HET BEZINKINGSPLANKTON VAN HET AMSTERDAM-RIJNKANAAL IN VERBAND MET THERMISCHE EN CHEMISCHE VERONTREINIGING EN INVLOED VAN DE VECHT. (DEC. 1969-FEBR. 1970).

F.G. BLANCKENBORG.

Doctoraalverslag Toegepaste Oecologie,
Rijksuniversiteit Utrecht - Afd. Natuurbeheer,
Landbouwhogeschool te Wageningen; Project ALH 77.
Rijksinstituut voor Natuurbeheer,
Vest. Leersum, 1971.
Verslag Natuurbeheer 93.
Ingeleverd dec. 1971.
GEGEVENS UITSLUITEND VOOR INTERN GEBRUIK.
OVERNAME SLECHTS TOEGESTAAN NA OVERLEG MET DE PROJECTLEIDER VAN HET INSTITUUT.

VOORWOORD.

Het hier volgende onderzoek werd verricht onder leiding van professor dr. M.F. Mörzer Bruyns, afdeling Natuurbeheer van de Landbouwhogeschool te Wageningen, met medewerking van drs. P. Leentvaar en drs. P.J. Schroevers van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Zeist.
Voor hun hulp bij de uitwerking van de monsters en de adviezen bij het maken van dit verslag ben ik hen erkentelijk.

F.G.B.
Zeist, 1970.

INHOUD.

I. Inleiding 1
II. Probleem en doelstelling 3
III. Methode en plaats van monstername 4
IV. Chemische en fysische gegevens 6
a. Chloridegehalte 6
b. Geleidingsvermogen 7
c. Kaliumpermanganaat-verbruik 8
d. N- en P-verbindingen 8
e. IJzer 9
f. Hardheid, calcium- en bicarbonaatgehalte 9
g. Zuurstof 10
k. Temperatuur 11
V. Het plankton 12
Determinatie 13
Trofie 14
Saprobie 15
Temperatuurinvloed 17
Invloed van de Vecht 18
VI. Samenvatting 19
VII. Literatuurlijst 20

Bijlagen:

Tabel I, chemische analyse Amsterdam-Rijnkanaal en Vecht I
Tabel II, chloridegehalte en geleidingsvermogen II
Tabel III, zuurstofverzadiging Amsterdam-Rijnkanaal en Vecht. III
Tabel IV, temperatuur in Amsterdam-Rijnkanaal en Vecht IV
Tabel V, planktonlijst + verklaring V
(blad 0 t/m 5).
Overzichtskaart VI

I. INLEIDING.

Door de toenemende vraag naar elektrische energie krijgt het probleem van de verantwoorde lozing van koelwater een steeds grotere omvang. De elektriciteitsindustrie verdubbelt zich elke acht jaar(WENT, mond. med.). Rivieren, kanalen en meren worden belast met grote hoeveelheden verwarmd koelwater.
De temperatuur is een belangrijke abiotische factor in een oecosysteem. Een ingreep op deze factor zal tot uitdrukking komen als verstoring van het heersende evenwicht.
Gefundeerd onderzoek naar de invloed van verwarmd koelwater op de hydrobiologische toestand van verschillende wateren is tot nu toe weinig verricht en gegevens hierover zijn schaars.
In de Verenigde Staten zijn de gevolgen van thermische verontreiniging van de Delaware River o.a. onderzocht door TREMBLEY c.s. (1961). Uit dit onderzoek is gebleken dat temperatuursverhoging een grotere algenproduktie tot gevolg heeft.
De gevolgen van koelwaterlozing in de Seine zijn beschreven door GHINOCCIO en APPOURCHAUX (1962-1964). Ingrijpende veranderingen werden hierbij niet aangetoond.
Het meest uitgebreide onderzoek over thermische verontreiniging is tot nu toe bekend uit Polen (ECONOMIC COMMISSION OF EUROPE, 1967). Het betreft hier een lozing van verwarmd koelwater van een centrale te Skawina op de rivier de Vistula. Deze rivier is in haar bovenloop niet verontreinigd en heeft een constant lage temperatuur. Temperatuurstijgingen van 7 - 15 graden Celsius door de lozing van het koelwater hadden een vernietiging van de biochemische activiteit van de psychrophile microflora tot gevolg. Daarnaast werd een totale verstoring van de biocoenose in de rivier geconstateerd als gevolg van de veranderingen in het zuurstofgehalte. Door de beschadiging van de heterotrofe microflora ging het zelfreinigend vermogen van de rivier achteruit.
Over de thermische verontreiniging in Nederland is weinig bekend. Deze leemte in de hydrobiologische kennis zal snel moeten worden opgevuld om te komen tot bindende reglementen. Voor de afvoer en verwerking van koelwater bestaan verschillende mogelijkheden.
Bij het zoeken naar de beste mogelijkheden zijn de hydrobiologische aspecten uiterst belangrijk.

Dit verslag kan een bijdrage leveren voor dit aspect, waarover ook kontakt bestond met de N.V. KEMA te Arnhem, die het Amsterdam-Rijnkanaal op langere termijn onderzoekt.

II. PROBLEEM EN DOELSTELLING.

Door centrales van het Provinciaal en Gemeentelijk Utrechts Stroomleveringsbedrijf (PEGUS) in de Utrechtse industriewijk Lage Weide wordt verwarmd koelwater geloosd in het Amsterdam-Rijnkanaal. Om inzicht te verkrijgen in de invloed van het koelwater op de samenstelling van de planktonbiocoenose werd bezinkingsplankton beschreven van een tweetal monsterpunten voor de centrale en een aantal erna, gedurende een drietal wintermaanden in de winter van 1969-1970.
Naast plankton-onderzoek is ook aandacht besteed aan een aantal chemische en fysische bepalingen. Het onderzochte traject strekte zich uit van Jutphaas tot Muiden.
De Vecht loopt over een lange afstand evenwijdig aan het Amsterdam-Rijnkanaal en heeft hiermee een aantal verbindingen door middel van sluizen. Het ligt derhalve voor de hand te veronderstellen dat de beide wateren elkaar beïnvloeden als gevolg van waterbewegingen van het Amsterdam-Rijnkanaal naar de Vecht en vice versa. Daarom werden eveneens drie monsterpunten in de Vecht onderzocht op plankton en fysische gegevens, op plaatsen waar beïnvloeding kon worden verwacht.

III. METHODE EN PLAATS VAN MONSTERNAME.

Het water van het Amsterdam-Rijnkanaal vertoonde op het gehele traject geen verschillen in uiterlijke kenmerken. Het is grijsbruin en ondoorzichtig tengevolge van grote hoeveelheden zwevend materiaal. Het hoge gehalte aan zulk materiaal wordt veroorzaakt door de bijzonder drukke scheepvaart, die het water in beweging houdt en voortdurend mengt. Op sommige punten waren grote olievlekken zichtbaar, vooral in de buurt van de stad Utrecht.
Het Vechtwater is relatief helder en bevat minder zwevend materiaal (weinig beweging). Bij de monstername in februari werd een langzame stroming waargenomen.
Phanerogamen of dode resten ervan komen in het Amsterdam-Rijnkanaal niet voor en in de Vecht alleen bij Weesp, (Rietgroei).

Gemonsterd werd in drie achtereenvolgende maanden:

11 december 1969
19 januari 1970
23 februari 1970

Op alle monsterpunten werd de temperatuur van het water gemeten, en werden monsters genomen voor de bepaling van het chloride-gehalte, het zuurstofgehalte en het geleidingsvermogen. Op 19 januari 1970 zijn tevens watermonsters genomen, die door het waterleidinglaboratorium Midden Nederland aan een chemische analyse werden onderworpen. In verband met de hoge kosten hiervan kon zo'n analyse van een volledige monsterreeks slechts éénmaal worden uitgevoerd.

De planktonmonsters zijn als volgt genomen:
Een fles (met een inhoud van 1 liter, te voren voorzien van 10 cc 40% formaline) werd op een afstand van 1,5 meter van de oever van het kanaal net onder het wateroppervlak gehouden. Deze monsters werden daarna op een rustige plaats weggezet en kregen 14 dagen de tijd om te bezinken. Hierna werd voorzichtig afgeheveld zonder materiaal van de bodem en het oppervlak verloren te laten gaan. Na deze concentratie was het plankton en de restdelen aanwezig in ongeveer 20 cc. Verdere concentratie had geen zin, omdat anders

de storende invloed van het zwevende materiaal te groot zou zijn bij het bekijken van het plankton. Na goed schudden om een homogene verdeling van het materiaal te waarborgen, werd nu van elk monster 2 cc concentraat in een speciaal bij het Wild-plankton-microscoop behorende houder gebracht, waarna het kon worden geanalyseerd.

De monsterreeks bestaat uit 12 monsterpunten, waar op genoemde data (zie blz. 4) monsters werden genomen. Bij de keuze van de punten werd gelet op de plaats van de koelwaterlozing en op de verbindingspunten tussen Amsterdam-Rijnkanaal en Vecht. De overzichtskaart laat de gekozen monsterpunten zien (zie bijlage VI)
de cijfers 1 t/m 9 corresponderen met monsterplaatsen in het Amsterdam-Rijnkanaal en de letters A t/m C geven de plaatsen in de Vecht aan.

Monsterplaatsen:
1. Ten oosten van Jutphaas (0 km)
2. Bij de Utrechtse woonwijk Kanaleneiland (4 km)
3. Industriegebied Lage Weide te Utrecht (9 km)
4. Tussen Maarssen en Breukelen (15 km)
5. Ten westen van Nieuwersluis (20 km)
6. Ten westen van Vreeland (24 km)
7. Ten westen van Nigtevecht (29 km)
8. Bij monding van Smal Weesp (32 km)
9. Voor de kruising met de Muidertrekvaart (36 km)

De centrales lozen koelwater tussen punt 2 en 3. De km tussen haakjes zijn de afstanden gerekend ten opzichte van monsterpunt 1.

A. Maarssen
B. Vreeland
C. Weesp

De belangrijkste verbindingen tussen de Vecht en het Amsterdam-Rijnkanaal bevinden zich te Maarssen, Nieuwersluis en Nigtevecht. Bij bemonstering werden bij deze verbindingen steeds open sluizen aangetroffen; aan het water was echter geen stroming waar te nemen.

IV. CHEMISCHE EN FYSISCHE GEGEVENS .

Op elke monsterplaats werd een monster genomen voor de bepaling van het geleidingsvermogen, het Cl^--gehalte en het O_2-gehalte, waardoor een globale indruk van de chemische toestand van het water wordt verkregen. Genoemde bepalingen konden bij elke bemonstering worden gedaan, omdat ze technisch gemakkelijk uitvoerbaar zijn zonder hoge kosten. Ook werd bij elke monstername de temperatuur van het water gemeten.
Van de monsterreeks genomen op 19 januari 1970 is door het waterleidinglaboratorium Midden Nederland te Bilthoven een uitgebreide analyse gemaakt. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel I (zie bijlage I).
Omdat er slechts één volledige monsterreeks is geanalyseerd, moet bij de interpretatie van de resultaten ervan voorzichtigheid worden betracht. Veranderingen in de tijd zijn niet aantoonbaar en het toeval speelt bij één waarneming een grote rol.
Uit de gegevens in zijn totaliteit blijkt dat het Amsterdam-Rijnkanaal vrij homogeen is. De Vecht vertoont op de drie monsterpunten grotere verschillen, hetgeen moet worden toegeschreven aan wisselende invloeden, zoals lozing van fabriekswater, rioolwater, water uit de Utrechtse grachten en onregelmatige doorspoeling.
Het discontinue karakter van de Vecht komt bij de bespreking van het plankton nogmaals naar voren.
Hieronder volgt een korte bespreking van de analyseresultaten.
Waar het mogelijk is, worden de resultaten vergeleken met gemiddelde waarden, die LEENTVAAR in 1963 vindt bij zijn hydrobiologisch onderzoek van oppervlaktewater.

a). CHLORIDEGEHALTE.

Het chloride-gehalte kan gebruikt worden om enig inzicht te krijgen in de hydrologie van een gebied, en is bovendien een goede maat voor de verontreiniging.
Bij de bemonstering op 11 dec. 1969 en 19 jan. 1970 is het Cl^--gehalte hoog (resp. $\pm$ 220 mg/l en $\pm$ 180 mg/l, voor nauwkeurige waarden zie tabel II (Bijlage II). Dit hoge gehalte kan als volgt worden verklaard:

- De Rijn is rijk aan chloride door toevoegingen uit de Kali-mijnen in de Elzas
- De Rijn voert in de winter relatief weinig water af (geen smeltwater). Het Amsterdam-Rijnkanaal zal daarom weinig worden doorgespoeld, zodat accumulatie van chloride (en andere stoffen) het gevolg is.

Het chloridegehalte van de Vecht is over het algemeen lager dan dat van het Amsterdam-Rijnkanaal.
Het chloridegehalte van het Amsterdam-Rijnkanaal en van de Vecht is bij de bemonstering op 23 februari 1970 met meer dan de helft gedaald (tot ± 75 mg/l) vergeleken met januari 1970. Dit werd veroorzaakt door verdunning, die het gevolg was van zware regen- en sneeuwval in de week voor de monstername van 23 februari 1970. Waarschijnlijk is ook water uit de verschillende omringende polders in het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht gepompt. (Misschien staat hiermee in verband, dat bepaalde plankters, zoals Dynobryon-soorten, die in december en in januari niet werden gevonden, nu wel aanwezig zijn (zie planktonlijsten)).
Het chloorgehalte van de monsterplaatsen 9 en C is steeds hoger dan dat van de andere punten. Aangenomen wordt dat water uit het IJsselmeer hiervoor verantwoordelijk is.

REDEKE (1948) neemt als grens tussen zoet en brak water 100 mg Cl/l. Volgens zijn indeling kan men het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht rekenen tot de oligohaliene brakke wateren (100-1000 mg Cl/l).

b). GELEIDINGSVERMOGEN.

Het elektrolytisch geleidingsvermogen (omgekeerde van de weerstand) is een maat voor de totale hoeveelheid opgeloste zouten (elektrolyten)
Het geleidingsvermogen van het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht is hoog in vergelijking met het Nederlands gemiddelde (850 mikrosiemens)
Uit de totaalanalyse van 19 januari 1970 blijkt dat het hoge geleidingsvermogen hoofdzakelijk wordt veroorzaakt door de hoge gehalten aan chloride, sulfaat en bicarbonaat. Vooral de hoeveelheid sulfaat is vergeleken met andere wateren hoog (SCHROEVERS, mondelinge mededeling).
Uit tabel II blijkt, dat de verschillen in chloorgehalten als gevolg van verdunning en invloed van het IJsselmeer parallel lopen aan de verschillen in geleidingsvermogen.

c). KALIUMPERMANGANAAT-VERBRUIK.

Het $KMnO_4$ - verbruik (als maat voor de aanwezige hoeveelheid organische stof) loopt voor ongefiltreerd en gefiltreerd water sterk uiteen. Blijkens vergelijkingen met het gemiddelde voor Nederlandse oppervlaktewateren, kan worden gesteld dat het $KMnO_4$ - verbruik voor het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht laag is.

$KMnO_4$ - verbruik ongefiltreerd water:

Amsterdam-Rijnkanaal	30-70 mg/l
Vecht	40-70 mg/l
Gemiddelde waarde Nederlandse oppervlaktewateren (LEENTVAAR, 1963)	78 mg/l

$KMnO_4$ - verbruik gefiltreerd water:

Amsterdam-Rijnkanaal	9-15 mg/l
Vecht	5-12 mg/l
Gem. waarde Ned. oppervlaktewateren (LEENTVAAR, 1963)	38 mg/l

Het lage $KMnO_4$ - verbruik is waarschijnlijk een gevolg van de geringe hoeveelheid biomassa (geringe hoeveelheid plankton).
Op grond van de $KMnO_4$ - waarden kan bovendien verondersteld worden dat de detritus (zie begin van dit hoofdstuk) voor het grootste deel anorganisch is.
Het $KMnO_4$ - verbruik voor ongefiltreerd water neemt in het Amsterdam-Rijnkanaal in de richting van Amsterdam toe. Deze toename gaat niet samen met afname van PO_4^{3-}, SO_4^{2-} of enig ander ion. Hieruit zou men derhalve voorzichtig kunnen concluderen, dat de verhoging van het $KMnO_4$- verbruik niet een gevolg is van toename van de primaire produktie, maar veroorzaakt wordt door verontreiniging met organische stoffen.

d). N- en P- VERBINDINGEN.

Het NO_2^- gehalte loopt op de verschillende plaatsen in het Amsterdam-Rijnkanaal ver uiteen (van 0,50 mg/l tot 2,0 mg/l) en stijgt sterk na monsterpunt 3. Het NO_3^- gehalte schommelt veel minder.
De hoeveelheid NH_4^+ neemt van monsterpunt 1 (3 mg/l) toe in de richting van monsterpunt 9 (8,8 mg/l). Deze toename gaat samen met een daling van de O_2- verzadiging (zie cijfers over O_2- verzadiging op 19 januari 1970 in tabel III, bijlage III).

Het ligt daarom voor de hand de NH_4^+- toename toe te schrijven aan geringere nitrificatie tengevolge van O_2- gebrek.
De totale hoeveelheid N-verbindingen neemt in het Amsterdam-Rijnkanaal na Utrecht toe (en is waarschijnlijk een gevolg van lozing van stads en/of industrieël afvalwater).
Monsterpunt A en B vallen op door lage gehaltes aan nitriet (allebei kleiner dan 0,03 mg/l) en nitraat (0,5-0 mg/l). Hiertegenover staan hoge gehaltes aan NH_4^+. Zuurstofverzadigingspercentages van resp. 11% en 4% doen ook hier veronderstellen dat O_2- gebrek nitrificatie onmogelijk maakt.
Het PO_4^{3-} -gehalte neemt, evenals de totale hoeveelheid N-verbindingen toe in de richting van monsterpunt 9. De Vecht en het Amsterdam-Rijnkanaal hebben zeer hoge fosfaatgehalten.

LEENTVAAR (1963) vindt voor het Nederlandse oppervlaktewater (meren) de volgende gemiddelden:

NO_2^-	0,03 mg/l
NO_3^-	2,2 mg/l
NH_4^+	0,3 mg/l
Organisch ammonium	1,0 mg/l
PO_4^{3-}	0,09 mg/l

Vergelijking met deze waarden toont aan, dat het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht wat betreft de chemische factoren hypertroof zijn. (Strikt genomen kan dat nog niet gesteld worden, omdat de trofiegraad naast de chemische ook een biologische indicatie inhoudt.).

e). IJZER.

Het gehalte aan ijzer is hoog. Een verklaring hiervoor is moeilijk te vinden.

f). TOTALE- EN BICARBONAATHARDHEID, CALCIUM- EN BICARBONAATGEHALTE.

Bij de bestudering van de chemische analyse valt de hardheid van het water direkt op. Deze uit zich in de totale- en bicarbonaathardheid en in het hoge calcium- en bicarbonaatgehalte.

Het calciumgehalte, het bicarbonaatgehalte en de hardheidcijfers zijn in het Amsterdam-Rijnkanaal konstant.
Het calciumgehalte in de Vecht is lager dan in het kanaal.

g). ZUURSTOF.

Door toevoeging van mangaanchloride werd de zuurstof van een monster ter plaatse gefixeerd en later in het laboratorium kwantitatief bepaald volgens de Winckler-methode.
De absolute hoeveelheid opgeloste zuurstof is biologisch niet zonder meer een goede maatstaf. Uit het aanwezige O_2-gehalte werd steeds het verzadigingspercentage berekend. Dit percentage is onder meer afhankelijk van de temperatuur. De O_2-verzadigingspercentages van het water bij de gemeten temperaturen werden berekend met behulp van een tabel volgens Fox (in LIEBMANN, 1951). De percentages zijn genoteerd in tabel III (zie bijlage III).

De O_2-verzadigingspercentages van de monsternames van 11 december en 19 januari zijn laag en nemen nog af in de richting van Amsterdam. Er bestaat geen verband met het temperatuurverloop. Op de plaats waar het warme koelwater wordt geloosd en op de eerste monsterpunten erna is de O_2-verzadigingswaarde niet lager dan op de monsterplaatsen voor de warmwaterlozing. Het verschijnsel, dat temperatuursverhoging door thermische verontreiniging zou resulteren in een groter O_2-deficit (zoals onderzoek in o.a. Polen en Frankrijk heeft aangetoond), is in het Amsterdam-Rijnkanaal niet waarneembaar. (zie inleiding, bladz. 1).
Omdat de O_2-verzadiging afneemt in de richting waarin de N- en P-verbindingen toenemen, kan men aannemen, dat grote O_2-behoefte tengevolge van verontreiniging de oorzaak zijn van de afname.
Bij de monstername van 23 februari 1970 blijkt het water redelijk met zuurstof verzadigd te zijn. Dit is een gevolg van regen- en smeltwater (zie opmerkingen bij de bespreking van het Cl^--gehalte, blz. 7).
Bij de monsterpunten in de Vecht is het water zeer sterk O_2-onderverzadigd. Sterke saprobiering is ook hier de oorzaak van het geringe O_2-gehalte (zie gehalten aan P- en N-verbindingen, blz. 9).
Bij deze biologisch slechte voorwaarden komt bovendien nog dat het water van de Vecht weinig in beweging is, waardoor er nauwelijks fysische zuurstofvoorziening plaats vindt.

h). TEMPERATUUR.

Ongeveer 10 cm onder het wateroppervlak werd de temperatuur telkens gemeten. Bij de interpretatie van de gevonden waarden dient er rekening mee gehouden te worden, dat kleine afwijkingen in verband met het tijdstip overdag niet vermeden konden worden . Elke complete bemonstering duurde van 10.00 uur tot 14.00 uur. Temperatuursveranderingen van de buitenlucht in die 4 uur beïnvloeden uiteraard ook de oppervlaktetemperatuur van het water.
De volgorde van monsteren was:
1, 2, 3, A, 4, 5, 6, B, 7, 8, C, 9.
De duidelijkste invloed van het koelwater op de temperatuur is te zien bij de metingen van 11 december 1969. Op monsterpunt 3 (2 km afstand van de PEGUS-centrales) is de temperatuur 6° C hoger dan op de monsterpunten voor de centrales. (zie tabel IV, bijlage IV).
Op monsterplaats 9 is de temperatuur ook nog duidelijk hoger. Op 19 januari 1970 en 23 februari 1970 manifesteerden de temperatuurveschillen zich veel minder duidelijk. Een verklaring hiervoor is te vinden in het feit dat de bemonsteringen op deze data plaats vonden op een maandag; in de weekeinden is de energieafname geringer, waardoor er minder elektrische energie geproduceerd wordt en er dus ook minder gekoeld hoeft te worden.
Lozingen van koelwater op het Amsterdam-Rijnkanaal veroorzaken temperatuurverschillen van maximaal 5-7° C (KEMA).
Meer onderzoek naar het temperatuursverloop, ook in verband met stroomsnelheid van het water, door spoeling etc. is nodig. De waarnemingen hier gedaan, laten zien dat er wel een temperatuursverhoging optreedt, maar met wisselend effect.

V. HET PLANKTON.

Het onderzoek heeft een oecologische probleemstelling (relatie chemisch-fysisch milieu -- samenstelling planktonbiocoenose). Een dergelijke benadering vraagt een vergelijking van de planktonsamenstelling op verschillende plaatsen (en op verschillende tijden). Toepassing van een uniforme monstermethode is een eerste vereiste.
Monstername met behulp van een planktonnet is hier niet geschikt. Door verstopping van de mazen van het net (met bv. detritus) zal een bepaalde hoeveelheid nannoplankton (= plankton, dat door de mazen van het planktonnet heen gaat) toch in het residu terecht komen. Op andere plaatsen met andere condities zit het net minder gauw verstopt en komen minder nannoplankters in het residu.
Pennate Baccillariae (waarvan veel soorten in het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht voorkomen) zijn in lengterichting groot, in dwarsrichting klein. Een bepaald gedeelte zal wel door het net gaan, een ander gedeelte niet.
Om dergelijke bezwaren te voorkomen werd gestreefd naar een monstername, waarbij het verzamelde plankton zoveel mogelijk representatief is voor de werkelijkheid. Om deze reden werden bezinkingsmonsters verzameld. Aan deze methode kleeft echter een bezwaar, dat bij de interpretatie van de uitkomsten niet vergeten mag worden. De grootte van de organismen is in zekere mate omgekeerd evenredig met de individuenaantallen. In bezinkingsmonsters zullen derhalve soorten, waarvan de organismen groot zijn, niet representatief aanwezig zijn. Conclusies zullen daarom gebaseerd moeten worden op soorten met kleine afmetingen.
Het feit dat in een groot aantal monsters maar zo weinig soorten zoöplankters werden gevonden kan daarom een gevolg zijn van de methode van monsteren. Voor de volledigheid zijn echter alle aangetroffen soorten in de planktonlijst vermeld.

Het bezinkingsplankton van 1 liter werd geconcentreerd in een monster van ± 20 cc. Hiervan werd steeds 1 maal 2 cc bekeken. Analyse van het gehele monster was in verband met tijdgebrek niet mogelijk.

De cijfers in de planktonlijst van het Amsterdam-Rijnkanaal hebben betrekking op telling van de eerste honderd aangetroffen organismen. De meest voorkomende soorten zitten dus zeker bij de telling van een monster. Na het tellen van honderd individuen werd het monster verder onderzocht op soorten, die niet bij het tellen werden waargenomen. Ze zijn in de planktonlijst aangegeven met +. Het zoeken naar nieuwe soorten werd zo lang voortgezet er geen nieuwe meer werden gevonden.
Het aantal monsterpunten in de Vecht was kleiner en in het plankton kwamen grote individuen-aantallen van sommige soorten voor (bv. Leptothrix ochracea en L. discophora in monsterpunt B op 19-1-1970). Op grond hiervan werd in elk monster drie maal tot honderd geteld, gesommerd en gedeeld door drie om ook voor deze monsters de percentages der voorkomende soorten te kennen. Na deze tellingen werd het monster verder onderzocht op nog niet waargenomen soorten.
Bij tellingen en het berekenen van percentages doet zich de volgende moeilijkheid voor: In het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht komt veelvuldig een aantal soorten voor, die in koloniën leven, maar heel gemakkelijk uiteen vallen, zoals bv. het blauwwier Lingbya limnetica en de centrische diatomeeën Melosira varians, M. italica, M. granulata, Cyclotella meneghiana, Stephanodiscus hantzschii en S. astreae. Zij behoren tot de zg. U-algae, die door waterbeweging gemakkelijk uiteenvallen (bv. ook door de scheepvaart).
In de monsters werden deze soorten vaak solitair aangetroffen of als korte draden, maar de mogelijkheid bestaat dat ze voor de monstername grote kolonies zijn geweest. Het uit elkaar vallen van zulke kolonies heeft consequenties voor de conclusies, die uit de tellingen, en daarmee uit de quotienten, percentages e.d. die men uit de gevonden aantallen berekend, worden getrokken.

DETERMINATIE.

De determinaties en de nomenclatuur zijn gebaseerd op tabellen en beschrijvingen in de verschillende handboeken, die werden gebruikt (zie literatuurlijst, blz 20).

Determinatie van een aantal groepen zoals de Bacteria, Nematoda, Ciliata en Suctoria is dermate gespecialiseerd en tijdrovend, dat ze achterwege werd gelaten.
Bij de hierna volgende bespreking van het plankton is daarom hoofdzakelijk gelet op het phytoplankton en in het bijzonder het nannoplankton.

TROFIE:
In de planktonlijst vallen enkele taxonomische groepen meteen op door sterke vertegenwoordiging, zowel in aantal soorten als in aantal individuen. Dit zijn in de eerste plaats de Diatomeeën en Chlorophyceeën en in de tweede plaats de Cyanophyta. Het voorkomen van deze drie groepen in het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht duidt op een sterke eutrofie van het water.
NYGAARD (1949) heeft erop gewezen dat bepaalde taxonomische eenheden ook optreden als oecologische eenheden. Voor Deense wateren vond hij een verband tussen het voorkomen van bepaalde algengroepen en de trofiegraad van het water. Hij berekende daartoe het "Compound Quotient", de verhouding tussen eutrafente en oligotrafente soorten:

$$C.Q. = \frac{M + Ch + C + E}{D}$$

Hierin is: M het aantal soorten Cyanophyta
Ch ,, ,, ,, Chlorococcales
C ,, ,, ,, Centrische Diatomeeën
E ,, ,, ,, Eugleninae
D ,, ,, ,, Desmidiales

Nygaard geeft voor het C.Q. de volgende getalswaarden op (gebaseerd op onderzoek van Deense wateren):

0 - 0,3	dystroof water
0,3 - 1,0	oligotroof water
1,0 - 2,5	mesotroof water
2,5 - 5	matig eutroof water
5 - 20	sterk eutroof water en enigszins saproob
> 20	zeer sterk eutroof en saproob water.

De eutrafente groepen zijn in het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht sterk vertegenwoordigd. De oligotrafente groep (Desmidiales) ontbreken nagenoeg geheel en als ze voorkomen zijn ze waarschijnlijk niet autochtoon (men vergete hierbij niet, dat de Desmidiales hun optimum in de zomer en herfst hebben).
Volgens de berekening van het C.Q. komen we tot de conclusie, dat het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht zeer eutroof zijn, met een sterke verontreinigingsgraad. (De exacte grootte van het C. Q. is niet berekend omdat het aantal Desmidiales (noemer) 0 of soms 1 is.)
Opmerking: Over de bruikbaarheid van de Nygaard-quotient voor Nederlandse wateren zijn de meningen nog verdeeld. Het systeem van Nygaard is gebaseerd op onderzoek van Deense wateren; het is zeer wel mogelijk, dat zich in Nederland andere situaties voordoen. Een feit is, dat met de Nygaard index in Nederland weinig wordt gewerkt.

SAPROBIE:

Evenals de mogelijkheid om uit de biologische gegevens conclusies te trekken ten aanzien van de voedselrijkdom, bestaan er ook mogelijkheden om op grond van voorkomen van bepaalde soorten waarderingen te geven over de mate van saprobiering. Daartoe is hier gebruik gemaakt van het Saprobie-systeem van SLADECEK (1963). Hij geeft voor een groot aantal soorten de mate van vervuiling, die ze indiceren aan. De onderscheide klassen zijn:

x xenosaproob
o oligosaproob
b β - mesosaproob
a α - mesosaproob
p polysaproob

Van de soorten, waarvoor een waardering bekend is, is deze vermeld in de planktonlijst. (Zie bijlagen V, bladen 0 t/m 5).
Uit deze lijst blijkt, dat het water van het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht β - tot α - mesosaproob genoemd kan worden.
Om dit wat nauwkeuriger te kunnen vaststellen is voor elk monsterpunt een "saprobie-waarde" berekend, op grond van waardecijfers die aan de verschillende saprobie-waarden werden toegekend.

De klasse xenosaproob kreeg het cijfer 1 en de klasse polysaproob het cijfer 9. De tussenliggende klassen werden als volgt gewaardeerd:

1	x
2	x-o en o-x
3	o
4	o-b en b-o
5	b
6	a-b en b-a
7	a
8	a-p en p-a
9	p

Het uiteindelijke "saprobie-waarde-cijfer" voor een monsterplaats wordt berekend door van elke soort de Sladecek-waarde te vermenigvuldigen met het aantal voorkomende individuen van die soort. De zo verkregen cijfers van de verschillende soorten worden opgeteld en de som wordt dan gedeeld door het totaal aantal individuen van de soorten, waarop de berekening betrekking heeft. Dit gevonden gemiddelde is de saprobie-waarde.
De saprobie-waarde verschilt voor de verschillende monsterpunten en op de verschillende tijden weinig. De waarde schommelt steeds tussen 5 en 6. Dit betekent een mesosaproob milieu.
De gevonden waarden zijn aanzienlijk lager dan werd verwacht, maar komen algemeen in West-Nederland voor (SCHROEVERS, mond. med.).
Bij het beschouwen van de saprobie-waarden zijn enige restricties noodzakelijk:
1. In het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht komen op sommige monsterplaatsen grote aantallen bacterien voor. Deze werden niet gedetermineerd. Het is bekend dat onder de bacterien veel soorten voorkomen, die in een polysaproob of α -saproob milieu leven. De werkelijke saprobie-waarde zal daarom na volledige determinatie hoger zijn.

2. Van een aantal veel voorkomende soorten is in het systeem volgens SLADECEK de saprobie-indicatie niet bekend, bv. Lyngbya limnetica en Vorticella spec.

Zou men dergelijke grote aantallen ook in de berekening betrekken dan is het waarschijnlijk dat de saprobie-waarde een andere grootte zou krijgen. Van Lingbya limnetica wordt op grond van een groot aantal waarnemingen verondersteld, dat het vooral voorkomt in α - mesosaproob of α - β - mesosaproob milieu (SCHROEVERS, mond. med)

TEMPERATUURINVLOED.

Wanneer de saprobie-waarden worden vergeleken met de temperaturen op de verschillende plaatsen van monstering, blijkt, dat de lozing van het koelwater ten tijde van dit onderzoek geen aantoonbare saprobiërende invloed had.
Wanneer de koelwaterlozing een verandering van het evenwicht zou betekenen, dan zou dit juist bij beschouwing over trofie en saprobie moeten blijken.
Er is getrecht uit de tabel de invloed van het koelwater op andere manieren te illustreren. Dit levert echter evenmin resultaat op. Ook resultaten uit andere onderzoekingen zien we niet bevestigd. Pools onderzoek bv. toonde aan dat door verhoogde temperaturen de groenwieren en blauwwieren werden begunstigd. Dit werd niet aangetoond in het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht. Uit Amerikaanse onderzoekingen kwam vast te staan dat door verhoogde temperatuur het totaal aantal soorten achteruit ging. Dit zou reeds het geval zijn bij enkele graden temperatuursverhoging. Vermindering van het aantal soorten werd in het Amsterdam-Rijnkanaal niet gevonden, maar hierbij moet men voorzichtig zijn, omdat maar een gedeelte van de biocoenose beschreven werd.
In dit onderzoek is voornamelijk gelet op de kwalitatieve kenmerken van de planktonbiocoenose. Uit Poolse onderzoekingen aan de Konin-meren kwam vast te staan, dat de totale hoeveelheid phytoplankton zou toenemen. De enige kwantitatieve bepaling, die hiervan iets zou kunnen tonen is het $KMnO_4$ verbruik voor ongefiltreerd water (is o.a. afhankelijk van de hoeveelheid biomassa). Dit neemt wel toe, maar dit gebeurt vanaf punt 5. Het is zeer de vraag of we deze toename aan temperatuursverhoging mogen toeschrijven.

INVLOED VECHT.

De invloed van de Vecht op de planktonsamenstelling van het Amsterdam-Rijnkanaal is evenmin erg duidelijk.
In de monsterreeks van 11 dec. 1969 valt op dat het aantal bacterien in het Amsterdam-Rijnkanaal groot is op de monsterpunten 5 en 6 (en 7). Bij monsterplaats 5 bestaat een verbinding met de Vecht. Het is echter niet zeker of het frekwente voorkomen van bacterien door de Vecht wordt veroorzaakt.
Vuillozingen uit Breukelen of Nieuwersluis zouden evengoed zo'n effect kunnen hebben.

VI. SAMENVATTING.

Na interpretatie van de planktonlijst en de fysisch-chemische gegevens komen we tot de slotsom, dat het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht zeer voedselrijke (hypertrofe) wateren zijn met een bepaalde mate van saprobiering. De saprobiewaarde, zoals die met behulp van het systeem van SLADECEK werd berekend is gunstiger dan verwacht werd. De werkelijke saprobiewaarde is waarschijnlijk hoger wanneer de gehele biocoenose wordt onderzocht.
De afzonderlijke invloeden van thermische verontreiniging en de Vecht zijn uit dit onderzoek niet naar voren gekomen. Hierbij is gelet op een aantal kenmerken van de levensgemeenschap zoals O_2-verzadiging, gehaltes aan bepaalde ionen, mate van eutrofiering en saprobiering, totaal aantal soorten per 100 organismen, aandeel van bepaalde algengroepen etc.

De temperatuur is een belangrijke faktor van het abiotisch milieu. Verandering van deze faktor zal ongetwijfeld aanleiding zijn tot reacties in de (micro-) biocoenose. De plankton-biocoenose, als exponent van het "extreme" fysisch-chemisch milieu, zoals we dat vinden in het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht, is reeds zo samengesteld, dat (geringe) temperatuur wijziging geen essentiele invloed zal hebben.
De (eventuele) invloeden op de biocoenose, die ontstaan door het aanbrengen van een temperatuur gradient in het Amsterdam-Rijnkanaal zijn met de gebruikte onderzoeksmethodiek niet aangetoond.

Het verdient aanbeveling om de gevolgen van koelwaterlozing diepgaander en langer te gaan onderzoeken in een minder vervuild milieu, waarin de temperatuur gradienten regelmatiger zijn (zowel in ruimte als tijd). Naast kwalitatieve kenmerken zal dan ook gelet moeten worden op de kwantitatieve aspekten. Een groter aantal groepen organismen moet in het onderzoek worden betrokken.

VII. LITERATUURLIJST.

ANONYM, 1968. Lozing van warm koelwater - een nieuw probleem bij het waterbeheer. Jaarverslag RIVON 1968, 54-57.

COMMITTEE ON ELECTRIC POWER OF THE ECONOMIC COMMISSION OF EUROPE, 1967. The effect on hydrobiological conditions of the discharge of heated water from the cooling systems of thermal power stations in rivers and bodies of water. Report nr. EP/WP 25.

ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 1969. Problems in design and operation of thermal power stations. Volume IX, U.N., New York.

HEUSDEN, G.P.H. van, 1961. De biologie van de Rijn; Dertiende vakantiecursus in drinkwatervoorziening. T.H. Delft, Den Haag, 72-90.

HUBER, P.G., 1938. Das Phytoplankton des Süsswassers. Teil I: Blau-algen, Bacterien und Pilze. Stuttgart.

HUSTEDT, H., 1930. Die Süsswasserflora Mittel-Europas. Heft 10: Bacillariophyta. Jena.

LEENTVAAR, P., 1963. Resultaten van het hydrobiologisch onderzoek van oppervlaktewater in 1960. RIVON med.nr. 140; Water 47 (1963) (16) 203-207.

LEENTVAAR, P., 1969. Een overzicht van de hydrobiologische toestand van de Vechtplassen in 1957 en 1958. De Zuidelijke Vechtplassen 81-133. Stichting voor de Vecht en het Oostelijk en Westelijk Plassengebied.

LEENTVAAR, P., 1970. Het probleem van de eutrofiering. Overdruk H_2O, 3e jrg. nr. 5, 5 mrt 1970.

LEMMERMANN, E., BRUNNTHALER, J. und PASSCHER, A., 1915. Die Süsswasserflora Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. Chlorophyceae II. Jena.

NYGAARD, G., 1945. Danske Planteplankton. Kopenhagen.

NYGAARD, G., 1949. Hydrobiological studies on some Danish ponds and Lakes. Part II. The quotient hypothesis and some little known or new planktonorganisms. Det. Kongl. Danske Vid. Selssk. Biol. Skrift 71.

PRESCOTT, G.W., 1961. Algae of the Western Great Lakes area. Dubuque, Iowa.

REDEKE, H.C., 1935. Synopsis van het Nederlandse zoet- en brakwaterplankton. Publ. nr. 2 der Hydrobiol. Club. Amsterdam.

REDEKE, H.C., 1948. Hydrobiologie van Nederland. Amsterdam.

SCHROEVERS, P.J., 1965. Het bezinkingsplankton van het Kippenest bij Wanneperveen. Hydrobiol. waarnemingen in N.W.-Overijssel II. Biol. Jaarboek Dodonaea 1965, 267-342. RIVON med. nr. 224.

SCHROEVERS, P.J., 1970. Biologisch waardeoordeel. Stencil RIN.

SLADECEK, V., 1963. A guide to limnosaprobical organisms. Scientific papers from the Institute of Chemical Technology Prague, 543-612.

UHERKOVICH, G., 1966. Die Scenedesmusarten Ungarns. Budapest.

VOIGT, M., 1957. Rotatoria, die Rädertiere Mitteleuropas. Berlijn.

WERFF, A. van der, en HULS, H., 1958-1963. Diatomeeënflora van Nederland. Abcoude.

BIJLAGE II.

Mnstpnt	11-12-1969		19-01-1970		23-02-1970	
	Cl^-	$K_{18}x10^6$	Cl^-	$K_{18}x10^6$	Cl^-	$K_{18}x10^6$
1	220	980	180	900	64	480
2	216	980	184	930	66	480
3	208	990	170	900	72	520
4	226	990	172	910	72	520
5	200	1000	172	900	76	540
6	196	930	174	900	76	530
7	190	980	166	870	78	540
8	220	1000	188	940	88	570
9	252	1100	192	950	104	570
A	202	975	136	790	48	410
B	162	890	98	680	52	440
C	246	1150	188	880	100	600

TABEL II. Chloride-gehalte (in mg/l) en geleidingsvermogen (mikrosiemens) in Amsterdam-Rijnkanaal en Vecht.

BIJLAGE III.

Mnstp.	11-12-1969	19-01-1970	23-02-1970
1	64	35	88
2	69	35	88
3	80	36	84
4	58	35	90
5	60	32	90
6	62	32	90
7	68	23	80
8	45	23	82
9	46	18	80
A	40	11	56
B	2	2	60
C	32	4	72

TABEL III. Zuurstof-verzadiging in het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht. (in procenten).

BIJLAGE IV.

Mnstp.	11-12-1969	19-01-1970	23-02-1970
1	2,7	2,6	4,0
2	2,8	2,6	4,1
3	9,0	4,6	5,2
4	6,2	4,0	4,7
5	5,2	5,4	5,0
6	5,2	4,7	5,0
7	4,8	4,5	5,1
8	4,6	3,8	5,1
9	4,1	3,7	4,9
A	2,4	2,1	5,3
B	2,3	1,9	4,7
C	0,3	1,2	4,8

TABEL IV. Temperatuur in het Amsterdam-Rijnkanaal en Vecht in ^{o}C.

BIJLAGE V (blad 0).

PLANKTONLIJST:

Amsterdam-Rijnkanaal (monsterplaatsen 1 t/m 9)
Vecht (" A t/m C)

De cijfers stellen percentages voor:
- in het Amsterdam-Rijnkanaal door telling van de eerste 100 aangetroffen organismen,
- in de Vecht door telling van de eerste 300 aangetroffen organismen.

Een + is aangeduid voor soorten, die na de bovengenoemde telling voor het eerst in het monster werden aangetroffen (Zie tekst blz. 13).

De letters in de eerste kolom zijn indicatiewaarden voor een bepaalde mate van saprobie volgens het systeem van SLADECEK (1963).