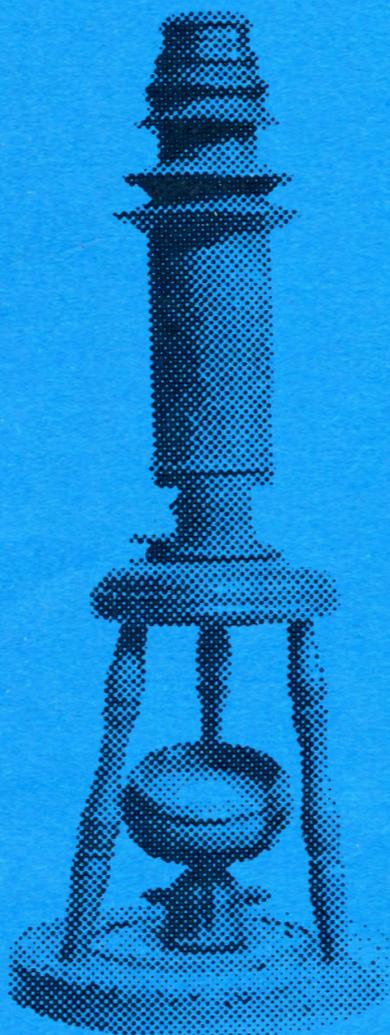


biologia ambientale

2

marzo
aprile
1993

BOLLETTINO **C.I.S.B.A.** anno VII n. 30



SOMMARIO

<i>EDITORIALE</i>	3
<i>ANALISI DEI DATI</i>	5
Il liscio esponenziale centrato: proposta di un semplice metodo di perequazione delle curve per l'analisi di serie storiche di dati <i>di G. Sansoni</i>	
<i>INDICI AMBIENTALI</i>	18
L'inventario delle caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua alpini. Guida all'uso della scheda RCE-2 <i>di M. Siligardi e B. Maiolini</i>	
<i>ATTUALITA'</i>	25
L'America in Italia I sillabari delle foreste	
<i>ABSTRACTS</i>	26
Rassegna monografica sui metodi di depurazione seminaturali	
<i>SEGNALAZIONI</i>	36
Manuale per la difesa dei fiumi	
<i>PAGINE APERTE</i>	39
Dibattito sul saggio di tossicità per effluenti complessi <i>di L. Guzzella e R. Marchetti</i>	
<i>APPUNTAMENTI</i>	41



biologia ambientale

Bollettino C.I.S.B.A. n. 2/1993

direttore responsabile
Paolo Carta

REDAZIONE

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

Hanno collaborato a questo numero:

Franca Egaddi
Licia Guzzella
Bruno Maiolini
Roberto Marchetti
Maurizio Siligardi
Giuseppe Sansoni

Numero chiuso in redazione il 18/4/1993

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 nazionali concernenti la tutela ambientale.

Per iscriversi al C.I.S.B.A. o per informazioni scrivere al:
Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale, c/o Dipartimento della Prevenzione USL n° 9, via Amendola 2, C.P. San Maurizio - 42100 Reggio Emilia
o telefonare al Segretario:
Roberto Spaggiari: 0522/295460; fax 0522/295446

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

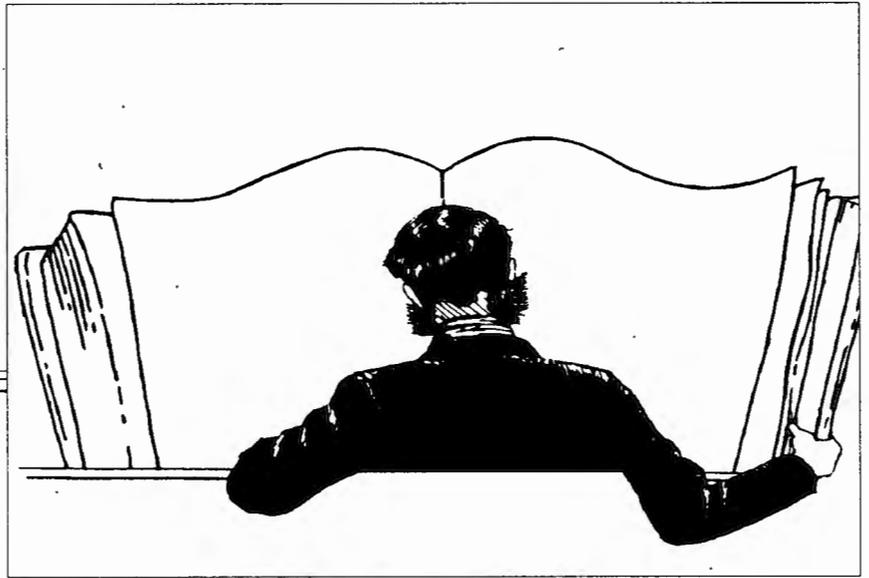
I soci ricevono il bollettino *Biologia Ambientale* e vengono tempestivamente informati sui corsi di formazione e sulle altre iniziative del C.I.S.B.A.

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 revisori per l'approvazione e non verranno restituiti, salvo specifica richiesta dell'Autore all'atto dell'invio del materiale.

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

EDITORIALE



Gordon Bennet, maestro americano del moderno giornalismo d'informazione e fondatore del "Morning Herald", impartiva questi consigli ai suoi redattori: "Se vi viene una buona idea, scrivetela; poi rileggete il testo e cancellate ciò che non è indispensabile. Finalmente immaginate di dover telegrafare il vostro testo a Sidney, in ragione di tre dollari e mezzo per parola. Tutte le parole che non valgono tre dollari e mezzo eliminatele e se, dopo queste successive operazioni rimane ancora qualcosa sul vostro manoscritto, stampatelo".

Gordon Bennet è morto nel 1872: i suoi consigli, tuttavia, conservano ancora intatta la loro validità!

Anche la tecnica oratoria ha le sue regole: moltissimo si può esporre in dieci minuti o al massimo in un quarto d'ora. Tutto ciò che eccede tale limite generalmente va perduto. E lo sanno bene i buoni oratori che conoscono il segreto per non annoiare. La regola infallibile per provocare la noia è la pretesa di dire tutto. Il cattivo oratore infatti ha sempre qualche cosa da aggiungere; il buon oratore invece cerca ciò che conviene togliere. E conviene sempre!

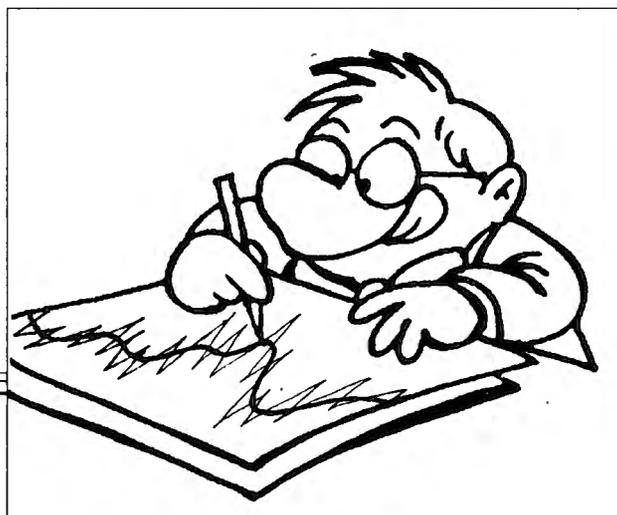
Il famoso discorso che tenne Abramo Lincoln a Gettysburg nel 1863 -nonostante la ricchezza e potenza di contenuto- fu così breve che i fotografi non ebbero il tempo di sistemare il cavalletto, tirarsi sulla testa il panno nero, inquadrare l'immagine e regolare l'obiettivo. Ecco perchè non è rimasto un documento fotografico di quel memorabile evento.

A molte persone andrebbe ricordata la massima tramandataci dall'antico Egitto, che dice: 'Misura le parole: la rovina di un uomo sta nella lingua. Il nostro corpo ospita molte parole: lascia che le risposte sbagliate vi restino impigliate'.

Coloro che parlano da un pulpito -politici, sacerdoti, oratori professionisti- non devono mai dimenticare che, sino a quando ci sarà libertà di parlare e di ascoltare, l'uditorio sarà composto esclusivamente di volontari. A dei volontari, quindi, si deve parlare con cortesia, con rispetto e con gratitudine: soprattutto non bisogna abusare della loro pazienza e del loro spirito di sopportazione. Sarebbe estremamente sleale abusare del fatto che chi ascolta è lì volontariamente e deve aspettare la fine del discorso per poter reagire.

Al Sinodo dei vescovi è stato attivato il noto meccanismo che dopo cinque minuti dà un colpetto discreto di avvertimento, a sette minuti i colpetti diventano due, a otto il campanello impedisce in pratica di continuare suonando senza interruzione: perchè non adottarlo più spesso per certi oratori troppo prolissi?

ANALISI DEI DATI



IL LISCIAMENTO ESPONENZIALE CENTRATO: proposta di un semplice metodo di perequazione delle curve per l'analisi di serie storiche di dati

Giuseppe Sansoni*

I ricercatori sanno bene, per esperienza, quanto spesso le serie di dati raccolte sul fenomeno in studio siano disturbate da irritanti irregolarità che ostacolano l'individuazione delle leggi sottostanti o, più semplicemente, l'interpretazione dell'andamento del fenomeno.

Nella fig. 1, ad esempio, relazioni puntuali tra il COD in ingresso e in uscita dal depuratore e l'efficienza depurante (curve a tratto sottile) sono difficili da cogliere, perché mascherate dal forte "rumore di fondo" che caratterizza i parametri in esame.

Indubbiamente, un ritocco delle curve volto ad attenuare le variazioni accidentali e a delineare più chiaramente l'andamento di fondo dei parametri rappresenta un utile ausilio per l'analisi dei dati. Ciò rende ragione della notevole mole di ricerche compiute da lungo tempo sui metodi di interpolazione delle serie di dati, un'ampia rassegna dei quali è illustrata nel trattato di BOLDRINI (1950).

* Servizio Multizonale di Prevenzione Ambientale, USL n. 2, via del Patriota 2, Massa.

Il lisciamento, o perequazione, delle curve è un caso particolare di interpolazione ed è spesso impiegato in sostituzione dei metodi con funzioni matematiche (polinomiali, esponenziali, ecc.) per ricavare la tendenza secolare, o asse medio, di una serie storica di dati. Questa operazione rappresenta un passaggio obbligato nell'applicazione di vari metodi, sia deterministici che stocastici, volti ad individuare la presenza di eventuali componenti periodiche, come l'analisi periodale, l'analisi armonica, la cimanalisi (VERCELLI, 1940; VIANELLI, 1954; SANTAMARIA, 1981).

Il lisciamento, infine, si rivela particolarmente prezioso nel caso di grafici per pubblicazioni di carattere divulgativo, nelle quali interessa illustrare il fenomeno solo nelle sue linee essenziali, evitando dettagli che potrebbero risultare fuorvianti.

Scopo del presente lavoro è illustrare il procedimento che ha consentito di mettere a punto un metodo semplice di lisciamento di serie storiche di dati e di variarne a piacimento l'entità, come esemplificato nella fig. 2.

In un primo momento l'attenzione è stata rivolta ai metodi classici di perequazione delle curve; successivamente, per superare alcuni inconvenienti di tali sistemi, è stato sviluppato il metodo oggetto della presente proposta, detto lisciamiento esponenziale centrato.

Lisciamiento con medie mobili semplici

Il procedimento di perequazione più semplice consiste nel sostituire ad ogni valore y dell'ordinata la media aritmetica y' fra il valore dell'ordinata stessa e le n coppie di ordinate simmetricamente adiacenti:

$$y' = (y_{-n} + \dots + y_{-2} + y_{-1} + y + y_1 + y_2 + \dots + y_n) / (2n+1)$$

L'algoritmo di calcolo impiegato rende ragione del

termine *medie mobili*: calcolata la media y'_t tra $2n+1$ dati adiacenti, per calcolare la media seguente y'_{t+1} si scarta il primo di essi e si aggiunge il dato successivo, e così via.

Nell'esempio della tab. 1 vengono riportate nella seconda colonna, in funzione del tempo t , i valori delle ordinate y di un frammento di serie storica (12 dati); la terza e quarta colonna riportano le medie mobili aritmetiche y' rispettivamente per $n=1$ dati (media tra la y_t e la coppia adiacente y_{t-1} e y_{t+1}) e per $n=3$ (media da y_{t-3} a y_{t+3}). Esempi di calcolo dei primi due termini delle medie mobili sono:

per $n=1$ ($N=2n+1=3$) (tab. 1: 3^a colonna):

$$y'_1 = (2+4+9)/3 = 5$$

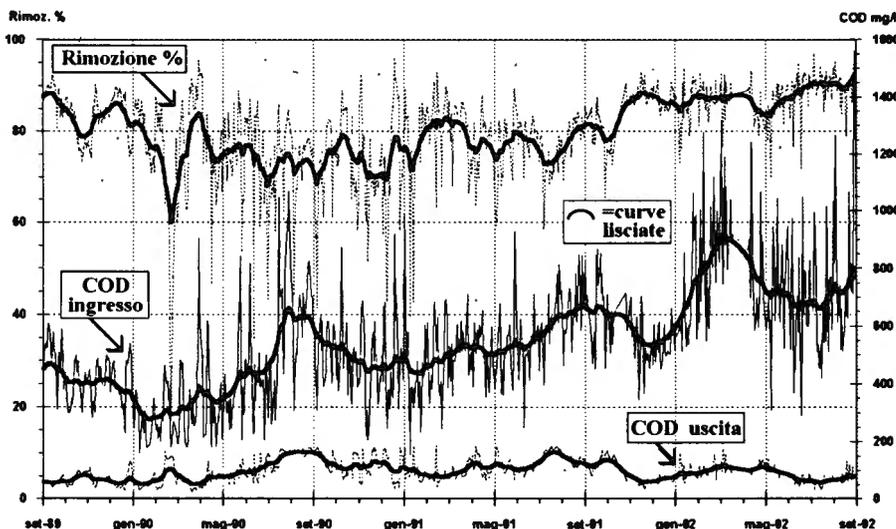
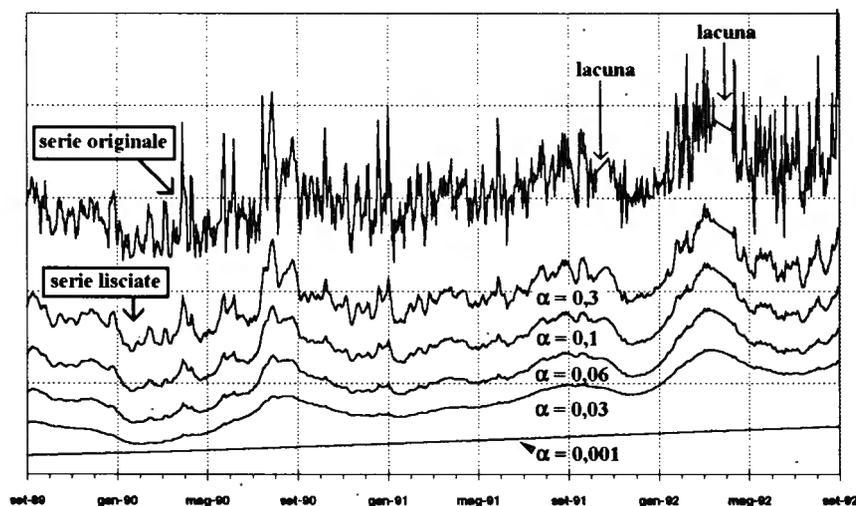


Fig. 1
COD in ingresso e in uscita ed efficienza depurante dell'impianto delle Querce (Massa)

Sovrapponendo alle serie originali, molto irregolari, le curve lisciate si apprezzano con maggiore immediatezza l'andamento generale dei parametri in studio e le relazioni tra essi. Sono meglio individuabili, ad es., le oscillazioni stagionali; a partire dal luglio 1991, inoltre, a seguito della sostituzione dell'insufflazione d'aria compressa con l'iniezione di ossigeno liquido si nota, nonostante l'aumento del carico in ingresso, una tendenza alla diminuzione del COD in uscita e un potenziamento dell'efficienza depurante che si attesta attorno al 90%, riuscendo ad "assorbire" anche punte di carico elevate, quale quella del marzo '92.

Fig. 2
Esempio di vari gradi di lisciamiento

La curva superiore riporta i dati originali del COD in ingresso al depuratore delle Querce (gli stessi dati della curva al centro nella fig. 1). Le altre curve, procedendo verso il basso, rappresentano lisciami progressivamente più spinti, ottenuti col metodo esponenziale proposto nell'articolo; per evitarne la sovrapposizione, le varie curve sono state arbitrariamente traslate sull'asse delle ordinate. La potenza e versatilità del metodo sono illustrate dalla facilità con la quale la serie originale può essere liscata - fino a ridurla addirittura rettilinea - semplicemente riducendo il solo valore della costante di lisciamiento esponenziale α , il cui significato è spiegato nel testo. I due tratti rettilinei indicati dalle frecce rappresentano lacune della serie originale, colmate con valori intermedi a quelli dei dati adiacenti.



$$y'_2 = (4+9+5)/3 = 6 \quad \dots (\text{ecc.})$$

e per $n=3$ ($N=2n+1=7$) (tab. 1: 4ª colonna):

$$y'_3 = (2+4+9+5+1+3+2)/7 = 3,71$$

$$y'_4 = (4+9+5+1+3+2+7)/7 = 4,43 \quad \dots (\text{ecc.}).$$

La tab. 1 e il relativo grafico (fig. 3) mostrano due importanti caratteristiche del lisciamento con medie mobili:

- quanto più elevato è N , tanto più spinto risulta il lisciamento (il valore $n = [N-1]/2$, corrispondente al numero di coppie di dati utilizzate nel calcolo della media mobile, è definito "età media" dei dati);
- per i primi e gli ultimi n termini della serie storica non è possibile calcolare la media mobile; rispetto alla serie originaria, la curva lisciata risulta perciò mancante di n valori ad ogni estremo della serie.

Lisciamento con medie mobili ponderate

Per le operazioni di perequazione si usano da lungo tempo combinazioni del tipo seguente:

$$y' = 2a_0 y + a_1 (y_{-1} + y_1) + a_2 (y_{-2} + y_2) + \dots + a_n (y_{-n} + y_n)$$

in cui i coefficienti $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$ hanno valori progressivamente decrescenti e tali che:

$$2(a_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_n) = 1.$$

Con tale accorgimento si realizza il calcolo di medie mobili *ponderate* in cui, per la scelta di coefficienti decrescenti, la zona centrale dell'intervallo degli N dati perequati viene ad essere influenzata più debolmente dalle variazioni di forma che si sviluppano ai suoi lati.

VERCELLI (1940), oltre ad esporne i metodi di calcolo, fornisce utili combinazioni di coefficienti per ciascuna delle seguenti finalità: lisciamento, calcolo dell'asse medio, selezione di eventuali componenti ondulatorie a periodo breve o a periodo lungo. Nell'appendice A si riportano le combinazioni di più largo impiego per il lisciamento e per il calcolo dell'asse medio (da eseguirsi sui dati già lisciati).

Applicando, a titolo di esempio, le combinazioni proposte per il lisciamento alla serie della tab. 1, il calcolo dei primi due termini lisciati risulta:

per $n=1$ ($N=3$); $2a_0=1/2$; $a_1=1/4$:

$$y'_1 = 1/2 (4) + 1/4 (2+9) = 4,75$$

$$y'_2 = 1/2 (9) + 1/4 (4+5) = 6,75$$

Tab. 1
Esempio di calcolo di medie mobili semplici (y') di 3 e di 7 dati
Gli asterischi contrassegnano le medie mobili non calcolabili.

t	y	y' ($N=3$)	y' ($N=7$)
0	2	*	*
1	4	5	*
2	9	6	*
3	5	5	3,71
4	1	3	4,43
5	3	2	4,71
6	2	4	4,14
7	7	5	3,57
8	6	6	3,86
9	5	4	*
10	1	3	*
11	3	*	*

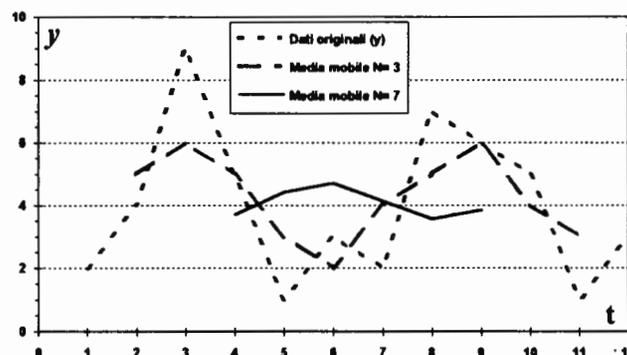


Fig. 3
Lisciamento con medie mobili *semplici* (per $N=3$ e $N=7$) della serie riportata nella tab. 1. Si noti che utilizzando un N più elevato si ottiene un lisciamento più spinto, a prezzo di un maggiore accorciamento della serie ad entrambi gli estremi.

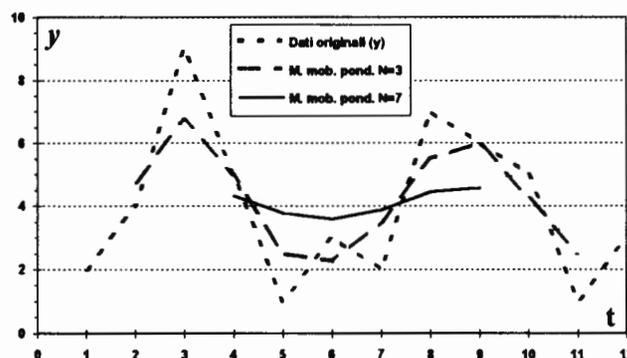


Fig. 4
Lisciamento con medie mobili *ponderate* (combinazioni di Vercelli per $N=3$ e $N=7$) della serie riportata nella tab. 1. Si noti come, soprattutto per $N=7$, la curva lisciata ponderata segua più fedelmente l'andamento della serie originale rispetto alla media mobile semplice (si confrontino le curve per $N=7$ delle fig. 3 e 4 con i dati originali).

per $n=3$ ($N=7$); $2a_0=1/4$; $a_1=1/5$; $a_2=1/8$; $a_3=1/20$:

$$y'_3 = 1/4 (5) + 1/5 (9+1) + 1/8 (4+3) + 1/20 (2+2) = 4,325$$

$$y'_4 = 1/4 (1) + 1/5 (5+3) + 1/8 (9+2) + 1/20 (4+7) = 3,775$$

La fig. 4 mostra i dati originali e le due curve lisce con $N=3$ e $N=7$; confrontando queste ultime con le corrispondenti curve della fig. 3, si nota che le combinazioni proposte da Vercelli, assegnando maggior peso al dato centrale e pesi decrescenti alle y più distanti da esso, producono un miglior adattamento alla serie originaria.

Questo metodo fornisce ottimi risultati, riuscendo a ricondurre spezzate irregolari ad interpolatrici con curvature molto regolari.

Il metodo, tuttavia, non è scevro da inconvenienti:

- 1) per ottenere lisciami spinti occorre procedere a diversi lisciami successivi (sono consigliate combinazioni con N crescente, utilizzando come dati originali per ciascun lisciamo quelli ottenuti dal lisciamo precedente;
- 2) le formule di calcolo, pur essendo semplici, richiedono attenzione nell'esecuzione; per aumentare o ridurre il grado di lisciamo fino a quello ritenuto soddisfacente occorre ripetere una o più volte l'intera procedura; nel caso di utilizzo di computer, gli archivi del foglio elettronico o del programma di calcolo utilizzato divengono ben presto ingombranti, rallentando l'esecuzione del programma;
- 3) la serie liscata risulta accorciata agli estremi (rispetto a quella originale) di un numero di dati pari a $2n$ (ove n è la somma delle coppie di dati utilizzate nei lisciami successivi); lisciami spinti si "pagano" con un eccessivo accorciamento e possono quindi essere applicati solo a serie storiche molto lunghe e continue. Se la serie presenta interruzioni si è costretti, per evitare un proibitivo accorciamento ai lati di ciascuna interruzione, a riempire i "buchi" della serie con dati fittizi, ottenuti per interpolazione tra i termini adiacenti.

Il lisciamo esponenziale

Al fine di prevedere l'osservazione successiva, in vari campi applicativi (vedi appendice B) si utilizza la media mobile *esponenzialmente ponderata* della serie storica di dati precedenti:

$$y'_t = \alpha (y_{t-1}) + (1-\alpha) (y'_{t-1})$$

in cui:

y'_t = previsione per il tempo t ;

y_{t-1} = ultima osservazione misurata;

y'_{t-1} = previsione precedente;

α = costante di lisciamo (compresa tra 0 e 1)

Considerato che la previsione precedente (y'_{t-1}), analogamente a quella attuale (y'_t), incorpora la previsione ad essa precedente (y'_{t-2}) e questa, a sua volta, incorpora y'_{t-3} e così via, a ritroso, appare intuitivo che il livellamento esponenziale è una sorta di media mobile di tutte le osservazioni precedenti, a ciascuna delle quali viene assegnato un peso decrescente in progressione geometrica man mano che ci si allontana dall'ultima osservazione.

L'idea guida del presente lavoro è stata quella di utilizzare il "prodotto intermedio" del metodo previsionale (il lisciamo esponenziale) al puro scopo di mitigare le irregolarità di serie storiche di dati, tralasciando quindi l'elaborazione statistica dell'errore di previsione (scarto tra la previsione e il nuovo valore osservato) che -pur rappresentando l'obiettivo centrale del metodo- esulava dagli scopi del lavoro.

Un esempio varrà a meglio chiarire il significato di α e l'intero procedimento: scegliere un valore di $\alpha=0,2$ equivale ad assegnare, ai fini della previsione attuale (y'_t) un peso del 20% al valore dell'ultima osservazione (y_{t-1}) e il restante 80% (cioè $1-\alpha$) all'intera serie di osservazioni precedenti, ciascuna delle quali contribuisce per il 20% del proprio peso al valore del nuovo residuo. Così, procedendo a ritroso, i pesi delle ultime osservazioni e i pesi residui dell'insieme delle osservazioni precedenti risultano:

osservazioni	peso	peso residuo
y_{t-1}	0,2	$1 - 0,2 = 0,8$
y_{t-2}	$0,2 \cdot 0,8 = 0,16$	$0,8 - 0,16 = 0,64$
y_{t-3}	$0,2 \cdot 0,64 = 0,128$	$0,64 - 0,128 = 0,512$
y_{t-4}	$0,2 \cdot 0,512 = 0,1024$	$0,512 - 0,1024 = 0,4096$
y_{t-5}	$0,2 \cdot 0,4096 = 0,08192$... ecc.

In altre parole, l'ultima osservazione pesa il 20% del proprio valore e le osservazioni precedenti, in ordine di età crescente, assumono un peso progressivamente ridotto in ragione geometrica: 16%, 12,8%, 10,24%, 8,19%, ecc. Nell'appendice C sono riportati, per alcuni valori di α , i pesi percentuali degli ultimi 30 dati di una serie storica, ricavabili dalla formula:

$$\text{peso} = \alpha (1 - \alpha)^t$$

L'età media dei dati considerati nel lisciamiento esponenziale è:

$$n = (1 - \alpha) / \alpha.$$

Ciò consente di calcolare, per ogni valore di α , il numero N di osservazioni ($N = 2n + 1$) della media mobile equivalente al lisciamiento esponenziale effettuato (tab. 2).

Ai nostri fini, le proprietà più interessanti del lisciamiento esponenziale sono (BROWN, 1962):

- il metodo è accurato;
- il procedimento di calcolo è molto semplice: per calcolare il nuovo valore lisciato è sufficiente conservare un solo numero (y'_{t-1});
- il metodo è molto flessibile: scegliendo un valore di α piccolo la stima diviene analoga ad una media mobile di molti dati precedenti e si ottiene quindi un lisciamiento spinto; adottando un valore di α elevato, invece, la stima risponde rapidamente al variare dei dati osservati e il lisciamiento risulta di modesta entità.

Il lisciamiento esponenziale "centrato"

La fig. 5 mostra, con tratto progressivamente più marcato, tre lisciamienti esponenziali -rispettivamente con $\alpha = 0,25$, $\alpha = 0,06$ e $\alpha = 0,01$ - delle registrazioni delle portate giornaliere in ingresso ad un depuratore.

Mentre il primo lisciamiento (con $\alpha = 0,25$) può apparire soddisfacente in quanto, riducendone sensibilmente le brusche variazioni, sembra seguire fedelmente l'andamento dei dati originali, nel secondo e terzo lisciamiento compaiono alcune evidenti distorsio-

ni, indicate nella figura dai numeri cerchiati.

Riflettendo sulle implicazioni dell'algorithmo di calcolo del lisciamiento esponenziale appare chiara la ragione delle distorsioni riscontrate.

Si ricordi che le medie mobili, semplici o ponderate, sono calcolate su n coppie di dati disposti *simmetricamente* ai lati di un termine centrale: esse tengono conto perciò sia dei dati precedenti che di quelli successivi. Le medie mobili esponenziali, invece, sono *asimmetriche*: essendo state concepite a scopi previsionali, tengono conto solo dei dati precedenti e rispondono quindi con un certo ritardo (dipendente dall'età media dei dati) alle variazioni dei dati originali.

Utilizzando la formula riportata a inizio pagina, ai valori di α scelti per i lisciamienti della fig. 5 corrispondono le seguenti età medie:

per $\alpha = 0,25$	$n = 3$ giorni;
per $\alpha = 0,06$	$n \approx 16$ giorni;
per $\alpha = 0,01$	$n = 99$ giorni.

Ci si potrebbero perciò attendere, per i tre lisciamienti utilizzati, slittamenti a destra rispettivamente di 3, 16 e 99 giorni; in realtà lo slittamento è più contenuto, perché parzialmente compensato dal maggior peso attribuito ai dati più recenti.

Si noti che i vari tipi di distorsione evidenziati nella fig. 5 sono tutti attribuibili ad un unico fattore: il ritardo col quale la media mobile esponenziale risponde alle variazioni dei dati.

Per valori di α maggiori di 0,2 lo slittamento può risultare non apprezzabile e, per molti scopi, trascurabile: è questo il caso dell'uso a fini previsionali in cui ci si limita prudenzialmente, di norma, a previsioni di breve periodo. Per α minore di 0,2 -invece- la risposta ritardata può produrre deformazioni inaccettabili nella rappresentazione dei dati liscati, vanificando il principale vantaggio del lisciamiento esponenziale: la flessibilità con la quale, semplicemente variando il valore di α , si può variare a piacere l'entità del lisciamiento.

Considerato che, per l'applicazione al lisciamiento delle curve, non interessa il carattere previsionale del metodo in quanto si dispone già dell'intera serie storica dei dati, si è pensato di aggirare gli ostacoli incontrati con uno stratagemma.

E' ragionevole supporre che, se il lisciamiento previsionale produce un *ritardo* nella risposta e quindi uno slittamento a destra della curva liscata, un lisciamiento eseguito a ritroso -a partire dall'ultimo dato

Tab. 2
Relazione tra il valore di α , l'età media (n) e il numero N di osservazioni della media mobile corrispondente al lisciamiento esponenziale (da CEMBROWSKI et AL., 1975)

α	n	N
1,000	0	1
0,667	0,5	2
0,500	1	3
0,400	1,5	4
0,333	2	5
0,200	4	9
0,100	9	19
0,050	19	39
0,020	49	99
0,010	99	199
0,005	199	399

della serie fino al primo- produrrà una risposta *anticipata* (rispetto alla serie originaria) e uno slittamento a sinistra della curva lisciata (si veda la figura nell'appendice D). La media aritmetica tra le coppie di medie mobili esponenziali così ottenute, *previsionale* (dal primo termine all'ultimo) e *retrovisionale* (dall'ultimo al primo), dovrebbe perciò produrre una risposta lisciata perfettamente centrata sui dati originali, senza ritardo né anticipo.

Le curve lisciate della fig. 6 (serie delle medie aritmetiche tra le coppie corrispondenti di medie mobili esponenziali: previsionale e retrovisionale) mostrano, in effetti, come tutte le deformazioni evidenziate nella fig. 5 siano scomparse: si noti, in particolare, come i massimi e i minimi delle curve lisciate mostrino un'ottima corrispondenza con quelli della serie origi-

nale e come, anche in senso verticale, le curve lisciate siano ben centrate rispetto alle oscillazioni dei dati originali. Per queste caratteristiche di centratura orizzontale e verticale rispetto alla serie originale, definiremo il procedimento impiegato *lisciamento esponenziale centrato*.

Il lisciamento esponenziale centrato: verifica del metodo

La fig. 6 induce a ritenere che l'idea di annullare le deformazioni legate al ritardo prodotto dal lisciamento previsionale, mediandole con le opposte deformazioni (anticipo) indotte da quello retrovisionale, rappresenti una felice intuizione. Resta ora da verificare, in maniera più rigorosa della semplice impressione visiva, la correttezza dell'interpolazione ottenuta e da segnalare

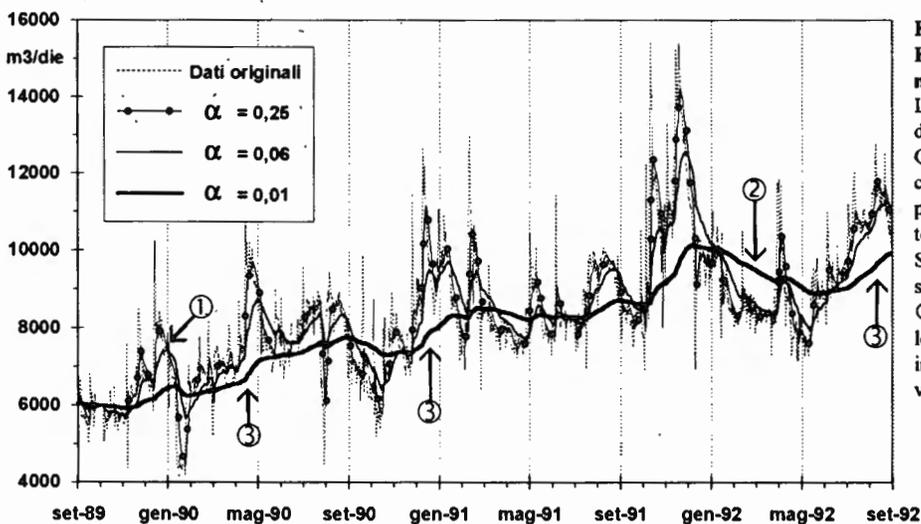


Fig. 5

Esempio di tre gradi di lisciamento esponenziale semplice (previsionale)

La curva punteggiata riporta i dati originali della portata in ingresso al depuratore delle Querce. Le curve continue rappresentano, con tratto via via più marcato, lisciami progressivamente più spinti, ottenuti col metodo esponenziale previsionale.

Si osservino -rispetto ai dati originali- lo slittamento verso destra dei picchi liscati ①, le sovrastime ② che seguono i massimi, le sottostime ③ che seguono i minimi e, più in generale, un certo slittamento verticale, verso il basso delle curve lisciate.

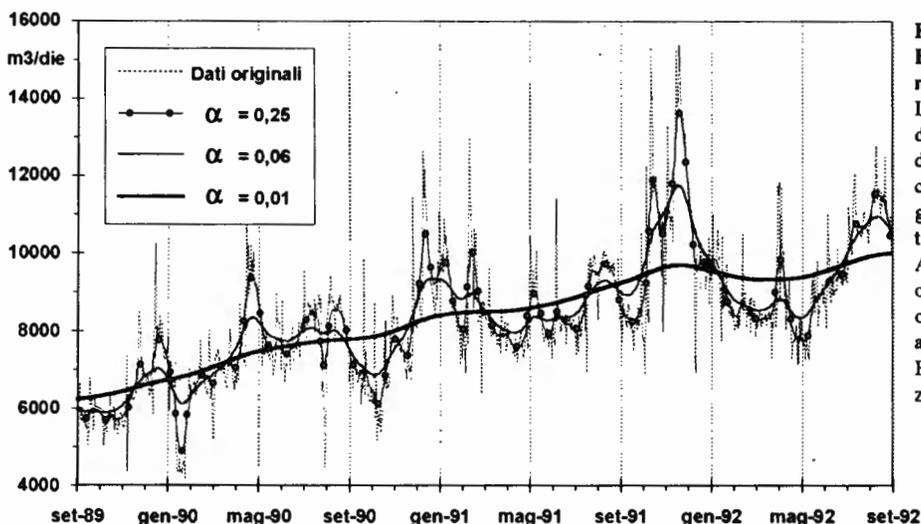


Fig. 6

Esempio di tre gradi di lisciamento esponenziale centrato

Le deformazioni in senso opposto prodotte dal lisciamento esponenziale previsionale e da quello retrovisionale si annullano a vicenda col semplice artificio di riportare nel grafico la serie ottenuta dalla media aritmetica tra le due serie lisciate.

Ad ogni grado di lisciamento corrisponde ora una curva perfettamente centrata, sia orizzontalmente che verticalmente, rispetto alla serie originale.

E' con questo metodo che sono stati realizzati i lisciami mostrati nelle fig. 1 e 2.

un problema finora taciuto: come ottenere il valore della prima previsione (y'_0) visto che, essendo all'inizio della serie, non vi sono dati precedenti da utilizzare per la previsione?

Per quanto riguarda il valore da assegnare ad y'_0 , SANTAMARIA (1981), rilevato che non vi sono soluzioni precise, suggerisce tre possibilità: se è possibile avanzare ipotesi ragionevoli sulle condizioni iniziali, il valore di y'_0 è frutto di tali valutazioni, altrimenti si può adottare la media delle prime n osservazioni della serie storica o infine, più semplicemente, il valore stesso del primo dato di essa.

La correttezza del metodo proposto può essere verificata applicando il lisciamiento esponenziale centrato ad una sinusoidale che, per la sua regolarità e simmetria, risulta particolarmente adatta allo scopo. Una sinusoidale è descritta dall'equazione:

$$y = A \sin(\omega t + \delta)$$

in cui A è l'ampiezza, t il tempo, ω la frequenza angolare ($\approx 2\pi / \text{periodo}$) e δ la fase dell'onda. Nel caso specifico, per i parametri della sinusoidale sono stati utilizzati i seguenti valori:

$$A = 25 \quad \omega = 10 \quad \delta = 4,7$$

La fig. 7 mostra un lisciamiento di modesto grado ($\alpha = 0,25$) della sinusoidale, impiegando come primo valore della previsione (y'_0) il valore del primo dato della serie originale; analogamente, al primo termine della retrovisione è stato assegnato il valore dell'ultimo dato della serie originale.

Conformemente alle aspettative, la curva previsionale risulta chiaramente slittata a destra e quella retrovisionale a sinistra, mentre i massimi e i minimi della curva "centrata" corrispondono esattamente a quelli della sinusoidale di riferimento, dalla quale differiscono solo per l'ampiezza, la cui riduzione era, appunto, l'obiettivo del lisciamiento.

Si notino, tuttavia, gli scostamenti dalla simmetria ai due estremi della curva lisciata: in particolare, il suo minimo all'estremo sinistro è sensibilmente più basso dei minimi successivi.

Per mostrare come tale deformazione si accentui progressivamente con l'entità del lisciamiento, fornendo risultati inaccettabili, si riportano nella fig. 8 tre lisciamienti esponenziali centrati, rispettivamente con $\alpha = 0,25$, $0,1$ e $0,05$. La curva col massimo lisciamen-

to risulta tutta al di sotto dello zero (in maggior misura a sinistra) poiché entrambe le estremità della serie originale intersecano l'asse delle ordinate a valori negativi (in maggior misura a sinistra).

Ancora una volta, tale deformazione è attribuibile al ritardo che caratterizza il lisciamiento spinto: con $\alpha = 0,05$ -infatti- ogni nuovo dato contribuisce solo per il 5% del proprio valore alla nuova previsione e quindi la curva -che inizia con un valore negativo- impiega molto tempo a risalire.

Si pone dunque il problema, già accennato, di scegliere un valore adeguato per il primo dato previsionale e retrovisionale. A tal fine si propone il criterio di ricavare graficamente, estrapolandoli dagli estremi della serie originale, i valori "desiderabili" per i due estremi della curva lisciata e di assegnare tali valori alle y'_0 previsionale e retrovisionale. Il criterio, seppure empirico, risulta molto semplice: sono sufficienti uno o due tentativi per ottenere un ottimo adattamento.

La fig. 9 riporta la sinusoidale originale e tre lisciamienti esponenziali centrati coi valori estremi ritoccati in tal modo. Il terzo lisciamiento è talmente spinto ($\alpha = 0,003$) da ridurre la sinusoidale ad una retta perfettamente sovrapposta all'asse delle ascisse. La facilità con la quale sono state ottenute, dalla sinusoidale di riferimento, le tre serie lisciate -perfettamente simmetriche, con frequenza inalterata e ampiezza progressivamente ridotta fino alla retta, considerabile come una sinusoidale con ampiezza zero- testimonia la grande versatilità del metodo.

Va precisato che il valore da scegliere per ritoccare gli estremi della curva lisciata dipende dall'entità del lisciamiento stesso. Nel caso di lisciamiento spinto, infatti, il primo valore previsionale deve simulare il contenuto di una lunga serie di dati precedenti (inesistenti) e richiede quindi un'estrapolazione di "lunga gittata" mentre per lisciamienti modesti deve incorporare in sé pochi dati.

Il ritocco risulta superfluo se le estremità della serie originale non presentano vistose pendenze; per questo motivo, nei grafici delle fig. 1, 2 e 6 non si è ritenuto necessario apportare alcun ritocco e ci si è accontentati di utilizzare, per le y'_0 previsionale e retrovisionale, rispettivamente il primo e l'ultimo dato della serie originale.

Come ulteriore verifica, si è proceduto al confronto tra il lisciamiento esponenziale centrato e il classico

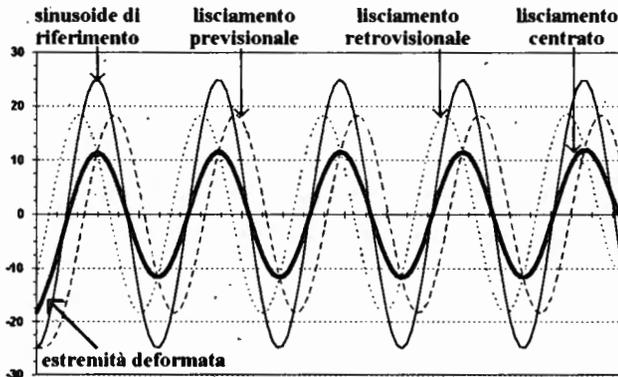


Fig. 7

Modesto lisciamo esponenziale di una sinusoide

Si notino gli slittamenti in senso opposto delle curve previsionale e retrovisionale e la perfetta corrispondenza dei massimi e minimi della serie originale con quelli della curva esponenziale centrata. Quest'ultima, tuttavia, è deformata alle due estremità, soprattutto a quella di sinistra, il cui minimo è sensibilmente più basso degli altri.

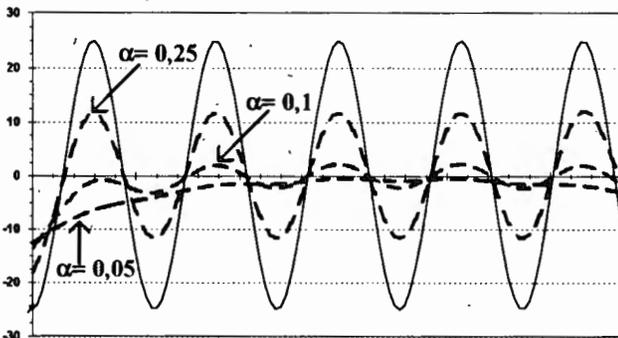


Fig. 8

Tre gradi di lisciamo esponenziale centrato di una sinusoide

Riducendo α si ottiene un lisciamo più spinto, ma si accentuano le deformazioni: il primo massimo della curva con $\alpha=0,1$ e l'intera curva con $\alpha=0,05$ forniscono risultati inaccettabili; quest'ultima, addirittura, corre interamente sotto lo zero, anziché disporsi simmetricamente ad esso.

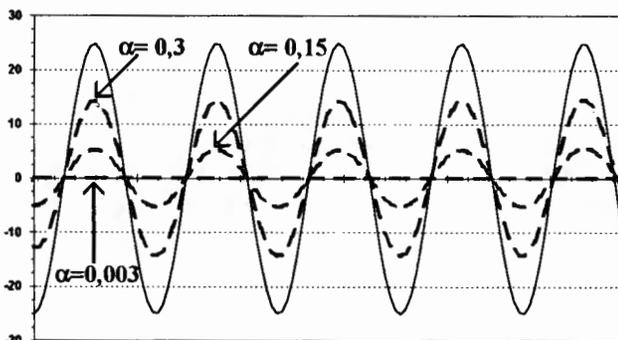


Fig. 9

Tre gradi di lisciamo esponenziale centrato di una sinusoide, con correzione empirica agli estremi

La correzione empirica elimina le vistose distorsioni delle curve lisciate evidenziate nella fig. 8. I valori utilizzati per il primo dato previsionale e retrovisionale sono rispettivamente: -11,5 e -10,5 per $\alpha=0,3$; -5,2 e -10,5 per $\alpha=0,15$; 0 e 0 per $\alpha=0,003$. La curva liscata con $\alpha=0,003$ mostra eloquentemente come sia possibile controllare a piacere l'entità del lisciamo, fino a ridurre la sinusoide ad una retta (linea tratteggiata marcata) coincidente con l'asse delle ascisse (linea continua sottile).

metodo delle medie mobili ponderate, eseguiti su una serie storica reale (determinazioni quotidiane del COD in ingresso ad un depuratore).

La fig. 10 mostra, con tratto marcato, la curva risultante dalle medie mobili ponderate del COD in ingresso ad un depuratore e, con tratto sottile (in gran parte invisibile per la sovrapposizione delle curve), un lisciamo esponenziale centrato con $\alpha=0,06$; i lievi scostamenti tra i due metodi di lisciamo -indicati dalle frecce- appaiono, ai fini pratici, trascurabili. Si tenga presente che col metodo delle medie mobili ponderate si sono resi necessari tre lisciami successivi ($N=11$ seguito da $N=33$ e $N=65$); oltre alla laboriosità della procedura, il lisciamo è stato ottenuto al prezzo di un accorciamento di 53 dati a ciascuna estremità della serie originale. Il lisciamo esponenziale centrato, invece, oltre a risultare più rapido e flessibile, non ha prodotto alcun accorciamento della serie storica.

Volendo aumentare l'entità del lisciamo, le medie mobili -semplici o ponderate- diventano improponibili, soprattutto se la serie originale presenta alcune lacune. La serie originale del COD in ingresso al depuratore utilizzata come esempio in questo lavoro presentava, in realtà, una lacuna di 15 giorni nell'ottobre '91 ed una di 20 giorni nel marzo-aprile '92.

Per realizzare le figure presentate finora tali lacune sono state riempite con dati intermedi tra gli estremi di ciascuna lacuna: questi tratti, artificialmente rettilinei, sono indicati da frecce nella fig. 2.

La fig. 11, eseguita sulla serie originale -senza colmarne arbitrariamente le lacune, quindi con sei estremità- mostra come un quadruplo lisciamo con medie mobili ponderate ($N_{totale}=165$) conduca ad un accorciamento totale di $82 \cdot 6 = 492$ giorni: oltre 16 mesi di registrazioni giornaliere inutilizzate!

Col metodo proposto, invece, non si verifica alcun accorciamento, nemmeno spingendo oltre il lisciamo e in presenza di lacune.

Per verificare l'ambito di applicabilità del lisciamo esponenziale centrato, sono state infine lisciate curve regolari (retta parallela alle ascisse, retta inclinata, parabola, esponenziale), rese artificialmente irregolari ("casualizzate") combinando la rispettiva serie generatrice con una serie di numeri casuali.

Tralasciando la rappresentazione grafica dei primi due casi -che ha dimostrato un buon adattamento alle

serie originarie- si riporta nella fig. 12 una parabola "casualizzata" (ottenuta addizionando una serie di numeri casuali ai termini dell'equazione $y = 2x^2 + 10x + 60000$), un lisciamiento esponenziale ($\alpha = 0,3$), uno con medie mobili ponderate (combinazione di Vercelli per $N = 17$) e la parabola teorica descritta

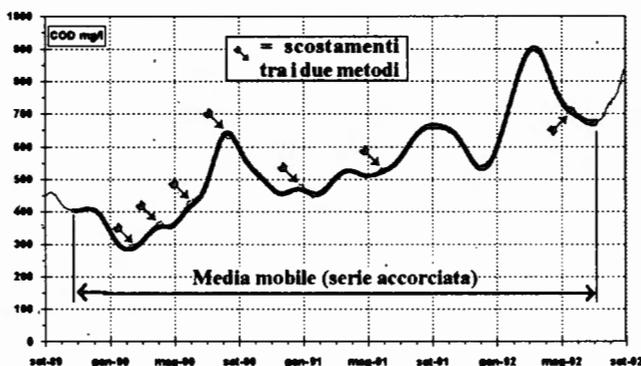


Fig. 10
Confronto tra due metodi di lisciamiento

Un triplo lisciamiento con medie mobili ponderate (linea marcata) è stato riprodotto con facilità (linea sottile) variando il solo valore della costante di lisciamiento esponenziale ($\alpha = 0,06$). Gli scostamenti tra le due curve sono indicati dalle frecce. Si noti anche il sensibile accorciamento, ad entrambe le estremità, della curva lisciata con medie mobili ponderate.

La serie originale, non riportata nella figura, è costituita dai valori di COD registrati quotidianamente in ingresso al depuratore delle Querce (curva molto irregolare al centro della fig 1).

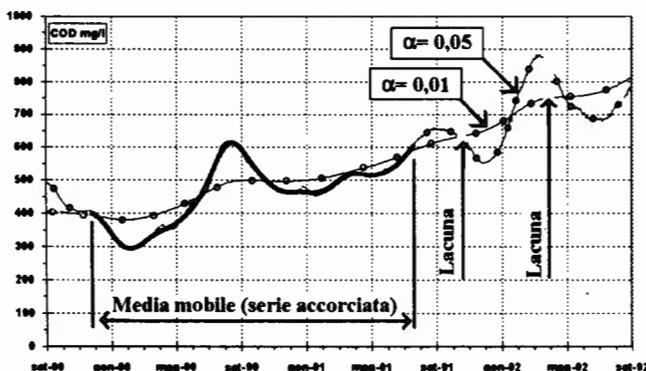


Fig. 11
Confronto tra due metodi di lisciamiento nel caso di serie storiche lacunose

Le interruzioni della serie originale non disturbano eccessivamente il lisciamiento esponenziale (linee sottili), sia esso lieve o spinto.

Nonostante un quarto lisciamiento (linea marcata), l'ampiezza della curva ottenuta con medie mobili ponderate della fig. 10 subisce solo una leggera attenuazione. Per l'accorciamento ai lati di ciascuna lacuna di dati della serie originale, inoltre, la curva lisciata risulta molto ridotta: oltre 16 mesi di registrazioni quotidiane risultano inutilizzate! Le medie mobili ponderate, dunque, divengono impraticabili per lisciami spinti o nel caso di serie storiche con lacune (che si è costretti a riempire con dati fittizi: vedi fig. 2).

dall'equazione citata. Anche in questo caso entrambi i lisciami appaiono corretti; il lisciamiento esponenziale centrato, tuttavia, produce una curva piuttosto "seghettata" mentre le medie mobili producono curvature più regolari.

La fig. 13 mostra una curva esponenziale "casualizzata" (ottenuta moltiplicando per numeri casuali ciascun termine dell'equazione $y = 2^x$), un lisciamiento esponenziale ($\alpha = 0,3$), uno con medie mobili ponderate ($N = 17$) e l'esponenziale teorica descritta dall'equazione citata. Rispetto all'andamento della curva teorica, il lisciamiento esponenziale centrato appare ancora accettabile mentre quello con medie mobili, producendo nette sovrastime, risulta palesemente inadeguato. Una dimostrazione più convincente della bontà del lisciamiento esponenziale può ricavarsi riportando le curve lisciate in un diagramma semilogaritmico (fig. 14).

La sovrastima fornita dalle medie mobili è spiegata dal fatto che queste -seppure ponderate- sono di tipo aritmetico mentre la serie originale cresce in ragione esponenziale. Ad esempio, osservando i primi 5 termini dell'esponenziale $y = 10^x$

x	1	2	3	4	5
y	10	100	1000	10000	100000
Med. Mob.	-	370	3700	37000	-

risulta chiaro che nel calcolo della media aritmetica fra tre termini adiacenti il primo di essi ha un'influenza trascurabile (poiché è, rispettivamente, 10 e 100 volte più piccolo del secondo e terzo termine) e la massima influenza è esercitata dal termine più elevato: ciò determina sistematiche sovrastime. Il lisciamiento con medie mobili non è dunque applicabile a serie con tendenze esponenziali (o geometriche) mentre il lisciamiento esponenziale centrato risulta di applicabilità più generale.

Per i vantaggi descritti e l'estrema versatilità, si propone dunque il lisciamiento esponenziale centrato come metodo sostitutivo delle medie mobili semplici e ponderate, soprattutto quando si desidera ottenere un lisciamiento spinto, o variarne rapidamente e a piacere l'entità o, infine, quando le serie storiche siano relativamente brevi o presentino lacune. Per lisciami di lieve entità di serie storiche senza lacune, invece, il metodo delle medie mobili può risultare preferibile, per le curvature più regolari prodotte.

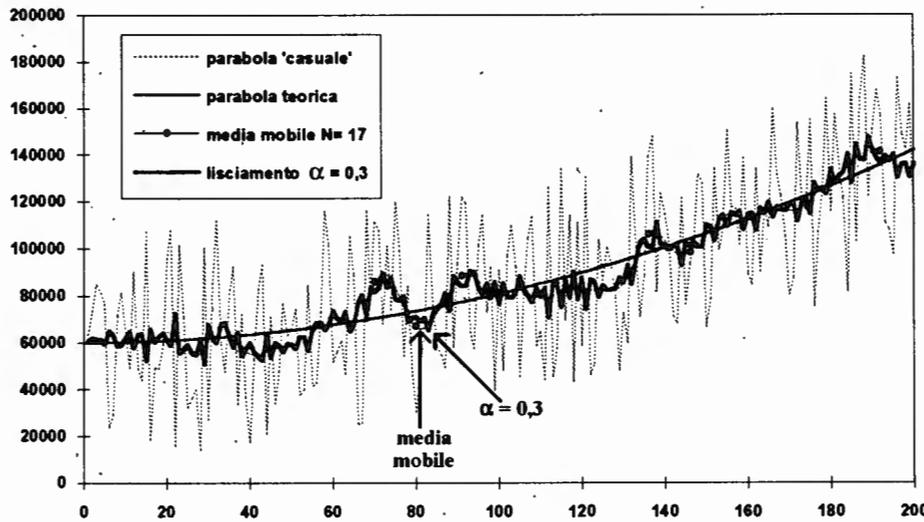


Fig. 12

Lisciamo esponenziale centrato e con medie mobili ponderate di una serie parabolica "casualizzata"

Il lisciamo esponenziale mostra un andamento analogo a quello ottenuto con medie mobili ponderate, ma presenta un aspetto più "seghettato".

La parabola teorica di riferimento riporta i termini dell'equazione

$$y = 2x^2 + 10x + 60000$$

La parabola "casualizzata" da lisciare è stata ricavata aggiungendo una serie di numeri casuali alla parabola teorica.

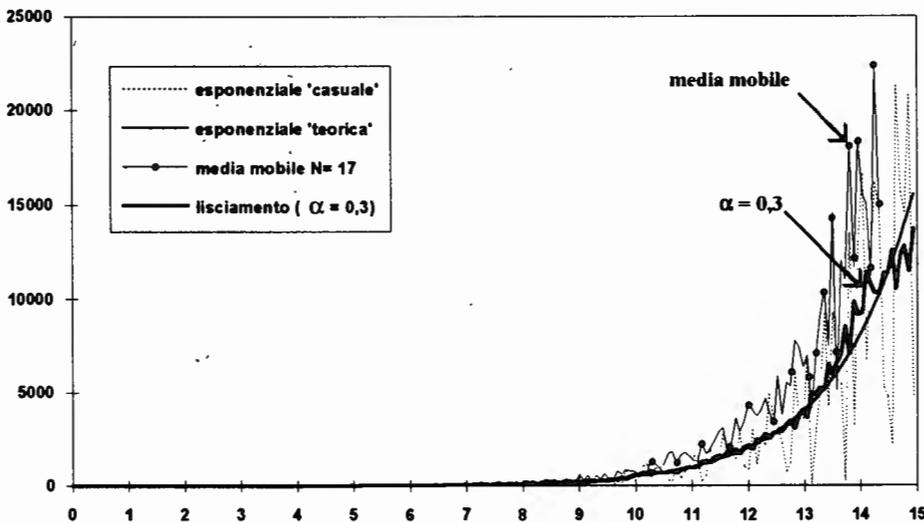


Fig. 13

Lisciamo esponenziale centrato e con medie mobili ponderate di una serie esponenziale "casualizzata"

Il lisciamo esponenziale centrato fornisce una descrizione accettabile anche dell'andamento di una serie con tendenza crescente in maniera esponenziale. Il lisciamo con medie mobili ponderate, invece, produce una curva sistematicamente al di sopra della serie originale e risulta, perciò, inapplicabile a serie di questo tipo.

L'esponenziale teorica di riferimento riporta i termini dell'equazione: $y = 2^x$

L'esponenziale "casualizzata" da lisciare è stata ricavata moltiplicando i termini della parabola teorica per una serie di numeri casuali compresi tra 0 e 1.

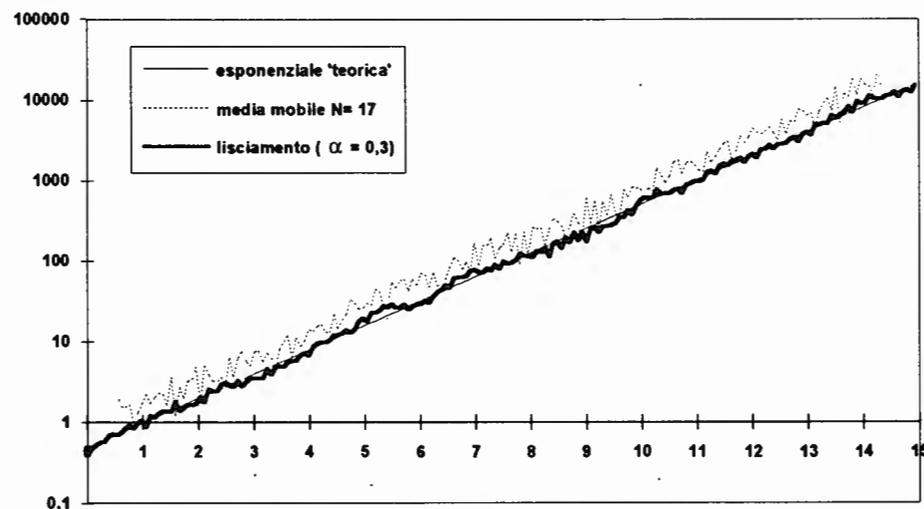


Fig. 14

Lisciamo esponenziale centrato e con medie mobili ponderate di una serie esponenziale "casualizzata" (diagramma semilogaritmico)

L'adozione di una scala logaritmica per le ordinate rende rettilinea la curva esponenziale teorica della fig. 13 e dimostra in maniera più evidente la correttezza del lisciamo esponenziale centrato, la cui curva oscilla attorno alla retta teorica. Le oscillazioni della curva lisciata con medie mobili ponderate, invece, si mantengono tutte al di sopra della retta dell'esponenziale di riferimento, testimoniando una sistematica sovrastima.

Il lisciamiento esponenziale centrato: esecuzione pratica

A completamento dell'esposizione del metodo, si riporta un esempio di svolgimento pratico dei calcoli, finalizzato a mostrarne la notevole semplicità d'esecuzione. Tutti i calcoli e i grafici sono stati realizzati col programma Excel® 4.0 della Microsoft Corporation, ma altri fogli elettronici si prestano ugualmente bene allo scopo.

L'esempio è applicato ai dati di portata registrati quotidianamente, dal 1/9/89 al 31/8/92, in ingresso ad un depuratore; il relativo grafico è riportato nella fig. 6. La fig. 15 mostra le estremità superiore e inferiore del foglio di lavoro: le prime due righe vengono riservate a contenere il valore di α e i titoli delle colonne; nella colonna A si introducono le date dal primo all'ultimo giorno della serie e nella colonna B si digitano i dati della serie storica.

Nella cella C3 si introduce il primo valore (arbitrario) della serie previsionale, per il quale è consigliabile utilizzare il valore del primo dato della serie storica, riservandosi di modificarlo in seguito, se necessario, per apportare la correzione empirica descritta nel paragrafo precedente. Analogamente, nell'ultima cella utile della colonna D si introduce, come primo dato della serie retrovisionale, il valore dell'ultimo dato della serie storica.

Nella cella B1 si immette il valore di α e in C4, si introduce la formula di calcolo della serie previsionale

$$y'_t = \alpha (y_{t-1}) + (1-\alpha) (y'_{t-1})$$

utilizzando -ovviamente- i riferimenti di cella secondo la notazione richiesta dal foglio elettronico:

$$= B1 \cdot B3 + (1-B1) \cdot C3$$

Si copia poi tale formula (automaticamente) lungo l'intero intervallo di celle C (C5⇒C1100). La sottolineatura di B1 (nella notazione di Excel si scrive: \$B\$1) è qui impiegata per indicare che tale riferimento di cella è *assoluto* (utilizza cioè il valore *fisso* di α), mentre le notazioni non sottolineate indicano riferimenti di cella *relativi*; ad esempio, nelle celle C7 e C1100 la formula copiata -che tiene conto automaticamente della traslazione di celle effettuata- risulterà:

$$\begin{aligned} &= B1 \cdot B6 + (1-B1) \cdot C6 \\ &= B1 \cdot B1099 + (1-B1) \cdot C1099 \end{aligned}$$

Analogamente, in D3 si immette la formula del

	A	B	C	D	E
1	$\alpha \Rightarrow$	0,06			
2	Data	Portata m ³ /die	Lisciam. previs.	Lisciam. retrov.	Lisciam. centrato
3	1-9-89	6035	6035	5899	5967
4	2-9-89	6305	6035	5873	5954
5	3-9-89	6170	6051	5874	5953
6	4-9-89	6650	6058	5803	5931
7	5-9-89	5745	6094	5807	5950
...
1096	27-8-92	10770	11240	10200	10720
1097	28-8-92	10590	11212	10175	10693
1098	29-8-92	10400	11174	10160	10667
1099	30-8-92	10950	11128	10110	10619
1100	31-8-92	10110	11117	10110	10614

Fig. 15

Frammento del foglio elettronico per il calcolo del lisciamiento esponenziale centrato

L'esempio riporta i primi 5 e gli ultimi 5 dati utilizzati per calcolare la curva lisciata con $\alpha=0,06$ delle fig. 5 e 6.

In carattere negativo, su sfondo scuro, sono riportate le intestazioni di riga e di colonna. Le colonne A e B contengono i dati della serie storica delle portate quotidiane in ingresso al depuratore delle Querce (Massa). Le celle grigie delle colonne C, D, E contengono, in realtà, le formule di calcolo dei lisciamenti previsionale, retrovisionale e centrato, anche se ne vengono visualizzati solo i risultati. Nella cella B1 viene immesso il valore di α : per variare l'entità del lisciamiento è sufficiente introdurre in B1 un nuovo valore di α . Le celle C3 e D1100 non contengono formule, ma il valore arbitrario assegnato, rispettivamente, alla prima previsione e retrovisione: modificando questi due soli valori si realizza la correzione empirica degli estremi descritta nel testo. Nel caso specifico, sono state utilizzate la prima e l'ultima misurazione di portata, senza apportare alcuna correzione.

lisciamiento retrovisionale (che utilizza i valori delle celle B e D successive):

$$= B1 \cdot B4 + (1-B1) \cdot D4$$

che viene poi copiata lungo l'intero intervallo di celle (D4⇒D1099). In E3, infine, si calcola la media aritmetica tra le previsioni e retrovisioni corrispondenti:

$$= (C3 + D3) / 2$$

copiando poi automaticamente tale formula nell'intervallo E4⇒E1100.

A questo punto tutti i calcoli necessari sono stati espletati e si utilizzano gli intervalli delle colonne B e E (B3⇒B1100 ed E3⇒E1100) per realizzare il grafico della serie originale e del relativo lisciamiento esponenziale centrato. Agli utenti di fogli elettronici non sarà certo sfuggita la grande semplicità dell'intera procedura.

A questo punto, per modificare a piacere l'entità del lisciamento, basta cambiare il solo valore della cella B1. Nel caso di lisciami spinti è opportuno controllare le estremità della curva lisciata: se si osserva una deformazione all'estremità sinistra si apporta la correzione empirica modificando, con tentativi mirati, il primo valore previsionale (cella C3); analogamente, se la deformazione è all'estremità destra, si modifica il primo valore retrovisionale (cella D1100).

Qualora la serie originale presenti lacune di pochi dati, è preferibile riempirle con dati fittizi, intermedi tra i termini adiacenti. Se, invece, le lacune sono ampie, occorre assegnare un valore previsionale "arbitrario" alla cella della colonna C corrispondente all'inizio di ciascun tratto di serie e, al termine di ciascun tratto, un valore retrovisionale arbitrario nella corrispondente cella della colonna D. Anche per questi valori arbitrari è consigliabile utilizzare il corrispondente dato reale della serie storica riservandosi, in seguito, di apportare l'eventuale correzione empirica.

Ringraziamenti

L'Autore ringrazia il prof. A. Previtera per aver indicato e fornito i lavori (di non facile reperimento) riportati nella bibliografia, per la lettura critica del testo e, soprattutto, per la passione e la perseveranza profuse per iniziarlo alle discipline statistiche.

BIBLIOGRAFIA

- BOLDRINI M. - 1950. Statistica. Teoria e metodi. Ed. Giuffrè, Milano, 1320 pp.
- BROWN R.G. - 1962. Smoothing, Forecasting and Prediction of discrete time series. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, N.J.
- CEMBROWSKI G.S., WESTGARD J.O., EGGERT A.A. AND CLIFFORD TOREN E., JR. - 1975. Trend detection in control data: optimization and interpretation of Trigg's technique for Trend Analysis. *Clin. Chem.*, 21 (10): 1396-1405.
- SANTAMARIA L. - 1981. Analisi delle serie storiche. Soc. ed. Il Mulino, Bologna, 355 pp.
- VERCELLI F. - 1940. Guida per l'analisi delle periodicità nei diagrammi oscillanti. CNR, R. Comitato Talassografico Italiano, memoria CCLXXXV, Venezia.
- VIANELLI S. - 1954. Metodologia statistica delle scienze agrarie. Ed. Agricole, Bologna.

APPENDICE

A - Lisciamento con medie mobili ponderate: schemi di combinazioni per il lisciamento e per il calcolo dell'asse medio*
(da VERCELLI, 1940)

LISCIAMENTO							
N	$2a_0$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	
3	1/2	1/4					
5	1/3	1/4	1/12				
5	1/4	1/4	1/8				
7	1/4	1/5	1/8	1/20			
9	1/6	1/6	1/8	1/12	1/24		
11	1/6	1/8	1/10	1/12	1/15	1/24	
ASSE MEDIO (PREVIO LISCIAMENTO)							
N	$2a_0$	a_2	a_4	a_6	a_8	a_{12}	a_{16}
9	1/4	1/4	1/8				
13	1/4	1/5	1/8	1/20			
17	1/6	1/6	1/8	1/12	1/24		
25	1/4		1/5		1/8	1/20	
33	1/6		1/6		1/8	1/12	1/24

* Si noti che il calcolo dell'asse medio non differisce concettualmente dal lisciamento, ma è, in sostanza, un lisciamento più spinto a partire da dati già lisciati. Combinazioni per ottenere un lisciamento ancora più spinto si ottengono semplicemente raddoppiando una o più volte gli indici dei coefficienti (il che equivale a raddoppiare l'intervallo di tempo scelto come unità del lisciamento). Ad esempio, per calcolare l'asse medio con $n=32$ coppie di dati ($N=2n+1=65$) si utilizzano gli stessi valori dei coefficienti di $N=33$, ma raddoppiandone gli indici:

$$2a_0 = 1/6; \quad a_8 = 1/6; \quad a_{16} = 1/8; \quad a_{24} = 1/12 \quad e \quad a_{32} = 1/24.$$

B - Il lisciamento esponenziale nelle previsioni

L'analisi delle serie storiche ha ricevuto molte attenzioni (soprattutto nel campo delle scienze bancarie e, più in generale, economiche) in funzione della possibilità di ottenere previsioni dell'andamento di un fenomeno sulla base del suo andamento passato. Per ottenere previsioni affidabili, occorre aggiornarle continuamente in funzione dello scarto registrato tra ogni nuovo dato acquisito e la relativa previsione ("errore di previsione"); si utilizzano quindi tecniche "autoadattative", tra le quali gioca un ruolo di primo piano il lisciamento (o livellamento, o spianamento) esponenziale (SANTAMARIA, 1981).

Un altro campo elettivo di applicazione di questi principi è il controllo di qualità di laboratorio in cui, ad intervalli periodici (di solito quotidianamente), vengono eseguite una o più determinazioni analitiche su uno standard a titolo noto o ignoto. Il valore rilevato da tali determinazioni può essere previsto sulla base dei valori rilevati in precedenza e ogni scarto dalla previsione può essere utilizzato per aggiustare la previsione successiva. Ne è un esempio la tecnica dei "tracking signals" di Trigg per l'analisi del trend (CEMBROWSKI et AL., 1975) che -calcolando l'errore di previsione e verificando se esso differisce significativamente da zero- consente di valutare se il processo è sotto controllo o se si è in presenza di errori grossolani o anche di tendenze lievi, ma sistematiche, che segnalano una deviazione dalla norma (ad esempio, il progressivo deterioramento di un reattivo).

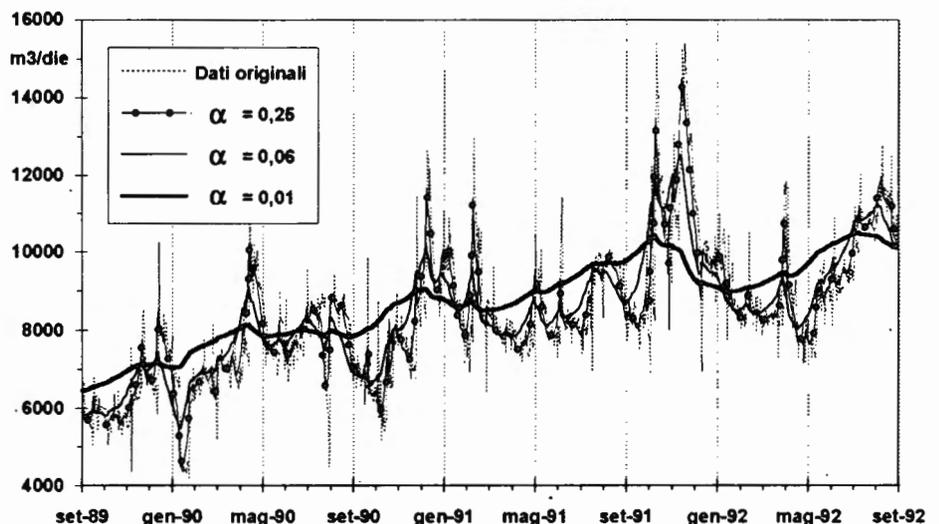
C - Peso percentuale degli ultimi 30 dati di una serie storica per alcuni valori della costante di lisciamiento α (asterisco = peso inferiore allo 0,001%)

$\alpha \Rightarrow$	0,9	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005
y_t	90,000	70,000	50,000	30,000	20,000	10,000	5,000	2,000	1,000	0,500
y_{t-1}	9,000	21,000	25,000	21,000	16,000	9,000	4,750	1,960	0,990	0,498
y_{t-2}	0,900	6,300	12,500	14,700	12,800	8,100	4,513	1,921	0,980	0,495
y_{t-3}	0,090	1,890	6,250	10,290	10,240	7,290	4,287	1,882	0,970	0,493
y_{t-4}	0,009	0,567	3,125	7,203	8,192	6,561	4,073	1,845	0,961	0,490
y_{t-5}	0,001	0,170	1,563	5,042	6,554	5,905	3,869	1,808	0,951	0,488
y_{t-6}	*	0,051	0,781	3,529	5,243	5,314	3,675	1,772	0,941	0,485
y_{t-7}	*	0,015	0,391	2,471	4,194	4,783	3,492	1,736	0,932	0,483
y_{t-8}	*	0,005	0,195	1,729	3,355	4,305	3,317	1,702	0,923	0,480
y_{t-9}	*	0,001	0,098	1,211	2,684	3,874	3,151	1,667	0,914	0,478
y_{t-10}	*	*	0,049	0,847	2,147	3,487	2,994	1,634	0,904	0,476
y_{t-11}	*	*	0,024	0,593	1,718	3,138	2,844	1,601	0,895	0,473
y_{t-12}	*	*	0,012	0,415	1,374	2,824	2,702	1,569	0,886	0,471
y_{t-13}	*	*	0,006	0,291	1,100	2,542	2,567	1,538	0,878	0,468
y_{t-14}	*	*	0,003	0,203	0,880	2,288	2,438	1,507	0,869	0,466
y_{t-15}	*	*	0,002	0,142	0,704	2,059	2,316	1,477	0,860	0,464
y_{t-16}	*	*	0,001	0,100	0,563	1,853	2,201	1,448	0,851	0,461
y_{t-17}	*	*	*	0,070	0,450	1,668	2,091	1,419	0,843	0,459
y_{t-18}	*	*	*	0,049	0,360	1,501	1,986	1,390	0,835	0,457
y_{t-19}	*	*	*	0,034	0,288	1,351	1,887	1,362	0,826	0,455
y_{t-20}	*	*	*	0,024	0,231	1,216	1,792	1,335	0,818	0,452
y_{t-21}	*	*	*	0,017	0,184	1,094	1,703	1,309	0,810	0,450
y_{t-22}	*	*	*	0,012	0,148	0,985	1,618	1,282	0,802	0,448
y_{t-23}	*	*	*	0,008	0,118	0,886	1,537	1,257	0,794	0,446
y_{t-24}	*	*	*	0,006	0,094	0,798	1,460	1,232	0,786	0,443
y_{t-25}	*	*	*	0,004	0,076	0,718	1,387	1,207	0,778	0,441
y_{t-26}	*	*	*	0,003	0,060	0,646	1,318	1,183	0,770	0,439
y_{t-27}	*	*	*	0,002	0,048	0,581	1,252	1,159	0,762	0,437
y_{t-28}	*	*	*	0,001	0,039	0,523	1,189	1,136	0,755	0,435
y_{t-29}	*	*	*	0,001	0,031	0,471	1,130	1,113	0,747	0,432

D - Lisciamiento esponenziale retrogrado (retrovisionale)

A complemento della fig. 5 - che mostra il "ritardo" indotto dal lisciamiento previsionale- si riporta, nella figura sottostante, il corrispondente lisciamiento retrovisionale che genera curve "anticipate" (i picchi liscati precedono quelli dei dati originali).

Confrontando i lisciamienti spinti ($\alpha=0,01$) delle due figure risulta palese un'altra deformazione: rispetto ai dati originali, la curva previsionale è slittata verso il basso e quella retrovisionale verso l'alto. Anche la spiegazione di questa deformazione sta nella risposta ritardata generata dall'algoritmo di calcolo. La serie dei dati originali, infatti, pur con ampie oscillazioni, mostra una chiara tendenza crescente; a causa di ciò il lisciamiento previsionale, conservando la "memoria" di una lunga serie di dati precedenti (quindi, in media, con valori inferiori) fornisce una previsione sottostimata; analogamente, il lisciamiento retrovisionale, utilizzando i dati in senso inverso (dai valori più elevati a quelli più bassi), conserva la memoria di dati più elevati e produce quindi una sovrastima.



INDICI AMBIENTALI



L'INVENTARIO DELLE CARATTERISTICHE AMBIENTALI DEI CORSI D'ACQUA ALPINI

Guida all'uso della scheda RCE-2

Maurizio Siligardi* e Bruno Maiolini**

Introduzione

L'approccio ai metodi di valutazione della qualità delle acque correnti ha subito una notevole evoluzione negli ultimi anni. Alla mera analisi di alcuni parametri chimici e microbiologici si è aggiunto, in Europa e in Italia, l'uso di indicatori biologici. Questi hanno il vantaggio di non essere legati al momento del prelievo, ma di registrare anche turbative di varia natura avvenute in tempi anteriori, di avere una vasta applicabilità e un basso costo, di essere ripetibili e facilmente comprensibili.

Tra i vari metodi, si è affermato in Italia l'Extended Biotic Index, col quale sono state redatte mappe della qualità biologica del reticolo idrografico di intere regioni. L'evoluzione verso questo approccio comprende lo spostare l'attenzione dal singolo campione d'acqua all'intero alveo, incorporando nel giudizio alcuni parametri ambientali quali il tipo di substrato,

la turbolenza, la velocità della corrente, ecc.

Un ulteriore ampliamento di prospettiva -che valuta la qualità dell'intero ambiente fluviale- è stato proposto nel 1990 da Robert Petersen dell'Istituto di Limnologia dell'Università di Lund (Svezia). Egli ha elaborato il Riparian, Channel and Environmental Inventory (RCE), un metodo inseribile nella famiglia degli indici fisionomici (check-list, schede per la V.I.A., catalogazioni di valori ambientali, elencazioni fisionomiche semplici, indici con modelli globali e modelli matematici): viene presa in considerazione un'ampia gamma di informazioni riguardanti sia l'ambiente fluviale che l'adiacente ambiente terrestre evidentemente influente su esso.

La scheda originale svedese prevede 16 domande, ciascuna con 4 risposte predefinite relative alle caratteristiche ecologiche dei corsi d'acqua. Ad ogni risposta è associato un punteggio numerico secondo multipli di 5 (salvo la risposta relativa alla situazione peggiore, alla quale viene assegnato il punteggio 1): il valore esprime il livello di qualità per il parametro considerato. La somma dei punteggi delle risposte

* Istituto Agrario di S. Michele, Settore Foreste-Ambiente, S. Michele a/Adige (TN)

** Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento

scelte fornisce un punteggio globale ("score") che consente di classificare l'ambiente in esame in cinque classi di qualità.

Il mappaggio con l'RCE di tutto il reticolo idrografico -attraverso la compilazione di 483 schede di rilevamento- è stato sperimentato in Trentino nel 1990; tale esperienza ha condotto alla convinzione di dover apportare alla scheda RCE alcune modifiche volte ad adattare un metodo nato per la valutazione della qualità di piccoli corsi d'acqua svedesi alla diversa realtà dei corsi d'acqua italiani di tipo alpino.

A tal fine nella primavera 1991, in collaborazione col CISBA, si è svolto a S. Michele all'Adige un seminario teorico-pratico dal quale sono emerse la validità di massima dell'approccio proposto dall'RCE, alcune prime indicazioni per il suo adattamento alla realtà italiana e l'esigenza di giungere ad una scheda unica di applicabilità generale.

Scopo di questo lavoro è presentare la nuova scheda, denominata RCE-2, assieme ad istruzioni d'uso ragionate per il compilatore.

La scheda RCE modificata (RCE-2)

Sulla base delle indicazioni emerse dal seminario e dopo una analisi multivariata dei dati della precedente indagine (analisi delle componenti principali, regressioni semplici e multiple, correlazioni e corrispondenze) è stata elaborata la nuova scheda, assai simile a quella dell'RCE e denominata perciò RCE-2. Le modifiche apportate riguardano:

- la riformulazione di alcune domande: sono stati aggiunti o modificati alcuni termini suscettibili di erronea interpretazione;
- l'adeguamento di alcune risposte alla realtà idrografica alpina;
- la correzione del punteggio assegnato ad alcune di esse;
- l'eliminazione di alcune domande, risultate all'analisi statistica non significative o ridondanti;
- l'aggiunta di nuove domande, più rispondenti alle caratteristiche dei torrenti alpini.

La nuova scheda RCE-2 comprende 14 domande anziché 16- ed ha perciò richiesto la ridefinizione dei punteggi che separano le classi di qualità ambientale. La scheda RCE-2 è costituita da 4 gruppi di domande relative ad altrettanti ordini di caratteristiche che contribuiscono a definire lo stato di naturalità di un corso

CLASSE	SCORE	GIUDIZIO	COLORE
I	251-300	ottimo	blu
II	201-250	buono	verde
III	101-200	mediocre	giallo
IV	51-100	scadente	arancio
V	14-50	pessimo	rosso

d'acqua.

Il primo gruppo di quattro domande riguarda le condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante ed è volto a valutare l'influenza di tali tipologie -legate all'uso del territorio- sulla qualità complessiva dell'ambiente fluviale.

Le due domande successive, riguardanti la morfologia, la struttura fisica e la stabilità delle rive, forniscono informazioni sulle caratteristiche idrauliche e sull'entità delle loro variazioni naturali o artificiali.

Le domande 7-11, derivanti dalle teorie del continuum fluviale (*river continuum*) e del flusso ad elica degli elementi nutritivi (*spiralling*), valutano le caratteristiche strutturali dell'alveo bagnato (strutture di ritenzione, raschi, pozze, meandri, ecc.) connesse alla capacità autodepurante del corso d'acqua.

Le ultime tre domande, infine, riguardano direttamente i popolamenti acquatici animali e vegetali, oltreché la composizione del detrito che condiziona la struttura della comunità vivente, essendo apporto energetico della catena trofica. Il fatto che alla componente biotica siano riservate solo due domande non va inteso come una sottovalutazione della stessa, bensì come una calibrazione delle informazioni concorrenti alla formulazione di un giudizio sull'ambiente fluviale non ristretto al solo alveo bagnato, ma inteso nella sua accezione più ampia.

Compilazione della scheda RCE-2 e spiegazione delle domande

Nel riportare note ed istruzioni per una corretta redazione della scheda RCE-2, è importante sottolineare che le domande di ciascun gruppo sono state formulate in modo tale da fungere da controllori reciproci, attenuando così l'intensità di eventuali errori di interpretazione delle condizioni reali.

E' essenziale, nel rispondere alle domande, non attenersi acriticamente alla loro formulazione letterale, ma chiedersi innanzitutto qual è il vero obiettivo conoscitivo sottostante a tale formulazione. Se, come

RCE INVENTORY MODIFICATO (RCE-2)

Ente _____
 Bacino _____ Fiume _____
 Località _____
 Codice _____ Scheda N° _____
 Operatore _____ Data _____

- 1 Stato del territorio circostante**
- coperto da foreste e boschi _____ (25)
 - prati, pascoli, boschi, pochi arativi ed incolti _____ (20)
 - seminativi e/o colture stagionali _____ (5)
 - aree urbanizzate e/o colture permanenti _____ (1)
- 2 Ampiezza della zona riparia primaria e secondaria**
- zona riparia paludosa o arbustiva o boscosa > 30 m _____ (30)
 - zona riparia paludosa o arbustiva o boscosa 5-30 m _____ (20)
 - zona riparia paludosa o arbustiva o boscosa 1-5 m _____ (5)
 - zona riparia paludosa o arbustiva o boscosa assente _____ (1)
- 3 Vegetazione della zona riparia primaria**
- prevalenza di bosco maturo _____ (25)
 - alberi pionieri vicino alle rive e bosco maturo dietro _____ (15)
 - arbusti sparsi e vegetazione pioniera _____ (5)
 - vegetazione di erbe senza alberi o assente _____ (1)
- 3 bis Vegetazione della zona riparia secondaria**
- arbustivo/boscosa consolidata _____ (15)
 - arbustivo/paludosa con pochi alberi _____ (10)
 - erbacea consolidata con qualche arbusto _____ (5)
 - erbacea rada o assente _____ (1)
- 4 Integrità della zona riparia**
- zona riparia intatta, senza interruzioni della vegetazione _____ (20)
 - zona riparia intatta, con interruzioni saltuarie _____ (10)
 - interruzioni frequenti con qualche erosione _____ (5)
 - zona riparia profondamente alterata o artificiale _____ (1)
- 5 Condizioni idriche dell'alveo**
- alveo di morbida assente _____ (25)
 - larghezza dell'alveo di morbida doppia di quella dell'alveo bagnato _____ (20)
 - alveo di morbida molto maggiore dell'alveo bagnato _____ (5)
 - alveo bagnato inesistente o quasi _____ (1)
- 6 Stabilità delle rive**
- rive stabili trattenute da radici arboree _____ (25)
 - rive trattenute da erbe e arbusti _____ (15)
 - rive trattenute da un sottile strato erboso _____ (5)
 - rive in erosione facile o con interventi artificiali _____ (1)

7	Strutture di ritenzione degli apporti trofici	
-	alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati	(20)
-	massi e/o rami presenti con deposito di sedimento	(15)
-	strutture di ritenzione libere e mobili con le piene	(5)
-	alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce con corrente uniforme	(1)
8	Erosione delle rive	
-	nessuna o poco evidente	(20)
-	erosioni solamente nelle curve e nelle strettoie	(15)
-	erosioni frequenti con scavo delle rive e delle radici	(5)
-	erosione molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	(1)
9	Naturalità della sezione dell'alveo bagnato	
-	sezione naturale	(15)
-	naturale con lievi interventi artificiali	(10)
-	artificiale con qualche elemento naturale	(5)
-	sezione artificiale	(1)
10	Fondo dell'alveo (negli ambienti lotici)	
-	fondo a massi e ciottoli, irregolare e stabile	(25)
-	fondo ciottoloso e facilmente mobile, con poco sedimento	(15)
-	fondo di ghiaia e sabbia, stabile a tratti	(5)
-	fondo di sabbia e sedimento limoso o cementificato	(1)
10 bis	Fondo dell'alveo (negli ambienti lentic)	
-	fondo sciolto senza sedimento organico	(20)
-	fondo sciolto uniforme con poco sedimento organico	(10)
-	fondo limoso con sedimento organico	(5)
-	fondo limoso con abbondante sedimento organico	(1)
11	Raschi, pozze e meandri	
-	ben distinti, ricorrenti, distanti al massimo 5-7 volte la larghezza	(25)
-	presenti a distanze diverse e con successione irregolare	(20)
-	lunghe pozze che separano corti raschi; pochi meandri	(5)
-	meandri, raschi e pozze assenti; percorso raddrizzato	(1)
12	Vegetazione in alveo	
-	assente o formata da muschi e gruppi di idrofite	(15)
-	idrofite dominanti nelle pozze, elofite sui bordi	(10)
-	tappeti algali presenti, rare macrofite e pochi muschi	(5)
-	tappeto algale dominante e/o batteri filamentosi	(1)
13	Detrito	
-	formato da foglie e legno indecomposto	(15)
-	materiale organico parzialmente decomposto	(10)
-	materiale organico decomposto	(5)
-	detrito anaerobico	(1)
14	Macrobenthos	
-	molte specie presenti	(15)
-	molte specie presenti solo in habitat ben ossigenati	(10)
-	poche specie presenti, ma in tutti gli habitat	(5)
-	poche specie presenti e solo negli habitat più ossigenati	(1)
	Punteggio totale	(.....)

spesso accade, la situazione reale non corrisponde a nessuna delle risposte proposte, l'operatore dovrà interrogarsi sull'obiettivo conoscitivo e scegliere con buonsenso la risposta che più delle altre corrisponde ad esso.

E' a questo fine che per ogni domanda viene esplicitato, sia pure succintamente, il perché della stessa e vengono fornite indicazioni sul modo corretto di rispondere nei casi dubbi o di non immediata comprensione.

Si suggeriscono piccole regole di lavoro alle quali attenersi per una razionale compilazione delle schede di rilevamento:

- se è possibile, è preferibile partire dalla foce del corso d'acqua, ove si procede alla compilazione della prima scheda;
- ogni scheda deve essere compilata in tutte le sue parti, rispondendo obbligatoriamente a tutte le domande e contrassegnando una sola risposta;
- è opportuno segnare su una cartina a scala idonea il punto in esame per poter successivamente individuare i tratti con caratteristiche omogenee;
- terminata la prima scheda, si risale il corso d'acqua finché le condizioni sembrano rimanere costanti; quando si nota un cambiamento, anche per una sola delle caratteristiche elencate nella scheda, ci si ferma, si segna il punto sulla cartina e si procede alla compilazione di una seconda scheda;
- con questo modo di operare si percorre tutto il corso d'acqua dalla foce alla sorgente, inventariandone le caratteristiche ambientali.

1 Stato del territorio circostante

Il tipo di copertura vegetale, conseguente all'utilizzo del territorio, condiziona il flusso di nutrienti e di inquinanti che, dilavati dai versanti, raggiungono il corso d'acqua. La stima deve riguardare la porzione di territorio che, a giudizio dell'operatore, viene reputata influente; essa, perciò, non deve essere né troppo vasta né troppo ristretta, onde evitare errori di sopra o sottovalutazione della funzione del territorio

2 Ampiezza della zona riparia primaria e secondaria

L'ampiezza della fascia vegetata riparia fornisce un'indicazione sulle capacità filtro della stessa nei confronti degli apporti superficiali ed iporreici provenienti dal territorio. Per una migliore aderenza alle diversificate realtà idrografiche, si è ritenuto necessa-

rio distinguere la zona riparia in due sottotipi:

- zona riparia primaria, ove la vegetazione spontanea si è insediata e consolidata con modelli naturali, senza significativi interventi umani. Si possono ascrivere a questa tipologia anche le rive rinaturate con sistemi di ingegneria naturalistica che simulano condizioni naturali (copertura diffusa di salici e latifoglie, gradonate di talee, gabbionate con copertura vegetale, manti erbosi, ecc.), purché lo sviluppo vegetale sia tale da consentire una funzionalità analoga a quella delle rive naturali;

- zona riparia secondaria è, invece, quella formata all'interno di un alveo artificiale. Su molti corsi d'acqua esistono spesso sistemazioni idrauliche con argini alti e rigidi, talmente distanziati da risultare toccati dall'acqua solo in caso di piene eccezionali; l'acqua scorre entro un percorso preferenziale (alveo reale) all'interno dello spazio disponibile tra gli argini artificiali. In tal caso va considerata zona riparia secondaria quella porzione all'interno degli argini colonizzata da vegetazione spontanea, di solito pioniera.

Deve essere stimata la larghezza media della zona riparia, valutando il tratto di torrente o fiume che appare, a vista, sufficientemente omogeneo, senza lasciarsi influenzare da eventuali situazioni puntuali di limitata estensione; qualora queste siano da considerarsi particolarmente rilevanti, è giustificata la compilazione di una nuova scheda per questa porzione di fiume.

Nei corsi d'acqua con rive artificiali (in cemento, con massi cementati, a scogliera, ecc.) l'ampiezza della zona riparia deve essere considerata assente, in quanto sono impediti le funzioni peculiari delle rive vegetate.

Nel caso di rive rinaturate, invece, andrà considerata l'ampiezza effettiva della riva che presenta uno sviluppo vegetativo ben conformato, uniforme e stabile. In pratica, si suggerisce di considerarle tali dopo almeno due anni dall'impianto; prima di tale periodo l'ampiezza della zona riparia è da ritenersi assente.

3 (e 3 bis) Vegetazione della zona riparia primaria (o secondaria)

Si deve rispondere ad una sola delle due domande, in base al tipo di zona riparia presente, primaria o secondaria; nel primo caso (vegetazione naturale), a parità di fisionomia vegetazionale, viene assegnato un punteggio più elevato. Nel caso di zona riparia molto

ampia, le osservazioni sul tipo di copertura vegetale devono riguardare la porzione di riva larga al massimo 10 metri dal margine bagnato dell'alveo.

4 Integrità della zona riparia

Una zona riparia integra agisce come fonte di apporti organici CPOM (Coarse Particulate Organic Matter, o particolato organico grossolano), fornisce ripari alla fauna acquatica, ombreggiamento, ecc. Le interruzioni della copertura vegetale deprimono queste funzioni; le risposte predefinite individuano solo alcune tipologie significative, alle quali l'operatore deve ricondursi.

5 Condizioni idriche dell'alveo

Diversi corsi d'acqua hanno un alveo di piena molto ampio, più o meno coperto da alberi pionieri o da vegetazione erbaceo-arbustiva, al cui interno corre l'alveo di morbida, solitamente ciottoloso e nel quale è individuabile una porzione asciutta ed una bagnata. E' presumibile che la zona ciottolosa e praticamente priva di vegetazione sia tale perché soggetta a periodiche inondazioni che impediscono la colonizzazione vegetale; le fasce laterali vegetate, invece, segnalano le zone soggette a invasioni dell'acqua solo in casi eccezionali. Obiettivo indiretto, ma reale, della domanda è dunque l'individuazione dell'entità delle variazioni del regime idraulico che, influenzando i popolamenti biologici, condizionano la capacità autodepurativa del corso d'acqua. Variazioni periodiche di portata, naturali o artificiali (dighe, attingimenti irrigui, ecc.) possono esporre al disseccamento porzioni più o meno ampie di alveo, riducendone la superficie con funzione autodepurativa. Anche quando la diminuzione della portata è bilanciata da periodi di normale regime idraulico (es. pause di irrigazione o di turbinazione), non viene garantito un veloce recupero della funzione depurante poiché la ricolonizzazione bentonica richiede tempi variabili dai 20 ai 40 giorni.

Nel valutare le variazioni di regime idraulico possono presentarsi difficoltà: per esempio un torrente, sebbene incassato tra argini verticali rocciosi o rigidi muri di contenimento, può presentare un fondo ciottoloso o ghiaioso con un mosaico di microambienti che, ospitando una comunità diversificata, è in grado di operare la funzione demolitrice. In questo caso occorre non lasciarsi influenzare dalle apparenze penalizzando il torrente con una risposta di basso valore, ma riflettere piuttosto sul fatto che si stanno valutando le

variazioni del regime idraulico in quanto responsabili di diminuzioni della sezione di alveo bagnato e delle potenzialità di trasformazione della sostanza organica. In tal caso, poiché le variazioni di portata, se non eccessive, non compromettono la comunità vivente, la risposta corretta è quella col punteggio massimo, anche se sembra premiare un po' troppo un ambiente scadente da altri punti di vista (torrente con muri verticali e alti); questo, in compenso, otterrà bassi punteggi nelle altre domande.

L'esempio conferma efficacemente l'esigenza, già espressa, di una redazione della scheda non asettica e distaccata, ma che scaturisca da una riflessione sul reale obiettivo della domanda e che tenga presente, come filo conduttore, gli aspetti funzionali del fiume connessi ad una data caratteristica morfologica.

6 Stabilità delle rive

Le rive stabilizzate da formazioni arboree ben radicate svolgono anche la funzione di rifugio e corridoio di transito per molte specie animali e, soprattutto per fiumi di ordine elevato (superiore a 5), esaltano la funzione di "ecofiltro" caratteristica degli ecotoni.

7 Strutture di ritenzione degli apporti trofici

Questa domanda mira ad individuare le caratteristiche del corso d'acqua legate al turnover della materia organica, cioè alla distanza media percorsa da una molecola organica prima di essere mineralizzata e nuovamente organica.

Una di queste caratteristiche è la ritenzione, cioè la capacità di trattenere il materiale grossolano (CPOM) veicolato dall'acqua; un alveo molto accidentato presenta elementi morfologici (salti, ristagni, massi, tronchi) che assolvono la funzione di ritenzione più efficacemente di alvei regolarizzati, rettilinei e con substrato uniforme. Un corso d'acqua ad elevata ritenzione avrà un corto turnover e quindi il sistema risulterà conservativo; in situazioni opposte, il sistema avrà un lungo turnover e sarà esportativo.

8 Erosione delle rive

La scarsa erosione delle rive è legata anche alla presenza di essenze vegetali sulle rive che, con i loro apparati radicali, consolidano il suolo. Questa domanda, correlata alle precedenti, è finalizzata a verificare e rafforzare la valutazione delle caratteristiche legate alla funzione depurativa e di trasformazione della materia organica.

9 Naturalità della sezione dell'alveo bagnato

L'allontanamento di un corso d'acqua dalla condizione di naturalità è sicuramente un fattore negativo per la sua funzionalità ecologica. La stima dei rapporti tra elementi naturali e artificiali deve essere operata in forma media.

10 (10 bis) Fondo dell'alveo negli ambienti lotici (o lentici)

Ovviamente bisogna rispondere ad una sola delle due domande, essendo la dicotomia legata al tipo di corso d'acqua, lotico o lentico, a seconda della portata, velocità, tirante e pendenza. Il punteggio più elevato viene attribuito agli ambienti lotici più stabili e con maggiore diversità ambientale ed a quelli lentiche con minor accumulo di sedimento organico.

11 Raschi, pozze e meandri

Raschi, pozze, correntini e meandri (riffles, pools, runs, meanders) sono caratteristiche morfologiche qualificanti dei corsi d'acqua. Un torrente di montagna, specialmente se con pendenza rilevante, difficilmente presenterà meandri ma, in compenso, potrà avere numerose pozze e salti a breve distanza; nei corsi d'acqua di valle o di pianura saranno invece rari i salti e frequenti i meandri, le lunghe pozze e i correntini. Il massimo punteggio va assegnato agli ambienti in cui uno o più degli elementi morfologici in esame -sia esso un raschio, una pozza o un meandro- si presenta nella condizione descritta nelle risposte.

12 Vegetazione in alveo

Lo studio della vegetazione acquatica è talora utilizzato come un vero metodo biologico di valutazione della qualità dell'acqua. Al fine di ottenere indicazioni di massima sulla funzionalità di un fiume, è invece sufficiente una caratterizzazione fisionomica grossolana della vegetazione acquatica, svincolata dalla tassonomia e, pertanto, di semplice e rapida rilevazione.

Nelle acque correnti le *idrofite* comprendono le piante lunghe, radicate sul fondo e fluttuanti libere nella corrente, mentre le *elofite* (dal greco *elos* = palude) -che prediligono acque più lente e fondali melmosi- sono piante radicate col fusto in buona parte emergente.

13 Detrito

La quantità e il tipo di detrito, decomposto o no, ossigenato o anaerobico, è un buon indicatore del-

l'equilibrio funzionale tra tipo di corso d'acqua (conservativo o esportativo), carico organico e attività biologica demolitrice.

14 Macrobenthos

La ricchezza in specie non richiede, ovviamente, l'applicazione di metodi biologici quali l'EBI, ma un'osservazione speditiva dei popolamenti macrobenttonici. E' una domanda correlata alle precedenti ed assume validità solo se formulata nel contesto generale dell'RCE.

La fotografia dell'ambiente risultante dalla compilazione delle schede RCE-2 avrà valore di documentazione dello stato delle rive e dei fiumi, come base per comprendere e valutare impatti prodotti dall'uomo e per le simulazioni in sede di progettazione ed analisi V.I.A.

Oltre a fornire una carta di facile comprensione dello stato di salute degli ecosistemi fluviali, questi dati possono diventare un prezioso strumento per la programmazione di interventi volti al ripristino dell'ambiente fluviale, sia a breve che a lungo termine, o guidare le scelte di una politica di conservazione degli ambienti più integri.

Ringraziamenti

Si ringraziano i colleghi G.U. Caravello, G. Damiani, G. Sansoni e M. Zanetti -componenti del gruppo di studio ristretto del CISBA- per gli utilissimi suggerimenti forniti in merito alle modificazioni della scheda RCE originale.

Bibliografia minima

GHETTI P.F., BONAZZI G. - 1981.

I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. *Collana Progetto Finalizzato CNR "Promozione Qualità dell'Ambiente"*, AQ/1/127, 175 p.

PETERSEN R.C. - 1990.

The RCE: A Riparian, Channel, and Environmental Inventory for small streams in agricultural landscape. *Revised march 1991 in review Freshwater Biology*.

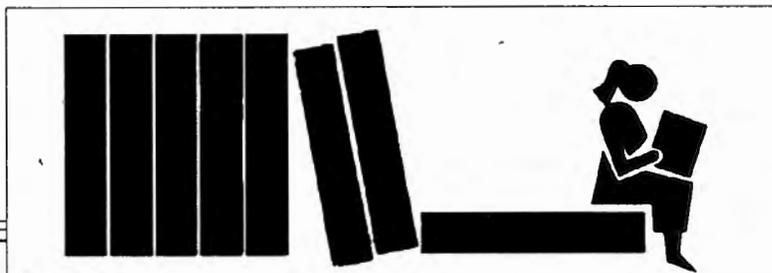
DI CASTRI F., HANSEN A.J. & HOLLAND M.M. - 1988.

A new Look at Ecotones: Emerging International Projects on Landscape Boundaries. *Biology International, special issue 17*, IUBS, Paris.

ATTI DEL CONVEGNO "AMBIENTE '91" - 1990.

Prov. Auton. di Trento, Serv. Ripristino e Valorizz. Amb., Comano Terme (Trento).

ATTUALITA'



L'AMERICA IN ITALIA

USIA (United States Information Agency) è un ente governativo indipendente degli Stati Uniti d'America che ha il compito di illustrare all'estero la politica e la società americane e di promuovere gli scambi culturali ed educativi.

Organo periferico di questo ente è l'USIS (United States Information Service) che conta 205 filiali sparse in 128 nazioni: in Italia le sedi USIS si trovano a Milano, Roma, Firenze, Napoli.

L'ufficio stampa dell'Usis, in quanto portavoce ufficiale del Governo USA, tratta tutti i temi che riguardano direttamente o indirettamente la politica americana. Alcuni argomenti ricorrono costantemente, ad esempio il Gatt, la Difesa, il Medio Oriente; altri dipendono maggiormente dalla personalità del Presidente in carica, che potrebbe dedicare molta attenzione al problema della droga piuttosto che a quello dell'ambiente.

Quando l'Usis nacque nel 1948, nella sua biblioteca c'erano tesori introvabili altrove: romanzi americani, a quell'epoca impossibili da reperire in libreria, documenti ufficiali, quotidiani e periodici, pubblicazioni specializzate. Oggi l'Usis si è specializzato in settori particolari e di grande interesse generale come la politica interna ed estera della Casa Bianca, la storia, la cultura americane.

I servizi forniti dalla BIBLIOTECA USIS DI MILANO, ad esempio, riguardano: consultazione, prestito, consulenza per la preparazione di bibliografie, ricerca di indirizzi di istituzioni, centri di ricerca e associazioni negli Stati Uniti. La raccolta della biblioteca comprende: 9000 volumi, 150 periodici e il New York Times; Library of American Civilization (raccolta su microfiche di 19.000 volumi pubblicati negli USA dalla seconda metà del Seicento all'inizio del nostro secolo), Congressional Information Service (atti

delle due camere del Congresso Americano), US Statutes at Large (testi delle leggi federali dal 1945).

Gli indirizzi della "America in Italia" sono:
 USIS (United States Information Service),
 - via Bigli 11/a, Milano. Tel. 02/795053-4-5
 - via Boncompagni 2, Roma. Tel. 06/46741
 - via Lungarno Vespucci 46, Firenze. Tel. 055/294921
 - piazza Repubblica, Napoli. Tel. 081/5838261

I SILLABARI
DELLE FORESTE

Il Corpo Forestale dello Stato, coadiuvato dal sostegno economico di alcuni sponsor, ha realizzato degli arboreti indigeni nei cortili di diverse scuole di Parma per consentire ai giovani di imparare a riconoscere le piante che formano le foreste delle nostre montagne e indurli a rispettarle.

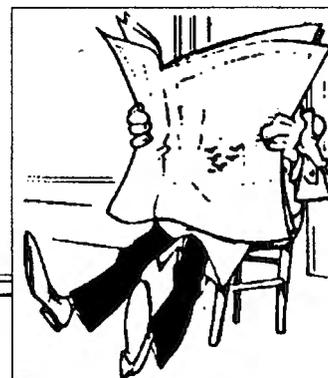
L'arboreto costituirà il sillabario dei boschi e gli studenti potranno seguire direttamente i modi e i tempi dello schiudersi delle gemme, del formarsi delle foglie, dei frutti con i semi, del ritmico accumularsi del legno sull'albero.

Gli arboreti realizzati sono quattro ed occupano ognuno un'area di circa 2.000 m² in cui sono state collocate a dimora 21 piante; sono stati utilizzati alberi ben sviluppati dai tre ai sei metri circa di altezza: ogni pianta è stata dotata di una tabella recante il nome italiano e scientifico della pianta stessa e l'indicazione delle fasce climatiche.

La spesa, per ogni arboreto, è stata inferiore ai 4.000.000 di lire: una spesa modesta per un arboreto in grado di vegetare per almeno un paio di secoli.

L'idea degli arboreti indigeni è stata ripresa a Ravenna, ove sono in corso di realizzazione ben dieci arboreti in altrettante scuole della città.

ABSTRACTS



RASSEGNA MONOGRAFICA SUI METODI DI DEPURAZIONE SEMINATURALI

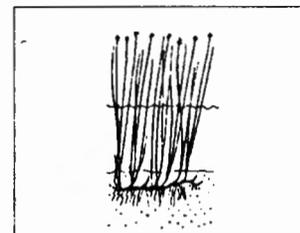
- [258] 1- BOD removal in floating aquatic macrophyte-based wastewater treatment systems
- [259] 2- The use of reed bed treatment systems in the UK
- [260] 3- Danish experience with emergent hydrophyte treatment systems (EHTS) and prospects in the light of future requirements on outlet water quality
- [261] 4- Design equations for BOD removal in facultative ponds
- [262] 5- Effects of maturation on the characteristics of wastewater stabilization pond sludges
- [263] 6- Factor determining algal populations in waste stabilization ponds and the influence of algae on pond performance
- [264] 7- The development of lagoons in Venezuela
- [265] 8- Wastewater lagoons in a cold climate
- [266] 9- Sludge accumulation in aerated facultative lagoons operating in colder climate
- [267] 10- Waste stabilization ponds in Europe: a state of the art review

T.A. DEBUSK & K.R. REDDY - 1987

BOD removal in floating aquatic macrophyte-based wastewater treatment systems

Wat. Sci. Tech., 19 (12): 273-279.

[258]



Gli impianti di depurazione a macrofite acquatiche flottanti sono bacini poco profondi (0,5-1 m) con tempo di ritenzione variabile da un giorno a diverse settimane. Negli Stati Uniti vengono utilizzati per lo più come trattamento terziario, per la rimozione di N e di P; una parte della biomassa della specie utilizzata (giacinto d'acqua, *Eichhornia crassipes*) viene raccolta frequentemente per stimolare la crescita vegetativa e la rimozione dei nutrienti.

Studi su impianti pilota hanno mostrato che le macrofite flottanti possono essere usate anche come trattamento secondario, per rimuovere il carbonio (BOD_5) dagli effluenti civili primari; in questi impianti la rizosfera delle macrofite funziona come substrato per i batteri eterotrofi, riforniti di ossigeno atmosferico tramite i canali aeriferi delle piante stesse.

Gli Autori hanno sperimentato vari trattamenti in vasche di 1000-3000 l, profonde 0,5 m e mantenute all'aperto.

In un primo esperimento, la rimozione del BOD_5 nelle vasche con giacinto d'acqua (alimentate in maniera discontinua) risultava, nella prima settimana, superiore a quella di vasche coperte da uno schermo che impediva il passaggio della luce solare; dopo due settimane di ritenzione, tuttavia, entrambi i trattamenti rimuovevano il 94% del BOD_5 . La concentrazione dell'ossigeno disciolto era bassa (0,2-0,8 mg/l) nelle vasche col giacinto d'acqua mentre variava notevolmente (0,3-11 mg/l) nelle vasche non schermate dalla luce solare. L'elevata rimozione di BOD_5 in presenza di basse concentrazioni di ossigeno disciolto nell'acqua (a 10 cm di profondità) fa pensare che l'ossigeno

atmosferico trasportato dall'apparato fogliare alla rizosfera venga prontamente utilizzato dai batteri.

In un secondo esperimento è stata comparata per un intero anno l'efficienza depurante del giacinto d'acqua con quella della soldinella (*Hydrocotyle umbellata*), una macrofita flottante con una capacità di trasporto dell'ossigeno 2,8 volte più elevata. I liquami venivano rinnovati ogni 3-4 giorni e, settimanalmente, veniva misurato il BOD_5 in ingresso e in uscita: la biomassa vegetale veniva riportata ogni 15-30 giorni a 10 kg/m². La soldinella, nonostante il suo apparato radicale meno sviluppato (2,5 cm. contro i 5.6 cm del giacinto d'acqua), è risultata più efficiente, rimuovendo l'88% del BOD_5 (contro il 79%).

In un terzo esperimento, della durata di sei mesi, è stata mantenuta una biomassa di 15 kg/m² di giacinto d'acqua, con rimozioni quindicinali, mentre nelle vasche di controllo non è stata effettuata alcuna rimozione; l'alimentazione del liquame era semicontinua. L'abbattimento del BOD_5 (circa 60%) non è risultato influenzato dalla rimozione periodica del giacinto d'acqua, sebbene questa stimolasse la crescita vegetale e il trasporto di ossigeno alla rizosfera. Questa osservazione conferisce ai sistemi di trattamento con macrofite flottanti una notevole flessibilità d'esercizio: una frequente rimozione di parte della biomassa vegetale, infatti, risulta superflua nel caso di trattamento secondario e può essere limitata agli impianti concepiti come trattamento terziario (in cui è richiesto un elevato abbattimento di N, P o metalli pesanti) ed a quelli in cui il valore delle biomasse prodotte è elevato.

G. S.

P.F. COOPER, J.A. HOBSON, CAROL FINDLATER - 1990

The use of reed bed treatment systems in the UK

Wat. Sci. Tech., 22 (3/4): 57-64.

[259]

Nel 1985 un gruppo di ricercatori delle Water Authorities si recò in Germania per visitare gli impianti basati sul Root-Zone Method al fine di valutarne le potenzialità di applicazione al trattamento di liquami di piccole comunità rurali britanniche. Caratteristiche particolarmente interessanti sono apparse i bassi costi

di realizzazione e di manutenzione, la semplicità costruttiva, la superfluità di equipaggiamenti elettrici, la capacità di far fronte ad un ampio spettro di condizioni operative, il buon inserimento ambientale.

Gli Autori espongono considerazioni e valutazioni preliminari sui 25 impianti con *Phragmites australis* realizzati da allora nel Regno Unito.

Per il dimensionamento iniziale sono state utilizzate le equazioni del prof. Kickuth:

$$A_n = 5,2 Q_d (\ln C_0 - \ln C_t)$$

$$A_c = \frac{Q_s}{k_f dh/ds}$$

A_n e A_c = superficie e sezione trasversale (m^2);

Q_d e Q_s = portata dei liquami giornaliera (m^3/d) e istantanea (m^3/s);

C_0 = BOD₅ medio giornaliero in ingresso (mg/l);

C_t = BOD₅ richiesto nell'effluente (mg/l);

k_f = conducibilità idraulica (m/s);

dh/ds = pendenza del letto (m/m).

Negli impianti inglesi la profondità del letto nel tratto iniziale è di 60 cm; il fondo ha una pendenza dell'1-5% mentre la superficie viene realizzata orizzontale per consentirne la sommersione (utilizzata la primavera successiva all'impianto vegetale come metodo di controllo delle infestanti); il fondo è impermeabilizzato con un foglio di polietilene di 0,5-2 mm o con argilla; per assicurare una distribuzione uniforme

dei liquami, la sezione iniziale è realizzata con gabbioni di ciottoli.

Per il collettore di uscita, anch'esso posto alla base di una sezione drenante in ciottoli, è consigliabile un pozzetto con tubo flessibile, la cui elevazione consente di controllare il livello medio dell'acqua nel letto filtrante. L'impianto di pani di terra di canneto o di piantine coltivate in semenzaio, da effettuarsi preferibilmente in primavera o prima estate, consente una copertura più rapida rispetto all'impianto di rizomi.

L'efficienza di rimozione del BOD₅ e dei solidi sospesi mostra un graduale miglioramento e sta avvicinandosi agli obiettivi di progetto; ciò appare promettente, considerato che la maggior parte degli impianti ha solo due anni mentre il pieno sviluppo del canneto richiede 4-5 anni. La rimozione di fosforo e azoto è, invece, di scarsa entità.

Per evitare intasamenti del letto filtrante e lo scorrimento in superficie dei liquami, vengono raccomandate la geometria descritta (superficie orizzontale, fondo inclinato), un materiale di riempimento sufficientemente permeabile e un pretrattamento meccanico dei liquami che rimuova i materiali grossolani (sedimentazione o grigliatura).

Piccole unità mobili (1 x 0,5 m; h 0,6 m) possono essere usate per saggiare la trattabilità di liquami particolari (es. percolati di discariche).

G. S.

H.H. SCHIERUP & H. BRIX - 1990

Danish experience with emergent hydrophyte treatment systems (EHTS) and prospects in the light of future requirements on outlet water quality

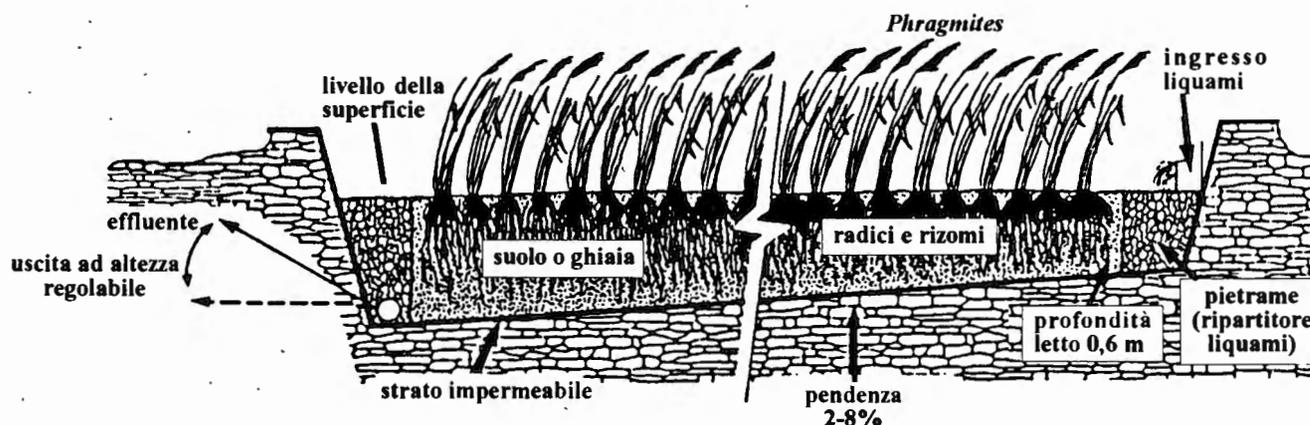
Wat. Sci. Tech., 22 (3/4): 65-72.

[260]

Dal 1983 sono stati realizzati in Danimarca 150 depuratori a macrofite emergenti ("root-zone system"), alimentati con effluenti di fosse settiche e variamente dimensionati: da 50 a oltre 3.000 ab. eq., con una superficie da 1 a 20 $m^2/ab.$ e un carico idraulico da 10 a 160 $l/m^2 \cdot die$. L'abbattimento medio del BOD₅ (87%), dell'N (34%) e del P (23%), pur

producendo generalmente effluenti entro i limiti di legge, non ha completamente corrisposto alle aspettative; in particolare, non è stato osservato l'aumento di conducibilità idraulica del letto filtrante da 10^{-8} a 10^{-3} m/s che, secondo le aspettative, avrebbe dovuto verificarsi a seguito dello sviluppo dell'intreccio dei rizomi.

La causa principale della scarsa rimozione di N e di



P viene attribuita al verificarsi di cortocircuiti tra ingresso e uscita: scorrimento dei liquami in superficie per la bassa conducibilità idraulica del letto filtrante, o formazione di percorsi sotterranei preferenziali, riconoscibili in superficie per lo sviluppo di rigogliosi cespi di canneto isolati dal suolo circostante, secco e invaso da annuali infestanti.

Per raggiungere elevati livelli di efficienza, anche in vista della futura adozione di limiti di legge più severi (limiti attuali: 15 mg/l di BOD₅, 8 mg/l di N totale e 1,5 mg/l di P totale), vengono passate in rassegna le attitudini peculiari di vari tipi di trattamento a bassa tecnologia, riassunte nella tabella.

Gli Autori, nel prospettare per il futuro sistemi basati sulla combinazione di alcuni o di tutti i tipi di trattamento citati, sottolineano che la superficie ri-

chiesta dovrà essere molto superiore a quella degli impianti tradizionali: in natura, dopotutto, i carichi sono molto più bassi e gli organismi non possono essere forzati oltre un certo limite. Occorreranno ancora molte ricerche per individuare le specie vegetali più adatte e per ottimizzare gli schemi di trattamento.

G. S.

Rimozione di ⇔	SS	BOD ₅	N	P	O ₂
Letti a canneto	+++	+++	+	+	-
Letti percolatori	+++	++	++	++	-
Lagune vegetate	++	+++	+	+	+
Macrofite sommerse	-	-	++	++	+++
Stagni algali	-	-	+	++	+++
Filtri a sabbia	+++	+++	+	+	-

E.J. MIDDLEBROOKS - 1987

Design equations for BOD removal in facultative ponds

Wat. Sci. Tech., 19 (12): 187-193.

[261]

Negli Stati Uniti vi sono circa 7.000 stagni per il trattamento di vari tipi di liquami, sia civili che industriali complessi, funzionanti in un'ampia gamma di condizioni climatiche, dalle tropicali alle artiche.

L'Autore ha verificato la validità delle numerose equazioni progettuali proposte da vari Autori per il dimensionamento degli stagni facoltativi, applicando ai dati di quattro impianti (di 3-7 stagni ciascuno) da

lui studiati e a quelli di cinque impianti studiati da Neel. L'analisi dei dati è stata limitata all'efficienza del primo stagno poiché è quello maggiormente rappresentativo dell'intero sistema e meno influenzato da altri fattori (successioni algali, variazione della concentrazione dei nutrienti, capacità tamponante del sistema).

La maggior parte dei modelli proposti dovrebbe

produrre una retta di regressione passante per l'origine degli assi cartesiani; la bontà dei modelli è stata giudicata valutando, col metodo dei minimi quadrati, gli scostamenti da tale retta. Sono state prese in considerazione 10 equazioni razionali, 3 empiriche e 10 non lineari.

Tra le equazioni lineari, il semplice modello idraulico del flusso a pistone con velocità di reazione di primo ordine, descritto dalla seguente equazione, ha fornito il miglior adattamento ai dati dell'Autore:

$$\ln(BOD_i/BOD_u) = k t$$

BOD_i e BOD_u = concentrazione di BOD_5 in ingresso e in uscita (mg/l);

t = tempo di residenza idraulica (giorni).

Tuttavia la stessa equazione mal si adatta ai dati di Neel, sebbene anch'essi siano relativi ad impianti analoghi e con simili condizioni climatiche. Nessuna delle equazioni non lineari fornisce un adattamento accettabile ai dati di entrambi gli Autori; tra tutti i modelli considerati, solo l'equazione empirica di McGarry e Pescod fornisce un ottimo adattamento:

$$L = 10,37 + 0,725 L_0$$

L = rimozione areale di BOD (kg/ha al giorno);

L_0 = carico areale di BOD (kg/ha al giorno).

Sussistono tuttavia alcuni dubbi sulla validità di tale stretta correlazione, in quanto i dati confrontati non sono statisticamente indipendenti.

G. S.

J. CARRE' & D. BARON - 1987

Effects of maturation on the characteristics of wastewater stabilization pond sludges

Wat. Sci. Tech., 19 (12): 169-175.

L'accumulo di fanghi negli stagni di stabilizzazione contribuisce al processo globale di depurazione attraverso l'intrappolamento dei solidi non degradabili e la demolizione anaerobica dei materiali organici sedimentati. Quest'ultima, se avviene rapidamente per la frazione facilmente idrolizzabile, procede molto più lentamente nei sedimenti più profondi per i solidi difficilmente idrolizzabili.

Gli Autori hanno studiato come variano con la profondità le caratteristiche fisiche, chimiche e batteriologiche di profili verticali di fanghi prelevati con carotaggio; la profondità di 60 cm corrispondeva ad un'età del fango di 10 anni. Una frazione dei campioni è stata centrifugata immediatamente per raccogliere la fase interstiziale, nella quale sono stati dosati il fosforo e l'ammoniaca disciolti; il pH e l'Eh sono stati misurati in situ con elettrodi.

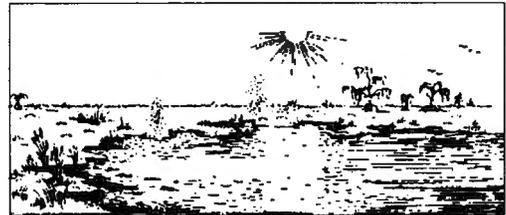
Il contenuto in sostanza secca aumenta con l'età del fango (circa 10 volte in 10 anni) mentre il TOC diminuisce dell'80-85%, avvicinandosi al contenuto dei sedimenti lacustri ed oceanici ricchi di sostanza organica; l'Eh scende da -200 mV nello strato superio-

re a -300 mV a 50-60 cm e, parallelamente all'incremento delle condizioni anaerobiche -favorevoli alla riduzione dei solfati- aumenta il tenore in solfuri.

L'azoto particolato decresce con la profondità mentre la concentrazione di ammoniaca disciolta nella fase interstiziale aumenta, riflettendo la mineralizzazione di circa il 70% dell'N organico. Anche per il P particolato, la sua diminuzione con la profondità corrisponde al rilascio del 75% del P originariamente presente ma, a differenza dell'N, tale rilascio si verifica maggiormente negli strati superficiali del fango, come testimoniato dalla diminuzione del P disciolto con la profondità.

Gli indicatori fecali stretti (coliformi fecali e streptococchi fecali) diminuiscono di circa 3 unità logaritmiche mentre i coliformi totali subiscono una riduzione di minore entità e i batteri solfato riduttori si mantengono approssimativamente costanti (circa $10^7/l$); le salmonelle, invece, sono presenti solo nei fanghi più giovani.

Nei fanghi accumulatisi presso l'ingresso dello stagno si osserva, invece, una diminuzione delle con-



[262]

centrazioni batteriche fino alla profondità di 20-40 cm e poi un loro aumento negli strati più profondi. Questo risultato inaspettato è probabilmente attribuibile al fatto che ciascuna particella con diversi batteri adsorbiti sulla superficie dà luogo ad un conteggio (MPN) di

un solo batterio; la frammentazione delle particelle che accompagna la maturazione dei fanghi conduce ad un maggior numero di particelle, ciascuna delle quali veicola batteri.

G. S.

H.W. PEARSON, D.D. MARA, S.W. MILLS & D.J. SMALLMAN - 1987

Factor determining algal populations in waste stabilization ponds and the influence of algae on pond performance

Wat. Sci. Tech., 19 (12): 131-140.

[263]

Le alghe giocano un ruolo chiave negli stagni di stabilizzazione dei liquami, non solo producendo ossigeno che evita l'instaurarsi di condizioni anaerobiche, ma anche assimilando sostanze organiche e influenzando la sopravvivenza dei patogeni; solo una completa comprensione delle attività dei microrganismi degli stagni di trattamento consentirà un approccio razionale alla loro progettazione.

Gli Autori hanno studiato in situ ed in laboratorio (in condizioni di luce e di buio, aerobiche ed anaerobiche), con substrati radiomarcanti, l'utilizzo di vari acidi organici e zuccheri da parte di *Chlamidomonas*, *Euglena*, *Chlorella* e *Scenedesmus* e la tossicità dell'ammoniaca e dell'idrogeno solforato su di esse.

Studi nutrizionali in laboratorio su colture pure con vari substrati organici mostrano che la crescita di tutte le specie saggiate, in presenza di luce, è esaltata da acetato o glucosio rispetto a semplici condizioni autotrofe (fotolitotrofe); al buio, invece, si registrano differenze metaboliche tra le varie specie.

Sebbene la dipendenza della fotosintesi algale dalla penetrazione della luce fornisca un vantaggio competitivo alle microalghe mobili flagellate (*Euglena*, *Chlamidomonas*), colture algali miste in sacche di membrana da dialisi, mantenute per 10 giorni nella zona eufotica, mostrano la quasi scomparsa di *Euglena* e *Chlamidomonas* e la netta dominanza di *Scenedesmus* e *Chlorella*. A 1 m di profondità, invece (quindi al buio), tutte le alghe muoiono, confermando il ruolo chiave della luce nel controllo della speciazione algale.

L'apparato fotosintetico delle alghe è particolarmente sensibile all'idrogeno solforato e all'ammoniaca indissociati, due tossici di primaria importanza presenti nei liquami grezzi e prodotti negli stagni

dall'attività batterica; la tossicità del primo aumenta con la diminuzione del pH mentre quella della seconda aumenta al crescere del pH.

Sperimentalmente, *Chlamidomonas* e *Chlorella* risultano più tolleranti all' H_2S di *Scenedesmus* ed *Euglena*; concentrazioni di H_2S superiori a 1 mg/l sulla superficie di uno stagno dominato da *Euglena* possono condurre alla scomparsa di ogni popolazione algale e all'instaurarsi di condizioni totalmente anaerobiche o essere responsabili della formazione di un film superficiale di *Chlamidomonas*, spesso osservabile negli stagni anaerobici.

Anche rispetto alla tossicità da ammoniacale, i flagellati (*Euglena* e *Chlamidomonas*) risultano più sensibili di *Scenedesmus* e *Chlorella*. A differenza dell' H_2S , la cui concentrazione aumenta con la profondità, la concentrazione dell'ammoniaca non cambia lungo la colonna d'acqua; tuttavia la sua tossicità cambia al variare del pH. Durante il giorno la fotosintesi negli strati superiori, sottraendo CO_2 , può elevare il pH al di sopra di 9, incrementando così la tossicità dell'ammoniaca; il processo ha un certo grado di autoregolazione perché viene ridotta la fotosintesi e quindi l'innalzamento del pH.

Dopo uno shock da eccessivo carico di NH_3 , il recupero algale può essere favorito riducendo artificialmente il pH nello stagno. Gli stagni facoltativi (solitamente i primi della serie) sono caratterizzati dalla predominanza delle alghe flagellate e sono quelli più vulnerabili alla tossicità da ammoniacale; poiché il loro malfunzionamento produce odori sgradevoli e una seria riduzione della rimozione del BOD, è particolarmente importante una progettazione protettiva verso la tossicità da ammoniacale.

G. S.

M. LANSDELL - 1987

The development of lagoons in Venezuela

Wat. Sci. Tech., 19 (12): 55-60. [264]

Nel Venezuela, come in altri paesi dell'America Latina, la quasi totalità degli scarichi fognari viene riversata senza alcun trattamento nelle acque superficiali. Tra il 1969 e il 1973 sono stati realizzati 7 sistemi di lagunaggio per 10.000-25.000 abitanti, consistenti generalmente in una vasca rettangolare profonda 1-1,5 m, con una parete divisoria longitudinale e un tubo di ingresso prolungantesi 15 m entro la vasca; il fondo e le sponde erano generalmente rivestiti con argilla.

Questi stagni presentarono uno o più dei seguenti problemi:

- portata iniziale dei liquami insufficiente a bilanciare l'evaporazione (alcuni stagni non si riempiono mai);
- invasione degli argini e del fondo da parte della vegetazione, con formazione di odori sgradevoli e proliferazione di insetti;
- fognatura influente mal progettata o suscettibile al dilavamento da portate eccessive;
- espansione urbanistica incontrollata fino a 10 m dal bordo degli stagni che, sovraccaricati, produssero problemi di odori e di insetti.

L'abbattimento del BOD negli stagni non sovraccaricati risultò soddisfacente; non altrettanto quello dei batteri, a causa della mancata penetrazione della luce solare. La vegetazione deve essere rimossa due volte all'anno a scopo antimalarico e anti-odori. Nei primi stagni, con un franco dell'argine di 50 cm, la risalita della frangia capillare permetteva un'abnorme crescita della vegetazione arginale, imponendo costi di manutenzione.

Con l'emanazione delle prime leggi che fissavano standard di accettabilità degli scarichi (1978 e 1985) furono costruiti veri e propri impianti di depurazione con ossigenazione che, per il funzionamento costoso e largamente insoddisfacente, furono spesso abbandonati. Considerate anche le condizioni economiche del paese, l'unica soluzione praticabile per affrontare la depurazione degli scarichi fu individuata in impianti di lagunaggio appropriatamente progettati. L'Autore

descrive alcuni nuovi impianti e gli accorgimenti progettuali adottati.

I nuovi stagni sono rivestiti internamente da uno strato di 5-7 cm di calcestruzzo rinforzato con rete metallica; rivestimenti in asfalto o in blocchi non sono adeguati.

L'adozione di un reattore anaerobico posto in testa ad una serie di stagni (il primo dei quali facoltativo, i successivi di maturazione) consente di ridurre del 40% la superficie necessaria. Tale reattore è costituito da due vasche in calcestruzzo, disposte in parallelo e in alcuni casi compartimentate, col fondo a tramoggia e coperte da rete antizanzare; i fanghi sedimentati vengono avviati a letti di essiccamento e i liquami alla serie di stagni. Il 50% dell'effluente finale viene ricircolato nel reattore anaerobico per permettere l'instaurarsi di uno stato fotosintetico superficiale che minimizza la generazione di cattivi odori; il controllo antizanzare negli stagni di maturazione è effettuato con pesciolini. Con questi accorgimenti, tutti gli inconvenienti sono scomparsi.

Per il dimensionamento di un tipico impianto per 10.000 ab., si assume un tempo di ritenzione di 0,7 giorni per il reattore anaerobico e di 8,5 giorni per l'insieme degli stagni. Ne risulta un effluente finale a norma di legge per l'impiego irriguo (coliformi fecali < 1.000/100 ml e uova vitali di elminti < 1/l).

A seguito della positiva esperienza, sono in costruzione due grandi impianti (750.000 e 1.000.000 di abitanti): essi prevedono il ricircolo dell'effluente per controllare il pH e gli odori e un ricircolo dei fanghi anaerobici come inoculo dei liquami in ingresso. In entrambi i casi è previsto l'utilizzo irriguo dell'effluente; la superficie impiegata supera di poco il m²/ab.

A dispetto delle pressioni dei rappresentanti di impianti di depurazione stranieri, la soluzione adottata si è rivelata 4-6 volte più economica nei costi di costruzione, più economica nei costi di esercizio (in personale ed elettricità), di più rapida messa in opera e più flessibile rispetto alle variazioni di carico e d'esercizio.

G. S.

J.A. OLESZKIEWICZ & A.B. SPARLING - 1987

Wastewater lagoons in a cold climate

Wat. Sci. Tech., 19 (12): 47-53.

[265]

La provincia di Manitoba (Canada) ha un clima continentale con una temperatura media annua di 2,5 °C e temperature estreme, da -45 °C a +40 °C; in queste condizioni climatiche, con un periodo privo di ghiacci di 130 giorni annui, il lagunaggio è il più economico e diffuso sistema di trattamento dei liquami.

L'impianto tipico è costituito da uno stagno facoltativo primario ed uno, secondario, di maturazione, non più profondi di 1,5 m. Poiché gli stagni gelano durante l'inverno, i liquami vengono accumulati fino a stabilizzazione avvenuta (fino alla primavera); solo allora, verificato analiticamente il rispetto dei limiti per il BOD₅ e per la colimetria, si procede allo scarico nelle acque superficiali; nessuno scarico è permesso per 196 giorni (dal 30 novembre al 15 maggio), periodo nel quale i corsi d'acqua sono privi di portata.

I due criteri fondamentali di corretta progettazione e gestione sono la qualità dell'effluente finale e l'assenza di odori sgradevoli che, in diversi impianti, si verifica allo scioglimento primaverile del ghiaccio. Lo studio di alcuni impianti mostra che, man mano che aumenta lo spessore del ghiaccio negli stagni, nella frazione liquida di fondo da esso espulsa aumenta di



molte volte la concentrazione di BOD₅ e, per le condizioni anaerobiche e l'assenza di luce, si generano H₂S, mercaptani e acidi grassi volatili. Al successivo scioglimento della copertura ghiacciata, questi composti volatili si liberano nell'atmosfera generando odori sgradevoli; l'aerazione con aria compressa, attraverso fori praticati nel ghiaccio, non elimina l'inconveniente.

Lo studio comparato di diversi impianti dimostra che gli stagni non gelano fin sul fondo e che, col semplice accorgimento di ridurre il carico organico al di sotto di 35 kg/ha.d di BOD₅, può essere evitato l'inconveniente degli odori sgradevoli. In queste condizioni, lo scioglimento della copertura ghiacciata (che inizia dalla superficie e procede verso il fondo) forma uno strato liquido superficiale che, per l'illuminazione legata alla lunga durata del giorno, viene rapidamente colonizzato da alghe. L'intensa fotosintesi, sottraendo CO₂, eleva il pH; a tale pH, a scioglimento completato, i composti odorosi volatili diventano insolubili prevenendo lo sviluppo di cattivi odori.

Per scarichi di industrie agricole, soprattutto lattiero-casearie, l'eliminazione degli odori richiede uno stagno aerato seguito da due stagni facoltativi in serie.

G. S.

K. S. NARASIAH, M. MARIN & J. SHOIRY - 1990

Sludge accumulation in aerated facultative lagoons operating in colder climate

Wat. Sci. Tech., 22 (3/4): 77-82.

[266]

Nel Québec il lagunaggio in stagni facoltativi aerati è largamente utilizzato come trattamento degli scarichi di piccole comunità (fino a qualche migliaia di abitanti); poiché le basse temperature rallentano le reazioni biologiche, ne risulta un accumulo di fanghi non trascurabile.

Considerato che la conoscenza della velocità di accumulo dei fanghi è necessaria per una corretta progettazione e che il loro trattamento e smaltimento incide per il 50% sui costi di manutenzione, appare essenziale disporre di modelli matematici affidabili.

Suddividendoli in reticoli ideali, gli Autori hanno

misurato in sei stagni aerati lo spessore di fanghi ed hanno verificato che nessuno dei modelli teorici usualmente impiegati fornisce previsioni soddisfacenti. Propongono quindi un'equazione meglio rispondente alle specifiche condizioni geografiche e climatiche.

La velocità di accumulo dei fanghi risulta variare da 0,2 a 0,5 m³/1.000 persone al giorno e produce uno spessore di circa 3 cm all'anno nel primo stagno e di

circa 1,5 cm nel secondo e negli eventuali successivi. Nelle abituali condizioni d'uso, la periodicità di rimozione dei fanghi -da eseguirsi quando questi occupano il 15% del volume totale- è di 6-8 anni (4-5 anni se vengono utilizzati coagulanti per l'abbattimento dei nutrienti).

G. S.

M. VUILLOT & C. BOUTIN - 1987

Waste stabilization ponds in Europe: a state of the art review

Wat. Sci. Tech., 19 (12): 1-6.

[267]

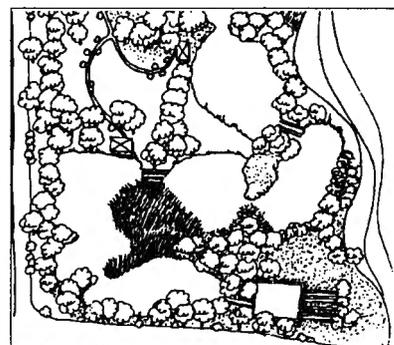
L'uso del lagunaggio per il trattamento degli scarichi domestici o zootecnici è antico: basti pensare agli stagni agricoli e a quelli da pesca arricchiti con scarichi organici, diffusi nell'Europa centrale fin dal Medioevo. Il più antico impianto europeo tuttora in funzione è quello costruito nel 1920 come trattamento terziario per la città di Monaco: con una superficie di 233 ha, suddivisa in stagni di 7 ha, riceve circa 3 m³/s e produce carpe, regolarmente utilizzate. A parte questo caso, più unico che raro, il lagunaggio si diffuse dal 1940 in Europa (Danimarca) come trattamento secondario.

Secondo una prima indagine dell'OMS, nel 1964 il lagunaggio era utilizzato in 39 paesi, 7 dei quali europei; una ventina d'anni dopo, nel 1986, era utilizzato in 16 paesi europei (tra i quali non figura l'Italia). La situazione è molto differenziata: vi sono paesi in cui il lagunaggio è ampiamente sviluppato, come la Francia (1500 impianti) e la Germania (oltre 2000 impianti), altri in cui solo recentemente sono maturati l'interesse e le prime realizzazioni (Spagna, Portogallo, Belgio, Svizzera) ed altri ancora nei quali, nonostante alcune realizzazioni, è improbabile una loro diffusione per ragioni di situazione geografica o di normative (Danimarca) o di sfavorevoli condizioni geologiche (Ungheria); in Inghilterra è impiegato solo come trattamento terziario degli effluenti di depuratori tradizio-

nali.

Dal punto di vista impiantistico, il lagunaggio può comprendere uno stagno primario anaerobico (o di stabilizzazione), dimensionato sulla base di un tempo di ritenzione di 5-6 giorni in Danimarca e di 1-2 giorni in Germania (tenendo conto del volume dei fanghi che, prima dell'asportazione, può raggiungere il 50% del volume totale); con una ritenzione di 1,6 giorni si può ottenere un abbattimento del 44% del BOD₅. Quando è presente, lo stagno anaerobico è sempre seguito da uno o più stagni facoltativi, o di maturazione, la cui superficie totale varia da 5 a 10 m²/ab.; l'abbattimento del BOD₅ disciolto è di circa il 95%.

Molto diffuse sono le "linee di trattamento facoltative", prive cioè di stagno anaerobico per i problemi di cattivi odori che esso potenzialmente comporta. La superficie specifica totale varia da 5 a 18 m²/ab e, solitamente, è frazionata in 2-3 stagni, il primo dei quali occupa dal 30% (Germania) al 50% (Francia) della superficie totale. Il dimensionamento abituale in Francia (10 m²/ab, con rapporti di superficie 2/1/1) produce un effluente a norma di legge (BOD₅ < 40 mg/l, solidi sospesi totali < 120 mg/l); la qualità dell'effluente è migliore nel caso, piuttosto frequente, di impianti sottocaricati e può temporaneamente risultare inferiore, soprattutto d'estate nelle zone meridionali, per l'elevata concentrazione algale; la rimozione del



BOD₅ disciolto è del 95% e mostra un'ottima stabilità nel tempo.

Per quanto riguarda i campi di applicazione, la grande maggioranza degli impianti è utilizzata per il trattamento degli scarichi di piccole comunità (< 2000 ab); la maggioranza degli impianti di maggiori dimensioni (> 10000 ab) è al servizio di comunità con un forte incremento di popolazione estiva (zone turistiche) e si rivela efficace ed affidabile. Le linee di trattamento "anaerobiche" (uno stagno anaerobico seguito da stagni facoltativi) sono usate soprattutto per scarichi agricoli o industriali, per i quali le linee "facoltative" risultano meno idonee, specialmente per scarichi concentrati o altamente fermentescibili.

In diversi paesi sono stati sviluppati impianti di lagunaggio di nuova concezione:

- stagni con macrofite radicate: la copertura parziale con macrofite degli stagni di maturazione consente di ridurre la profondità (0,4 m anziché 1,2 m) mantenendo l'efficacia depurante e migliorando i solidi sospesi nell'effluente;

- stagni con macrofite flottanti (giacinto d'acqua, erba paperina), sperimentati in Italia, Portogallo e Francia: la proliferazione della biomassa vegetale impone costi di gestione; i reali vantaggi pratici restano ancora da appurare;
- stagni algali ad alta efficienza: sono stagni poco profondi, con sistemi di raccolta delle alghe piuttosto complessi e campo di applicazione limitato;
- stagni combinati con filtri o con biodischi in sostituzione delle vasche di stabilizzazione primarie e secondarie; hanno fornito buoni risultati e, richiedendo solo 1,5-3 m²/ab, rappresentano una valida alternativa laddove lo spazio disponibile è limitato.

In conclusione, il lagunaggio risulta applicabile in tutti i paesi ed è particolarmente indicato per piccole comunità e, nei paesi mediterranei, per le zone turistiche con un'elevata popolazione estiva. Per i paesi privi di esperienza, vengono consigliate sperimentazioni preliminari -per determinare le condizioni di costruzione e gestione più adatte alla realtà locale- prima di generalizzarne l'applicazione.

G. S.

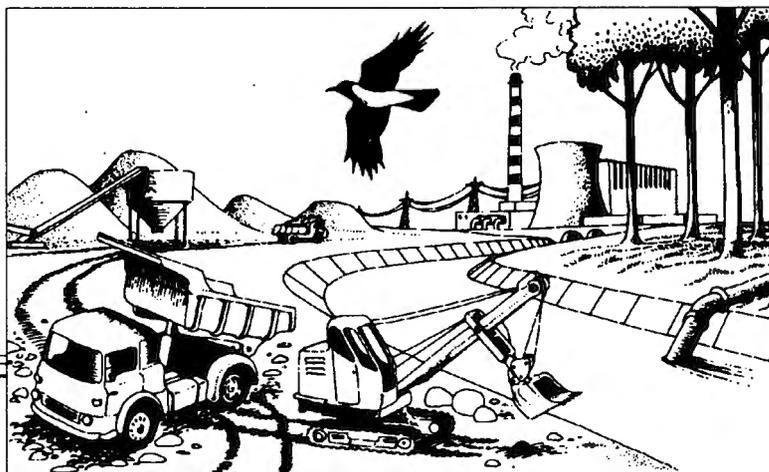


CAMBIO N° TELEFONO

Si comunica agli interessati il nuovo numero telefonico di **Giuseppe Sansoni**, della redazione di **Biologia Ambientale**:

Tel. 0585/493462 · Fax 0585/47000

SEGNALAZIONI



PIER FRANCESCO GHETTI

MANUALE PER LA DIFESA DEI FIUMI

Edizioni della Fondazione Giovanni Agnelli, Torino, 1993

Questo manuale si propone di fornire un quadro il più possibile completo e obiettivo dei vari problemi legati al ciclo naturale (fiumi in particolare) e artificiale (acquedotti, fognature, depurazione) delle acque dolci italiane, cercando di spiegare non solo il come, ma anche il perché di questa situazione, nella convinzione che una corretta conoscenza dei problemi aiuti anche a risolverli.

Pur trattando argomenti tecnici, attinenti a diverse discipline, si propone finalità di tipo divulgativo e formativo. Una particolare attenzione è stata quindi rivolta al linguaggio, alla grafica, all'articolazione degli argomenti. Ogni capitolo è composto da una parte generale e una serie di schede di approfondimento.

Rispetto ai contenuti, il manuale si articola in quattro parti:

- come vengono usate le acque e i fiumi italiani;
- quale sarebbe la vera natura di queste risorse ambientali;
- qual è lo stato attuale delle acque e dei fiumi italiani;
- cosa è stato fatto e cosa si può fare per la difesa e il risanamento di questo patrimonio nazionale.

Il manuale è inoltre corredato dalle carte di qualità a colori dei principali fiumi italiani, da numerosi grafici

e fotografie.

Uno dei personaggi ideati da Lord Byron afferma: «Ci si accorge dell'acqua solo quando essa viene a mancare». Questa frase sembra rispecchiare la realtà italiana dato che sempre più frequentemente si parla di fiumi, laghi, falde e mari inquinati, di allagamenti, di acquedotti colabrodo e di depuratori non funzionanti.

Il nostro ingresso in Europa richiede non solo la riduzione del debito pubblico e dell'inflazione, ma anche l'allineamento su servizi adeguati alle esigenze di una società moderna. Fra i servizi di interesse prioritario vi sono quelli di acquedotto e fognatura, di raccolta e smaltimento di rifiuti, di depurazione delle acque, di protezione dei suoli, del risanamento dei corpi idrici superficiali e sotterranei.

Una nazione che affronta il 2.000 con il 34% della popolazione che subisce ancora gravi carenze nei servizi di erogazione delle acque potabili, con acquedotti che perdono in media il 25% dell'acqua addotta, con il 38% della popolazione che non è ancora servita da impianti di depurazione delle acque e con il 40% degli impianti già costruiti che funzionano male, deve necessariamente rimettere in discussione i criteri con cui ha gestito fino ad ora il ciclo artificiale delle acque.

Sesto Giulio Frontino, *curator aquae* dell'Impero Romano, aveva già codificato le tecniche di captazione e adduzione delle acque degli acquedotti che rifornivano la città di Roma: veniva trasportato un volume di circa 13 metri cubi al secondo, pari ad una dotazione idrica per abitante di 500 litri al giorno. Attualmente, in Italia, i 948 enti acquedottistici comunali con gestione in economia, le 82 aziende municipalizzate, i 194 consorzi, i 58 enti di diritto pubblico e le 42 società private sembrano erogare invece in modo irrazionale e antieconomico le acque potabili fornendo, in genere, un servizio scadente.

Sul fronte della depurazione si passa dal 100% dei comuni serviti in Valle D'Aosta, al 19% della Sardegna e della Campania, al 16% della Sicilia, all'11% della Puglia e al 7% della Calabria. Ma anche dove gli impianti sono stati costruiti ci si è preoccupati più delle gare d'appalto che di farli funzionare bene tutti i giorni dell'anno o di come pagare i costi di gestione. Comuni di poche centinaia di abitanti, che non possono contare su un'assistenza tecnica adeguata, subiscono tutti i problemi legati alla gestione di un depuratore mentre, per contro, una città come Milano non ha ancora risolto il problema del depuratore centrale. Le altre, che già l'hanno costruito, non sanno dove smaltire le tonnellate di fanghi di risulta.

In Italia, fino ad oggi, si sono spesi oltre 20.000 miliardi in impianti di depurazione, ma il risanamento delle acque è ancora lontano. Lo dimostrano eloquentemente le mappe di qualità: dei quasi 10.000 km di corsi d'acqua analizzati, sulla scorta dei dati forniti dai biologi delle strutture pubbliche, coordinati dal Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale, sono stati classificati "non inquinati" 2508 km di acque correnti, "leggermente inquinati" 2732 km, "mediamente inquinati" 3061 km, "nettamente inquinati" 966 km e "fortemente inquinati" 723 km.

La fase critica per la qualità dei fiumi ha avuto inizio con l'arrivo dell'acqua fin dentro le abitazioni, la costruzione dei servizi igienici privati, il collettamento di tutte le acque nere nelle reti fognanti e lo scarico delle stesse nel corpo idrico più vicino. Infatti è solo con la fine dell'800 che il reticolo idrografico artificiale si è dilatato in una miriade di capillari che portano l'acqua potabile nelle singole case e collettano l'acqua sporca nelle reti sotterranee delle fognature. Chi non è più giovanissimo riesce ancora a ricordare le fontanelle in

piazza, il gabinetto "fuori casa", la fossa biologica a perdere o da vuotare, l'uso dei liquami per concimare l'orto. Nel 1835 l'Institute de France respinse con decisione il progetto di una rete di fognatura per convogliare nella Senna le acque luride di Parigi. La motivazione del rifiuto era legata al valore economico che si attribuiva agli escrementi utilizzati come concime in agricoltura. Parigi era allora circondata di orti che producevano qualcosa come 50 kg di verdura e frutta all'anno per persona. Nel 1866, a Chicago, solo un ottavo della popolazione urbana era servita da fognature e nel 1920 solo il 71% della popolazione urbana e il 31% di quella rurale poteva disporre di un gabinetto in casa.

Se si riflette, da un lato sull'importanza che la realizzazione delle opere di ingegneria sanitaria ha avuto in termini di recupero di qualità della vita, di prevenzione delle epidemie, di risanamento delle aree urbane e, dall'altro, sugli impatti che la società dei rifiuti ha prodotto sulla qualità dell'ambiente, viene da pensare ad una nemesi storica per le nostre popolazioni che si sono affaccendate nel tempo a trasformare e complicare i percorsi dell'acqua e che si trovano ad avere sostituito i miasmi delle città con il fetore dei corsi d'acqua, la malaria con gli effetti cancerogeni delle nuove sostanze di sintesi, un uso collettivo e quasi sacrale dell'acqua con un uso privato e indifferente per una sostanza che gli antichi filosofi consideravano "materia prima".

In Italia ogni anno consumiamo 27 miliardi di metri cubi di acqua per gli usi irrigui, 16 miliardi per gli usi industriali e 7 miliardi per gli usi civili. Le risorse idriche potenziali, e cioè potenzialmente sfruttabili con l'uso di mezzi artificiali, sono stimabili in circa 110 miliardi di metri cubi, ma esse non sono egualmente distribuite sul territorio e nell'arco dell'anno, oppure l'utilizzo di parte di esse può avere costi troppo elevati. Quelle realmente utilizzabili si aggirano quindi sui 50 miliardi di metri cubi. Non va dimenticato, però, che l'acqua per compiere lavoro deve essere presente in quantità sufficiente, nel periodo in cui viene richiesta e deve avere precisi requisiti di qualità. Sempre più frequentemente il vero problema non è tanto quello di trovare dell'acqua, quanto di trovare dell'acqua con una qualità adatta al tipo di uso. Basti pensare, ad esempio, alla crescente richiesta di acque potabili e alla difficoltà di trovare corpi idrici adatti allo scopo, visto

che proprio nelle aree più abitate e industrializzate le falde si sono arricchite di nitrati, trielina, atrazina, i fiumi trasportano miscele di prodotti chimici e nei laghi proliferano le alghe. E' facile quindi comprendere come non sia possibile continuare a versare all'infinito nei corpi idrici volumi sempre crescenti di rifiuti e dall'altra sperare di trovare sempre nuove fonti di acque pulite. Gli stessi fiumi, che da sempre hanno svolto il ruolo di depuratori naturali del territorio, perdono questa capacità quando ricevono più scarichi di quanti ne possano smaltire. Le acque dei fiumi con i loro carichi di lordure finiscono poi in altri fiumi, nei laghi o nei mari e lungo il percorso scambiano acque con le falde. Ci siamo quindi affrancati dalla malaria degli acquitrini e dalle inondazioni ricorrenti, ma un numero sempre maggiore di fiumi corre senza vita al mare.

Il reticolo naturale è stato in buona parte sostituito o integrato da un reticolo artificiale sempre più complicato, ma abbiamo dimenticato che l'artificializzazione comporta sempre un forte aumento nella responsabilità di gestione. In Italia le opere di bonifica idraulica si estendono su oltre 14 milioni di ettari, sono stati fino ad ora costruiti più di 500 bacini artificiali per un volume di invaso di circa 10 miliardi di metri cubi, esiste un capitale di opere per la navigazione fluviale, già realizzate, di oltre 20 mila miliardi.

I fiumi vengono soffocati in letti di cemento, le falde vengono trafitte da miriadi di pozzi, le acque si intristiscono in tubazioni, invasi, canali, vasche, piscine, contenitori. Usiamo i fiumi come fossero cave inesauribili di ghiaia e sabbia, occupiamo e distruggiamo sistematicamente le aree golenali che funzionano da zone filtro e da volano per le piene, sbarriamo il libero fluire dei fiumi con dighe, traverse, pennelli, spostiamo milioni di metri cubi da bacino a bacino creando il deserto negli alvei. In compenso spendiamo poi migliaia di miliardi per riparare i danni prodotti dagli abbassamenti degli alvei, per proteggere le coste erose dal mancato ripascimento delle sabbie di fiume, per costruire casse di espansione allo scopo di laminare le piene, per ripopolare i fiumi di pesci, per proteggere l'economia turistica costiera dalle mucillagini.

Tutto questo processo è governato da una pletera di entità politico-tecnico-amministrative che hanno com-

petenza su qualche aspetto del ciclo dell'acqua: Ministeri dei lavori pubblici, dell'ambiente, della sanità, dell'agricoltura; Assessorati regionali, provinciali e comunali equivalenti; Consorzi di bonifica, Comunità montane, Magistrati delle acque, Aziende e Consorzi acquedottistici e di depurazione, Presidi multizonali di prevenzione, Autorità di bacino, ex Geni civili e Uffici tecnici si preoccupano di gestire la propria fetta di competenze, mentre il coordinamento resta sulla carta.

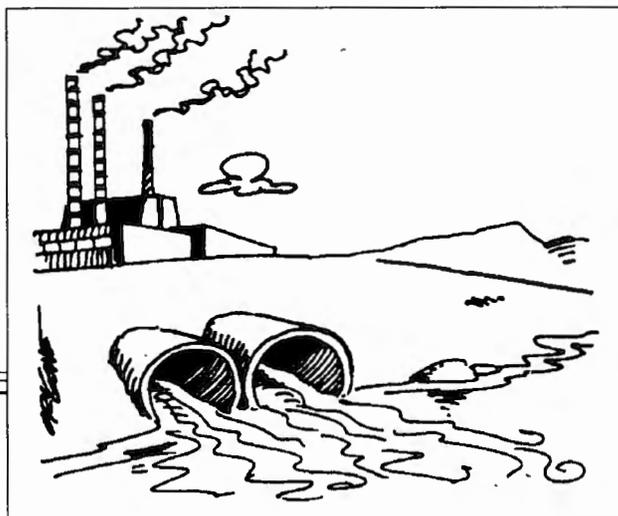
Il quesito da porsi è se dobbiamo rassegnarci a convivere con il progressivo scadimento di questa risorsa oppure se possiamo invertire questa tendenza. La risposta pare scontata: non solo possiamo, ma è un preciso dovere della nostra generazione quello di imparare a gestire l'ambiente in cui viviamo, in modo che sia in grado di autorigenerarsi e di durare all'infinito.

Il volume è distribuito in libreria; prezzo di copertina £ 40.000.

Franca Egaddi



PAGINE APERTE



Dibattito sul: SAGGIO DI TOSSICITA' PER EFFLUENTI COMPLESSI

*Nel precedente numero di **Biologia Ambientale** (n° 1/93) è stata pubblicata una nota relativa alle problematiche metodologiche ed interpretative connesse con la caratterizzazione tossicologica degli scarichi idrici inviati dai colleghi di Piombino.*

Ora pubblichiamo le osservazioni della dottoressa Guzzella e del Professor Marchetti dell'IRSA-CNR, che hanno accettato con piacere di partecipare allo stimolante dibattito sui saggi multispecie.

Le riflessioni che scaturiranno dalla lettura potranno essere non solo accolte su queste stesse pagine, ma addirittura diventare argomento d'esposizione in un prossimo convegno sulla tossicologia ambientale che il CISBA intende organizzare entro la fine del 1993.

La Redazione

Facciamo riferimento alla lettera dei dr. Bucci e Sbrilli del SMPA-USL di Piombino, inviata alla redazione del bollettino CISBA. In tale lettera vengono sollevate alcune interessanti questioni sul saggio con *Daphnia* per il controllo tossicologico delle acque (Quaderno IRSA n. 93) alle quali ci sembra utile rispondere con qualche breve commento.

I dr. Bucci e Sbrilli sottolineano la necessità di effettuare i controlli di tossicità delle acque non con una unica specie, ma con organismi appartenenti a diversi livelli trofici. Questa affermazione ci trova pienamente concordi, considerato che con i "saggi multispecie" le garanzie di tutela ambientale aumentano.

Ci sembra però che, al presente, siano ancora valide le conclusioni di cui al citato quaderno IRSA, derivate da un censimento campionario effettuato dal nostro Istituto sulle possibilità operative dei Presidi Multizonali. Secondo questo censimento un saggio con unica specie, per ragioni operative, è da considerare al presente scelta obbligata per la maggior parte dei laboratori (circa il 70%), l'alternativa dei saggi

multispecie essendo consentita solo al restante 30%. In questo 30% si colloca a pieno titolo il SMPA di Piombino che riesce ad operare con *Lebistes*, *Dunaliella*, *Artemia* e *Microtox* in condizioni di routine.

Ovviamente saremo ben lieti di modificare le nostre opinioni se tali percentuali dovessero cambiare in meglio, il che vorrà dire che finalmente i servizi italiani di controllo ambientale avranno raggiunto anche dal punto di vista biologico una capacità di intervento elevata ed omogenea su tutto il territorio nazionale.

Importante, nella lettera dei dr. Bucci e Sbrilli, è certamente la seconda parte, quella relativa alle modalità di utilizzo delle risposte dei saggi multispecie ai fini del giudizio di accettabilità di un campione, argomento da loro già dibattuto in un lavoro pubblicato sulla Rivista Italiana d'Igiene (Baldi e col., 1991, 5-6). Su questa problematica non esistono ancora soluzioni codificate, ma sono stati fatti numerosi e interessanti tentativi che possono servire come base di discussione.

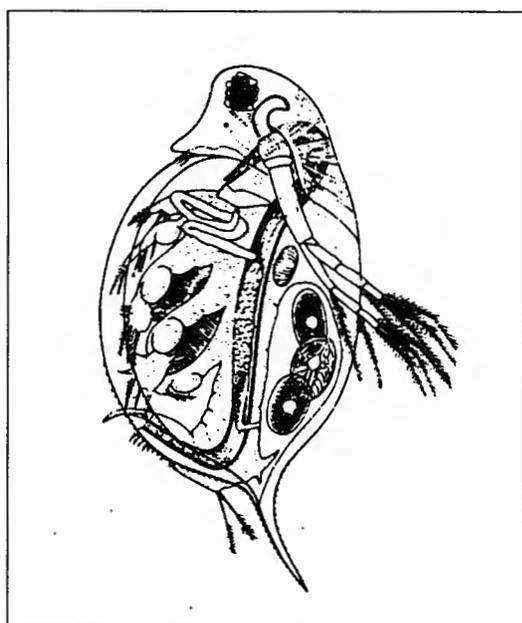
Tra i vari si può citare quello di Dutka e col. (Wat. Res., 22, 503, 1988). Questi Autori, operando con alghe, *Microtox* ed altri organismi, sommano le risposte dopo averle ponderate e trasformate in punti da 1 a 10. Un altro tentativo è quello di Slooff (in Cairns, 1985, *Multispecies Toxicity Testing*, Pergamon Press, N.Y.) che non solo considera le risposte tossiche di più specie di organismi, ma per ciascuna specie anche livelli diversi di risposta (tossicità acuta, cronica e "in

campo"). D'altra parte il problema si pone anche in relazione alle proposte di alcune organizzazioni, quali l'U.S.EPA, per la formulazione dei criteri di qualità, del NOEC e di altri parametri tossicologici basati su risposte multiple. Un'ampia analisi di questi argomenti è stata pubblicata recentemente da van Leeuwen sulla rivista *Environmental Management*, vol. 14 del 1990.

In ultima analisi il problema dell'integrazione delle diverse risposte tossicologiche è ancora aperto, una sua soluzione comportando non solo la scelta del gruppo "più idoneo" di organismi da saggiare, ma anche quella del tipo "più adatto" di risposta, dovendosi riconoscere che, non necessariamente, la mortalità debba essere accettata come risposta ideale.

Queste ed altre considerazioni potrebbero essere fatte sull'interessante lettera dei dr. Bucci e Sbrilli, sulle cui affermazioni siamo così convinti che già trent'anni fa uno di noi utilizzava, per lo studio dei corsi d'acqua molto inquinati, le risposte di cinque diversi organismi: tre specie di pesci (trota, vairone e carassio), la *Daphnia* e i *Tubifex* (R. Marchetti. *Ricerche sul fiume Olona, Inquinamento*, 25, 1963).

Licia Guzzella e Roberto Marchetti, Istituto di Ricerca sulle Acque, C.N.R. - Brugherio (MI)



PROVINCIA DI PERUGIA
CENTRO "LUIGI BAZZUCCHI"
Dipartimento Studi Territoriali e Ambientali

INTERNATIONAL ASSOCIATION
ON WATER QUALITY
ITALIAN NATIONAL COMMITTEE

Corso internazionale di formazione

21-25
giugno
1993

**IDENTIFICAZIONE DEI MICRORGANISMI
FILAMENTOSI RESPONSABILI DEI FENO-
MENI DI BULKING E SCHIUME BIOLOGI-
CHE NEGLI IMPIANTI A FANGHI ATTIVI**

Centro "Luigi Bazzucchi", Ponte della Pietra, Perugia

ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

28-29
giugno
1993

**GIORNATE DI STUDIO SUL DIMENSIONA-
MENTO E PROBLEMI GESTIONALI
DI IMPIANTI PER LA RIMOZIONE DEI
NUTRIENTI DALLE ACQUE DI SCARICO**

Centro "Luigi Bazzucchi", Ponte della Pietra, Perugia

Corso di specializzazione

12-15
ottobre
1993

**IMPIEGO DI MODELLI MATEMATICI PER
IL DIMENSIONAMENTO E LA GESTIONE
DI IMPIANTI A FANGHI ATTIVI**

Centro "Luigi Bazzucchi", Ponte della Pietra, Perugia

Per informazioni:



Dr. Antonella Frascarelli
Provincia di Perugia
Centro "Luigi Bazzucchi"
Piazza Italia, 11 - 06100 Perugia
Tel. 075/5747443
Fax 075/5725215

Facoltà di Agraria
Università Cattolica del Sacro Cuore

Istituto di Chimica Agraria e Ambientale
sezione Chimica Vegetale

G.R.I.F.A
Gruppo Italiano di Ricerca
Fitofarmaci e Ambiente

IX simposio Chimica degli Antiparassitari

MOBILITY AND DEGRADATION OF XENOBIOTICS

Piacenza, 12-13 ottobre 1993

Temi:

- Compartmental models
- Models of the unsaturated zone
- Aquifer vulnerability maps
- Degradation
- Chemico-physical constants
- Advisory systems
- Integrated pest management project Ministry of Agriculture and Forestry, Italy



Per informazioni:

*IX Simposio Chimica degli Antiparassitari
Università Cattolica del S. Cuore, Facoltà di Agraria
Istituto di Chimica Agraria e Ambientale
via Emilia Parmense, 84 - 29100 Piacenza*

Tel. 0523/62600

Fax 0523/65318

