

ACTA ADRIATICA

INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO — SPLIT
FNR JUGOSLAVIJA

Vol. VI. No. 6.

IZVJEŠTAJ O REZULTATIMA EKSPERIMENATA GNOJENJA MLJETSKOG JEZERA NOVIM POSTUPKOM

REPORT ON THE RESULTS OBTAINED BY A NEW METHOD
OF FERTILIZATION EXPERIMENTED IN THE MARINE BAY
»MLJETSKA JEZERA«

M. Buljan



SPLIT 1957

IZVJEŠTAJ O REZULTATIMA EKSPERIMENATA GNOJENJA MLJETSKOG JEZERA NOVIM POSTUPKOM

REPORT ON THE RESULTS OBTAINED BY A NEW METHOD OF FERTILIZATION
EXPERIMENTED IN THE MARINE BAY „MLJETSKA JEZERA“

Miljenko Buljan

Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split

ZADATAK

Danas postoji akutan problem poboljšanja prehrane, pa tako i povećanja raspoložive ribe za potrošnju. Taj problem je općenit u svijetu, pa ostoji i kod nas. Neprestanim porastom pučanstva, ovaj problem ima tendenciju, da se sve više zaoštrava.

Umjetno gnojenje zatvorenijih morskih voda i time eventualno postignuto povećanje produktiviteta voda, i odatle povećanje ribolova, bilo bi jedno od rješenja problema. To je bio poticaj za otpočinjanje ovog rada.

Gnojenje morskih predjela nije nova tema. Najznatniji su pokušaji širih razmjera u tom pravcu učinjeni u toku posljednjih godina zadnjeg rata u V. Britaniji. O njima postoji opširna literatura učesnika u tim radovima: Gross, 1946., 1949. a., 1949. b., 1950. a., Gross, Raymond, Nutman, Gauld, 1946., Marshall i Orr, 1948.

Postoje nadalje i radovi, u kojima je kritiziran taj rad: Cooper, 1948., Cooper i Steven, 1948., Atkins, 1944., te drugi radovi, koji ocjenjuju dobivene rezultate i čitav pothvat kao dobar: Gross, 1948., Ritchie 1944., Wheeler, 1945. Najpotpuniji osvrt na značenje dobivenih rezultata i rada kao cjeline, te na iznesenu kritiku rada na gnojenju morskog zaljeva, dao je F. Gross, 1950. b.

Cilj našeg rada je bio putem umjetnog dodavanja anorganskih hranjivih tvari na nov i ekonomičan način izvršiti eutrofizaciju jednog od morskih zaliva, koji su dobro zaštićeni od otvorenog mora i kakvih na našoj obali ima veći broj.

Između ostaloga treba doznati, kako će obogaćenje anorganskom hranom uplivati na povećanje proizvodnje biljne i životinjske mase u morskome zalivu. Kao glavni indikator uspjeha pothvata poslužiti će nam

kultura kamenica, koje, pošto žive sesilno, pružaju određene prednosti u radu.

Prije pristupanja radu nastojali smo uočiti propuste, koji su ranije omeli postizanje dobrih rezultata. Čini se, da je jedan od razloga tog neuspjeha bilo to, što je kod gnojenja morskih ploha bio preuziman tradicionalni način gnojenja na isti način kao i na kopnu t. j. jednostavno rasipanje u vodu krutog i razmjerno teže topivog gnojiva. Nova sredina međutim zahtijeva novu metodiku.

Moguće se nije dovoljno ni uviđalo, da i u moru ima geokemijskih mogućnosti, koje se dadu iskoristiti u svrhu pojeftinjenja pothvata umjetnog gnojenja.

PRISTUP RADU

U rješavanje problema unijeli smo neke nove poglede, od kojih neke smatramo da su od bitne važnosti.

1. Smatrali smo, da je potrebno dodane P soli iskoristiti daleko bolje, nego li je to pošlo za rukom našim prethodnicima u ovom poslu. Da bi se to postiglo, odlučili smo da ne dodajemo sirova tvorničko gnojivo ravno u more, kao što je to vršeno drugdje na pr. kod pokusa izvedenih u škotskim vodama, a i svugdje drugdje, jer se tako superfosfat ne će otopiti, nego samo svojim malim dijelom (navodno oko $\frac{1}{4}$), a ostali dio pada na dno, gdje uglavnom ostaje neotopljen. Da bi se to spriječilo, potrebno je upotrebiti neku od jakih mineralnih kiselina u svrhu potpunog otapanja fosfornih soli i djelomično oslobađanja fosforne kiseline, koja se lako i potpuno otapa.

Prednosti ovog postupka su u povišenju topivosti fosforne komponente gnojiva naime: (i) uklonjen je sav prisutni netopivi sekundarni Ca-fosfat, pa se sada mogu upotrebljavati i stari »povraćeni» superfosfati, (ii) dobiva se smjesa samog topivog primarnog Ca-fosfata i slobodne kiseline, koji su lako topivi, (iii) na ovaj način se otvara nova mogućnost upotrebe jeftinih sirovih fosforita (mrvljenih u prah) umjesto superfosfata u svrhu gnojenja vodenih tijela.

2. Kao daljnji novitet za pokuse na veliko u toku razrade naše metodike uzet je u obzir i povoljan upliv zemljinog ekstrakta, kao dopunskog faktora gnojenja, za postizavanje bržeg rasta i reprodukcije organizama, (Harvey, 1933., 1939., Gran, 1933., Rose, 1954.). Bogata iskustva navedenih i brojnih drugih autora dobivena laboratorijskim istraživanjima, koliko je nama poznato, prvi put su primijenjena u većem

opsegu u jednom morskom zalivu u ovom našem radu. Dodavanje zemljinog ekstrakta vodi Mljetskog jezera je bilo i praktički omogućeno upotrebom naše metode obrade gnojiva kiselinom.

3. Problem će biti teže riješiti ako budemo u svrhu gnojenja morali dodavati i dušikove soli, kao što su to radili kod raznih eksperimenata gnojenja voda, bilo morskih zaliva (poznati škotski eksperimenti gnojenja mora, Gross i dr. 1946.), bilo slatkovodnih jezera (u Kanadi, Langford, 1948.) ili ribnjaka (Schäperclaus, 1950.). Težinski omjer N:P u organizmima se kreće otprilike kao 7,2:1 (Sverdrup i dr. 1945.), pa bi to zahtijevalo ogromne količine N-gnojiva, čija je cijena viša od one za P-gnojiva. To znači, da bi kombinirano dodavanje ovih spojeva stvar mnogo poskupilo. Tako su u škotskim pokusima (Gross i dr., 1946.), dodavali na 1 kvintal superfosfata oko 4 q amonsulfata. (Ovaj zadnji je po cijenama kod nas koncem 1953. god. bio preko 20 puta skuplji od superfosfata. Prije toga su u škotskim pokusima umjesto 4 q amonsulfata dodavali 5 q čilske salitre, koja je jeftinija, ali je davala navodno slabije rezultate).

U ovom pitanju snabdjevanja morskih organizama N spojevima mi smo se bazirali na činjenici, da je dušik već prisutan i u slatkoj i u morskoj vodi, iako u nepovoljnoj, inertnoj formi. Poznato je iz iskustva u slatkim vodama, da neke bakterije i cijanoficeje fiksiraju otopljeni N_2 iz vode, kako to pokazuju Hoferovi pokusi (Thienemann, 1953. p. 66), ili pak Lantzh-ovi pokusi (Nees, 1946.), i prevode ga u oblik, koji kasnije mogu upotrebljavati i drugi, viši organizmi u vodi.

Međutim ima danas već dosta indicija, koje ukazuju, da i u plitkim morskim uvalama žive bakterije tipa *Clostridium* i cijanoficeje, koje također vrše vezivanje dušika (Frey, 1947., Vaas, 1952., Schuster, 1952.). Fogg i Wolfe (1954.) su utvrdili, da među ostalim slijedeće morske i slatkovodne modro-zelene alge vrše vezivanje atmosferskog N_2 : *Nostoc*, *Cylindrospermum* (*Sphaerozyga*), *Calotrix*, pa *Tolypotrix*, *Mastogocladus*, *Aulosira*, *Anabaenopsis* i dr.

Sisler i ZoBell (1951.) su utvrdili da morske bakterije iz grupe reduktora sulfata vrše vezivanje atmosferskog dušika.

Za sve ove organizme je potrebna prisutnost organske tvari, K soli, P soli i prisutnost otopljenoga N_2 kao i odsutnost nitrata. To su uslovi koji se mogu ispuniti, a dijelom su već ispunjeni u prilikama, koje vladaju u Mljetskom jezeru. Za proces razvezivanja N-N veza je potrebno i prisustvo soli nekih teških kovina. To smo postigli dodavanjem zemljinog ekstrakta. Dodavanjem morskoj vodi geokemijski odsutnoga

(točnije: oskudnoga) P u vodama Jadrana, kao i u stijenama naše obale, prouzrokovat ćemo aktiviziranje geokemijski prisutnoga N.

4. Daljnja polazna točka je bila, da će radi obogaćenja bazena organskom tvari uslijed povećane produkcije, u njemu doći do smanjivanja stepena zasićenosti kisika u donjim slojevima, a ovo će prouzrokovati otpuštanje fosfata iz morskog mulja, kada se izvrši redukcija gornje oksidirane kožice mulja, kao što je to dokazao za morske taloge Buljan (1953. a. i b.) i ranije za taloge slatkovodnih jezera Elster i Einsle (1938.). Ova okolnost znači djelomično aktiviziranje prisutnog P u morskome bazenu, kao i u gornjem slučaju sa aktivizacijom dušika.

Ovim se izvještajem iznose prvi put rezultati pokusa umjetnog gnojenja Mljetskog jezera, a u pripremi je rad o hidrografskim svojstvima ovoga jezera. Pojedini kolege, učesnici istraživanja Mljetskog jezera i susjednog otvorenog Jadrana, pripremaju također izvještaje o svojim radovima. Neki podaci, koje niže iznosim, a koje su mi saopćili pojedine kolege potječu iz tih radova. Ja im se i ovdje na tome najljepše zahvaljujem. Isto tako se zahvaljujem svima onima, koji su svojim radom i učestvovanjem na bilo koji način pomogli izvršenje ovog našeg rada.

Znatna nedostatak ovoga izvještaja sastoji se u tome, što on ne daje nekih podataka o umnažanju i rastenju ribe u Mljetskim jezerima, kao i o preživljavanju mladi ribe, bez obzira što tom studiju i inače stoje na putu znatne objektivne poteškoće, na koje su i drugi naišli. Podaci za ribu bi skoro potpuno nedostajali, ako bismo ostavili po strani naš očeviti i zapažanja domaćih ljudi, koji žive kod jezera.

Sa druge strane ovaj nedostatak je nadoknađen sa dosta iscrpnim podacima o rastu drugih organizama u jezeru, osobito kamenica, pa se uza sve nedostatke, može dobiti dosta jasna slika o blagotvornom djelovanju umjetnog gnojenja na ove organizme, koji se hrane isključivo planktonom i organskim detritusom. Slobodni smo napomenuti da isti zaključak možemo sa najvećom vjerojatnošću primijeniti i na ostale organizme, koji se u moru hrane istom hranom.

HIDROGRAFSKA SVOJSTVA MLJETSKOG JEZERA

Za vršenje pokusa umjetnog gnojenja zatvorenijih područja Jadrana izabrano je Mljetsko jezero na sjeverozapadnoj glavi otoka Mljeta pored ostalog i zbog svojih zgodnih dimenzija. Malo jezero ima 24 ha, Veliko jezero 145 ha i Soline oko 14 ha. Ukupno 183 ha sa oko $41 \times 106 \text{ m}^3$. Za ostala morfometrijska svojstva Mljetskih jezera iscrpni podaci se mogu

naći u radu A. Vuletića (1953.). Pri izboru ovoga morskog zaliva bila su odlučujuća još i neka druga njegova svojstva, koja treba da su ispunjena, da bi morski zaliv mogao biti izabran u ovu svrhu. Sl. 1.



Sl. 1. Mljetska jezera, morski zaliv na sjeverozapadnoj glavi otoka Mljeta. Zaliv je sa nekoliko plitkih pragova (kod 1, 2, 3 i 4) odijeljen od otvorenog Jadrana. Dijelovi zaliva: Veliko Jezero i Malo Jezero su duboki 46 m odnosno 30 m.

Fig. 1. The Mljetska Jezera area, a marine bay situated on the western end of the Island of Mljet (Eastern Adriatic Coast). The connection with the offing is provided by narrow passages over several shallow shelves (1, 2, 3, 4). Veliko Jezero («Great Lake») and Malo Jezero («Little Lake»), two distinct parts of the bay, have a depth of 46 m and 30 m respectively.

Što se tiče množine soli u vodi Jezera u toku naših ispitivanja kroz pune tri godine kolebanje slanoće u vodi Velikog jezera kretalo se kako slijedi: (vidi tab. 1.)

Slanoća vode zaliva je, dakle, dosta visoka, te predstavlja jedan naš prosječni morski zaliv, koji je u manjoj mjeri zaslađen.

Temperatura površine vode u Velikom jezeru je bila nađena kako slijedi: (vidi tab. 2.)

Poslije početka radova na Mljetskom jezeru ispostavilo se da u jednom dijelu jezera, zvanom Malo jezero, uglavnom trajno dolazi sumporovodnik u najdubljim slojevima od oko 25 do 30 m. (Buljan, 1956.). Malo jezero je međutim od glavnog dijela jezera pregradom, podmorskim pragom tako, da je rukav, koji spaja oba jezera, dubok samo

Tab. 1. Kolebanje slanoće vode Mljetskog jezera (položaj Vrbovačka) u toku tri godine ispitivanja.

Fluctuation of salinity of the water in the experimental area, at the position Vrbovačka in the course of three year long investigations.

Dubina Depth	Raspon kretanja slanoće Salinity fluctuation span		
0 m	30,03	—	37,20‰ soli
10 m	35,28	—	37,34‰ „
20 m	35,28	—	37,56‰ „
30 m	35,28	—	36,92‰ „
40 m	35,48	—	36,94‰ „

Tab. 2. Temperatura površine vode Mljetskog jezera na položaju Vrbovačka.

Surface layer temperature of the water in the experimental area, at the position Vrbovačka.

Mjesec Month	Temperatura u C° Temperature in C°
III. 1951.	12,30
IV. „	14,90
V. „	18,82
VI. „	23,90
VII. „	27,62
VIII. „	24,89
X. „	22,50
XI. „	17,58
XII. „	13,42
I. 1952.	11,20
II. „	8,16
III. „	9,90

1/2 m. Osim toga u Malom jezeru postoji snažno razvijeno slojanje, dakle razvijen je stabilitet slojeva vode. Na taj način je Veliko jezero zaštićeno od upliva dubinske vode u susjednom bazenu.

Utvrđeno je, da je na postaji Vrbovačka u lipnju 1951., uslijed nekih razloga, došlo do vertikalnog pokretanja vodenih masa u čitavom stupcu od preko 40 m dubine. Ovo je izazvalo, čini se kratkotrajno, uklanjanje većih razlika raznih hidrografskih karakteristika svih slojeva vode na ovoj postaji, koja je blizu vanjskog ulaza u Veliko jezero.

Kao jednu značajku Mljetskih jezera treba istaknuti da je čitavo splivno područje ovog dubokog zaliva pokriveno dosta gustom šumom.

(oko 250—300 ha). To je pretežno šuma alepskog bora (*Pinus halepensis*) u gustom sastojini zajedno sa raznim elementima jedne bujno razvijene makije. Upliv ovog šumskog pokrivača u neposrednoj blizini mora po našem mišljenju je veoma važan faktor snabdijevanja morske vode raznim hranjivim tvarima, posebno ugljičnom kiselinom. Zahvaljujući tome duboke vode, Mljetskog jezera imaju pH često od 8,00—7,40, dok vode otvorenoga Jadrana u istim dubinama, ili još dublje, imaju 8,10—8,30 pH.

Šuma je faktor podizanja proizvodnosti u vodenim bazenima, kako morskim, tako i slatkovodnim (Buljan, 1953. c.). Smatramo da je njezino prisustvo bilo korisno i od bitne važnosti za uspjeh gnojenja na način, koji je bio proveden u Mljetskom jezeru.

POKUS U MLJETSKOM JEZERU

Po prethodnom sporazumu odlučeno je, da će u istraživanju i kontroli stanja jezera prije i poslije gnojenja učestvovati i niz kolega iz Instituta.

Prvom dijelu rada, kontroli jezera prije gnojenja, pristupilo se 1951. u III. mjesecu, pa su kroz 1951., 1952. i 1953. g. izvršeni potrebni radovi na proučavanju hidrografskih svojstava jezera i susjednog mora (M. Buljan, J. Špan), kao i na proučavanju nekih bioloških svojstava istih područja. Taj rad je obuhvatio istraživanje fitoplanktona (A. Ercegović, T. Pucher-Petković), zooplanktona (Z. Pintar, T. Vučetić), bakterijskih naselja (V. Cvijić), rasta kamenica (D. Morović, M. Mihailinović).

Zbog objektivnih razloga proučavanje ribljih naselja je naišlo na poteškoće. Izučavanje zoobentosa je bilo planirano, ali uslijed tehničkih razloga nije provedeno. Izučavanje ostalog bentosa nije bilo planirano, ali je kasnije vršeno u veoma skromnom opsegu. Dobro je proučena morfometrika i geologije Mljetskog jezera (A. Vuletić.).

Poslije tih triju godina predradnja, 1954. g. se pristupilo samom gnojenju jezera i nastavljeno je sa istraživanjem i kontrolom jezera.

Zapravo već u svibnju i lipnju 1953. g. bačeno je u jezero (u Pospile, to je jedan dio Vel. jezera) 2.270 kg Ca-cijanamida*) u svrhu posebnog pokusa podizanja produktiviteta metodom eksterminacije. (O tome još vidi kasnije).

*) Radnički savjet tvornice karbida i cijanamida u D. Ratu dao nam je besplatno količinu od 3.000 kg Ca-cijanamida u svrhu naših pokusa, pa im se i na ovom mjestu posebno zahvaljujemo.

U 1954. god. je dodavano vodi Mljetskog jezera superfosfata kako slijedi:

siječanj	500 kg
ožujak	2.800 „
svibanj	2.400 „
lipanj	4.100 „
srpanj	800 „
kolovoz	2.900 „
rujan	4.000 „
studenj	4.000 „
ukupno	21.500 kg

Do konca 1954. god. je bilo dakle dodano 21.500 kg superfosfata u Veliko jezero.

Gnojivo se dodavalo na slijedeći način. Na palubi većeg motornog čamca se u željeznu posudu od oko 200 l stavi 70—80 l morske vode, oko 4,75 l tehničke koncentrirane sumporne kiseline, 100 kg superfosfata i 1 do 2 lopate vrtne ili šumske zemlje. To se dobro izmiješa i ostavi stajati oko $\frac{1}{4}$ sata. U takvoj jako kiseloj smjesi dolazi do snažnog ekstrakiranja i ubrzanog otapanja mnogih spojeva kako mikroelemenata, tako i organskih spojeva iz dodanoga tla. Zatim se doda još morske vode do ukupno 200 l i dobro izmiješa. Sada se nastala suspenzija pušta u tanjem mlazu u more sa čamca u hodu. Kod nas se radilo sa dvije posude. Dok se jedna posuda praznila, druga se pripremala. Sa tri-četiri čovjeka na čamcu može se dnevno izbaciti i 1.500—2.000 kg superfosfata.

U toku 1954. god. je dodano ukupno 36,7 mg P-PO₄ po svakoj toni morske vode Mljetskog jezera (Veliko i Malo jezero i Soline). Dodavanje zemljinog ekstrakta je vršeno od ožujka pa dalje.

REZULTATI I DISKUSIJA

Kisik. Prema našem predviđanju, ukoliko bi gnojenje jezera povoljno uplivalo na proizvodnju, trebalo bi da dođe i do sniženja sadržaja kisika u donjim slojevima jezera zbog mineralizacije povećanih količina organskih tvari, koje tonu na dno, a pomognuto i povećanim potamnjem dubljih slojeva uslijed smanjenja prozirnosti gornjih slojeva (M. Buljan, 1953. a., b.). To se i dogodilo. U VII. 1954. već je nastupilo smanjenje sadržaja kisika u pridnenim slojevima vode u Pospilama, gdje

je čak došlo do potpunog nestanka kisika, i što više do pojave stvaranja H_2S .

Kada usporedimo vrijednost O_2-O_2' prije i poslije gnojenja, onda dobijemo sliku intenziteta proizvodnje područja. Ukoliko su vrijednosti pozitivne, onda se nalazimo u sloju ili u području same proizvodnje (slučaj u bazenu Samostan). Ako su te vrijednosti negativne, onda se radi o području gdje se vrši disimilacija organske tvari, koja je stvorena na drugom nivou ili mjestu. U oba slučaja vrijednosti O_2-O_2' su mjerilo proizvodnje. Ako je ta vrijednost neznatna ili blizu vrijednosti 0, onda se radi o neznatnoj produkciji. Kada u Pospilama usporedimo O_2-O_2' vrijednosti prije i poslije gnojenja, dakle vrijednost za 1953. sa onima 1954., onda dobijemo slijedeću sliku (tab. 3.). Vidi se da je u sloju od 7—13 m

Tab. 3. O_2-O_2' ml/l u toku ljeta 1953. i 1954. g. nastala proizvodnjom bilja, pretežno, fitoplanktona, u bazenu Pospile.

O_2-O_2' ml/l during the summers 1953 and 1954, caused by the production of marine flora, mainly of phytoplankton, at the locality Pospile.

Dubina Depth	27. VI. — 13. VIII. 1953.	28. V. — 20. VIII. 1954.	Omjer vrijednosti proizvodnje 1954./53. Ratio of production value 1954/1953.
0 m	— 0,42 O_2 ml/l	+ 0,28 O_2 ml/l	—
7 m	— 0,80 „	+ 0,24 „	
13 m	— 0,00 „	+ 5,09 „	
7 — 13 m	2,40 O_2 l/m ²	15,99 O_2 l/m ²	6,66
13 m	0,00 „	5,09 „	
Interval u danima Time interval in days	46	52	—

1954. g., dakle poslije fosfatnog gnojenja, bila produkcija veća za 6,6 puta nego li 1953. g. u približno istom periodu vremena. Kada usporedimo vrijednost za sam nivo od 10 m, onda dobivamo još daleko veći broj u korist 1954. g.

Doduše 1954. g. se radi o intervalu za 6 dana dužem, ali zato u gornji račun nije ubrojen stvoreni sumporovodik, koji bi vrijednost O_2-O_2' 1954. još povećao. Nadalje, mjerenje 1953. je vršeno nakon djelovanja cijanamida što je moglo nešto povećati vrijednosti za 1953. g. Ovdje je, prema tome, fosfatnim gnojenjem postignuto povećanje proizvodnje za preko

6 puta. Kao što je poznato, asimilacija zelene biljke može se mjeriti količinom proizvedenoga O_2 , s kojim stoji u stehiometrijskom omjeru.

Ovdje iz literature spominjem jedan od brojnih primjera, kako bogatstvo planktona u nekom morskom području prati osiromašenje kisika u dubljim slojevima. Sverdrup i al. (op. cit. p. 872) navodi kako je Schmidt našao, da je u dubini od 300 m u Panamskom zaljevu, gdje je O_2 zasićenje iznosilo samo 2%, bilo je 10 puta više planktona, nego li u istoj dubini u susjednom Karibskom moru, gdje je zasićenje kisika bilo 50%.

Imamo jedan daljnji slučaj, gdje je gnojenje djelovalo vecma povoljno na rastenje bilja (pretežno *Posidonia*) smještenog na dnu bazena (dublje od 10 m) kod Samostana. Niža navedena uspoređivanja (Tablica 4.) vrše se za slična proljetna razdoblja: konac veljače do uključivo svibnja (za 1952., 1953. i 1954. g.). Prve 2 godine predstavljaju podatke u nepognojenom bazenu, a treći je dobiven po izvršenju gnojenja. Iz podataka za 1954. se vidi, da je tamo u sloju od 10 m došlo do velikog gomilanja kisika oslobođenog uslijed pojačane asimilacije (gnojenje je vršeno rano u 1954. g. u siječnju i ožujku), tako je sadržaj O_2 ml u sloju od 10 m u ovom bazenu iznosio 10,45 ml/l, odnosno 11,35 ml/l dana 25. V. 1954.

Tab. 4. O_2 — O_2 ' ml/l u toku proljeća 1952., 1953. i 1954. g. nastala asimilacijom pridneog bilja, pretežno *posidonije* u bazenu Samostan u Velikom jezeru.

*O_2 — O_2 ' ml/l during the 1952, 1953, and 1954 spring seasons, caused by the assimilation of the bottom vegetation, mainly of *poseidonia* at the locality Samostan in the Veliko Jezero area.*

Dubina Depth	22. II.—8. V. 1952.	6. III.—20. V. 1953.	13. III.—25. V. 1954.	Omjer vrijednosti proizvodnje 1954: $\frac{1952+53}{2}$	
				Ratio of production values 1954: $\frac{1952+1953}{2}$	
0 m	+ 0,34 O_2 ml/l	+ 1,05 O_2 ml/l	+ 0,53 O_2 ml/l	—	
5 m	+ 0,44 „	+ 0,95 „	+ 1,00 „		
10 m	+ 0,53 „	+ 0,72 „	+ 4,02 „		
0—10 m	4,375 O_2 l/m ²	9,175 O_2 l/m ²	16,375 O_2 l/m ²	2,41	
5—10 m	2,425 „	4,175 „	12,550 „	3,80	
10 m	0,53 „	0,72 „	4,02 „	6,41	
Interval u danima Time interval in days	72	74	72	—	

odnosno 28. V. 1954. Njima je odgovaralo 198,3%, odnosno 216,2% zasićenja kisika. Te vrijednosti O_2 su najviše koje su uopće zabilježene, ne samo u toku istraživanja Mljetskog jezera, nego u Jadranu uopće kod tolike dubine (Ercegović 1934., 1936., Buljan i Marinković 1956., »Ciclope 1912.—1914.«, »Najade 1912.—1915.«). U gornjoj tablici 4. su vrijednosti prezasićenja preračunate u prirast O_2 u ml/l. Kada se uspoređuju vrijednosti za čitav stupac od 0 do 10 m, onda izlazi, da vrijednost $O_2—O_2'$ za 1954. g. prema srednjaku za 1952./53. bila za 2,41 puta veća.

Mora se međutim imati na umu, da turbulencija neprestano smanjuje razlike zasićenja O_2 u slojevima i da ih ona nikada ne povisuje. To smanjenje se može izvršiti u znatnoj mjeri i to snizuje vrijednosti naših podataka. Pošto je turbulencija sve manja što se udaljujemo od površine, to ćemo dobiti bolju sliku, ako na pr. uzmemo u račun samo sloj od 5—10 m dubine. Tada izlazi da je vrijednost prirasta O_2 za 1954. g. bila 3,8 puta veća negoli u prosjeku za 1952./53. g. Ako pak uzmemo još dublji sloj, koji je još bolje zasićen od turbulencije, na pr. sloj od 10 m, onda se dobiva, da je vrijednost proizvodnje kisika, dakle proizvodnje organske tvari, 6,4 puta veća 1954. g. negoli prijašnjih godina u istoj sezoni.

Jasno je, da je stvarna vrijednost proizvodnje u tom bazenu 1954. g. bila viša od nađene. Ova metoda izračunavanja proizvodnje daje uvijek niže vrijednosti, jer je turbulencija vodenih slojeva uvijek na djelu, a osim toga i potrošak kisika uslijed bakterijske djelatnosti, te disimilacije prisutnog fitoplanktona i drugih organizama igra svoju ulogu. Na svaki način možemo uzeti, da je gnojenje ovdje izazvalo barem 6,4 puta povećanu proizvodnju organske tvari.

Hranjive soli

Na temelju ranijih iskustava o uplivu redukcione sredine na fosfate, koji su sadržani u morskom sedimentu (M. Buljan, 1953. a. i b. i 1956.) mi možemo zaključiti, da je u uslovima kakvi su vladali na dnu bazena Pospile u VII. mjesecu 1954. god., kada je tamo bio prisutan H_2S u dubinskim slojevima vode, u izvjesnom stepenu došlo do otapanja PO_4''' iz morskog mulja u tom dijelu jezera i do prelaska istoga iz sloja sedimenta u sloj vode. Tada je nađeno u donjem sloju vode u Pospilama 40 mg/t ukupnog fosfora, što predstavlja uopće najveću vrijednost te hranjive tvari na bilo kojoj postaji u Mljetskim jezerima u toku našeg

ispitivanja. (Normalno se vrijednost ukupnog fosfora kreće oko desetak mg P/t).

S ovim je vjerojatno u vezi i činjenica, da se istodobno u istom sloju vode u Pospilama našla i veoma znatna količina od 62,6 mg Fe/t. To je ujedno najveća vrijednost nađena u Velikom jezeru i susjednoj uvali Gonorurska. (U Malom jezeru u Mljetu gdje je H_2S normalno prisutan u dubinskim slojevima, mogu se susresti slične količine Fe u otopini).

O sličnom paralelnom obogaćenju dubinskih voda u moru kao i slatkim vodama fosforom i željeznim solima u redukcionalnoj sredini vidi radove Buljan (1953., a. i b.).

U veljači 1955. smo dobili daljnji dokaz o znatnim promjenama, koje je izazvalo gnojenje jezera u pravcu poboljšanja hidrološke strukture ovog jezera. Radi se o tome, da su se u dubinskim vodenim slojevima u Vrbovačkoj, dakle u jezeru kao cjelini, pojavile visoke količine slobodnih fosfata (preko 10 mg/t $P-PO_4$), kao i ukupnog fosfora (i preko 30 mg P/t). Mislimo da je ovaj fosfor dijelom nastao i regeneracijom iz organskih spojeva detritusa. Ove količine fosfora stoje ponovno na raspolaganju bilju u jezeru za novu produkciju. Ovo pokazuje, da se povoljan upliv dodanoga P u jednoj godini prenosi također i na sljedeću godinu. Ta je pojava uočena već ranije kod eksperimenata u škotskim vodama (Raymont, op. cit.).

Rentabilitet pothvata gnojenja ovakve vrste je dobrim dijelom ovisio o tome da li će uspjeti izvršiti djelomično aktiviziranje N_2 prisutnog u vodi, i vezati ga u nitratni ili neki srodni spoj, koji će bilje moći upotrebiti.

Očekivanje da će se to dogoditi bilo bi u skladu sa ranijim nalazima iz slatke vode: kada se bazenu dodaje i povećava količina P, onda raste i količina raspoloživog N u tom bazenu (Hayes et Coffin, 1951., Schäperclaus, 1950.). Slično W. H. Schuster (op. cit., p. 11.) iznosi za tambuke u Indoneziji (ribnjaci sa morskom ili bočatom vodom): »Nitrogen fixation in the ponds is most probable since, although artificial fertilization is never done, large quantities of N are removed from the ponds in the form of fish and shrimp flesh.«.

Iz povećane organske proizvodnje u jezeru 1954. g. iz povećane biljne i životinjske biomase u jezeru vidi se, da su u njihovo stvaranje utrošene velike količine N spojeva.

Kroz 1953. g. je u jezero bačeno 2.270 kg Ca-cianamida, što odgovara količini oko 440 kg vezanoga čistoga N. To bacanje nije bilo popraćeno dodavanjem superfosfata i služilo je ne kao gnojenje dušikom, nego za

postizanje efekata eksterminacije raznih organizama u bazenu Pospile. To međutim nije postignuto, jer oslobođeni cijanski spoj nije pokazao neko otrovno djelovanje na morske organizme. Korisni upliv tog djelovanja dodanoga N, nakon što se cianamid hidrozirao i konačno raspao u amonijak, moguće se nešto osjetio na rastu kamenica u području Jejevića i Pospile-Pošta u toku 1953 g. i to u maloj mjeri, inače se na drugi način nije primjetio. Tome se ne treba čuditi. Uzevši da je normalni omjer u organizmima N:P okruglo 7,2 : 1, to je onda u jezeru kao i prije vladala nestašica P, pa se dodani N nije mogao iskoristiti. Po podacima iz literature (Ness, 1946.) u takvim prilikama dolazi do denitrifikacije i do gubitka vezanoga dušika.

Moramo dodati, da čitava gornja količina cianamida odgovara dodatku oko 10 mg N/t u vodenoj masi, koja je bila pognojena. Kako je kroz 1954. g. bilo dodano 36,7 mg/P—PO₄, to je gornja količina dodanog N samo oko 4% od potrebne količine N, koja bi bila ekvivalentna dodanoj količini fosfata (kroz 1954. g.), držeći se gornjeg omjera N:P u organizmima.

Ta količina N koju smo dodali u obliku Ca-cianamida je dakle preniska prema količini N, koju je utrošila produkcija organske tvari u jezeru 1954. g., pa upućuje na to, da je jedan dio N, koji je 1954. g. ušao proizvodnjom u organizme i dijelom se mineralizirao početkom 1955. g., drugog porijekla i da je to aktivizirani atmosferski u vodi otopljeni N₂, koji se vezao (N-fixing).

Evo jednog kalkuliranja, koje upućuje na to, da se u jezeru 1954. g. izvršila aktivizacija atmosferskog N₂. Obalna linija samog Velikog jezera u Mljetu iznosi 9.200 m (Vuletić, op. cit.). Ako uzmemo, da je uz tu liniju na pojasu širokom 20 m ranijih godina raslo po 2 kg krupnih bentoskih algi na m² (a mi smo ih nalazili i po 9 kg) onda je fitobentoska masa na tom uskom pojasu iznosila 368.000 kg. Sadržaj N u smeđim algama je 0,7% (A. P. Vinogradov) u vlažnoj tvari, pa je u tim algama bilo vezano oko 2.570 kg N u toku 1951.—1953. g.

U 1954. g. je došlo do povećanja fitobentoske produkcije u Velikom jezeru, koja je po produkciji kisika u području kod Samostana imala preko 6 puta veću vrijednost nego li ranije. Ako dakle uzmemo, da je te godine došlo do povećanja fitobentosa za 6 puta, onda je oko 12.410 kg N moralo doći odnekuda u produkciju, da pokrije potrebe samo ove hrpe organizama u jezeru. To znači, da je dodanih 440 kg N iz Ca-cianamida moglo pokriti samo oko 3,2% potreba na dušiku kod krupnog bilja uz obalu ili

da je za sam fitobentos odnekle dobiveno i utrošeno još 12.410 kg vezanog dušika.

Ili uzmimo slično računanje na primjeru planktona. U Pospilama je od svibnja do srpnja 1954. došlo do deficijencije O_2 za oko $16 \text{ l } O_2/m^2$ (visina stupca vode 6 m). To odgovara $11,9 \text{ gr } O_2/m^2$, a ovome je ekvivalentno asimilacijom vezanih $8,62 \text{ gr } C/m^2$, ili pak $1,55 \text{ g } N/m^2$ držeći se Flemingovih omjera (Sverdrup et al. op. cit. p. 236). Preračunato na Velikom jezeru to znači, da je u tom razdoblju plankton utrošio 2.250 kg vezanog dušika, kojeg je uzeo iz svoje okoline. Ovo je dakle samo manji dio dušika, koji je plankton upotrebio 1954. g. (račun je uzeo u obzir samo sloj jezera u debljini od 6 m i trajanje asimilacije u vremenu nešto više od 2 mjeseca).

Ova gornja količina dušika vezanog za fitoplankton skupa sa količinom vezanom za biljni bentos iznosi 15.400 kg dušika. Uzmimo da su fitobentos i zoobentos mogli uzeti potreban N iz vode. Kroz čitavu 1953. g. u toku 7 putovanja u Velikom jezeru je nađeno da se vrijednost dušika kretala: $8\text{--}28 \text{ mg}/m^3 \text{ N-NH}_3$ i $0,4\text{--}20 \text{ mg } N\text{--NO}_3/m^3$. Kad bi bilje iz vode uzelo sav otopljeni dušik, koji je od ranije bio prisutan u obliku nitrata i amonijevih soli ne bi moglo ući u biljke više od $560\text{--}1.120 \text{ kg}$ dušika. To je međutim tek $1/27$ do $1/13$ količine, koju je bilje vezalo kroz par mjeseci 1954. g. u Velikom jezeru.

Osim toga ostaje još da se pokrije manjak dušika, 1) koji su upotrebile ribe, školjkaši, druge bentoske životinje, te detritus u toj zoni jezera, koja pokriva oko 10% plohe Velikog jezera, 2) potrošak dušikovitih spojeva od strane organizama bentosa i nektona za ostalih 90% plohe Velikog jezera i 3) potrošak dušikovitih spojeva u Malom jezeru i u Solinama.

Očito je, da je velika količina N mnogo puta veća od dodane, koja je sudeći po svemu nastala biološkim procesom fiksiranja elementarnog dušika, ušla u kruženje u jezeru.

Zbog orijentacije dodajem, da je u vodi samog Velikog jezera otopljeno oko 650.000 kg N_2 koji stoje na raspolaganje N-fixing organizmima, i da se svaki manjak nastao tim procesom u vodi lako nadoknađuje otapanjem novih količina toga plina iz atmosfere.

U svakom slučaju mi smo postigli rezultate, ne uz upotrebu 1 dijela superfosfata: 4—5 dijelova dušičnog gnojiva, kao u škotskim pokusima u Kyle Scotnish-u, nego uz upotrebu 1 dijela superfosfata: 0,1 dio N gnojiva. To znači, da je u najmanju ruku upotreba N gnojiva uz naš postupak smanjena na oko $1/45$ dio one količine, koja je bila upotrebljena u škotskim eksperimentima. Od znatnog interesa je i saopćenje kolege V.

Cviiéa da je u jezeru u srpnju 1954. g. došlo do pojave »crvene vode«, te da je tamo uopće veoma brojna populacija bakterija reduktora sulfata, dakle onih bakterija, koje igraju ulogu kod vezivanja N_2 (Sisler i Z o B e l l op. cit.). Isto tako je dobro držati na umu i neobično snažno bujanje modro-zelenih algi u 1954. g. u jezeru (vidi niže).

Čini se, da se u jezeru 1954. g. ispunila tvrdnja D e m o l l - a da je dodavanje fosfata bazenu sredstvo protiv denitrifikacije, da dodani fosfat pomaže proces rastenja uopće i da on omogućava brzo uklapanje dušičnih spojeva u biljne i životinjske proteine (N e e s, J. C., 1946.).

Nalaz oslobođenih hranjivih soli u dubinskim vodama Velikog jezera u veljači 1955. g., kao i svi konstatirani biološki učinci gnojenja doka-zuju, iako je jezero u slobodnoj vezi s morem, da dodano gnojivo ne biva tako brzo odnešeno vani, nego naprotiv ovo biva dijelom brzo vezano na dodano područje. Vezivanje fosfata se vrši u plitkim područjima na fito-bentos i fitoplankton, kako to proizlazi iz gornjih podataka. Fitoplankton veoma brzo preuzimaju dijelom zooplankton i riblja mlađ, koja se aktivno zadržava na pognojnim područjima, dijelom pak školjkaši i druge sesilne životinje. Detritus je daljnji sabirač hranjivih soli, sprečava njihovo odnošenje s područja, a zatim ih naknadno otpušta. Poznato je, da usli-jed umjetnog gnojenja jednog morskog zaliva dno obogaćeno detritusom i dvije godine nakon prestanka gnojenja omogućuje preko 2 puta veću proizvodnju faune dna, negoli pod normalnim uvjetima (R a y m o n t, 1950.).

Z a m u ć e n j e. Oko polovine ožujka 1954. g. došlo je do pojave zele-nog zamućenja inače bistre vode Velikog jezera. Ovo zamućenje je bilo znatno, te se negdje nije vidjelo dno na par metara dubine. Mi smo skloni mišljenju da je ovo pojava zamućenja, prva u nizu, koji je slijedio kasnije, bila uzrokovana znatnim povećanjem planktonske populacije kao poslje-dice gnojenja Velikog jezera.

Mještani navode da ovaj fenomen nisu ranije poznavali. Ovo neobično jako zamućenje je trajalo oko 2 sedmice. Jezero se kasnije nešto razbi-strilo, ali nikad više nije postalo bistro kao što je bilo prije 1954. g.

Kao što se vidi iz tablice 5 zimi je Veliko jezero pokazivalo znatnu bistrinu svoje vode. Čitav niz godina do gnojenja srednja vrijednost je iznosila 18,6 m na postajama Vrbovačka, Jejevići i Pošta. Gnojenje jezera proizvelo je u drugoj polovici ožujka 1954. god. znatno smanjenje pro-zirnosti vode Velikog jezera. Ove prilike se nastavljaju kroz slijedeće zime: u 1955. god. te 1956. god. kada je smanjenje prozirnosti vode Veli-kog jezera bilo još više uznapredovalo.

Tab. 5. Srednjaci vidljivosti Secchi-jeve ploče u Velikom mljetskom jezeru. Podaci su dobiveni mjerenjem na postajama: Vrbovačka, Jejevići i Pošta, dakle na postajama dubljim od 30 m, i to u toku zimskih mjeseci I.—III. *Mean values of visibility of Secchi disc in the water of the Veliko Jezero area. The data were collected during the winter months (I—III) at the localities Vrbovačka, Jejevići, and Pošta, i.e. at stations where the depth went over 30 m.*

Godina Year	1951.	1952.	1953.	1954.*	1955.	1956.
Dubina u m	19,7	18,7	18,0	18,2	11,8	9,5

* do 11. marta

Poslije gnojenja u toku proljeća 1954. g. pa naprijed smanjenje prozirnosti jezera je išlo tako daleko, da se više puta dno nije vidjelo na 2 m dubine. Sličnih pojava je bilo i 1955. g.

Ovo zamućenje u Velikom jezeru je po našem mišljenju organskog karaktera (plankton i organski detritus), a ne anorganskog porijekla. Tome u prilog govori zelena i tamna boja vode jezera i pojavljivanje zamućenja bez obzira s nastupom kiše.

Prema sabranim informacijama zamućenja u Velikom jezeru dogodila su se u slijedećim razdobljima:

- 17. III. — 30. III. 1954.
- 2. VIII. — iza 17. VIII.
- 15. III. — oko 20. III. 1955.
- 20. VIII. — 10. IX.
- 25. X. — 30. X.
- 23. XII. 1955. — poslije 7. I. 1956.
- 10. III. 1956.

Slično kao i iz podataka O₂, tako i iz ovih zadnjih podataka zaključujemo, da je ovo jezero dobilo pojačanu karakteristiku eutrofnog bazena od 1954. g. na ovamo.

Plankton. Podaci za fitoplankton u području Velikog jezera iskazuju male količine fitoplanktonata, a posebno u toku ljeta i rane jeseni u razdoblju od 1951.—1953. zaključno. Slične vrijednosti je tamo našao i Ercegović (1935.) u srpnju 1934. g. Kroz 1954. g. te su vrijednosti postale sasvim drugačije (vidi tablicu 6).

Iz tablice se vidi, da su vrijednosti fitoplanktonskih stanica po litri za 1954. godinu bile znatno povećane. Ovo jasno povećanje broja fitoplanktonata u jezeru u doba ljetne stagnacije 1954. godine u usporedbi sa ranijim godinama, koje su prethodile gnojenju jezera, podsjeća nas na

Tab. 6. Maksimalne vrijednosti broja stanica/l fitoplanktonata nadenih u području Velikog mljetskog jezera u toku ljetne stagnacije (VII., VIII., IX. i X. mjesec).

Maximum values of the number of phytoplankton cells per litre found in the Veliko Jezero area during the summer stagnation (VII, VIII, IX, X).

Godina Year	Broj stanica/l No. of cells/l
1951.	11.872
	9.540
	7.770
	3.204
	2.700
1952.	13.840
	9.944
	8.448
	4.136
	2.432
1953.	18.964
	7.568
	6.776
	5.104
	4.532
1954.	586.080
	535.480
	530.200
	475.200
	403.480

Opaska: podatke mi je ljubezno stavila na raspolaganje kolegica I. Pucher-Petković, u čijem je radu (1957) izišao jedan dio gornjih podataka.

visoku gustoću populacije fitoplanktona oceanskog tipa u unutrašnjem dijelu Oslo Fjorda u toku ljetne stagnacije u uspoređenju sa siromašnim vodama u vanjskom dijelu Fjorda. (Inače u ostalom dijelu godine su oba dijela fjorda bila podjednako bogata planktonom). Za to bujanje planktona i u doba ljeta odgovorna je fertilizacija nutarnjeg dijela fjorda, koju vrši veliki grad (Braarud i Bursa, 1939.), kao što je i u našem slučaju zato očito odgovorna fertilizacija jezera.

Povećanu mutnost vode jezera, kao i njegovu zelenkastu boju od 1954. g. na ovamo, treba po našem mišljenju pripisati osim povećanom broju živih fitoplanktonskih stanica, također i intenzivnoj defekaciji od strane zooplanktona i nektonske populacije. Kao što je poznato kod obilne paše na pr. kopepodi jedu jako mnogo fitoplanktona i pri tome izbacuju zelene izmetine (faecal pellets) veoma često, čak u intervalima od 20 min (Harvey, 1950.).

Iz donje nepotpune tablice 7. mi možemo samo nagađati kolika je bila gusta i brojna populacija fitoplanktona ranije za proljetnog bujanja u toku ožujka 1954. g.

Tab. 7. Odnos prozirnosti vode Mljetskog jezera mjenog Secchi-evom pločom i broja fitoplanktonskih stanica istodobno nađen na istoj postaji.

Ratio of transparence (measured by means of Secchi disc) of the water in the experimental area and the number of phytoplankton cells found at the same station at the same time.

Postaje na liniji dvaju mostova u Velikom Jezero <i>Station along the two bridges in the Veliko Jezero</i>	1954. g. <i>Year 1954.</i>	Broj stanica u litri <i>No. of cells/l</i>	Granica vidljivosti Secchi-eve ploče <i>The limit of visibility of the Secchi disc.</i>
Vrbovačka	20. VIII.	102.000	13,5 m
Vrbovačka	23. VIII.	144.000	9,5 m
Pošta	23. VIII.	180.000	9,5 m
Pospile	19. VIII.	230.000	7 m
Pospile	15. IX.	560.000	5,5 m
Veliko jezero	15.—30. III.	?	1—2 m

Opaska: Ova je tabla sastavljena uzimajući u obzir maksimalne nađene vrijednosti fitoplanktona, imajući u vidu usporedbu istih sa nepoznatim vrijednostima planktona u ožujku 1954. g. dakle sa razdobljem, kada voda ima normalnu bistrinu zimske vode u jezeru (vidi tablica 5.) zbog odsustva lebdećeg detritusa i fitoplanktona u normalnim prilikama.*)

Koliko je Mljetsko jezero imalo 1954. g. izvanrednu bujnu fitoplanktonsku produkciju pokazuju također veliki i izvanredni porasti moluska, koji se hrane samo planktonom i organskim detritusom, kao na pr. mušula (*Arca Noae*), prilipci (*Patella*) i kamenica (*Ostrea*). O tome će niže biti govora.

Masa zooplanktonata izražena težinski, iako je bila veća 1954. g. nije bila znatno viša nego li prošlih godina čak su neke vrijednosti iz 1952. g. bile više nego li 1954. g. Očito se naselje zooplanktonata kroz 1954. g. u Mljetskom jezeru kretalo u okviru normalnih oscilacija gustoće zooplanktona ranijih godina. Nas bi ovdje više zanimalo da doznamo kolika je bila *proizvodnja* zooplanktona u toku 1954. g. u vodi Velikog jezera. Naime broj zooplanktona (kao i fitoplanktonata) u vodi nužno ne

*) Na pr. u razdoblju od I. do III. mjeseca 1951. i 52. g. maksimum fitoplanktona su se kretali ispod 2.000 c/l. Ljeti 1954. bistrina vode u jezeru je bila negdje znatno snižena ne fitoplanktonom nego detritusom. Zato takve slučajeve nismo ni uzeli u pregled. Normalno u zimskim bistrim vodama to se ne događa, pa je zato naša slika, koja se dobiva gornjom tabelom, ispravna.

daje informacije o stepenu proizvodnje jednog bazena. »Jedna mala populacija na pr. diatomeje može se vrlo brzo dijeliti i bez povećanja broja, zbog prisustva organizama, koji troše diatomeje«. (Sverdrup i al. p. 162.). Mjesto diatomeja možemo uzeti bilo koji drugi planktonski organizam, pa i kopepoda. Na drugom mjestu autori kažu, da treba da se dobro razlikuju jedan od drugoga izrazi »populacija« i »produkcija«. Populacija predstavlja koncentraciju, dok produkcija predstavlja jedan od procesa, koji mijenjaju koncentraciju. Harvey (1950.), to kraće veli, da je produkcija bilja važnija od gustoće njegovog naselja. To vrijedi kako za produkciju fitoplanktona, tako isto i za produkciju zooplanktona.

Mi mislimo, da je u našem slučaju populacija fitoplanktona uza sve povećanje produkcije naskoro bila regulirana i držana u nižem broju stanica trošenjem od strane zooplanktonske produkcije u jezeru, koja je porasla.

Poznato je naime, da je trajanje ciklusa reprodukcije na pr. *Calanusa* takovo, da već u roku od 4 sedmice iz jajeta postaje adulta životinja. To vrijedi za razmjerno hladno područje Clyde. Pošto je pak taj ciklus ovisan o vanjskim prilikama osobito o temperaturi (Rose, p. 611. op. cit.) to možemo očekivati, da će u našim toplijim vodama taj ciklus biti još kraći.

To rastenje populacije zooplanktona je, vjerojatno, kasnije bilo zadržano uslijed bujnog povećanja populacije riba, posebno riblje mladi.

Krupno priobalno bilje

Odmah po razbistravanju jezera koncem ožujka 1954. g. uz čitavu obalu jezera došlo je do razvitka bujne fitobentoske populacije posebno zelenih i modro zelenih alga. To se zaključuje na temelju saopćenja ribara iz sela Govedari, po kojima količina morskih trava u jezeru daleko premašuje ono što je prije bilo u jezeru. Trava im je također zarasla preko školjka, pa ih sada teško razabiru u moru. Mišljenje članova ekipe iz Instituta je također, da se ranije nije vidjelo onakve mase bentoskih algi kao ljeti 1954. g.

U toku ljeta su se čitavi buseni modro zelenih algi, otkidali i slobodno plivali po jezeru, pa se prvi put u 4 godine sistematskog promatranja vidjelo, da o jezeru plutaju brojne sluzave mase (kao što se viđaju po barama).

»Mase algi, koje su činile vlaknate stupice u plitkoj vodi okolo samostana, pa i čitave mrtve naslage u Pospilama u ljetu 1954. g. tvorile su modro zelene alge *Lyngbya majuscola* i *Oscillatoria* sp. Ove alge su prvi

i glavni dio masa, koje su plutale po jezeru.« (Saopćenje kolegice Ivke Munda, universitetni asistent, Ljubljana.*)

Koliko je bio porast populacije bentoskih priobalnih algi, može se vidjeti iz slijedećega. U toku ljeta 1954. g. guste mase algi našle su se u doba većih oseka izvan vode gdje su uginule i počele trunuti i zaudarati. Ovaj vonj je bio tako jak, da ga se osjećalo u području Pospila, kod Otoka i u Blacama. I to je navodno nova pojava za Mljetsko jezero.

Bakterije. Ove su pokazale znatan porast osobito u dubljim slojevima. Zanimljivo je to, da nakon dodavanja superfosfata, dva tri dana poslije, njihov broj jako opadne u dubljim slojevima na neko vrijeme.

Po saopćenju kolege V. Cviića, u Velikom jezeru je prvi put došlo do pojave t. zv. »crvene vode« (Red Water) u ljetu 1954. g. Ta pojava je bila posljedica nastupanja bakterija, koje sadrže crveno mastilo, a javljaju se u vodama gdje u znatnom stepenu dolazi do nezasićenja kisikom. Niski stupanj zasićenosti kisikom može biti posljedica posebnih hidrografskih uslova, gdje onda dolazi do stagniranja vode dubokih slojeva, kao što je to nađeno u Malom mljetskom jezeru, gdje je ovo dovelo i do stvaranja H_2S u dubokim slojevima (M. Buljan, 1956.), a u toku 1953. g. tamo se našla i »crvena voda« (V. Cviić, 1955.). Međutim u područjima mora, gdje nema stagnantne vode, pojava niske zasićenosti kisika ili pojava crvene vode kao u vodama Meksičkog zaliva, u zalivu Valfish Bay na zapadnoj obali južne Afrike i sl., je posljedica visoke proizvodnje. Takav slučaj bio je sa pojavom crvene vode u Pospilama u Velikom jezeru ljeti 1954. Ranije u Velikom jezeru nije nikada bila opažena ni nađena pojava »crvene vode«.

Ribe

F. W. Flattery (1922.) (p. 184) kaže slijedeće o uplivu hrane na morske organizme: »It is interesting to notice that the amount of food required bay marine animals for actual »maintenance« is wery low. Most of the food consumed is utilised for growth and for reproductive purposes, only a small fraction being used for metabolic needs arising from other activities than these two.« Na temelju toga mi možemo očekivati, da će morski zaliv gnojenjem obogaćen hranom veoma pogodovati, kako povećanju broja ribljih individua, dakle umnažanjem gustoće populacije, tako i u poboljšanom i ubrzanom rastanju pojedinih članova populacije.

*) I ovom prilikom zahvaljujem kolegici Munda na suradnji i dostavljenim podacima.

Po našem opažanju (i po kazivanju ribara) u Velikom jezeru se 1954. g. pojavila masa sitne ribe i to gavunića (*Atherina sp.*) i trljica (*Mullus sp.*), koje su u gustim jatima krstarile površinskim slojevima jezera, za razliku od ranijih godina. Također i inćuna (*Engraulis engrasicholis*) je u jezeru bilo više nego li ranije i bili su veći.

Moram ovdje dodati da su među ostalim ribama cipli (*Mugil cephalus*), arbun (*Pagellus erithrinus*) i trlje (*Mullus barbatus*) ulovljeni u jezeru poslije 1954. godine bile zapažene kao veoma »pretile«. One su bile okruglaste na poprečnom presjeku zbog veoma razvijene masnoće mišića te neobično jakog nakupljanja periintestinalne masti.

Ljeti 1954. g. pojavile su se u jezeru srdele (*Clupea pilchardus*) i to u priličnim količinama. Inače zadnjih godina u jezeru nije bilo srdela. Neki su je ljeti 1954. g. lovili (mrežama giraricama!) po 50—60 kg na noć. Srdele su bile veoma krupne (oko 16 komada u kg).

Sudeći po tim indicijama ovdje bi se moglo raditi o dvije pojave. Prvo, riblja mlad jezerske populacije u novo stvorenim uslovima bogate prehrane ima bolje uslove da preživi svoje larvalno stanje u većem broju primjeraka, nego li prije. Ovo je u skladu H a r v e y -evom tvrdnjom, da broj preživjele mladi raste usporedno sa višim vrijednostima fosfata nađenim u toku zimskih mjeseci u vodi nekog područja (H a r v e y, 1950.).

Drugo, nove prilike u jezeru privlače, po svoj prilici, izvana nove mase mlade i adultne ribe. Tako je ljeti 1954. opažen ulazak ne samo srdelinih jata, nego i jata bukava (*Boops boops*) u jezero. Ovo je u skladu sa tvrdnjom: »The quantity of planctonic life in the water affects, or often affects, the movements of migratory fish« (H a r v e y, 1950. p. 133.).

Nije isključeno da bi ovako pognojeni zatvoreni bazeni ili zalivi na našoj obali, na pr. Malostonski zaliv i sl., mogli korisno uplivati na lokalne promjene smjera kretanja ribe selice. Koliko je to točno pokazat će nam daljnje iskustvo.

Činjenica je međutim, da do sada nemamo građe, koja bi nam pomogla da dobro shvatimo upliv gnojenja morskih zaliva na život i ponašanje raznih riba.

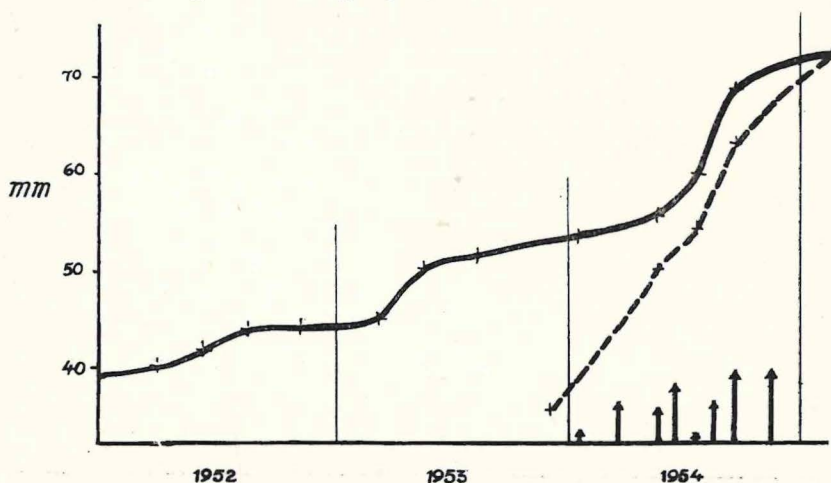
U toku su radovi, da se po mogućnosti iz dimenzija i starosti cipala (*Mugil sp.*) na temelju ispitivanja ljusaka (Ing. D. M o r o v i ć a), a isto tako i kod arbuna (*Pagellus erythrinus*) na temelju ispitivanja ljusaka (Dr. O. K a r l o v a c), dobiju brojčani podaci o brzini rastenja riba u današnjim prilikama u jezeru.

šk oljka ši

Vlastito opažanje, da su 1954. g. u jezeru lupari ili prilipci (*Patella* sp.) bili mnogo krupniji nego li ranijih godina, je potvrđeno od strane ribara toga kraja. Ovo vrijedi i za mušule (*Arca Noae*) i za prstace (*Lithodomus lithophagus*).

U nastavku iznosimo dio opažanja i mjerenja dobivena na kulturama kamenica u Mljetskom jezeru 1951.—1954. g.

Ing. D. Morović i prof. M. Mihailinović su u XII. 1951. postavili kulture kamenica (*Ostrea edulis*) na nekoliko mjesta u jezeru. Nove kulture mladih kamenica su ponovno stavljene na ista mjesta u XII. 1953., dakle pred samo gnojenje.

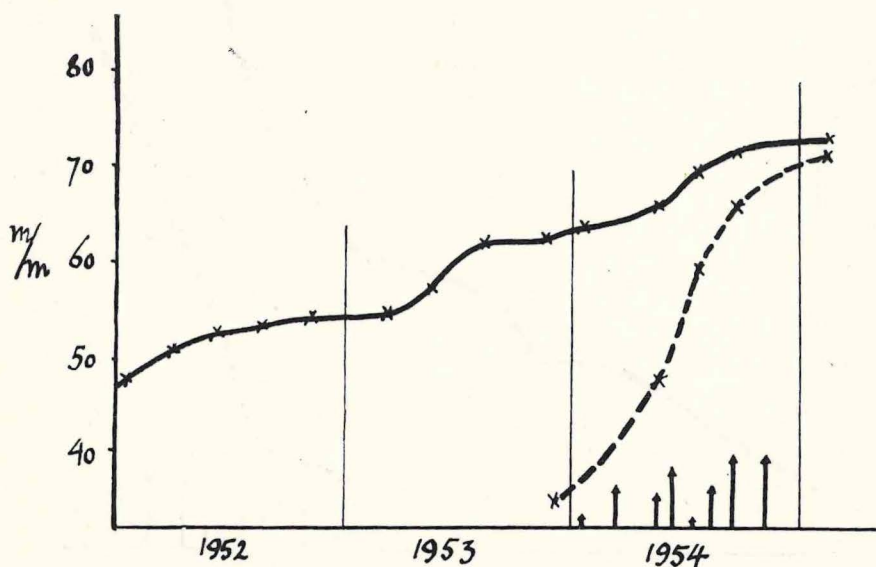


Sl. 2. Porast kamenica (*Ostrea edulis*) u dužinu u mm u toku nekoliko godina u kulturama, koje su bile postavljene u Mljetskom jezeru na položaju Jejevići. Fosfatno gnojenje je vršeno kroz 1954. g. (označeno strelicama). Iz grafikona se vidi da je gnojenje povoljno djelovalo na rastenje starijih kamenica (puna crta) u toku ljeta 1954. god. Te godine prirast je bio veći za 340% nego li 1952. Osobito povoljno djelovanje gnojenja se pokazalo na mladim životinjama (crtkana krivulja), koje su imale preko 600% veći godišnji prirast u dužinu, nego isto tako mlade kamenice na istom mjestu 1952. g. (krivulje po D. Moroviću).

Fig. 2. Oyster (*Ostrea edulis*) growth by length over a series of years as found in the cultures planted in the experimental area (Mljetska Jezera) at the locality Jejevići (See Fig. 1.). The phosphate fertilization took place in the course of 1954 (as marked by darts). It is evident from graph the fertilization had a favourable effect on the growth of older oysters (fully drawn curve) in the summer 1954. The accretion was for 340% larger than in 1952. The influence of fertilization was particularly favourable in the case of young specimens (dashed curve) where the annual accretion by length amounted to over 600% in comparison with the specimens of the same age in 1952. (Curves drawn from the data given by D. Morović).

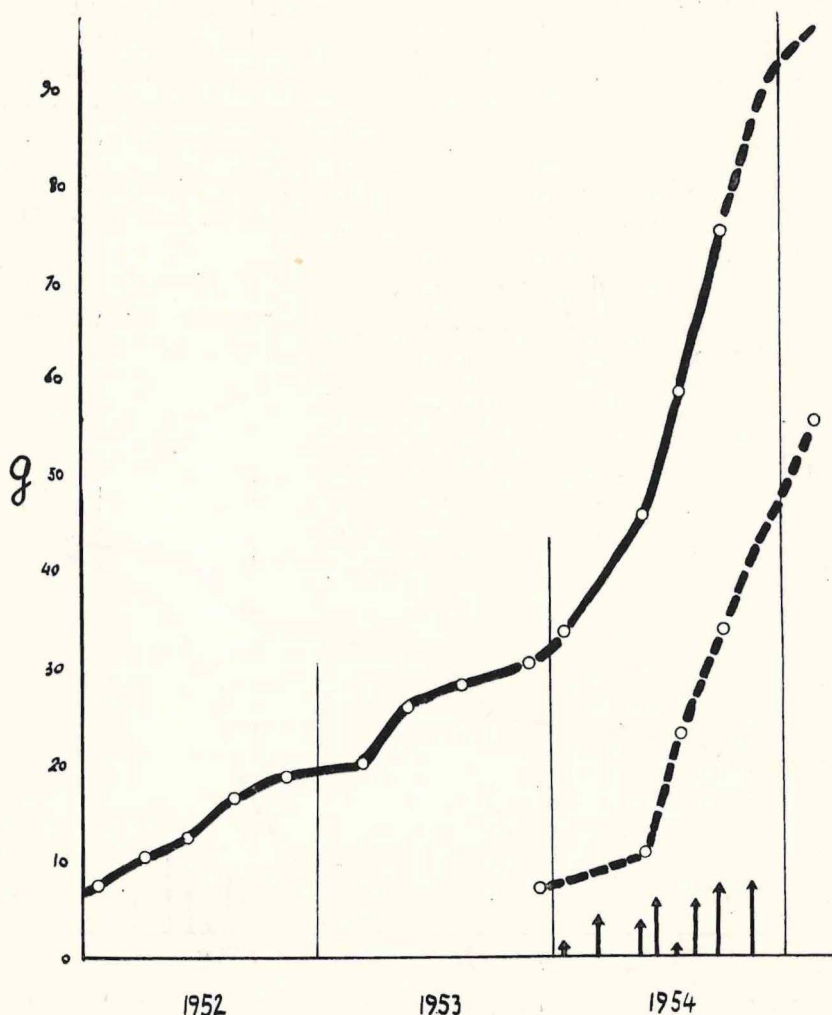
Niže u tekstu su prve postavljene kulture kamenica nekad označivane sa »stare«, a druge opet sa »mlade« kamenice. U stvari su prve bile u prosincu 1951. godine stare 1 godinu dana, kao što su i druge u prosincu 1953. imale 1 godinu dana starosti. U tablicama 8—10 su obrađeni rezultati opažanja na 2.500 komada kamenica postavljenih na 5 raznih mjesta u Velikom mljetskom jezeru. (Sve ove podatke mi je dao kolega Morović na upotrebu, a oni predstavljaju dio radnje, koju će on opširnije razraditi).

Iz niže iznesene građe se vidi, da smo sada u stanju dati i kvantitativnu sliku povoljnog upliva, koji vrši umjetno gnojenje mora i na ovu vrstu organizama.



Sl. 3. Porast kamenica (*Ostrea edulis*) u dužini u mm u toku nekoliko godina u kulturama u Mljetskom jezeru na položaju Samostan. Fosfatno gnojenje vršeno je kroz 1954. g. (označeno strelicama). Iz grafa se vidi da starije kulture (puna krivulja) nisu reagirale na gnojenje, dok je na mlade kulture (crtkana krivulja) ovo veoma povoljno uticalo. Mlade životinje su imale 476% veći godišnji prirast u dušinu, nego li isto toliko stare životinje na istom mjestu 1952. g., dakle prije gnojenja (krivulje po Ing. Moroviću).

Fig. 3. Oyster (*Ostrea edulis*) growth by length (in mm) over a series of years in the cultures planted in the Mljetska Jezera area at the locality Samostan (Veliko Jezero). The phosphate fertilization took place in 1954 (as marked by darts). It is evident from the graph that the older cultures (fully drawn curve) did not react to fertilization, while the young cultures (dashed curve) were most favourably influenced by it. The accretion by length of young specimens was for 476% larger in 1954 than that shown by the individuals of the same age at the same locality in 1952, i.e. before the fertilization was begun. (Curves drawn from the data given by D. Morović).



Sl. 4. Porast težine kamenica (*Ostrea edulis*) u toku nekoliko godina u kulturama, koje su bile postavljene u Mljetskom jezeru na položaju Vrata. Gnojenje fosfatima je vršeno u toku 1954. g. (označeno strelicama). Obje kulture predstavljene gornjim dvjema krivuljama, su u času postavljanja u Jezero bile sastavljene od životinja približno jednake starosti. Sa grafikona (kao i tabeli 10) razabire se značajan uzliv gnojenja fosfatima na brzi porast, kako starijih (lijeva duža krivulja), tako i mladih (desna kraća krivulja) kamenica kroz 1954. god. Krivulje, posebno ona lijeva, pokazuju da je početak 1954. god., kada je započeto sa fosfatnim gnojenjem, bilo doista prelomno doba za kulture kamenica, s obzirom na njihov rast. Kroz 1954. godinu je porast težine kamenica bio veći za preko 400% nego li u jednako dugom periodu vremena 1952. god. na istom položaju. (Krivulje po Ing. Moroviću).

Fig. 4. Oyster (*Ostrea edulis*) accretion by weight over a series of years as found in the cultures planted in the experimental area at the locality Vrata. The

Rast kamenica u dužinu. Iz dobivenih podataka proizlazi da su kamenice pokazale znatan porast poslije gnojenja i to osobito one kulture, koje su bile mlađe (Slika 2. i 3.).

Ako dakle kao index uzmemo prirast, koji su imale kamenice u toku 1952. g., onda su mlađe kamenice 1954. g. rasle 4,2 puta brže u dužini u pognojenom jezeru (Tablica 8.). Iz slike 2. i 3. izlazi i to da na gnojenje daleko bolje reagiraju rastom u dužinu mlađi organizmi, nego li stariji.

Tab. 8. Koliko je puta bila veća brzina rasteња kamenica (*Ostrea edulis*) u dužinu 1954. g. kada je jezero bilo pognojeno, od 1952. g. kada nije bilo pognojeno.

The rate of oyster growth by length (Ostrea edulis) shown by the quotient obtained by dividing the accretion of the 1954 specimens (planted during the fertilization experiments) with the accretion of the 1952 ones (planted when there was no fertilization).

Samostan	4,76
Vrata Velikog jezera	2,02
Jejevići	6,07
Pošta-Pospile	4,01

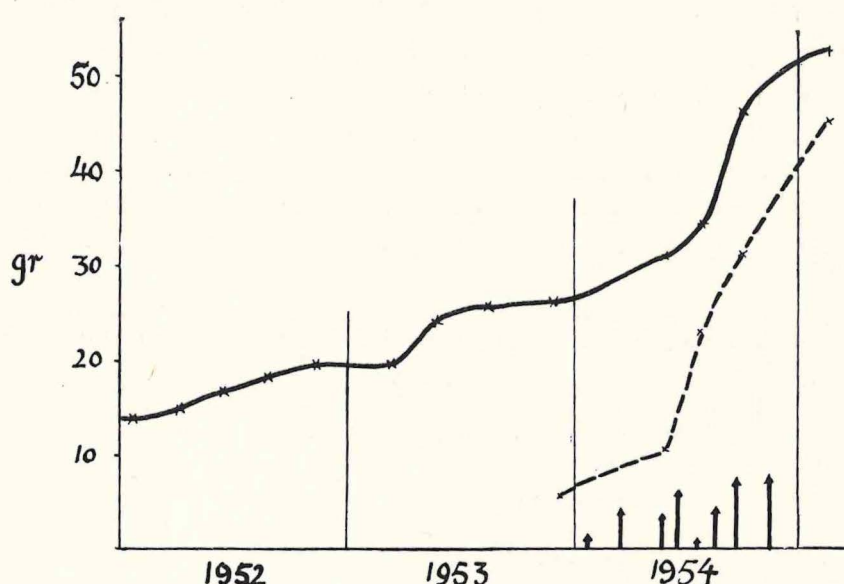
Srednjak: 4,21
Mean value.

Opaska: Uspoređivane kulture su bile jednake starosti.
Remark: the compared cultures were of the same age.

Rast kamenica u težinu. Iz podataka, koji pokazuju porast težine kamenica proizlazi, da je upliv gnojenja na porast kamenica u težinu još značajniji, i to kako kod mladih, tako i kod starijih kultura.

Iz podataka izlazi, da mlađe kamenice rastu 5,0 puta brže 1954. g. u pognojenom jezeru, nego li podjednako stare kamenice u toku 1952. g. (vidi tabelu 9.). I stare kamenice su pokazale veliki porast kroz 1954. g. prema onome što su imale 1952. g. Slike 4. i 5.

phosphate fertilization took place in the course of 1954 (as marked by darts). The two cultures, represented by the above curves, were composed of specimens of about the same age at the time of their planting in the experimental area. It is evident from the graph (and from Table 10) that the phosphate fertilization considerably favoured a quicker growth of both the older oyster specimens (longer curve on the left) and the younger ones (shorter curve on the right) in the course of 1954. The curves, particularly the one on the left, show that the beginning of 1954, i.e. when the phosphate fertilization was started, was really a transition period for the oyster cultures as far as their growth was concerned. The accretion by weight at this locality was for over 400% larger in the course of 1954 than during the same time interval in 1952. (Curves drawn from the data given by D. Morović).



Sl. 5. Porast težine kamenica (*Ostrea edulis*) u kulturama u Mljetskom Jezeru na položaju Samostan. Fosfatno gnojenje zaliva vršeno je tokom 1954. god. (označeno strelicama). Gnojenje je povoljno djelovalo na rastenje u težini starih i mladih životinja. Stare životinje (puna crta) su u pognojnom jezeru dobile na težini kroz 1954. god. 455% više nego li prosječno dvije predhodne godine. Mlade životinje su dobile 630% više nego li kroz prosjek od dvije predhodne godine. (Krivulje po Ing. Moroviću).

Fig. 5. Oyster (*Ostrea edulis*) accretion by weight in the cultures planted in the experimental area at the locality Samostan. The phosphate fertilization took place in 1954 (as marked by darts). A favourable effect of fertilization was noticed both on the older oyster specimens and on the younger ones. The older individuals (fully drawn curve) from the fertilized area added in 1954 for 455% more weight than (in average) during the two preceding years. The younger specimens showed an accretion by weight for 630% larger than in average one during the two preceding years. (Curves drawn from the data given by D. Morović).

Tab. 9. Koliko je puta bila veća brzina rastenja kamenica u težinu na raznim položajima u Velikom mljetskom jezeru 1954. g., kada je jezero bilo pognojeno, od isto tako mladih kamenica u 1952. g. kada jezero još nije bilo pognojeno.

The rate of oyster growth by weight shown by the quotient obtained by dividing the accretion of the specimens found in various localities in the Veliko Jezero area in 1954 (when the fertilization experiments took place) and the specimens of the same age found in 1952 (before the fertilization was begun).

Samostan	6,04
Vrata od Velikog jezera	3,33
Jejevići	5,90
Pošta-Pospile	4,72
Srednjak:	5,00

Čisti prirast u težini po pojedinoj kamenici dobiven uslijed umjetnog gnojenja jezera 1954. g., odbivši dakle prirast u normalnom jezeru, je bio u prosjeku 26,0 g (kom.) god. kako se to vidi u tab. 10. U jezeru na najpovoljnijim mjestima za postavljanje kultura ova brojka je iznosila i 48 g po komadu na godinu. (Vidi sl. 4.).

Tab. 10. Čisti prirast po jednoj kamenici u g u toku 1954. g., kada je jezero bilo pognojeno, dobiven tako da je od stvarnog prirasta 1954. g. odbiven prirast 1952. g.

Table 10. *Annual net growth per individual oyster in 1954, i.e. when the area was fertilized, resulting from the subtraction of the accretion in 1952 from the actual accretion in 1954.*

	Kultura postavljena 1951. <i>Culture planted in 1951.</i>	Kultura postavljena 1953. <i>Culture planted in 1953.</i>
Samostan	19,1 g	28,7
Vrata Velikog jezera	48,0	28,0
Jejevići	15,9	19,1
Pošta-Pospile	—	21,6
Srednjak		
<i>Mean value:</i>	27,7 g per animal	24,3 g per animal

Još se je jedna važna pojava mogla utvrditi, a to je, da su u 1952. i 1953. g. kamenice ugibale i to oko 10%, a nekada i više, dok je po obavijesti ing. D. M o r o v i ć a kroz 1954. g. ugibanje znatno smanjeno. Bez sumnje i ovo je još jedan dokaz, da pognojeno jezero predstavlja ekološki daleko povoljniju sredinu za opistanak i razvoj raznih organizama.

OSVRT

Na temelju svega iznesenog u ovom radu konstatiramo da je moguće izvršiti upliv na neki morski bazen sa razmjerno malim sredstvima i to tako da morski bazen zadrži nastale promjene više sezona a čini se i više godina. Te promjene su takve da pridonose obogaćivanju biljne proizvodnje u bazenu, da bazen postaje sve više eutrofan. Promjene na morskom bazenu određenih povoljnih sredstava je moguće izvesti na način, kako je opisan u ovom radu s rezultatom, da ovakovo gnojenje povoljno djeluje na umnažanje, rast i odgoj školjkaša, ribe i drugih organizama u pognojnom području.

Moguće je, dakle, iz mora dobiti više hrane uz određene žrtve (trošak gnojenja). Moguće je, dakle, imati kulture i pod morskim ploham, a ne samo na kopnu.

Navodim nekoliko praktičnih upozorenja do kojih se došlo u toku našeg rada, a koja bi se mogla ubuduće korisno primijeniti.

Švaki morski bazen ne mora biti podesan da se u njemu vrši gnojenje na opisani način. Potrebno je za tu svrhu da ima povoljna hidrografska, geološka i morfometrijska svojstva.

Što je srednja dubina bazena manja, to će gnojenje biti ekonomičnije. Duboki bazeni po svojoj prirodi povezuju uza se karakteristike oligotrofnih (hranom siromašnih) bazena. Za Jadran bi se moglo preporučiti bazene sa srednjom dubinom od 10—15 m, pa na manje. Plići će bazeni zahtijevati manje fosfata po ha, pa će rad biti jeftiniji, a i iskorišćavanje fosfata veće nego li kod drugih bazena. Kod dubokih bazena naime ostaje suviše debeo sloj vode između dna i osvijetljene zone. Ako je predebeo sloj, koji povezuje dno bazena (tog važnog potencijalnog liferanta hranjivih soli) sa produkcionim slojevima, onda veliki dio fosfata, koji su u vodi, ostaje izvan direktne upotrebe od strane organizama. Obrnuto, ako je taj »fosfatni most« kraći, onda je znatniji dio fosfata u upotrebi što je povoljnije za ovaj posao.

Ovo pravilo će vjerojatno vrijediti za sve bazene bez obzira da li su umjetno gnojeni ili ne, veliki ili mali, slatkovodni ili morski. Ovo bi istodobno bilo jedno tumačenje plodnosti voda u području kontinentalnih šelfova, brakova i bankova.

Kao što je izneseno u radu, pojava H_2S u vodi pognojenog bazena sa gledišta ekonomije kruženja i bilansa hranjivih soli vode bazena predstavlja pozitivnu pojavu. Kod jako plitkih bazena, obično malih površina ili koji su dobro zaštićeni od vjetra (najviše šumom), pojava sumporovodika može biti skopčana sa nekim neželjenim pojavama, kao što su ugibanja nekih organizama. Kod dubljih bazena nema štete, jer se H_2S lako oksidira u gornjim slojevima vode i nestaje. Isto tako se H_2S ne pojavljuje u vodi plitkih bazena velike površine.

Ima bazena (kako morskih tako i slatkovodnih), koji ne reagiraju na umjetno gnojenje promjenom produkcije. Takvi bazeni su nepodobni za gnojenje. U takvim bazenima se ne pojavljuje H_2S . Ovaj plin se može javiti poslije umjetnog gnojenja samo u bazenima, koji su odgovorili na gnojenje energičnim povećanjem organske proizvodnje. S ovim povećanjem proizvodnje su skopčani procesi: (i) osiromašenje dubinskih slojeva vode kisikom, i (ii) kemijska redukcija sedimenata i vode bazena. To je dakle proces pretvaranja morskog dna iz tipa dobro prozračenog i oksidiranog bazena u tip slabo prozračnog dna (t. zv. tip »gyttja«).

Ovaj tip morskog dna najbolje odgovara intenzivnoj proizvodnji organske tvari u bazenima i povezan je sa bogatom bentoskom populacijom.

Proces se međutim nekada tu ne zaustavlja nego se redoks zona iz površine mulja ili iz vode par mm nad muljem postepeno diže gore u vodu i kao kontinuirani plašt obuhvaća više ili manje visoki sloj pridnene vode. Visina ovisi o momentalnom međusobnom omjeru veličina faktora, koji ovdje stoje jedan nasuprot drugome. Prvi je proces miješanje vode u vertikalnoj komponenti (ovo miješanje spriječava podizanje redoks sezone u vodi. Njega podupiru suho vrijeme, vjetar, hladnoća, tama i dr.). Drugi je faktor intenzitet proizvodnih procesa u osvijetljenom dijelu vode, kod čega igra jednu od najvažnijih uloga količina i uravnoteženi sastav hranjivih soli. (Ovaj faktor podiže redoks sezonu u više slojeve vode u bazenu). Zbog toga je potrebno trajno vršiti kontrolu bazena, koji je pod obradom, da se redoks sezona održi na pravoj visini: niti ispod površine sedimenta (kao što je to u oligotrofnom tipu bazena), niti suviše visoko nad površinom sedimenta u slobodnoj vodi (kao što je to u distrofnom tipu bazena).

Optimalno stanje kojem treba težiti jest da u pridnenom sloju vode bazena bude što niži sadržaj kisika u doba ljetnog slojanja na pr. 0,5—2 ml O_2 1—2 m nad dnom, a istodobno visoko prezasićenje kisikom u pripovršinskim slojevima. Pojavu H_2S u dubljim slojevima ne treba smatrati nikakvom nezgodom, ali smanjenjem dodavanja novih količina gnojiva izvana u zaliv, treba držati bazen u takvoj kondiciji, da je sumporovodik radije iznimna nego li redovita pojava u bazenu.

U srpnju 1954. g. mi smo imali pojavu H_2S u bazenu, kao posljedicu obogaćenja bazena hranjivih soli i povećane produkcije, i ta pojava H_2S nije bila popraćena nikakvom slabom popratnom pojavom, zbog toga jer je bazen bio dosta velikih dimenzija.

Čini se, da je korisno i važno početi gnojenjem u zimsko doba godine, i da tada bazen najefikasnije reagira na dodavanje hranjivih soli povišenjem proizvodnje hranjivih tvari.

Zasada još nismo u stanju dati točniju ekonomsku kalkulaciju ovog načina gnojenja. Međutim, pošto je kod ovog postupka skoro potpuno izostavljeno dodavanje dušičnih soli, a postignuti su zadovoljavajući rezultati, to možemo s pravom utvrditi, da je ovo dosada vjerojatno najekonomičniji način umjetnog gnojenja vodenih tijela. Dakako da je uvijek uputna i potrebna umjerenost u predviđanjima o koristi, koju će donijeti ovaj postupak, sve dok novi praktični radovi ove vrste ne dadu ovom načinu gnojenja svojom ekonomskom računicom pravo mjesto.

Mi smo skloni vjerovati, da će ova metoda biti svagdje dobro upotrebljena gdje su jeftini: fosforna rudača i sumporna kiselina (ili neka druga mineralna kiselina), a sa druge strane visoka cijena prehrambenim proizvodima iz mora. Ti su uslovi normalno ispunjeni u industrijski razvijenim zemljama. Na mnogim mjestima će ti uslovi biti ispunjeni osobito u ratno vrijeme.

KRATAK SADRŽAJ

U toku našeg rada u znatnoj mjeri se uspjelo postići postavljeni cilj: gnojenjem na jeftiniji način, praktično upotrebom samoga fosfatnog gnojiva, postizavanje višestrukog povećanja organske proizvodnje u jednom morskome zalivu. Rad je vršen na Mljetskim jezerima.

Novom i povoljnom metodom raspršivanja postizava se dobro otapanje superfosfatnoga P u moru. Čistoga P je dodano oko 37,7 P-PO₄ mg/t vode u Mljetskom jezeru ili oko 117 kg superfosfata po ha jezera.

Potanko je dat opis novog postupka gnojenja vodenih tijela.

U ovom pokusu potvrđena je točnost sheme kruženja hranjivih tvari: u određenim uslovima, koji su ispunjeni u Velikom Mljetskom jezeru i malene količine P izazvat će odnosno pojačati eutrofiziranje ovog morskog zaliva i odatle proizvesti osiromašenje kisikom u dubokim slojevima bazena ljeti 1954. i zimi 1954./55. g.

Iznesene su indicije, koje upućuju na to, da je 1954. g. došlo do aktiviziranja fosfata iz sedimenata u dijelu Mljetskog jezera, kao posljedica gnojenja jezera.

Na temelju iznesenih argumenata sa znatnom vjerojatnošću se zaključuje mogućnost, da je u toku eksperimenata uspjelo aktivizirati i atmosferski dušik, dodavanjem fosfata, kiselinskog zemljinog ekstrakta i još nekih soli teških metala. U najmanju ruku efekt velikog povećanja proizvodnje u jezeru je postignut, takoreći, bez dodavanja N soli, točnije sa oko $\frac{1}{45}$ -inom količine, koju su upotrebili u škotskim eksperimentima.

Dobivena je evidencija, da se dio dodanog fosfata zadržava na pognojenom području, gdje biva vezan na organizme i detritus, odakle se opet slijedeće godine regenerira i pojavljuje u otopini.

U toku ljeta 1954. god. došlo je do osiromašenja kisika u dubinskom sloju vode uslijed visoke proizvodnje u pognojenom jezeru. Taj proces je išao negdje do potpunog nestanka O₂ u vodi i do pojave H₂S u vodi jezera. Isto tako je ljeti 1954. neposredno blizu sloja proizvodnje u području jezera došlo i do velikih nagomilavanja kisika, do prezasićenja od 198,3%,

ili 216,2% O₂, također uslijed povećanja proizvodnje. Ovakve dvije pojave ranije nisu bile poznate u Velikom jezeru.

Iz podataka gomilanja, odnosno potroška kisika u dubljim slojevima izlazi, da je kao posljedica gnojenja bila povećana biljna proizvodnja u raznim dijelovima jezera za 6 puta.

Gnojenje je uz znatne oscilacije povoljno uplivalo na povećanje gustoće fitoplanktonske populacije posebno ljeti. Maksimalne nađene vrijednosti broja fitoplanktonskih stanica za Veliko jezero u razdoblju od srpnja do studenoga su gnojenjem povećane i do 30 puta.

Utvrđeno je veoma znatno i izrazito povećanje gustoće biljnog bentosa posebno cianoficea i bentoskih diatomea poslije gnojenja.

Iz dobivenih podataka proizlazi da se upotrebljeni način gnojenja može upotrebiti kao sredstvo za uklanjanje ljetne stagnacije u biljnoj proizvodnji, u najmanju ruku, u sličnim mediteranskim morskim bazenima.

Nije utvrđeno povećanje populacije zooplanktonata uslijed gnojenja jezera.

Kao posljedica znatne eutrofizacije poslije početka fosfatnog gnojenja Velikog jezera znatno se smanjila prozirnost vode jezera.

Utvrđeno je, da je u pognojenom Mljetskom jezeru 1954. g. prirast kamenica u dužini bio 4,2 puta veći, nego li ranijih godina prije gnojenja jezera. Prirast kamenica u težinu je bio prosječno 26,0 gr po komadu na godinu viši u pognojenom jezeru nad onim u nepognojenom jezeru, a brzina rastanja (u težinu) je bila 5,0 puta veća nego li u nepognojenom jezeru.

Utvrđeno je, da u pognojenom jezeru 1954. g. smanjeno ugibanje kamenica u kulturama. Izneseno je mišljenje, da se smanjenje mortaliteta može smatrati općenitim znakom poboljšanja prilika.

Nadalje gustoća populacije riblje mlađi je porasla na pr. trlje i gavuni. Odrasla riba je dobila na masnoći kao cipli, arbuni ili trlje.

Pognojeni morski zaliv uspijeva privlačiti izvana i odraslu ribu, kao što je to bukva ili inćun u većoj mjeri nego li prije. Utvrđeno je, da su u Mljetsko jezero 1954. g. ušle i veće količine srdela.

Iz svega se izvodi zaključak, da je izvedivo gnojenje zatvorenijih morskih zaliva srodnih Mljetskim jezerima na upotrebljeni način i da ono djeluje povoljno na umnažanje, rast i održanje školjkaša, riba i drugih organizama u pognojnom području.

LITERATURA

- Atkins, W. R. G. 1944. Plant nutrients in the sea. *Nature* CLIV. 489. London.
- Braarud, T. & A. Bursa. 1939. The phytoplankton of the Oslo Fjord 1933-34. *Hvalradets Skrifter*. No. 19. Oslo.
- Buljan, 1953. a. Biogeochemical system of circulation of nutrients in the water basins. Report: symposium on geochemistr., Zürich, Aug. 1953. *Geochemica et cosmochemica Acta*. Vol. IV. p. 212. London.
- Buljan, M. 1953. b. The cycle of nutrient salts. *Bull. Sci. Conc. Acad. Youg.* Vol. I. T. 3. p. 81.
- Buljan, M. 1953. c. Utjecaj šume na produkciju u vodama. *Šumarski List*, br. 9/10, Zagreb.
- Buljan, M. 1956. Prvi nalaz sumporovodika (H_2S) u Jadranu. *Mornarički Glasnik* No. 2. 1956. Split.
- Buljan, M. and M. Marinković. 1956: Some data on hydrography of the Adriatic (1946—1951). *Acta Adr.* Vol. VII. No. 12. Split.
- »Ciclope« 1911—1913. *Bollettino delle crociere periodiche*, fasc. I., II. e III. *Ricerche Ital. R. Comit. Talass.* 1912., 1913., 1914.
- Cooper, L. H. N. 1948. Phosphate and fisheries. *Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K.* Vol. 27. p. 326—336. Cambridge.
- Cooper, L. H. N. & G. A. Steven. 1948. An experiment in marine fish cultivation. *Nature* Vol. CLXI. 631. London.
- Cviić, V. 1955. Red water in the lake »Malo Jezero« (Island of Mljet). *Acta Adr.* Vol. VI. No. 2.
- Elster H. J. et W. Einsele 1938. Beitrage zur Kenntnis der Hydrographie des Untersees. *Int. Rev. der Hydrographie und Hydrobiologie*. Bd. 36.
- Ercegović, A. 1934. Istraživanje o temperaturi, salinitetu, kisiku i fosfatima jadranskih voda, srednje dalmatinske obale. — *Prirodoslovna istraživanja Jug. Akad. Znan. i Umj. svezak* 19. Zagreb.
- Ercegović, A. 1935: Une contribution a la connaissance des conditions hydrographiques et biologiques du Lac de l'isle de Mljet (Méléda). *Acta Botan. Instit. Bot. Univ. Zagreb* Vol. X. Zagreb.
- Ercegović, A. 1936. Etudes qualitative et quantitative du phytoplankton dans les eaux côtières de l'Adriatique Oriental Moyen au cours de l'année 1934. *Acta Adr.* Vol. I. No. 9. Split.
- Flattery, F. W. 1922. *The Biology of the sea shore*. London.
- Fogg, G. E. et M. Wolfe. 1954. Nitrogen metabolism of blue-green algae. In *Autotrophic microorganisms. Fourth Symposium on the Soc. Gen. Microbiol.* April 1954. London.
- Frey, D. G. 1947. The pond Fisheries of the Philippines. *Jour. Mar. Res.* Vol. VI. No. 3. p. 247—258.

- Gran, H. H. 1933. Studies on the biology and chemistry of the Gulf of Maine. Distribution of phytoplankton in August 1932. Biol. Bull. Vol. LXIV. No. 2.
- Gross, F. 1948. An experiment in farming the sea. Chem. Industry No. 44. Nov. 1946. p. 396. London.
- Gross, F. 1948. Marine Fish Cultivation. Nature. Vol. 162. p. 378. London.
- Gross, F. 1949. A Further observations on fish growth in a fertilised sea loch (Loch Craiglin). Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K. Vol. 28. Cambridge.
- Gross, F. 1949. Experiments in marine fish Cultivation. XIII^e Congres Intern. de Zoologie, Paris, 21. au 27. VII. 1948.
- Gross, F. 1950. a. A Fish cultivation in an arm of a sea-loch. I. Introduction. Proceeding Roy. Soc. Edimburgh, Sect. B. (Biology) Vol. LXIV. Part I (No. 1).
- Gross, F. 1950. b. A Fish cultivation experiment in an arm of a Sealoch. V. Fish growth in Kyle Scotnish. Proceed. Roy Soc. Edimb. Sect. B. (Biology). Vol. 64. Part I. (No. 5).
- Gross, F. J. E., Raymant, S. R. Nutman et D. T., Gauld 1946. Application of fertilizers to an open sea loch. Nature, 158, 187.
- Harvey, H. W. 1933. On the rate of diatom growth. Journ. Mar. Biol. Assoc. Vol. XIX. No. 1. pp. 253—276. Cambridge.
- Harvey, H. W. 1939. Substances controlling the growth of a diatom. J.M. B. Assoc. Vol. XXIII. p. 499. Cambridge.
- Harvey, H. W. 1945. The Chemistry and Biology of sea water — Cambridge.
- Harvey, H. W. 1950. On the production of living matter in the sea off Plymouth, J. M. B. Assoc. Vol. XXIX. Cambridge.
- Hayes, F. R. et C. C. Coffin. 1951. Radiactive phosphorus and exchange of lake nutrients, Endeavour. Vol. X. No. 38.
- Longford, R. R. 1948. Fertilization of lakes in Algonquin Park, Ontario. Transactions of the American Fisheries Soc. Vol. 78. 1948.
- Marshall, S. M. & A. P. Orr. 1948. Further experiments on the fertilization of a sea loch (Loch Craiglin). The effect of different plant nutrients on the phytoplankton. Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K. Vol. 27.
- »Najade« 1911.—1914. Berichte über die Terminfahrten. Österreichischer Teil. No. 1—12. Perm. Int. Komm. Erforsch. Adria 1912, 1913. und 1915.
- Nees, J. C. 1946. Development and status of pond fertilization in Central Europe, Trans. Amer. Fish. Soc. Vol. 76.
- Pucher-Petković, T. 1957. Etude du phytoplankton dans la region de l'île de Mljet dans la periode 1951—1953. Acta Adr. Vol. VI. No. 5. Split.
- Raymont, J. E. G. 1950. Further observations on changes in the bottom fauna of fertilized Loch. J. M. B. Assoc. XXVIII. No. 1. p. 9.
- Ritchie, J. 1944. Science and the Fisheries, Nature CLIV. 275.
- Ritchie, J. 1944. Plant nutrients in the Sea. Nature Nature CLIV. 832.
- Rose, M. 1954. Le plankton aliment, Annales de la nutrition. VIII.
- Schäperclaus, N. 1950. Gajenje ribe u ribnjacima. Beograd (Prevod).

- Schuster, W. H. 1952. Fish culture in brackish water ponds of Java Indo-Pacific Fisheries Council FAO Spec. Publ. No. 1.
- Sisler, F. C. et C. E. ZoBell. 1951. Nitrogen fixation by sulphate reducing bacteria indicated by Nitrogen/Argon ratios. Science. May 4, Vol. 113. No. 2940. pp. 511—512.
- Sverdrup, H. U., M. W. Johnson et R. H. Fleming. 1954. The Oceans, their Physics, Chemistry, and General Biology, New York.
- Thienemann, A. 1953. Život u slatkoj vodi, Zagreb (Prijevod).
- Vaas K. F. 1952. Notes on and possibilities of fertilization of fish ponds in Indonesia. Proc. Nat. Inst. Sci. India. Vol. XVIII. No. 1.
- Vinogradov, A. P. Himičeski elementarni sastav organizama mora. Vol. I. p. 100. Trudi Biogeohemičke laboratorije Akad. Nauk. SSSR. III.
- Vuletić, A. 1953. Structure géologique du fond du Malo et du Veliko Jezero sur l'île de Mljet. Acta Adriatica Vol. VI. No. 1. Split.

Primljeno 13. VII. 1956.

REPORT ON THE RESULTS OBTAINED BY A NEW METHOD
OF FERTILIZATION EXPERIMENTED IN THE MARINE BAY
»MLJETSKA JEZERA«

Miljenko Buljan

Institute of Oceanography and Fisheries, Split

The experiments aimed at attaining — in a new and economical way — the eutrophization of a well-sheltered Mediterranean bay by artificially adding anorganic fertilizer to the water of the area, and at finding out to what extent some economically important organisms are influenced by the growth of organic production. The principal test was focussed on the Oyster (*Ostrea edulis*).

The marine bay Mljetska jezera (Mljet »Lakes«), a deeply cut bay in the western part of the Island of Mljet (N 42°47' E 17°21'), lying off the east coast of the Adriatic (Fig. 1) was picked out to serve as experimental ground. The largest depth of the bay amounts to 46 m. The bay is separated from the offing, — their connection being provided by a narrow passage over a 1 m deep sheft. The average depth of the bay does not surpass 22,5 m, while the entire area extends over 183 hectares. The salinity and temperature data for the water of the bay are given in the Tables 1 and 2. More detailed morphological data on the bay can be found in the paper by Vuletić (1953). The hills around the bay are densely wooded by evergreen Mediterranean vegetation. There was no interruption whatsoever in the free communication of the water of the bay with that the offing neither pending the experiments nor preceding them.

The following items were involved in examinations and measurements performed during the investigations in the area: temperature, salinity, and transparency, pH, contents of O_2 , $P-PO_4$, total P, and silicate. Qualitative and quantitative investigations of bacteria —, phytoplankton-, and zooplankton-populations in the bay were also carried out, and a culture of oysters was planted and observed. Some less intensive investigations included phytobenthos and fishes. Beside the author, who

conceived and planned the experiment, and who took care of the hydrographic part of the examinations, several colleagues were also engaged in the investigations, who separately process their own data and prepare papers which have been or shall be published in Vol. VI. of the *Acta Adriatica*.

The planning of the experiment described in the present paper was in connection with some working hypotheses. One of them was that even a lesser enrichment in nutrient salts, particularly in phosphate — occurring in the oligotrophic Adriatic waters — will favourably influence the organic production, very likely more favourably than e.g. the North Atlantic region would be influenced by the same amount of nutrient salts (rule of the minimum; a quicker metabolic process taking place in warmer water; abundance of light in the Mediterranean region).

In order to improve the fertilizing technique and to avoid the immediate sinking to the bottom of considerable quantities of phosphate (about $\frac{3}{4}$ as shown by the experiments made in Scotland — Gross et al., 1946), the fertilizer was first processed by means of a mineral acid of technical grade (concentrated technical sulfuric acid in our case) with sea water added. In this way the following was obtained:

- 1) All the secondary Ca-phosphate was eliminated and a mixture of the easily soluble primary Ca-phosphate and free phosphoric acid resulted. Thus the solution of the phosphatic component in the added fertilizer was a complete one;
- 2) This made the use of the old, receded, superphosphate possible.

By applying mineral acid we are enabled to obtain larger quantities of earth extract and to use it as additional fertilizer (for heavy metals, other trace elements, and organic matter) in order to stimulate much quicker growth and reproduction of organisms in the sea water. (Harvey 1933, 1939; Gran 1933; Rose 1954).

As already stated in a preceding paper, the addition of appropriate quantities of mineral acid or acid matter in general, and the thereby produced changes of pH, did not cause any harm to sea water (or probably fresh-water) organisms. Acid matter, on the contrary, has a favourable effect on the process of organic production in a similar way as the addition of appropriate quantities of matter of reductive character. (Buljan, 1953 a, and 1953 b).

The ratio by weight N:P for marine organisms being, on the average, 7,2:1 (Sverdrup et al. 1945), for each part of the added and utilized P 7,2 parts of N are required. The artificial fertilization of

marine bays will hardly ever become economically feasible and justifiable if large quantities of nitrogen salts have to be added to their waters as it was case with the well-known experiments made in Scotland (superphosphate: ammonium sulfate applied in quantities in the ratio 1:4) and perhaps with all the attempts of water fertilization made until now. As a matter of fact, large quantities of N are already present in the sea water (and in fresh-water too) although in the unfavourable inert form. It is also a matter of fact now that some kinds of bacteria and cyanophyceae are able to fix N_2 from fresh-water [Hofer's experiments (Thienemann, 1953), Lantch's experiments (Nees, 1946)]. The well substained opinion that bacteria of the *Clostridium* strain, present in marine coves too (Fray, 1947; Vaas, 1952; Schuster, 1952), are able to fix N_2 , has been definitely proved by Sisler and ZoBell, 1951, while analogous proofs with regard to marine cyanophyceae have been offered by Fogg and Wolfe, 1954.

The presence of organic matter, phosphates, potassium salts, solved N_2 , Mo (or V, or W) salts in traces, and finally the absence of nitrate are prerequisite for the action of these organisms.

One of the author's hypotheses was that the conditions as regards the investigated area would be satisfied by the addition of phosphate ions and earth extract only, consequently making the fertilization by far less expensive because of the elimination of adding of N-fertilizer.

Another of the author's hypotheses was that, owing to the artificially caused eutrophization, a considerable impoverishment in O_2 of the bottom layers of the marine bay would follow. This may also result in the reduction of the otherwise normally oxidized contact film of the mud which does not allow the diffusion of PO_4^{3-} and Fe^{2+} to take place from the silt into the water. (Buljan, opera cit). The occurrence of O_2 disappearance, even on a smaller part of the sea bed in the bay area, would mean an extra contribution of phosphate to the circulation of matter enriching the water of the investigated basin.

It is not necessary to emphasize that the author does not consider it disadvantageous for marine bays if, in a sufficient deep basin, owing to the artificially increased production, H_2S makes its temporary appearance at the bottom of the basin. The appearance of sulfuretted hydrogen intensifies the freeing of nutrient salts from the sediment and their joining the solution to enrich the reserve supply of phosphate in the bay.

This mobilization in the water of a marine bay of the existing reserve supply of nitrogen and the reserve supply of phosphate present in the sediment is, in the author's opinion, an element of essential importance in his method of artificial fertilization.

The fertilization technique as applied in the experiment was the following:

On deck of a sufficient large motor boat, to some 70—80 l of sea water contained in an iron vessel of a volume of about 200 l are added 4,75 l of concentrated technical sulfuric acid (specific gravity about 1,68), 100 kg of super-phosphate, and 2 spadefuls of garden or forest soil, and then all the ingredients are well stirred and left standing for a quarter of an hour until the desired effect is obtained, i.e. the solution of salts and extraction of matter from the fertilizer and soil in such an acid medium. At this stage additional sea water is poured into the vessel until a total of 200 l is reached, and the suspension, well stirred once more, is then let in a gentle flow onto the sea surface from the boat in motion. Two iron vessels were alternatively employed to make the refilling not interfere with the flowing. The characteristic feature of this method consists in the obvious possibility of direct application of finely crushed inexpensive phosphorous raw material such as natural phosphorite, degreased bone meal, guano, etc., for the purpose of fertilization of water bodies. This will undoubtedly render the method easier in some places.

The investigations carried out in the area of Mljetska Jezera in order to make a survey of hydrographic and biological properties of the bay, actually started in March 1951 and took place in time intervals of about a month or a month and a half, lasting all through 1954 and, at longer intervals, also in 1955 and 1956. The fertilizing by means of phosphate was begun in January 1954, and a total of 21,5 t of superphosphate was added to the water of the bay until the end of 1954. Earlier, in 1953, a quantity of 2,27 t of Ca-cyanamide was added to the same water.

Here is a short review of the obtained results.

The aim of the experiment, i.e. an inexpensive way of sea water fertilization by applying practically phosphate fertilizer only, has been attained, since a manifold increase of organic production in a marine bay was achieved.

A new and advantageous method of dispersion made it possible for small quantities of mineral acid to help the superphosphate-P to reach a good solution in the sea water. Until the end of 1954, i.e. during the period covered by the present report on the results of survey of the Mljetska

Jezerá area, 36,7 mg of $P-PO_4$ per ton of the bay's water, or about 117 kg of superphosphate per hectare of the bay's area were applied.

The experiment has confirmed the correctness of the scheme of circulation of nutrient matter in water basins, according to which, under certain circumstances, by adding PO_4 even in smaller quantities, the oxygen supply in the deeper layers of the basin water will grow poorer, as it was noticed in the summer 1954. Given such conditions, the PO_4^{3-} will detach itself from the bottom mud to enter the sea water provided that the oxygen supply has reached a certain degree of deficiency. The activation of the PO_4 present in the basin sediments and the shifting of a part of that phosphate into the solution was then achieved in the Veliko Jezero area (Pospile) in the summer 1954, owing to the fact that — under otherwise normal hydrographic circumstances in the bay — a production of H_2S made its appearance in the bottom layers of the basin.

At the same time the phenomenon of »red water« — a consequence of structural changes in bacteria populations in that part of the bay — was observed in the area for the first time.

A calculation is also given showing that most probably we have succeeded, by adding phosphate salts and acid earth extract to the water of this marine bay in the course of the experiment, to mobilize atmospheric nitrogen, the most expensive ingredient in the process of fertilization. A considerable increase of productions was practically obtained, so to say, without adding any nitrogen fertilizer. Or, to put it more correctly, some N-salt was added, but only a $1/45$ part of the quantity applied in the Kyle Scotch experiments (Gross et al. op. cit.) in relation to the amount added phosphate.

The evidence has been obtained that a part of the added phosphate remains in the fertilized area where it is shared by organisms and detritus, to be regenerated during the next year and to appear in the solution again.

The experiment resulted in favourable changes among the populations of various groups of organisms, such as plankton, phytobenthos, fishes, and shellfishes.

During the summer 1954 the deeper water layers of the bay were impoverished in O_2 owing to a more intensive production taking place in the fertilized area. The process led to total disappearance of O_2 in some cases. At the same time, oxygen kept amassing in considerable quantities in the vicinity of the productive layer, leading to oversaturation with oxygen (198,3% and even 216,2%) as another consequence of the

increased production. These two phenomena were unknown in the investigated area before. It follows from the data illustrating the amassment of oxygen in the deeper water layers and its consumption respectively that the fertilization of the area results in a more abundant production of the marine flora in various parts of the bay, amounting to at least six times more than before the experiment took place. (See Tables 3 and 4).

Although fluctuating, the effect of fertilization on the increase of density of the phytoplankton population was a favourable one, particularly in summertime. Compared with the maximum values of the numbers of phytoplankton cells observed in the Veliko Jezero area in 1951, 1952, and 1953, the 1954 ones, found during the summer stagnation (from July through November) reached up to thirty times as much owing to fertilization. (See Table 6).

A considerably higher and conspicuous degree of phytobenthos density, particularly as regards the blue-green algae (cyanophyceae) and benthonic diatomaceae has been observed to follow the fertilization.

No increase of the zooplankton population as a consequence of the experiment was noticed.

A considerable and continuous decrease of transparency of the once very transparent water in the bay was the result of eutrophisation of the area when the fertilization was started (See Table 5).

It has also been established that the experimental area proved an excellent feeding ground for oysters (*Ostrea edulis*) as soon as the fertilization took place. Judging from the results obtained from 2500 individuals planted at four localities in the area, the increase of the species by growth in 1954 was 4,2 times larger than it was the case with individuals of the same age during the preceding two years, i.e. before the fertilization of the bay was begun. (Fig. 2 and 3, Tab. 8).

In the fertilized part of the bay the weight of oysters showed an average growth of 26,0 g per individual in a year's time. The rate of the weight increase was five times quicker than in the unfertilized part of the bay. The value was obtained by subtracting the extent of oyster growth observed under normal conditions during the preceding two years from the gross growth in 1954. The most suitable position for oyster feeding in the bay was found at the very entrance (Vrata od Jezera) where the net accretion, resulting from the fertilization of the area, amounted to 48 g per specimen in a year's time. (See Fig. 4 and 5, Tab. 9 and 10).

It has further been established that fewer oysters perished on the feeding grounds of the fertilized part of the bay in 1954, and the decreasing mortality may be considered as another sign of a general improvement of conditions.

There are indications that the fertilization of the bay has also resulted in a considerably increased occurrence of fry. The fry of *Aterina* sp. and *Mullus* sp. were particularly noticed. Round fishes, are obviously influenced by fertilization, so among others, the species gray mullet (*Mugil cephalus*), *Pagellus erithrinus* and red mullet (*Mullus barbatus*) which added very much to their roundness owing to accumulation of fat in their muscle tissues and around their intestines.

The fertilized part of the bay used probably to attract also adult fish from the outside, such as *Boops boops* or anchovy (*Engraulis engraulis*) in larger numbers than before. It has been observed that considerable quantities of sardine too (*Clupea pilchardus*) entered the area of Mljetska Jezera after it had been fertilized.

The conclusion is drawn from the observed facts that the fertilization of well sheltered marine bays like the area of Mljetska Jezera is feasible, provided the described method is applied, and that it has a favourable effect on the multiplication, growth, and survival of shell-fishes, fishes, and other organisms in the fertilized area.

It is expected that the method of fertilization, described in the present paper, can successfully be applied to fresh-water basins too. Not all marine basins are suitable for experiments of this kind, the author maintains. Certain hydrographic, morphometric, and geological properties of the basin, however, are required.

The average depth of the chosen basin must not be a large one — not over 10—15 m for the Adriatic (Mediterranean) waters, in order to obtain a very thin water layer between the illuminated part of the water body and the bottom, the latter being a potential supplier of nutrient matter including also phosphates. The thicker and the more deeply situated this »phosphate bridge«, the larger part of phosphate remains outside the direct utilization in the production. On the contrary, the thinner the »bridge«, the more complete the participation of those nutrient salts in the production of the basin and the more economical the experiment. It is possible that the application of this element can to some extent provide the basis for the explanation of fertility of continental shelves and banks in comparison with the fertility of the open ocean.

Sporadic appearances of H_2S in an artificially fertilized area, are not considered disadvantageous provided the basin is large enough, and they can be looked upon as evidences of a positive response of the basin to the artificial fertilization.

The fertilized basin should be carefully watched and the addition of nutrient matter kept under control. The optimum condition in the basin, which is to be aimed at, is marked by a very low O_2 value in the deeper water layers of the basin during the summer season (0,5—2 ml O_2 1—2 m over the bottom). Such conditions favour the mobilization of phosphate from the sediment and its entering the basin water and taking part in the production.

Winter seems to be the suitable season for the beginning of artificial fertilization of water basins.

Owing to favourable results obtained by the described method of fertilization the opinion has been expressed that — since practically no nitrogen fertilizer is needed — it represents for the present the most economical method of fertilization of water bodies. The method will most likely find easy application wherever phosphate rock and mineral acid happen to be inexpensive and where human food growing in the sea has good market price, e.g. in the industrially developed countries.

S A D R Ž A J :

	Strana
Zadatak	3
Pristup radu	4
Hidrografska svojstva Mljetskog Jezera	6
Pokus u Mljetskom Jezeru	9
Rezultati i diskusija	10
Osvrt	29
Kratak sadržaj	32
Literatura	34
Report on the results obtained by a new method of fertilization experimented in the marine bay »Mljetska Jezera«	37

Tiskanje završeno 30. VII. 1957.

Tisak: Novinsko-izdavačko poduzeće »Slobodna Dalmacija« — Split