

Il record delle particelle carboniose sferoidali (SCPs) nei sedimenti del Lago di Tovel (Trentino)

Neil ROSE

Environmental Change Research Centre, University College London, 26 Bedford Way, London, WC1H 0AP, UK
E-mail: n.rose@geog.ucl.ac.uk

RIASSUNTO - *Il record delle particelle carboniose sferoidali (SCPs) nei sedimenti del Lago di Tovel (Trentino)* - L'analisi delle particelle carboniose sferoidali è stata effettuata su tre carote di sedimento, datate tramite ^{210}Pb , provenienti dal Lago di Tovel, al fine di stabilire il ruolo degli inquinanti atmosferici depositatisi nella scomparsa del fenomeno dell'arrossamento estivo avvenuto nella metà degli anni '60. Sebbene non siano stati osservati cambiamenti significativi nel record di sedimento in quel periodo, si è potuto mostrare che proprio in quegli anni l'ingresso di contaminanti a trasporto atmosferico raggiunge un valore superiore a tutti quelli registrati in precedenza, anche se pari solo a una frazione di quello osservato nel picco a metà degli anni '70. Quindi, se la contaminazione atmosferica era la causa o ha contribuito alla scomparsa del fenomeno dell'arrossamento, e sebbene questa sia solo un'ipotesi di lavoro, allora il periodo degli anni '60 indica probabilmente il limite al di sopra del quale la fioritura non si è più verificata. Se la causa fosse questa (o se fossero implicati contaminanti a trasporto atmosferico), per favorire un ritorno della fioritura sarebbe necessaria una riduzione delle deposizioni dirette fino ai valori precedenti a quelli degli anni '60. Tuttavia, il rilascio di contaminanti accumulatisi nei suoli del bacino potrebbe ritardare per intere decadi il ripristino delle condizioni iniziali.

SUMMARY - *The record of spheroidal carbonaceous particles (SCPs) in the sediments of Lake Tovel (Trentino)* - Spheroidal carbonaceous particle analysis was undertaken on three ^{210}Pb -dated sediment cores from Lake Tovel, in order to assess the likely role of atmospherically deposited pollutants in the loss of the red dinoflagellate (*Glennodinium sanguineum* March.) bloom in the mid-1960s. Although no dramatic changes were observed in the sediment record at this time, contamination was found to be at the highest it had ever been up to that point, albeit a fraction of that observed in the mid-1970s peak. Therefore, if atmospherically derived contamination is the cause of, or contributes to, the loss of the bloom, and this remains speculation, then the 1960s period probably indicate a threshold above which the bloom does not occur. This being the case, then if the bloom is to return, further reductions are required to reduce direct deposition to its pre-1960s levels. However, release of contaminants stored in the catchment soils could further delay this recovery by decades.

Parole chiave: particelle carboniose sferoidali (SCPs), laghi di montagna, Lago di Tovel
Key words: spheroidal carbonaceous particles (SCPs), mountain lakes, Lake Tovel

1. INTRODUZIONE

Il Lago di Tovel si trova a 1178 m s.l.m. nel Parco Naturale Adamello-Brenta in Provincia di Trento. Il lago è famoso per le intense fioriture estive di dinoflagellati; tale fenomeno è praticamente cessato nel 1964, dopo un secolo di arrossamenti documentati storicamente (Fuganti & Morteani 1999). A partire da questa data sono state osservate solo occasionali e brevi fioriture, e la verifica delle ragioni dell'interrompersi del fenomeno è di grande interesse per il turismo locale oltre che per la comunità scientifica. Il progetto SALTO (Studio sul mancato arrossamen-

to del Lago di Tovel) è stato realizzato proprio con l'obiettivo di determinare le possibili cause del venir meno dell'arrossamento. Uno degli obiettivi specifici di questo progetto (*Work Package 2*) era lo studio paleolimnologico con lo scopo di stabilire (retrospettivamente) i cambiamenti storici intervenuti sul lago e sul suo bacino. Questa verifica includeva l'analisi delle particelle carboniose sferoidali (SCPs) nel sedimento lacustre.

Gli SCPs (Fig. 1) sono una componente delle ceneri volatili e sono prodotte esclusivamente dalla combustione ad alta temperatura di combustibili fossili come il carbone e il petrolio. Queste SCPs vengono

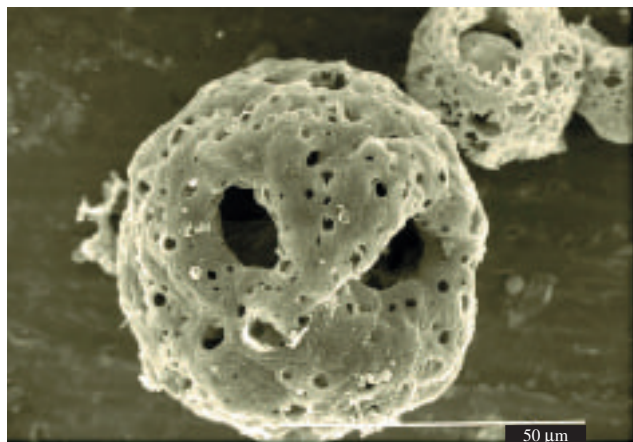


Fig. 1 - Una particella carboniosa sferoidale derivante dalla combustione ad alta temperatura di combustibili fossili.

Fig. 1 - A spheroidal carbonaceous particle from high temperature fossil-fuel combustion.

emesse nell'atmosfera insieme ai gas delle canne fumarie. Non esistono fonti naturali di SCPs e quindi, dal punto di vista ambientale, esse rappresentano un indicatore certo di contaminazione da fonti industriali. Nei sedimenti di laghi cosiddetti "sensibili" (per via della mineralizzazione estremamente ridotta delle acque, ndr) è stato osservato come i record temporali di SCPs fossero in relazione con i cambiamenti di pH ricostruiti tramite le diatomee e quindi fornissero un'ulteriore prova riguardo all'ipotesi che la deposizione atmosferica fosse la causa dell'acidificazione dei laghi (Battarbee 1990). Le SCPs mostrano anche un buon accordo con i profili temporali dei metalli in traccia, compresi il piombo e il mercurio (Yang & Rose 2003) e degli inquinanti organici persistenti come i PAHs e gli S-PAHs (Fernández *et al.* 2002). Le distribuzioni spaziali delle SCPs sono inoltre correlabili con quelle di metalli in traccia (Wik & Renberg 1991; Boyle *et al.* 1999; Bindler *et al.* 2001) e delle deposizioni dei solfati di origine non marina (Rose & Juggins 1994).

In questo capitolo vengono descritti e discussi gli andamenti storici delle SCPs di tre carote datate con ^{210}Pb provenienti dal Lago di Tovel, con particolare attenzione ai cambiamenti nell'impatto degli inquinanti che possono aver giocato un ruolo nella scomparsa del fenomeno delle fioriture dei dinoflagellati.

2. METODI

2.1. Analisi delle SCPs

Sono stati analizzati campioni provenienti da tre carote di sedimento prese nel Lago di Tovel. Le carote TOV01-5/V e TOV01-6/V sono state prelevate nel

2001, mentre la TOV03-19 faceva parte di una serie di carote prelevate nel 2003. Per un inquadramento geologico/sedimentologico delle carote studiate (compresa la localizzazione del lago e delle carote) si può fare riferimento a Kulbe *et al.* (2006) in questo volume.

La procedura per l'estrazione e il conteggio delle SCPs dai campioni di sedimento segue quella descritta da Rose (1994), per il quale l'attacco sequenziale con gli acidi nitrico, fluoridrico e cloridrico rimuove rispettivamente le frazioni organica, silicea e carbonatica, fornendo una sospensione costituita principalmente da materiale carbonioso in acqua. Una frazione nota di questa sospensione viene fatta evaporare su un vetrino portaoggetto e le SCPs vengono contate a 400 ingrandimenti con un microscopio ottico. Le concentrazioni di sedimento vengono calcolate come numero di SCPs per grammo di materia secca di sedimento o g DM^{-1} .

2.2. Datazione con ^{210}Pb

La datazione delle carote TOV01-5/V e TOV03-19 è stata effettuata presso il Centro di Ricerca sulla Radioattività Ambientale dell'Università di Liverpool. Le date per la carota TOV01-6/V, invece, sono state calcolate da misurazioni effettuate dall'EAWAG.

I dettagli di queste cronologie sono reperibili in Appleby & Piliposian (2006). Le date antecedenti rispettivamente al 1901, 1862 e 1919 per le carote TOV01-5/V, TOV03-19 e TOV01-6/V, sono state ottenute per estrapolazione dei tassi di sedimentazione basali.

3. RISULTATI

Le tre carote mostrano andamenti simili di SCPs. Tutti i profili di SCPs sono corti (l'intero record è contenuto nei primi 11, 9 e 7 cm rispettivamente per le carote TOV01-5/V, TOV01-6/V e TOV03-19) con dei picchi di concentrazione degli SCP ben definiti (Fig. 2a). La carota TOV01-5/V raggiunge picchi di concentrazione appena superiori ai 5200 g DM^{-1} a 2,5-3 cm, mentre il profilo della TOV01-6/V mostra un picco di concentrazione di SCP superiore ai 13.000 g DM^{-1} a 0,5-1 cm. Per entrambe le carote, le concentrazioni al di sopra dei picchi diminuiscono verso la superficie del sedimento. Le concentrazioni elevate e il profilo più corto della carota TOV01-6/V rispetto alla TOV01-5/V sono indicativi di un minor tasso di accumulazione del sedimento, come confermato dalle datazioni radiometriche. Questo non è il caso della carota TOV03-19, la quale mostra un picco di concentrazione (appena superiore ai 5300 g DM^{-1}) simile a quello della TOV01-5/V sebbene abbia il profilo più corto.

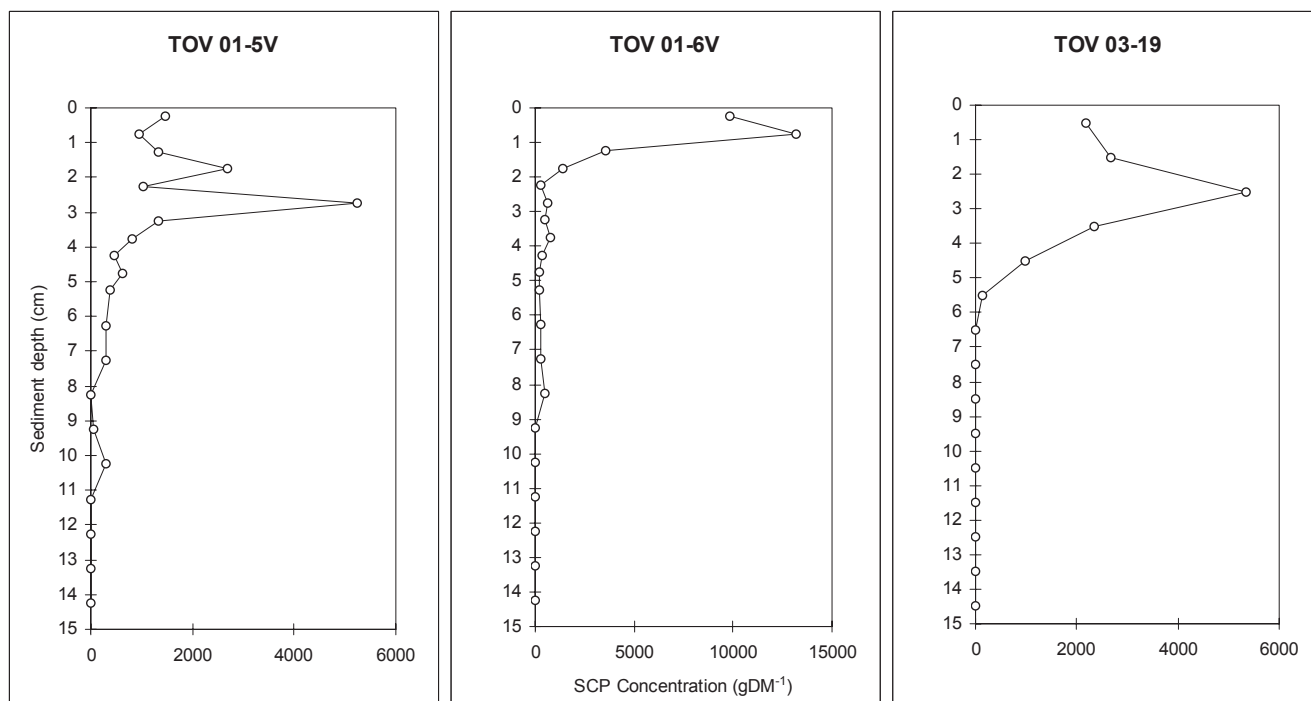


Fig. 2a - Profili di concentrazione delle SCPs per alcune carote prelevate nel Lago di Tovel.
 Fig. 2a - SCP concentration profiles for some cores retrieved from Lake Tovel.

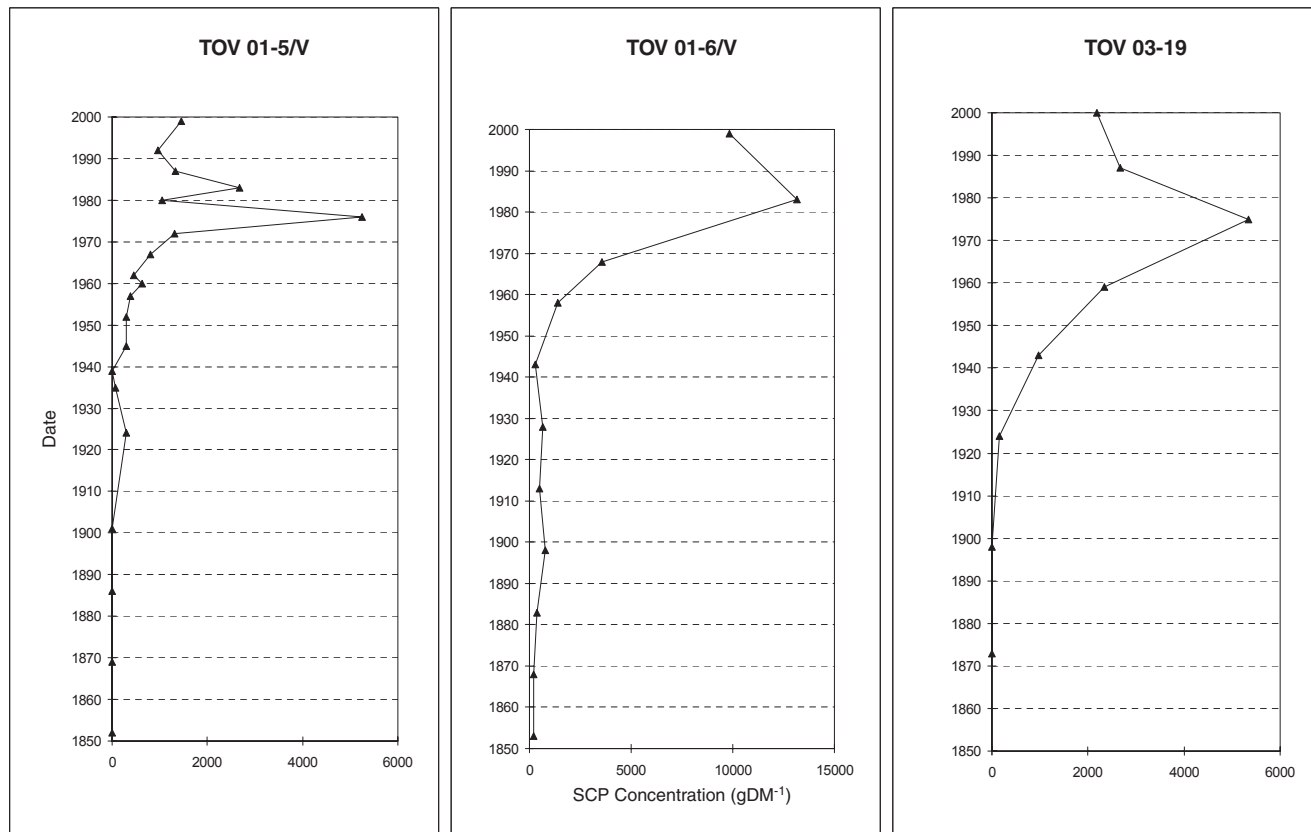


Fig. 2b - Profili di concentrazione delle SCPs per il Lago Tovel. Le date sono state ottenute tramite analisi radiometriche (Appleby & Piliposian 2006)
 Fig. 2b - SCP concentration profiles for Lake Tovel. Dates from radiometric analyses (Appleby & Piliposian 2006)

La figura 2b mostra i profili di concentrazione delle SCPs rispetto alle date radiometriche. Nonostante le differenze nella lunghezza dei record di SCPs, la prima comparsa di SCPs viene rilevata nel 1924 ± 10 per la carota TOV01-5/V e nel 1924 ± 5 per la carota TOV03-19. Il record di SCP per le carote TOV01-6/V sembra iniziare prima del 1850 (data estrapolata), ma questa presenza precoce di SCP potrebbe essere dovuta a una contaminazione proveniente dai livelli superiori con alte concentrazioni. Il basso tasso di accumulo della carota TOV01-6/V è anche responsabile dell'intervallo di campionamento apparentemente più ampio evidenziato nella figura 2, che è anche probabilmente il motivo per cui il picco di concentrazione degli SCP non viene osservato alla stessa profondità ed età delle altre carote.

La massima concentrazione delle SCPs si registra nel 1976 ± 2 nella carota TOV01-5/V, mentre è intorno al 1975 ± 2 nella TOV03-19. Nella carota TOV01-6/V il picco è nel 1983 ± 7 che, benché sia differente rispetto alle altre carote, risulta essere il campione più vicino al 1975/6.

Riassumendo, entrambi i records per le carote TOV01-5/V e TOV03-19 mostrano dei profili simili, con un buon accordo per quanto riguarda la datazione, mentre il basso tasso di accumulo e la conseguente minor risoluzione temporale della TOV01-6/V portano a notevoli differenze.

4. DISCUSSIONE

I records delle SCP delle carote TOV01-5/V e TOV03-19 mostrano un buon accordo e quindi si può assumere che forniscano un buon record storico delle deposizioni atmosferiche nel Lago di Tovel. Questo record inizia nei primi anni del ventesimo secolo e il picco nella deposizione dei contaminanti si verifica a metà degli anni '70, in accordo con quanto è accaduto in molte aree dell'Europa (Rose *et al.* 1995, 1999).

Tuttavia, uno degli obiettivi principali del progetto SALTO era determinare se si fosse registrato qualsiasi cambiamento significativo nella metà degli anni '60, quando la fioritura di dinoflagellati smise di manifestarsi.

In tutte le tre carote, questo periodo appare essere caratterizzato da livelli crescenti di contaminazione, fatto apprezzabile in carote di sedimento di tutta Europa e dovuto al crescente aumento nell'utilizzo di combustibili fossili nel periodo successivo alla Seconda Guerra Mondiale, legato all'aumento della richiesta di energia elettrica e della iniziale diffusa disponibilità di olio combustibile a basso costo.

Negli anni '60 la contaminazione nel Lago di Tovel sembra essere all'inizio di questo periodo di rapido aumento. Quindi, in termini di concentrazione assoluta di SCP, o in termini di tasso di accumulo (cioè di numero di SCPs $\text{cm}^{-2} \text{anno}^{-1}$), o in termini di inventa-

rio di SCP, la contaminazione in quest'epoca nel Lago di Tovel è a livelli mai raggiunti prima, sebbene al di sotto del picco della metà degli anni '70.

Non si registra alcun cambiamento particolarmente drammatico nella contaminazione al tempo della scomparsa delle fioriture di dinoflagellati, ma se la contaminazione proveniente dall'atmosfera fosse la causa, o avesse contribuito, alla scomparsa delle fioriture, allora il periodo degli anni '60 probabilmente indicherebbe una soglia al di sopra della quale la fioritura non è più rilevabile. Se così fosse, allora si spigherebbe anche perché la fioritura non è stata più osservata regolarmente a partire da questo periodo. Sebbene i livelli di SCPs in questi ultimi anni stiano diminuendo, non hanno ancora raggiunto livelli di concentrazione o flusso simili ai valori pre-anni '60; inoltre se gli inquinanti atmosferici avessero effettivamente avuto un ruolo nel declino della fioritura allora i livelli di deposizione dovrebbero essere ulteriormente ridotti per ristabilire il fenomeno.

Con questo non si vuole dire che la deposizione atmosferica delle SCPs sia stata la causa della scomparsa della fioritura algale. È noto che i record temporali e spaziali delle SCPs sono in buon accordo con quelli di altri inquinanti atmosferici come i solfati non-marini, i metalli in traccia e gli inquinanti organici persistenti. È possibile che l'aumento della deposizione di uno, o di una combinazione di questi contaminanti negli anni '60 abbia oltrepassato una soglia significativa per i dinoflagellati e abbia contribuito alla scomparsa della fioritura.

5. CONCLUSIONI

Sebbene non si registri alcun cambiamento significativo nella deposizione atmosferica come indicato dalle SCPs al tempo della scomparsa delle fioriture di dinoflagellati nel Lago di Tovel, il record sedimentario indica come la deposizione di SCPs e, implicitamente, quella degli altri inquinanti atmosferici fosse a livelli mai raggiunti prima. È dunque possibile che a quel tempo sia stata superata una soglia e che qualche contaminante a trasporto atmosferico abbia contribuito alla scomparsa delle fioriture di dinoflagellati. Se così fosse, e se si volesse ristabilire la fioritura algale, allora si dovrebbero auspicare ulteriori riduzioni nelle deposizioni, al fine di ristabilire gli *input* a livelli inferiori a quelli degli anni Sessanta. Tuttavia, è possibile che i contaminanti depositatisi e accumulatisi nei suoli del bacino durante il periodo industriale possano essere rilasciati e dilavati nel lago come è stato suggerito per altri laghi europei di montagna (Yang *et al.* 2002; Rose *et al.* 2004), nel qual caso i livelli di contaminazione potrebbero rimanere elevati per decenni nonostante le riduzioni nelle emissioni atmosferiche e nelle deposizioni.

RINGRAZIAMENTI

L'autore desidera ringraziare la Provincia Autonoma di Trento per aver finanziato il progetto SALTO. È grato al dott. Marco Cantonati (Sezione di Limnologia e Algologia del Museo di Scienze Naturali) per il coinvolgimento in questo lavoro di ricerca, al prof. Peter Appleby e a G.T. Piliposian (Università di Liverpool, UK) per le date radiometriche, e al dott. Nicola Angeli (Sezione di Limnologia e Algologia del Museo di Scienze Naturali) che si è fatto carico della traduzione in italiano del presente lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- Appleby P.G. & Piliposian G.T., 2006 - Datazione radiometrica (^{210}Pb e ^{137}Cs) di carote di sedimento del Lago di Tovel. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 89-95.
- Battarbee R.W., 1990 - The causes of lake acidification, with special reference to the role of acid deposition. *Philos. Trans. R. Soc. London*, B327: 339-347.
- Bindler R., Renberg I., Anderson N.J., Appleby P.G. & Rose N.L., 2001 - Mercury accumulation rates and spatial trends in lake sediments from West Greenland. *Environ. Sci. Technol.*, 35: 1736-1741
- Boyle J.F., Rose N.L., Bennion H., Yang H. & Appleby P.G., 1999 - Environmental impacts in the Jiangnan Plain: Evidence from lake sediments. *Water Air Soil Pollut.*, 112: 21-40.
- Fernández P., Rose N.L., Vilanova R.M. & Grimalt J.O., 2002 - Spatial and temporal comparison of polycyclic aromatic hydrocarbons and spheroidal carbonaceous particles in remote European lakes. *Water Air Soil Pollut.*, 2: 261-274.
- Fuganti A. & Morteani G., 1999 - La storia del Lago di Tovel in base ai sedimenti della Baia Rossa (Trentino). *Geologica Tecnica & Ambientale*, 3: 21-32.
- Kulbe T., Anselmetti F., Cantonati M. & Sturm M., 2006 - Drastiche variazioni di livello ed evoluzione sedimentaria nel Lago di Tovel (Parco Naturale Adamello-Brenta, Trentino) *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 75-87.
- Rose N.L., 1994 - A note on further refinements to a procedure for the extraction of carbonaceous fly-ash particles from sediments. *J. Paleolim.*, 11: 201-204.
- Rose N.L. & Juggins S., 1994 - A spatial relationship between carbonaceous particles in lake sediments and sulphur deposition. *Atmosph. Environ.*, 28: 177-183.
- Rose N.L., Harlock S., Appleby P.G. & Battarbee R.W., 1995 - The dating of recent lake sediments in the United Kingdom and Ireland using spheroidal carbonaceous particle concentration profiles. *The Holocene*, 5: 328-335.
- Rose N.L., Harlock S. & Appleby P.G., 1999 - The spatial and temporal distributions of spheroidal carbonaceous fly-ash particles (SCP) in the sediment records of European mountain lakes. *Water Air Soil Pollut.*, 113: 1-32.
- Rose N.L., Monteith D.T., Kettle H., Thompson R., Yang H. & Muir D.C.G., 2004 - A consideration of potential confounding factors limiting chemical and biological recovery at Lochnagar, a remote mountain loch in Scotland. *J. Limnol.*, 63 (1): 63-76.
- Wik M. & Renberg I., 1991 - Recent atmospheric deposition in Sweden of carbonaceous particles from fossil-fuel combustion surveyed using lake sediments. *Ambio*, 20: 289-292.
- Yang H. & Rose N.L., 2003 - Distribution of mercury in six lake sediment cores across the U.K. *Sci. Total Environ.*, 304: 391-404.
- Yang H., Rose N.L., Battarbee R.W. & Boyle J.F., 2002 - Mercury and lead budgets for Lochnagar, a Scottish mountain lake and its catchment. *Environ. Sci. Technol.*, 36: 1383-1388.

