

EDITORIALE

Nell'ambito delle attività promosse dall'Istituto di Ricerca sulle Acque nel settore delle metodologie analitiche è stato recentemente istituito un Gruppo di Lavoro incaricato di predisporre metodi biologici per il controllo della qualità delle acque.

Tale Gruppo di Lavoro, costituito da rappresentanti di istituzioni scientifiche e di operatori preposti al controllo ambientale, ha il compito di definire metodi per il rilevamento:

- a) delle caratteristiche degli scarichi attraverso la messa a punto di test di tossicità per batteri, alghe, crostacei e pesci, nonché di test di potenzialità trofica;
- b) della qualità dei corpi idrici attraverso l'analisi della struttura attuale e potenziale delle comunità macrobentoniche e la stima delle modifiche funzionali cui vanno incontro le comunità biologiche sottoposte a situazioni di stress.

Un primo risultato dell'attività di tale Gruppo di Lavoro è rappresentato dalla messa a punto del metodo e dei criteri di applicazione dell'Indice Biotico Esteso (IBE, conosciuto anche con l'acronimo inglese EBI - Extended Biotic Index), che viene presentato in questo numero del Notiziario sotto forma di proposta di metodo.

La proposta ha lo scopo di fornire una base di discussione tra gli operatori del settore, cui il Notiziario è indirizzato, per una verifica e per una ulteriore definizione della metodologia che consenta alla stessa di essere pubblicata sul Manuale dei metodi analitici per le acque e di essere quindi adottata come riferimento nazionale ufficiale per l'applicazione dell'IBE.

La pubblicazione di una metodologia ufficiale da parte dell'IRSA si rende necessaria a seguito della entrata in vigore di norme che prevedono l'utilizzo dell'IBE (D. Lgs. 25 gennaio 1992, n. 130 - "Attuazione della Direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per la vita dei pesci").

Va però rilevato come il metodo proposto, peraltro già ampiamente utilizzato da numerosi laboratori responsabili del controllo della qualità delle acque, non sempre consente di individuare lo scarto esistente tra la "comunità di riferimento", costituita da quella comunità che dovrebbe risultare naturalmente presente, e quella evidenziata dall'applicazione dell'Indice. Ciò richiede ulteriori ricerche al fine di ricostruire le strutture delle comunità di riferimento sulle quali valutare l'entità dello stress ambientale nei confronti delle caratteristiche strutturali dell'ecosistema acquatico.

E' pertanto necessario che, accanto alla indispensabile verifica da parte degli operatori del metodo proposto, vengano promosse dalla comunità scientifica nazionale ricerche che possano condurre alla definizione, per le diverse tipologie di corpi idrici, delle caratteristiche naturali delle comunità macrobentoniche, sulla falsariga di quanto già realizzato in altri paesi (ad esempio in Gran Bretagna con il RIVPACS) consentendo così un miglioramento della metodologia proposta.

Prof. Roberto Passino

Direttore dell'Istituto di Ricerca sulle Acque

INDICE BIOTICO ESTESO (I.B.E.)^(*)
(Metodi di analisi per ambienti di acque correnti)

P.F. GHETTI, Dipartimento di Scienze Ambientali, Università Ca' Foscari, Venezia.

Con la collaborazione del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale.

1 - GENERALITA'

Finalità

Scopo dell'indice è quello di formulare diagnosi della qualità di ambienti di acque correnti sulla base delle modificazioni nella composizione delle comunità di macroinvertebrati, indotte da fattori di inquinamento o da significative alterazioni fisiche dell'ambiente fluviale.

Origine

Deriva dal "Trent Biotic Index" (Woodiwiss, 1964), rielaborato come "Extended Biotic Index - E.B.I." (Woodiwiss, 1978) e adattato per una applicazione standardizzata ai corsi d'acqua italiani (Ghetti e Bonazzi, 1980 e 1981; Ghetti 1986 e 1995).

Standardizzazione e applicazione dell'Indice

Le peculiarità del metodo e delle procedure di applicazione rendono difficile una sua riduzione sotto forma di "Standard Method". La descrizione riportata in questa pubblicazione va quindi integrata con le nozioni contenute nel "Manuale di Applicazione - Indice Biotico Esteso: i macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti" (Ghetti, 1995) e con le guide per la classificazione dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani (Campaioli et al, 1994; Sansoni, 1988; Ruffo ed., 1977-85)

INDICE

EDITORIALE.....	1
INDICE BIOTICO ESTESO (IBE).....	1
DETERMINAZIONE DEL VANADIO.....	25
INFORMAZIONI.....	29

^(*) Il metodo è stato discusso ed approvato da un sottogruppo composto da: Bambacigno F., Battegazzore M., Bielli E., Buffagni A., Fornara G., Ghetti P.F., Malcevschi S., Marchetti R., Pagnotta R., Rossaro B. e Spaggiari R..

Comunità da analizzare

Questo indice si basa sull'analisi delle comunità di macroinvertebrati di acque dolci che colonizzano le differenti tipologie fluviali. I taxa considerati e il livello di determinazione tassonomica richiesto dall'indice sono definiti in Tab. 1 e nell'Allegato 1.

Tab. 1 - Limiti obbligati per la definizione delle unità sistematiche (U.S.)

Gruppi Faunistici da considerare	Livelli di determinazione tassonomica per definire le "Unità Sistematiche"
Plecotteri	genere
Tricotteri	famiglia
Efemerotteri	genere
Coleotteri	famiglia
Odonati	famiglia
Ditteri	famiglia
Eterotteri	famiglia
Crostacei	famiglia
Gasteropodi	famiglia
Bivalvi	famiglia
Tricladi	famiglia
Irudinei	famiglia
Oligocheti	famiglia
Altri gruppi meno comuni	
Megalotteri	famiglia
Planipenni	famiglia
Nematomorfi	famiglia
Briozoi	famiglia
Poriferi	famiglia

Caratteristiche dell'indice

Essendo i macroinvertebrati delle acque correnti legati ai substrati, composti da numerose popolazioni con differenti livelli di sensibilità alle modificazioni ambientali e con differenti ruoli ecologici e avendo cicli vitali relativamente lunghi, l'indice è particolarmente adatto a rilevare nel tempo gli effetti dovuti al complesso dei fattori di stress sull'ambiente. L'indice rileva quindi lo stato di qualità di un determinato tratto di corso d'acqua integrando nel tempo gli effetti di differenti cause di turbativa (fisiche, chimiche, biologiche). Questo indice è quindi dotato di una buona capacità di "sintesi".

Nel contempo esso non consente di quantificare e risalire, secondo una relazione biunivoca di causa - effetto, ai vari fattori che hanno indotto queste modificazioni. Questo indice possiede quindi una bassa capacità "analitica".

Esso segnala una condizione di "qualità ecologica" relativamente all'alveo bagnato e, solo indirettamente, una "qualità chimica e fisica" delle acque e dei sedimenti. Nel monitoraggio di qualità delle acque correnti esso deve quindi considerarsi un metodo "complementare" al controllo chimico e fisico, in particolare per la definizione della qualità delle acque in funzione degli usi civili, agricoli, industriali e per la balneazione. L'indice biotico assume invece un ruolo "centrale" nella definizione della qualità dei corsi d'acqua in funzione della "protezione della vita acquatica" (D.L. 130/92; Proposta di Direttiva della Commissione delle Comunità Europee relativa alla qualità ecologica delle acque, 8/7/94).

Per le sue caratteristiche esso si dimostra inoltre di grande utilità nelle diagnosi preliminari di qualità di interi reticoli idrografici, per il controllo nel tempo dell'evoluzione di questa qualità, per stimare l'impatto prodotto da scarichi inquinanti puntiformi e diffusi, continui e accidentali, per valutare l'impatto di trasformazioni fisiche dell'alveo, nella predisposizione di carte ittiche, per valutare le capacità autoregolatrici di un corso d'acqua.

Principi generali su cui si fonda il calcolo del valore di indice

I valori decrescenti dell'indice vanno intesi come un progressivo allontanamento da una condizione "ottimale o attesa", definita dalla composizione della comunità che, in condizioni di "buona efficienza dell'ecosistema", dovrebbe colonizzare quella determinata tipologia fluviale. La composizione "attesa" varia ovviamente a seconda della tipologia fluviale considerata. Tuttavia le principali biotipologie di riferimento, al livello tassonomico richiesto dall'indice, si possono ricondurre a pochi modelli generali.

Condizione essenziale per una corretta applicazione dell'indice è quindi la possibilità e la capacità di ricostruire, mediante idonee tecniche di

campionamento, la reale composizione della comunità di una determinata sezione di un corso d'acqua. Di conseguenza, quando non sussistono queste condizioni, il metodo non può essere applicato.

Altre condizioni essenziali per l'applicazione riguardano la corretta procedura di separazione degli organismi dal substrato, la capacità di classificare i vari taxa, una adeguata capacità critica nella formulazione delle diagnosi, acquisita mediante corsi di formazione teorico-pratica e successive esperienze guidate.

Il metodo si fonda quindi concettualmente su di un confronto fra la composizione di una comunità "attesa" e la composizione della comunità "presente" in un determinato tratto di fiume.

Per le esigenze proprie di un indice, di praticità, generalizzabilità, riproducibilità, il metodo prevede l'ausilio di una tabella a due entrate (Tab. 2). Questa tabella costituisce una "guida" necessaria per trasformare le informazioni racchiuse nelle liste di taxa in un giudizio espresso mediante un valore numerico (indice biotico). In questo modo è possibile tradurre con criteri uniformi una informazione specialistica in una scala di valori universalmente comprensibile.

Tab. 2 - Tabella per il calcolo del valore di I.B.E.

Gruppi faunistici che determinano con la loro presenza l' ingresso orizzontale in tabella (primo ingresso)		Numero totale delle Unità Sistematiche (US) costituenti la comunità (secondo ingresso)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-...
		Plecotteri (<i>Leuctra</i> °)	Più di una US	--	--	8	9	10	11	12
	Una sola US	--	--	7	8	9	10	11	12	13*
Efemerotteri (BAETIDAE CAENIDAE ^{oo})	Più di una US	--	--	7	8	9	10	11	12	--
	Una sola US	--	--	6	7	8	9	10	11	--
Tricotteri	Più di una U.S.	--	5	6	7	8	9	10	11	--
	Una sola U.S.	--	4	5	6	7	8	9	10	--
Gammaridi, Atiidi e Palemonidi	Tutte le U.S. sopra assenti	--	4	5	6	7	8	9	10	--
Asellidi	Tutte le U.S. sopra assenti	--	3	4	5	6	7	8	9	--
Oligocheti o Chironomidi	Tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	--	--	--	--
Tutti i taxa precedenti assenti	Possono essere presenti organismi a respirazione aerea	0	1	--	--	--	--	--	--	--

Legenda:

- °: nelle comunità in cui *Leuctra* è presente come unico taxon di Plecotteri e sono contemporaneamente assenti gli Efemerotteri (tranne BAETIDAE o CAENIDAE), *Leuctra* deve essere considerata al livello dei Tricotteri al fine dell'entrata orizzontale in tabella;
- oo: nelle comunità in cui sono assenti i Plecotteri (tranne eventualmente *Leuctra*) e fra gli Efemerotteri sono presenti solo BAETIDAE e CAENIDAE l'ingresso orizzontale in tabella avviene al livello dei Tricotteri
- : giudizio dubbio, per errore di campionamento, per presenza di organismi di drift erroneamente considerati nel computo, per ambiente non colonizzato adeguatamente, per tipologie non valutabili con l' I.B.E.. (es. sorgenti, acque di scioglimento di nevali, acque ferme, zone deltizie, salmastre, ecc.)
- *: questi valori di indice vengono raggiunti raramente nelle acque correnti italiane. Si tratta in genere di ambienti ad elevata diversità, ma occorre evitare la somma di biotipologie (incremento artificioso della ricchezza in taxa).

La definizione del valore di indice é fondata su due tipi di indicatori: la presenza dei taxa piu' esigenti in termini di qualità e la ricchezza totale in taxa della comunità.

La tabella è stata tarata per consentire il calcolo dell'indice, in modo omogeneo e comparabile, su differenti tipologie di acque correnti. In ogni tipologia analizzata la scala dei valori di indice rileva in modo armonico tutti i livelli dello stato di qualità, da una condizione "ottimale" ad una condizione di "massimo degrado".

La struttura di questa tabella riflette la necessità, propria di un indice pratico, di contemperare le esigenze di una applicazione del metodo su larga scala, con costi accettabili, adottando procedure uniformi su tutto il territorio nazionale, con quelle della precisione e della finezza della scala di giudizio.

La procedura prevede inoltre alcuni accorgimenti che servono a ridurre l'intervallo di errore ricorrente nel calcolo dell'indice (es. determinazione tassonomica ai livelli superiori alla specie, ampi intervalli nel numero totale di Unità Sistematiche campionate). Per contro non è consentito utilizzare questo indice per discriminare differenze di giudizio che si collochino entro l'intervallo di variabilità del metodo. In questo caso sarà necessario ricorrere ad altri metodi di indagine con maggiore potere discriminante e piu' mirati al problema specifico (es. analisi quantitativa delle comunità, controllo di parametri indicatori dello stato trofico, saggi di tossicità, ecc.).

Il valore di indice, espresso per convenzione con un numero intero entro una scala discreta, riassume quindi un giudizio di qualità basato sulla modificazione qualitativa della comunità campionata, rispetto ad una comunità di riferimento. Questo valore non può quindi essere considerato alla stregua del dato risultante da una misura fisica (es. grado centigrado) o chimica (es. mg/L).

I macroinvertebrati sono stati preferiti ad altri gruppi sistematici, perché sono rappresentati da numerosi taxa con differenti livelli di sensibilità alle alterazioni dell'ambiente, sono adeguatamente campionabili, riconoscibili, classificabili, sono stabili e rappresentativi di una determinata sezione di corso d'acqua.

Ambienti in cui è possibile applicare l'indice

L'indice può essere applicato a tutti gli ambienti di acque dolci correnti e stabilmente colonizzati in cui il valore di indice "atteso" risulti maggiore o uguale a 10 (Tabb. 2, 3). Possono esistere infatti alcuni ambienti di acque correnti in cui questo valore è "naturalmente" inferiore a 10: tratti prossimi a sorgenti oligotrofiche, acque di nevaio, ambienti di foce dove si verifichi risalita del cuneo salino, ambienti con acque ferme per lunghi periodi, tratti non completamente colonizzati dopo asciutte o piene rovinose (Allegato 1).

Tab. 3 - Tabella di conversione dei valori di IBE in classi di qualità, con relativo giudizio e colore standard per la rappresentazione in cartografia. I valori intermedi fra due classi vanno rappresentati mediante tratti alternati con colori o retinature corrispondenti alle due classi

Classi di qualità'	Valore di I.B.E	Giudizio di qualità'	Colore e/o retinatura relativa alla classe di qualità'
Classe I	10 - 11 - 12 -	Ambiente non inquinato o comunque non alterato in modo sensibile	azzurro
Classe II	8 - 9	Ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione	verde
Classe III	6 - 7	Ambiente inquinato o comunque alterato	giallo
Classe IV	4 - 5	Ambiente molto inquinato o comunque molto alterato	arancione
Classe V	1 - 2 - 3	Ambiente eccezionalmente inquinato o alterato	rosso

Il monitoraggio biologico non dovrebbe essere eseguito nel periodo immediatamente successivo ad una asciutta o ad una forte piena, in quanto devono essere rispettati i tempi di completa ricolonizzazione; tali tempi variano da stagione a stagione, a seconda dell'intensità e della durata della piena o dell'asciutta e in relazione alle dimensioni del corso d'acqua; il corretto rispetto dei tempi di ricolonizzazione deve far parte del bagaglio di conoscenze idrobiologico-ecologiche dell'operatore. Questo aspetto assume, ad esempio, un particolare rilievo nelle fiumare del sud Italia e delle isole.

I tratti di pianura dei grandi fiumi e i grandi canali artificiali sono a volte difficilmente campionabili in modo corretto, per l'altezza dell'acqua, la dispersione su ampi spazi dei microhabitat, le differenze di qualità fra sponda e sponda. In questi casi l'applicazione dell'indice è subordinata alla possibilità di dimostrare che il campionamento è stato eseguito con tecniche e in condizioni ambientali idonee e che è noto il valore di indice "atteso", definito sullo stesso ambiente o in tipologie analoghe.

Il campionamento per il calcolo dell'indice non dovrebbe essere eseguito immediatamente a valle dell'immissione di uno scarico o di un affluente, ma dovrebbe essere rispettata una distanza che garantisca il completo rimescolamento delle acque con quelle del corpo ricevente. Lo scopo è infatti quello di valutare la qualità del corpo recettore e non dello scarico.

Le attività di campo

Una corretta analisi delle comunità di macroinvertebrati non esaurisce il quadro degli indicatori da prendere in considerazione per arrivare ad una diagnosi attendibile. Una "lettura dei principali caratteri dell'ambiente" costituisce un corollario utile per capire i possibili fattori di alterazione, per fornire all'operatore una adeguata casistica e la capacità di associare differenti indicatori. Uno degli aspetti più innovativi dell'uso degli indici biotici, nell'ambito dei criteri di monitoraggio, consiste proprio nel portare l'operatore sul fiume e nell'abituarlo ad osservare e registrare l'insieme dei caratteri che definiscono lo stato di qualità di un ecosistema o di un mosaico di ecosistemi.

Le operazioni di sorveglianza ambientale non sono infatti rivolte esclusivamente al controllo della qualità dell'acqua, rispetto ad uno standard di utilizzo, ma richiedono una valutazione dello stato complessivo dell'ecosistema che garantisce la qualità di questa risorsa, delle cause di turbativa, dei fattori di rischio, dell'evoluzione nel tempo dello stato dei luoghi. La sorveglianza ambientale allarga la finalità dei controlli da una dimensione igienico-sanitaria dello stato della risorsa ad una dimensione

ecologica dello stato del corpo recettore e degli ecosistemi confinanti.

Per guidare questo complesso di operazioni e abituare ad una osservazione secondo criteri il più possibile oggettivi, è opportuno adottare una scheda di campo che guidi nella registrazione dei caratteri ambientali (Tab.4). Questi dati, registrando lo stato di fatto di un determinato ambiente in un determinato tempo, assumono quindi un importante valore documentario.

La struttura di questa scheda e il suo dettaglio potranno ovviamente variare in relazione agli scopi dell'indagine. Si deve, ad esempio, passare dalla scheda base, utilizzabile per indagini di monitoraggio a largo raggio, ad una scheda di maggiore dettaglio per indagini mirate (es. studi di impatto ambientale, carte ittiche, monitoraggio di aree protette, ecc.). Alla scheda dovranno sempre essere allegati i metodi con cui vengono rilevati i vari caratteri ambientali, in modo che il dato venga registrato e sia interpretato correttamente anche da operatori diversi.

Le attività di laboratorio

L'applicazione dell'I.B.E. richiede una fase preliminare di studio dell'ambiente e delle cause potenziali di inquinamento e di alterazione e di organizzazione delle campagne di campionamento. Richiede inoltre una fase successiva di controllo in laboratorio delle comunità campionate, di verifica delle diagnosi formulate in campo, di organizzazione, registrazione ed elaborazione delle informazioni raccolte. Esistono tuttavia ampi margini di adeguamento dei criteri e delle procedure da seguire a seconda delle peculiarità degli ambienti studiati e delle differenti finalità dell'indagine.

Le competenze degli operatori

L'applicazione dell'Indice Biotico Esteso per la sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua richiede una adeguata formazione in campo ecologico, idrobiologico e tassonomico, oltre ad un periodo di applicazione sotto la guida di personale qualificato. L'operatore che firma una diagnosi basata sulla applicazione dell'Indice Biotico Esteso dovrebbe certificare di aver seguito con profitto un corso teorico pratico di formazione per l'applicazione dell'I.B.E. e segnalare le precedenti esperienze di applicazione, il titolo di studio e la professione.

2 - LA TABELLA A DUE ENTRATE PER IL CALCOLO DELL'I.B.E.

La definizione del valore di indice da assegnare ad una determinata sezione di corso d'acqua si basa su di una tabella a due entrate (Tab. 2).

In ordinata sono riportati alcuni gruppi di macronvertebrati che, dall'alto verso il basso, riflettono, di massima, una sempre minore sensibilità agli effetti di alterazione della qualità dell'ambiente. In ascissa sono riportati degli intervalli numerici che fanno riferimento al numero totale di Unità Sistematiche (taxa al livello di classificazione previsto in Tab. 1) rinvenute nella stazione di campionamento.

Il metodo tiene conto del fatto che, non essendo possibile in una indagine con finalità pratiche classificare gli organismi di queste comunità a livello di specie, è stato stabilito un livello superiore di classificazione (famiglia o genere).

Il calcolo dell'I.B.E. richiede quindi che vengano rispettati rigorosamente questi limiti di definizione tassonomica per i vari gruppi, altrimenti la "ricchezza in taxa" delle comunità potrebbe variare a seconda del grado di approfondimento della classificazione dei vari gruppi.

Il totale delle "Unità sistematiche o taxa" rinvenute in una determinata stazione determina la "ricchezza in U.S. o taxa" della stessa.

La tabella dell'I.B.E. presenta quindi:

-una entrata orizzontale (primo ingresso in tabella), che deve essere utilizzata in corrispondenza delle U.S. piu' sensibili presenti nella comunità della stazione in esame. Ad es. se in una stazione si rinvenivano 3 U.S. di Plecotteri (ritenute piu' sensibili), assieme ad altre U.S., si deve entrare alla prima riga orizzontale ("Plecotteri presenti"), al livello superiore (piu' di una sola U.S.). Nel caso invece nella comunità non fossero rinvenuti Plecotteri, e nemmeno Efemerotteri e Tricotteri, ma il taxon piu' sensibile presente fosse quello dei Gammaridi, si entra a livello della riga corrispondente a questi ultimi;

-una entrata verticale, che va utilizzata in corrispondenza della colonna che comprende il numero totale di U.S. che formano la comunità in esame; se ad es. le U.S. presenti sono complessivamente 9, si entra a livello della 3° colonna, con l'indicazione dell'intervallo 6-10.

A questo punto il valore di indice è dato dal valore corrispondente alla casella che si trova all'incrocio della riga di entrata orizzontale con la colonna di entrata verticale.

Particolare attenzione va posta all'entrata orizzontale, essendo quella che può determinare il maggior intervallo di errore. Per questo è necessario verificare in modo rigoroso attraverso il campionamento la reale presenza dei taxa piu' sensibili.

La procedura si avvale di due tipi di indicatori: la diversa sensibilità di alcuni gruppi di organismi alle alterazioni della qualità dell'ambiente (ordinata) e l'effetto prodotto da questa alterazione sulla "ricchezza in taxa" della comunità (ascissa).

Dal momento che i valori decrescenti di questo indice vanno intesi come una misura progressiva dell'allontanamento da una condizione "ottimale" è possibile che la scala dei valori di qualità, essendo

discreta e non continua, tenda ad appiattire eccessivamente questi giudizi verso il valore superiore o inferiore. Si verifica a volte che il numero totale di unità sistematiche si trovi all'estremo inferiore o superiore degli intervalli stabiliti in tabella. Se ad es. in una stazione troviamo 2 U.S. di Plecotteri e 16 U.S. complessive, il valore di I.B.E. dovrebbe essere 10; in un'altra stazione troviamo 2 U.S. di Plecotteri e 15 U.S. complessive e il valore dovrebbe essere 9. Appare tuttavia evidente che in questi due casi è una sola U.S. di ingresso verticale che condiziona il passaggio fra un valore 10 ed un valore 9. Quando ci si trova in casi analoghi, con un numero totale di U.S. agli estremi degli intervalli previsti in tabella, è necessario attribuire un valore intermedio di indice, che sarà 10-9 nel primo caso e 9-10 nel secondo. I valori intermedi di indice consentono così di rappresentare in modo piu' fedele la progressività del processo di allontanamento dalla condizione "ottimale".

Dai valori di indice alle classi di qualità

In Tab. 3 i valori di I.B.E. sono stati raggruppati in 5 Classi di Qualità (C.Q.), ciascuna individuata da un numero romano.

Le 5 Classi di Qualità possono essere facilmente visualizzate in cartografia mediante colori convenzionali (azzurro, verde, giallo, arancione e rosso) o altro simbolismo grafico (Tab. 3). I valori intermedi fra le classi vengono rappresentati mediante tratteggio formato dai colori corrispondenti delle due classi.

Progettando in modo adeguato la distribuzione delle stazioni di campionamento lungo un intero reticolo idrografico è possibile realizzare delle mappe di qualità, utili per l'analisi dello stato delle acque superficiali nel bacino, per organizzare i piani di monitoraggio e per valutare nel tempo l'efficacia degli interventi di risanamento (GHETTI, 1993). Nelle mappe di qualità di un reticolo idrografico è opportuno utilizzare uno spessore crescente del tratto colorato a seconda della gerarchia idrologica del corso d'acqua.

3 - PROTOCOLLO DI APPLICAZIONE

Il complesso delle procedure da seguire per l'applicazione dell'indice costituisce parte integrante del metodo.

Le attività per l'applicazione dell'indice possono essere raggruppate in tre fasi:

- indagini preparatorie;
- attività di campo e compilazione della scheda di rilevamento;
- attività di laboratorio, compilazione e certificazione del verbale di analisi e della relazione a commento dei risultati e delle eventuali carte di qualità.

I FASE: indagini preparatorie alla applicazione dell'indice

a) Organizzazione del gruppo di lavoro: il gruppo che eseguirà i campionamenti sarà composto da un numero minimo di due persone in possesso delle competenze e dei requisiti sopra indicati, per esigenze di sicurezza e di reciproca collaborazione e controllo.

b) Predisposizione della cartografia relativa al reticolo da monitorare su scala adeguata all'estensione del territorio oggetto dell'indagine ed al dettaglio con cui si intende eseguire il monitoraggio.

c) Raccolta del materiale informativo utile per definire il numero e la posizione delle stazioni di campionamento: catasto degli scarichi, elenco e posizione delle attività idroinquinanti e dei centri abitati, elenco e posizione dei manufatti (dighe, traverse, prese, canalizzazioni, ecc.), e quant'altro sia ritenuto utile per la preparazione di una efficace campagna di monitoraggio.

d) Posizionamento delle stazioni di campionamento sulla carta ricordando che:

- la densità delle stazioni dipende strettamente dalla distribuzione e dalla importanza dal punto di vista del rischio di inquinamento delle attività che insistono sui corsi d'acqua e dagli scopi dell'indagine;

- qualora si posizioni una stazione a valle di un corso d'acqua affluente o a valle di uno scarico occorre posizionare la stazione a distanza opportuna dall'ingresso in questione in modo da essere garantiti che vi sia stato completo rimescolamento tra l'affluente o lo scarico e il corso d'acqua che si va a campionare;

- in prossimità di uno sbarramento che determina un invaso, anche di modeste dimensioni, è necessario posizionare la stazione ad opportuna distanza a valle dello sbarramento oppure a monte dell'invaso in un tratto di acque stabilmente correnti;

- nei tratti di foce è opportuno evitare il campionamento dove si può verificare una risalita del cuneo salino.

e) Sopralluogo nei siti individuati per il campionamento, con l'ausilio di una carta stradale di buon dettaglio, allo scopo di verificare la reale accessibilità al corso d'acqua (è utile una documentazione fotografica della stazione di campionamento).

f) Compilazione dell'elenco definitivo delle stazioni e codifica delle stesse. Le sezioni fluviali in cui viene effettuato il monitoraggio devono essere indicate con precisione affinché siano facilmente individuabili, per permettere che campionamenti successivi, eseguiti anche da persone diverse, possano essere ripetuti sul medesimo tratto fluviale. Per la individuazione delle stazioni dovranno essere adottati i seguenti criteri: ogni punto di prelievo deve essere indicato in modo univoco da una sigla e da una breve dicitura; le stazioni di campionamento vanno numerate da monte verso valle, ad esempio:

- staz. T1 - S. Maria (a monte) indica che la prima stazione di campionamento effettuata sul fiume Taro è posta a monte del paese di S. Maria del Taro;

- staz. T20 - (foce) indica che l'ultimo punto di prelievo individuato sul fiume Taro è in corrispondenza della sua confluenza nel Po (e che più a monte sono state monitorate altre 19 stazioni);

- staz. TA8 - (Rio Maillio-a valle) indica che l'ottava stazione di monitoraggio del torrente Tassobbio è posta poco a valle dell'immissione del Rio Maillio;

L'elenco delle stazioni monitorate dovrà contenere sia la sigla che la dicitura e dovrà sempre accompagnare la relazione di commento ai dati raccolti.

Andrà altresì predisposta, per ciascuna stazione di campionamento prescelta, una breve scheda contenente chiare e brevi indicazioni che consentano di raggiungere la sezione fluviale desiderata senza possibilità di errore; ad esempio:

- fiume Secchia stazione S1 - La Gabellina: una volta superato il paese di Collagna continuare per la S.S.63 verso monte; dopo pochi chilometri nei pressi della località La Gabellina girare a destra nella strada sterrata che porta al punto di captazione AGAC sul Secchia. Campionare subito a monte della captazione;

- torrente Idice stazione I3 - S. Antonio: quando si arriva in località S. Antonio seguire la strada che conduce a Molinella e raggiungere il ponte sul torrente Idice; effettuare il campionamento a monte del ponte.

La suddetta scheda dovrà accompagnare la relazione di commento ai dati.

g) Allestimento del materiale necessario alla esecuzione della fase di campagna

Il materiale necessario per eseguire i rilevamenti e i campionamenti dovrà necessariamente variare in funzione delle finalità dello studio, delle tipologie da campionare e delle modalità di accesso al corso d'acqua.

Una dotazione usuale comprende i seguenti materiali:

- 2 retini immanicati con prolunga e raccoglitori terminali di riserva (Fig. 1)

- stivali da pescatore (gambali o tuta in gomma)

- un tavolino da campeggio con sedie per la separazione in campo degli organismi

- 2 vasche in plastica bianca (dimensioni circa 50x30x15 cm)

- 2-3 vasche in plastica bianca (dimensioni circa 30x20x5 cm)

- 1-2 vaschette per la raccolta degli organismi separati (dimensioni circa 20x10x5 cm)

- 1 secchio di plastica con corda di recupero

- 4-5 pinze da entomologo morbide con punte sottili
- contenitori in plastica a bocca larga e tappo a vite ermetico da circa 100 cc

- alcool 70% (piccola scorta di formalina al 4%)

- etichette autoadesive

- schede per il rilevamento in campo

- matite

- guanti in gomma antiinfortunistica (manica lunga e dita zigrinate)
- lenti da campo
- disinfettante
- boa o ciambella salvagente con cavo di recupero
- testi con le chiavi di classificazione e manuale del metodo
- macchina fotografica (consigliata).

Il FASE: attività di campagna

- Criteri da seguire per un corretto campionamento

Il campionamento per il calcolo dell'IBE richiede una precisa ricostruzione della composizione in taxa della comunità di macroinvertebrati. Per le esigenze di praticità proprie del metodo non è richiesto un campionamento quantitativo in grado di ricostruire anche le densità (numero di individui per unità di superficie colonizzata) per ogni taxa. Questo tipo di campionamento risulterebbe infatti estremamente laborioso, per la necessità di utilizzare diversi tipi di campionatori a seconda dei substrati e dell'altezza dell'acqua, di effettuare numerose repliche per ogni habitat, di separare, classificare e contare tutti gli organismi (HELAWELL, 1986). Per contro, il campionamento quantitativo deve essere adottato quando, per studi particolari, sia necessario definire gli effetti delle alterazioni ambientali, non solo sulla composizione della comunità, ma anche sulla densità e sulla produttività delle varie popolazioni o per il calcolo degli indici di diversità (GHETTI e BONAZZI, 1981).

Il ricorso ad un campionamento di tipo semiquantitativo (es. a tempo) è consigliabile per ottenere delle stime di abbondanza relativa, utili per integrare l'informazione sulla composizione della comunità.

In alcune tipologie ambientali, dove il campionamento dei substrati naturali non è sempre agevole (es. tratti potamali e canali con acque alte), può risultare conveniente integrare il campionamento qualitativo con l'uso di substrati artificiali (HELAWELL, 1986).

In questo lavoro vengono riportate unicamente alcune procedure minimali da seguire per l'esecuzione di un campionamento qualitativo o semiquantitativo, necessario per l'applicazione dell'IBE, rimandando ai lavori citati per le tecniche del campionamento quantitativo e per una serie di accorgimenti da adottare per la separazione, conservazione, conteggio e analisi del materiale.

L'obiettività della diagnosi, formulata sulla base dell'IBE, è condizionata dalla significatività del campionamento; non è quindi possibile applicare questo indice nelle situazioni in cui non vi sia la possibilità di effettuare una precisa ricostruzione della composizione reale della comunità.

-Lo strumento di campionamento più versatile è costituito da un retino (da 16 a 21 maglie per centimetro) montato su di un telaio rettangolare (25 cm x 20 cm) e immanicato (con prolunghe a baionetta) (Fig. 1). Esso consente di effettuare raccolte in acque a diversa profondità (preferibilmente fino a 70-80 cm, eccezionalmente fino a 3-4 m) e funzionare da setaccio.

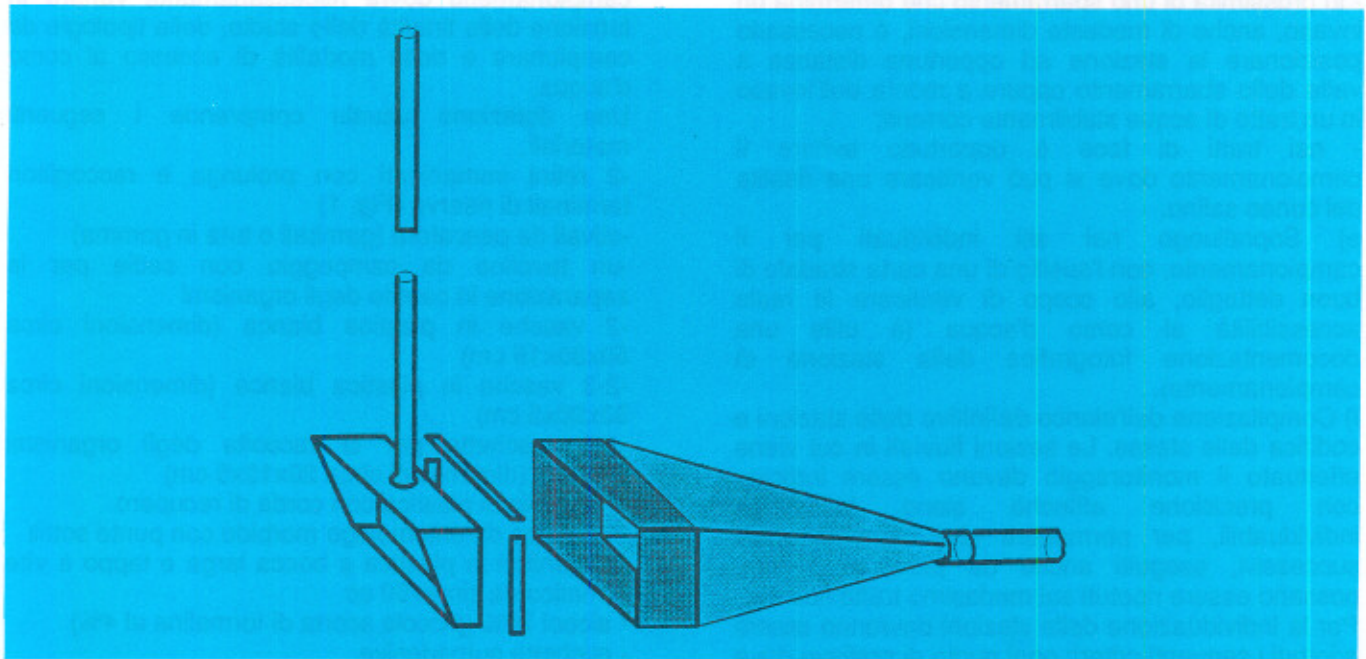


Fig. 1 - Retino montato su telaio in alluminio e con impugnatura prolungabile

- Il retino immanicato va posizionato in contro corrente e ben appoggiato sul fondo, scavando leggermente.

-Le raccolte con il retino immanicato vanno a volte integrate con l'uso di altri campionatori e con raccolte dirette su substrati duri, a seconda delle tipologie ambientali (GHETTI, 1995).

- Si raccolgono una serie di campioni in ogni microhabitat che si incontra lungo un transetto obliquo che attraversa completamente l'alveo bagnato, da sponda a sponda e in contro corrente. Laddove non è possibile attraversare completamente il corso d'acqua (ad es. a causa della profondità, per l'eccessiva forza della corrente o per altre cause) viene campionata solo una porzione di transetto, fin dove possibile, e si prosegue il campionamento risalendo per un breve tratto il corso d'acqua e ritornando quindi verso riva (in questo caso occorre prestare attenzione ad eventuali diversità fra le due sponde e, se del caso, si procede ad un analogo campionamento sull'altra sponda).

-Si deve prestare attenzione alle superfici inondate di recente e quindi parzialmente colonizzate (es. quando si formano piu' alvei bagnati occorre individuare quello piu' stabilmente colonizzato).

-La conoscenza della biotipologia di riferimento (comunità attesa) per un determinato tratto di corso d'acqua è di aiuto al campionamento e alla successiva analisi della comunità campionata.

Le operazioni in campo

Una volta giunti sulla stazione di campionamento va scelto il transetto ideale su cui effettuare il campionamento.

Si individua quindi il luogo piu' idoneo per le operazioni di separazione e prima classificazione; si monta il tavolo da campeggio e si predispongono una vaschetta media di separazione per ciascun operatore ed una vasca piccola per riporvi gli organismi separati; si versa l'alcool al 70% nel contenitore in plastica che viene immediatamente contrassegnato da una etichetta sulla quale vanno scritte a matita le indicazioni per individuare la stazione. In questo contenitore verranno messi gli organismi della comunità di macroinvertebrati campionata, destinati ad essere trasportati in laboratorio per una ulteriore conferma sistematica al microscopio.

Viene quindi compilata con la massima cura la scheda di campo, nella parte relativa alle informazioni ambientali di corredo.

Si procede quindi al campionamento e tutto il materiale raccolto viene accumulato in una vasca grande (50x30x15 cm) contenente sul fondo dell'acqua.

Terminato il campionamento si procede alla separazione analizzando piccole porzioni del campione misto, distese a formare un sottile strato in bacinelle bianche piatte (30x20x5 cm). Questa operazione, se ben condotta, consente una

separazione efficace e abbastanza rapida degli organismi dal detrito (circa 1 ora). A volte può essere utile l'ausilio di una lente. Si procede sino all'esaurimento di tutto il campione raccolto.

La separazione e prima classificazione degli organismi in vivo presenta notevoli vantaggi dal momento che sono in genere ben visibili e facilmente classificabili sulla base di evidenti caratteri morfologici e comportamentali (usare l'atlante per il riconoscimento di Sansoni, 1988).

Gli organismi separati vengono raccolti senza detriti in una bacinella contenente un velo d'acqua. Solo alcuni taxa che possono danneggiarsi o possono essere persi vanno riposti direttamente nel recipiente finale, o in altro recipiente apposito, dopo essere stati registrati nella scheda.

Mano a mano che nuovi taxa vengono separati dal campione, vanno classificati e registrati in scheda. E' necessaria la conferma reciproca dei due o piu' operatori che formano il gruppo di lavoro.

Alla fine della separazione si procede collegialmente all'analisi della comunità campionata con l'ausilio dell'Allegato 1 e si valuta la sua congruità e le differenze rispetto alla biotipologia di riferimento.

Si calcola quindi il valore preliminare di I.B.E., dopo aver individuato i taxa di drift, e, se si verificano incertezze di giudizio o incongruenze, si procede ad ulteriori campionamenti.

Nella comunità campionata è possibile a volte rinvenire alcuni taxa presenti solo occasionalmente in quell'ambiente. Si tratta di una piccola quota di organismi che la corrente costantemente riesce a trascinare a valle per eventi accidentali o in relazione a particolari fasi dei cicli vitali (drift). Questi taxa, di norma rappresentati da pochi esemplari, provengono dai tratti a monte o da affluenti anche con condizioni ambientali molto diverse. Questi organismi, non facendo parte stabilmente della comunità campionata e potendo essere rappresentati da taxa con livelli di sensibilità diversi rispetto alla comunità autoctona, non vanno considerati nel calcolo dell'indice. Il criterio da seguire per stabilire la presenza nel campione di organismi di drift è riportato nell'Allegato 1 e si basa sul numero di individui presenti nel campione, in relazione alla predisposizione al drift dei vari taxa, al ruolo trofico e alla produttività.

Per facilitare questa valutazione, nella scheda di rilevamento (tab. 4) viene riportata una stima numerica delle abbondanze solo per i taxa meno numerosi (rinvenuti con un numero di individui inferiore a 10). Un accurato controllo degli organismi di drift, in particolare per i taxa che determinano l'ingresso orizzontale in tabella, può evitare sensibili errori di sovra valutazione del giudizio.

Incertezze nella classificazione di alcuni taxa vanno invece rimandate al controllo in laboratorio, dopo averli registrati sulla scheda come U.S. da determinare.

III FASE: attività di laboratorio

In laboratorio si procede alla classificazione definitiva delle comunità campionate, con l'uso di strumenti ottici e guide tassonomiche adeguate.

Si procede quindi alla stesura della scheda definitiva e ad una ulteriore analisi critica della struttura della comunità, sulla base del complesso delle informazioni raccolte nella scheda di campo.

Il valore di I.B.E. viene quindi assegnato in modo definitivo e la scheda viene inserita e catalogata nell'ambito dello studio piu' generale.

Limiti di applicazione e casi particolari

La casistica relativa ai limiti di applicabilità del metodo e ai casi particolari che si possono incontrare nelle esperienze di applicazione dell'I.B.E. non può essere esaurita in questa pubblicazione e si rimanda per questi approfondimenti allo specifico manuale (GHETTI,1995) e alla letteratura scientifica (DE PAUW e al., 1992; HELAWELL, 1986).

Informazioni

Per ottenere informazioni relative ai corsi di formazione per l'applicazione dell'I.B.E., alla strumentazione, alla bibliografia, agli esperti che operano sul territorio nazionale, ci si può rivolgere al Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale, c/o Dott. Roberto Spaggiari, Casella Postale S. Maurizio, Via Amendola, 42100 Reggio Emilia (tel. 0522/295460/50)

4 - BIBLIOGRAFIA

CAMPAIOLI S., GHETTI P.F., MINELLI A. & RUFFO S. (1994): "Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane" Provincia Autonoma di Trento, Museo di Storia Naturale di Trento.

DE PAUW N., GHETTI P.F., MANZINI P. & SPAGGIARI R. (1992): "Biological assessment methods for running waters". In: "River water quality

- Ecological assessment and control". C.C.E., Bruxelles, 217-248.

GHETTI P.F. & BONAZZI G. (1980): "Biological water assessment methods: Torrente Parma, Torrente Stirone e Fiume Po", 3rd Technical Seminar. Final Report. Commission of the European Communities.

GHETTI P. F. & BONAZZI G. (1981): "I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua.", Collana del Progetto Finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente", CNR AQ/1/127.

GHETTI P.F. (1986): "I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua. Manuale di applicazione - Indice Biotico E.B.I. modificato.", Provincia Autonoma di Trento.

GHETTI P.F. (1993): "Manuale per la difesa dei fiumi", Editrice della Fondazione "Giovanni Agnelli", Torino.

GHETTI P.F. (1995): "Manuale di Applicazione: Indice Biotico Esteso - I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti", Provincia Autonoma di Trento, Servizio Protezione Ambiente.

HELAWELL J.M. (1986): "Biological surveillance of rivers",. Water Research Centre, Stevenage, England.

RUFFO S., ed. (1977-85): "Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane". Collana del Progetto Finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente" CNR, Roma

SANSONI G. (1988): "Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani",. Provincia Autonoma di Trento, Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale.

WOODIWISS F.S. (1964): "The biological system of stream classification used by the Trent River Board", *Chemistry and Industry*, 14: 443-447

WOODIWISS, F.S. (1978): "Comparative study of biological-ecological water quality assessment methods", Second practical demonstration. Summary Report. Commission of the European Communities.

Tab.4 - SCHEDA BASE DI RILEVAMENTO E REGISTRAZIONE DEI DATI DI CAMPO

LOCALIZZAZIONE DELLA STAZIONE

AMBIENTE _____ STAZIONE _____ CODICE _____

QUOTA s. m. _____ REGIONE _____ PROVINCIA _____

LUNGH. DEL CORSO D'ACQUA _____ DISTANZA DALLA SORGENTE _____

(segue)

(segue Tab.4)

SUPERFICIE BACINO IDROGRAFICO _____

CORPI IDRICI RECETTORI _____

RILEVAMENTO DELLE CARATTERISTICHE AMBIENTALI

DATA _____ ORA _____ CONDIZIONI METEO _____

DISEGNO IN SEZIONE DELL'ALVEO DI PIENA E BAGNATO CON RELATIVE QUOTE STIMATE

DISEGNO IN PIANTA DELL'ALVEO BAGNATO CON SITO DI CAMPION. ED EMERGENZE AMBIENTALI

ORDINIMI PULCOTERI	Pres.	Abd.	Pres.	Abd.
GRANULOMETRIA SUBSTRATI NELL'ALVEO BAGNATO (ordine di prevalenza): roccia _____ massi _____ ciottoli _____ ghiaia _____ sabbia _____ limo _____ ;				
MANUFATTI ARTIFICIALI: sponda dx _____ sx _____ fondo _____ ;				
RITENZIONE DEL DETRITO ORGANICO: sostenuta _____ moderata _____ scarsa _____ ;				
STATO DI DECOMPOSIZIONE DELLA MATERIA ORGANICA: dominano strutture grossolane _____ frammenti fibrosi _____ frammenti polposi _____ ;				

(segue)

(segue Tab.4)

PRESENZA DI ANAEROBIOSI SUL FONDO: assente _____ tracce _____ sensibile localizzata _____
estesa _____;

ORGANISMI INCROSTANTI: feltro rilevabile solo al tatto _____ alghe crostose _____ feltro sottile _____ feltro
spesso anche con pseudofilamenti incoerenti _____ alghe filamentose _____
batteri filamentosi assenti _____ scarsi _____ diffusi _____;

VEGETAZIONE ACQUATICA: copertura alveo _____ % _____;

VEGETAZIONE RIPARIA _____

LARGHEZZA DELL'ALVEO BAGNATO RISPETTO ALL'ALVEO DI PIENA: da 0-1% _____ da 1-10% _____
da 10-20% _____ da 20-30% _____ da 30-40% _____ da 40-50% _____ da 50-60% _____ da 60-70% _____
da 70-80% _____ da 80-90% _____ da 90-100% _____;

VELOCITA' MEDIA DELLA CORRENTE: impercettibile o molto lenta _____ lenta _____ media e laminare _____
media e con limitata turbolenza _____ elevata e quasi laminare _____ elevata e turbolenta _____
molto elevata e turbolenta _____;
h media _____ h max _____ dell'acqua;

CARATTERI DELL'AMBIENTE NATURALE E COSTRUITO CIRCOSTANTE:

in destra idrografica _____;
in sinistra idrografica _____

ORGANISMI		Pres.	Abb.		Pres.	Abb.
PLECOTTERI (genere)						
EFEMEROTTERI (genere)						

(segue)

(segue Tab.4)

GASTEROPODI (famiglia)							
BIVALVI (famiglia)							
TRICLADI (famiglia)							
IRUDINEI (famiglia)							
OLIGOCHETI (famiglia)							
ALTRI (famiglia)							
TOTALE U.S.							

VALORE di I.B.E (in campo). _____ (in laboratorio) _____ CLASSE DI QUALITA' _____

GIUDIZIO _____

NOTE _____

RESPONSABILE DELL'ANALISI E QUALIFICA _____

Elenco dei macroinvertebrati delle acque correnti italiane con indicazioni sintetiche su ecologia, propensione al drift, sensibilità agli inquinanti

LEGENDA

-In questo allegato sono riportati gli elenchi dei taxa di macroinvertebrati delle acque correnti italiane, da considerare nel calcolo dell'IBE, sulla base della revisione tassonomica più recente (CAMPAIOLI, GHETTI, MINELLI, RUFFO, 1994).

-Per i vari taxa si riportano alcune informazioni utili ai fini di una corretta analisi delle strutture di comunità. Esse sono indicate come segue:

(A): Taxon a respirazione aerea e la cui presenza può essere, in genere, indipendente dalla qualità dell'ambiente acquatico. Questi taxa non vanno conteggiati per il calcolo dell'IBE (tranne il caso di un ingresso in ultima riga della tab. 2).

(A.M): Taxon a respirazione aerea, ma dipendente anche dalle condizioni complessive di qualità dell'ambiente acquatico. Vanno conteggiati per il calcolo dell'IBE.

R: Adattamento alla corrente: R= taxon tipicamente reofilo; L= taxon tipicamente limnofilo; ()= taxon secondariamente R o L.

M.N.: Modo di Nutrizione prevalente: T= tagliuzzatori; A= collettori aspiratori; F= collettori filtratori; Fr= filtratori con rete; Ra= raschiatori; P= predatori; Pi= predatori succhiatori. () : Modo di nutrizione secondario.

I tagliuzzatori si nutrono di elementi grossolani di materia organica (CPOM), quali foglie cadute, rametti, organismi morti (riducono i detriti in particelle fecali con diametro < 1 mm).

I collettori: si nutrono di particelle organiche di dimensioni < 1 mm (FPOM). Possono essere suddivisi in collettori aspiratori, che aspirano particolato organico deposto sul substrato di fondo, e in collettori filtratori che filtrano il particolato trasportato dalla corrente. Un caso particolare è costituito da alcuni Tricotteri che filtrano producendo reti con dimensioni di maglie variabili. Questi particolari filtratori (Fr) si nutrono mangiando la rete ed il suo contenuto (animali o vegetali) periodicamente o rimuovendo le particelle dalle maglie.

I raschiatori si nutrono soprattutto di alghe e di altri organismi incrostanti i substrati duri.

I predatori catturano e si nutrono di prede vive mediante apparati boccali specializzati.

I predatori succhiatori succhiano i liquidi corporei di altri animali.

R.T.: Ruolo Trofico prevalente: E= erbivori; D= detritivori; C= carnivori; () = Ruolo Trofico secondario. Gli erbivori si nutrono di organismi autotrofi, i detritivori si nutrono di detrito vegetale od animale, mentre i carnivori si nutrono di altri animali. Per alcuni taxa è difficile definire un ruolo trofico preciso; in molti casi lo stesso taxon (o le sue diverse specie) svolge contemporaneamente diversi ruoli (es. D-C).

NUMERO MINIMO DI PRESENZE (DRIFT)-

Per ciascun taxon viene riportato il numero minimo di presenze nel materiale campionato necessario per poter considerare l'organismo catturato come appartenente in modo stabile alla comunità. Al di sotto di questo valore di presenze si ritiene che l'organismo catturato sia di drift e quindi solo occasionalmente e temporaneamente presente. In questo caso il taxon non viene conteggiato per il calcolo dell'indice.

Questa indicazione può avere tuttavia solo un valore orientativo, dal momento che le abbondanze nel campione possono essere influenzate dall'intensità del drift in una fase particolare del ciclo vitale della specie, dal livello di trofia dell'ambiente, dalle modalità e dall'intensità di campionamento. Particolare attenzione va riservata ai taxa che definiscono l'ingresso orizzontale in Tab. 2 e la cui presenza stabile nella comunità deve essere sicura.

Nel calcolo dell'I.B.E. possono essere commessi errori anche sensibili di giudizio per una considerazione, nel calcolo dell'indice, di taxa di drift che vengono catturati anche se presenti solo occasionalmente (in particolare tenendo sommerso a lungo il retino in contro corrente).

Altri criteri per valutare se i taxa non appartengono alla comunità possono essere: effettuare sui substrati raccolte di conferma senza retino; valutare la congruità del taxon rispetto alla biotipologia e al resto della comunità campionata; considerare per ciascun taxon la propensione al drift rispetto alla tipologia ambientale, al periodo, alla presenza di affluenti a monte.

B.S.: Biotic Score- Indice proposto da Chandler, 1970. Questa indicazione viene riportata solo allo scopo di fornire ulteriori informazioni per una valutazione sulla sensibilità dei vari taxa all'inquinamento. Altre informazioni possono essere tratte dalle liste sul valore saprobico dei vari taxa.

PLECOTTERI

ALLEGATO I

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze ⁽¹⁾	B.S.
CAPNIIDAE	<i>Capnia</i>	5-9	R	T	D	4-6	84-98
	<i>Capnioneura</i>	3-5	R	T	D	4-6	84-98
	<i>Capnopsis</i>	5-7	R	T	P	4-6	84-98
CHLOROPERLIDAE	<i>Chloroperla</i>	6-8	R	P(T)	C(D)	2-3	90-100
	<i>Siphonoperla</i>	9-12	R	P	C	2-3	
	<i>Xanthoperla</i>	5-7	R	P	C	2-3	
LEUCTRIDAE	<i>Leuctra</i>	5-16	R(L)	T	D	6-8	84-98
	<i>Tyrrhenoleuctra</i>	6	R	T	D		
NEMOURIDAE	<i>Amphinemura</i>	4-7	R(L)	T	D	4-6	47-63
	<i>Nemoura</i>	5-10	R(L)	T	D	4-6	84-98
	<i>Nemurella</i>	5-10	R(L)	T	D	4-6	84-98
	<i>Protonemura</i>	5-11	R(L)	T	D	4-6	84-98
PERLIDAE	<i>Dinocras</i>	20-31	R	P	C	2-3	90-100
	<i>Perla</i>	12-33	R	P	C	2-3	90-100
PERLODIDAE	<i>Dictyogenus</i>	15-25	R	P	C	2-3	90-100
	<i>Isogenus</i> [°]	15-21	R	P	C		90-100
	<i>Isoperla</i>	10-16	R	P	C	2-4	90-100
	<i>Perlodes</i>	15-25	R	P	D	2-3	90-100
TAENIOPTERYGIDAE	<i>Brachyptera</i>	8-13	R	Ra	E-D	4-6	90-100
	<i>Rhabdiopteryx</i>	8-13	R	Ra	E-D	4-6	90-100
	<i>Taeniopteryx</i>	9-12	L(R)	T	E-D	4-6	90-100

(1) considerare il valore più alto nel caso non siano presenti altri taxa di Plecotteri

° si ritiene estinta in Italia

TRICOTTERI

TRICOTTERI

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
BERAEIDAE		4-10	L(R)	Ra(T)	E-D	2	75-94
BRACHYCENTRIDAE		6-12	R	Ra-T(F)	E-D	2	75-94
ECNOMIDAE		8	L	F	E-D	2	75-94
GLOSSOSOMATIDAE		5-8	R	Ra(P)	E(C-D)	2	75-94
GOERIDAE		6-12	R	Ra	E-D	2	75-94
HELICOPSYCHIDAE		5-6	R	Ra	E	2	75-94
HYDROPSYCHIDAE		10-20	R(L)	Ra	C-E-D	6	38-75
HYDROPTILIDAE		<5	L	Si(Ra)	E(D)	2	75-94
LEPIDOSTOMATIDAE		7-11	R	T	E-D	2	75-94
LEPTOCERIDAE		9-15	L(R)	Ra-T(P)	E-D-(C)	2	75-94
LIMNEPHILIDAE		7-38	R	T(P)	D(E-C)	2	75-94
ODONTOCERIDAE		18	R	Ra-P	C-E(D)	2	75-94
PHILOPOTAMIDAE		6-22	R	Fr	D(E)	2	75-94
PHRYGANEIDAE		20-40	L	T(P)	D-E(C)	2	75-94
POLYCENTROPODIDAE		10-25	R(L)	Fr	C(D-E)	2	75-94
PSYCHOMYIDAE		4-11	R(L)	F	D-E	2	75-94
RHYACOPHILIDAE		10-30	R	P	C	4	65-88
SERICOSTOMATIDAE		12	R(L)	T(Ra)	T(R)	2	75-94
THREMMATIDAE		5,5	R	R	E	2	75-94

EFEMEROTTERI

TRICOTTERI

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze ⁽¹⁾	B.S.
BAETIDAE	<i>Baëtis</i>	6-12	R	A(Ra-P)	D-E(C)	8	44-52
	<i>Centroptilum</i>	8	R	A(Ra-P)	D-E(C)	6	79-97
	<i>Clöeon</i>	8-10	R(L)	A(Ra-P)	D-E(C)	6	79-97
	<i>Pseudocentroptilum</i>	8-10		A(Ra-P)	D-E(C)	6	79-97
	<i>Proclöeon</i>	9	R(L)	A(Ra-P)	D-E(C)	6	79-97
CAENIDAE	<i>Brachycercus</i>	9		A	D	6	
	<i>Caenis</i>	4-9	R-L	A	D	6	79-97
EPHEMERELLIDAE	<i>Ephemerella</i>	5-7	R(L)	A(Ra-P)	D(E-C)	6	79-97
	<i>Torleya</i>	9	R	A(Ra-P)	D(E-C)	6	79-97
EPHEMERIDAE	<i>Ephemera</i>	20-30	R-L	A(P)	D(C)	4	79-97
HEPTAGENIIDAE	<i>Ecdyonurus</i>	7-15	R	Ra-A	D-E	4-6	79-97
	<i>Electrogena</i>	<13	R	Ra-A	D-E	4-6	79-97
	<i>Epeorus</i>	11-14	R	Ra-A	D-E	4-6	79-97
	<i>Heptagenia</i>	9-12	R(L)	Ra-A	D-E	4-6	79-97
	<i>Rhithrogena</i>	6-9	R	Ra-A	D-E	4-6	79-97
LEPTOPHLEBIIDAE	<i>Choroterpes</i>	8	R(L)	A	D(E)	4-6	79-97
	<i>Habroleptoides</i>	7-11		A	D(E)	4-6	79-97
	<i>Habrophlebia</i>	7-8	R	A	D(E)	4-6	79-97
	<i>Paraleptophlebia</i>	8-12	L	A	D(E)	4-6	79-97
	<i>Thraulius</i>	9	L	A	D(E)	4-6	79-97
OLIGONEURIIDAE	<i>Oligoneuriella</i>	15	R	Ra-A-T	D-E	4-6	79-97
POLYMITARCIDAE	<i>Ephoron</i>	17	L(R)	A(P)	D(C)	3	79-97
POTAMANTHIDAE	<i>Potamanthus</i>	14	R	A(P)	D(C-E)	3	79-97
SIPHONURIDAE	<i>Siphonurus</i>	16	L	F(P)	D(C-E)	3	79-97

(1) considerare il valore più alto nel caso non siano presenti altri taxa di Efemerotteri

COLEOTTERI ⁽¹⁾

FAMIGLIA	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
CHRYSOMELIDAE (A.M.)	5	L		E	2	51-72
DRYOPIDAE (A.M. da adulti)	3-6	L(R)	T	E-D	2	19-1
DYTISCIDAE (A.M.)	1-50	L(R)	a = P I = Pi	C	2	19-1
ELMIDAE (A.M. da adulti)	1,2-8,3	R	A(Ra-T)	E	3	19-1
EUBRIIDAE		R	Ra	E	2	51-72
GYRINIDAE (A.M. da adulti)	3-8	L(R)	a = P I = Pi	C	1	19-1
HALIPLIDAE (A.M. da adulti)	2,2-4,3	L-R	T	E	3	51-72
HELODIDAE (A.M.)		L-R	A-T	E	2	19-1
HELOPHORIDAE (spesso ripicoli) (A)	2,2-9		a = T I = P-T	a = E(D) I = E(D-C)		
HYDRAENIDAE (A.M.)	<3	R-L	Ra	E	3	1-48
HYDROCHIDAE*	2,4-5	L-R	T	E		51-72
HYDROPHILIDAE (A.M.)	1-48	L	a = T(P) I = Pi	a = E(D-C) I = C	2	19-1
HYDROSCAPHIDAE	1			E	2	
HYGROBIIDAE (A.M. da adulti)	8-11	L	P	C	1	19-1
LIMNEBIIDAE	0,6-3	R	Ra	E	2	51-72
SPERCHEIDAE*	7			E		
SPHAERIDIIDAE	3,5-5		P	C		

⁽¹⁾ Costituiscono i soli insetti olometaboli che vivono negli ambienti acquatici sia in forma larvale che immaginale (alcune famiglie presentano un solo stadio acquatico). Alcune di queste famiglie presentano poche specie acquatiche.

*= vivono prevalentemente in acque stagnanti

a= adulti; l= larve

ODONATI ⁽¹⁾

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
AESCHNIDAE		30-60	L	P	C	1	
CALOPTERYGIDAE		25-35	L(R)	P	C	1	
COENAGRIONIDAE		20-35	L	P	C	1	
CORDULEGASTERIDAE		<45	L-R	P	C	1	
CORDULIIDAE		20-30	L	P	C	1	
GOMPHIDAE		20-35	L	P	C	1	
LESTIDAE		25-30	L	P	C	1	
LIBELLULIDAE		15-30	L	P	C	1	
PLATYCNEMIDIDAE		15-20	L	P	C	1	

⁽¹⁾ I rappresentanti di questo gruppo sistematico vivono prevalentemente nei tratti di corsi d'acqua con acque lente o ferme.

DITTERI

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
ANTHOMYIDAE		8-17	R	Pi	C	2	
ATHERICIDAE		16-30	R(L)	Pi	C	2	
BLEPHARICERIDAE		5-12	R	Ra	E	2	
CERATOPOGONIDAE		3-18	L	P(A-Ra)	C(D)	2	
CHAOBORIDAE (A)*		9-14		P	C		
CHIRONOMIDAE		3-30	L-R	P(A-Ra)	C(E-D)	8	28-15
CYLINDROTOMIDAE		25			E?	2	
CORDYLURIDAE		8-14		P-?	C-E	2	
CULICIDAE (A) *		5-10	L	Ra-A(P)	D-E(C)		19-1
DIXIDAE (A.M.)		8-13	R	F-Ra	D	2	
DOLICHOPODIDAE		9-15	R	Pi	C	1	

(segue)

(segue Ditteri)

EMPIDIDAE		5-7	R	Pi	C	1	
EPHYDRIDAE		6-13	L(R)	Ra(P)	E(D-C)	2	
LIMONIIDAE		6-15	R(L)	P(T)	C(E-D)	2	
PSYCHODIDAE		4-12	L	Ra	D-E	2	
PTYCHOPTERIDAE (A)		15-20	L	A	D(E)		
RHAGIONIDAE		<22		Pi()	C(D)	1	
SCIOMYZIDAE		2-7	L	Pi	C	1	
SIMULIIDAE		4-12	R	F	E-D	8	56-75
STRATIOMYIDAE (A)		10-15	L	F(Pi)	E(D-C)		
SYRPHIDAE (A)		5-20	L	F	D		19-1
TABANIDAE		10-20	R	Pi	C	2	
THAUMALEIDAE		6-11				2	
TIPULIDAE		6-40	L	T(P)	D(E-C)	2	

*= vivono in acque ferme

ETEROTTERI (1)

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
CORIXIDAE (A.M.)		7-9,5		Ra - Pi	E-C	2	19-1
GERRIDAE (A)		5,5-1,7	L(R)	Pi	C		19-1
HEBRIDAE (A)		1,6-2,3	L	T(Pi)	E(C)		19-1
HYDROMETRIDAE (A)		7,5-13	L	Pi	C		19-1
MESOVELIIDAE (A)		3-3,5	L	Pi	C		19-1
NAUCORIDAE (A M)		8-16	L-R	Pi	C	2	19-1
NEPIDAE (A.M.)		14-35	L	Pi	C	2	19-1
NOTONECTIDAE (A.M.)		7-16	L	Pi	C	2	19-1
OCHTERIDAE (A)		4-6		Pi	C		

(segue)

(segue Eterotteri)

PLEIDAE (A.M.)		2,5-3	L	T(Pi)	E(C)	2	19-1
VELIIDAE (A)		1,4-9,4	L	Pi	C		19-1

(1) Mentre i Gerromorfi hanno una tipica respirazione aerea e vivono sopra l'acqua sfruttando la tensione superficiale, i Nepomorfi hanno dei sistemi respiratori più complessi che variano da genere a genere e spesso tra forme giovanili e adulti (a volte con dipendenza sia dall'ossigeno atmosferico che da quello disciolto nelle acque).

CROSTACEI

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
ASELLIDAE		<15	L	T	D	6	25-10
ASTACIDAE		<110	L-R	T(P)	D-E(C)	1	
ATYIDAE		<40	L	T(P)	D-E(C)	4	
CRANGONYCTIDAE *				T	D		
GAMMARIDAE		<15	R(L)	T	D	6	40-40
NIPHARGIDAE **				T	D	6	
PALAEEMONIDAE		<45	L	T(P)	D(C)	4	
POTAMIDAE		<200	L	T(P)	D(C)	1	

*= vivono in acque ferme; da non considerare nel calcolo dell'IBE

**= da considerare a livello degli Asellidi in tab. 2

GASTEROPODI (1)

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
ACROLOXIDAE			L	R	E	1	30-18
ANCYLIDAE			R	R	E(D)	1	70-91
BYTHINIIDAE			L(R)	T-R	D-E	1	30-18
EMMERICIIDAE						1	
HYDROBIOIDEA			R(L)	R	E(D)	1	30-18

(segue)

(segue Gasteropodi)

LYMNAEIDAE			L(R)	R-T(P)	E(C)	1	30-18
NERITIDAE			R	R	E	1	30-18
PHYSIDAE			L(R)	R(T)	E(D)	1	30-18
PLANORBIDAE			L	R-T	E-D	1	30-18
PYRGULIDAE			L				
VALVATIDAE			L(R)	R-T	E-D	1	30-18
VIVIPARIDAE			L(R)	R-T	E-D	1	30-18

(1) Per l'applicazione dell'I.B.E. non vanno considerati i gusci vuoti.

BIVALVI (1)

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
DREISSENIDAE		l:<28	L(R)	F	E-D	1	30-18
PISIDIIDAE		l:<4 h:3-4	R-L	F	E-D	1	30-18
SPHAERIIDAE		l:<14 h:<11	R(L)	F	E-D	1	30-18
UNIONIDAE		l:<200 h:100	L	F	E-D	1	30-18

(1) Per l'applicazione dell'IBE non vanno considerati i gusci vuoti

l = lunghezza; h = altezza

TRICLADI

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
DENDROCOELIDAE		15-25	R-L	Pi	C	1	35-25
DUGESIIDAE		20-35	L-R	Pi	C	1	35-25
PLANARIIDAE		7-20	R(L)	Pi	C	1	90-100

IRUDINEI

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
ERPOBDELLIDAE		75-150	L-R	P	C	1	24-8
GLOSSIPHONIIDAE		5-70	L-R	Pi	C	1	24-8
HAEMOPIDAE			L	P	C	1	23-7
HIRUDINIDAE		100-150	L	Pi	C	1	
PISCICOLIDAE		20-50	L(R)	Pi	C	1	24-8

OLIGOCHETI

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
HAPLOTAXIDAE		200-250	L	A	D	1	
LUMBRICIDAE		<150	L(R)	A	D	1	
LUMBRICULIDAE		10-40	R(L)	A	D	1	
NAIDIDAE		<20-30	L(R)	A(P)	C(D-E)	1	20-2
TUBIFICIDAE		>20-30	L(R)	A	D(E)	1	22-9

ALTRI GRUPPI DA CONSIDERARE NEL CALCOLO DELL'IBE

FAMIGLIA	GENERE	Dimensioni (mm)	R	M.N.	R.T.	N° minimo di presenze	B.S.
MEGALOTTERI SIALIDAE		<26	L(R)	P	C	1	75-94
PLANIPENNI OSMYLIDAE		<15	L(R)	P	C	1	
NEMATOMORFI GORDIIDAE		<160	R	Pi	C	1	
BRIOZOARI PLUMATELLIDAE			L	F	E(D)		
PORIFERI SPONGILLIDAE			L	F	E(D)		

DETERMINAZIONE DEL VANADIO

Vengono presentati due metodi per la determinazione del vanadio in assorbimento atomico, uno senza preconcentrazione del campione (metodo A) e l'altro che utilizza un procedimento di preconcentrazione basato sulla coprecipitazione dell'analita mediante idrossido ferrico (metodo B).

METODO A

1 - PRINCIPIO DEL METODO

Il vanadio contenuto nel campione di acqua viene determinato per iniezione diretta nel fornello di grafite di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico e l'assorbanza misurata a 318,4 nm.

2 - CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo può essere impiegato per misurare concentrazioni di vanadio nell'intervallo 1,5-50 µg/L. Per concentrazioni superiori a 50 µg/L è opportuno effettuare una diluizione del campione.

3 - INTERFERENZE E CAUSE DI ERRORE

Non sono stati riscontrati significativi fenomeni di interferenza da parte delle principali specie chimiche presenti nell'acqua.

4 - CAMPIONAMENTO E CONSERVAZIONE DEL CAMPIONE

Il prelievo e la conservazione del campione dovranno essere effettuati in accordo con quanto previsto nel manuale "Metodi analitici per le acque" (IRSA, 1995). Una stima del vanadio totale è ottenibile aggiungendo 5 mL di HNO₃ conc. (6.1) per litro di campione e filtrando successivamente il campione su membrana da 0,45 µm. Se si vuole determinare soltanto il vanadio disciolto, il campione viene filtrato immediatamente dopo il prelievo, il più presto possibile, attraverso un filtro a membrana da 0,45 µm senza preventiva acidificazione e addizionato di 5 mL/L di HNO₃ conc. (6.1).

Per la determinazione quantitativa del vanadio totale è necessario invece sottoporre il campione ad un procedimento di digestione. Si consiglia di conservare i campioni in contenitori di polietilene.

5 - APPARECCHIATURE

5.1 - Normale attrezzatura da laboratorio per il prelievo di piccoli volumi nella preparazione degli

standard e per l'iniezione nel tubicino di grafite. E' necessario servirsi di micropipette, qualora non si disponga di opportuno autocampionatore.

5.2 - Spettrofotometro ad assorbimento atomico munito di correttore di fondo e lampada per il vanadio.

5.3 - Fornello di grafite con velocità di riscaldamento programmabile.

5.4 - Registratore per evidenziare la forma del picco o altro sistema equipollente.

6 - REATTIVI

Tutti i reattivi devono essere puri per analisi e le soluzioni preparate con acqua distillata e/o deionizzata.

6.1 - Acido nitrico concentrato di grado ultrapuro (HNO₃, d=1,40).

6.2 - Soluzione standard di vanadio (1000 mg/L).

Utilizzare lo standard disponibile in commercio sotto la voce standard per assorbimento atomico, oppure prepararlo pesando esattamente 1,000 grammi di vanadio, sciogliendolo in 50 mL di acido nitrico conc. di grado ultrapuro (6.1) e portandolo a volume in un matraccio tarato da 1000 mL. La soluzione, conservata in bottiglia di polietilene, è stabile per almeno 6 mesi.

6.3 - Soluzione standard diluita di vanadio (1 mg/L).

100 µL di soluzione concentrata (6.2) si diluiscono a 100 mL con acqua contenente 0,1 mL di acido nitrico conc. (6.1). Questa soluzione deve essere preparata giornalmente.

7 - PROCEDIMENTO

Trasferire il campione, comunque acidificato con 5 mL/L di acido nitrico concentrato (6.1), in quattro matracci da 10 mL. Aggiungere quindi a ciascun matraccio 0; 100; 300; 500 µL di soluzione diluita (6.3), ottenendo 4 soluzioni con arricchimenti di vanadio pari a 0 - 10,0 - 30,0 - 50,0 µg/L.

Si misura l'assorbanza delle quattro soluzioni mediante uno spettrofotometro ad assorbimento atomico a 318,4 nm con correttore di fondo inserito, introducendo aliquote comprese tra 20 e 50 µL di campione nel fornello equipaggiato con tubo di grafite pirolitica, usando argon UPP come gas di trasporto.

Si consiglia il seguente ciclo elettrotermico:

	R.T	H.T.	T °C	G.	R
Essiccamento	20	10	140	300	
Incenerimento	20	30	1100	300	
Raffreddamento	1	10	20	300	
Atomizzazione	0	6	2650	0	*
Pulizia	1	8	2700	300	
Raffreddamento	1	5	20	300	

R.T. = tempo in secondi di salita della temperatura
H.T. = tempo in secondi di permanenza a temperatura costante
T °C = temperatura
G = flusso del gas in mL/min
R = lettura attivata

N.B. Lo stadio di raffreddamento riportato prima della atomizzazione non è indispensabile ma si è verificato che serve a migliorare il profilo del picco dell'analita durante la fase di atomizzazione.

8 - CALCOLI

La concentrazione di vanadio nel campione analizzato può essere calcolata graficamente o analiticamente.

8.1 - Procedimento grafico.

Si costruisce, su carta millimetrata, la retta standard con le concentrazioni aggiunte ($\mu\text{g/L}$) sull'asse delle ascisse e le assorbanze corrispondenti, corrette del bianco, sull'asse delle ordinate.

L'assorbanza del campione, a concentrazione incognita, viene posta sull'asse delle ordinate a concentrazione aggiunta di analita uguale a zero.

La concentrazione incognita di vanadio si ricava dall'intercetta della retta sperimentale con l'asse delle x, misurando con la stessa scala di concentrazione il segmento compreso tra il punto di intersezione suddetto e il punto di incontro degli assi x e y.

8.2 - Procedimento analitico.

Siano C_0 , C_1 , C_2 , C_3 rispettivamente le concentrazioni del campione incognito senza aggiunta (C_0) e quelle del campione con la 1^a, 2^a, 3^a aggiunta. A_0 , A_1 , A_2 , A_3 saranno le corrispondenti assorbanze. Il calcolo della concentrazione incognita del campione (C_0) potrà effettuarsi con la seguente relazione:

$$C_0(\mu\text{g/L}) = \frac{A_0}{f}$$

in cui A_0 è l'assorbanza del campione senza aggiunte e f è il valore medio dei rapporti tra gli incrementi di assorbanza e i corrispondenti incrementi di concentrazione.

9 - PRECISIONE

Su campioni di acqua contenenti $5 \mu\text{g/L}$ di vanadio si è ottenuta una deviazione standard percentuale di 6,7% ($n=10$) mentre a concentrazioni dell'ordine di $50 \mu\text{g/L}$ la precisione è risultata pari a 1,1%. Effettuando 10 determinazioni su campioni con contenuto di vanadio di circa $2 \mu\text{g/L}$ si è potuto calcolare una concentrazione minima determinabile, espressa come 3 volte la deviazione standard percentuale, di $1,2 \mu\text{g/L}$.

Con un sistema di preconcentrazione "in situ" costituito da una triplice iniezione di $20 \mu\text{L}$ di campione nel tubicino di grafite, si è ottenuto un limite di rivelabilità pari a $0,8 \mu\text{g/L}$ con una deviazione standard percentuale a $5 \mu\text{g/L}$ di 7,3 e a $50 \mu\text{g/L}$ di 2,2%.

METODO B

1 - PRINCIPIO DEL METODO

Il vanadio viene determinato in assorbimento atomico con fornetto a grafite alla lunghezza d'onda di $318,4 \text{ nm}$ dopo un procedimento di preconcentrazione che si basa sulla coprecipitazione dell'analita con idrossido ferrico, generato in ambiente alcalino dall'ossidazione di un sale ferroso, e sulla successiva ridissoluzione del vanadio precipitato. Il metodo si applica sia alle specie trivalenti che a quelle pentavalenti.

2 - CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo consente la determinazione del vanadio nel campo di concentrazione compreso tra $0,05$ e $2,0 \mu\text{g/L}$, che è il campo entro cui sono comprese le concentrazioni delle acque naturali, incluse quelle di mare. Concentrazioni più elevate possono essere determinate direttamente senza ricorrere al trattamento di preconcentrazione (v. metodo A).

3 - INTERFERENZE E CAUSE DI ERRORE

Vale quanto riportato al punto 3 del metodo A.

4 - CAMPIONAMENTO E CONSERVAZIONE DEL CAMPIONE

Il prelievo e la conservazione del campionamento dovranno essere effettuati in accordo con quanto previsto nel manuale "Metodi analitici per le acque"

(IRSA, 1995). Dati i bassi livelli di concentrazione in cui il metodo opera, lo stesso è rivolto essenzialmente alla determinazione del vanadio disciolto, ottenibile dopo filtrazione immediata del campione attraverso un filtro di policarbonato da 0,4 µm.

5 - APPARECCHIATURE

5.1 - Normale vetreria di laboratorio. Tutta la vetreria deve essere preliminarmente lavata con acido nitrico diluito (1+9) caldo e accuratamente risciacquata con acqua distillata ad elevata purezza. Disponibilità di fiale in polietilene da 10 mL.

5.2 - Spettrofotometro ad assorbimento atomico con fornello di grafite, corredato di dispositivo per la correzione automatica di assorbimenti non specifici, autocampionatore e registratore o altro sistema equipollente per registrare le caratteristiche del picco di assorbimento dell'analita. Qualora non si disponga di autocampionatore è necessario servirsi di micropipette per l'iniezione nel tubicino di grafite.

5.3 - Tubi di grafite pirolitica.

5.4 - pH-metro corredato possibilmente di elettrodo combinato.

5.5 - Apparato di filtrazione sotto vuoto o sotto pressione e filtri in policarbonato da 0,4 µm.

6 - REATTIVI

Sia i reattivi che l'acqua utilizzata per il risciacquo della vetreria e la preparazione delle soluzioni devono essere ad elevata purezza.

6.1 - Soluzione di solfato ferroso ammonico, (3,92 g/L). Sciogliere 0,392 g di $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ in 100 mL di acqua.

La soluzione va preparata poco prima dell'uso.

6.2 - Idrossido di ammonio di grado ultrapuro, (10%). Diluire in modo appropriato le soluzioni concentrate disponibili in commercio che hanno un titolo di circa il 35%.

6.3 - Acido cloridrico di grado ultrapuro (1+2). Versare 33 mL di acido cloridrico concentrato in un pallone da 100 mL contenente circa 50 mL di acqua e portare a volume.

6.4 - Acido nitrico concentrato di grado ultrapuro (d=1,40)

6.5 - Soluzione standard di vanadio (1000 mg/L). Utilizzare lo standard disponibile in commercio sotto la voce "standard per assorbimento atomico", oppure prepararlo direttamente sciogliendo a caldo 0,2297 g

di metavanadato di ammonio (NH_4VO_3) in circa 10 mL di acido nitrico concentrato (6.4) e portando infine la soluzione a volume in un matraccio da 100 mL.

6.6 - Soluzione standard di vanadio (100 mg/L). Prelevare 10 mL della soluzione concentrata di vanadio (6.5) e diluirla a 100 mL in pallone tarato previa aggiunta di 20 mL di HCl (6.3).

6.7 - Soluzione standard diluita di vanadio (100 µg/L).

Prelevare 1 mL della soluzione standard concentrata (6.6) con una pipetta automatica e portare a volume in un matraccio tarato da 1000 mL, previa aggiunta di 50 mL di HCl (6.3). La soluzione è stabile per circa un mese. Nel caso in cui non si disponga di pipette automatiche sarà opportuno operare una doppia diluizione anzichè direttamente la diluizione 1:1000 sopra riportata.

7 - PROCEDIMENTO

7.1 - Dosaggio del campione.

Aggiungere a 250 mL di campione 1,5 mL di soluzione di solfato ferroso ammonico (6.1) e circa 20 µL di soluzione di idrossido di ammonio al 10% (6.2), in modo da portare il pH a 8,0. Il volume di ammoniaca riportato è solo orientativo poichè l'esatto dosaggio va definito in funzione della matrice del campione in modo che il pH finale sia 8,0. Tenere la sospensione in agitazione per 1 ora e al termine dell'agitazione recuperare il precipitato attraverso filtrazione su filtro in policarbonato da 0,4 µm. Il filtro va quindi trasferito con pinzette di plastica in una fiala in politene da 10 mL. Si aggiungono 5 mL di HCl ultrapuro (1+2) (6.2) per consentire la ridissoluzione del vanadio. È opportuno sottolineare che la ridissoluzione va effettuata subito dopo il trattamento di coprecipitazione, poichè processi di invecchiamento degli idrossidi potrebbero rendere in seguito la ridissoluzione più difficoltosa.

La soluzione acida è stabile e può essere letta all'assorbimento atomico anche a distanza di tempo.

7.2 - Calibrazione

È consigliabile operare con il metodo delle aggiunte, anche se alcune prove effettuate hanno dimostrato che le assorbanze di standard ottenuti per aggiunta dell'analita al campione sono in ottimo accordo con quelle relative a standard esterni. Suddividere il campione in quattro aliquote da 250 mL. Una delle aliquote serve per la determinazione vera e propria, mentre le altre tre vengono addizionate di 1; 2 e 3 mL di soluzione standard diluita di vanadio (6.7) in modo da avere una concentrazione aggiunta di vanadio pari a 0,4; 0,8 e 1,2 µg/L. Sottoporre quindi

queste tre aliquote allo stesso trattamento del campione vero e proprio descritto al punto 7.1. Per ottenere il bianco dei reattivi, aggiungere in una fialetta da 10 mL in politene 1,5 mL di solfato ferroso ammonico (6.1), un volume di soluzione di idrossido di ammonio (6.2) comparabile a quello aggiunto ai campioni e 5 mL di HCl ultrapuro (6.3).

8 - CALCOLI

La concentrazione del vanadio nel campione potrà essere determinata per via grafica o, in alternativa, per via analitica.

8.1 - Procedimento grafico

Si costruisce su carta millimetrata la curva di calibrazione riportando le concentrazioni aggiunte degli standards in µg/L sull'asse delle ascisse e le corrispondenti assorbanze sottratte del bianco sull'asse delle ordinate. Al campione incognito viene attribuita una concentrazione aggiunta uguale a zero. La concentrazione reale del campione viene ricavata dall'intercetta sull'asse x della retta che interpola i dati sperimentali di assorbanza in funzione della concentrazione, misurando con la stessa scala di concentrazione il segmento compreso tra il punto di intersezione suddetto e l'origine degli assi.

8.2 - Procedimento analitico

Calcolare il fattore f risultante, nel caso del ricorso al metodo delle aggiunte, dalla media dei rapporti tra incrementi di assorbanze valutati rispetto al campione originario e corrispondenti incrementi di concentrazione (v. METODO A). Il valore della concentrazione incognita del campione sarà dato dalla espressione

$$C(\mu\text{g/L}) = \frac{(A_c - A_b)}{f \cdot 50}$$

dove con A_c e A_b si sono indicate rispettivamente le assorbanze del campione incognito e del bianco, ottenuto attraverso la procedura di preconcentrazione (7.1).

9 - PRECISIONE E ACCURATEZZA

Prove effettuate da diversi laboratori su campioni sintetici hanno fornito valori di deviazione standard percentuale compresi tra 2 e 6%.

Prove di recupero, basate sul confronto delle assorbanze ottenute per una determinata concentrazione di vanadio utilizzando sia il metodo degli standard interni che quello degli standard esterni, hanno dato valori superiori al 95 %.

10 - BIBLIOGRAFIA

- CHAN K.M. & RILEY J.P. (1966): "Determination of vanadium in sea and natural waters, biological materials and silicate sediments and rocks". *Anal. Chim. Acta*, **34**: 337-345.
- EPA, (1986): "Trace Metals by Atomic Absorption (Furnace Techniques)", EPA/600/S4-85/070. Environmental Monitoring and Support Laboratory, EPA Method Study 31, EPA, Cincinnati, OH.
- EPRI (Electric Power Research Institute) (1988): "Round Robin Study of Methods for Trace Metal Analysis", Volume 1-2 Atomic Absorption Spectroscopy, Palo Alto California CS-5910, Project 1851-1. Final Report August
- IRSA (1995): "Metodi analitici per le acque", *Quad. Ist. Ric. Acque*, **100**, 44-53.
- JEANDEL C., CAISSO M. & MINSTER J.F. (1987): "Vanadium behaviour in the global ocean and in the Mediterranean sea" *Mar. Chem.*, **21**, 51-74.
- LETORNEAU V.A., JOSHI B.M. & BUTHLER L.C. (1987): "Comparison between Zeeman and Continuum Background Correction for Graphite Furnace AAS on Environmental Samples", *At. Spectrosc.* **8**, 5, 145-149.
- MANNING D. C. & SLAVIN W. (1985): "Factors Influencing the Atomization of Vanadium in Graphite Furnace AAS", *Spectrochimica Acta* **40B**, 3, 461-473.
- PERKIN-ELMER (1984): "Analytical Methods for Furnace Atomic Absorption Spectrometry", Publication B332 Uberlingen, FRG.
- SLAVIN W. (1984): "Graphite Furnace AAS Source Book", The Perkin-Elmer Corporation Norwalk, 97-99.
- WEISEL C.P., DUCE R.A. & FASCHING J.L. (1984): "Determination of aluminium, lead and vanadium in North Atlantic seawater after coprecipitation with ferric hydroxide", *Anal. Chem.* **56**, 1050-1052.
- WES T.S. (1988): "The Determination of Trace Metals in Natural Waters", The Late H.W., Nurnberg IUPAC, Blackwell Scientific Publication, London.
- YEATS P.A (1992): "Determination of dissolved vanadium in eastern Canadian coastal waters", *Estuar. Coastal and Shelf Sci.*, **34**, 85-93.

INFORMAZIONI

Il 20 aprile 1995 si è svolta a Roma presso la sede centrale del Consiglio Nazionale delle Ricerche la Giornata di Studio "Metodologie analitiche per il controllo della qualità delle acque", organizzato dall'Istituto di Ricerca sulle Acque in occasione della presentazione della nuova edizione del manuale "Metodi analitici per le acque", curata dall'IRSA ed edita dall'Istituto Poligrafico dello Stato. (Di seguito sono riportate la locandina della giornata di studio, la copertina e l'indice del volume presentato).

Le memorie presentate nel corso della giornata, sintesi del lavoro di esperti provenienti da varie istituzioni, hanno riguardato le problematiche scientifiche e applicative connesse alle metodologie per il controllo delle acque.

Procedure automatiche di monitoraggio e misure, tecniche strumentali avanzate, analisi biologiche e controllo di qualità del dato analitico sono emerse come le linee guida lungo cui dovrà articolarsi l'attività futura per fornire al Paese metodologie aggiornate in linea con l'evoluzione della normativa ambientale.

ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

GIORNATA DI STUDIO

METODOLOGIE ANALITICHE PER IL CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE

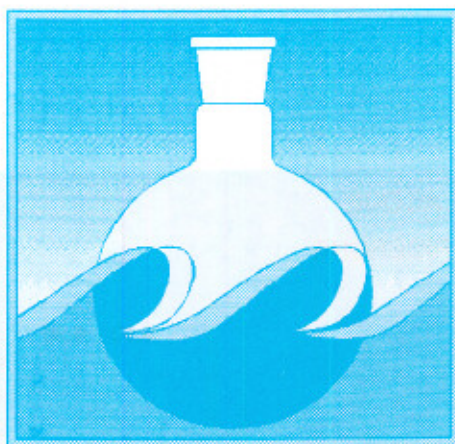
PROGRAMMA

Roma, 20 aprile 1995

- | | |
|---------------|---|
| 9.00 - 9.30 | <i>Indirizzi di salute</i> (Prof. E. Garaci, Presidente del CNR, Prof. E. Gerelli, Sottosegretario al Ministero dell'Ambiente e Dott. A. Liberatori, Presidente del Comitato Nazionale Scienze e Tecnologie Ambiente) |
| 9.30 - 10.00 | <i>Esigenze di controllo alla luce delle normative nazionali e comunitarie</i> (G. Mascezzini) |
| 10.00 - 10.20 | <i>Attività dell'IRSA nel settore dei metodi analitici</i> (R. Pagnotta e T. La Noce) |
| 10.20 - 10.40 | <i>Problematiche applicative nel controllo della qualità delle acque</i> (C. Baldan, M. Sanna, G. Sarrìzu e A. Zavatti) |
| 10.40 - 11.00 | INTERVALLO |
| 11.00 - 11.20 | <i>Problematiche scientifiche relative alle metodologie per il controllo delle acque</i> (F. Bruner, L. Campanella, M. Camusso, R. Compiani, A. Liberatori, D. Petruzzelli, M. Pettine, e D. Pitea) |
| 11.20 - 11.40 | <i>Automatizzazione delle procedure di monitoraggio e di misura</i> (O. Baraldi, R. Fuoco, W. Martinotti e G. Tiravanti) |
| 11.40 - 12.00 | <i>Possibilità di utilizzo di tecniche strumentali avanzate</i> (S. Capri, G. Crescentini, A. Di Corcia, A. Marcomini e G. Mascolo) |
| 12.00 - 12.20 | <i>Analisi biologiche per la valutazione della qualità delle acque</i> (E. Funari, P.F. Ghetti, R. Marchetti, R. Spaggiari e L. Viganò) |
| 12.20 - 12.40 | <i>Controllo di qualità del dato analitico</i> (P. Cescon, R. Morabito, R. Mosello e G. Tartari) |
| 12.40 - 13.10 | Discussione |
| 13.10 - 13.30 | <i>Conclusioni</i> (Prof. R. Passino, Direttore dell'Irsa) |

ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

METODI ANALITICI PER LE ACQUE



La raccolta comprende i metodi
previsti dalla Legge 10 maggio 1976, n. 319
e dal D.Lgs 25 gennaio 1992, n. 130

ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO
LIBRERIA DELLO STATO

Pubblicazione in vendita presso

ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO

Volume di 342 pagine del formato di cm 21 × 29,7
Prezzo di vendita L: 150.000

La pubblicazione viene spedita a tutti coloro che ne fanno richiesta versando, in via anticipata, il relativo importo sul C/C postale n. 387001 intestato a ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - ROMA
Oppure acquistandolo direttamente presso le Agenzie di Roma (P.za Verdi, 10 e Via Cavour, 102) o presso le Librerie concessionarie in tutte le città capoluogo di Provincia.

INDICE

		Pag.	
	PREMESSA		
1000	METODI FISICI, CHIMICI E CHIMICO FISICI	1	
1010	Strutture, attrezzature e reattivi	1	
1020	Lineamenti di tecniche analitiche	13	
1030	Metodi di campionamento	44	
1040	Elaborazione dei risultati	53	
2000	PARAMETRI FISICI, CHIMICI E CHIMICO FISICI	61	
2010	Acidità e basicità	61	
2020	Colore A(3)	65	
2030	Conducibilità B	66	
2040	Durezza B	68	
2050	Materiali in sospensione A(7); B; C(4)	71	
2060	Materiali sedimentabili A(6)	72	
2070	Odore A(4)	73	
2080	pH A(1); C(3)	75	
2090	Salinità	79	
2100	Sapore	86	
2110	Temperatura A(2); B; C(1)	87	
2120	Torbidità	91	
3000	METALLI E SPECIE METALLICHE	94	
3010	Alluminio A(11)	95	
3020	Arsenico A(12); C(14)	98	
3030	Bario A(13)	106	
3040	Berillio	108	
3050	Boro A(14)	109	
3060	Cadmio A(15); B; C(15)	112	
3070	Calcio B	116	
3080	Cromo A(16,17); B; C(16)	118	
3090	Ferro A(18); B	126	
3100	Litio	128	
3110	Magnesio	129	
3120	Manganese A(19)	131	
3130	Mercurio A(20); B; C(17)	133	
3140	Nichel A(21); C(18)	138	
3150	Piombo A(22); B; C(19)	140	
3160	Potassio B	145	
3170	Rame A(23); B; C(20)	146	
3180	Selenio A(24)	149	
3190	Sodio B	153	
3200	Stagno A(25)	154	
3210	Tallio	157	
3220	Tellurio	160	
3230	Zinco A(26); B; C(21)	161	
4000	COSTITUENTI INORGANICI NON METALLICI	163	
4010	Azoto ammoniacale A(35); B; C(11)	163	
4020	Azoto nitrico A(37); B;	173	
4030	Azoto nitroso A(36); B; C(7)	178	
4040	Biossido di carbonio	180	
4050	Cianuri A(27)	183	
4060	Cloro A(28); C(12)	186	
4070	Cloruri A(32); B	189	
4080	Fluoruri A(33)	196	
4090	Fosforo A(34); B; C(6)	200	
4100	Ossigeno disciolto B; C(2)	204	
4110	Silice	209	
4120	Solfati A(31); B	211	
4130	Solfiti A(30)	213	
4140	Solfuri A(29)	217	
5000	COSTITUENTI ORGANICI	219	
5010	Aldeidi alifatiche A(41)	219	
5020	Ammine alifatiche	221	
5030	Azoto organico D	223	
5040	Carbonio organico	225	
5050	Erbicidi azotati E	228	
5060	Fenoli A(40); C(8)	234	
5070	Pesticidi clorurati A(ex 46); E	237	
5080	Pesticidi fosforati A(47)	249	
5090	Policlorobifenili e policloroterfenili E	262	
5100	Richiesta biochimica di ossigeno (BOD) A(8); B; C(5)	279	
5110	Richiesta chimica di ossigeno (COD) A(9)	285	
5120	Solventi aromatici A(42)	289	
5130	Solventi clorurati A(44)	294	
5140	Sostanze oleose [Grassi e oli animali e vegetali A(38); Oli minerali A(39); B; C(9)]	298	
5150	Tensioattivi anionici A(45); C(13)	301	
5160	Tensioattivi non ionici A(45)	304	
6000	METODI MICROBIOLOGICI	308	
6010	Metodi di campionamento	309	
6020	Strutture ed attrezzature di laboratorio	310	
6030	Terreni di coltura	315	
6040	Lineamenti di tecniche analitiche	315	
7000	PARAMETRI MICROBIOLOGICI	318	
7010	Coliformi totali A(49); B	318	
7020	Coliformi fecali A(50); B	322	
7030	<i>Escherichia coli</i>	323	
7040	Streptococchi fecali A(51)	325	
7050	Conta batterica a 36°C e a 22°C	327	
7060	Spore di clostridi solfito-riduttori	328	
7070	Batteriofagi anti <i>Escherichia coli</i>	329	
8000	PARAMETRI TOSSICOLOGICI	331	
8010	Metodi di valutazione della tossicità con pesci A(48)	332	
8020	Metodi di valutazione della tossicità con <i>Daphnia</i>	336	

NOTA

A = Tabella A, Legge n.319 del 10-5-1976
 B = Decreto Consiglio Ministri del 4-2-1977 "Criteri, metodologie norme tecniche generali di cui all'art. 2, lettere b, d ed e della Legge n.319 del 10/5/1976
 C = Decreto legge n. 130 del 25-1-1992
 () = Il numero in parentesi è quello con cui è indicato il parametro nella legge

