

c.n.r. istituto di ricerca sulle acque  
**Metodi analitici  
per le acque**  
notiziario

ISSN: 0392-1425

Anno 13 - NN. 2-3

Aprile-Settembre 1993

- Metodo di campionamento del particellato per la misura dei flussi di sedimentazione in ambienti lacustri
- Indice generale del manuale sui «Metodi analitici per le acque»
- Indice generale del manuale sui «Metodi di analisi per acque di mare»
  
- *Procedure for sampling the particulate matter for measurements of sedimentation fluxes in lacustrine environment*
- «Metodi analitici per le acque» (Handbook for Water Analysis). General Index
- «Metodi di analisi per acque di mare» (Handbook for Seawater Analysis). General Index

Notiziario di informazioni scientifico-tecniche dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del C.N.R.

Direzione e Redazione: Istituto di Ricerca sulle Acque. Via Reno, 1 - 00198 Roma

Tel. 06/8841451 - Fax 06/8417861

Comitato di Redazione: Luigi Campanella, Silvio Capri, Alfredo Liberatori, Romano Pagnotta

Segreteria di Redazione: Anna Maria Strani Quell, Claudia Roffi - Grafico: Piero Fusco

La riproduzione è autorizzata a condizione che venga citata la fonte:

C.N.R. - ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE - ROMA

ISSN: 0382-1428

Aprile-Settembre 1983

Anno 13 - Nr. 2-3

*Con questo Notiziario trimestrale l'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR intende dare un contributo alla divulgazione ed al trasferimento dei risultati di studi relativi all'ammmodernamento ed aggiornamento dei metodi ufficiali di analisi degli inquinanti nelle acque, con riferimento allo sviluppo di nuove tecniche analitiche, alla determinazione di nuovi indici, alla definizione ed ai rimedi per nuove interferenze. In tal senso il Notiziario si rivolge ai laboratori di analisi e controllo pubblici e privati ed ai centri di ricerca specializzati nel settore dell'analisi delle acque ai quali intende fornire un utile strumento di lavoro. Le metodologie che vengono proposte per la determinazione di inquinanti non potranno, in ogni caso, essere considerati ufficiali finché non verranno recepite nel Manuale IRSA «Metodi Analitici per le acque».*

#### NORME REDAZIONALI

1. Il Notiziario accoglie lavori originali, contributi e comunicazioni a carattere sperimentale e applicativo, reviews e informazioni su attività relative alle metodologie applicate all'analisi delle acque. Inoltre pubblica rubriche speciali dedicate a particolari argomenti di carattere ambientale ivi incluse normative nazionali e comunitarie. I lavori vengono sottoposti per l'approvazione al Comitato di Redazione che provvederà a comunicare agli autori il proprio parere in merito.

2. *I testi* dei lavori debbono pervenire in originale, dattiloscritti con interlinea due e debbono essere corredata da: 1) il titolo del lavoro; 2) i nomi completi degli Autori e dei rispettivi enti di appartenenza; 3) un breve riassunto (non più di 10 righe) in italiano e in inglese.

3. *Il materiale illustrativo* deve essere di ottima qualità e consistere in originali disegnati con inchiostro di china su carta non millimetrata, oppure copie eliografiche o fotografiche, oppure fotografie in bianco e nero, possibilmente su carta opaca. Figure (Fig.) e tabelle (Tab.) debbono avere la relativa didascalia, essere numerate progressivamente con numeri arabi e richiamate nel testo. È preferibile non appesantire le figure con scritte esplicative, che trovano migliore collocazione nella didascalia a piè pagina con numerazione di richiamo nella figura.

4. *La Bibliografia* sarà riportata alla fine del testo e dovrà essere ordinata alfabeticamente indicando, nel seguente ordine, il cognome e le iniziali del nome di tutti gli Autori, l'anno di pubblicazione, possibilmente il titolo dell'articolo, il titolo del periodico, il numero del volume, la prima e l'ultima pagina del lavoro.

La Bibliografia dovrà essere citata nel testo indicando il cognome degli Autori e l'anno di pubblicazione di ciascun lavoro.

Per l'abbreviazione dei titoli dei periodici si prega di attenersi alle norme internazionali oppure si consiglia di citarli per esteso.

## METODO DI CAMPIONAMENTO DEL PARTICELLATO PER LA MISURA DEI FLUSSI DI SEDI-MENTAZIONE IN AMBIENTI LACUSTRI

G. Tartari, L. Previtoli, G. Biasci

C.N.R. - Istituto di Ricerca Sulle Acque,

Reparto Sperimentale di Idrobiologia Applicata, Brugherio (MI)

### Riassunto

In questa nota viene presentata la procedura di campionamento del materiale particellato in via di sedimentazione in un ambiente lacustre, basata sull'uso di trappole, sperimentata dall'IRSA di Brugherio nel corso di oltre cinque anni di attività.

Il metodo, oltre alle indicazioni per il posizionamento, il recupero, la manutenzione ed il prelievo del particellato, è corredato delle modalità costruttive dei singoli sistemi di raccolta e della descrizione di un intero apparato adatto al posizionamento in campo, con i criteri di scelta del punto di installazione.

Vengono infine indicati i limiti e l'affidabilità della metodologia.

### Summary

*In this note we present the procedure for sampling the particulate matter sedimenting in a lacustrine environment using traps, tested by IRSA in Brugherio during more than five years of activity.*

*The method, besides the specifications on how to set up, to recover, to maintain the traps and to collect the particulate matter, is accompanied by the construction details of each collecting part.*

*The complete description of an entire apparatus for field positioning, including the standards for the choice of installation point, has already been reported.*

*At last we point out the limits and the reliability of the method.*

## 1. INTRODUZIONE

I cicli degli elementi sono governati essenzialmente dal loro comportamento chimico fisico e dalle attività umane. Molti di questi elementi, durante la loro permanenza negli ambienti acquatici, vengono incorporati nella componente particellata e ne seguono almeno in parte il destino.

Nei laghi il seston, particellato costituito da una frazione biologica (bioseston, plancton e necton), e da una abiologica (tripton), dopo trasformazioni fisiche e chimiche, mediate anche dalle attività microbiche, dà origine ai sedimenti. Le trappole sono dispositivi che raccolgono, per semplice cattura, il seston in via di sedimentazione all'interno di una colonna d'acqua relativamente poco perturbata da fattori idrodinamici, utilizzando recipienti di forma adatta, collocati a differenti profondità, stabilite in base agli obiettivi delle indagini.

La raccolta di materiale particellato mediante le "trappole di sedimentazione" è stata utilizzata fin

dal secolo scorso (Heim, 1900) ed ha portato negli anni allo sviluppo di un buon numero di modelli di forma diversa (Fig. 1), tra cui: cilindri, cilindri con imbuto, imbuti, giare, bottiglie, parallelepipedi, ecc. (Pennington, 1974; Bloesch & Burns, 1980; Gardner, 1980; Blomqvist & Hakanson, 1981). Dai confronti effettuati da numerosi Autori sull'adeguatezza e l'efficacia di questi dispositivi emerge che ogni forma influenza in modo differente l'efficienza di recupero della trappola e di conseguenza, la rappresentatività delle misure ottenute (Baudo et al., 1994). Trappole con un diametro superiore all'altezza o trappole ad imbuto presentano l'inconveniente di sottostimare la sedimentazione reale, mentre quelle a bottiglia tendono a sovrastimarla. Altri Autori (Blomqvist & Hakanson, 1981) hanno invece proposto modelli di trappole a struttura asimmetrica che, presentando una riduzione dell'area utile di deposizione, hanno l'effetto di diminuire il flusso misurato.

Secondo Bloesch & Burns (1980) la trappola ideale è costituita da un semplice cilindro avente un rapporto altezza/diametro ( $H/D$ ) =  $o > 5$  se utilizzata in laghi,  $o > 10$  se impiegata in corpi idrici a pronunciata turbolenza. In base all'utilizzo le trappole di sedimentazione possono essere classificate in due categorie fondamentali, a seconda che vengano poste in profondità, vicino al fondo o addirittura appoggiate sui sedimenti, oppure che siano disposte lungo la colonna d'acqua a differenti profondità, ancorate ad una boa o liberamente fluttuanti. Le trappole poste in profondità sono indicate per l'utilizzo in zone di accumulo (Blomqvist & Hakanson, 1981) e per studi sugli scambi di sostanze tra sedimenti ed acqua sovrastante, ma catturano anche materiale risospeso proveniente dal fondo, fornendo di conseguenza un valore sovrastimato della sedimentazione netta (Young & Rhoads, 1971; Hakanson, 1976; Blomqvist & Kofoed, 1981; Reynolds & Godfrey, 1983).

Le trappole disposte lungo la colonna d'acqua consentono invece misure più accurate dei flussi verticali ed un migliore controllo del fenomeno della risospensione (Bloesch & Burns, 1980), che può essere evidenziato confrontando i flussi in relazione alla distanza dal fondo.

## Obiettivi

La scarsa diffusione delle misure dei flussi di sedimentazione negli ambienti lacustri può essere ricondotta alle complesse fasi operative ed alle incertezze sulla metodologia utilizzabile. Il metodo qui presentato, basato sull'uso di trappole di sedimentazione, è tratto dall'esperienza maturata presso il Reparto Sperimentale di Idrobiologia Applicata dell'Istituto di Ricerca sulle Acque (C.N.R.) di Brugherio, nel corso di oltre un quinquennio di misure in ambienti lacustri diversi (Camusso et al. 1989, 1991; Tartari et al. 1993a, b), ed ha lo scopo di fornire una proposta metodologica che possa favorire la diffusione di queste misure.

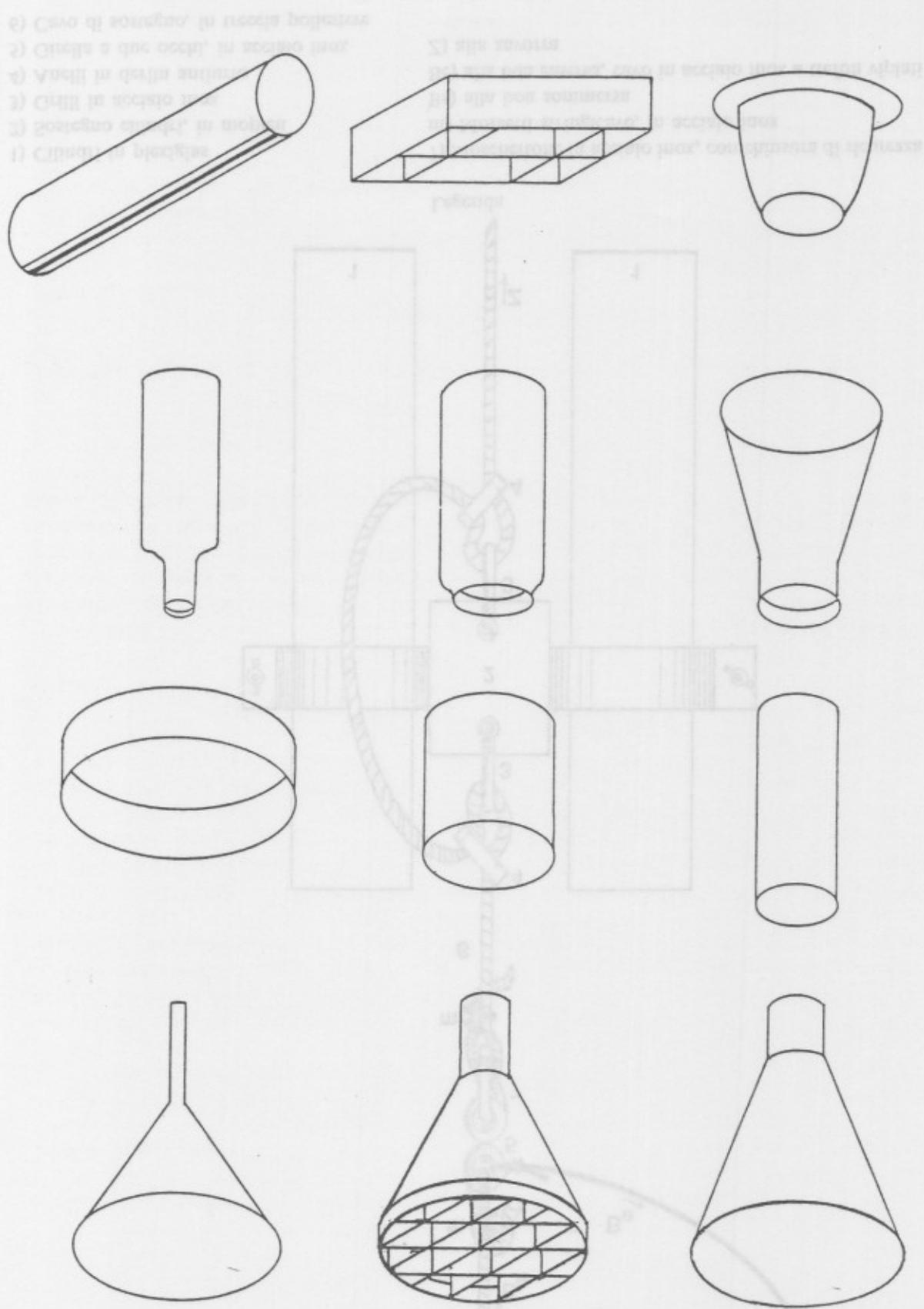
## 2. MODALITÀ COSTRUTTIVE DELLE TRAPPOLE DI SEDIMENTAZIONE

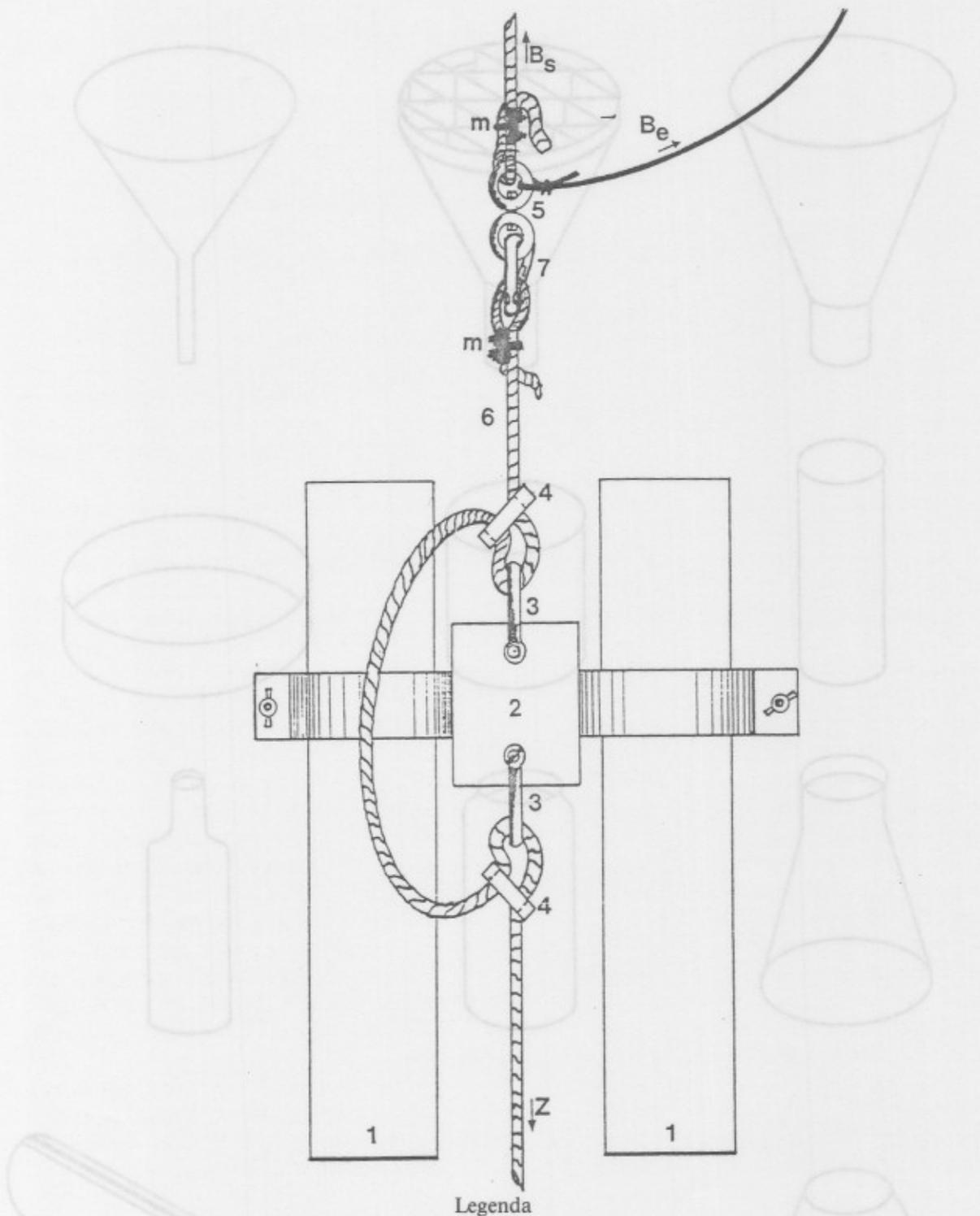
### Forma della trappola

Sulla base delle indicazioni emerse dall'esame della letteratura, la forma scelta per le trappole di sedimentazione sperimentate dal C.N.R.-I.R.S.A. di Brugherio è quella più semplice. Come illustrato in Fig. 2 la trappola ha forma cilindrica, con una bocca di cattura del diametro ( $D$ ) di 10 cm ed una altezza ( $H$ ) di 50 cm, in modo da rispettare il rapporto  $H/D = o > 5$ . Il cilindro è realizzato con tubo di plexiglas (metilmetacrilato) trasparente, chiuso sul fondo da un disco dello stesso materiale perfettamente incollato, in modo da evitare qualsiasi fessura nella giunzione delle due parti. Lo spessore delle pareti è di 0,5 cm e la capacità è di 4 l.

I cilindri di raccolta sono lucidati a specchio per ridurre la rugosità delle pareti, in modo da limitare

Fig. 1 - Esempi di trappole di sedimentazione di varia forma geometrica





## Legenda

- 1) Cilindri in plexiglas
- 2) Sostegno cilindri, in moplen
- 3) Grilli in acciaio inox
- 4) Anelli in derlin antiurto
- 5) Girella a due occhi, in acciaio inox
- 6) Cavo di sostegno, in treccia poliestere

- 7) Moschettone in acciaio inox, con chiusura di sicurezza
- m) Morsetti stringicavo, in acciaio inox
- Bs) alla boa sommersa
- Be) alla boa emersa, cavo in acciaio inox a trefoli viplati
- Z) alla zavorra

Fig. 2 - Modello di trappole di sedimentazione utilizzate dall'I.R.S.A.

l'attecchimento di periphiton, particolarmente attivo in ambienti ad elevata trofia. Per mantenere il più a lungo possibile queste caratteristiche si raccomanda, durante le operazioni di pulizia, l'uso di uno scovolo a setole morbide, per non rovinare le superfici. Il plexiglas presenta inoltre una scarsa capacità di adsorbimento-rilascio di specie chimiche e può essere considerato, entro certi limiti, inerte.

Al fine di bilanciare l'intero sistema, ed ottenere campioni in duplicato, una trappola completa è costituita da una coppia di cilindri, alloggiati in sostegni (Fig. 3) realizzati in moplen (polipropilene isotattico, densità  $0,90 \text{ g cm}^{-3}$ ), ottenuti da tubi e lastre di produzione corrente, lavorati a misura e saldati con cordone di materiale d'apporto dello stesso tipo. Le ganasce che serrano ciascun cilindro mantengono un certo grado di elasticità, che consente il bloccaggio degli stessi mediante il serraggio manuale di una vite munita di dado con alette. Durante le operazioni di recupero del campione la stessa elasticità permette, dopo aver allentato il dado, di sfilare i cilindri esercitando una leggera trazione manuale verso il basso mentre, con il semplice ausilio di un cacciavite per allargare leggermente le ganasce, si ottiene un agevole reinserimento dei cilindri nei sostegni, pronti per un nuovo periodo di raccolta. Per realizzare una perfetta chiusura è sufficiente una riduzione della circonferenza complessiva delle ganasce di pochi millimetri. Questa configurazione è in grado di sopportare, quando correttamente chiusa, sia il peso dei cilindri pieni d'acqua ( $5 \text{ kg}$  cadauno) che la resistenza risultante dall'azione meccanica di recupero con argano, fino ad una velocità di circa  $1 \text{ m s}^{-1}$ . La scelta di realizzare i sostegni con materiale di densità  $< 1$  permette inoltre di evitare, in caso di manovre mal eseguite, la loro perdita per affondamento.

Nella fase di assemblaggio delle trappole molto importante risulta la distanza della bocca dei cilindri dai sostegni (Fig. 2). Se questi ultimi sono posizionati troppo vicino alla bocca, la loro semplice presenza disturba le traiettorie di caduta e traslazione delle particelle che sedimentano, mentre se vengono posizionati centralmente o al di sotto del baricentro dei cilindri esiste la possibilità che questi, sotto l'azione di vento, correnti o durante le operazioni di recupero si possano inclinare eccessivamente o addirittura rovesciare, con conseguente risospensione o perdita del materiale raccolto. Pertanto è buona norma fissare ciascun cilindro in maniera che per circa  $1/3$  della sua altezza risulti al di sopra del punto di serraggio e per  $2/3$  al di sotto. I sostegni hanno inoltre centralmente una piastra di raccordo (Fig. 3), posta verticalmente tra i due bracci, che svolge la funzione di timone direzionale durante le operazioni di recupero e di calata delle trappole, aiutando a mantenerle nella giusta posizione.

I sostegni sono sospesi al cavo di trazione mediante grilli di acciaio inox, e vengono mantenuti in posizione alla profondità desiderata dall'attrito provocato da due anelli con diametro interno di  $28 \text{ mm}$  e spessore di  $12 \text{ mm}$ , realizzati in derlin antiurto (resina acetilica) e posti fra il cavo, sul quale sono realizzati dei semplici occhielli, ed i grilli (Fig. 2). Questo accorgimento interrompe, nei punti di fissaggio dei sostegni, la continuità della trasmissione della forza di trazione che tende ad irrigidire tutto il sistema, garantendo al giunto così realizzato un certo grado di libertà, che consente alle trappole di recuperare la loro verticalità anche in situazioni ambientali e idrologiche non ottimali (vento, correnti). Il tipo di fissaggio utilizzato permette inoltre di evitare il taglio del cavo in tanti spezzoni quanti sono i tratti intercorrenti tra una coppia di trappole e la successiva; questo favorisce eventuali modifiche della configurazione o il suo riutilizzo in ambienti diversi, con risparmio economico, oltre che di tempo, e guadagno in sicurezza, dato che il cavo è privo di giunte.

Per realizzare la linea di sostegno dei treni di trappole (Fig. 4) si consiglia infine l'impiego di un cavo in treccia poliestere con anima interna e intermedia a fibre continue e calza esterna, con diametro di  $10 \text{ mm}$ , che rende agevole la manipolazione anche in condizioni di temperatura rigida; inoltre, essendo sufficientemente flessibile e poco ingombrante, facilita l'avvolgimento automatico con argano.

### Sistema complessivo

L'elenco dei materiali necessari alla realizzazione di un sistema completo di campionamento è riportato in Tab. 1, mentre nel seguito vengono indicati l'utilizzo funzionale dei vari componenti, le modalità di assemblaggio ed i motivi della scelta dei vari materiali.

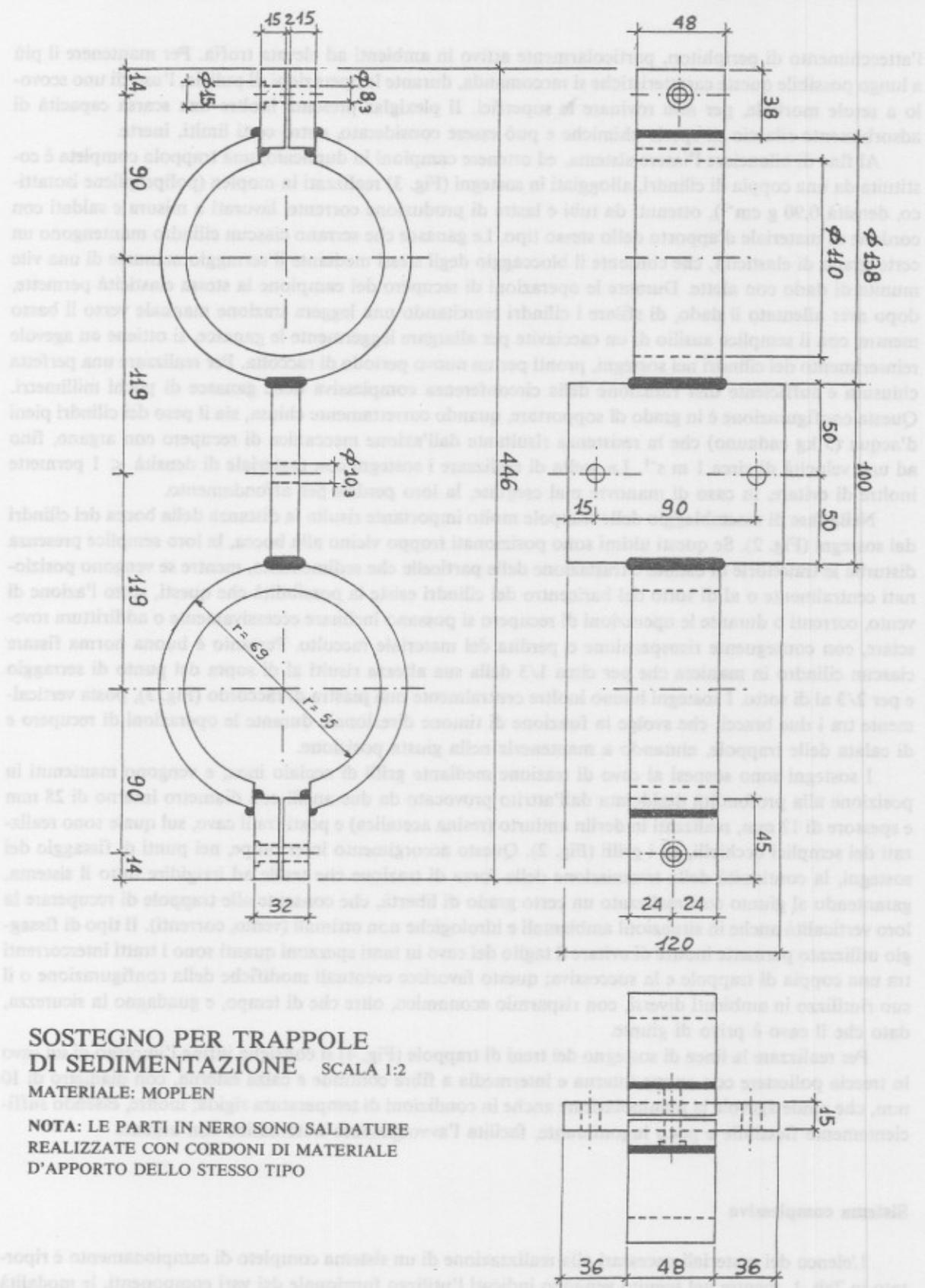
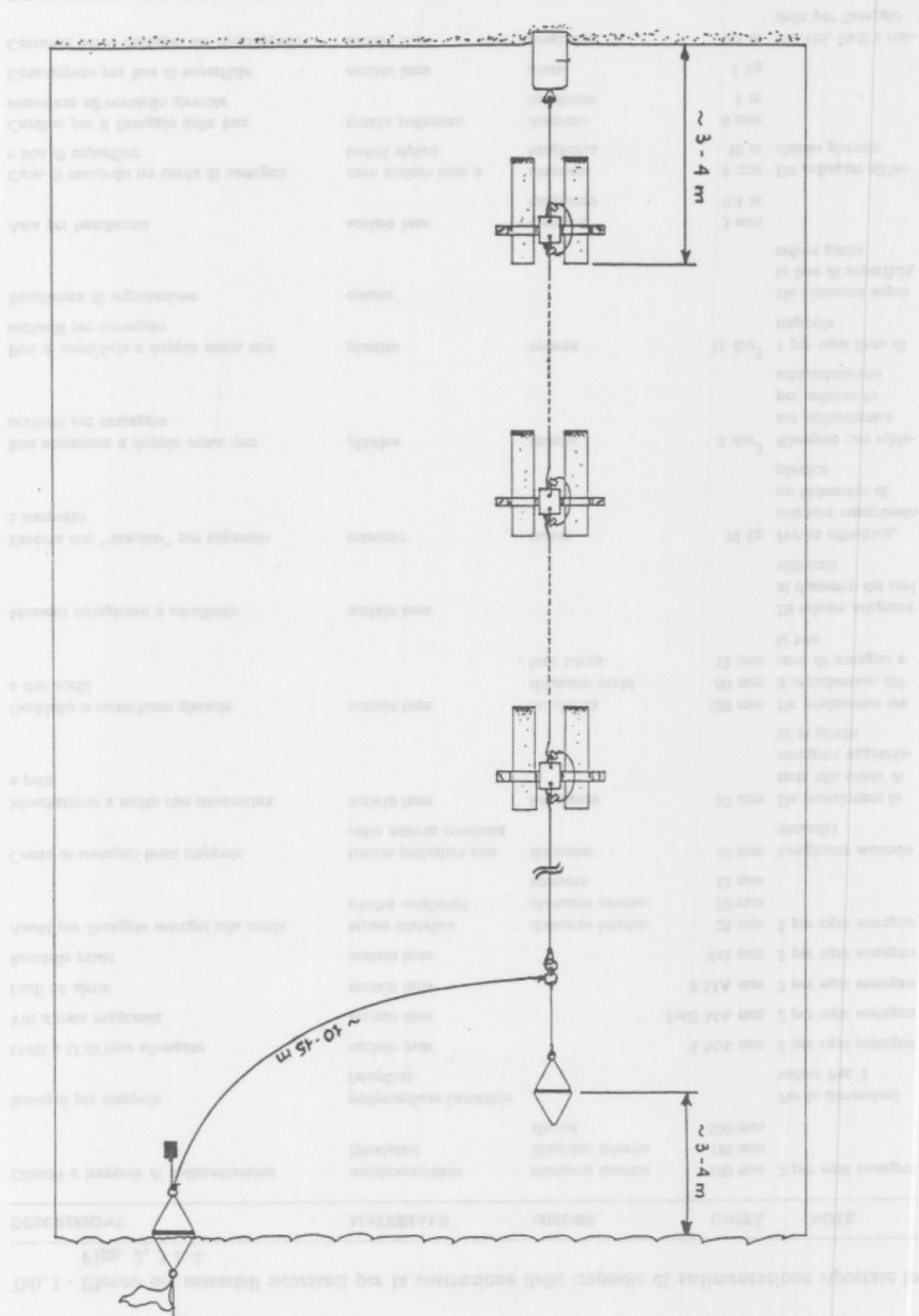


Fig. 3 - Sostegno della coppia di cilindri che costituiscono la trappola di sedimentazione

Fig. 4 - Esempio di posizionamento di un treno di trappole di sedimentazione in un ambiente lacustre



Tab. 1 - Elenco dei materiali necessari per la costruzione delle trappole di sedimentazione riportate in Figg. 2, 3 e 4

DESCRIZIONE	MATERIALE	MISURE	UNITÀ	NOTE
Cilindri o trappole di sedimentazione	metilmetacrilato (plexiglas)	diametro interno diametro esterno altezza	100 mm 110 mm 500 mm	2 per ogni sostegno
Sostegni per trappole	polipropilene isotattico (moplen)			Per le dimensioni vedere Fig. 2
Grilli a U di tipo allungato	acciaio inox		8 MA mm	2 per ogni sostegno
Viti a testa esagonale	acciaio inox		8x60 MA mm	2 per ogni sostegno
Dadi ad alette	acciaio inox		8 MA mm	2 per ogni sostegno
Rondelle piane	acciaio inox		8x2 mm	2 per ogni sostegno
Anelli per fissaggio sostegni alla corda	resina acetilica (derlin antifurto)	diametro interno diametro esterno spessore	28 mm 50 mm 12 mm	2 per ogni sostegno
Corda di sostegno linea trappole	treccia poliestere con calza esterna continua	diametro	10 mm	Lunghezza secondo necessità
Moschettone a molla con strozzatura a pera	acciaio inox	lunghezza	80 mm	Da posizionare in testa alla corda di sostegno, agganciato al girello
Occhiello o tornichetto girevole a due occhi	acciaio inox	lunghezza diametro occhi luce bocca	120 mm 60 mm 12 mm	Da posizionare tra il moschettone del cavo di sostegno e le boe
Morsetti stringicavo a cavallotto	acciaio inox			Di misura adeguata al diametro dei cavi utilizzati
Zavorra con "manico" per aggancio e trasporto	cemento	massa	30 kg	Forma cilindrica, ottenuta riempiendo un bidoncino di plastica
Boa sommersa a doppio cono, con occhielli per ormeggio	plastica	volume	6 dm <sup>3</sup>	Riempire con schiuma poliuretana per evitarne lo schiacciamento
Boa di superficie a doppio cono, con occhielli per ormeggio	plastica	volume	11 dm <sup>3</sup>	1 per ogni linea di trappole
Bandierina di segnalazione	cotone			Da sistemare sopra la boa di superficie, colore giallo
Asta per bandierina	acciaio inox	diametro lunghezza	3 mm 0,4 m	
Cavo di raccordo tra corda di sostegno e boa di superficie	cavo acciaio inox a trefoli viplati	diametro lunghezza	8 mm 10 m	Da collegare all'occhiello girevole
Cordino per il fissaggio della boa sommersa all'occhiello girevole	treccia poliestere	diametro lunghezza	6 mm 1 m	
Contrappeso per boa di superficie	acciaio inox	massa	1 kg	
Catenella per il fissaggio del contrappeso	acciaio inox	lunghezza	0,5 m	Più viti, dadi e rondelle per fissaggio

Il sistema complessivo di campionamento, nella sua configurazione operativa (Fig. 4), è costituito da un certo numero di coppie di trappole agganciate ad un cavo di sostegno, collegato ad una boa posta a 3-4 metri di profondità. La sua collocazione sommersa consente di sfruttare la spinta idrostatica per mantenere costantemente in trazione tutto il sistema, evitando intralci alla navigazione e riducendo il rischio che i movimenti indotti da vento e correnti si trasmettano al cavo, facendo assumere alle trappole una posizione inclinata, che porta ad una riduzione dell'area di raccolta. Se la boa è realizzata con materiale plastico di ridotto spessore, è consigliabile un suo riempimento con schiuma poliuretana autoespandente, per evitarne lo schiacciamento dovuto alla pressione idrostatica, con conseguente perdita della capacità di trazione.

Tutto il sistema di raccolta va ancorato stabilmente al fondale mediante una zavorra di 25-30 kg in grado di affondare nei sedimenti, realizzata riempiendo di cemento dei contenitori in plastica di forma cilindrica, e corredata di un manico in acciaio inox per il trasporto della stessa ed il fissaggio del cavo di trazione. La sua massa è sufficiente per mantenere in posizione treni di trappole collocate fino a profondità di 150 m ma, d'altro canto, consente di venire disimpegnata dai sedimenti senza eccessivo sforzo, anche in caso di manovra manuale.

In superficie la posizione del sistema di raccolta è individuata da una seconda boa collegata al sistema sommerso, stabilizzata con un contrappeso di acciaio inox del peso di circa 1 kg e dotata di bandierina di segnalazione (Fig. 4). Per il fissaggio del contrappeso è preferibile utilizzare una catenella in acciaio inossidabile anziché una semplice treccia in poliestere, che può andare incontro a rapida usura sotto l'azione del moto ondoso. Per il collegamento tra la boa di trazione sommersa, quella di segnalazione e la linea di trappole va impiegata una girella a due occhi (Fig. 2), che ruotando permette alle boe di assecondare liberamente i movimenti della massa liquida, riducendo la possibilità che questa trasmetta la propria energia attraverso il cavo di sostegno fino ai cilindri, determinando così rimescolamenti del materiale sedimentato. Per il raccordo tra la girella e la boa di superficie va impiegato un cavo a trefoli d'acciaio inox, meglio se plastificato: questo riduce la possibilità di un suo taglio accidentale da parte di natanti a motore, scoraggiando nel contempo eventuali atti vandalici. La sua lunghezza, 10-15 m, consente di lavorare anche in ambienti con notevoli aumenti di livello, che potrebbero altrimenti sommergere la boa e rendere difficile la sua individuazione e le successive fasi di recupero.

L'impiego di acciaio inossidabile per tutti i particolari metallici (Tab. 1) è indispensabile per minimizzare i problemi derivanti da fenomeni di corrosione, con rilascio di specie metalliche nelle immediate vicinanze delle trappole. L'utilizzo di morsetti stringicavo a cavallotto, al posto di nodi per il fissaggio della corda ai vari componenti del sistema, semplifica eventuali modifiche della configurazione iniziale, garantendo comunque la necessaria sicurezza di tenuta di tutti i raccordi. Un moschettone a molla, possibilmente con chiusura di sicurezza, posizionato in testa alla linea di trappole, consente infine un rapido aggancio della corda al sistema di boe durante la calata ed un altrettanto veloce sgancio dalle stesse durante le operazioni di recupero.

### 3. POSIZIONAMENTO DELLE TRAPPOLE

#### Periodo di esposizione

Il periodo di esposizione deve tenere conto di due necessità contingenti e contrapposte: l'esigenza di raccogliere una quantità di particellato sufficiente per le determinazioni analitiche e la necessità di impedire sia fenomeni di grazing e di mineralizzazione, entrambi favoriti da tempi lunghi di esposizione, sia di crescita di componenti microbiche o algali sulle pareti. Si tenga però conto del fatto che le basse temperature dell'ipolimnio più profondo rallentano notevolmente il processo di mineralizzazione, mentre la degradazione è più elevata nelle trappole poste nella zona epilimnica.

In generale il periodo di esposizione ottimale consigliato è compreso tra le 2 e le 3 settimane, mentre sono sconsigliate esposizioni superiori al mese. La scelta del periodo di esposizione deve quindi essere effettuata tenendo conto di queste indicazioni, in modo da risultare un giusto compromesso tra le proprie esigenze di rappresentatività e di operatività.

### **Criteri di installazione**

Le stazioni di campionamento devono essere preventivamente stabilite, in relazione agli obiettivi dell'indagine, e vanno individuate con l'ausilio di cartografia a scala adeguata (di solito da 1:10000 a 1:50000), tenendo conto della morfometria della cuvetta lacustre. Possibilmente si deve evitare di collocare il treno di trappole su un fondale troppo inclinato, poiché la zavorra tenderebbe a scivolare verso il punto di maggiore profondità, sommergendo in tal caso anche la boa di superficie. Il punto più rappresentativo di un ambiente lacustre tende generalmente ad essere quello più profondo, ma possono anche essere richieste installazioni in zone particolari di risospensione o di focalizzazione della sedimentazione, oppure nel punto di immissione di corsi d'acqua, per cui non necessariamente il punto più profondo corrisponde a quello che consente di ottenere le informazioni desiderate. In mancanza di una adeguata cartografia batimetrica della cuvetta lacustre si rendono necessarie alcune uscite preventive in campo, durante le quali effettuare, con l'ausilio dei mezzi più idonei (scandagli manuali o elettronici, bussola, triangolazioni topografiche, sistemi di rilevamento satellitari della posizione, derive per il controllo delle correnti ecc.), tutte quelle misurazioni necessarie alla individuazione dei punti di campionamento e delle profondità alle quali dislocare le trappole. Tutti questi dati, raccolti su apposite tabelle in un "quaderno di campagna", devono essere a disposizione degli operatori sul natante ad ogni campionamento. Durante queste uscite si deve anche provvedere a provare direttamente le lunghezze dei cavi e a segnare sugli stessi con nastro adesivo, vernice o marker indelebile di colore contrastante, le varie profondità alle quali dovranno essere collocate le trappole.

Un altro aspetto fondamentale che può influenzare la scelta dei punti di installazione si presenta operando su laghi di dimensioni medio grandi, ove esistano regolari servizi di navigazione interna, o anche solamente traffico da diporto, ed è quello relativo ai possibili intralci alla navigazione. In tali casi è indispensabile contattare le capitanerie di porto competenti le quali, sulla base di normative che differiscono da regione a regione (per cui quanto qui indicato deve essere considerato come un semplice suggerimento) provvederanno a comunicare le modalità di formulazione per la richiesta dei necessari nulla-osta. Le stesse capitanerie forniranno nel contempo le specifiche tecniche riguardanti i gavitelli di segnalazione (sistemi di avvistamento diurni e notturni).

In linea generale il sistema proposto non richiede necessariamente l'impiego di natanti appositamente attrezzati per il posizionamento ed il recupero delle trappole, ma il loro utilizzo è comunque consigliato nel caso di operazioni effettuate in ambienti con profondità superiori ai 100 metri. Se si lavora in ambienti dove correnti o venti dominanti producono una sensibile deriva dell'imbarcazione durante le fasi di calata e recupero, si consiglia di tenere a bordo una zavorra corredata di sufficiente cavo che permetta, dopo essersi ancorati, di operare senza spostarsi dai punti prescelti. Questo è importante per non introdurre ulteriori fattori di variabilità nella ripetibilità delle misure.

Le operazioni da effettuare nel corso della prima installazione prevedono la calata della zavorra appesa al cavo di sostegno. A questo vengono via via fissate, con le modalità sopra descritte, le coppie di trappole montate sui sostegni (Fig. 4), ad iniziare da quelle più profonde che vanno poste ad una distanza di circa 3-4 m da fondo, per minimizzare gli effetti della risospensione e l'influenza del "nepheloid layer", sempre presenti sul fondo degli ambienti lacustri. Per favorire la regolarità delle operazioni di raccolta dei campioni si consiglia di indicare su entrambi i cilindri e sul relativo sostegno le profondità di posizionamento, mantenendole poi costanti per tutta la durata delle indagini. Questo accorgimento riduce la possibilità di confondere i campioni; inoltre, poiché con il passare del tempo i recipienti tendono ad essere "condizionati" dalle caratteristiche chimico-fisiche di un determinato strato della colonna d'acqua, si

evita il rilascio di specie chimiche indesiderate, che può avvenire cambiando la loro profondità di posizionamento.

Allorché la zavorra è giunta a pochi metri dal fondo, si aggancia il moschettone terminale alla girella che collega il sistema di boe e si butta quella sommersa fuori bordo, controllando che i cavi non si attorciglino. Trattenendo tutto il sistema con il cavo d'acciaio viplato, si prosegue manualmente e molto lentamente la calata, fino a quando il rilassamento del cavo avverte che la zavorra ha toccato il fondo, quindi si pone in acqua anche la boa di segnalazione. Infine, si verifica che la boa sommersa sia alla profondità desiderata e che il cavo che trattiene la boa di segnalazione abbia gioco sufficiente a compensare eventuali variazioni di livello (Fig. 4).

Poiché il cavo di poliestere impiegato per la realizzazione della linea di sostegno, specialmente quando è nuovo tende, se sottoposto a trazione, ad allungarsi del 2-3%, è consigliabile recuperare il giorno stesso o qualche giorno dopo la prima installazione l'intero sistema, per controllare che le distanze tra le trappole siano rimaste quelle previste, provvedendo agli aggiustamenti.

### **Prelievo e riposizionamento**

Le modalità di prelievo indicate nel seguito prevedono che il recupero delle trappole sia effettuato utilizzando, per l'avvolgimento del cavo, un argano a motore equipaggiato di braccio con carrucola, installato su di una imbarcazione appositamente attrezzata per il campionamento di ambienti lacustri. Dopo essersi saldamente ancorati per prima cosa si smuove manualmente e con delicatezza la zavorra dal fondo, per evitare da un lato uno scuotimento troppo brusco delle trappole e dall'altro la risospensione di grandi quantità di materiale dai sedimenti molli superficiali. Dopo aver riportato in superficie e tirato a bordo la boa sommersa si sgancia il moschettone terminale dalla girella (Fig. 4) e lo si aggancia al tamburo avvolgicavo dell'argano. Si raccomanda di effettuare questa operazione con grande attenzione, poiché errori di manovra in questa fase comportano la perdita per affondamento dell'intero sistema di raccolta. Appena giunta in superficie la prima coppia di trappole, da ciascun cilindro (Fig. 2) si rimuove il surnatante, espellendo fuori bordo l'acqua da eliminare, controllando che non ci sia perfiton sulle pareti interne che possa staccarsi e depositarsi sul fondo dei cilindri. Si utilizza a tale scopo un tubo di PVC trasparente con diametro interno di circa 1 cm e lunghezza adeguata, fissato in modo rigido ad una barretta di plexiglas lunga 60 cm (Fig. 5). Sagomando opportunamente ad U la parte terminale del sifone è possibile eliminare fino a 4/5 del volume d'acqua senza provocare disturbo allo strato di materiale particellato sedimentato, che forma normalmente uno spessore regolare e compatto sul fondo dei recipienti di raccolta. Prima di effettuare il trasferimento del campione verificare che non vi sia inclusione di corpi estranei grossolani (foglie, sassolini, rametti, larve di insetti, ecc.), annotarne l'eventuale presenza sulla tabella di campagna e provvedere al loro allontanamento mediante una pinzetta o una bacchetta di plastica, oppure direttamente con le mani, protette da guanti monouso.

Eliminato il surnatante eccedente sfilare i cilindri dal sostegno, omogenizzare il campione con agitazione rotatoria manuale e travasare la sospensione, aiutandosi con una tramoggia del diametro di 20 cm, in bidoni di polietilene a bocca larga con capacità di 5 l, sufficiente a contenere i volumi di campione della coppia di cilindri nella maggiore parte delle condizioni operative.

Dopo il recupero del campione allentare i grilli e sganciare gli anelli che serrano i sostegni al cavo (Fig. 2). Libero da impedimenti quest'ultimo può così essere facilmente riavvolto sul tamburo dell'argano, consentendo di procedere al recupero delle trappole successive. Solitamente non si rende necessario togliere il sostegno delle trappole più profonde, non dovendosi recuperare altro cavo.

Il riposizionamento, previa accurata risciacquatura dei cilindri con l'acqua del lago, avviene con procedura inversa, a partire dalle trappole più profonde. Si ricorda, allorché la zavorra giunge in prossimità del fondo, l'importanza di concludere l'operazione di calata con una delicata manovra manuale, onde evitare risospensioni dei sedimenti.

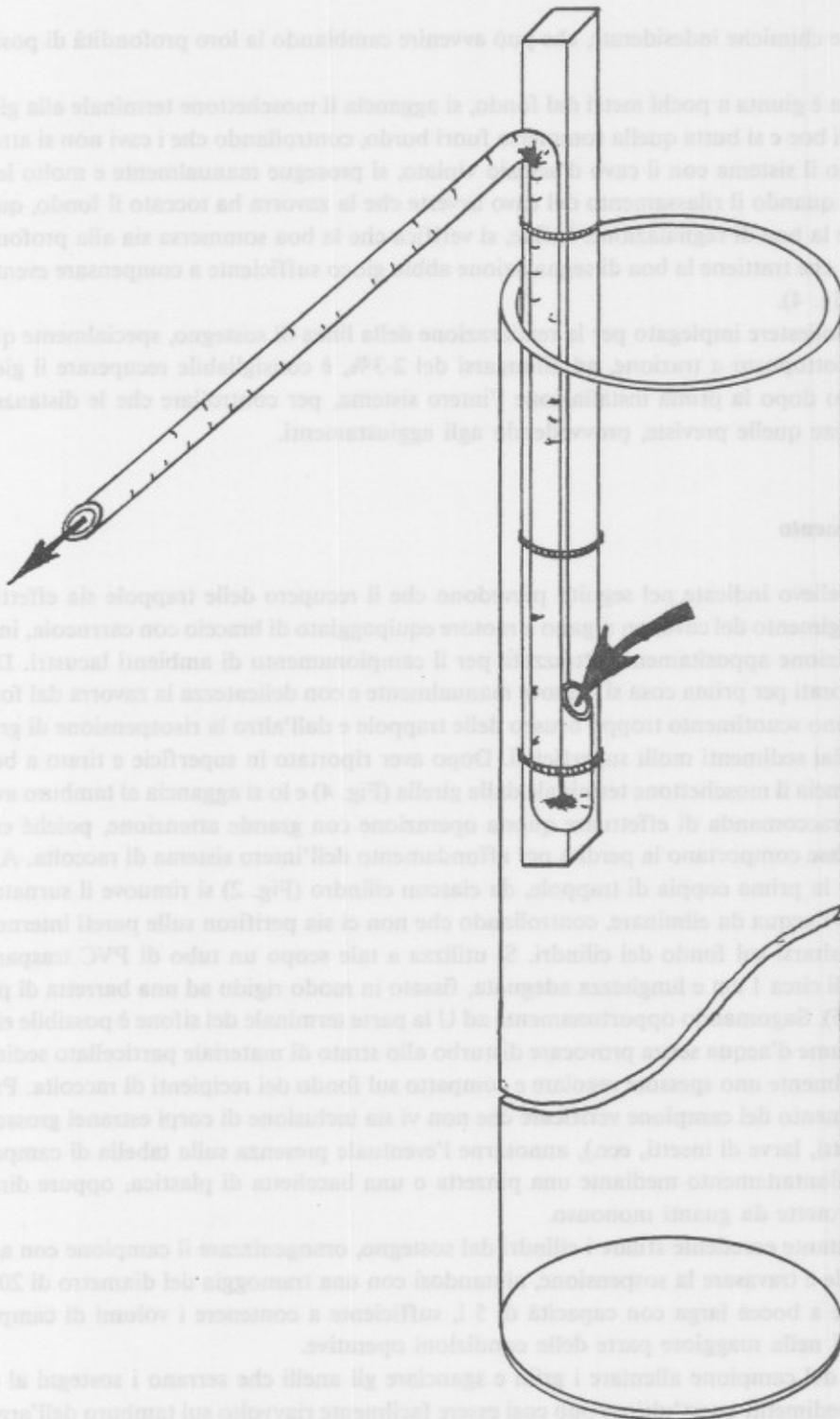


Fig. 5 - Sifone per l'eliminazione dell'acqua surnatante dall'interno di un cilindro di una trappola di sedimentazione

### Manutenzione delle trappole e del sistema

Al momento del primo posizionamento le trappole devono essere lavate con detergenti privi di fosfati e accuratamente risciacquate. Al termine di ogni periodo di esposizione, quando si noti visivamente la presenza di crescita algale sulle pareti dei cilindri, e/o un deposito interno non eliminabile al risciacquo, è opportuno effettuare una accurata pulizia manuale, da realizzarsi mediante spazzolatura con scovolo di setole morbide, seguita da alcuni risciacqui con acqua del lago, mentre è assolutamente da evitare l'impiego di solventi.

In ambienti molto produttivi è facile che sui cavi di sostegno possano attecchire colonie di perifiton, che potrebbero entrare nei cilindri durante le operazioni di recupero. È quindi consigliabile provvedere ad eliminare regolarmente dai cavi le masse di maggiori dimensioni e controllare, al momento del sifonamento dell'acqua surnatante, che residui di filamenti algali non restino nell'acqua del cilindro, contribuendo ad incrementare impropriamente la rata di sedimentazione.

Anche se la resistenza agli agenti fisico chimici di tutto il materiale utilizzato per la realizzazione dei sistemi di trappole descritti nel presente lavoro, verificata da una esposizione continua di oltre 5 anni è risultata più che buona, in occasione di ogni campionamento è importante controllare accuratamente l'integrità di ogni componente, provvedendo per tempo alla sostituzione di quelle parti che presentano segni di usura, oltre a quelle eventualmente perdute durante le manovre di recupero e di installazione. È pertanto consigliabile avere a disposizione, oltre ad una cassetta degli attrezzi ben fornita, qualche pezzo di ricambio (almeno una coppia di trappole completa di sostegno, una zavorra, una boa con bandierina di segnalazione, una girella, un moschettone, alcuni spezzoni di cavo e una scorta di viti, dadi, grilli, cavallotti e anelli in derlin). Queste norme prudenziali permettono di fronteggiare buona parte degli inconvenienti che si incontrano nelle operazioni in campagna.

### Trasporto e conservazioni dei campioni

I campioni raccolti nei bidoni vanno conservati in cassette frigorifere, al buio ed ad una temperatura di circa 4°C. Gli eventuali pretrattamenti e le analisi devono avvenire entro 48 h dal prelievo. Durante la conservazione il seston tende a coagulare in masse grossolane, mentre le particelle più fini e leggere vengono adsorbite alle pareti del contenitore, formando un alone circolare ben aderente all'altezza della superficie del campione che non può essere asportato se non con un'azione meccanica di spazzolatura. Ciò contribuisce, unitamente ai residui non recuperati dai cilindri delle trappole, a determinare una perdita di particolato che va ad accrescere la sottostima della rata di sedimentazione. Una conservazione troppo prolungata dei campioni comporta inoltre la sottrazione di una ulteriore frazione di seston per "pascolo" operato dagli zooplanctonti eventualmente presenti, ma anche l'innescarsi di condizioni che possono portare al deadsorbimento di specie chimiche da parte del particolato e/o adsorbimento da parte del contenitore, oltre a trasformazioni provocate dal mutare delle condizioni fisico-chimiche rispetto a quelle originarie.

## 4. CONTROLLI DI QUALITÀ

### Affidabilità della metodologia

In linea generale le indicazioni riportate di questa procedura fanno riferimento a sistemi di raccolta utilizzabili in ambienti lacustri aventi profondità superiori a 15-20 m, caratterizzati da una limitata turbolenza. Nel caso di ambienti perturbati è consigliabile un aumento del rapporto H/D, preferibilmente ottenuto mediante una riduzione del diametro della bocca invece che con un aumento dell'altezza dei cilindri,

al fine di ottenere sistemi comunque maneggevoli. Analogo criterio può essere seguito per la costruzione di trappole da utilizzare in ambienti di limitata profondità. La riduzione della capacità di cattura che si ottiene diminuendo la sezione delle trappole non comporta, nella pratica applicazione ai piccoli laghi italiani, una perdita di efficacia del sistema di misura dei flussi dato che, in generale, si registra per molti di questi ambienti una produttività più elevata rispetto a quella degli ambienti di maggiori dimensioni (Provini et al., 1992). Negli ambienti alpini di alta quota tale tendenza non viene rispettata, poiché le loro acque sono generalmente oligotrofe (Giussani et al., 1986): in questi casi si consiglia di operare con trappole a bocca più ampia, scegliendo i rapporti H/D in relazione alla turbolenza delle acque, che in tali casi può rivelarsi la variabile che maggiormente influenza le misure.

Dei numerosi fenomeni che possono agire negativamente sulla capacità delle trappole di sedimentazione di raccogliere materiale particellato in maniera affidabile, due sono i principali:

1. la perdita di materiale durante il periodo di esposizione, attraverso la degradazione da parte della flora batterica ed il grazing operato dallo zooplancton;
2. la cattura di materiale proveniente dal fondo per risospensione, che si aggiunge a quello effettivamente sedimentato.

L'interno delle trappole è un ambiente particolare: le pareti offrono un substrato per la colonizzazione da parte del perifiton e il materiale sedimentato è soggetto ad una mineralizzazione operata da batteri, mentre entrambi sono un buon terreno di pascolo per lo zooplancton. Tutto ciò comporta una sottostima della rata di sedimentazione effettiva. Numerosi sono i tentativi riportati in letteratura di impedire questi fenomeni, impiegando a tale scopo agenti preservanti di vario genere. I risultati hanno però dimostrato la loro inutilità e, in alcuni casi, la loro nocività. Infatti, pur utilizzando sostanze ad azione batteriostatica o battericida, può succedere che queste non agiscano in maniera uniforme su tutti i microorganismi presenti; quando ciò avviene le specie resistenti al trattamento, prive di competizione naturale possono svilupparsi in maniera abnorme provocando un risultato opposto a quello desiderato (Lee et al. 1983). Oltre a questo inconveniente alcune delle sostanze chimiche utilizzabili possono interferire in alcuni casi con le successive analisi di laboratorio. Per questi motivi Bloesch & Burns (1980) suggeriscono semplicemente di non asportare il perifiton attaccato alle pareti delle trappole al momento del recupero del materiale sedimentato e di ridurre al minimo il tempo di esposizione. Se si contiene il tempo di esposizione entro le due settimane e non oltre le tre, per la quasi totalità dei parametri la perdita rimane contenuta entro il 10%.

Numerosi fenomeni possono interferire con il flusso verticale delle particelle attraverso la colonna d'acqua. Spesso i flussi idrodinamici orizzontali possono agire anche più intensamente di quelli verticali e, specialmente in prossimità del fondo, gradienti termici, movimenti di materiale indotti da correnti profonde, bolle gassose o frane subacquee possono addirittura invertire il senso di spostamento del materiale solido sospeso. L'entità di tali forze può essere tale da spostare il particellato molto in alto lungo la colonna d'acqua, fino ad influenzare la raccolta di materiale sedimentato anche in trappole distanti alcune decine di metri dal fondo. Questo fenomeno prende il nome di risospensione ed agisce operando una sovrastima dei reali flussi di sedimentazione. Una stima della sua incidenza può essere effettuata utilizzando più trappole poste a differenti profondità lungo la verticale. È consigliabile, a tale proposito, installare nella zona più profonda due o più coppie di trappole, separate da una distanza ragionevole. Il confronto tra la quantità di materiale raccolto nelle trappole più profonde con quello delle trappole superiori consente di imputare il maggior accumulo, se la differenza riscontrata è maggiore del 10-15%, al fenomeno della risospensione.

### Riproducibilità delle misure

La riproducibilità delle misure costituisce un fattore rilevante negli studi sulla variabilità stagionale della sedimentazione, in quanto è necessario determinare se le differenze registrate sono o meno inferiori all'errore dovuto alla rappresentatività locale. Questo aspetto è solitamente molto trascurato da chi ef-

fettua degli studi con le trappole di sedimentazione. Bloesch and Burns, (1980), utilizzando una trappola multipla con 2-8 cilindri hanno riscontrato che la ripetibilità è generalmente contenuta entro il 10% e raramente supera il 20%; analoghi risultati sono stati ottenuti nel corso delle campagne di misure effettuate dall'I.R.S.A di Brugherio.

## 5. DISCUSSIONE

Nella scelta di un metodo di campionamento in acque superficiali è necessario considerare una serie molteplice di fattori: rappresentatività del prelievo, integrità del campione, semplicità operativa, ecc., in taluni casi difficilmente coniugabili tra loro. La raccolta del seston costituisce un esempio tipico delle varianti che, introdotte in una procedura di campionamento, possono rendere l'operazione da semplice ad oltremodo complessa. La procedura proposta in questo lavoro è nata dalla necessità di disporre di un protocollo operativo che, pur tenendo conto delle indicazioni della letteratura disponibile sull'argomento, privilegiasse la semplicità costruttiva del sistema di prelievo, per un facile impiego in ambienti con dimensioni tipiche di quelli italiani caratterizzati da profondità comprese tra 20 e 400 m, nei quali generalmente le operazioni possono essere condotte da natanti di piccole/medie dimensioni, anche non specificamente attrezzati per le indagini limnologiche. Le trappole qui descritte sono state impiegate per un periodo di oltre 5 anni per studi sulla sedimentazione di metalli, nutrienti, clorofilla e feofitina, senza presentare evidenti problemi di interferenza dei materiali sui risultati ottenuti. Lo stesso tipo di sistema di raccolta, in linea di massima, può essere anche adattato alla raccolta di campioni da sottoporre all'analisi di microinquinanti organici, semplicemente sostituendo i cilindri in plexiglas con altri di analoghe dimensioni, realizzati con lamierino di acciaio inossidabile di spessore adeguato a rendere la trappola rigida, e con bordi superiori opportunamente smussati, in modo da ridurre al minimo la pericolosità durante le manipolazioni.

Il sistema proposto presenta quindi il vantaggio di essere facilmente adattabile e di agevole uso, accompagnato dall'ulteriore favorevole aspetto del costo complessivamente contenuto. Si sottolinea che nella predisposizione di tutto il sistema deve essere comunque posta la massima cura nella scelta dei materiali e nella manifattura delle componenti principali, mentre nella pratica applicazione della metodologia vanno sempre previste delle procedure di controllo di qualità dei risultati ottenuti. In particolare la comparazione dei flussi misurati nei singoli cilindri consente di controllare la verticalità del sistema e/o l'efficienza di cattura, mentre il posizionamento di più punti lungo la verticale, di valutare l'incidenza della risospensione, ecc. Da ultimo si consiglia di effettuare una verifica dell'influenza che il tempo di esposizione scelto ha sulla conservazione del seston raccolto. Ciò può essere effettuato prelevando ad intervalli di tempo più ravvicinati campioni di particellato da uno solo dei due cilindri, confrontando poi il risultato dei valori cumulati con quello ottenuto sul cilindro esposto per l'intero periodo.

## 6. CONCLUSIONI

Lo studio dei flussi di sedimentazione è di interesse in numerosi settori della ricerca limnologica, tra i quali la determinazione dei meccanismi di rimozione di specie chimiche dalla fase disciolta, la ripartizione delle specie tra fase disciolta e particellata, la misura della ritenzione di elementi nel corpo lacustre nei bilanci di massa, ecc.

Nonostante la sua importanza, la misura di questi flussi è poco diffusa, probabilmente a causa sia delle difficoltà di operare con sistemi complessi e poco maneggevoli, che della scarsa conoscenza delle

tecniche di trattamento del materiale particolato nelle usuali pratiche analitiche idrochimiche. Il protocollo operativo di campagna qui presentato, che sarà seguito da uno analogo (Tartari et al. in preparazione) riguardante le operazioni di trattamento di laboratorio del materiale particolato e le procedure analitiche per la determinazione di nutrienti, feopigmenti e metalli, può quindi costituire un riferimento per favore la diffusione di questa tecnica, in modo da acquisire informazioni sui valori tipici di sedimentazione degli ambienti lacustri italiani, da mettere in relazione, ad esempio, con la produttività o con il livello di inquinamento delle acque.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BAUDO R., TARTARI G., BIASCI G. & PREVITALI L. : "Trappole di sedimentazione per gli ambienti acquatici", *Acqua Aria*, (in stampa).
- BLOESCH J. & BURNS N.N. (1980): "A critical review of sedimentation trap technique", *Schweiz Z. Hydrol.*, **42**, 15-55.
- BLOMQVIST S. & HAKANSON L. (1981): "A review on sediment traps in aquatic environments", *Arch. Hydrobiol.*, **91**, 101-132.
- BLOMQVIST S. & KOFOED C. (1981): "Sediment trapping - subaquatic in situ experiment", *Limnol. Oceanogr.*, **26**, 585-590.
- CAMUSSO M., TARTARI G. & CAPPELLETTI E. (1989): "Seasonal trends of copper sedimentation in Lake Orta (Italy)", *Sci. Total. Environ.*, **87-88**, 59-75.
- CAMUSSO M., TARTARI G., PREVITALI L. & ZIRINO A. (1991): "Regulatory mechanisms and behaviour of copper in an industrially-polluted acidic lake in northern Italy", *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **24**, 1035-1040.
- GARDNER W.D. (1980): "Field assessment of sediment traps", *J. Mar. Res.*, **38**, 41-52.
- GIUSSANI G., DE BERNARDI R., MOSELLO R., ORIGGI I. & RUFFONI T. (1986): "Indagine limnologica sui laghi alpini d'alta quota", *Documenta Ist. Ital. Idrobiol.*, **9**, 415pp.
- HAKANSON L. (1976): "A bottom sediment trap for recent sedimentary deposits", *Limnol. Oceanogr.*, **21**, 170-174.
- HEIM A. (1900): "Der Schlammabsatz am Grund des Vierwaldstättersees", *Vjschr. Naturf. Ges. Zurich*, **45**, 164-182.
- LEE C., WAKEHAM S.G. & FARRINGTON J.W. (1983): "Variations in the composition of particulate organic matter in a time-series sediment trap", *Mar. Chem.*, **13**, 181-195.
- PENNINGTON W. (1974): "Seston and sediment formation in five Lake District lakes", *J. Ecol.*, **62**, 215-251.
- PROVINI A., MARCHETTI R. & TARTARI G. (1992): "The Italian lakes: trophic status and remedial measures", in: P. Guilizzoni, G. Tartari & G. Giussani (eds.): "Limnology in Italy", *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **50**, 147-169.
- REYNOLDS C.S. & GODFREY B.M. (1983): "Failure of a sediment-trapping device", *Limnol. Oceanogr.*, **28**, 172-176.
- TARTARI G., BIASCI G., RENOLDI M., PREVITALI L. & CAMUSSO M. (1993a): "Pluriannual nutrient sedimentation in a limed Italian lake (Lake Orta, N. Italy)", *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **25**, (in press).
- TARTARI G., BINELLI A., BIASCI G., RENOLDI M., PANIZZUTI M. & LACQUA P. (1993b): "Theoretical evaluation of the pluriannual (1986-1992) nutrient load evolution in Lake Orta (N. Italy)", *Proc. 5th Int. Conf. "Conservation and management of lakes: Strategies for lake ecosystems beyond 2000"*, Stresa, Italy, 17-21 May, 573-577.



## INDICE GENERALE DEL MANUALE SUI "METODI ANALITICI PER LE ACQUE" (\*)

Codice	Metodo	Anno di pubbl. su volume	Anno di pubbl. su scheda
<b>Sezione A - (Parte generale)</b>			
• A-001	Strutture, attrezzature e reattivi di laboratorio	1984	—
• A-002	Lineamenti di tecniche analitiche	1991	—
• A-003	Metodi di campionamento	1977	—
• A-004	Elaborazione dei risultati	1983	—
<b>Sezione B - (Determinazione di parametri fisici e chimico fisici)</b>			
B-001	pH	1972	1981
B-002	Temperatura	1972	1979
B-003	Colore	1972	1980
B-004	Materiali sedimentabili	—	1979
B-005	Materiali in sospensione	—	1979
B-006	Conducibilità	1972	
B-007	Salinità	—	
B-008	Odore	1972	
B-009	Torbidità	1972	
<b>Sezione C - (Determinazione di metalli e di specie metalliche)</b>			
C-001	Alluminio	1972	1988
C-002	Argento	1972	
C-003	Arsenico	1972	1983
C-004	Bario	1972	1980
C-005	Berillio	1972	1990
C-006	Boro	1972	1982
C-007	Cadmio	1972	1986
C-008	Calcio	1972	1986
C-009-010-025	Cromo	1972	1982
C-011	Ferro	1972	1980
C-012	Litio	1972	1986
C-013	Magnesio	1972	1986
C-014	Manganese	1972	1980
C-015	Mercurio	1972	1986
C-016	Molibdeno	—	
C-017	Nichel	1972	1980
C-018	Piombo	1972	1979-1984
C-019	Potassio	1972	1986
C-020	Rame	1972	1980-1987
C-021	Selenio	1972	1986
C-022	Sodio	1972	1986
C-023	Stagno	1972	1987
C-024	Zinco	1972	1980
C-026	Tellurio		1991

(segue)

(\*) I metodi analitici sono in vendita presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ufficio Pubblicazioni - Servizio Vendite, Via Nizza, 128 - 00198 Roma (Tel. 8413419). La spedizione viene effettuata con pagamento contro assegno.

(\*) I metodi indicati sono pubblicati in volume.

Segue: **Indice generale sui «Metodi Analitici per le Acque»**

Codice	Metodo	Anno di pubbl. su volume	Anno di pubbl. su scheda
<b>Sezione D - (Determinazione di sostanze e parametri inorganici non metallici)</b>			
D-001	Acidità e basicità	1972	
D-002	Azoto ammoniacale. Metodo A: potenziometrico	1972	1981
D-002	Azoto ammoniacale. Metodo B: spettrofotometrico	1972	1982
D-003	Azoto nitroso	1972	1981
D-004	Azoto nitrico	1972	1986
D-005	Biossido di carbonio	1972	
D-006	Solfuri	1972	1984
D-007	Cianuri	1972	1980
D-008	Cloro	1972	
D-009	Cloruri	1972	1979
D-010	Fluoruri	1972	1983
D-011	Fosforo	1972	1981
D-012	Ossigeno disciolto	1972	
D-013	Silice	1972	
D-014	Solfati	1972	1979
D-015	Solfiti	1972	1982
<b>Sezione E - (Determinazione di sostanze e parametri organici)</b>			
E-001	Azoto albuminoideo	1972	
E-002	Azoto organico	1972	
E-003	Sostanze oleose totali	1972	1984
E-004	-Oli minerali	"	"
E-005	Grassi e oli animali e vegetali	"	"
E-006	Carbonio organico	1972	
E-007	Richiesta chimica di ossigeno (COD)	1972	1993
E-008	Richiesta biochimica di ossigeno (BOD)	1972	1981
• E-009	Pesticidi clorurati	1978	—
• E-010	Pesticidi fosforati	1982	—
• E-011	Policlorodifenili	1981	—
• E-012	Policloroterfenili	1981	—
E-013	Tensioattivi non ionici	1972	1979
E-014	Fenoli	1972	1979
E-015	Aldeidi	—	1978
E-016	Solventi aromatici	—	1984
E-017	Tensioattivi anionici	1972	1983
E-018	Solventi organici clorurati	—	1978
• E-019	Erbicidi triazinici ed altri azotati	1992	—
<b>Sezione F - (Determinazione di parametri biologici e microbiologici)</b>			
F-001	Saggio di tossicità	1972	
F-002	Coliformi totali	1972	
F-003	Coliformi fecali	1972	
F-004	Streptococchi fecali	1972	

(\*) I metodi indicati sono pubblicati in volume.

**INDICE GENERALE DEL MANUALE SUI «METODI DI ANALISI PER ACQUE DI MARE» (\*)**

Codice	Metodo	Anno di pubblicazione
	<b>Indicazioni generali</b>	
—	Fattori di conversione e di calcolo	
—	Campionamento	
	<b>Caratteristiche chimico- fisiche</b>	
<b>100</b>		
110.1	Trasparenza	1984
120.1	Temperatura	
130.1	Colore	
140.1	Salinità	1983
150.1	Materiale in sospensione	1984
160.1	pH	
170.1	Ossigeno disciolto	
	<b>Specie metalliche</b>	
<b>200</b>		
210.1	Alluminio	
215.1	Argento	
220.1	Arsenico	
225.1	Cadmio	1983
225.2	Cadmio	1984
230.3	Cromo	1984
235.1	Ferro	1983
240.1	Manganese	
245.1	Mercurio	
250.1	Nichel	1983
255.2	Piombo	1983
260.1	Rame	1983
265.1	Selenio	1983
270.1	Zinco	
	<b>Specie inorganiche non metalliche</b>	
<b>300.1</b>		
310.1	Azoto ammoniacale	1984
315.1	Azoto nitroso	
320.1	Azoto nitrico	
325.1	Azoto totale	
330.1	Fosforo ortofosfato solubile	1982
340.1	Fosforo totale	1982
350.1	Silice	1983
	<b>Composti organici</b>	
<b>400</b>		
410.1	Fenoli	
420.1	Oli minerali. Determinazione gravimetrica	1984
420.2	Oli minerali. Determinazione spettrofotometrica (IR)	1984
420.3	Oli minerali. Determinazione spettrofluorimetrica (UV)	1984
430.1	Tensioattivi anionici	
440.1	Pesticidi clorurati	1986
	<b>Saggi biologici e microbiologici</b>	
<b>500</b>		
510.1	Coliformi totali	1983
520.1	Coliformi fecali	"
530.1	Streptococchi fecali	"
540.1	Salmonelle	1984
550.1	Enterovirus	
560.1	Determinazione dell'adenosintrifosfato (ATP)	1988
570.1	Clorofilla	1990
	<b>Prove di tossicità</b>	
<b>600</b>		
610.1	Saggio di ittiotossicità	

(\*) I metodi sono pubblicati a scheda e sono in vendita, con il relativo raccoglitore, presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ufficio Pubblicazioni - Servizio Vendite, Via Nizza, 128 - 00198 Roma (Tel. 8413419). La spedizione viene effettuata con pagamento contro assegno.