
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

LORETO ROSSI, LAURA PICCIAFUOCO, GIULIA MASSINI

**Studio degli accumuli di detrito organico sui fondali
del Lago di Nemi: II. Rapporti nella biomassa stabile**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 83 (1989), n.1, p. 271–277.*
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1989_8_83_1_271_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Ecologia. — *Studio degli accumuli di detrito organico sui fondali del Lago di Nemi: II. Rapporti nella biomassa stabile (*)*. Nota di LORETO ROSSI, LAURA PICCIAFUOCO e GIULIA MASSINI, presentata (**) dal Socio G. MONTALENTI.

ABSTRACT. — *Study on the organic detritus accumulation on the bottom layer of Nemi Lake: II - Changing in standing-crop.* The amount of organic matter in the bottom layer of Nemi lake has been estimated and it has been compared with the amount of organic matter in depositions. During the summer 1984 the organic and ash contents of bottom layer were determined through the collection of 5 cm deep cores of bottom sediments on the same depth gradient used for depositions analyses. It results: 1) 53% is the mean efficiency in detritus recycling. Therefore almost a half of the settled organic materials is involved in the long term sediments cycles. 2) The origin and the amount of detritus standing crop in the superficial sediments vary with depth and distance offshore. 3) An elementary model, the large particulate organic matter (> 1 mm)/total amount ratio and the direct linear correlation observed between monthly deposition and phytoplanktonic densities support the hypothesis of a main autochthonous contribution to deposition in the deepest sampling site at lake center.

KEY WORDS: Detritus standing-crop; Recycle.

RIASSUNTO. — È stato valutato il contenuto in materia organica nei sedimenti del lago di Nemi e confrontato con quello presente nelle deposizioni. Nell'estate 1984 il contenuto organico ed inorganico dei sedimenti sono stati determinati tramite la raccolta di carote, profonde 5 cm, lungo lo stesso gradiente di profondità usato per le analisi delle deposizioni. Risulta che: 1) L'efficienza di riciclo del detrito è mediamente del 53%. Quindi circa metà dei materiali organici sedimentati entra nel ciclo a lungo termine dei sedimenti. 2) L'origine e la quantità della biomassa stabile di detrito nei sedimenti superficiali variano con la profondità e la distanza dalla costa. 3) Un modello matematico elementare, il rapporto tra materia organica particolata (dimensioni > 1 mm) e quantità totale e la correlazione lineare diretta osservata tra quantità di deposizioni e densità algali sostengono l'ipotesi di un principale contributo autoctono nelle deposizioni nei siti di campionamento di centro lago.

INTRODUZIONE.

Numerosi studi hanno determinato l'input di Materiale Organico Particolato in laghi a differente profondità ma un numero ridotto di lavori riguarda i laghi vulcanici (White and Wetzel, 1973; Jones, 1976; Kimmel and Goldman, 1977; Molongoski and Klug, 1980). Inoltre, non è chiaro ancora come i relativi contributi di detrito alloctono/autoctono siano distribuiti sui fondali. In alcuni casi, quando la linea di interfaccia acqua-terra è sinuosa ed il bacino di drenaggio ha una sviluppata copertura caducifolia sembra che una significativa porzione del carbonio disponibile sul fondo pelagico lacustre sia di origine alloctona; il contributo di materia autoctona cresce invece con la superficie e la profondità dei laghi (Sorokin, 1972; Wetzel and Otsuki, 1974). È stato osservato che la produzione fitoplanctonica è positivamente correlata

(*) Questo lavoro di ricerca è stato effettuato con fondi Ministero Pubblica Istruzione e Provincia di Roma.

(**) Nella seduta del 14 gennaio 1989.

con i processi di decomposizione del detrito sedimentato (vedi Nota 1 e Fee, 1979). Di contro è noto anche che i sedimenti pelagici sono in alcuni laghi di origine completamente fitoplanctonica (Gasith, 1976). Cosicché il rapporto causa-effetto tra produzione di detrito e produzione fitoplanctonica resta da definire. In questa nota vengono descritti i risultati relativi 1) al confronto tra quantità di sostanza organica presente nei sedimenti e nelle deposizioni al fine di stimare indirettamente i tassi di utilizzazione detritica e 2) alla utilizzazione di un modello previsionale dei rapporti tra quantità di deposizione alloctona/autoctona lungo il gradiente batimetrico del lago di Nemi.

MATERIALI E METODI.

Nel giugno 1984 è stato analizzato il contenuto organico dei sedimenti superficiali del fondo. Lungo tre transetti da riva a centro lago sono state raccolte carote di sedimento, profonde 5 cm ad intervalli di circa 5 metri. Ciascun campione trasportato in laboratorio in singolo contenitore, dopo osservazione microscopica, è stato essiccato ($60^{\circ}\text{C} \times 72\text{ h}$), pesato e successivamente incenerito ($500^{\circ}\text{C} \times 8\text{ h}$) e ripesato per determinare la frazione di materiale organico. Il valore medio della frazione organica delle 3 repliche per ciascuna profondità esaminata è stato ritenuto rappresentativo della quantità di materia organica presente negli strati più superficiali dei sedimenti. Negli anni 1983-1984 sono state determinate le quantità mensili di sostanza organica presenti nelle deposizioni detritiche che sedimentano sui fondali del lago. I siti e le modalità di campionamento e le metodiche di analisi del materiale in deposizione sono descritti nella Nota 1.

L'elaborazione dei dati raccolti oltre alla routine statistica, contempla una equazione per la stima della deposizione alloctona totale sulla superficie dei laghi (Rau, 1976). Il modello consente di stimare le quantità del materiale alloctono trasportato lungo la superficie lacustre a distanze x_i dalla costa. L'equazione ($d_x = d_0 \exp[-kx]$ dove d_x = deposizione alla distanza x ($\text{g}/\text{m}^2/\text{g}$), d_0 = deposizione sulla costa ($\text{g}/\text{m}^2/\text{g}$), x = distanza dalla riva) contiene un coefficiente k di «dispersibilità» che si ricava dall'equazione medesima ($k = (-1/x) \ln d_x/d_0$) ed è definito dai valori di deposizione sulla costa e ad una distanza $x_{\text{osservata}}$ dalla costa stessa. Essendo i nostri dati relativi alle deposizioni sul fondo, e non sul pelo dell'acqua come quelli di Rau (op. cit.), nell'equazione abbiamo considerato le distanze dalla costa delle nostre stazioni sommerse (le distanze rispettive dalla costa dei punti di campionamento erano 0, 30, 50, 755 m) assumendo che tutto il materiale in sedimentazione fosse di origine alloctona. Il modello è stato da noi così utilizzato per un cauto confronto tra le quantità di materiale alloctono (non è stata fatta distinzione tra materiale derivato da vegetazione parzialmente emersa e vegetazione del bacino di drenaggio) sedimentate sul fondo (determinate sperimentalmente) e quelle prevedibili secondo il modello. Per le previsioni è stato assunto alternativamente come coefficiente di dispersibilità quello definito dai valori sperimentali di deposizione a 0 m ed 1) 30 m (i.e. 2 m di profondità), 2) 50 m (i.e. 6 m di profondità) e 3) 755 metri dalla costa (i.e. 30 m di profondità). Sono stati rispettivamente ottenuti valori attesi alle profondità di 1) 6 e 30 m, 2) 2 e 30 m, 3) 2 e 6 m di profondità.

RISULTATI.

Le distribuzioni temporali del contenuto organico presente nelle deposizioni totali sono mostrate in fig. 1 e tab. 1. La quantità organica è proporzionale alle deposizioni totali (cfr. in Nota 1) e sono inoltre notevoli durante tutto l'anno (circa 70%) a 0,2 m di profondità, mentre sono più scarse ed in quantità comparabili tra loro (< 40%) quelle rilevate nelle deposizioni raccolte nelle altre stazioni più profonde. Le frazioni organiche presenti nelle deposizioni risultano correlate con la profondità e/o distanze dalla costa (logaritmica negativa) con un andamento speculare alla curva di correzione (logaritmica positiva) determinata invece tra i contenuti organici dei sedimenti superficiali e le profondità rispettive (fig. 2, tab. 2). Le % di sostanza organica nelle

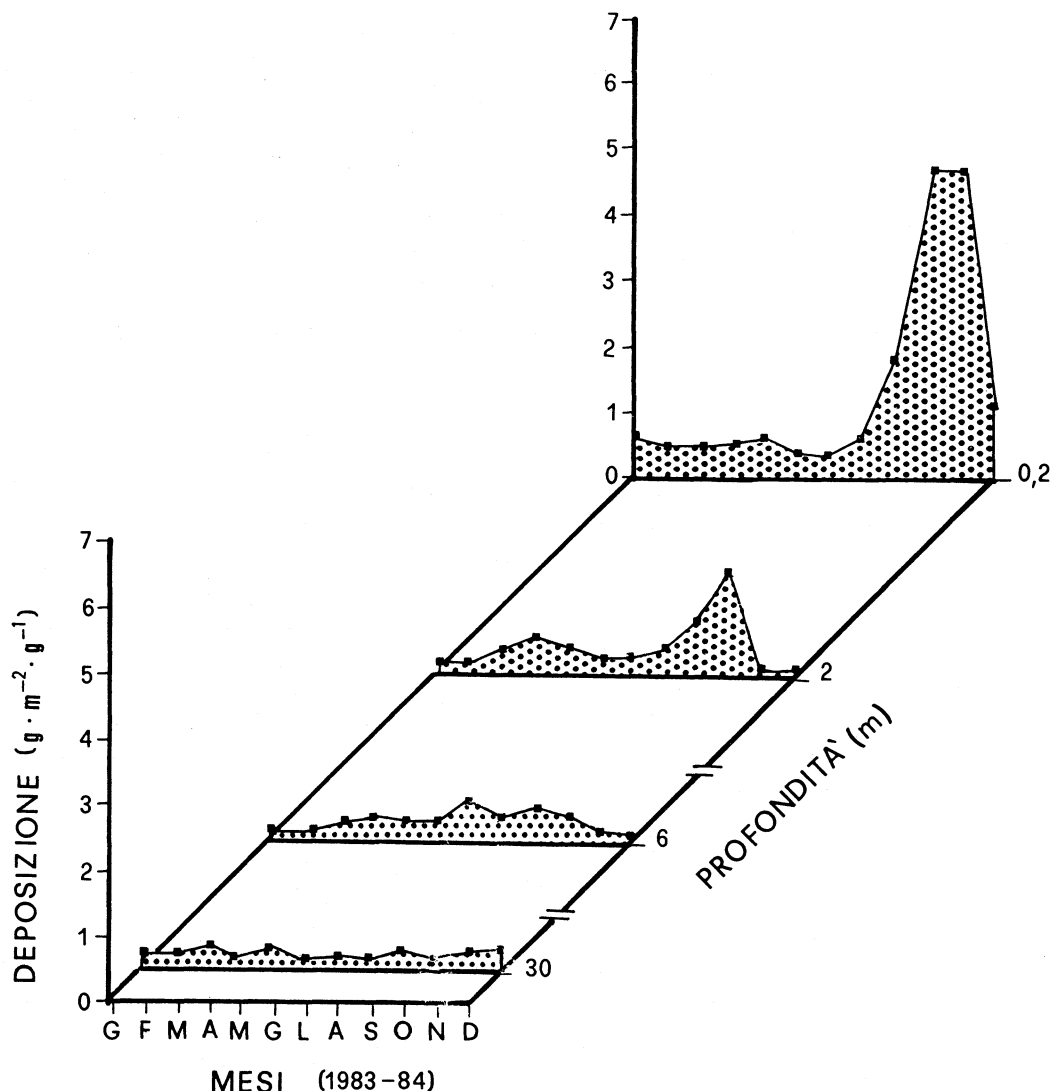


Fig. 1. - Contenuto organico (peso secco libero di ceneri) delle deposizioni mensili sui sedimenti lacustri a 4 profondità.

TABELLA 1. – Percentuali di sostanza organica nei sedimenti ($\text{g m}^{-2} \text{ g}^{-1}$ di peso secco libero da ceneri) campionati per due anni consecutivi mensilmente a quattro differenti profondità, rispettivamente a 0, 30, 50, 755 m dalla costa. ** = $p < 0,05$; ns = non significativo per l'eterogeneità della colonna (analisi della tabella di contingenza per la distribuzione mensile χ^2 test). Le medie relative a ciascuna profondità unite dalle barre non sono differenti (Rank Sum test).

Mesi	Profondità				Media $\pm$ E.S.
	0,2 m	2 m	6 m	30 m	
Gennaio	70,8%	53,1%	40,1%	35,7%	49,9% $\pm$ 7,8
Febbraio	65,1%	48,0%	42,5%	33,1%	47,2% $\pm$ 6,7
Marzo	67,5%	42,7%	37,6	34,2%	45,5% $\pm$ 7,5
Aprile	71,3%	36,7%	35,3%	35,5%	44,7% $\pm$ 8,7
Maggio	64,4%	36,5%	35,8%	32,8%	42,4% $\pm$ 7,4
Giugno	60,6%	28,9%	36,1%	33,7%	39,8% $\pm$ 7,1
Luglio	64,1%	34,5%	34,2%	34,5%	41,8% $\pm$ 7,4
Agosto	58,7%	35,1%	36,6%	36,1%	41,6% $\pm$ 5,7
Settembre	71,3%	37,8%	38,4%	32,4%	45,0% $\pm$ 8,9
Ottobre	79,2%	42,7%	37,2%	33,0%	48,0% $\pm$ 10,5
Novembre	80,9%	42,3%	36,8%	34,7%	48,7% $\pm$ 10,8
Dicembre	74,6%	44,9%	38,5%	35,9%	48,5% $\pm$ 8,9
Media $\pm$ E.S.	69,0% $\pm$ 2,0**	40,3% $\pm$ 1,9 ^{ns}	37,4% $\pm$ 0,6 ^{ns}	34,3% $\pm$ 0,4 ^{ns}	45,2 $\pm$ 0,95 ^{ns}

deposizioni e nei sedimenti di fondo mostrano quindi andamenti speculari, con differenze tra le % che si attenuano con il crescere della profondità. Le differenze variano infatti da $(69,0 - 2,9) = 67,1\%$ vicino la riva, fino a $(34,3 - 31,4) = 2,9\%$ a 30 m di profondità (cfr. tab. 1, tab. 2).

Sulla base delle osservazioni empiriche sovraccitate, è stato tarato il modello previsionale delle quantità di deposizioni in funzione della distanza dalla costa. Il modello sottostima enormemente (fattore $< 10^{-4}$) le quantità di deposizione rispetto a quelle empiricamente osservate. Questa sottostima è tuttavia annullata tarando il modello (determinazione dei k) su un profilo ipotetico del fondale molto meno ripido (tendente a zero) del reale (i.e. profondità 2 m a 100 m dalla costa anziché a 30 m e profondità 6 m a 200 m dalla costa anziché 50 m) cioè, riconducendo il modello alla sua naturale funzione e quindi annullando l'effetto della colonna d'acqua (tab. 3).

DISCUSSIONE.

L'analisi dei risultati evidenzia che la biomassa stabile (disponibilità) e l'origine di sostanza organica sui fondali lacustri cambiano con la profondità-distanza dalla costa. Tuttavia a 6 m di profondità sedimento e deposizioni ancora differiscono in contenuto organico (peso libero di ceneri) e la minore quantità di questo nel sedimento rispetto al materiale in caduta dalla colonna d'acqua può suggerire uno stato più avanzato di decomposizione del primo rispetto al secondo. Cioè una certa quantità di materiale già velocemente processato a riva (Rossi *et al.*, 1987) e risospeso. Come indica anche il completo smaltimento di sostanza organica lungo la prima fascia batimetrica, sembrerebbe che il materiale deposto a riva possa contribuire alla «standing crop»

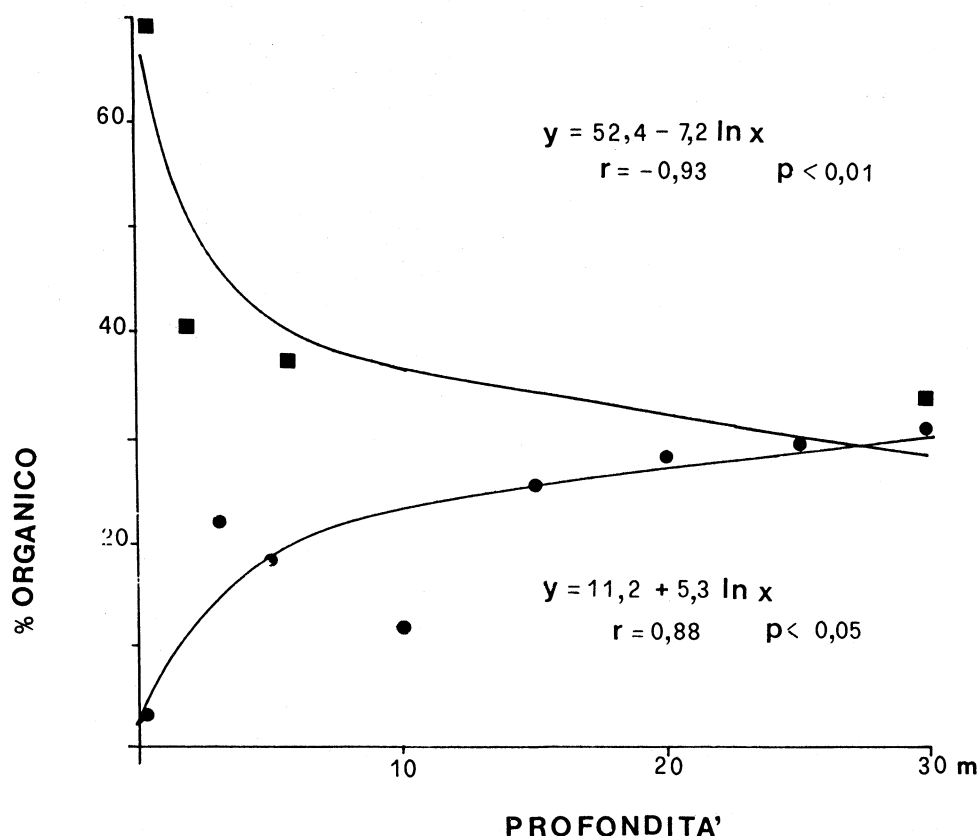


Fig. 2. - Andamento della frazione organica nelle deposizioni totali di detrito (■) e nei sedimenti (●) sui fondali lacustri a differenti profondità. Le curve sono correlate con la profondità con modelli logaritmico diretto (sedimenti) e indiretto (deposizioni).

detritica presente a 6 m. A 30 m invece, l'assenza di differenze significative tra contenuti organici dei sedimenti e delle deposizioni lascia pensare ad una forte somiglianza dei due tipi di campioni.

Questa serie di considerazioni trovano anche conferma nella soluzione del modello matematico già tarato ed utilizzato con successo da Rau (1976) per determinare la quantità di materiale trasportato dal vento sulla superficie del lago Findley. In questo caso però, i valori di «dispersibilità» (k) della lettiera di foglie nel lago sono stati determinati considerando la quantità raccolta non in superficie ma in profondità. Anche con l'ottimistica assunzione (ovviamente errata) che tutto il materiale giunto ad una certa distanza dalla costa affondi, il modello sottostima fortemente le quantità reali

TABELLA 2. - Percentuale di materia organica (peso secco libero da ceneri) nello strato superficiale dei sedimenti a varie profondità.

Profondità	0,2 m	3 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	$\bar{X} \pm E.S.$
% Organica	2,97%	22,17%	18,03%	12,51%	26,72%	28,27%	28,81%	31,36%	21,35%
$\pm E.S.$	$\pm 1,89$	$\pm 2,03$	$\pm 3,04$	$\pm 5,32$	$\pm 2,41$	$\pm 2,09$	$\pm 0,14$	$\pm 2,09$	$\pm 3,43$

TABELLA 3. – *Stima della deposizione detritica giornaliera (peso secco) sul fondo del lago di Nemi. A) Stima del K in base al reale rapporto profondità/distanza dalla costa. B) Stima del K in base ad una ipotetica pendenza molto debole del fondo del lago con rapporto profondità/distanza molto più basso. X = valore sperimentale sostituito nell'equazione per risolvere per K (vedi metodo).*

		Deposizione (g/m ² /g)			
		d_0	$d_{2\text{ m}/30\text{ m}}$	$d_{6\text{ m}/50\text{ m}}$	$d_{30\text{ m}/755\text{ m}}$
Osservata		1,906	1,386	0,906	0,863
Stimata	$k d_{2\text{ m}}/d_0$	X	X	0,856	$6,37 \cdot 10^{-4}$
	$k d_{6\text{ m}}/d_0$	X	1,219	X	$2,48 \cdot 10^{-5}$
	$k d_{30\text{ m}}/d_0$	X	1,844	1,804	X

		Deposizione (g/m ² /g)			
		d_0	$d_{2\text{ m}/100\text{ m}}$	$d_{6\text{ m}/200\text{ m}}$	$d_{30\text{ m}/755\text{ m}}$
Stimata	$k d_{2\text{ m}}/d_0$	X	X	1,008	0,172
	$k d_{6\text{ m}}/d_0$	X	1,314	X	0,115
	$k d_{30\text{ m}}/d_0$	X	1,716	1,545	X

di deposizione a 30 m di profondità. Le stime si avvicinano di più all'osservato solo se le nostre stazioni sono considerate essere ad una maggiore distanza dalla costa e non esistesse un effetto legato alla colonna d'acqua; come dimostrato peraltro dalle simulazioni operate (tab. 3B). È verosimile d'altra parte pensare che l'assunzione da noi imposta al modello (cioè l'affondamento del materiale) dovrebbe in caso produrre una sovrastima delle quantità reali di deposizione piuttosto che una sottostima; i 30 m di caduta lungo la colonna d'acqua non sarebbero infatti sufficienti a materiale alloctono per raggiungere l'elevato stato di decomposizione osservato nelle deposizioni anche se, come detto nella Nota 1, il livello di decomposizione delle deposizioni è più spinto di quello osservato nelle deposizioni dei laghi naturalmente eutrofizzati (Rossi *et al.*, 1987; Molongoski and Klug, 1980). Il peso del materiale in eccesso che invece troviamo nelle trappole appare più che altro collegato a caduta di plancton o di materiale risospeso. Peraltro i valori di contenuto organico osservati nelle deposizioni ben si accordano con i tassi di decomposizione osservati per materiale di origine fitoplanctonica in altri laghi (Molongoski and Klug, 1980) e l'influenza autoctona sui sedimenti di profondità è più volte stata ipotizzata e talvolta comprovata sperimentalmente (Carpenter, 1980). Trasformando in efficienze di scomparsa del materiale organico (pesi liberi di ceneri) le differenze in contenuto organico tra sedimenti superficiali e deposizioni raccolte nelle trappole (secondo Gasith, 1976) queste variano dal 96% al 51% tra 0,2 e 6 m di profondità e dall'8% al 9% a 30 m di profondità. La media totale del 53% è quindi il materiale che entra in ciclo di scambio veloce mentre il 47% entra nel ciclo lento dei sedimenti lacustri e ciò potrebbe costituire una pericolosa riserva di fosforo in condizioni di deossigenazione (potenziale redox basso) (Rich and Devol, 1978), condizioni che a Nemi sono spesso prolungate per oltre i 2/3 dell'anno. Questa metodologia appare una buona via indiretta di valutazione del tasso di disponibilità dei

nutrienti presenti nel detrito, come già dimostrato da Gasith (1976) che ha stimato con questo metodo a circa il 70% del POM sedimentato nel lago di Wingra come materiale immediatamente compreso nel ciclo annuale di utilizzazione fitoplanctonica e bentonica.

In conclusione sembra che il lago di Nemi metabolizzi detrito alloctono nelle prime fasce litorali e detrito autoctono nelle fasce più profonde. In totale peraltro i nostri risultati indicano uno scarso riciclo detritico (< 60%) nel ciclo annuale e quindi una forte tendenza a lento accumulo dei sedimenti profondi.

BIBLIOGRAFIA

- CARPENTER S. R., 1980. *Enrichment of lake Wingra, Wisconsin, by submersed macrophyte decay*. Ecology, 61(5): 1145-1155.
- FEE E. J., 1979. *A relation between lake morphometry and primary productivity and its use in interpreting whole-lake eutrophication experiments*. Limnol. Oceanogr., 24: 401-416.
- GASITH A., 1976. *Seston dynamics and tripton sedimentation in the pelagic zone of a shallow eutrophic lake*. Hydrobiologia, 51(3): 225-231.
- JONES J. G., 1976. *The microbiology and decomposition of seston in open water and experimental enclosures in a productive lake*. J. Ecol., 64: 241-278.
- KIMMEL B. L. - GOLDMAN C. R., 1977. *Production sedimentation and accumulation of particulate carbon and nitrogen in a sheltered subalpine lake*. In: *Interactions between sediments and freshwater* (Ed. H. L. GOLTERMAN). Dr. W. Junk, B.V. Publishers, The Hague.
- MOLONGOSKI J. J. - KLUG M. J., 1980. *Quantification and characterization of sedimenting particulate organic matter in a shallow hypereutrophic lake*. Freshwat. Biol., 10: 497-506.
- RAU G. H., 1976. *Dispersal of terrestrial plant litter into a subalpine lake*. Oikos, 27: 153-160.
- RICH P. H. - ALLAN H. D., 1978. *Analysis of five North American lake ecosystems. VII: Sediments processing*. Verh. Internat. Verein. Limnol., 20: 598-604.
- ROSSI L. - BASSET A. - PICCIAFUOCO L., 1987. *Dinamica della struttura detritica*. In: *Valutazione della Situazione Ambientale nel Lago di Nemi*; cap. 9: 217-237. Ed. Università «La Sapienza» di Roma: Fac. di Scienze M.F.N., Assessorato «Sanità e Ambiente» della Provincia di Roma.
- SOROKIN Y. I., 1972. *Biological productivity of the Rybinsk reservoir*. In: KAJAK Z. - A. HILLBRICH-ILKAWSKA (ed.), *Productivity problems of freshwaters*. Polish Scientific, Warszawa: pp. 493-503.
- WETZEL R. G. - OTSUKI A., 1974. *Allochthonous organic carbon of a marl lake*. Arch. Hydrobiol., 73: 31-56.
- WHITE W. S. - WETZEL R. G., 1973. *A modified sedimentation trap*. Limnol. Oceanogr., 18: 986-988.