its management, while *preservation* implies the protection of a certain environment in a static sense and also involve management. However, «... among Italian scientists the English terms *conservation* and *preservation* would be translated as *conservazione*, having the word *preservazione* a meaning used in reference to monuments or human artifacts in general. This is supported by the most important Italian dictionary, the “Devoto-Oli”, according to which *conservazione* means «keeping in a state of efficiency, in a suitable condition», while the verb *preservare* is given a more static meaning, «keeping something in such a way as to avoid its alteration». Regarding the term *management* there is no doubt that the most appropriate translation is the word *gestione*».



# Naturopa

Naturopa, rivista illustrata del Centre Naturopa del Consiglio d'Europa.  
Direttore responsabile: Hayo H. Hoekstra.

Ogni informazione su *Naturopa* e sul Centre Naturopa può essere richiesta al Centro o alle agenzie nazionali:

- Centre Naturopa, Conseil de l'Europe, BP 431 R6 F-67006 Strasbourg Cedex
- Dr.ssa E. Mammoni, Ministero dell'Agricoltura, Ufficio Relazioni Internazionali, via XX settembre, 18 - 00187 Roma.

Articolo tratto da *NATUROPA*, n° 58, 1988

Ed. Centro europeo per la conservazione della natura  
Consiglio d'Europa, Strasbourg.

## UNA POLITICA DI GESTIONE

François Roelants du Vivier\*

Il «Love Canal» della cittadina di Niagara Falls negli Stati Uniti, è diventato tristemente celebre. Alla fine degli anni settanta, le autorità responsabili vi hanno scoperto circa ventimila tonnellate di residui chimici abbandonati, che hanno causato numerosi casi di cancro e nascite di bambini con gravi malformazioni. Si è dovuto procedere all'evacuazione forzata di duemilacinquecento persone e far fronte ai problemi di risarcimento dei danni, stimati in più di 11 miliardi di dollari.

In seguito alla vicenda, gli Stati Uniti sono diventati consapevoli della necessità di gestire il loro passato industriale. Alla fine del 1985, l'Agenzia americana per la Protezione dell'ambiente (EPA) aveva censito 21.512 siti di discariche pericolose, sparsi su tutto il territorio federale, tra i quali 1750 necessitano di urgenti misure di risanamento.

In Europa l'allarme è stato meno spettacolare, forse perché meno ripreso e diffuso dai media. Tuttavia, si sono verificati alcuni casi preoccupanti come quello della discarica di Lekkenwerk in Olanda, dove 870 persone sono state costrette a traslocare e dove il costo delle misure di risanamento adottate è stato di circa 70 milioni di dollari: sono state rimosse 150.000

tonnellate di terra inquinate da 20.000 barili, corrispondenti a 500 tonnellate di rifiuti.

Di conseguenza alcuni stati della CEE - ma non tutti - hanno fatto il censimento sistematico dei siti di discarica contaminati. In certi casi, gli elenchi comprendono anche siti industriali abbandonati, e si rivelano molto preoccupanti.

In Danimarca, un'inchiesta effettuata tra il 1980 e il 1982 presso le autorità locali ha censito 3.115 siti inquinati, tra cui un centinaio di ex-discariche che necessitano di misure urgenti per salvaguardare le falde freatiche.



\* Parlamento Europeo, 97-113, rue Belliard, B-1040 Bruxelles

In Olanda nel 1982 erano stati censiti 4.300 siti potenzialmente contaminati. Oggi sono 5.000, tra cui 2.000 almeno richiedono indagini più approfondite e 1.000 necessitano di bonifica immediata. Complessivamente, si tratterebbe di risanare circa 4,5 milioni di m<sup>3</sup> di terra contaminata. Il costo del risanamento è stato stimato a 2,5 milioni di fiorini nel 1984 (1 miliardo di ECU) per un periodo di 16 anni.

Nella R.F.T., le ricerche avviate hanno censito finora circa 35.000 siti potenzialmente contaminati (tra cui 30.000 discariche). Recentemente l'Agenzia Federale per la Protezione dell'Ambiente, ha stimato in 7,6 miliardi di DM (3,5 miliardi di ECU) il costo totale delle spese di valutazione dei rischi e di risanamento delle ex-disariche già localizzate, mentre il costo corrispondente al risanamento dei siti industriali abbandonati sarebbe di 9,2 miliardi di DM (4,2 miliardi di ECU).

#### **Varie soluzioni proposte dai poteri pubblici**

Negli Stati Uniti, la problematica delle ex-disariche è regolamentata da apposita normativa del 1980: la legge sulla responsabilità, l'indennizzo e le misure urgenti (CERCLA). Questa normativa istituisce, in particolare, una responsabilità obbiettiva a concorrenza di 50 milioni di dollari per i danni causati all'ambiente naturale pubblico dallo scarico di rifiuti. Inoltre è stato costituito un fondo di garanzia per la lotta contro le sostanze pericolose (Superfund), dotato di 1,6 miliardi di dollari per un periodo di 5 anni.

Il Fondo, destinato ad intervenire quando nessun responsabile è stato individuato, o quando non può o non vuole bonificare il sito, è alimentato per l'86% circa da una tassa sui prodotti chimici e petroliferi. La tassa applicabile al petrolio greggio è di 0,7 centesimi al barile; le tasse previste per gli altri prodotti variano da 0,22 centesimi a tonnellata per l'idrossido di potassio a 4,87 dollari a tonnellata per gli idrocarburi aromatici. La media per ogni tonnellata dell'insieme dei prodotti ammonta a 3,39 dollari.

Nella Comunità Europea, solo alcuni stati membri hanno adottato una politica per i problemi posti dalle ex-disariche o, più in generale, dai siti contaminati. Parleremo soprattutto di tre paesi: la Danimarca, l'Olanda e la Germania.

La Danimarca si è dotata nel 1983 di un'apposita normativa per i siti contaminati dai rifiuti chimici. La normativa esige che le autorità regionali e locali procedano ad un censimento dei siti. Uno stanziamento di 400 milioni di corone danesi (50 milioni di ECU) è previsto per le ricerche e per i casi urgenti di

bonifica dei suoli.

L'Olanda ha adottato nel 1980 criteri molto precisi per identificare e classificare i siti contaminati. Sono state elaborate raccomandazioni -attualmente in corso di aggiornamento- circa le sostanze «nere» o «grigie» nei suoli.

Una legge, che prevede misure interinali contro l'inquinamento dei suoli, è stata adottata il 29 dicembre 1982. Tale legge comprende il finanziamento delle operazioni di risanamento dei siti inquinati, sulla base del principio di co-responsabilità tra governo centrale, province, comuni e certe industrie. A questo proposito, la legge prevede la possibilità di introdurre delle tasse sui prodotti chimici e olii minerali. Inoltre le autorità possono recuperare le spese di risanamento dei siti dalle industrie responsabili, sulla base del principio «chi inquina paga» e del concetto di colpa per incuria (30 processi sono in corso e centocinquanta sono in preparazione).

In Germania, le autorità regionali sono responsabili della localizzazione e del risanamento dei siti contaminati. Tuttavia, nel 1984 è stato creato a livello federale un gruppo di lavoro per localizzare e valutare tutti i siti inquinati, siti industriali abbandonati compresi. Inoltre, un Fondo di 80 milioni di DM (32 milioni di ECU) è stato stanziato per il periodo 1984-88 per promuovere ed applicare le nuove tecniche di bonifica dei suoli contaminati.

#### **Appello per una politica europea**

Come ho sostenuto in una relazione presentata al Parlamento europeo, la problematica delle ex-disariche merita di essere esaminata a livello europeo:

- 1- perchè si pone in tutti gli Stati;
- 2- perchè le dimensioni del problema esigono una cooperazione internazionale per la ricerca di soluzioni;
- 3- perchè alcuni Stati possono non essere finanziariamente e tecnicamente in grado di far fronte alla situazione;
- 4- perchè crea una certa concorrenza economica tra gli Stati (per il risanamento dei siti).

Innanzitutto, bisogna considerare che ogni politica di gestione delle ex-disariche deve basarsi su criteri di localizzazione dei siti, di valutazione dei rischi e di selezione delle eventuali misure correttive. Tutti questi criteri sarebbero meglio perseguiti con un'azione europea di Ricerca & Sviluppo e di armonizzazione.

Sul piano delle conoscenze tecniche, è importante coordinare gli sforzi scientifici per perfezionare nuovi

metodi di trattamento dei siti, come pure condurre un'azione internazionale che contribuisca al trasferimento delle conoscenze di certi paesi verso le autorità (nazionali, regionali o locali) di altri paesi.

Fondamentalmente la mobilitazione-raccolta delle enormi risorse finanziarie necessarie in materia deve effettuarsi conformemente al principio: «chi inquina paga». A tale proposito si incontrano due difficoltà fondamentali.

### 1. Imputazione della responsabilità civile in assenza di colpa

Limitandosi al concetto di colpa, è praticamente impossibile condannare determinate persone a risarcire danni causati da ex-discardie. Inoltre, certi danni si manifestano solo col passare del tempo. Alcuni giuristi, come pure certi giudici, hanno risolto il problema rifacendosi nell'imputazione della responsabilità civile in materia alla teoria del rischio «strict liability» o responsabilità obiettiva o incolpevole. A parer nostro, questa soluzione dovrebbe essere generalizzata a livello internazionale. Bisogna incoraggiare il Consiglio d'Europa ad accelerare i suoi lavori circa una Convenzione internazionale relativa alla responsabilità civile per i danni ambientali.

### 2. Risarcimento dei danni quando nessun responsabile è solvibile o identificabile

Anche nell'ipotesi di responsabilità incolpevole generalizzata in materia di ex-discardie, il risarcimento integrale dei danni causati non è per niente garantito.

Innanzitutto, la «solvibilità» del convenuto può far difetto. Per porvi parzialmente rimedio si cercherà di sviluppare l'obbligo di sottoscrivere una assicurazione (o garanzia finanziaria equivalente) a carico di tutte le imprese interessate alla gestione dei rifiuti pericolosi.

Inoltre, può rivelarsi impossibile identificare una persona contro la quale sporgere denuncia. In quest'ultima ipotesi, una garanzia per il risarcimento dei danni esiste solo con un «Fondo pubblico di risarcimento» (come il Superfund americano). Perché non prendere in considerazione la creazione di simili meccanismi a livello europeo? Non sarebbe auspicabile, in effetti, prelevare sui prodotti che generano residui pericolosi certe somme destinate a coprire le spese necessarie alla gestione di tali residui?

Al di là della necessaria gestione del nostro passato industriale, sarebbe opportuno in futuro sviluppare tecnologie e prodotti puliti.

La Risoluzione relativa ai rifiuti che ho presentato al Parlamento europeo e che è stata adottata alla quasi-unanimità il 19 giugno 1987 raccomanda in particolare:

- l'elaborazione di una strategia a lungo termine per prevenire la formazione dei rifiuti;
- campagne di sensibilizzazione dei vari gruppi di popolazione allo spreco;
- un programma per promuovere l'uso durevole dei prodotti;
- incentivi economici maggiori per lo sviluppo delle tecnologie pulite;
- una rete europea d'informazione sugli impianti di riciclaggio;
- l'effettiva attribuzione di un marchio europeo «prodotto pulito».

Più che mai, abbiamo bisogno di una politica per i prodotti che preveda di ridurre al minimo i residui allo stadio della lavorazione, come pure al momento dell'utilizzo e dell'eliminazione.

Come qualsiasi politica ambientale responsabile in questa fine secolo, la gestione dei rifiuti deve cancellare i debiti del passato lasciati da generazioni ignoranti o poco rispettose dell'equilibrio ecologico o della semplice igiene pubblica; non sarà certo facile.

A maggior ragione quindi bisogna affrontare il problema subito, preparando il futuro: una società più pulita, meno prodiga di rifiuti e che abbia adottato altri procedimenti, altri prodotti, miranti a ridurre o perfino ad eliminare ogni impatto negativo sull'ambiente. Non è né sogno né utopia: i nostri principali concorrenti, a cominciare dagli Stati Uniti, ritengono che la posta in gioco rappresenti una nuova apertura del mercato e quindi un fattore di progresso per l'insieme della società.

Tocca all'Europa, ora, cercare di non perdere il treno e, perché no, di diventare il leader del mercato.



---



---

# ABSTRACTS

---



---



## SAGGI TOSSICOLOGICI

- ✕ [210] 1- The *Daphnia* bioassay: a critique

## PERIPHYTON

- [211] 1- Chlorophyll *a* determination of periphyton on sediments: identification of problems and recommendation of method

- ✕ [212] 1- Responses of periphyton to changes in current velocity, suspended sediment and phosphorous concentration

## DI TUTTO UN PO'

- ✕ [213] 1- Piante insetticide e pesticide

- ✕ [214] 2- Alcune esperienze riguardo ai bacini artificiali e loro relazione con l'ambiente e la qualità dell'acqua

- ✕ [215] 3- Design and performance of a large, field exposure chamber to measure effects of air quality on plants

- [216] 4- Studio di un caso di corrosione batterica in un acquedotto di una regione italiana

- [217] 5- Simplified method of estimating daily mean stream water temperature

- [218] 6- Tossicità dei composti fenolici nell'ambiente marino

BAIRD D. J., BARBER I., BRADLEY M., CALOW P.,  
SOARES A.M.V.M. - 1989

### The *Daphnia* bioassay: a critique

*Hydrobiologia*, 188/189: 403-406.

[210]



Uno dei requisiti fondamentali di un saggio biologico è la sua riproducibilità. Nell'ambito della Comunità Europea vengono eseguiti periodicamente Ring-Tests di saggi biologici allo scopo di verificare la riproducibilità dei risultati ottenuti da diversi laboratori e, quindi, la validità del test impiegato. Gli Autori hanno esaminato i risultati di un ring test di tossicità cronica a 21 gg. con l'uso di *Daphnia magna* come specie test e bromuro di sodio quale sostanza tossica.

La *Daphnia magna* è un piccolo crostaceo comunemente impiegato in tossicologia acquatica per la facilità di allevamento, l'elevata sensibilità ai tossici e la riproduzione partenogenetica che consente di impiegare linee clonali.

Dei 37 laboratori partecipanti, 22 soddisfacevano i criteri specificati nel protocollo; i risultati dei rimanenti 15 laboratori sono stati invece scartati dall'elaborazione, principalmente per la bassa fecondità rilevata nel controllo (<70 neonati per femmina).

I risultati (espressi come NOEC, concentrazione di non effetto) mostravano una variabilità talmente elevata (da <3 a >117 mg/l) da imporre un riesame sistematico delle componenti della variabilità della risposta tossicologica. Adottando un approccio di genetica quantitativa, la variabilità totale in risposta ad uno stress (VP), viene considerata come somma di tre componenti dovute rispettivamente ad: eterogeneità genetica dei ceppi di dafnia adoperati (VG), ad eterogeneità ambientale (VE), e ad una diversa interazione genotipo-ambiente (VGE). Quindi  $VP = VG + VE + VGE$ .

L'eterogeneità genetica derivava principalmente dall'uso di stoks provenienti da popolazioni locali selvagge e, secondariamente, da divergenze clonali conseguenti a mutazioni o

ricombinazioni sessuali del ceppo originale. L'influenza dei cloni adoperati veniva confermata in una serie standardizzata di tests di tossicità acuta con cloruro di cadmio come sostanza tossica di riferimento: differenze genotipiche si traducevano in una diversa sensibilità al tossico ( $LC_{50}$  da 0,8 a 25,8 ppb).

La variabilità ambientale dipende sia dalle condizioni sperimentate prenatalmente nella madre ("effetto materno"), sia dalle condizioni dopo la nascita, riconducibili rispettivamente alle condizioni di allevamento e di saggio. L'effetto materno veniva evidenziato in un test di tossicità acuta con 3,4 dicloroanilina, in cui i dafnidi provenienti da madri alimentate con due diverse concentrazioni di *Chlorella vulgaris* (0,5-0,05 mg/l di Carbonio) esibivano valori di  $LC_{50}$  rispettivamente di 195 e 104 ppb.

Anche le condizioni del saggio sono importanti: molti laboratori non soddisfacevano il criterio di validità del saggio (fecondità minima di 70 neonati per femmina). Il 64% della variabilità della fecondità era attribuibile a razioni alimentari più basse di quelle richieste (dosi di *Chlorella* di 1mg/l di C).

Quanto alla terza componente della variabilità, sono indispensabili studi per capire il sottile legame ambiente-genotipo, per conoscere l'ordine di grandezza della tolleranza ai diversi tossici di cloni allevati nelle stesse condizioni colturali e in che misura l'interazione di cloni diversi con diversi gradi di adattamento alle condizioni di laboratorio si riflette nella tolleranza a stress di diversa natura. Gli Autori concludono che il miglioramento dei saggi biologici esige la scelta di un clone adatto e la meticolosa applicazione di un rigoroso protocollo operativo delle condizioni colturali e di saggio.

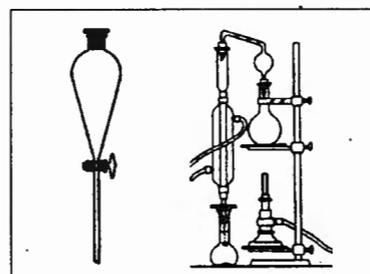
B. B.

HANSSON L. A. - 1988

**Clorophyll *a* determination of peryphyton on sediments: identification of problems and recommendation of method**

*Freshwater biology*, 20: 347-352.

[211]



La determinazione della clorofilla *a* è stata ed è uno dei metodi più usati per la valutazione della biomassa algale. Esistono tuttavia alcuni dubbi metodologici sia dal punto di vista fisiologico che strettamente tecnico. Il presente lavoro tratta quest'ultimo aspetto ed in particolare dei metodi di estrazione della clorofilla *a*.

I solventi più usati sono acetone, metanolo ed etanolo e, mentre esistono diversi studi metodologici sul fitoplancton, pochi si sono occupati delle analisi sulle alghe perifitiche.

Nei casi in cui si utilizzano substrati artificiali in materiale inerte non ci sono problemi, ma nei prelievi su sedimenti naturali esiste il

disturbo dato dalla materia organica dei sedimenti e dall'acqua.

In questo lavoro l'Autore ha valutato l'influenza di quantità crescenti di acqua e materia organica usando come solventi l'acetone, l'etanolo e il metanolo e prendendo in esame 14 diversi laghi.

La presenza di quantità crescenti di acqua fa diminuire progressivamente l'efficienza di recupero dell'estrazione, prima del metanolo, quindi dell'acetone e, infine, dell'etanolo.

L'Autore suggerisce quindi di usare campioni disidratati mediante congelamento e trattati con etanolo al 96% o acetone al 90%.

B. M.

HORNERR.R., WELCHE.B., SEELEYM.R., JACOBY J.M. - 1990

**Responses of periphyton to changes in current velocity, suspended sediment and phosphorous concentration**

*Freshwater Biology*, 24: 215-232

[212]



Il periphyton delle acque correnti è di particolare interesse sia per il suo elevato potenziale produttivo che a causa degli indesiderati effetti di eccessiva proliferazione di alghe filamentose. La crescita del periphyton nelle acque correnti viene influenzata da numerosi fattori: macro e micronutrienti, luce, temperatura, substrato, grazing, velocità della corrente e materiale particellato sospeso. In questo lavoro viene descritto l'influsso della velocità della corrente, dei sedimenti sospesi e della disponibilità di fosforo sull'aumento della biomassa, sull'export di periphyton e sulla sua composizione in specie.

La ricerca è stata eseguita in laboratorio su un modello di fiume sperimentale: l'impostazione e lo svolgimento della ricerca sono descritti in dettaglio.

Negli esperimenti con velocità di flusso costante (fixed velocity treatments) un aumento di 60 cm/s portò ad un deciso aumento di biomassa, mentre un ulteriore aumento della velocità di flusso provocò una diminuzione di biomassa. L'entità di perdita media di biomassa non cambiò significativamente a velocità di flusso comprese tra 10 e 80 cm/s. Le diatomee risultarono favorite a velocità relativamente alte e a basse concentrazioni di fosforo, mentre

l'alga blu *Phormidium* ebbe tendenza a dominare a più elevate concentrazioni di fosforo reattivo disciolto e l'alga verde *Mougeotia* sembrò preferire velocità di flusso inferiori.

Improvvisi aumenti di velocità di flusso provocarono istantanee perdite in biomassa di un ordine di grandezza o maggiori, ma di durata limitata. Le perdite dovute all'immissione di sostanze sospese furono inferiori a quelle dovute ad aumento della velocità di flusso. A contemporaneo aumento di velocità di flusso e addizione di sostanze sospese le perdite ammontarono a circa il doppio rispetto a quelle provocate dal solo aumento di velocità.

Gli esperimenti dimostrarono che un aumento della velocità di corrente a valori superiori a quelli a cui le alghe sono adattate provoca una momentanea riduzione della biomassa, cui sem-

bra però seguire un rapido ripopolamento e crescita. Anche con una combinazione tra aumento delle velocità di flusso e aumento del materiale in sospensione (in natura dopo temporali) il livello di biomassa rimane depresso solo per breve tempo.

L'assunzione di fosforo da parte delle alghe aumenta, in condizioni di laboratorio, solo fino a concentrazioni circa pari a  $15 \mu\text{g/l}$  e anche l'aumento della velocità di flusso provoca un aumento della velocità di assunzione. Con l'aumento della biomassa diminuisce anche la velocità di assunzione di fosforo. Da ciò si può dedurre che l'assorbimento avviene principalmente in superficie e che gli strati interni di copertura algale (algal mat) non sono altrettanto attivi nell'assunzione quanto gli strati superficiali.

B. T.

BEZZI A., CADEN S. - 1991

### Piante insetticide e pesticide. Prodotti naturali di origine vegetale attivi contro i parassiti delle piante coltivate

*Erboristeria Domani*, ottobre: 65-79

[213]



Le piante che posseggono una qualche attività antiparassitaria sono circa duemila e l'azione che queste "insecticidal and pesticidal plants" possono avere nei riguardi dei parassiti è molto varia.

L'azione insetticida sembra dovuta principalmente all'alta concentrazione con la quale gli estratti delle piante vengono applicati, mentre in natura le medesime piante sono solo repellenti; comunemente questi prodotti provocano sugli insetti degli effetti comportamentali come inappetenza, variazione del comportamento sessuale e repellenza ed il loro uso nella pratica agricola può risultare interessante per il raggiungimento di un certo equilibrio pianta-parassita.

Fra i principi attivi più noti e di più antico

uso come insetticidi basta ricordare le piretrine, la nicotina ed i rotenoidi, mentre la letteratura più recente descrive molte altre possibilità.

Si chiamano antifeedant quei composti che, venuti a contatto con l'insetto, ne riducono o ne impediscono l'alimentazione: di conseguenza la crescita, lo sviluppo, la sopravvivenza e la riproduzione dello stesso vengono influenzati negativamente. I "feeding deterrent" fanno parte delle sostanze secondarie presenti nelle piante ed il loro uso può essere interessante perchè: sono specifici, biodegradabili e non inducono fenomeni di resistenza; i trattamenti però devono coprire interamente la pianta coltivata e quindi al successivo svilupparsi della vegetazione si dovrebbero eseguire altri inter-

venti per impedire all'insetto di attaccare la parte non coperta dal prodotto.

Gli ormoni responsabili della regolazione della crescita degli insetti possono essere considerati possibili agenti di controllo dei parassiti delle piante coltivate. Gli "Insect Growth Regulators" esplicano la loro azione lentamente, sono selettivi e sono attivi in piccole quantità; la produzione industriale di IGR si è dimostrata, fino a questo momento, difficile e costosa mentre le piante risultano fonti alternative molto interessanti.

Molte piante superiori contengono principi attivi con proprietà fungicide e fungistatiche,

meno fitotossici e più facilmente degradabili di quelli di sintesi; alcuni principi di origine vegetale hanno dimostrato una certa attività contro gli acari ed altri contro i nematodi.

Gli Autori, dopo aver descritto alcune piante ritenute particolarmente interessanti, concludono affermando che l'obiettivo di usare in agricoltura i principi attivi estratti da piante per risolvere in pieno campo e su larga scala qualcuno dei molti problemi che la difesa delle colture agrarie comporta, potrà essere raggiunto solo acquisendo altre conoscenze e altri risultati sperimentali.

M. G.

K.R. IMHOFF - 1990

### Alcune esperienze riguardo ai bacini artificiali e loro relazione con l'ambiente e la qualità dell'acqua

*Ingegneria Sanitaria*, XIX, (2): 87-93

[214]

I bacini artificiali sono opere costose e che incidono sul territorio per tempi molto lunghi. Oltre al primario uso idroelettrico possono essere utilizzati, come avviene in Germania, anche per l'approvvigionamento idrico, l'incremento delle portate di magra, il controllo delle piene, la navigazione e per scopi ricreativi. Grande importanza va quindi data non solo agli aspetti strettamente ingegneristici, ma anche a tutti i possibili impatti sulle componenti antropiche e naturali dell'ambiente.

Prima della realizzazione di un'opera di questo tipo lo Stato della Germania Federale impone la convocazione di un'udienza generale, nella quale si esamina sia l'ammissibilità del progetto stesso che di tutti i provvedimenti conseguenti in ottemperanza alla legge che recita, tra l'altro, «Chi interferisce con l'ambiente naturale deve essere obbligato a non provocare impatti evitabili e a compensare gli impatti non evitabili tramite misure di conservazione naturale e di protezione del paesaggio, entro un

certo periodo di tempo, e per tutto il tempo necessario, in considerazione della conservazione naturale e della protezione del paesaggio».

Nella Westfalia del Nord, inoltre, la legge prevede che le rive dei bacini artificiali debbano essere adibite a scopi ricreativi e impone una fascia di rispetto di 50 m, interdotta a qualunque tipo di costruzione -comprese le strade o piste ciclabili- allo scopo di interporre un filtro biologico tra le acque lacustri ed eventuali fonti di inquinamento.

In considerazione dell'uso ricreativo del bacino è opportuna, ove possibile, la costruzione di pre-bacini a monte, finalizzati a mantenere costante il livello del bacino principale, evitando così, nei periodi di scarse precipitazioni, il "deserto di fango" sulle rive.

Le attività ricreative dovrebbero essere gestite da società senza scopo di lucro formate da rappresentanti delle categorie interessate (proprietary, Comuni, Associazioni ecc.) e regola-

mentate in base alle singole esigenze. Evidentemente i bacini destinati ad uso potabile non potranno permettere campeggio, nuoto, navigazione; la pesca sportiva è regolamentata in base alle capacità di produzione ittica del bacino; per la navigazione a vela, ove ammessa, si rilascia in genere un permesso per ogni ettaro di superficie idrica, mentre al momento non c'è alcuna restrizione per il wind-surf.

Per quanto riguarda la qualità chimica dell'acqua i problemi più gravi sono legati alla carenza di ossigeno e all'accumulo di nutrienti nell'ipolimnio. Il pompaggio di ossigeno sul fondo per contrastarne l'ipossia determina l' indesiderata risalita di nutrienti nell'epilimnio. E' stato perciò messo a punto un sistema di ossigenazione dell'ipolimnio che non altera la naturale stratificazione; il metodo, denominato "System Wahnbachtalsperrenverband" (vedi figura), fornisce con 7 m<sup>3</sup>/h di aria pompata (in un bacino di 41.4 hm<sup>3</sup>, con una profondità max. di 44 m) le seguenti prestazioni:

- immissione ossigeno 1.200 kg/d (100% del deficit)
- rendimento ossigeno 1 kg/kWh (100% del deficit)
- portata d'acqua trasferita 320.000 m<sup>3</sup>/d

Un altro problema conseguente alla realizzazione dei bacini è il diminuito trasporto a

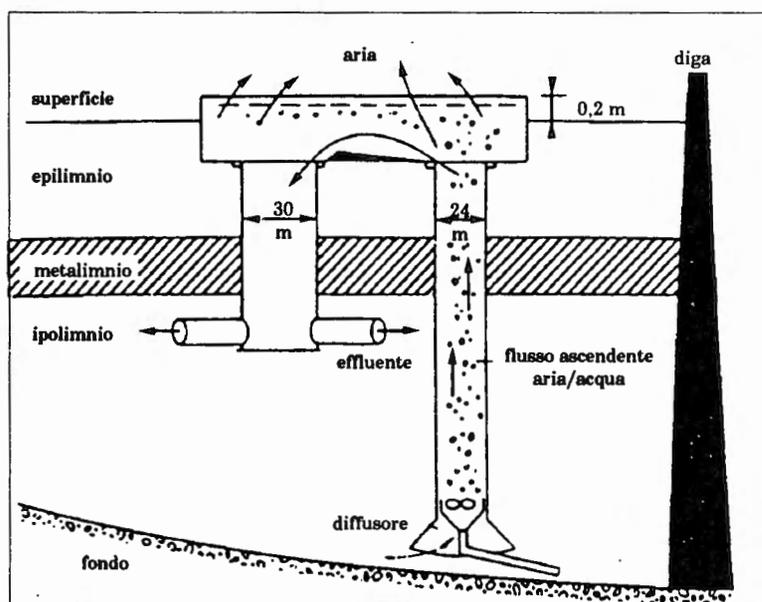
valle dei sedimenti e un conseguente aumento dell'erosione. Per stabilizzare il letto del fiume Reno vengono aggiunti circa 167.000 m<sup>3</sup> di ghiaia all'anno.

I fattori positivi sono individuabili essenzialmente nella stabilizzazione delle portate, che evita i danni delle piene e delle magre eccessive. Secondo l'Autore quindi un bacino artificiale ben progettato e gestito e privo di apporti inquinanti può migliorare la qualità delle acque a valle.

Proprio con questo scopo sono stati costruiti cinque bacini idrici nella media e bassa Ruhr. Dopo 50 anni i sedimenti avevano parzialmente riempito i bacini e si è dovuto provvedere alla loro asportazione. Dopo aver accertato che non si poteva avere una mobilitazione dei metalli pesanti, in quanto immobilizzati dalle argille, è stato deciso di usare per il dragaggio una sorbona del tipo in uso nei porti marittimi.

In totale è stato asportato un milione di m<sup>3</sup> di sedimenti che sono stati depositati nelle lagune di sedimentazione protette costruite nel lago d'afflusso del bacino stesso. L'acqua è tornata nel lago per gravità e i sedimenti si sono ricoperti in brevissimo tempo di vegetazione spontanea. Dopo l'operazione non è stato riscontrato alcun effetto negativo sulle acque a valle, utilizzate a scopo potabile.

B. M.



HEAGLE A. S., PHILBACK R.B., FERRELL R.E., HECK W.W. - 1989

### Design and Performance of a Large, Field Exposure Chamber to Measure Effects of Air Quality on Plants

*J. Environ. Qual.* 18: 361-368

[215]

Negli ultimi trent'anni sono state utilizzate "camere da campo" di vario tipo per controllare le concentrazioni degli inquinanti atmosferici e misurare le risposte dei vegetali. Dato il crescente interesse per la stima del danno agli alberi, si rende necessario disporre di camere abbastanza capienti da permettere di condurre sperimentazioni dose-risposta per parecchi anni.

Obiettivo degli Autori era progettare, costruire e provare una grande camera d'esposizione adatta all'uso in sperimentazioni per misurare l'effetto dell'ozono e dell'acidità della pioggia sulla fisiologia e sulla crescita di specie commerciali di pino per più di cinque anni; l'articolo fornisce una descrizione della camera e delle sue funzioni in termini di effetti sul

microclima, efficienza di esclusione dell'ozono e distribuzione delle concentrazioni dell'ozono.

Ad esempio la temperatura dell'aria nelle ore diurne risulta generalmente più elevata nella camera rispetto all'esterno: nelle giornate nuvolose la differenza è intorno ad 1 °C mentre nei giorni soleggiati può raggiungere i 4,5 °C e variare a seconda dell'altezza a cui viene effettuata la misura.

Il punto di rugiada nella camera risulta generalmente diverso da quello esterno di meno di 1 °C mentre la radiazione totale media all'interno della camera è l'86% di quella ambiente.

L'efficienza di esclusione dell'ozono, infine, è intorno al 75-78%.

M. G.

AULICINO F.A., CONTU A., RAMOUZ E., MELONI P., DEIDDA A., PALA A. - 1991

### Studio di un caso di corrosione batterica in un acquedotto di una regione italiana

*Rapporto ISTISAN* n. 91/4, pp. 91, Roma.

[216]

I fenomeni corrosivi a carico di condutture ferrose (acciaio, ghisa) di acque potabili possono essere causati da interazioni di natura fisico-chimica-biologica.

I fattori fisici implicati sono la velocità dell'acqua e la temperatura. Velocità elevate in-

fluenzano la corrosione per erosione mentre velocità troppo basse favoriscono la formazione di tubercoli e di microfori. Le alte temperature rendono, in genere, l'acqua più corrosiva.

I fattori chimici che hanno un ruolo attivo nella corrosione sono diversi: pH, alcalinità,



ossigeno disciolto, durezza, silicati-fosfati, etc.

Bassi valori di pH favoriscono in genere la corrosione. Un aumento dell'alcalinità dovuta ai carbonati o della durezza riduce la corrosione per la formazione di un velo protettivo di carbonati sulle pareti. L'ossigeno disciolto accelera molte reazioni corrosive; valori elevati possono determinare forature e tubercoli. I silicati e i fosfati possono formare, come i carbonati, veli protettivi sulle pareti.

I processi di corrosione di natura elettrochimica possono essere mediati da microrganismi, attraverso la formazione di caratteristiche incrostazioni che conducono all'alterazione dei materiali costituenti le tubature. Le acque potabili, anche se trattate in modo corretto, contengono infatti cellule batteriche vitali che possono aderire alle pareti interne delle tubature e proliferarvi, producendo un biofilm. Questo, per effetto dell'azione idrodinamica o di altri fattori, si distribuisce sulle pareti a macchie, creando celle di aerazione differenziale; al di sotto delle colonie, infatti, vi è meno ossigeno di quanto se ne trovi nelle zone vicine non colonizzate. Si determinano così siti anodici e catodici che innescano processi corrosivi.

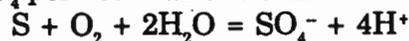
Altri siti anodici e catodici, come è noto, sono determinati dal contatto di materiali diversi nelle tubazioni (racordi, giunture, saldature, etc.). Va ricordato che il ferro è un materiale chimicamente molto reattivo che tende a ritornare nella forma in cui è presente nei minerali di origine.

Nei fenomeni di biocorrosione i batteri più studiati appartengono ai gruppi: ferrobatteri, solfato-riduttori, tiobacilli, altri acidofili ed eterotrofi.

I ferrobatteri hanno la capacità di trasformare il  $Fe^{++}$  presente nell'acqua a  $Fe^{+++}$  depositandolo nelle loro secrezioni mucillaginose (formazione di melme marrone); inoltre concentrano nei loro depositi gli ioni cloruro che poi agiranno come acido cloridrico diluito. Infine sono molto efficienti nell'assorbire ossigeno favorendo la crescita degli anaerobi obbligati, come i solfato riduttori.

I batteri solfato riduttori producono meta-

boliti corrosivi quali  $H_2S$  e  $S^-$ . Il processo di riduzione batterica, inoltre, ostacola la polarizzazione del catodo, impedendo la produzione di  $H_2$ . I tiobacilli hanno la capacità di produrre  $H_2SO_4$  per l'ossidazione dello zolfo



I tiobacilli svolgono la loro azione corrosiva generando prodotti aggressivi (ac. solforico) e abbassando il pH che, come già detto, accelera le reazioni corrosive.

I batteri eterotrofi possono favorire la formazione di depositi di ferro, inglobandoli nei loro polimeri extracellulari acidi. Inoltre *Pseudomonas* svolge un'azione ferro riducente e microrganismi del genere *Bacillus* favoriscono la precipitazione del ferro

Il fenomeno della biocorrosione, già conosciuto dalla fine dell'800, è largamente diffuso nel mondo e causa notevoli perdite economiche (spese di gestione e ripristino delle reti idriche). Anche in Italia il fenomeno è presente, sebbene non ancora riconosciuto come di origine biologica: inconvenienti lamentati nelle reti idriche di varie regioni, quali produzioni di acque rosse, presenza di particelle nere nelle acque, odori sgradevoli con melme di colore variabile dal giallo al rosso, occlusione di pozzi, lasciano intravedere la possibilità di trovarci in presenza di corrosione batterica.

In Italia il primo studio sulla corrosione batterica di una rete idrica è stato condotto in provincia di Nuoro ed è iniziato nel 1986. L'acquedotto in questione è costituito da due reti idriche, una realizzata in acciaio negli anni '40-50, l'altra in ghisa sferoidale non rivestita, realizzata negli anni '70-73; le reti sono state tenute in esercizio separatamente, ma alimentate dalle stesse sorgenti. Nel 1976 fu realizzata una diga le cui acque rifornivano, in aggiunta alle sorgenti, ambedue le reti.

A partire dal 1979 furono segnalate a più riprese prima fenomeni di torbidità dovuti a  $Fe(OH)_3$ , e, in seguito, a presenza di materiale melmoso. Nei primi anni ottanta, dopo vari tentativi falliti di eliminare la torbidità e la colorazione rossastra, si accertò sulle pareti interne delle tubazioni la presenza di concre-

zioni (tubercoli), al di sotto delle quali si presentavano microfessurazioni dovute alla dissoluzione del ferro. Le incrostazioni erano costituite da  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , sali di calcio, magnesio, sodio, solfati e piccole quantità di solfuri; fu sospettata la presenza di ferrobatteri.

Fu dato allora inizio allo studio del fenomeno con l'intento di accertare che la corrosione fosse imputabile veramente a cause biologiche, isolare ed identificare i gruppi batterici responsabili, chiarire i meccanismi dell'istaurarsi del fenomeno e proporre interventi atti a prevenire e contenere la corrosione.

Sono state effettuate analisi chimico-fisiche e microbiologiche delle acque immerse nelle reti prima e dopo il trattamento di potabilizzazione e analisi su un campione di concrezione prelevata da un tubo in acciaio estratto dalla rete. Sia nelle acque che sulle concrezioni sono stati isolati batteri filamentosi del gruppo *Sphaerotilus-Leptothrix*. La *Gallionella ferruginea*, spesso associata a fenomeni di biocorrosione e riscontrata in alcune sorgenti, non è stata rinvenuta nelle acque e nelle concrezioni, ma la sua presenza, vista la difficoltà di isolamento, non può essere esclusa.

Sono stati isolati batteri anaerobi obbligati solfato-riducenti ed identificati come *Desulfovibrio* sp. I batteri eterotrofi più frequenti sono risultati quelli appartenenti al genere *Pseudomonas*; alcuni Autori segnalano questi organismi come ferro riducenti con la capacità di trasformare il  $\text{Fe}^{+++}$  delle superfici metalliche in  $\text{Fe}^{++}$  più solubile. L'eliminazione del  $\text{Fe}^{+++}$  (forma stabile) rende più reattiva la superficie del tubo aumentando la velocità di corrosione.

Sono stati inoltre isolati batteri appartenenti al genere *Bacillus*: il *Bacillus pumilus*, utilizzando il carbonio presente nei complessi di ferro, lascia quest'ultimo fissato in capsule, favorendone la precipitazione; inoltre sono stati isolati *Bacillus mycoides* e *Bacillus cereus* che hanno la capacità di ossidare  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$ . Altri batteri, quali *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Klebsiella* ed il lievito *Sporobolomyces salmonicolor* sono stati rinvenuti in fenomeni corro-

sivi anche se il loro ruolo non è chiaro.

Si può pertanto dire che nel fenomeno di biocorrosione siano intervenute le due componenti batteriche, quella aerobica (*Pseudomonas* ed altri eterotrofi filamentosi ferroprecipitanti) e quella anaerobica (solfato riduttori), come è evidenziato anche dalla presenza di solfuri nelle concrezioni.

Per quanto concerne le modalità di instaurazione del fenomeno è preliminarmente necessaria la formazione di biofilm sulle pareti delle tubazioni. Molecole organiche (polisaccaridi, glicoproteine) e cellule microbiche trasportate dalle acque vengono adsorbite sulle pareti bagnate (più ricche in sostanze nutritive rispetto all'acqua circolante). I primi colonizzatori sembrano essere batteri gram negativi come *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*; seguono poi gli oligotrofi quali *Hiphomicrobium*, *Caulobacter* e *Saprospira* e, infine, una gran varietà di microrganismi quali Lieviti, Funghi, altre forme batteriche, talvolta microalghe; per ultime compaiono forme microbiche filamentose. L'iniziale abbondanza di sostanze nutritive sulle pareti viene a mancare, sottratta dallo sviluppo di forme microbiche; da questo momento i batteri filamentosi che, pur essendo fissati alle pareti, fluttuano nell'acqua ed hanno quindi più opportunità alimentari iniziano a svilupparsi.

Successivamente il biofilm, per azione del flusso dell'acqua, si dispone sulla superficie delle tubazioni a macchie. La colonizzazione a macchie provoca variazioni localizzate delle concentrazioni di ossigeno sulle pareti determinando la formazione di siti catodici ed anodici e flussi di elettroni che partono dalle aree anodiche (sotto le colonie). Processi di ossidazione del ferro, di formazione di sali, di adsorbimento del ferro o di altri metalli, concorrono a determinare altri siti galvanici o sono da questi attivati con la conseguenza della corrosione delle tubature e della formazione di melme marroni.

Va ricordato che i batteri legati al fenomeno corrosivo erano presenti sia nelle acque di sorgente che in quelle provenienti dalla diga. Sem-

bra verosimile pensare che l'immissione delle acque provenienti dalla diga abbia semplicemente accelerato i fenomeni di biocorrosione, in quanto le acque della diga avevano sostanzialmente le stesse caratteristiche di quelle delle sorgenti se si escludono la durezza e l'indice di Kubel. La maggior durezza delle acque delle sorgenti ed un indice di Kubel più basso avrebbero impedito una eccessiva proliferazione batterica e fornito una parziale protezione delle tubazioni, per la formazione di depositi carbonatici.

Per quanto riguarda i possibili interventi di contenimento e prevenzione della corrosione

batterica, scartata la possibilità di ricorrere ai biocidi ( $Cl_2$ ) per gli scarsi risultati, le uniche strade percorribili sembrano quelle legate alla modifica di alcune caratteristiche delle acque in erogazione. Un pH acido favorisce senz'altro lo sviluppo del fenomeno mentre un pH compreso tra 8,5 e 9 sembra in grado di impedire fenomeni di biocorrosione. Anche una durezza medio-alta, con depositi di carbonati sulle tubazioni, ha effetti positivi.

L'alternativa è costituita dalla sostituzione delle tubazioni in acciaio o ghisa con altre in polietilene.

P. S.

CRISP D.T. - 1990

### Simplified methods of estimating daily mean stream water temperature

*Freshwater Biology*, 23: 457-462

[217]



L'andamento giornaliero della temperatura delle acque correnti è di rilevanza biologica. Di particolare interesse è il valore medio giornaliero, soprattutto in relazione al calcolo delle medie mensili e annuali. Poichè la misura continua o a brevi intervalli della temperatura è spesso laboriosa, risulta vantaggioso poter determinare la temperatura media di un corso d'acqua per mezzo di sole poche misure.

L'Autore impiega le misure effettuate in un piccolo corso d'acqua nel Teesdal, in Inghilterra settentrionale, per un confronto tra i diversi metodi di calcolo, assumendo che la media delle letture effettuate, ad intervalli di 1 ora, in

24 ore rappresenti l'effettiva media giornaliera.

I valori medi giornalieri effettivi vengono confrontati con i valori ottenuti con diversi metodi di stima:

1) la media viene determinata per mezzo di una serie di misure effettuate ad intervalli regolari (12, 6 e 3 al giorno): la precisione della stima della temperatura media giornaliera diminuisce con la frequenza delle misure, ma anche con 3 sole misure il valore stimato si discosta dal valore effettivo di non più di  $\pm 0,5^\circ C$ .

2) la media giornaliera viene calcolata come il valore intermedio tra valori massimo e minimo giornalieri [=  $1/2$  (massimo + minimo)]. In que-

sto caso il 96% dei valori stimati si trova entro il limite di  $\pm 0,5$  °C e i valori presentano una leggera ma statisticamente significativa sopravvalutazione

3) determinazione della media giornaliera per mezzo di misure effettuate nei due intervalli

medi giornalieri in cui la curva delle temperature intercetta il valore medio: con questo metodo più dell'80% dei valori stimati sul primo punto presenta una deviazione di  $\pm 0,5$  °C, mentre l'uso del secondo punto conduce a risultati meno soddisfacenti.

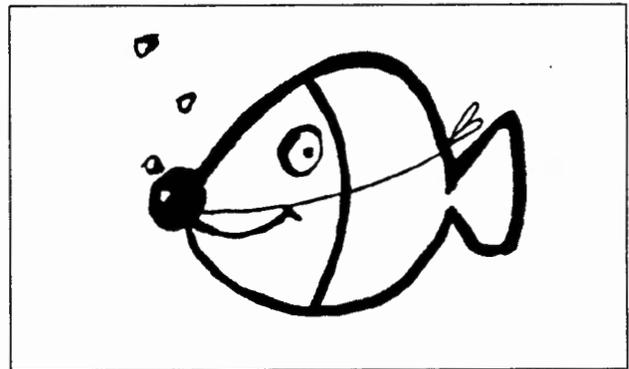
B. T.

BUTTINO I., FILIPPI M., CARDELLICCHIO N. - 1991

**Tossicità dei composti fenolici nell'ambiente marino**

Acqua-Aria, 9, 853-861

[218]



Gli Autori si sono posti come obiettivo quello di raccogliere informazioni sulla tossicità dei composti fenolici in ambiente marino mediante una ricerca bibliografica, aggiornata al 1989.

I fenoli risultano tossici, per gli organismi acquatici, già a concentrazioni dell'ordine di ppm e molti composti appartenenti a questa famiglia alterano le proprietà organolettiche di specie eduli quando il livello di assimilazione è di pochi ppb.

L'articolo prende in considerazione numerosi aspetti quali: sistematica e fonte di produzione dei fenoli, degradazione, assorbimento e bioaccumulazione, studi di tossicità e fattori

ambientali concomitanti, effetti di inibizione della crescita e della maturazione sessuale,

Dall'analisi della letteratura emerge però che soltanto pochi Autori, negli ultimi dieci anni, hanno condotto ricerche relative alla tossicità di composti fenolici nell'ecosistema marino. Sono citati due lavori sugli effetti derivanti da esposizione cronica ed acuta rispettivamente su popolazioni di *Crassostrea gigas* e di Salmone atlantico; altre ricerche, relative ai danni a livello embrionale e di potenziale riproduttivo, mostrano che gli effetti sono registrabili già a concentrazioni molto basse ( $1 \mu\text{g/l}$ ).

M. G.

## SEGNALAZIONI

### LO ZOO DI CARTA Animali tra realtà e fantasia nelle antiche edizioni illustrate della Biblioteca Panizzi

Maurizio Festanti\*



Il rinnovato interesse per la natura, mediato dalla riscoperta e dallo studio dei classici, da Dioscoride a Teofrasto e a Plinio, rappresenta uno dei tratti più caratteristici della cultura umanistica e rinascimentale.

L'osservazione diretta della realtà e l'indagine "scientifica" della natura inducono al progressivo abbandono dell'apparato iconografico medievale e soprattutto in campo anatomico, botanico e zoologico, favoriscono la nascita dell'illustrazione scientifica moderna, che si afferma grazie anche allo sviluppo della nuova arte tipografica. La raffigurazione degli animali, in particolare, si emancipa dall'interpretazione allegorica tipica dei "bestiari" medievali ed approda, nel corso del secolo XVI, ad una rappresentazione realistica che l'uso dell'incisione in rame rende sempre più raffinata.

Il Cinquecento si caratterizza per lo sforzo di

raccogliere in monumentali enciclopedie tutte le conoscenze acquisite in ambito zoologico dall'antichità all'epoca moderna, per offrire da un lato il panorama completo delle cognizioni sull'argomento e per affermare, dall'altro, una rifondazione complessiva del sapere basata su nuovi ordinamenti, su nuovi metodi che consentano allo studioso di orientarsi nella materia.

Tra il 1551 e il 1558 lo scienziato e umanista svizzero Konrad Gesner (1516-1565) pubblica la grande *Historia Animalium* in cinque volumi di complessive 4.500 pagine, illustrate da centinaia di incisioni. Di ogni animale citato dagli autori antichi e moderni, il Gesner raccoglie ogni possibile conoscenza, non solo di carattere scientifico, ma anche letterario, storico, allegorico. La trattazione segue la suddivisione aristotelica: quadrupedi vivipari, quadrupedi ovipari, uccelli, pesci e altri animali acquatici; in ogni gruppo le specie sono disposte in ordine alfabetico.

\* Biblioteca Panizzi, Reggio Emilia



Di questo naturalismo enciclopedico cinquecentesco è espressione tipica la ponderosa opera del bolognese **Ulisse Aldrovandi** (1522-1605) che nel 1599 inizia la pubblicazione di una monumentale enciclopedia di storia naturale con la stampa dei tre volumi dell'*Ornithologia* e del *De animalibus insectis*, mentre gli altri nove volumi dell'opera saranno pubblicati solo dopo la sua morte tra il 1606 e il 1668. Aldrovandi teorizza l'assoluta importanza dell'immagine come strumento di indagine e di approfondimento della realtà naturale, tanto da realizzare un "corpus" di circa cinquemila immagini a tempera, spesso utilizzate come prototipi per le illustrazioni xilografiche delle sue opere a stampa, commissionate ad un gruppo di artisti che operano sotto la sua direzione.

Un tardo continuatore delle opere enciclopediche del Cinquecento è lo scozzese **John Johnston** (1603-1675) autore di una serie di volumi sugli animali di grande successo editoriale. Complessivamente si tratta di un'opera di compilazione, ampiamente debitrice delle opere di Gesner e Aldrovandi anche nell'apparato iconografico, nel quale tuttavia figurano non più xilografie, ma tavole incise su rame con grande perizia tecnica.

Accanto ai trattati enciclopedici si collocano nel Cinquecento le opere monografiche di autori che, all'erudizione storico-filologica, ante-

pongono l'osservazione diretta di ambiti più circoscritti della realtà naturale.

Così ad esempio, si deve al naturalista francese **Pierre Belon** (1517-1564) una delle prime opere specifiche sui pesci e sugli animali acquatici, illustrata con immagini spesso tratte dal vero, mentre al medico e professore **Guillaume Rondelet** (1507-1566), uno dei più vivaci rappresentanti dell'umanesimo francese, si deve la pubblicazione del trattato *De piscibus marinis*, dove sono descritte circa 250 specie di animali marini, le cui peculiarità morfologiche sono illustrate da un ampio apparato iconografico.

Tra le opere monografiche un posto di particolare rilievo spetta, per la qualità delle immagini, al *Dell'Anatomia e dell'infirmità del cavallo* del bolognese **Carlo Ruini** (1530-1598), che può a giusto titolo essere considerato il primo trattato scientifico di anatomia veterinaria.

Nel corso del XVI secolo l'orizzonte naturalistico si amplia attraverso i viaggi e le avventurose esplorazioni dei "nuovi mondi" dell'Africa, delle Americhe e dell'Estremo Oriente che dischiudono alla conoscenza e all'osservazione una natura spesso "incognita" e "inaudita". I naturalisti si improvvisano esploratori, a volte accompagnati da artisti capaci di fissare sulla carta le immagini di quelle nuove meraviglie naturali che andranno ad arricchire le collezioni di rarità e i gabinetti scientifici europei.

Così, se **Giovanni Battista Ramusio** (1485-1557) nella sua opera *Navigazioni et viaggi* descrive nel 1550 animali come l'iguana, il già ricordato Belon intraprende per ordine di Francesco I° un viaggio scientifico nel bacino del Mediterraneo Orientale, raccogliendo nelle sue *Observationes* a stampa notizie e immagini su animali esotici, come la giraffa, il cocodrillo e il camaleonte.

Le terre dell'Europa del Nord, per secoli inesplorate, sono descritte nell'*Historia de gentibus septentrionalibus* dello svedese **Olaf Stor** (1490-1557), detto Olao Magno, che mescola ad immagini tratte dalla realtà raffigurazioni di esseri mostruosi e leggendari, come il terri-



bile "serpente di mare" e i "rangiferi", le renne dotate di tre corna.

Del resto il confine tra realtà e fantasia è molto labile in tutti i trattati naturalistici dei secoli XVI e XVII. Un ampio corredo di mostri e di animali fantastici accompagna il lento e faticoso affermarsi della zoologia come scienza: draghi, centauri, chimere, pesci monaci, idre, unicorni, leoni marini e gli altri esseri prodigiosi dell'immaginario medievale popolano le pagine delle opere "scientifiche" di Gesner, Belon, Rondelet e dello stesso Aldrovandi, al quale si devono due opere come la *Serpentum et draconum historia* e la *Monstrorum historia* pubblicate postume rispettivamente nel 1640 e nel 1642.

La "zoologia fantastica" si arricchisce anche grazie ai racconti dei missionari che intraprendono lunghi viaggi in terre lontane. È il caso del padre cappuccino bolognese Giovanni Antonio Cavazzi (morto nel 1680) che nella sua *Historica descrizione de' tre regni Congo, Matamba e Angola* descrive e illustra anche il "pesce-donna"; oppure del gesuita tedesco Athanasius Kircher (1602-1680) il quale raccoglie i racconti e le testimonianze di viaggio in Cina nella sua opera *China monumentis*, dove, oltre agli usi e costumi, alla flora e fauna di quelle terre, sono raffigurate anche lotte tra tigri e draghi. Ma nella vastissima produzione di padre Kircher, che con grande versatilità si dedicò ai più svariati campi dell'erudizione, altri titoli rivestono un interesse di carattere naturalistico, come l'*Arca Noë*, dove, accanto alla ricostruzione dell'Arca di Noè, sono descritte le circa trecento specie animali che vi

furono ospitate, o come il *Mundus subterraneus*, nel quale sono illustrate le varie specie di draghi che popolano le viscere della terra.

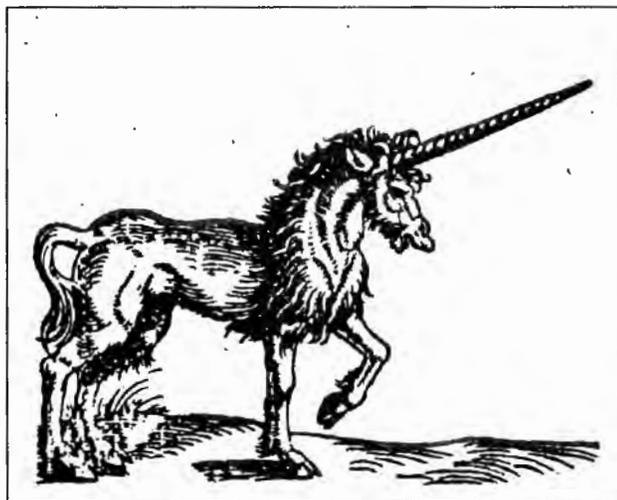
L'interesse che il Seicento riserva alla teratologia è del resto ampiamente confermato dal grande successo editoriale dell'opera di Fortunio Liceti, il *De monstis*, pubblicato per la prima volta ad Amsterdam nel 1665.

Il Seicento vede nascere però anche un nuovo gusto per le scienze esatte e un inedito filone di ricerca naturalistica: quello dell'osservazione dell'infinitamente piccolo, resa possibile dall'invenzione del microscopio. Solo un esiguo gruppo di scienziati sa tuttavia sfruttare le grandi potenzialità del nuovo strumento, considerato per oltre un secolo una pura curiosità.

Così, se si deve a Francesco Stelluti (1577-1646) la prima descrizione di anatomia microscopica di un insetto, pubblicata nel 1630 nel suo *Persio tradotto* con la celebre tavola raffigurante un'ape ingrandita circa venti volte, sarà solo nella seconda metà del secolo che l'osservazione microscopica si sviluppa come attività scientifica.

Spetta soprattutto a Francesco Redi (1627-1697) e alle sue *Esperienze intorno alla generazione degli insetti*, corredate da accurate incisioni, il merito di aver operato, con l'applicazione del "metodo galileiano", una svolta decisiva nell'ambito della storia della biologia. Sulla sua scia e al suo fianco nella battaglia contro il mito della generazione spontanea, si colloca il fiammingo Jan Swammerdam (1637-1680), le cui





riproduzioni di insetti, nella sua opera *Biblia Naturae*, raggiungono livelli altissimi di cura e di precisione, che gli valgono l'ammirazione dei contemporanei.

Nel Settecento diventa viva l'esigenza di ordinare in una visione d'insieme la mole, tanto ingente quanto caotica, dei dati e dei materiali relativi alle scienze naturali.

Tutto il secolo è proteso alla laboriosa opera di sistemazione delle conoscenze acquisite e trova nella classificazione di Carlo Linneo il più ambizioso e vasto tentativo di ordinamento sistematico dei tre regni della natura, ripreso, approfondito e ampliato per tutto il secolo XIX.

Accanto a Linneo, ma in posizione per molti versi antitetica a lui, si colloca la figura di un altro protagonista dello studio della natura: **George-Louis Leclerc de Buffon** (1707-1788), la cui grande *Histoire naturelle générale et particulière* esce in 44 volumi, di cui gli ultimi otto postumi, tra il 1749 e il 1804.

Illustrata da oltre 1.200 tavole di ottima fattura, l'opera persegue l'obiettivo di descrivere tutta la natura, con un interesse prevalente per le abitudini di vita, l'habitat, gli istinti, la morfologia di ogni organismo vivente e con una visione dinamica e aperta del mondo naturale, non statica e puramente classificatoria come invece è in Linneo.

Dotato di una mentalità filosofica e di uno stile letterario elegante e raffinato, Buffon è

impregnato di quello spirito innovatore che si diffonde con la cultura illuministica e che trova nell'*Encyclopédie* di Diderot (1713-1784) e di d'Alembert (1717-1783) la sua più significativa espressione.

Ma, al di là dei trattati teorici e delle opere scientifiche, l'interesse per il mondo degli animali si traduce nel Settecento anche nella pubblicazione di atlanti zoologici illustrati, vere e proprie "gallerie" di immagini, spesso colorate a mano che, per la raffinatezza dell'esecuzione e la cura tipografica si collocano tra i migliori prodotti editoriali del secolo.

E' il caso, ad esempio, della *Storia naturale degli uccelli*, pubblicata a Firenze, tra il 1767 e il 1776, dagli incisori Saverio Manetti, Violante Vanni e Lorenzo Lorenzi, autori delle seicento tavole che adornano l'opera; oppure dei quattro volumi di *Quadrupedi disegnati, incisi e miniati al naturale*, stampati a Venezia tra il 1771 e il 1775 per iniziativa di Innocente Alessandri e di Pietro Scattaglia che incidono le duecento tavole dell'opera e ne curano la pubblicazione in dispense mensili.



---



---

## PAGINE APERTE

---



---



# LOGICA FUZZY, PIU' CHIARA DI QUANTO SI CREDA\*

Earl Cox\*\* e Martin Goetz\*\*\*

Ragionare in maniera confusa non è propriamente un obiettivo che la gente solitamente si pone. E' sufficiente entrare in una qualunque libreria per trovare scaffali pieni di libri che insegnano a ragionare più chiaramente, con maggior precisione e obiettività. Del resto, persino gli EDP (centro elaborazione dati, *n.d.r.*) manager si sforzano di precisare con chiarezza booleana anche le problematiche aziendali più intricate.

Eppure quella che gli inglesi usano chiamare "fuzzy logic" -ossia logica dell'indeterminazione, della probabilità o dell'incertezza- sta diventando una variabile da prendere sempre più in considerazione nello sviluppo dei nuovi sistemi informativi ed è qualcosa che ha originato addirittura un'innovativa matematica, la matematica dell'imprecisione.

L'inclusione di principi di fuzzy logic nell'analisi dei sistemi permette uno sviluppo più rapido delle applicazioni e consente di automatizzare aree aziendali che fino a ieri non erano ritenute razionalizzabili a causa dell'indeterminazione dei parametri operativi.

Applicazioni di tipo assicurativo o finanziario e programmi di valutazione del rischio o delle opportunità generalmente impiegano diversi parametri, per lo più non certissimi e d'interpretazione piuttosto vaga e comunque non facilmente implementabili con algoritmi deterministici, come quelli cui siamo abituati nell'area gestionale. Usando un po' di fuzzy logic, si può insegnare a un programma di considerare una proposta di assicurazione come "abbastanza buona" o "piuttosto rischiosa" senza infarcire il software con una serie infinita di "if".

La logica dell'indeterminazione è oggi lo strumento potenzialmente più idoneo a portare i programmi e i calcolatori ancor più vicini agli uomini, per il modo di pensare e di prendere decisioni. In prospettiva globale, pensare a

---

\* Articolo tratto da Computerworld, 19 settembre 1991

\*\* Fondatore della Knowledge Based Technologies, una software house specializzata in sistemi esperti e logiche fuzzy.

\*\*\* Presidente della Goetz Associates, un'istituto di consulenza informatica.

---

procedure "fuzzy" non è nemmeno qualcosa di fantascientifico, poichè non sono richieste macchine particolari o tecnologie incredibili: il normale patrimonio tecnologico di un qualunque centro di calcolo è, infatti, perfettamente adatto allo scopo.

Ciò che invece deve cambiare è la "testa pensante" del centro EDP e il modo in cui si è sempre stati abituati a concepire lo sviluppo delle applicazioni. Tutti siamo soliti ragionare in termini rigidamente dicotomici: "Se A è

maggiore di B, allora fai questo; in tutti gli altri casi fai quest'altro". Poichè questo modo di agire non è naturale, i programmatori si trovano costretti a farlo, qualche volta con notevole sforzo di apprendimento.

Tutto il lavoro del centro EDP consiste nell'adattare alla logica binaria del "sì" e del "no" le sfumature della vita aziendale e l'infinita articolazione di un mondo dove i termini "pochi", "tanti" o "abbastanza" hanno poco senso per un calcolatore.

La logica dell'incerto o del non quantificabile -descritta per la prima volta nel 1965 da Lofti Zadeh, professore della Berkeley University della California- ha in sé il potenziale per superare una simile costrizione, permettendo al computer di ragionare in un modo più familiare all'essere umano. Non solo, è anche probabile che con un po' di fuzzy logic le consuete macchine gestionali di uso quotidiano siano anche in grado di dare risposte probabilistiche a domande poste da un utente che utilizzi il linguaggio naturale come strumento d'interazione.

### UN CASO IPOTETICO

Uno dei campi in cui la logica dell'indeterminazione può essere meglio applicata è lo sviluppo di applicazioni in cui risulti pressochè scontata l'incertezza di coloro che pongono le domande al sistema. Un esempio classico potrebbe essere lo schedario giudiziario di una stazione di polizia, cui si rivolge una giovane scippata.

La ragazza è stata avvicinata alle spalle, ha sentito il classico strattone e ha poi visto il malvivente involarsi di corsa con la sua borsetta. La descrizione che la giovane dà del suo scippatore è più o meno questa: "Un uomo abbastanza alto, non molto grosso e non particolarmente giovane".

Come "traduzione" di questa valutazione soggettiva è possibile formulare una query "fuzzy" di questo genere: "Seleziona il nome e la fotografia di un individuo maschio moderatamente alto, non molto pesante e abbastanza avanti con gli anni, secondo il parere di una giovane ragazza".

Il database potrebbe rendere come risposta la fotografia dei signori Bianchi (0,92 di probabilità), Rossi (0,87), Verdi (0,55) e Gialli (0,42) sulla base dei dati contenuti nel computer che danno le seguenti caratteristiche per i sospettati: Bianchi (1,75 m, 56 anni, 76 kg), Rossi (1,69 m, 50 anni, 68 kg), Verdi (1,58 m, 49 anni, 50 kg) e Gialli (1,78 m, 61 anni, 90 kg).

Ecco dimostrato come un procedimento "fuzzy" possa facilitare enormemente la comunicazione e l'ottenimento di risultati in tutti i casi in cui sia possibile specificare una grande quantità di dettagli in maniera non specifica e precisa.

### UN'OCCHIATA ALLA TEORIA

La fuzzy logic ha una storia relativamente recente e per capire il suo potenziale è opportuno dare un'occhiata più da vicino al patrimonio teorico che sta alla sua base, a cominciare dalla nozione che "non è detto che un certo elemento appartenga o non appartenga ad un determinato insieme". In realtà può capitare che un elemento appartenga "in parte" a un insieme.

Un esempio abbastanza classico è il concetto di "uomo alto": tutti noi metteremmo senza esitazione un uomo alto due metri nell'insieme degli uomini alti e un uomo alto un metro e mezzo nell'insieme degli uomini bassi. Si può quindi affermare che esiste una certa nozione di cosa è un "uomo alto" e di cosa è un "uomo basso". Fin qui il discorso è molto semplice, ma che cosa fare di due uomini alti un metro e ottanta e un metro e settantacinque? A quale insieme appartengono? E di conseguenza, qual è l'altezza sotto la quale un uomo smette di essere un "uomo alto"? Non esistono risposte deterministiche a questo quesito, perchè un

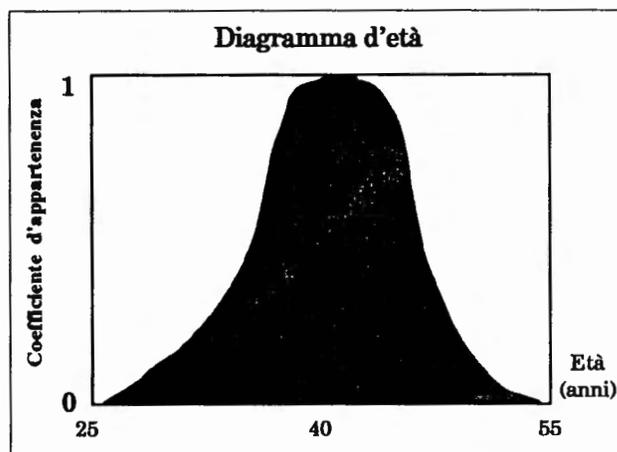
giocatore di basket alto un metro e novantacinque è un "uomo basso" ed è appunto ciò che volevamo dimostrare. L'insieme degli uomini alti non è un insieme determinabile in maniera precisa ("crisp", dicono gli inglesi), ma è un insieme indeterminato ("fuzzy"). Per tutti gli insiemi di questo genere non ha quindi senso chiedersi se un certo elemento appartenga o meno all'insieme; ha invece più senso capire "per quale percentuale" l'elemento appartenga all'insieme. In genere si suole dare il valore "0" a un elemento che non appartiene per nulla all'insieme (un uomo alto un metro e sessanta rispetto all'insieme degli uomini alti) e il valore "1" a un elemento che appartiene interamente all'insieme (un uomo alto due metri). Tutti gli elementi intermedi avranno una percentuale di appartenenza, che potrebbe essere "0,5" per chi è alto uno e sessantotto e "0,75" per chi è alto uno e ottanta.

Il livello di appartenenza all'insieme degli uomini alti può essere rappresentato con un grafico, che riporta sull'asse orizzontale la progressione delle altezze e sull'asse verticale la percentuale di appartenenza all'insieme. Una retta di riferimento sulla quale mappare le altezze dei vari individui considerati fa da guida nella determinazione del loro livello di appartenenza all'insieme.

Un altro esempio, un po' più complesso, può essere quello relativo al concetto di "uomo di mezza età".

Qui le cose sono intricate perchè la mezza età è uno stato transitorio, nel quale si entra a un certo stadio della vita e dal quale si esce alcuni anni dopo. Un modo di ragionare deterministico non può accontentarsi della definizione di "uomo attorno ai quarant'anni", ma deve mettere dei limiti ben precisi, diciamo dai trenta ai cinquant'anni, una definizione che fa sì che nell'insieme delle persone di mezza età possano tranquillamente trovarsi padre e figlio.

Se invece si osserva il diagramma d'età, si può vedere come, usando tecniche di fuzzy logic, l'insieme degli uomini di mezza età sia delimitato assai più precisamente dall'area de-



finita dalla curva. Anche qui abbiamo sull'asse orizzontale l'età e sull'asse verticale il coefficiente di appartenenza all'insieme. Scorrendo la curva, si vede che un uomo di 25 anni ha un coefficiente di appartenenza all'insieme pari a "0", mentre uno di 35 appartiene all'insieme degli uomini di mezza età per un valore pari allo "0,50", fino al massimo della curva che comprende tutti gli uomini di 40 anni, che sono in pieno nella mezza età (quindi hanno valore 1). Oltre questo valore, la percentuale torna a calare perchè gli individui si avviano verso la vecchiaia (non si dovrebbe dire, ma ...).

Le curve che abbiamo mostrato sono di fatto le più semplici, ma possono essere variamente complicate facendo entrare nel conto anche valori più sfumati e legati alla sensibilità personale: un uomo di trent'anni non accetterà mai di essere definito di mezza età e questa valutazione può entrare come fattore correttivo della curva base per tutte le applicazioni che dovessero richiederlo.

#### NUOVA SEMANTICA

Al di là delle questioni teoriche, a cosa può servire un'applicazione che faccia uso di fuzzy logic in ambiente commerciale? Se si pensa a una query fatta su un database relazionale intesa a scoprire non "tutti gli uomini sopra i cinquant'anni e sopra il metro e ottanta", ma "tutti gli uomini anziani e alti" -che è il modo in cui è probabile che l'interrogazione venga formulata da una persona assolutamente a digi-

### ESERCIZI DI ECONOMIA AZIENDALE

Grande invenzione i database. Ci permettono di registrare e recuperare miriadi di informazioni velocemente ed efficientemente. L'unico problema è che spesso richiedono all'utente di padroneggiare un linguaggio che, se non è molto complicato, è sempre piuttosto preciso e necessita di una quantità di parametri a volte anche notevole.

Questo è tipicamente l'ostacolo che fa sbuffare i dirigenti che non hanno tempo (o voglia) di imparare ciò che ritengono solo un'astruseria da tecnici o comunque un qualcosa di disdicevole. La fuzzy logic può essere la risposta a questi problemi, insieme a quelli più oggettivi che derivano da tutti quei casi in cui si deve interrogare un database di grandi dimensioni e di accesso pubblico (quotidiani di borsa, listini dei cambi, mercati internazionali, banche dati specializzate eccetera).

Un sistema capace di gestire la logica dell'indeterminazione è poi anche in grado di alleviare al professionista il peso di dover ragionare in termini booleani ogni qual volta ci sia da aggiungere un AND o un OR, per non parlare del concetto che logicamente viene espresso con OR NOT e che invece va scritto AND NOT, come ben sanno tutti i programmatori.

Per provare la realtà delle nostre affermazioni facciamo qualche esercizio di economia aziendale, utilizzando come database di riferimento un ipotetico elenco di aziende, per ognuna delle quali conosciamo il nome, il rapporto profitti/fatturato, il fatturato, il profitto, il numero di prodotti in catalogo e il numero degli addetti al commerciale. Usando questo database, la società XYZ sta cercando un partner ideale con cui concordare un'acquisizione.

In primo luogo i dirigenti della XYZ si concentreranno sui dati di fatturato e indicheranno nelle società con un fatturato maggiore di 600 milioni di lire il candidato ideale. L'esperto informatico scriverà quindi una query SQL capace di trovare questa società: `SELECT COMPANY WHERE REVENUE > 600`. Questa query porterà agli occhi dei richiedenti i dati delle società D, E, F, G, H e I, ma trascurerà -correttamente- la società C che ha un fatturato di 599 milioni di lire. Ciò risulterà corretto dal punto di vista tecnologico, ma dal punto di vista del dirigente che ha interrogato il database probabilmente una differenza di questo genere non apparirà molto significativa, soprattutto se gli altri parametri finissero poi con il dimostrare la migliore candidatura dell'azienda C.

Per superare il problema emerso nel nostro esempio è lecito fare ricorso a principi della fuzzy logic, che, ricordiamo, possono permettere di ottenere risposte concettualmente significative e precise anche in casi in cui la formulazione delle richieste informative avvenga mediante l'indicazione di parametri qualitativi e non quantitativi (`REVENUE > 600`).

Si creerà, quindi, un insieme cui apparterranno per lo 0% le aziende con un fatturato inferiore ai 550 milioni di lire e per il 100% le aziende con più di un miliardo e mezzo di lire di giro d'affari. La parola chiave per designare l'appartenenza a questo insieme sarà "PROFITTI ALTI". Sottoponendo poi al database una query "fuzzy" del tipo

`SELECT COMPANY WHERE FATTURATO IS ALTO`, si otterrà un risultato che comprenderà sì le stesse società di prima, ma con l'aggiunta anche della società C.

Chi ha formulato la query avrà ora di fronte a sé il risultato, completo di percentuali di appartenenza di ciascuna società all'insieme identificato. Cosa è successo? La spiegazione è semplice: qualcuno ha definito i limiti dell'insieme considerato e ha dichiarato che tutti coloro che appartengono a quell'insieme sono, in percentuale maggiore o minore, catalogabili come aziende a FATTURATO ALTO.

Il lettore attento, a questo punto, potrebbe sottolineare come alla fin fine si tratti sempre di una decisione presa dagli uomini, che hanno definito i limiti di appartenenza all'insieme indicando alla macchina dati ben precisi; la logica dell'indeterminazione è stata poi applicata solo all'interno di questi limiti "umani".

E' una critica perfettamente corretta e da non sottovalutare, perché anche nei sistemi "fuzzy" l'intervento umano gioca la sua importanza e una valutazione errata dei limiti può rendere inutile e priva di logica ogni ricerca ulteriore.

Il punto centrale è proprio questo: il ragionamento della macchina può essere indeterminato solo all'interno dei limiti comunque precisati, tramite i quali "scalare" l'appartenenza degli elementi all'insieme. Un fatto che però di per sé riveste una notevole importanza. Quando una ricerca su un database recupera un'enorme serie di record, spesso è difficile stabilire quali record siano da analizzare con più attenzione e questo è un difetto della logica tradizionale. Un procedimento basato su principi di fuzzy logic può allora aiutare moltissimo, poiché ogni record che viene recuperato risulta completato con la sua percentuale di appartenenza all'insieme delimitato dalla query o su cui la query ha lavorato.

Infiniti sono, a questo punto, i metodi per migliorare l'attendibilità di una query. Si può, per esempio, riorganizzare dinamicamente il limite dell'insieme (se si scopre che il limite di 550 milioni è troppo basso per far scendere un'azienda nel novero di quelle con FATTURATO ALTO). Modificando solo i limiti dell'insieme, la stessa query sottoposta prima darà risultati diversi però sempre coerenti con gli intendimenti di chi l'ha studiata.

Se, invece, i limiti dell'insieme sono ritenuti corretti, si possono variare i predicati della query per ottenere risultati più ristretti, per esempio aggiungendo indicazioni relative al rapporto profitti/fatturato o alla percentuale assoluta di redditività.

Creare in una banca dati insiemi "fuzzy" significa mettere a disposizione degli interroganti nuovi strumenti semantici per ottenere informazioni. In altre parole, con l'applicazione dei principi della fuzzy logic, chi si metterà davanti al terminale non avrà a che fare solo con "un certo numero di record", ma anche con una valutazione in merito alla loro appartenenza a un insieme predefinito e, si spera, aderente agli schemi concettuali dell'interrogante, che potrà quindi lavorare con il suo naturale linguaggio.

no di conoscenze sulla logica binaria-, la risposta appare ovvia.

Per passare dalla teoria alla pratica è necessario definire una serie di "delimitatori" o "hedges", cioè un aggregato di valori e definizioni che aiuti a precisare i contorni di un insieme indeterminato, attraverso approssimazioni, diluizioni e anche inversioni di alcuni concetti. Ecco allora che delimitatori del tipo "all'incirca", "attorno" e "sopra" sono impiegati per approssimare, "molto" per intensificare e "piuttosto che" per invertire il senso di appartenenza a un insieme, così come "non".

Con l'aggiunta di questi delimitatori si può ulteriormente dare forma alla query di cui abbiamo accennato prima, facendola diventare "seleziona tutti gli uomini piuttosto alti e non molto vecchi", che potrebbe essere esattamente la query sottoposta dal responsabile della polisportiva aziendale che vuole capire se riuscirà a formare una squadra di pallacanestro per il prossimo torneo del CRAL.

#### FUZZY LOGIC NELLE AZIENDE

La logica dell'incerto può letteralmente rivoluzionare le procedure gestionali del centro EDP aziendale. Quelli che seguono sono solo alcuni esempi.

- **Information retrieval.** Oggi i manager che stanno, per esempio, effettuando un'analisi della concorrenza sono per prima cosa costretti a creare una serie di indicatori precisi per qualificare determinate variabili, come "la rapidità di crescita dei profitti", "il crescere del costo del lavoro" eccetera.

Con un po' di fuzzy logic questo passo potrebbe essere tranquillamente saltato, tanto che, al momento di studiare la posizione dell'azienda rispetto alla concorrenza, sarebbe sufficiente chiedere al database aziendale i dati di budget relativi alle aziende "il cui fatturato stia crescendo rapidamente e per le quali il rapporto fatturato/profitti risulti alto".

Ciò è sicuramente più naturale e si sposa meglio con il modus operandi dei manager.

- **Costruzione di sistemi esperti.** Il modo con cui si costruiscono solitamente i sistemi esperti prevede a un certo punto l'implementazione della base di conoscenza, un processo cui si applicano da una parte l'esperto umano, sul cui modello viene costruito il sistema, e dall'altra il cosiddetto "ingegnere della conoscenza", il cui compito consiste nel tradurre in valori fissi e regole deterministiche la conoscenza dell'esperto. Il problema è che gli esseri umani non si esprimono mai in termini assoluti, soprattutto per quanto riguarda la loro esperienza, e quindi il processo di mappatura della base di conoscenza è spesso approssimativo. Riuscire ad esprimere principi d'inferenza in maniera "fuzzy" sarebbe, quindi, di grande beneficio.

- **Manutenzione e sviluppo delle applicazioni.** Attualmente quasi la metà della manutenzione ordinaria dei sistemi gestionali si rende necessaria per allinearli con le mutate condizioni dell'attività aziendale. Molte di queste operazioni consistono nel modificare valori di tabelle e coefficienti fissi.

Sistemi sviluppati con principi di fuzzy logic possono ridurre enormemente questi aggiornamenti, sostituendo fin dal principio valori deterministici con principi vaghi, aggiornabili "in corso d'opera" al mutare delle condizioni operative.





IAWPCR, ISWA  
 IAWPCR - Specialist Group on Anaerobic Digestion, IAWPCR - Italian Section  
 University of Venice  
 University of Barcelona  
 Centro Interuniversitario di Tecnologia e Chimica dell'Ambiente  
 Snamprogetti SpA

International Symposium on

## ANAEROBIC DIGESTION OF SOLID WASTE

Venice (Italy), 15-17 April 1992

### Purpose and scope:

The anaerobic digestion of solid wastes, in the area of environmental biotechnologies, is a topic of increasing interest. However, it has frequently played a minor role in environmental conferences.

Therefore, it seems useful to organize a specific event to more comprehensively discuss the aspects related to the biomethanization of solid substrates.

The purpose of the symposium is to promote collective efforts towards the development of acceptable biotechnological approaches for solid waste management by providing a forum for exchange of experience and technology among international professionals and researchers concerned with as many significant aspects as possible.

The major emphasis of the presentations will focus on: fundamentals; reactor configurations; process performance and design; kinetics, modelling and control; co-digestion processes; chemical production

from wastes; post and finishing treatments; and case studies. These topics will be related to anaerobic digestion in constructed reactors as well as *in situ* processes.

Municipal solid wastes is expected to be the main substrate. However, studies related to the anaerobic digestion of other solid wastes and co-substrates, including hybrid systems developed to treat both the solid and the liquid fractions, are of interest for the meeting.

### Per informazioni:

Prof. Franco Cecchi  
 Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Venezia  
 Calle Larga Santa Marta 2137  
 I-30123 Venezia  
 Tel. 041/5298522  
 Fax 041/5298584



#### Fonti delle illustrazioni:

- pag. 3: *Corriere Salute*, suppl. al *Corriere della Sera*, 24/9/90.
- pag. 5: H. BRIX, H.H. SCHIERUP. The use of aquatic macrophytes in water-pollution control. *Ambio*, 18 (2), 1989.
- pag. 14: F. PERCO, F. MUSI, R. PARODI. L'oasi avifaunistica di Marano lagunare. WWF, delegaz. Friuli-Venezia Giulia, Udine, 1983.
- pag. 15: *Computerworld*, 27/4/1989.
- pag. 21: R.C. PETERSEN, LENA B.M. PETERSEN. Lowland Stream Restoration Measures, The Lego Model.
- pag. 23 e 25: Zanzare, prevenzione e lotta. *Reg. Sarda, Centro Reg. Anti Insetti*, Cagliari, 1988.
- pag. 27: H. STREBLE, D. KRAUTER. Atlante dei microrganismi acquatici. Ed. F. Muzzio, Padova, 1984.
- pag. 28 (1<sup>a</sup>): Catalogo "Soffieria Scientifica", Milano.
- pag. 28 (2<sup>a</sup>): L. VIGNOLI. Sistematica delle piante inferiori. Tallofite. Ed. Calderini, Bologna, 1964.
- pag. 29: La natura in fiore. Flora e fauna dell'ambiente urbano. *Civici Musei*, Reggio Emilia, 1990.
- pag. 32: Agenda Verde. Ed. Lega per l'Ambiente-Ed. del Grifo, Siena, 1990.
- pag. 35: *Notiziario Centro Documentazione*, Pistoia.
- pag. 36: *Naturopa*, n. 1/1990.
- pag. 37-40: Depliant mostra "Lo zoo di carta". *Comune di Reggio Emilia, Biblioteca Panizzi*, 1991.
- pag. 41: *Lavoro e salute*, n. 9/10, sett.-ott. 1990, Bologna.
- pag. 42: *Rotary*, maggio 1989.
- pag. 45: *Lavoro e salute*, n. 7/8, luglio-agosto, 1990, Bologna.

Supplemento al n. 6 anno XVIII del periodico mensile "La Provincia di Reggio Emilia"  
Spedizione in abbonamento postale - gruppo III, 70%  
Autorizzazione Tribunale di Reggio Emilia n. 175 del 25.1.1965