

Valli PORGASAAR

УДК 574.524:556.114.6-7

MATSALU LAHE VEE FÜSIKALISED JA KEEMILISED OMADUSED NING NENDE SEOS KLOROFÜLLI *a* SISALDUSEGA

2. KLOROFÜLL *a* KUI VEE TROOFSUSE NÄITAJA

Klorofüll *a* kontsentratsioon lahe vees. Vee klorofüllisisaldus peegeldab fütoplanktoni esinemist ning see on leidnud laialdast kasutust veekogude troofsustaseme ja eutrofeerumise hindamisel ning algproduktiooni uurimises. Sõltuvalt fütoplanktoni sesoonsest arengust on vee klorofüllisisaldus ajaliselt väga muutuv. Primaarseteks teguriteks, mis mõjustavad fütoplanktoni arengut, peetakse valgust ja toiteelementide olemasolu ning sekundaarseteks faktoriteks temperatuuri, soolsust ja vetikate kasutamist zooplanktoni toiduks. Nimetatud keskkonnatingimustega on otse- või kaudses seoses ka klorofüll *a* esinemine vees.

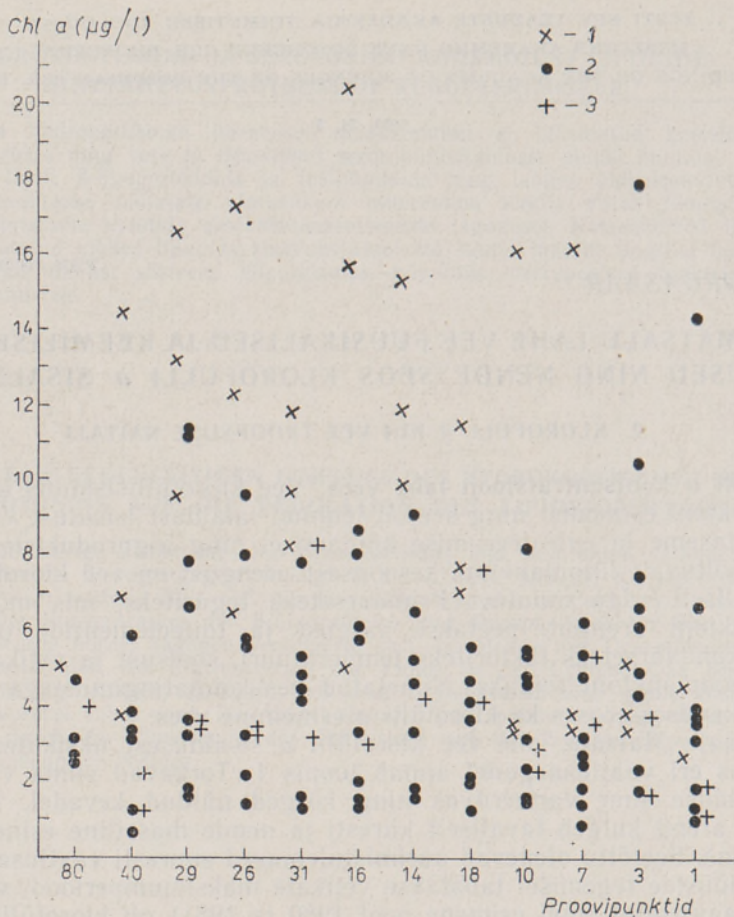
Ülevaate Matsalu lahe vee klorofüll *a* sisaldusest üksikutes proovipunktides eri vaatlusaegadel annab joonis 1. Torkavad silma vee klorofüllisisalduse suur varieeruvus ning kõrged näidud kevadel. Kevadine vetikate areng kulgeb tavaliselt kiiresti ja nende massiline esinemine on lühiajaline. Seetõttu olenevad uurimistulemused suuresti vaatlusajast, s. t. kas analüüside tegemisel tabatakse vetikate maksimumperioodi või mitte. Kahel vaatlusajal (mai esimene pool 1980 ja 1981) oli klorofüll *a* kontsentratsioon kõrge (10–20 µg/l) lahe keskosa vees. Enamasti mageveeline ning toiteelementiderikas lahe idaosa oli kevadel, peale väheste erandjuhtude, klorofüllivaene.

Suvel oli vee klorofüllisisaldus väga varieeruv nii ajaliselt kui regionaalselt. Matsalu kanali ja paiguti lahe idaosa vees oli klorofüll *a* suvel rohkem kui kevadel. Üksikjuhtudel täheldati väga kõrgeid klorofüll *a* kontsentratsioone Kasari kanali suudmealal (32 µg/l juulis 1977) ja Penijõe alamjooksul (33 µg/l juulis 1980). Lahe keskosa vees, vastupidi, ei ületanud suvised klorofüllisisalduse tõusud kevadisi maksimaalseid kontsentratsioone. Suve teisel poolel klorofüll *a* hulk vees tavaliselt langes, kuid sügisel täheldati üksikuid tõsuperioode. Need on tingitud mõnede vetikarühmade (peamiselt ränivetikate) sügisest massilisest arengust nendele soodsate ilmastiku- ja toitumistingimuste korral. Kõnesolevatel vaatlustel oli klorofüll *a* kontsentratsioon lahe vees sügisel enamasti madalam kui suvel.

Muhu väina vees oli klorofüll *a* kontsentratsioon kogu vaatlusperioodi suhteliselt stabiilne (2,5–5,0 µg/l).

Sõltuvus klorofüll *a* sisalduse ning vee füüsikaliste ja keemiliste parameetrite vahel. Vee klorofüll *a* kontsentratsiooni ja füüsikaliste ning keemiliste parameetrite vahelist statistilist sõltuvust on uuritud korrelatsioonanalüüsi abil (tab. 1). On välja arvatatud lineaarse korrelatsiooni kordajad ja regressioonisirgete võrrandid.

Matsalu lahe vee hõigus oli tugevas korrelatiivses sõltuvuses klorofüll *a* sisaldusest (tab. 1). Seos oli tugevam lahe keskosas ($r=0,78$; $n=24$). Vee hõigusnäitajad olid enam hajutatud madala klorofüll-



Joon. 1. Klorofüllü *a* sisaldus Matsalu lahe vees kevadel (1), suvel (2) ja sügisel (3).

sisalduse puhul ning korrapärasemalt jaotunud klorofüllisisalduse suurenemisel. Vee hägususe määrab põhiliselt fütoplanktoni hulk, eriti lahe keskosas ja seda näitajat võib kasutada eutrofeerumise iseloomustamiseks.

Korrelatiivne sõltuvus vee läbipaistvuse ja klorofüllü *a* sisalduse vahel oli nõrk, kui võtta arvesse kõigi proovipunktide andmed (tab. 1). Andmete hajuvust põhjustasid sel juhul lahe idaosa madalad proovipunktid, kus vee läbipaistvus ulatus sageli põhjani. Tugevam korrelatiivne sõltuvus vee klorofüllü *a* sisalduse ja läbipaistvuse vahel esines lahe keskosas, kus vee läbipaistvus on oluline näitaja lahe troofsuse hindamisel.

Kirjanduses on märgitud, et vee pH peegeldab fütoplanktoni produktiooni muutusi. Pojo lahes Soome edelarannikul on täheldatud vee pH väärtuse 7,5 ja klorofüllü *a* sisalduse 1 $\mu\text{g/l}$ samajoonte kokkulangevust kasvuperioodi vältel (Niemi, 1978). Matsalu lahe vee pH muutused ei olnud kooskõlas vee klorofüllüsisaldusega. Madalaveelises lahes mõjutab vee pH-d ka rikkalik põhjataimestik ning madalate pH väärtustega jõevee pidev sissevool lahte.

Vee klorofüllü *a* ja biogeeniide sisalduse vahel esines korrelatiivne sõltuvus. Kui arvestada kõikide vaatluste tulemusi kogu lahe ulatuses, ilmneb vee klorofüllü *a* ja üldlämmastiku sisalduse vaheline nõrk korrelatiivne sõltuvus ($r=0,37$; $n=91$). Kui aga jätta välja lahe idaosa,

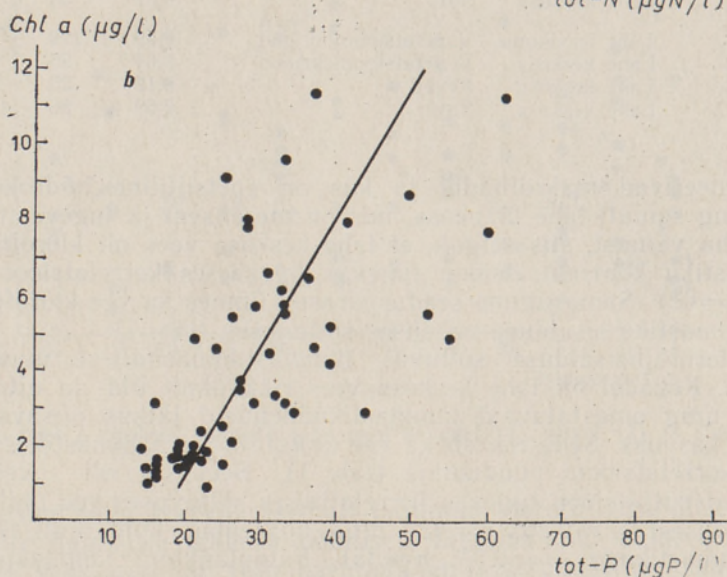
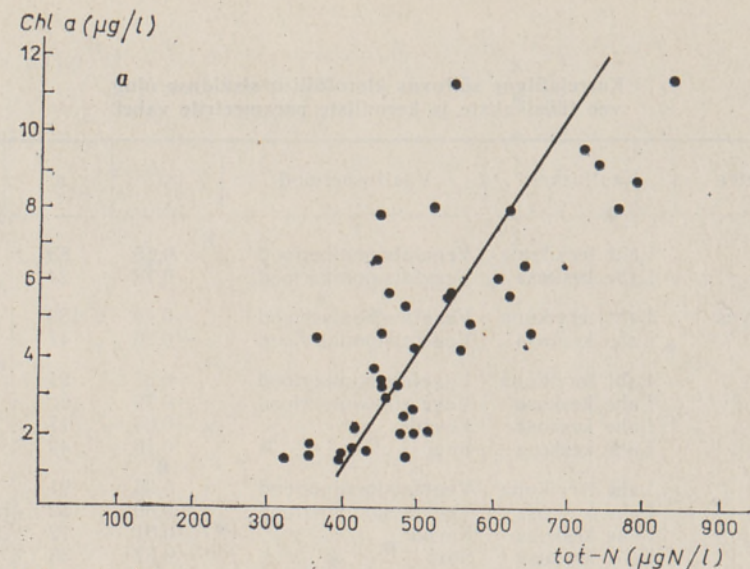
Korrelatiivne sõltuvus klorofüllil *a* sisalduse ning vee füüsikaliste ja keemiliste parameetrite vahel

Parameeter	Vaatluskoht	Vaatlusperiood	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>p</i>
Hägusus	Laht tervikuna	Vegetatsiooniperiood	0,65	83	0,001
	Lahe keskosa	Vegetatsiooniperiood	0,78	24	0,001
Läbipaistvus	Laht tervikuna	Vegetatsiooniperiood	-0,40	180	0,001
	Lahe keskosa	Vegetatsiooniperiood	-0,76	47	0,001
Tot-N	Laht tervikuna	Vegetatsiooniperiood	0,37	91	0,001
	Lahe keskosa	Vegetatsiooniperiood	0,79	62	0,001
	Lahe keskosa	Kevad	-0,03	17	>0,1
	Lahe keskosa	Suvi	0,76	42	0,001
NO ₃ -N	Laht tervikuna	Vegetatsiooniperiood	0,36	91	0,001
	Lahe keskosa	Vegetatsiooniperiood	0,69	52	0,001
	Lahe keskosa	Kevad	0,01	12	>0,1
	Lahe keskosa	Suvi	0,57	35	0,001
Tot-P	Laht tervikuna	Vegetatsiooniperiood	0,49	179	0,001
	Lahe keskosa	Vegetatsiooniperiood	0,61	96	0,001
	Lahe keskosa	Kevad	0,19	25	>0,1
	Lahe keskosa	Suvi	0,69	56	0,001

kus domineerivad makrofüüdid ja kus on spetsiifiline hüdrokeemiline režiim, ning samuti lahe lääneosa, mis on merelisem ja tugevasti mõjutatud Muhu väinast, siis selgub, et lahe keskosa vees oli klorofüllil *a* ja üldläämmastiku kontsentratsioon tugevas lineaarses korrelatsioonis ($r = 0,79$; $n = 62$). Samasugune seaduspärasus ilmnes ka vee klorofüllil *a* ja nitraatläämmastiku sisalduse vahelises sõltuvuses (tab. 1).

Vee klorofüllisisalduse sõltuvus lämmastikuühenditest muutus ka sesoonselt. Kevadel oli lahe keskosa vees rikkalikult üld- ja nitraatläämmastikku ning omastatavaid lämmastikuühendeid jätkus piisavalt fütoplanktoni kasvuks. Seda näitab ka vee klorofüllil- ja lämmastikusisalduse vahelise korrelatsiooni puudumine (tab. 1). Seevastu oli suvel klorofüllil *a* kontsentratsioon tugevas korrelatiivses sõltuvuses vee üldläämmastiku sisaldusest ($r = 0,76$; $n = 42$) ning nõrgemas, kuid olulises seoses nitraatläämmastikuga ($r = 0,57$; $n = 35$). Fütoplanktoni lämmastikutoitumist Matsalu lahes iseloomustas suvel paremini vee üldläämmastiku kui nitraatide sisaldus, sest suvel langes nitraatide kontsentratsioon lahe keskosa vees tihti analüütilise nullini. Samuti puudusid teised mineraalsed lämmastikuühendid. Planktonivetikate, eriti aga rikkaliku fütobentose olemasolu samal ajal lubab järeldada, et vees leidis vetikatele omastatavat lämmastikku. Viimasel ajal on suurt tähelepanu pööratud vetikate toitumisele mitmesuguste orgaaniliste lämmastikuühenditega. Mitmete vetikaliikide eelistatavaks lämmastikuallikaks peetakse karbamiidi isegi anorgaaniliste lämmastikuühendite olemasolul (McCarthy jt., 1977; Butler jt., 1979). Nimetatud autorid seavad kahtluse alla üldlevinud seisukoha fütoplanktoni suvise miinimumi seostamisest toiteelementide puudumisega. Oletatakse, et ühed planktonivetikate liigid vahetuvad teistega, mis on kohastunud orgaaniliste lämmastikuühendite omastamiseks.

Matsalu lahe keskosas tõusis vee klorofüllisisaldus üle 3 µg/l minimaalsel nitraatide esinemisel (alla 10 µg N/l). Nitraatläämmastiku sisalduse muutumisel vahemikus 6–86 µg N/l tõusis klorofüllil *a* kontsentratsioon vees 3–10 µg/l. Vee üldläämmastiku sisaldus oli samal ajal küllalt kõrge ja muutus 450–690 µg N/l piires (joon. 2). Matsalu lahele on iseloomulik, et suhteliselt kõrge üldläämmastiku sisalduse puhul leidub



Joon. 2. Üldlämmastiku (a) ja üldfosfori (b) ning klorofüllü *a* sisalduse vaheline seos Matsalu lahe keskosa vees suvel.

vees vähe klorofüllü. Puhaskultuurides kasvatatud vetikarakkudes on liigist olenevalt üldlämmastiku ja klorofüllü *a* suhe 4–14 (Parsons jt., 1961). Matsalu lahe vees oli see suhe 10 ja enam korda suurem. Lahe vee lämmastikust esineb suurem osa orgaaniliste ühenditena, eriti suvel taimede intensiivsel kasvuperioodil. Kõrge orgaanilise lämmastiku ja klorofüllü *a* sisalduse suhtarv (üksikutel juhtudel üle 100) näitab orgaaniliste lämmastikuühendite rohkust, mis pole seotud fütoplanktoniga. Kevaditi oli nimetatud suhte väärtus tavaliselt madalam (18–40).

Klorofüllü *a* kontsentratsioon oli olulises korrelatiivses sõltuvuses ka vee üldfosfori sisaldusest. Statistiline sõltuvus on tugevam lahe keskosa vees ning nõrgeneb ida ja lääne suunas, kui arvestada kõiki vaatluspunkte kogu lahe ulatuses (tab. 1). Täheledata ka sesooneid erinevusi. Kevadel leidis fosforit vees fütoplanktoni arenguks küllaldaselt

(keskmise sisaldus 45 $\mu\text{g P/l}$) ning see ei olnud statistilises sõltuvuses klorofüllisisaldusest. Samal ajal esines umbes 70% üldfosforit sestonis ja vabu fosfaate vees ei leidunud. Mitmed uuringud veekogude sestoni kohta on näidanud, et enamik selles leiduvast fosforist ja lämmastikust on kevadel seotud fütoplanktoniga, suvel aga detriiidiga (Osamu jt., 1975; Kwiatkowski, El-Shaarawi, 1977; Yanada, Maita, 1978). Fosfori kõrget omastatavust vetikate poolt näitasid ka üldfosfori ja klorofüllil *a* sisalduse suhte madalad väärtused kevadel (enamasti 2–4 lahe keskosas). Need on madalaimad suhtarvud, mida Eesti rannikumere lahtede uurimisel on täheldatud. Puhaskultuurides kasvatatud vetikatel on leitud nimetatud suhteks 1,4–5,5; seejuures uurituist neljal ränivetika liigil 1,4–2,1 (Parsons jt., 1961).

Suvel oli vee klorofüllil *a* ja üldfosfori sisalduse vahel oluline korrelatiivne sõltuvus lahe keskosas vees ($r=0,69$; $n=56$). Jooniselt 2 nähtub, et klorofüllil *a* kontsentratsioon vees tõuseb kuni 10 $\mu\text{g/l}$ fosforisisalduse suurenedes 25–45 $\mu\text{g P/l}$. Suvel oli 20–30% üldfosforist seotud sestoniga ning ainult rannaäärsetes piirkondades tõusis selle osatähtsus üle 50%. See näitab lahustunud orgaaniliste fosforühendite suurt osatähtsust, kuna fosfaadid vees enamasti puudusid või leidsid neid minimaalsel hulgal üksikutes proovipunktides. Taimede intensiivne kasv samal ajal oli võimalik ainult omastatavate fosforühendite olemasolul. Käesoleval ajal arvatakse, et vetikad toituvad ka mitmesugustest orgaanilistest fosforühenditest. Teiselt poolt on teada, et fosfor on veekogus kiiresti regenereeruv element (Antia jt., 1963; Bodungen jt., 1975; Хатчинсон, 1969; Константинов, 1979). Fosfaatide eraldumist põhjasetetest vette peetakse eriti oluliseks fosforiga rikastumise allikaks madalates rannavetes (Baader, Schlungbaum, 1982). On võimalik, et tekkinud fosfaadid omastatakse taimede poolt kohe ning seepärast ei kogune neid vette määrataval hulgal. Fosfaatide kontsentratsioon vees ei anna küllaldaselt informatsiooni fosforivarudest taimede intensiivsel kasvuperioodil. Seda on näidanud ka väetuskatsed, mille puhul lisati fosfaati veekogusse (Schindler jt., 1971). Veekogu troofsuse määramisel on seega sobivamaks näitajaks üldfosfori sisaldus, eriti suvel. Mõni autor (Stumm, 1975) peab veekogu fosforivarude hindamisel olulisemaks selle elemendi ringlemise kiirust kui üldfosfori või fosfaatide kontsentratsiooni antud momendil. Matsalu lahes tuleks veel arvestada fosfori (samuti lämmastiku) pidevat juurdevoolu jõgede ja kraavide kaudu.

Matsalu lahe vee troofsus seisund. Vee troofsust iseloomustatakse sageli klorofüllil *a* ja biogeenide sisalduse järgi. Soome teadlased on andnud vee kvaliteedi näitajad Soome lõunaranniku lahtede kohta. T. Melysalo ja H. Viljamaa (1975) järgi on tugevasti eutrofeerunud vees üldfosfori sisaldus üle 200 $\mu\text{g P/l}$, üldlämmastiku sisaldus üle 1500 $\mu\text{g N/l}$; mõõdukalt eutrofeerunud vees vastavalt 40–80 $\mu\text{g P/l}$, 500–800 $\mu\text{g N/l}$ ja nõrgalt eutrofeerunud vees 20–40 $\mu\text{g P/l}$, 350–500 $\mu\text{g N/l}$. L. Pesonen ja teised (1978) annavad vee kvaliteedi hindamise viieastmelise skaala, kus üldfosfori sisalduse näitajad väga hea kvaliteediga veest kuni väga halva kvaliteediga veeni on järgmised: alla 30, 30–49, 50–99, 100–249 ja üle 250 $\mu\text{g P/l}$. Klorofüllil *a* kontsentratsioon üle 50 $\mu\text{g/l}$ iseloomustab tugevasti eutrofeerunud vett, 10–50 $\mu\text{g/l}$ mõõdukalt eutrofeerunud, 3–10 $\mu\text{g/l}$ nõrgalt eutrofeerunud, alla 3 $\mu\text{g/l}$ eutrofeerumata vett (Lassig jt., 1974). E. B. Welchi (1974) järgi on Rootsi järvede oligotroofsuses vees vegetatsiooniperioodi keskmine klorofüllil *a* sisaldus 2–3 $\mu\text{g/l}$, mesotroofsuses vees 4–10 $\mu\text{g/l}$.

Matsalu lahe kohta on välja arvatud kõigi vaatlusaastate keskmine kevadine ja suvine ning 1981. aasta kogu vegetatsiooniperioodi keskmine üldlämmastiku, üldfosfori ja klorofüllil *a* sisaldus vees. Vastavad andmed lahe eri osade kohta on esitatud tabelis 2.

Vee biogeenide ja klorofülli *a* sisalduse keskmised väärtused ($\mu\text{g/l}$)
1977.—1982. aasta uurimisandmete põhjal

Vaatlusalala	Tot-N			Tot-P			Chl <i>a</i>		
	Kevad	Suvi	1981. a. keskmine	Kevad	Suvi	1981. a. keskmine	Kevad	Suvi	1981. a. keskmine
Muhu väin	255	400	340	22	30	25	5,0	3,2	3,9
Lahe lääneosa	418	395	435	39	26	34	4,9	2,0	6,4
Lahe keskosa	860	540	620	45	25	37	10,8	4,1	7,8
Lahe idaosa	1033	673	860	49	33	49	1,4	4,0	3,5
Kanal	1225	1200	1270	52	65	74	3,3	4,7	2,4

Eutrofeerumise seisukohalt on olulised näitajad vegetatsiooniperioodi keskmised ja suvised andmed. Kasutades eespool toodud vee kvaliteedi hinnanguid, võib Muhu väina ja Matsalu lahe lääneosa vett pidada oligotroofseks kuni nõrgalt eutrofeerunuks nii biogeenide kui ka klorofülli *a* sisalduse järgi. Matsalu lahe keskosa vesi on lämmastikusisalduse järgi keskmiselt eutrofeerunud, samal ajal on üldfosfori ja klorofülli *a* kontsentratsioonid iseloomulikud nõrgalt eutrofeerunud veele, kuigi mõnel juhul täheldati üksikutes punktides ka kõrgemaid kontsentratsioone. Järelikult on lahe keskosas suvel fütoplanktoni kasvu limiteerivaks elemendiks fosfor. Seda näitab ka enamasti kõrge N : P suhtarv.

Lahe idaosa vesi on üldlämmastiku kontsentratsiooni järgi keskmiselt kuni tugevasti eutrofeerunud, fosforisisalduse alusel nõrgalt kuni keskmiselt eutrofeerunud ja klorofülli *a* sisalduse alusel nõrgalt eutrofeerunud. Klorofüllisisaldus ilmselt ei peegelda vee troofsust madalaveelises taimestikurikkas lahes. Seda on täheldatud ka makrofüütset tüüpi järvedes (Покровская, 1983). Põhjataimestiku vohamine ja eriti rohevetika *Cladophora glomerata* massiline areng, hapnikurežiimi halvenemine ning põhjasetete mudastumine viitavad Matsalu lahe idaosa tugevale eutrofeerumisele või isegi hüpertroofsusele. Matsalu lahes kandub suurem osa reostuskoormusest põhjale, mis avaldub selle elustiku suurtes muutustes viimase paarikümne aasta jooksul (Trei, 1982; Järvekülj, 1983). Muutused vee kvaliteedis on suhteliselt väiksemad. Jõgede kaudu sissevoolavatest toiteelementidest seotakse suur osa juba roostikus ja lahe idaosas, mille tulemusel toimub vee isepuhastumine. Seda näitavad toitelementide ja samuti klorofüllisisalduse uurimised lahe kesk- ja lääneosas, kus suvine klorofüllisisaldus iseloomustab vee troofsust küllaldaselt määral. Matsalu lahe omapära arvestades tuleb tema troofsuse hindamisel uurida hüdrokeemilist režiimi kogu lahe ulatuses ning võtta arvesse kogu hüdrobioloogilist kompleksi.

KIRJANDUS

- Antia, N. J., McAllister, C. D., Parsons, T. R., Stephens, K., Strickland, J. D. H. Further measurements of primary production using a large-volume plastic sphere. — *Limnol. Oceanogr.*, 1963, 8, 166—183.
- Baader, G., Schlunbaum, G. Sediment-chemical investigations in GDR coastal waters. XVIII. Phosphate exchange at the sediment/water interface in Baltic coastal region of the GDR. — In: *Proceedings of the XIII Conference of the Baltic Oceanographers*, Helsinki, 24—27 August, 1982. Helsinki, 1982, 126—134.
- Bodungen, B. von, Bröckel, K. von, Smetacek, V., Zeitzchel, B. Ecological studies on the plankton in the Kiel Bight. I. Phytoplankton. — *Merentutkimuslait. Julk.*, 1975, 239, 179—186.

- Butler, E. I., Knox, S., Liddicoat, M. I. The relationship between inorganic and nutrients in sea water. — J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 1979, 59, 239—250.
- Järvekülg, A. Matsalu laht. — Eesti Loodus, 1983, 11, 707—712.
- Kwiatkowski, R. E., El-Shaarawi, A. H. Physico-chemical surveillance data obtained for Lake Ontario 1974 and their relationship to chlorophyll *a*. — J. Great Lakes Res., 1977, 3, 132—143.
- Lassig, J., Melvasalo, T., Niemi, A. On the possibility of using phytoplankton and primary production as indicator of the water quality in the Gulf of Finland. — In: Soviet-Finnish Commission for the Protection of the Gulf of Finland, Expert Group for Biological Research, Finnish Part, Draft, 1974, 14 p. (Mimeo).
- McCarthy, J. J., Taylor, R. W., Taft, J. L. Nitrogenous nutrition of the plankton in the Chesapeake Bay. I. Nutrient availability and phytoplankton preferences. — Limnol. and Oceanogr., 1977, 22, 966—1011.
- Melvasalo, T., Viljamaa, H. Plankton composition in the Helsinki sea area. — Merentutkimuslait. Julk., 1975, 239, 301—310.
- Niemi, A. Ecology of phytoplankton in the Tvärminne area, SW coast of Finland. III. Environmental conditions and primary production in Pojoviken in the 1970s. — Acta Bot. Fennica, 1978, 106, 1—28.
- Osamu, M., Takuo, E., Haruyuki, K. On the balance and seasonal variation of dissolved and particulate phosphorus in an eutrophicated coastal environment. — J. Fac. Fish and Anim. Husb. Hiroshima Univ., 1975, 2, 217—240.
- Parsons, T. R., Stephens, K., Strickland, J. D. H. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. — J. Fish. Res. Board Can., 1961, 18, 1001—1016.
- Pesonen, L., Rinne, I., Tarkiainen-Rinne, E., Viljamaa, H. Veden laatuolosuhteet Helsingin ja Espoon merialueella vuosia 1968—1977. — Vesilab. Tiedonantoja, 1978, 10, 1—11.
- Schindler, D. W., Armstrong, F. A. J., Holmgren, S. K., Brunskill, G. J. Eutrophication of Lake 227, Experimental Lake Area, Northwestern Ontario, by addition of phosphate and nitrate. — J. Fish. Res. Board Can., 1971, 28, 1763—1782.
- Stumm, W. Man's acceleration of hydrogeochemical cycling of phosphorus: eutrophication of inland and coastal waters. — Water Pollut. Contr., 1975, 74, 124—133.
- Trei, T. *Cladophora glomerata* Matsalu lahes. — Rmt.: Loodusevaatlusi 1980, I. Tln., 1982, 144—150.
- Welch, E. B. The water quality of nearshore areas in Lake Vänern — causes and prospects. — SNV PM 509/NLU Report 77. Uppsala, 1974, 1—31.
- Yanada, M., Maita, Y. Production and decomposition of particulate organic matter in Funka Bay, Japan. — Estuarine and Coastal Marine Science, 1978, 6, 523—533.
- Константинов А. С. Общая гидробиология. М., 1979.
- Покровская Т. Н. К организации мониторинга на озерах. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод, Черноголовка, 1983. Тез. докл. на III все-союзном симпозиуме, М., 1983, 55—57.
- Хатчинсон Д. Лимнология. М., 1969.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Zooloogia ja Botaanika Instituut

Toimetusse saabunud
24. IV 1984

Валли ПОРГАСААР

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ МАТСАЛУСКОЙ БУХТЫ И ИХ СВЯЗЬ С СОДЕРЖАНИЕМ ХЛОРОФИЛЛА *a*

2. Хлорофилл *a* как показатель трофического состояния воды

Приведены данные о содержании хлорофилла *a* в воде Матсалуской бухты на разных станциях весной, летом и осенью 1977—1982 гг. (рис. 1). Изучена корреляционная связь между содержанием хлорофилла *a* и физическими, а также химическими показателями воды (табл. 1). Тесная корреляция обнаружена между содержанием хлорофилла *a*, общего азота и фосфора летом в средней части бухты (рис. 2). Хлорофилл *a* характеризует трофность воды в средней части бухты, где лимитирующим питательным элементом продукции фитопланктона является фосфор. Содержание хлорофилла *a* в воде не отражает трофического состояния мелководной макрофитной восточной части бухты. При определении трофического состояния всей Матсалуской бухты следует учесть весь гидробиологический комплекс бухты и ее гидрохимический режим.

PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITIES OF THE WATER OF MATSALU BAY
AND THEIR RELATION TO CHLOROPHYLL *a* CONTENT

2. Chlorophyll *a* as indicator of the trophic state
of water

The chlorophyll *a* content at separate sampling stations in spring (1), summer (2) and autumn (3) is presented in Fig. 1 which reveals its great variability at these stations. A high chlorophyll content was observed in the middle part of the bay in spring. In the same season, however, the mostly fresh-water eastern part of the bay and the canal, both rich in nutrients, were poor in chlorophyll, with a few exceptions. In summer great rises (up to 33 µg/l) occurred in the chlorophyll *a* content in the eastern part of the bay. The summer chlorophyll content in the middle part of the bay did not exceed the maximum spring concentration. In late summer the amount of chlorophyll in water usually decreased; in autumn, however, some periods of rise were observed.

The relationship between the chlorophyll *a* concentration and the physico-chemical parameters in the bay as a whole and separately in its middle part was examined by linear correlation analysis (Table 1). There was a significant correlation between the chlorophyll *a* content and the water turbidity, being highest in the middle part of the bay ($r=0.78$; $n=24$). The chlorophyll *a* concentration was in good correlation with water transparency ($r=0.76$; $n=47$) only in the middle part of the bay where transparency did not reach the bottom. The correlation between the chlorophyll *a* and tot-N contents was weak ($r=0.37$; $n=91$) considering the results of all the measurements made in the whole bay. In the middle part of the bay the chlorophyll *a* and tot-N concentrations were in close linear correlation ($r=0.79$; $n=62$). The same dependence existed also between the content of chlorophyll *a* and $\text{NO}_3\text{-N}$. The dependence of the water chlorophyll *a* content on nitrogen compounds changed seasonally. In spring when the water in the middle part of the bay was rich in nitrogen, there was no correlation between the chlorophyll and nitrogen contents. In summer, on the contrary, the chlorophyll *a* concentration was in close correlation with the total nitrogen content of the water ($r=0.76$; $n=42$; Fig. 2).

The closest correlation between tot-P and chlorophyll *a* concentrations occurred in the middle part of the bay in summer ($r=0.69$; $n=56$; Fig. 2), P being an element limiting the growth of phytoplankton. In summer the dissolved organic phosphorus was of the greatest importance, while phosphates were practically absent from the water. At the same time the intensive growth of phytoplankton, particularly of benthic algae, allows to conclude that a rapid regeneration of P takes place in the bay. The constant inflow of P from rivers and ditches must also be taken into account.

The spring and summer mean tot-N, tot-P and chlorophyll *a* contents in the water of Matsalu Bay were calculated for all the years investigated, and for the vegetation period of 1981 as well; the respective data on the different parts of the bay are presented in Table 2.

When characterizing the trophic state of the water in the bay, the data by Finnish scientists (Lassig et al., 1974; Melvasalo, Viljamaa, 1975; Pesonen et al., 1978) were chiefly used for comparison. The water in the western part of Matsalu Bay was oligotrophic up to slightly eutrophic according to nutrients as well as to the chlorophyll *a* content. The water in the middle part of the bay was slightly eutrophic due to the chlorophyll *a* and tot-P contents. The tot-N concentration, however, was characteristic of moderately eutrophic water. According to the tot-N concentration, the water in the eastern part of the bay was moderately up to strongly eutrophic; according to the phosphorus content, it was slightly up to moderately eutrophic, and according to the chlorophyll *a* content it was slightly eutrophic. The chlorophyll content obviously does not reflect the trophic state of water in a shallow bay rich in vegetation. The abundant occurrence of benthic flora, particularly of the green alga *Cladophora glomerata*, and the plentiful benthic fauna, the deterioration of the oxygen regime and the muddening of bottom sediments refer to a strong eutrophication of the eastern part of the bay or even to its hypertrophic state (Treij, 1982; Järvekülg, 1983). Changes in the water quality are relatively smaller. Most of the nutrients supplied by the rivers are bound already in the reed-beds and in the eastern part of the bay, as a result of which the self-purification of water takes place. Considering the peculiarity of Matsalu Bay, it is expedient to investigate the hydrochemical regime of the whole bay in order to estimate its trophic state and take into account the whole hydrobiological complex.