

Chemische, bacteriologische en biologische kenmerken van het water in het Lauwersmeer van 1969 t/m 1972

1. Inleiding

Na de afsluiting van de Lauwerszee heeft de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders in overleg met de Rijkswaterstaat en het RIZA het onderzoek naar de waterkwaliteit in het Lauwersmeer verricht. Dit is gedaan tot en met 1972. Met ingang van 1973 zijn de provinciale Waterstaten van Friesland en Groningen met het kwaliteitsbeheer belast en verrichten zij zelf het onderzoek. Het Lauwersmeer is op vier plaatsen bemonsterd: 1. bij de uitwateringssluizen van Lauwersoog, 2. in de hoofdgeul bij



C. BERGER
Rijksdienst
voor de IJsselmeerpolders



A. BIJ DE VAATE
Rijksdienst
voor de IJsselmeerpolders

Oostmahorn, 3. bij Dokkumer Nieuwezijlen 500 m vanaf de sluis in de vaargeul, 4. bij Zoutkamp 800 m van de sluis in de vaargeul. In 1969 zijn deze plaatsen zes maal en in de overige jaren vier maal per jaar bemonsterd. De volgende chemische parameters zijn bepaald: ammonium, nitraat en totaal N, opgeloste orthofosfaten, totaal fosfaat, COD, BOD₅, chlorofyl a, pH, het zuurstofgehalte en chloride. Daarnaast omvatte het bacteriologisch onderzoek de bepaling van het aantal thermotolerante gistingbacteriën en het kiemgetal op bouillonagar. Het biologisch onderzoek omvat het tellen en determineren van het fytoplankton en het bepalen van het vers- en het drooggewicht daarvan.

Ongeveer 300.000 ha boezemgebied loost zijn overtollig water op het Lauwersmeer. De Friese boezem is 306.000 ha groot en overtollig water wordt op een achttal plaatsen op het buitenwater geloosd. Normaliter worden alleen de sluisen hiervoor gebruikt, te weten Dokkumer Nieuwezijlen, Zoutkamp en de Tjerk Hiddessluizen te Harlingen. Van de drie genoemde sluiscomplexen is Dokkumer Nieuwezijlen het belangrijkste met bijna 70 % van de totale sluis capaciteit (Harlingen 20 % en Zoutkamp 10 %). Het aandeel in de totale afvoer te Harlingen is echter relatief groter en wel een derde deel van de totale afvoer door alle sluisen (Prov. Wat. Friesland, 1973). Dit houdt in dat 60 à 70 % van het water uit de Friese

boezem via Dokkumer Nieuwezijlen en Zoutkamp in het Lauwersmeer geloosd wordt.

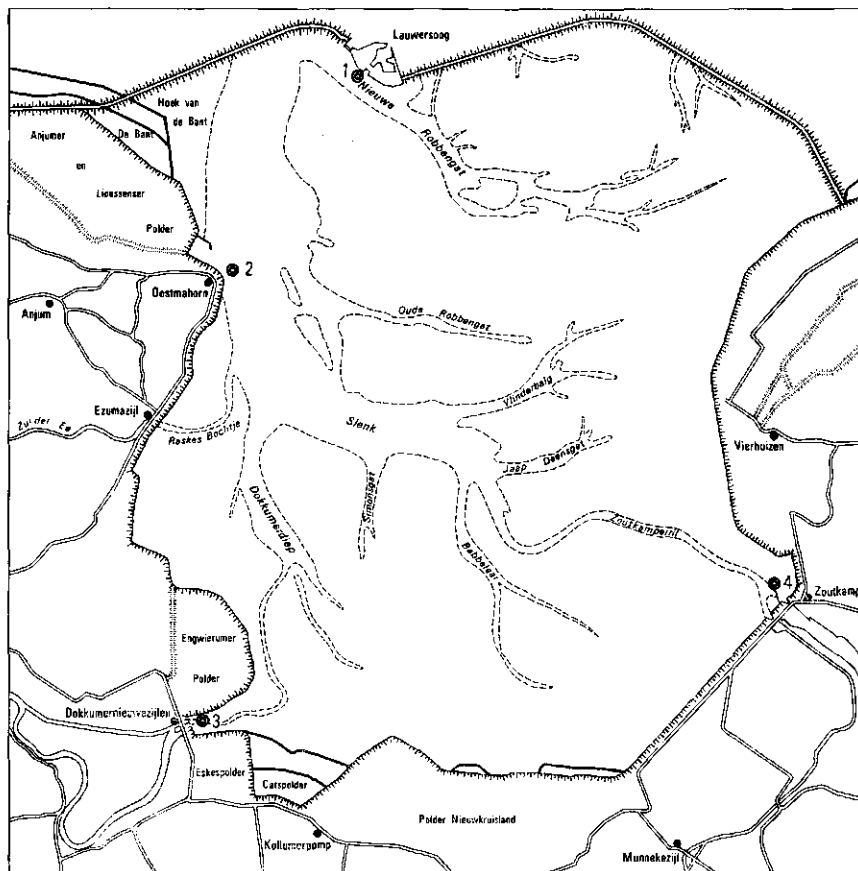
Te Ezumazijl vinden kleine lozingen plaats afkomstig van 14.000 ha Fries boezemgebied.

Te Zoutkamp wordt door de Groninger Sluis en de Hunsingosluis het overtollig water van 95.000 ha Groninger en Drentse gronden afgevoerd naar het Lauwersmeer. Ten slotte wateren nog 7000 ha drooggevallen gronden van de Lauwerszee op het Lauwersmeer af.

De vervuilingkracht in de provincie Friesland bedroeg in 1969 900.000 inwonerequivalenten (i.e.) waarvan 500.000 i.e. huishoudelijk afvalwater. Hiervan werden in 1969 300.000 i.e. gezuiverd (Van Hoeve, 1969). Op het Groningse boezemgebied dat afwatert op het Lauwersmeer worden ongeveer 50.000 i.e. afvalwater geloosd (Prov. Waterst. Gron., 1971). Het afvalwater bevat de plantenvoedende stoffen stikstof en fosfaat en werkt sterk eutrofiërend. De landbouwgronden binnen het 'stroomgebied' van het Lauwersmeer leveren meer stikstof dan het afvalwater. De fosfaatlevering door landbouwgronden wordt vaak te laag geschat (De Jong,

1972). Betrouwbare gegevens kan men alleen verkrijgen door in het water dat de drains afvoeren het fosfaatgehalte te bepalen. Deze gegevens zijn ons uit Friesland en Groningen niet bekend. De plantenvoedende stoffen die in het water van het stroomgebied van het Lauwersmeer terecht komen worden ter plaatse al door het fytoplankton opgenomen. In stilstaand rustig water kunnen algen deze nutriënten beter benutten dan in stromend water. Door sedimentatie van dood celmateriaal zal een deel van de plantenvoedende stoffen op en in de bodem achterblijven, terwijl een klein deel in de voedselketen terecht komt. Ook chemische fixatie, bijv. door ijzer, speelt een rol en in de stikstofbalans kan denitrificatie, waardoor stikstof verloren gaat, van belang zijn. Ieder water kan zo een bepaald deel van de aangevoerde stoffen vasthouden. Dit is o.a. afhankelijk van de turbulentie, de diepte, de weersgesteldheid en de chemische fixatie, zodat in het geheel niet te berekenen is welk deel van de fosfaten en stikstofverbindingen, die geloosd worden in het gebied dat afwatert op het Lauwersmeer, daarin terecht komen. De fixatie van plantenvoedende stoffen door hogere

Afb. 1 - De vier monsterplaatsen in het Lauwersmeer (1969 t/m 1972).



waterplanten is eveneens een verschijnsel waarvan te weinig bekend is. Ten slotte treden in het Lauwersmeer zelf processen op die het fosfaat- en stikstofgehalte van het aangevoerde water veranderen. Het 'doorberekenen' van geloosde hoeveelheden aan stikstof en fosfaat, ten einde op deze wijze het stikstof- en fosfaatgehalte van het water in het Lauwersmeer te verklaren, is dus weinig zinvol.

2. De waterbalans

Het Lauwersmeer is 2.000 ha groot en bij een waterpeil van 1.00 - NAP gemiddeld 2,5 m diep. De geulen die in de Slenk, dit is de hoofdgeul, uitmonden, hebben een diepte van 2,5 tot 4,00 meter. De Slenk heeft in het midden dieptes van 10 tot 14 meter.

Het gemiddelde maandelijkse peil schommelt meestal tussen 1,00 en 0,80 m - NAP. Het hierbij behorende volume is $51 \cdot 10^6$ resp. $54 \cdot 10^6$ m³. Het veelal dagelijkse spuien kan peilfluctuaties van 20 cm of meer veroorzaken. In de jaren 1970, 1971 en 1972 is door de uitwateringssluizen te Lauwersoog resp. $1049 \cdot 10^6$, $892 \cdot 10^6$ en $855 \cdot 10^6$ m³ water afgevoerd (Rijkswaterstaat). Vermeldenswaard is dat bij Gaarkeuken via het van Starckenborghkanaal water uit de Friese boezem in de Groningse boezem geloosd wordt. In 1970, 1971 en 1972 bedroeg dit resp. 138, 220 en 130×10^6 m³. De regenval, gemeten op de Ballastplaat in het centrum van het Lauwersmeer, bedroeg in deze jaren resp. 779, 653 en 761 mm. De verblijftijd van het water in het Lauwersmeer — berekend uit de jaarlijkse afvoeren te Lauwersoog — is over de jaren 1970, 1971 en 1972 bij een watervolume van $52 \cdot 10^6$ m³ gemiddeld 20,4 dagen. Deze verblijftijd is aan sterke schommelingen onderhevig.

TABEL I - De verblijftijd in dagen.

	1970	1971	1972
januari	48	10	32
februari	7	11	17
maart	20	14	63
april	11	38	18
mei	62	50	32
juni	88	30	20
juli	23	33	19
augustus	51	34	36
september	26	36	34
oktober	18	34	43
november	9	19	10
december	14	18	15

De maandafvoeren zijn in tabel I herleid tot een maandelijkse verblijftijd. Dit leidt in een aantal gevallen tot een verblijftijd die langer dan een maand duurt — wat in werkelijkheid niet kan — en daarom is het gemiddelde van de in tabel I voorkomende

verblijftijden hoger dan de reële gemiddelde verblijftijd van 20,4 dagen.

De gemiddelde jaarlijkse afvoer over de jaren 1970, 1971 en 1972 komt overeen met 24 cm waterschijf over het boezemgebied van 425.000 ha.

3. Bemonstering en werkwijzen

3.1. De monsterneming

De monsters ten behoeve van het chemisch- en biologisch onderzoek zijn genomen door een emmer horizontaal zover in het water te dompelen dat deze zich volledig vulde (Dresscher, 1964). Van daaruit zijn polyethyleen flessen gevuld. Daarnaast is voor de determinatie van het fytoplankton, de bepaling van het versgewicht en het aantal algen per volume-eenheid een glazen literfles (melkflesmodel) gevuld, met daarin 10 ml formaline voor de fixatie van het plankton. De monsterneming ten behoeve van het bacteriologisch onderzoek geschiedde door een vooraf gesteriliseerde glazen fles met ingeslepen stop op een diepte van ongeveer 20 cm te vullen. Hierbij droeg de monsternemer rubber handschoenen welke voor de monsterneming ter ontsmetting in alcohol (96 %) werden gedompeld.

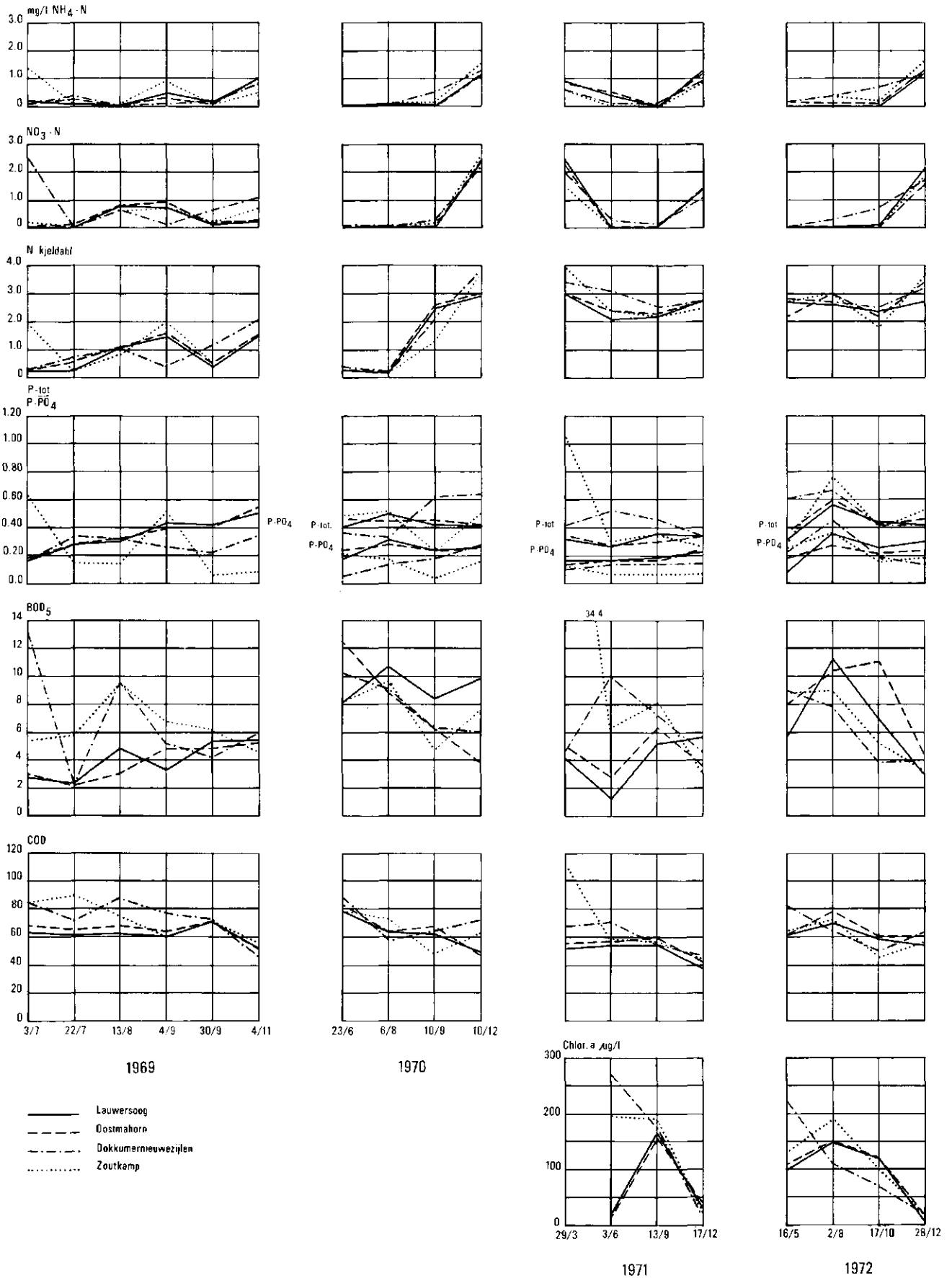
3.2. Werkwijzen

Voor de bepaling van ammonium, nitraat, nitriet, totaal N, ortho- en totaal fosfaat, chloride, COD en BOD₅ wordt verwezen naar Hofstee e.a. (1971a; 1971b). Het chlorofyl a is bepaald volgens Moed (1971).

Zuurstof-, pH- en temperatuurmetingen zijn ter plaatse met draagbare apparatuur uitgevoerd. Voor de meting van de pH is gebruik gemaakt van een glaselektrode. De hoeveelheid opgeloste zuurstof is chemo-elektrisch gemeten (Yellow Spring) waarbij de elektrode, na gebruik, is geijkt door middel van een vergelijkende zuurstofbepaling volgens Winkler. De temperatuur is bepaald met behulp van een thermistor. Deze was aan de mantel van de zuurstofelektrode bevestigd. Met een Secchischijf is het doorzicht gemeten.

Het bacteriologisch onderzoek bestond uit de bepaling van het meest waarschijnlijk aantal (most probable number, MPN) thermotolerante gistingsbacteriën en het aantal op bouillonagar bij 37 °C kweekbare bacteriën. Beide bepalingen zijn uitgevoerd volgens de norm KIWA N 3043. In plaats van het voorgeschreven glucosemedium is bij de gistingsproef het lactosemedium gebruikt (Am. Public Health Ass., 1955). De determinatie van het fytoplankton, de bepaling van het aantal algen per volume-eenheid en de bepaling van het versgewicht geschieden in het met

formaline gefixeerde monster. Monsters met naar schatting minder dan 10^4 algen per ml zijn geconcentreerd door ze te voorzien van een hevel en na een bezinkingstijd van ten minste 2 weken de bovenstaande heldere vloeistof af te hevelen. Op deze wijze zijn dergelijke monsters 10 tot 15 maal geconcentreerd (Dresscher, 1964). Er dient te worden opgemerkt dat bij deze concentratiemethode een deel van de aanwezige blauwieren een probleem vormden, omdat ze in plaats van te bezinken gingen drijven. Om het verlies aan dergelijke algen zoveel mogelijk te beperken, is na de bezinkingsperiode langzaam afgeheveld om de gevormde 'kaamlaag' van blauwieren zo weinig mogelijk te verstoren. Met afhevelen is gestopt voordat het vloeistofoppervlak de onderkant van de hevel bereikte. Het verlies aan fytoplankton en in het bijzonder van blauwieren is op deze wijze minder dan 1 % (Bij de Vaate, 1972). De determinatie van het fytoplankton geschiedde met behulp van een microscoop in waterige preparaten. In een aantal willekeurig gekozen gezichtsvelden zijn alle voorkomende soorten gedetermineerd. Daarbij is de relatieve kwantiteit van de soorten vastgelegd. Per monster zijn, afhankelijk van de soortenrijkdom, 100 tot 500 individuen gedetermineerd. Als regel is aangehouden dat het aantal gedetermineerde individuen ten minste 10 maal groter moet zijn dan het aantal gevonden soorten waarbij de eerder genoemde grenzen zijn aangehouden. De bepaling van het aantal algen per volume-eenheid is uitgevoerd met behulp van een haemocytometer volgens Fuchs-Rosenthal (Ballantine, 1953; Lund e.a., 1958 en Bij de Vaate, 1972). Het drooggewicht is bepaald door in vijfvoud 250 ml monster te filtreren door een vooraf gedroogd en gewogen membraanfilter met een diameter van 50 mm en een poriënwijdte van 0,45 micron. Na een droogtijd van 10 tot 16 uur bij 105 °C is het filter met residu opnieuw gewogen. De asrest is bepaald in het residu van de drooggewichtbepaling. Dit geschiedde door de filters met het residu in aceton te brengen waarbij de membraanfilters oplossen. Daarna is de verkregen suspensie gefiltreerd door een vooraf gegloeid en gewogen Goochkroesje met zeefbodem, voorzien van een laagje asbest. Het Goochkroesje is na 2 tot 4 uur gloeien bij 500 - 600 °C teruggewogen. De bepaling van het versgewicht geschiedde door van de (qua volume en aantal) belangrijkste soorten het gemiddelde volume te bepalen. Hiervoor zijn in elk monster van de betreffende soorten 50 willekeurig voorkomende individuen



Afb. 2 - Enkele chemische variabelen op een viertal plaatsen in het Lauwersmeer.

gemeten (Nauwerck, 1963). Aangenomen is dat de vorm van de betreffende soorten overeen kwam met eenvoudige geometrische vormen zoals een cylinder, bol, ellipsoïde, e.a. (Findenegg, 1969). Door het s.g. van het fytoplankton gelijk te stellen aan 1, kon het versgewicht worden bepaald door het gemiddelde volume te vermenigvuldigen met het aantal individuen van de soort per volume-eenheid. Het aantal individuen per soort is bepaald uit het aantal algen per volume-eenheid en de relatieve kwantiteit.

4. De chemisch-fysische resultaten

Nadat in mei 1969 de Lauwerszee afgesloten werd, daalde het chloridegehalte vrij snel: 14.500 mg/l begin juli, 6.000 mg/l eind juli, 4.000 mg/l half augustus en 1.200 mg/l begin september. Daarna werd de 1.000 mg Cl⁻/l nog wel eens overschreden, maar meestal schommelde het zoutgehalte tussen 200 en 800 mg Cl⁻/l.

Het zuurstofgehalte is op 14 data en op 4 plaatsen bepaald. Deze 56 metingen tonen 23 maal een oververzadiging, regelmatig verdeeld qua tijd en plaats. Het verzadigingspercentage varieert van 70 tot 130 %. In 1972 tonen 11 van de 16 zuurstofmetingen oververzadiging. Het cijfermateriaal is te gering om hieruit de conclusie te trekken dat de algenproductiviteit in 1972 groter geweest is dan de voorgaande jaren. Het meten tijdens of na het spuien — stroming remt de zuurstofproductie af — kan van sterke invloed zijn

op het zuurstofgehalte. De temperatuur van het bij Dokkumer Nieuwezijlen en Zoutkamp aangevoerde water is in de zomer iets hoger (max. 2 °C) dan in het Lauwersmeer bij de uitwateringssluizen. In afb. 2 zijn een aantal chemische variabelen grafisch weergegeven. De variabelen NH₄-N, NO₃-N en totaal -N komen vrij homogeen in het Lauwersmeer voor. In de winter stijgt het gehalte aan NH₄-N. Dit wordt niet alleen veroorzaakt door vertraging of stilstand in het proces van de nitrificatie. Het NO₃-gehalte in de winter neemt namelijk ook toe. Een geringe opname van opgeloste anorganische stikstofverbindingen in de winter door het fytoplankton kan een reden zijn. Het totaal-N — waarin alle stikstofverbindingen behalve nitriet en nitraat tot uitdrukking komen — stijgt in de winter ook, hoewel de biomassa van het fytoplankton sterk afgenomen is, zoals het chlorofyl a-gehalte en het biologisch onderzoek weergeven. Uitspoeling van stikstofmeststoffen uit landbouwgronden kan de hoofdoorzaak van de stijging van het gehalte aan NO₃-N en NH₄-N zijn (afb. 2). Rijpende gronden verliezen in het begin veel NH₄-N (Van Schreven, 1965) en de 7.000 ha drooggevallen gronden in het Lauwersmeer kunnen in deze een behoorlijke leverantie van NH₄-N tot stand brengen. Zo zijn gehalten van meer dan 10 mg NH₄-N per liter in het water van tochten in Zuidelijk Flevoland in de eerste jaren geen uitzondering. In Oostelijk Flevoland blijft het

NH₄-N gehalte, ondanks de bemesting met stikstof, in de tochten meestal lager dan 2,0 mg NH₄-N per liter (RIJP, Intern dossier).

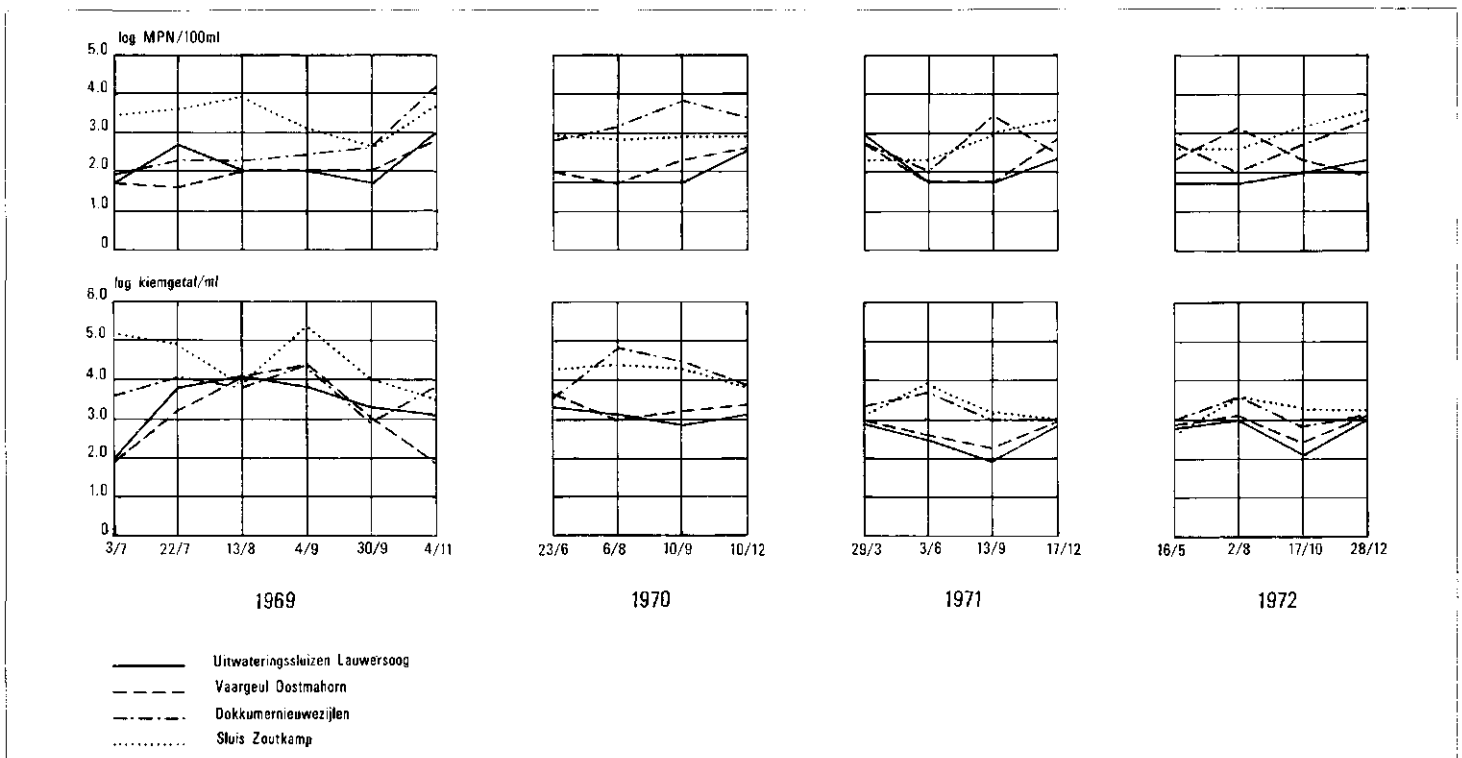
Het gehalte aan opgeloste orthofosfaten (PO₄-P) en totaal fosfaat (tot. P) toont een wat grotere variatie dan de stikstofgehalten (afb. 2), 200 tot 400 µg PO₄-P en 400 tot 500 µg tot. P per liter zijn zeer hoge gehalten. In de mond van de IJssel is in 1972 gemiddeld 250 µg PO₄-P en 530 µg tot. P per liter gemeten (RIJP). Gezien het hoge gehalte aan opgelost orthofosfaat lijkt het onwaarschijnlijk dat het fosfaat in het Lauwersmeer de beperkende factor of één van de beperkende factoren in de productie van het fytoplankton zou zijn.

De BOD₅-cijfers verschillen van plaats tot plaats vrij veel en zijn in het algemeen hoog. Het chemisch zuurstofverbruik tot uiting komend in het COD is hoog, maar varieert slechts weinig.

Het chlorofyl a-gehalte is eveneens hoog en varieert soms sterk. Niet te verklaren is het lage chlorofylgehalte op 3 juni 1971 in het Lauwersmeer op de plekken 1 en 2. De getoonde grafiek (afb. 2) wekt de indruk alsof er in het aangevoerde water meer chlorofyl a zit dan in het Lauwersmeer. De biomassa van het fytoplankton zou in het Lauwersmeer dus afnemen. Uit het planktononderzoek blijkt het tegendeel.

De randmeren van de IJsselmeerpolders tonen bij eenzelfde fosfaat- en stikstof-niveau een veel grotere productiviteit tot

Afb. 3 - De bacteriologische hoedanigheid op een viertal plaatsen in het Lauwersmeer.



TABEL II - De relatieve kwantiteit van de voornaamste klassen, orden, geslachten en soorten op de monsterplekken 1 en 2 in 1971.

Klasse orde geslacht (soort)	3/6		13/9		14/12	
	plek 1	plek 2	plek 1	plek 2	plek 1	plek 2
Chlorophyceae:	33 %	25 %	18 %	31 %	45 %	57 %
Scenedesmus div. spec.	17	13	1	7	28	37
Bacillariophyceae:	55	65	8	11	18	13
Centricae	— 1)	—	3	4	13	8
Pennatae	55	65	5	8	6	5
Myxophyceae:	11	9	74	58	31	24
Oscillatoria agardhii Gom.	+ 2)	+	51	38	24	15
O. limnetica Lemm.	—	—	14	15	2	2

1) — = niet aangetroffen.

2) + = < 1 %.

uiting komend in BOD's van 20 en hoger, een COD van 80 tot 100 en chlorofyl a-gehalten van 300 µg/l (Berger, nog te publiceren). De randmeren zijn ouder dan het Lauwersmeer en bovendien zijn ze ondieper en rustiger. Mogelijk is ook de belasting met organische stoffen groter, wat van belang kan zijn voor de ontwikkeling van blauwalgen.

5. De bacteriologische resultaten

Bacteriologisch verontreinigd water wordt aangevoerd te Dokkumer Nieuwe Zijlen en Zoutkamp (afb. 3). In het Lauwersmeer zelf is de bacteriologische hoedanigheid redelijk goed. Het veelgeprezen zelfreinigend vermogen van oppervlaktewater is alleen aanwezig als het gaat over het bacteriologisch aspect van vuilwaterlozingen. Het afbreken van organische stof in oppervlaktewater kan moeilijk onder het begrip zelfreiniging vallen indien uit de afbraakprodukten met behulp van zonne-energie levend organisch materiaal in de vorm van fytoplankton wordt gevormd. Op de kritieke momenten kan fytoplankton als een zuurstofonttrekkende stof beschouwd worden. In 37 % van de monsters op de plekken

1 en 2 genomen, is de MPN gelijk of kleiner dan 95 per 100 ml en 6 % is groter dan 1000 per 100 ml. Voor de plekken 3 en 4 is dit resp. 6 % en 46 %.

6. De biologische resultaten

Het biologisch onderzoek omvatte een kwantitatief onderzoek naar het voorkomen van fytoplankton. In tegenstelling tot het chemische en bacteriologisch onderzoek vond het biologisch onderzoek uitsluitend plaats in de jaren 1971 en 1972.

In 1972 werden op plek 2 voor het biologisch onderzoek geen bemonsteringen uitgevoerd. Bij het onderzoek in 1971 bleek namelijk dat tussen de plekken 1 en 2 slechts geringe verschillen bestonden. Alleen het percentage blauwieren en met name de soort *Oscillatoria agardhii* Gom. was in dat jaar op plek 1 enigszins hoger. Dit ging ten koste van de groenieren waarvan vooral op 3 juni en 14 december het geslacht *Scenedesmus* een belangrijk deel uitmaakte. De overeenkomst tussen de plekken 1 en 2 in 1971 is in tabel II in grote lijnen aangegeven.

De belangrijkste aanvoer van water in het Lauwersmeer geschiedt in het zuidwesten bij Dokkumer Nieuwezijlen en in het

zuidoosten bij Zoutkamp. Omdat de uitwateringssluizen bij de genoemde plaatsen vrijwel permanent geopend zijn, mag worden aangenomen dat het water op de plekken 3 en 4 (afb. 1) voor en na de sluis een gelijke fytoplanktongemeenschap bezit. Het is opvallend dat de fytoplanktongemeenschappen op beide plekken zeer sterk met elkaar overeenkomen ondanks het feit dat het water afkomstig is uit twee verschillende gebieden. In tabel III wordt dit geïllustreerd. Ook op deze plekken waren bij de groen- en blauwieren respectievelijk het geslacht *Scenedesmus* en de soort *Oscillatoria agardhii* Gom. de belangrijkste vertegenwoordigers. Waarschijnlijk kwamen, als gevolg van de relatief korte verblijftijd in het Lauwersmeer vrijwel uitsluitend dezelfde fytoplanktonsoorten voor als in het aangevoerde water. Dit kan worden geïllustreerd door de trefkanswaarden van de soorten op de verschillende plekken met elkaar te vergelijken (Dresscher, 1959, 1964, 1965). Gezien het geringe aantal monsters dat ten behoeve van het biologisch onderzoek in de jaren 1971 en 1972 werd genomen, werd de trefkanswaarde bepaald over alle, in beide jaren, genomen monsters. In tegenstelling tot wat Dresscher (1959) voor de bepaling van de trefkanswaarde aangeeft, werd een niet waargenomen soort de waarde 0 toegekend. Vervolgens ontving een soort welke in 1 tot 19 % van de monsters voorkwam de trefkanswaarde 1; in 20 tot 39 %, 40 tot 59 %; 60 tot 79 % en 80 tot 100 % respectievelijk de trefkanswaarden 2, 3, 4 en 5. De trefkanswaarden van de belangrijkste soorten aangetroffen op de plekken 1, 3 en 4, worden in tabel IV met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat de grootste verschillen werden gevonden bij de soort *Scenedesmus ecornis* en de geslachten *Tribonema*,

TABEL III - De relatieve kwantiteit van de voornaamste klassen, orden, geslachten en soorten, en het aantal algen per ml op de plekken 3 en 4 in 1971 en 1972.

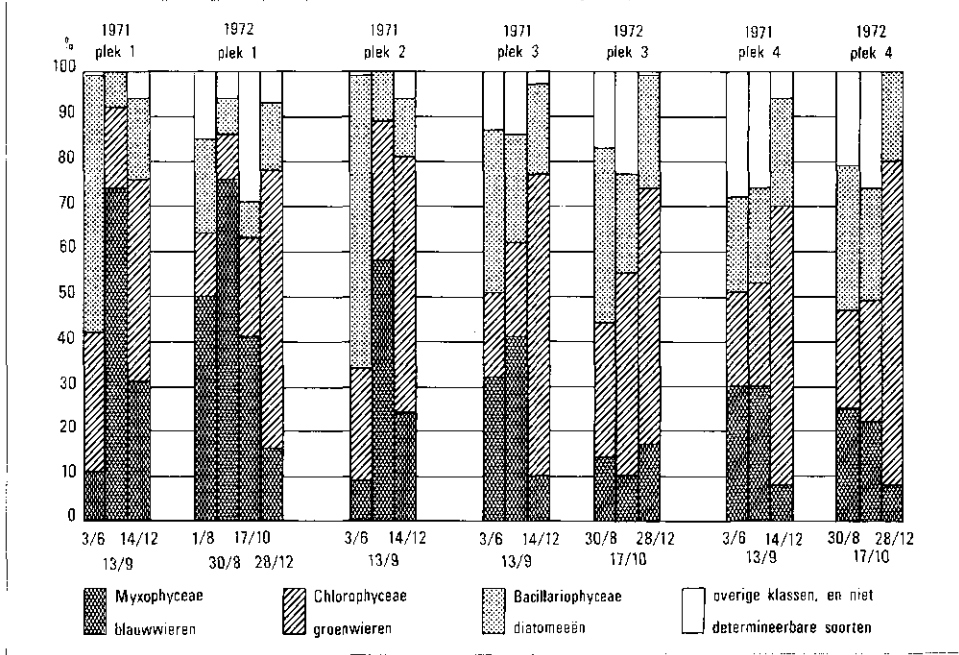
Klasse orde geslacht (soort)	1971						1972					
	3/6		13/9		14/12		30/8		17/10		28/12	
	plek 3	plek 4	plek 3	plek 4	plek 3	plek 4	plek 3	plek 4	plek 3	plek 4	plek 3	plek 4
Chlorophyceae:	19 %	21 %	21 %	23 %	67 %	62 %	30 %	22 %	45 %	27 %	57 %	72 %
Scenedesmus div. spec.	11	13	11	9	59	54	16	10	27	13	51	62
Bacillariophyceae:	36	21	24	21	20	24	39	32	22	25	25	20
Centricae	28	12	15	18	11	12	34	24	18	20	18	11
Pennatae	9	9	9	4	9	12	5	8	4	5	7	9
Xanthophyceae:												
Tribonema aequale Pascher.	6	19	10	11	3	3	5	5	8	17	1	— 2)
Myxophyceae:	32	30	41	30	10	8	13	25	10	22	17	8
Oscillatoria agardhii Gom.	12	13	30	17	4	1	12	15	7	12	13	6
O. limnetica Lemm.	7	3	7	9	3	5	2	6	1	7	2	—
O. redekei v. Goor	8	3	3	4	3	2	+ 1)	3	+	2	2	—
10/09 Aantal algen per ml	3,92	4,11	4,51	4,63	3,11	3,18	4,45	4,52	4,18	4,28	3,26	3,20

1) + = < 1 %.

2) — = niet aangetroffen.

TABEL IV - Trefkanswaarden van het fytoplankton bepaald over de jaren 1971 en 1972 in het Lauwersmeer (plek 1) en het aangevoerde water (plekken 3 en 4).

soorten	monsterplek		
	1	3	4
Chlorophyceae:			
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.	2	4	1
<i>Ankistrodesmus acicularis</i> A. Br.	3	4	2
<i>A. falcatus</i> (Corda) Ralfs	4	5	5
<i>A. setigerus</i> (Schröd.) G. West	1	0	1
<i>A. spiralis</i> (Turner) Lemm.	3	3	3
<i>Binuclearia</i> spec.	0	1	1
<i>Carteria</i> spec.	2	1	0
<i>Chlamydomonas</i> div. spec.	3	2	3
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	1	1	1
<i>Chlorogonium</i> spec.	1	0	1
<i>Closterium acutum</i> Bréb.	0	2	1
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	3	4	5
<i>Crucigenia fenestrata</i> Schmidle	1	1	0
<i>C. quadrata</i> Morren	3	5	5
<i>C. rectangularis</i> (A. Br.) Gay	0	0	1
<i>C. tetrapedia</i> (Kirchn.) W. et G. S. West	0	1	2
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Näg	3	1	2
<i>D. pulchellum</i> Wood.	3	2	2
<i>Golenkinia radiata</i> (Chod.) Wille	2	2	4
<i>Kirchneriella contorta</i> (Schmidle) Bohlin	3	2	2
<i>K. spec.</i>	1	1	2
<i>Lagerheimia ciliata</i> (Lag.) Chod.	0	0	1
<i>L. genevensis</i> Chod.	1	2	3
<i>L. quadriseta</i> (Lemm.) G. M. Smith	2	2	0
<i>L. subsalsa</i> Lemm.	1	0	0
<i>L. wratislaviensis</i> Schröd.	0	1	1
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	2	3	4
<i>Oocystis borgei</i> Snow.	2	0	0
<i>O. pusilla</i> Hansgirg	3	1	2
<i>O. spec.</i>	1	1	1
<i>Pandorina morum</i> (Muell.) Bory	0	1	2
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh.	2	1	4
<i>P. duplex</i> div. var.	0	1	1
<i>P. tetras</i> (Ehrenb.) Ralfs	1	3	4
<i>Pteromonas augulosa</i> Carter	2	3	3
<i>Scenedesmus acuminatus</i> div. var.	5	5	5
<i>S. acutus</i> div. var.	1	1	0
<i>S. anomalus</i> (G. M. Smith) Tiff.	0	2	0
<i>S. armatus</i> div. var.	1	0	0
<i>S. bicaudatus</i> div. var.	1	4	1
<i>S. denticulatus</i> div. var.	1	1	1
<i>S. eornis</i> div. var.	2	4	5
<i>S. granulatus</i> div. var.	3	2	2
<i>S. intermedius</i> div. var.	5	5	5
<i>S. opoliensis</i> div. var.	2	5	3
<i>S. quadricauda</i> div. var.	5	5	5
<i>S. spinosus</i> div. var.	5	5	5
<i>S. div. spec.</i>	2	4	3
<i>Siderocelis ornata</i> Fott.	3	2	3
<i>Tetraëdron caudatum</i> (Corda) Hansgirg	1	2	3
<i>T. minimum</i> Reinsch	1	1	2
<i>T. muticum</i> (A. Br.) Hansg.	3	4	3
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair	2	2	2
<i>T. staurogeniaeforme</i> (Schröd.) Lemm.	4	5	5
Chrysophyceae:			
<i>Bicosoeca multiannulata</i> Skuja	3	2	2
<i>Chrysococcus biporus</i> Skuja	1	1	1
<i>C. rufescens</i> Klebs.	3	4	5
<i>Kephyrion inconstans</i> (Schmid) Starmach.	0	2	0
<i>Lagenoeca ruttneri</i> Bourr.	1	2	2
<i>Mallomonas</i> spec.	0	2	2
<i>Synura uvella</i> Ehrenb.	0	1	0
Bacillariophyceae:			
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	2	1	1
<i>Chaetoceros</i> spec.	0	2	1
<i>Cocconeis</i> div. spec.	1	1	2
<i>Diatoma elongatum</i> (Lynbye) Agardh.	0	1	1



Afb. 4 - De relatieve kwantiteit van de blauwwieren, groenwieren en diatomeeën.

soorten	monsterplek		
	1	3	4
<i>Melosira</i> div. spec.	1	3	5
<i>Navicula</i> div. spec.	1	2	3
<i>Nitzschia</i> div. spec.	1	1	2
<i>Rhoicosphaenia curvata</i> (Kützing) Grunow	1	0	2
<i>Surirella</i> div. spec.	1	1	1
<i>Synedra</i> div. spec.	3	5	4
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	0	1	1
<i>Centricae</i> div. geslachten	5	5	5
<i>Pennatae</i> div. geslachten	4	4	4
Xanthophyceae:			
<i>Tribonema aequale</i> Pascher	2	5	5
<i>Tribonema minus</i> (Wille) Hazen	3	0	2
Cryptophyceae:			
<i>Chroomonas</i> div. spec.	2	1	1
Dinophyceae:			
<i>Gymnodinium</i> spec.	0	1	2
Euglenophyceae:			
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.	0	1	1
<i>E. div. spec.</i>	1	0	2
<i>Phacus</i> div. spec.	1	5	3
<i>Trachelomonas hispida</i> Stein	2	2	1
<i>T. volvocina</i> Ehrenb.	2	0	0
Myxophyceae:			
<i>Anabaena</i> spec.	1	0	1
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West	1	1	1
<i>A. elachista</i> W. et G. S. West	1	0	1
<i>Chroococcus</i> div. spec.	4	2	1
<i>Coelosphaerium naegelianum</i> Hansgirg.	2	0	1
<i>Dactylococcopsis raphidioides</i>	3	3	1
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	2	1	2
<i>M. tenuissima</i> Lemm.	2	1	2
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	2	0	2
<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom.	5	5	5
<i>O. limnatica</i> Lemm.	5	5	5
<i>O. redekei</i> van Goor.	5	5	5

Phacus en Metosira. Vooral *Tribonema aequale* Pascher kwam in relatief grote aantallen voor op de plekken 3 en 4. Omdat de determinatie van de fytoplankton plaatsvond in waterige preparaten en uitsluitend die soorten werden gedetermineerd waarvan kon worden aangenomen dat ze op het moment van de monsterneming nog in leven waren, was het, op enkele uitzonderingen na, niet mogelijk de diatomeeën tot op de soort te determineren (voor het determineren van diatomeeënsoorten is het nl. noodzakelijk de kiezelskeletten te prepareren door de organische stof er uit te verwijderen). Ze werden gedetermineerd tot op het geslacht en wanneer ook dit niet mogelijk bleek, tot op de orde. Naast een vergelijking van de trefkanswaarden wordt in afb. 4 eveneens de relatieve kwantiteit van de groenwieren, blauwwieren, diatomeeën en overige klassen met elkaar vergeleken. Bij de blauwwieren is de eerder genoemde soort *Oscillatoria agardhii* Gom. dominant. Alleen deze soort komt in het Lauwersmeer in belangrijke mate tot ontwikkeling. Dit blijkt uit afb. 5 waar het versgewicht van deze soort in het Lauwersmeer (plek 1) wordt vergeleken met het versgewicht van de aangevoerde hoeveelheid (plekken 3 en 4). Op 30 augustus 1972 bleek het versgewicht op plek 1 tweemaal hoger te zijn dan het gemiddelde van de plekken 3 en 4 terwijl het anderhalve maand later, op 17 oktober, zelfs viermaal hoger was. Misschien is het mogelijk dat de verblijftijd van het water in het meer hierbij een belangrijke rol

speelt. Deze bedroeg in augustus 36 en in oktober 43 dagen.

In een aantal monsters werd naast het aantal algen per volume-eenheid het drooggewicht van het gesuspendeerd organisch materiaal (= drooggewicht totaal gesuspendeerd materiaal minus de asrest), het versgewicht van het fytoplankton en het chlorofyl a bepaald.

Elk van deze genoemde parameters heeft slechts een relatieve waarde. Zo is de betekenis van de kleinere soorten (μ -algen) bij de bepaling van het aantal algen per volume-eenheid veel groter dan bij de bepaling van het versgewicht waarbij ze verwaarloosd worden of een ondergeschikte rol spelen (Paasche 1960). Uit oogpunt van produktie zijn het juist de kleinere soorten die verhoudingsgewijs een belangrijker rol spelen dan de grotere soorten (Rodhe e.a., 1958).

Bij de bepaling van het drooggewicht van het fytoplankton stoort de aanwezigheid van detritus, zoöplankton en zand- en slibdeeltjes, waardoor de waarden te hoog uitkomen. Wordt het drooggewicht van het gesuspendeerde organisch materiaal bepaald dan storen de diatomeeën, waardoor deze waarde, als parameter voor de biomassa, te laag uitkomt.

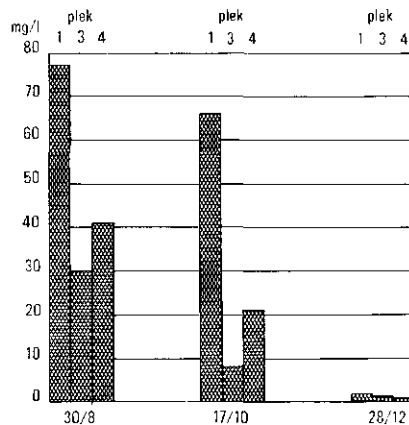
In tabel V zijn de verzamelde parameters betreffende de biomassa vermeld.

Er blijkt tussen de verschillende parameters weinig verband te bestaan. Het aantal waarnemingen is echter te beperkt om enige conclusies te kunnen trekken.

7. Samenvatting

Het Lauwersmeer, 2.000 ha groot en gemiddeld 2,5 m diep, ontvangt het water van een 300.000 ha groot boezemgebied en loost dit water via de uitwateringssluizen van Lauwersoog op de Waddenzee. Na de afsluiting in mei 1969 is het Lauwersmeer op een viertal plaatsen (afb. 1) bemonsterd. De monsters zijn chemisch, bacteriologisch en biologisch onderzocht. De hoedanigheid van het water tot en met 1972 wordt besproken.

De verblijftijd van het water in het



Afb. 5 - Het versgewicht van het blauwwier *Oscillatoria agardhii* Gom. in het Lauwersmeer (plek 1) en in de toevoer uit het Friese (plek 3) en Groningse boezemgebied (plek 4) in 1972.

Lauwersmeer wordt in sterke mate bepaald door de regenval. Hoge regenval leidt tot een verblijftijd van één of enkele weken. In tijden van droogte kan de verblijftijd tot twee maanden of nog langer oplopen.

In 1971 en 1972 bevatte het water 2,5 à 3,0 mg N als N Kjeldahl per liter bij een totaal fosfaatgehalte van 0,3 tot 0,6 mg P/l.

De BOD₅ en COD waren eveneens hoog (afb. 2). Conclusies betreffende voor- en achteruitgang van de chemische waterkwaliteit zijn moeilijk te trekken omdat de waarnemingstijd daarvoor te kort was en ook omdat de beoordeling bemoeilijkt werd omdat in de loop van 1969 het milieu van zout zoet geworden is.

Het water dat bij Dokkumer Nieuwezijlen en Zoutkamp aangevoerd wordt, is bacteriologisch verontreinigd (afb. 3). In het Lauwersmeer vindt een aanmerkelijke verbetering van de bacteriologische hoedanigheid plaats.

Het fytoplankton van het Lauwersmeer bestaat op gezette tijden voor meer dan de helft uit blauwwieren. Naar verhouding bevat het Lauwersmeer meer blauwwieren dan het water dat te Dokkumer Nieuwezijlen en Zoutkamp aangevoerd wordt.

Het is frappant dat het water afkomstig

van de Friese boezem ongeveer dezelfde fytoplanktensamenstelling heeft als het water uit de Groningse boezem. *Oscillatoria agardhii* Gom. neemt in het Lauwersmeer onder de blauwwieren een belangrijke plaats in. Tussen de diverse parameters met betrekking tot het fytoplankton — chlorofyl a, versgewicht, drooggewicht — bestaat minder verband dan verwacht werd.

Literatuur

- American Public Health Association, 1955. *Methods for the examination of water, sewage and industrial water*, 10th ed., APHA Inc. New York, p. 368 en 375.
- Ballantine, D., 1953. *Comparison of the different methods of estimating nanoplankton*. J. Mar. Biol. Ass. UK 32: 129-147.
- Berger, C. Nog te publiceren artikel.
- Dresscher, Th. G. N., 1959. *Description of a community of micro-organisms in purified sewage mixed with rain water from storm-sewers. (A method for the determination of microbiocoenoses)*. Hydrobiologia 14: 189-204.
- Dresscher, Th. G. N., 1964. *Is het opstellen van gemeenschappen van in water gesuspendeerde micro-organismen mogelijk?* De levende Natuur 67: 245-253.
- Dresscher, Th. G. N., 1965. *The biological and chemical effect of a central discharge of sewage into the 'Buiten IJ' near Amsterdam*. Hydrobiologia 25: 389-403.
- Findenegg, I., 1969. *Expression of populations*. In: Vollenweider Primary Production in aquatic environment, IBP Handbook nr. 12, Oxford and Edinburgh.
- Hofstee, J. en Fien, H. J., 1971a. *Analysemethoden voor grond, gewas, water en bodemvocht*. Kampen, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
- Hofstee, J. en Fien, H. J., 1971b. *Toelichting bij de analysemethoden voor grond, gewas, water en bodemvocht*. Kampen, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
- Hoeve, J. W. van, 1969. *Waterkwaliteitsbeheersing in Friesland*. Cult. Tijdschr. 1: 8-12.
- Hoofddcommissie voor Normalisatie in Nederland, 1956. *Bacteriologisch onderzoek van drinkwater*. KIWA N. 30 43.
- Jong, S. de, 1972. *Over de uitspoeling van fosfaten van landbouwgronden in Oostelijk Flevoland*. Intern rapport nr. 289, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Zwolle.
- Lund, J. W. A., Kipling, C. and Cren, E. D. le, 1958. *The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations of counting*. Hydrobiologia 11: 143-171.
- Moed, J. R., 1971. *Effect of combined of light and silicon depletion on Asterionella formosa Hass.*, Proc. of the Int. Ass. of Theor. and Appl. Limnol. vol. 18, part 3.
- Nauwerck, A., 1963. *Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken*. Symb. Bot. Uppsala. 17 (5): 1-163.
- Paasche, E., 1960. *On the relationship between primary production and standing stock of phytoplankton*. Journ. Cons. Int. Explor. Mer. 26: 33-48.
- Provinciale Waterstaat Friesland, 1973. *Schriftelijke mededeling*.
- Provinciale Waterstaat Groningen, 1971. *Schriftelijke mededeling*.
- Rhode, W., Vollenweider, R. A. Nauwerck, A., 1958. *The primary production and standing crop of phytoplankton*. In: Buzzati-Traverso, A.A., Perspectives in marine biology. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Zwolle. Intern dossier 1966-1973.

TABEL V - Parameters betreffende de biomassa van het fytoplankton.

plek nr.	datum monstername	10 log aantal algen/ml	drooggewicht gesuspendeerd organisch materiaal mg/l	versgewicht mg/l	chlorofyl a mg/m ³
1	1- 8-'72	4,32		67	149
	30- 8-'72	4,32	18	79	
	17-10-'72	4,56	16	69	120
	28-12-'72	3,30	15	3,0	6
3	30- 8-'72	4,45		41	
	17-10-'72	4,18		14	68
	28-12-'72	3,26	14	2,5	12
4	30- 8-'72	4,52		56	
	17-10-'72	4,28	19	33	98
	28-12-'72	3,20	7	1,5	17

- Rijkswaterstaat, 1972. Schriftelijke mededelingen over de waterbalans van het Lauwersmeer.
- Schreven, D. A. van, 1965. *Stikstofomzettingen in jonge IJsselmeerpoldergronden*. Van Zee tot Land nr. 41, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Zwolle.
- Schwoerbel, J., 1966. *Methoden der Hydrobiologie*. Stuttgart.
- Vaate, A. bij de, 1972. *De methodiek van het kwantitatieve en kwalitatieve onderzoek van fytoplankton*. Intern rapport nr. 294, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Zwolle.

Literatuur geraadpleegd bij het determineren van het fytoplankton:

- Heimans, J., 1916-1936. Concept determineerlijsten van Nederlandse Desmidiaceeën (niet gepubliceerd).
- Prescott, G. W., 1970. *Algae of the Western Great Lakes area*. Dubuque, Iowa.
- Skuja, H., 1948. *Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden*. Symb. Bot. Upsal. 9 (3): 1-399.
- Skuja, H., 1956. *Taxonomische und Biologische Studien über das phytoplankton Schwedischer Binnengewässer*. Nova Acta Reg. Soc. Scien. Upsal. ; Ser. IV, 16 (3): 1-404.
- Uherkovich, G. 166, *Die Scenedesmusarten Ungarns*. Budapest.

