

UDC 581.526.325.3(497.1) = 862  
Izvorni znanstveni rad

» CVJETANJE MORA « U SJEVERNOM  
JADRANU U PROLJETNO-LJETNOM  
RAZDOBLJU 1988. GODINE

With Summary in English

BRANKA FILIPIĆ

(Centar za istraživanje mora Rovinj, Institut »Ruder Bošković«)

Primljeno 06. 02. 1990.

Daje se osvrt na sastav dominantnih grupa i vrsta fitoplanktona u vodama sjevernog Jadrana tijekom perioda »cvjetanja« u proljetno-ljetnom razdoblju 1988. godine. Razmatraju se neke ekološke karakteristike sredine, koje bi mogle imati utjecaj na sastav fitoplanktonske zajednice, te na razvitak specifičnog oblika »cvjetanja«, praćenog tvorbom sluzavih agregata.

Uvod

Fenomen »cvjetanja mora« u vodama sjevernog Jadrana prisutan tijekom ljeta 1988. godine, opisan je sa gledišta različitih oceanografskih aspekata. Mogući utjecaj prevladavajućih fizikalno-kemijskih i hidrografskih karakteristika sredine, režim morskih struja u tom periodu te kemijski sastav sluzavih agregata, razmatrani su u radovima Degobbis i sur. (1989), Brana i sur. (1989), Najdek i sur. (1989).

Sustavan pregled dosadašnjih pojava »cvjetanja mora« u vodama sjevernog Jadrana prikazan je u radu Pucher-Petković i Marasović (1984).

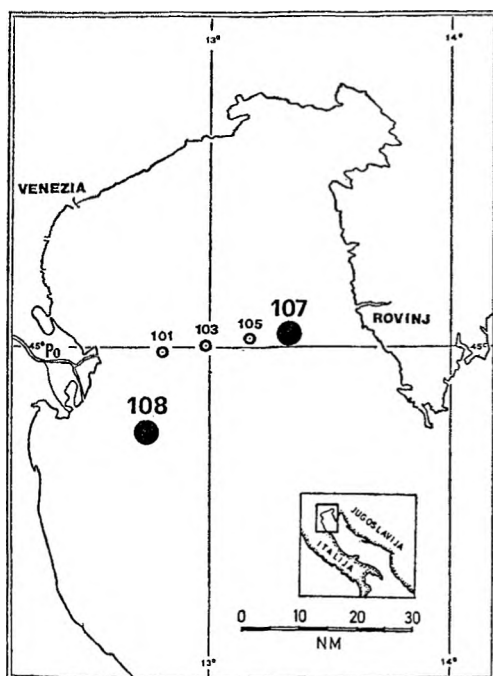
Prva zabilježena pojava »cvjetanja« praćena stvaranjem pjenušavih sluzavih nakupina na morskoj površini poznatih pod nazivom »morski snijeg« (»marine snow« — Suzuki i Kato 1953), bila je zabilježena

u tom području Jadrana (okolica Trsta), već 1872. godine (Hauck 1872). Najnovije informacije o toj pojavi u vodama sjevernog Jadrana donose Herndl i Peduzzi (1988), s naglaskom na ekologiji sluzavih nakupina nastalih tijekom »cvjetanja mora« u Tršćanskom zaljevu 1986, te Fanuko (1989), koja opisuje dio mikroflore sluzavih agregata 1988. godine, dobivene s pomoću elektronskog mikroskopa.

U ovom radu se pokušalo na osnovi analize sastava dominantnih fitoplanktonskih grupa, te ostalih pratećih fizikalno-kemijskih parametara (na dvije krajnje postaje transeкта Rovinj — ušće rijeke Po, tijekom perioda »cvjetanja« 1988. godine), objasniti kako neke grupe fitoplanktona mogu postati dominantne u određenim ekološkim uvjetima sredine.

### Materijal i metode

Uzorci vode za analizu fitoplanktona i ostalih oceanografskih parametara skupljani su na stalnim postajama transeкта Rovinj — ušće rijeke Po (Sl. 1), Van Dornovim odnosno Niskinovim crpicima. U ovom radu obrađeni su podaci za razdoblje od 23. 5. do 19. 9. 1988. god., koji su dobiveni uzorkovanjem za vrijeme 5 isplova broda. Kvalitativna i kvan-



Sl. 1. Lokacija postaja u istraživanom području

Fig. 1. Location of stations in the investigated area

titativna analiza fitoplanktona izvršena je s pomoću obrnutog mikroskopa po Utermöhlju (1958), poslije sedimentacije 10 — 100 ml uzorka (ovisno o gustoći populacija), fiksiranog neposredno nakon skupljanja Lugolovom otopinom (uz dodatak natrijeva acetata umjesto octene kiseline). Brojenje nanoplanktona provedeno je pri povećanju od 400 ×, dok je mikroplankton brojen pri povećanju od 160 ×. U klasifikaciji navedenih veličinskih frakcija fitoplanktona uzeta je granica od 20 μm (Dussart 1965). Kvalitativna i kvantitativna analiza fitoplanktona provedena je brojenjem 100 mrežica u 100 nasumce izabranih vidnih polja unutar dna komorice za sedimentaciju. Ostali oceanografski parametri bili su mjereni većinom neposredno poslije samog uzorkovanja, na brodu.

Salinitet je mjereno Beckman RS-7C indukcijom salinometrom, temperatura obrtnim termometrom, otopljeni kisik i hranjive soli su određeni na način opisan u radu Degobbis (1989). U ovom su radu prikazani rezultati za površinski sloj istraživanih postaja, gdje su promjene oceanografskih parametara bile najizrazitije.

## Rezultati

Za vrijeme »cvatnje« u fitoplanktonskoj zajednici dominirala je nanoplanktonska veličinska komponenta. U okviru mikroplanktonske frakcije evidentna je dominacija dijatomeja, s minimalnim procentualnim udjelom koncem svibnja (72% na post. 108, i 75% na postaji 107), te povećanim udjelom (iznad 91%), u vrijeme ostalih izlazaka, na objema istraživanim postajama. Gustoće dijatomejskih populacija su bile najviše početkom srpnja na objema postajama ( $550 \times 10^3$  stanica/l, postaja 107, odnosno  $18000 \times 10^3$  st/l na postaji 108). Tijekom ostalih isplova gustoće dijatomeja su na postaji 107 bile barem za upola manje od navedenih, a na postaji 108 čak za 1 i 2 reda veličine manje.

Početna faza »cvatnje« bila je u mikroplanktonskoj frakciji karakterizirana dominacijom dijatomeja *Chaetoceros* sp., i *Rhizosolenia fragilissima*. Gustoće fitoplanktona (uzimajući u obzir obje veličinske komponente) bile su u tom periodu izrazito visoke na postaji 108 u odnosu na postaju 107 (tab. 1).

Dinoflagelati su također najbrojnije zastupljeni na postaji 108 s vrstama *Prorocentrum micans* i *Protooperidinium diabolus*. Međutim, gustoća im je gotovo zanemariva u odnosu na gustoću dominantnih dijatomeja na toj postaji i smanjuje se za vrijeme istraživanja. Faza »cvatnje« u kojoj se na određenim lokalitetima već primjećuje tvorba sluzavih nakupina (početak srpnja), karakterizirana je na postaji 108 dominacijom dijatomeje *Chaetoceros* sp., koja tada dostiže kvantitativni maksimum (tab. 1), a kao sudominantna vrsta, s relativno visokom gustoćom, javlja se dijatomeja *Skeletonema costatum*. S obzirom na gustoću stanica, u završnoj fazi »cvatnje« (kraj srpnja, kolovoz, rujanj), najbrojnije su vrste koje su i ranije bile zastupljene na obje, ili na jednoj od postaja kao sudominantne — *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia delicatissima* compl., *Nitzschia tenuirostris*, te *Rhizosolenia fragilissima*.

Nanoplanktonska veličinska komponenta postiže također najvišu gustoću na postaji 108 početkom srpnja ( $73000 \times 10^3$  st/l), a na postaji 107 krajem svibnja ( $8000 \times 10^3$  st/l).

Analiza ostalih oceanografskih parametara ukazuje na određene razlike između dviju postaja tijekom »cvjetanja«. Na postaji bliže zapadnoj obali dolaze krajem svibnja do izražaja vrlo niske vrijednosti salini-

Tab. 1. Gustoća dominantnih vrsta ( $\times 10^3$  stanica  $l^{-1}$ ) i veličinskih frakcija fitoplanktona na postajama 107 i 108 tijekom perioda »cvjetanja«Tab. 1. Cell density ( $\times 10^3$  cells  $l^{-1}$ ) of the dominant phytoplankton species and size fractions at stations 107 and 108 during the bloom period.

Datum	Vrste	Postaja	
		107	108
23. 05.	<i>Chaetoceros</i> sp.	55,0	1023,0
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	46,7	214,6
	<i>Nitzschia delicatissima</i> compl.	2,3	30,6
	<i>Protoperidinium diabolus</i>	4,1	260,1
	<i>Prorocentrum micans</i>	6,5	153,3
	Mikroplankton	180,5	1805,0
	Nanoplankton	8600,0	7680,0
07. 07.	<i>Chaetoceros</i> sp.	0	17000,0
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	210,9	7,4
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	100,5	22,2
	<i>Skeletonema costatum</i>	0	1087,0
	<i>Nitzschia delicatissima</i> compl.	79,1	111,0
	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	0	444,0
	<i>Prorocentrum micans</i>	0,7	44,4
	Mikroplankton	586,0	18743,0
Nanoplankton	4230,0	73416,0	
29. 07.	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	35,5	73,6
	<i>Nitzschia delicatissima</i> compl.	25,9	76,5
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	36,2	58,4
	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	0	0
	<i>Prorocentrum micans</i>	1,4	0,4
	Mikroplankton	114,7	239,0
Nanoplankton	2263,0	1950,0	
16. 08.	<i>Nitzschia delicatissima</i> compl.	56,2	119,8
	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	95,0	2,9
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	78,0	0,7
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	14,2	1,5
	<i>Prorocentrum micans</i>	1,8	0
	Mikroplankton	274,0	136,0
Nanoplankton	5800,0	2300,0	
19. 09.	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	209,7	726,8
	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	98,7	133,2
	<i>Nitzschia delicatissima</i> compl.	2,2	75,5
	<i>Skeletonema costatum</i>	0	36,2
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	0,7	30,5
	Mikroplankton	243,0	1298,6
Nanoplankton	1301,0	1927,0	

teta, praćene visokim koncentracijama hranjivih soli, posebno silicija i fosfora. Istovremeno se na postaji 107 po vrijednostima saliniteta poćinje primjećivati utjecaj slatkovodnih dotoka, koji je maksimalno izraćen početkom srpnja, istovremeno kad na postaji 108 saturacija kisikom u uvjetima intenzivne »cvatnje« dostiže maksimum, a koncentracija hranjivih soli, zbog stalne potrošnje u uvjetima stratifikacije vodenog stupca

Tab. 2. Vrijednosti za temperaturu (t), salinitet (S), zasićenje kisikom (O<sub>2</sub> sat), koncentraciju ukupnog dušika (TN), ukupnog anorganskog dušika (TIN), ukupnog fosfora (TP), ortofosfata (PO<sub>4</sub>) i ortosilikata (SiO<sub>4</sub>), u površinskom sloju istraživanih postaja u periodu od 23. 05. do 16. 08. 1988. godine.

Tab. 2. Values for temperature (t), salinity (S), oxygen saturation (O<sub>2</sub> sat), concentrations of total nitrogen (TN), total inorganic nitrogen (TIN), total phosphorus (TP), orthophosphate (PO<sub>4</sub>) and orthosilicate (SiO<sub>4</sub>), in the surface layer at the investigated area from 23 May to 16 August 1988.

Parametar	Postaja						
	Datum	107			108		
		23. 05.	07. 07.	16. 08.	23. 05.	07. 07.	16. 08.
t °C		18.6	25.5	27.8	21.5	27.5	27.9
S ‰		35.1	32.4	33.9	16.4	22.8	34.6
O <sub>2</sub> sat ‰		132.0	117.4	121.7	170.0	202.5	121.6
c (TN) μ mol l <sup>-1</sup>		—	6.8	6.5	45.0	14.8	6.9
c (TIN) μ mol l <sup>-1</sup>		1.0	0.4	0.3	6.8	3.5	0.28
c (TP) μ mol l <sup>-1</sup>		0.2	0.17	0.24	1.54	0.87	0.25
c (PO <sub>4</sub> ) μ mol l <sup>-1</sup>		0.07	0.05	0.03	0.15	0.11	0.00
c (SiO <sub>4</sub> ) μ mol l <sup>-1</sup>		0.00	0.77	1.82	45.10	10.56	1.19

te smanjenih slatkovodnih donosa konstantno pada, dostigavši minimum, i gotovo »izjednačavanje« s vrijednostima na postaji 107, u kolovozu (tab. 2).

### Diskusija

Dok se za regulaciju proljetne »cvatnje« fitoplanktona, čija je pojava karakteristična za gotovo sva svjetska mora, smatraju osnovnim faktorima intenzitet svjetla (Riley 1957) te stupanj stabilizacije vodnog stupca (Sverdrup 1953), ljetni maksimum fitoplanktonske aktivnosti smatra se posljedicom donosa većih količina hranjivih soli iz urbanih sredina, odnosno posljedicom određenog stupnja procesa eutrofikacije nastalog raznim oblicima antropogene djelatnosti. U posljednje vrijeme, sve je učestalija pojava upravo takvih, tzv. »izvansezonskih cvatnji«, koje mogu imati regionalne (Degobbis i sur. 1979, Degobbis 1989), ili lokalne karakteristike (Maretić i sur. 1978).

Podaci dobiveni skupljanjem uzoraka 1988. godine ukazuju na pojavu »cvatnje« koja se primjećuje već krajem svibnja, posebno na postaji zapadnog dijela transekt (108). U tom periodu fitoplanktonskom zajednicom dominirala je nanoplanktonska veličinska komponenta, dok je u okviru mikropoplanktonske evidentna dominacija dijatomeja (*Chaetoceros* sp., *Rhizosolenia fragilissima*). Analiza podataka, dobivenih tijekom dugogodišnjeg perioda istraživanja sezonskog ciklusa fitoplanktona, ukazuje na pojavu gotovo periodičkih »cvatnji« (odnosno maksimuma aktivnosti) nanoplanktonske veličinske komponente fitoplanktona tijekom posljednjih godina — u razdoblju »kasno proljeće-ljeto« (Gilmartin i Revelante 1980, Smoldak 1985), s pretpostavljenim antropogenim uzrocima nastanka.

Tijekom dosadašnjih istraživanja provedenih u vodama sjevernog Jadrana ustanovljeno je također da je za period početne faze »cvatnje« (kasno proljeće-ljeto), karakteristična dominacija dinoflagelata u okviru mikroplanktonske veličinske komponente (Revelante i Gilmar-tin 1976), odnosno, nije zabilježena dominacija dijatomeja, koja je, međutim, bila evidentna u razdoblju »cvatnje« 1988. godine. Poznato je da promjene nekih ekoloških karakteristika sredine mogu rezultirati promjenama u sastavu fitoplanktonske zajednice, bilo u smislu sukcesije grupa (Parsons i sur. 1978), ili veličinskih frakcija fitoplanktona (Parsons i Takahashi 1973, Hecky i Kilham 1974). Prema tome, određeni režim fizikalno-kemijskih karakteristika u ekosistemu sjevernog Jadrana mogao je izazvati promjene u sastavu fitoplanktonske zajednice, evidentne u obliku dominacije dijatomeja u mikrofrakciji fitoplanktona tijekom »cvatnje« 1988. god.

Analiza nekih oceanografskih parametara ukazuje na specifičnu situaciju za istraživanog perioda. Konstatirana je veća zastupljenost manjih intenziteta brzina morskih struja (Branai sur. 1989), dok su vrijednosti temperature površinskog sloja bile za oko 2°C više od prosjeka (Prečali i sur. 1989). Analiza koncentracija hranjivih soli krajem svibnja upozorava na ekstremno visoke vrijednosti na postaji 108. Npr., koncentracija silikata od 45  $\mu\text{mol/l}$  prelazi dosad maksimalne zabilježene vrijednosti dobivene tokom perioda dugogodišnjeg istraživanja, prema kojem na postajama zapadnog dijela »profila« raspon varijacija istih iznosi od 0.00 do 22.5  $\mu\text{mol/l}$  (Smoldlaka 1985), a maksimalne vrijednosti su pritom zastupljene s vrlo niskom učestalošću podataka.

Literaturni podaci ukazuju na važnost prisutnosti visokih koncentracija svih hranjivih soli, a posebno silikata (Menzel i sur. 1963, Pratt 1965), za pojavu dominacije, odnosno »cvatnje« dijatomeja. Kad se npr. u uvjetima stratifikacije vodenog stupca zbog »cvatnje« dijatomeja zalije silikata istroše, postaje dominantan flagelatni, »ne-dijatomejski« fitoplankton, koji može iskorištavati reciklirani dušik i fosfor (Ryther i Officer 1981). Prema tome, promijenjeni sastav fitoplanktonske zajednice za »cvatnje« 1988, karakteriziran dominacijom dijatomeja u mikroplanktonskoj frakciji, mogao bi se objasniti u prvom redu prisutnošću visokih koncentracija hranjivih soli. U ekosustavu obogaćenom hranjivim solima, neke vrste fitoplanktona mogu zbog velike brzine dioba stanica postati dominantne (Sakshaug i Olsen 1986). Diatomeje mogu postići čak do 4–5 dioba na dan (Eppley 1977), što je brže od dioba dinoflagelata (Parsons i sur. 1978, Estrada 1982) te flagelata i monada (Ishizaka i sur. 1986). Prema tome, dominacija dijatomeja karakteristična je za ekosustave bogate hranjivim solima (Tont 1976; Takahashi i Kishi 1984; Ishizaka i sur. 1986), dok bi dinoflagelati trebali prevladavati u stratificiranim vodama, siromašnim hranjivim solima (Margalef 1978).

Naši rezultati pokazuju da uz postojanje jake vertikalne stratifikacije (kao posljedice u razlici gustoće između površinskog i pridnogenog sloja vodenih masa), a uglavnom kao posljedice temperaturnog gradijenta (3.8–7.5  $\text{kg/m}^3$ , Degobbis 1989), visoke koncentracije nutrijenata na postaji 108 očito su imale udjela u »favorizaciji« rasta malih dijatomejskih formi, od kojih su neke nađene i u sastavu prisutne »morske sluzi«, npr.: *Nitzschia delicatissima* compl., *Nitzschia closterium* (Fanuko 1989), a na nekim lokalitetima i *Skeletonema costatum* (Filipić, neobjavljeni podaci).

Razmatrajući mogući utjecaj ostalih parametara na sastav fitoplanktonske zajednice za »cvatnje« (temperatura, salinitet), utjecaj povišenih

vrijednosti temperature mogao bi se zanemariti, barem u slučaju većine dominantnih vrsta. Naime, prema literaturnim podacima, dijatomeje u većini slučajeva ne preferiraju vode s povišenim (»ljetnim«) temperaturama. Tako npr., gotovo stalno prisutne vrste za »cvatnje« *Leptocylindrus danicus* i *Rhizosolenia fragilissima* imaju optimum na relativno niskim temperaturama (15 odnosno 18°C, prema podacima sakupljenim od raznih autora u radu Karentz i Smayda (1984). *Skeletonema costatum*, koja se javlja s relativno visokim gustoćama početkom srpnja, prema istim autorima (Karentz i Smayda 1984), euritermna je vrsta, ali »favorizira« niže temperature od ostalih (u spomenutom radu navedenih) euritermni vrsta.

Utjecaj nižih vrijednosti saliniteta gotovo je zanemariv, jer se radi o prevladavanju neritičkih vrsta, sa širokim rasponom »tolerancije«. *Skeletonema costatum*, npr., ima optimum pri salinitetu  $\sim 25 \times 10^{-3}$ , iako zadržava sposobnost diobe i kod vrijednosti od  $15 \times 10^{-3}$  (Brand 1984).

Pojava sluzavih agregata (sluzave plutajuće mase na morskoj površini i u vodenom stupcu) mogla bi se dovesti u izravnu vezu s prevladavanjem dijatomeja u mikrofrakciji. Poznato je da gotovo sve dijatomeje izlučuju mukozne supstancije, koje u kolonijalnim formama (koje su bile prisutne za »cvatnje«), povezuju stanice (Fritsch 1965). Zanimljiv oblik ekskrecije sluzavih vlakana, koje nemaju funkciju povezivanja stanica, našli su kod dijatomeje *Skeletonema costatum* Yamada i Takano (1987).

U postojećim uvjetima smanjenje dinamike vodenih masa bila je moguća agregacija izlučene sluzi te inkorporacija čestica anorganskog i organskog porijekla (cijanoficeje, protozoa i bakterije, Silver i sur. 1978), što bi uz već postojeće stanice fitoplanktona moglo predstavljati u izvjesnom smislu zasebni ekosistem, koji je mogao funkcionirati i kad je gustoća fitoplanktona u okolnoj morskoj vodi (kolovoz-rujan) pala na uobičajene vrijednosti za to razdoblje.

\*

Rad je financiran sredstvima Samoupravne interesne zajednice za znanstveni rad SR Hrvatske i Samoupravne vodoprivredne interesne zajednice SR Hrvatske. Za skupljanje uzoraka zahvaljujem Romanu Rabaku.

### Literatura

- Brana, J., N. Kuzmanović, K. Kuzmić, M. Orlić, Z. Pasarić, 1989: Neuobičajeni oblik eutrofikacije u sjevernom Jadranu u 1988. godini. 2. Uloga dinamike mora. Zaštita voda, '89. 412—421.
- Brand, L. E., 1984: The salinity tolerance of forty-six marine phytoplankton isolates. Estuar. coast. shelf Sci. 18, 277—293.
- Degobbi, D., N. Smodlaka, I. Pojed, A. Škrivanić, R. Precali, 1979: Increased eutrofication of the Northern Adriatic sea. Mar. Poll. Bull. 10, 298—301.
- Degobbi, D., N. Smodlaka, R. Precali, M. Devescovi, B. Filipić, D. Fuks, I. Ivančić, M. Najdek, S. Puškarić, 1989: Neuobičajeni oblik eutrofikacije u sjevernom Jadranu u 1988. godini. 1. Mehanizam pojave. Zaštita voda '89. 404—411.
- Degobbi, D., 1989: Increased eutrofication of the Northern Adriatic sea—Second act. Mar. Poll. Bull. 20, 452—457.

- Dussart, B. M., 1965: Les differentes categories de plancton. *Hydrobiologia*. 26, 72—74.
- Estrada, M., 1982: Phytoplankton of the western Mediterranean at the beginning of autumn. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 67, 517—532.
- Eppley, R. W., 1977: The growth and culture of diatoms. *The biology of diatoms*. Univ. California Press, Berkeley.
- Fanuko, N., J. Rode, K. Draštar, 1989: Microflora from the Adriatic mucous aggregations. *Biol. Vestn.* 4, 27—34.
- Fritsch, F. E., 1965: *Bacillariophyceae*. The structure and reproduction of the algae. Cambridge Univ. Press.
- Gilmartin, M., N. Revelante, 1980: Nutrient input and the summer nanoplankton bloom in the Northern Adriatic sea. *Mar. Biol.* 1, 169—180.
- Hauck, F., 1872: Über das Massenaufreten der *Nitzschia closterium* (Ehr.) in der Adria. *Oesterr. Bot. Zeitschr.* 22, 253—254.
- Hecky, R. E., P. Kilham, 1974: Environmental control of the phytoplankton cell size. (Comment). *Limnol. Oceanogr.* 19, 361—365.
- Herndl, P. J., P. Peduzzi, 1988: The ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the northern Adriatic sea. I. General considerations. *P. S. Z. N. I. Mar. Ecol.* 9, 79—90.
- Ishizaka, J., M. Takahashi, S. Ichimura, 1986: Changes in the growth rate of phytoplankton in local upwelling around the Izu Peninsula, Japan. *J. Plankton Res.* 8, 169—181.
- Karentz, D., T. J. Smayda, 1984: Temperature and seasonal occurrence patterns of 30 dominant phytoplankton species in Narragansett Bay over a 22-year period (1959—1980). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 18, 277—293.
- Margalef, R., 1978: Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1, 493—509.
- Maretić, Z., I. Pojed, R. Zekić, M. Bujan, 1978: Red tide due to the dinoflagellates in the harbor of Pula. *Period. Biol.* 80 (Suppl.), 153—159.
- Menzel, D. W., E. M. Hulburt, J. H. Ryther, 1963: The effects of enriching Sargasso sea water on the production and species composition of the phytoplankton. *Deep-Sea Res.* 10, 209—219.
- Najdek, M., S. Puškarić, R. Batel, N. Bihari, M. Devescovi, B. Ozretić, R. Precali, N. Zavodnik, 1989: Neuobičajeni oblik eutrofikacije u sjevernom Jadranu u 1988. godini. 4. *Priroda i sastav organskih agregata. Zaštita voda '89*, 431—438.
- Parsons, T. R., M. Takahashi, 1973: Environmental control of phytoplankton cell size. *Limnol. Oceanogr.* 18, 511—515.
- Parsons, T. R., P. J. Harrison, R. Waters, 1978: An experimental simulation of changes in diatoms and flagellate blooms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 32, 285—294.
- Precali, R., D. Degobbi, R. Batel, N. Bihari, M. Devescovi, B. Filipić, D. Fuks, I. Ivančić, M. Najdek, S. Puškarić, 1989: Neuobičajeni oblik eutrofikacije u sjevernom Jadranu 1988. godine 3. Posljedice u području mora zapadne obale Istre. *Zaštita voda '89*. 422—430.
- Pratt, D. M., 1965: The winter-spring diatom flowering in Narragansett Bay. *Limnol. Oceanogr.* 10, 173—184.
- Pucher-Petković, T., I. Marasović, 1984: Prilog poznavanju fenomena »cvjetanja mora« u Jadranu. *Pomorski zbornik*. 22, 335—348.
- Revelante, N., M. Gilmartin, 1976: Temporal succession of phytoplankton in the Northern Adriatic. *Neth. J. Sea Res.* 10, 377—396.
- Riley, G. A., 1957: Phytoplankton of the north central Sargasso sea. *Limnol. Oceanogr.* 2, 252—270.
- Ryther, J. H., C. B. Officer, 1981: Impact of nutrient enrichment on water uses. *Estuaries and nutrients*. The Humana Press, Clifton, New Jersey. 247—261.



- Sakshaug, E., Y. Olsen, 1986: Nutrient status of phytoplankton blooms in Norwegian waters and algal strategies for nutrient competition. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43, 389—396.
- Silver, M. W., A. L. Shanks, J. D. Trent, 1978: Marine snow: Microplankton habitat and source of small-scale patchiness in pelagic populations. *Science* 201, 371—373.
- Smoldaka, N., 1985: Primarna proizvodnja organske tvari kao indikator eutrofikacije u sjevernom Jadranu. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Institut »Ruder Bošković«, 262 str.
- Suzuki, N., K. Kato, 1953: Studies on suspended materials. Marine snow in the sea. I. Sources of marine snow. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 4, 132—135.
- Sverdrup, H. V., 1953: On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 18, 287—295.
- Takahashi, M., M. Kishi, 1984: Phytoplankton growth response to wind induced regional upwelling occurring around the Izu Islands of Japan. *J. Oceanogr. Soc. Jap.* 40, 221—229.
- Tont, S. A., 1976: Short-period climatic fluctuation -effects on diatom biomass. *Science (Wash.)* 194, 942—944.
- Utermöhl, H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Ver. theor. angew. Limnol.* 17, 47—71.
- Yamada, M., H. Takano, 1987: Thin fibres emitted by the marine diatom *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve. *Bull. Tokai Reg. Fish. Lab.* 121, 35—39.

## SUMMARY

PHYTOPLANKTON BLOOM IN THE NORTHERN ADRIATIC DURING THE  
SPRING-SUMMER PERIOD 1988

Branka Filipić

(Center for Marine Research Ruder Bošković Institute, Rovinj, Yugoslavia)

During the late spring-summer period 1988 an exceptional phytoplankton bloom, accompanied by mucous aggregates formation occurred in the whole of the northern Adriatic region. Nanoplankton dominated the phytoplankton community, while within the microplankton, diatoms (*Chaetoceros* sp., *Rhizosolenia fragilissima*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia delicatissima* compl., *Skeletonema costatum*) were dominant. The long-term investigation data indicate nanoplankton blooms, as well as dinoflagellate dominance in the late spring period, when the phytoplankton bloom 1988 was determined. An analysis of oceanographic data for the period of initial bloom phase 1988 show unusual values. Salinity was lowered to  $16 \times 10^{-3}$ , while all the nutrient concentrations were exceptionally high (Tab. 2). Surface water temperature was higher than usually by about 2°C. On the base of literature data, it is hypothesized that the observed shift in the phytoplankton community structure with appearance of diatoms bloom 1988 could be related to the unusually high nutrient concentrations, originating from freshwater inflows, especially those of the Po river, in the vicinity of which the bloom began.

Branka Filipić  
Centar za istraživanje mora Rovinj  
Institut »Ruder Bošković«  
YU-52210 Rovinj (Jugoslavija)