FYSISCH - CHEMISCHE SAMENSTELLING OPPERVLAKTE- EN GRONDWATER NOORDEN DES LANDS

W.C.P.M. Bots
P.C. Jansen
G.J. Noordewier

ICW regionale studies 13

FYSISCH-CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN OPPERVLAKTE- EN GRONDWATER IN HET NOORDEN DES LANDS

een studie in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands

W.C.P.M. Bots, P.C. Jansen en G.J. Noordewier

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen
1978

Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het Noorden des Lands; een studie in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands

W.C.P.M. Bots, P.C. Jansen en G.J. Noordewier

ERRATA:

blz. 37. tabel 22 chloridegehalte boring 17, lees: 22,5

blz. 59. tabel 41 klasse 3 ortho-P, lees: 0,1-0,25

In de reeks Regionale Studies, uitgegeven door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding te Wageningen, worden onderzoeksresultaten met regionale strekking op het gebied van waterhuishouding, waterkwaliteit, bodemtechniek en landinrichting gepubliceerd. De Studies betreffen onderzoek waarin het Instituut een meer of minder groot aandeel heeft gehad.

Layout, typewerk, kartografie en reprografie: ICW
Druk: Modern BV, Bennekom
Oplage: 1000 exemplaren; in 50 exemplaren verschenen als Deelrapport I van het milieu-onderzoek in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands
Uitgave: ICW, postbus 35, Wageningen
Prijs: *f* 25,-- bij vooruitbetaling op giro 817672 t.n.v. ICW, Wageningen onder vermelding van 'Integraal Structuurplan'

De Werkgroep binnen het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding bestond uit de volgende personen:

dr. P.E. Rijtema	hoofd van de hoofdafdeling Waterkwaliteit
ir. J.H.A.M. Steenvoorden	hoofd van de afdeling Waterkwaliteit Landbouwgebieden
ir. W.C.P.M. Bots	hoofd van de afdeling Milieukartering Noorden des Lands
ing. P.C. Jansen	afdeling Milieukartering Noorden des Lands
ing. G.J. Noordewier	afdeling Milieukartering Noorden des Lands

TEN GELEIDE

In het kader van de voorbereidingen van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands heeft de Stuurgroep, door de Minister van Economische Zaken belast met de opstelling van dit plan, opdracht gegeven tot een breed samengesteld milieuonderzoekproject. In zijn opzet sluit dit project zoveel mogelijk aan bij nationale en regionale studies, die destijds voorhanden of in ontwikkeling waren. Daarmee werd beoogd een brug te slaan tussen deze studies, zo verschillend van optiek en schaal, als ook de samenwerking tussen milieu-onderzoekinstituten daadwerkelijk te bevorderen. Het onderhavige rapport vormt een onderdeel van dit project.

Een woord van dank is hier op zijn plaats aan de begeleidingscommissie, de uitvoerende instituten, provinciale diensten en niet in de laatste plaats aan de veldonderzoekers en alle instellingen en particulieren, die hun medewerking hebben verleend.

Het wetenschappelijk gehalte van elk der milieustudies afzonderlijk is voor rekening van het verantwoordelijke onderzoekinstituut c.q. de onderzoekdienst. De begeleidingscommissie heeft o.m. de functie van intermediair en platform voor de uitwisseling van wetenschappelijke kritiek vervuld.

Ik hoop dat deze milieustudies kunnen bijdragen tot meer diepgaand voorbereide beleidsbeslissingen in het kader van de verdere ontwikkeling van het Noorden. Het is van belang dat het gebruik van de uitkomsten van deze studies met de vereiste zorgvuldigheid geschiedt. Het verdient daarom aanbeveling om waar nodig deskundigen te betrekken bij de interpretatie van het beschikbare studiemateriaal, zeker waar het gaat om basisgegevens die niet in de publicaties zijn opgenomen, maar beschikbaar zijn bij de onderzoekinstellingen en provinciale diensten.

DE VOORZITTER VAN DE STUURGROEP
INTEGRAAL STRUCTUURPLAN NOORDEN DES LANDS

(drs. S. Miedema)

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. SAMENSTELLING VAN WATER	3
2.1. Algemeen	3
2.2. Voedselrijkdom	4
2.3. Zuurstofhuishouding	6
2.4. Zoutgehalte	6
3. GEOLOGISCHE OPBOUW VAN HET GEBIED	7
3.1. Algemeen	7
3.2. Tertiaire afzettingen	7
3.3. Kwartaire afzettingen	8
4. HYDROLOGIE VAN HET GEBIED	11
4.1. Algemeen	11
4.2. Grondwaterstromingen	11
4.3. Kwel en infiltratie	12
4.4. Afwateringseenheden	12
4.5. Wateraanvoer	15
5. NIET-NATUURLIJKE INVLOEDEN IN HET GEBIED	19
5.1. Algemeen	19
5.2. Industrie	19
5.3. Bevolking	20
5.4. Landbouw	21
5.5. Recreatie	22
6. METHODE VAN ONDERZOEK	24
6.1. Inventarisatie	24
6.1.1. Diep grondwater	24
6.1.2. Oppervlaktewater	24
6.2. Aanvullend onderzoek	26
6.2.1. Ondiep grondwater	26
6.2.2. Oppervlaktewater	27
6.3. Verwerking van de gegevens	28
6.3.1. Diep grondwater	28
6.3.2. Ondiep grondwater	29
6.3.3. Oppervlaktewater	29
7. NEERSLAG	31
7.1. Algemeen	31
7.2. Fysisch-chemische samenstelling	31
8. GRONDWATER	32
8.1. Diep grondwater	32
8.1.1. Algemeen	32
8.1.2. Fysisch-chemische samenstelling	32
8.1.3. Doorsnede door het gebied	36
8.1.4. Conclusies	38
8.2. Ondiep grondwater	38
8.2.1. Algemeen	38
8.2.2. Fysisch-chemische samenstelling in natuurgebieden	38
8.2.3. Chemische samenstelling in landbouwgebieden	46
8.2.4. Conclusies	47
9. OPPERVLAKTEWATER	49
9.1. Fysisch-chemische samenstelling van het inlaatwater	49
9.2. Fysisch-chemische samenstelling van het oppervlaktewater	50
9.2.1. Algemeen	50

SAMENSTELLING BEGELEIDINGSCOMMISSIE MILIEU-ONDERZOEK INTEGRAAL STRUCTUURPLAN NOORDEN DES LANDS (ingesteld in mei 1975)

Voorzitter :	D. Huizinga, lid van Gedeputeerde Staten provincie Drenthe	
Secretariaat:	Rijksplanologische Dienst	
	drs. I. Vellema-Groet, tot 6-2-1976	
	drs. B.L. Polderman, van 6-2-1976 tot 31-1-1977	
	dr. J. van Donselaar, vanaf 1-2-1977	
Coördinatie :	Rijksinstituut voor Natuurbeheer	
	drs. J.H. Smittenberg, tot 6-2-1976	
	ir. A.L.J. Wijnhoven, vanaf 6-2-1976	
Leden :	drs. J.P. Bakker	Rijksuniversiteit Groningen, Laboratorium voor Plantenoecologie
	drs. F.J. Blaauw	vanaf 6-2-1976 Provinciale Planologische Dienst, Groningen
	ir. C. Bos	tot 1-11-1975 Provinciale Planologische Dienst, Friesland
	prof.ir. C. Bijkerk	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
	drs. P.D. Cnossen	tot 6-2-1976 Provinciale Waterstaat, Groningen
	drs. W.J.J. Colaris	Provinciale Planologische Dienst, Overijssel
	drs. D. Cools	Ministerie van Economische Zaken met als plaatsvervangers drs. H. Bos, tot 31-10-1977 en drs. A. Veenbrink, vanaf 1-11-1977
	dr. J. van Donselaar	vanaf 1-9-1975 Rijksplanologische Dienst
	ir. C.P. van Goor	Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw 'De Dorschkamp'
	drs. H.C. Greven	Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk
	drs. J.J. de Ruiter	Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
	ir. L.B. Rijtema	vanaf 1-4-1977 Ministerie van Landbouw en Visserij
	dr. P.E. Rijtema	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
	dr. G.J. Saaltink	vanaf 6-2-1976 Rijksinstituut voor Natuurbeheer
	ir. R.P.H.P. van der Schans	Stichting voor Bodemkartering met als plaatsvervanger ir. J.C. Pape
	ir. A.J.A.M. Segers	tot 31-3-1977 Ministerie van Landbouw en Visserij met als plaatsvervanger drs. F. van Wijland
	ir. T.H.J. Sleijffer	tot 6-2-1976 Provinciale Planologische Dienst, Groningen
	drs. J.C. Smittenberg	Provinciale Planologische Dienst, Drenthe
	drs. J.H. Smittenberg	Provinciale Planologische Dienst, Friesland (tot 31-10-1975 Rijksinstituut voor Natuurbeheer)
	ir. J.K.R. van den Wijngaard	Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw 'De Dorschkamp'

blz.

9.2.2. Chloride 50
9.2.3. Ionendiagram 52
9.2.4. Fosfaat 54
9.2.5. Stikstof 56
9.2.6. Zuurstofhuishouding 58
9.2.7. Gemiddelde kwaliteit 59
9.3. Fysisch-chemische samenstelling per bodemtype van het oppervlaktewater 60
9.3.1. Algemeen 60
9.3.2. Zeeklei 61
9.3.3. Klei-op-veen 65
9.3.4. Laagveen 70
9.3.5. Zand 77
9.3.6. Hoogveen 89

10. SLOTBESCHOUWING 95

10.1. Algemeen 95
10.2. Natuurlijke invloeden 95
10.3. Niet-natuurlijke invloeden 96
10.4. Samenstelling van het oppervlaktewater 97

LITERATUUR 100

BIJLAGE 1 104

1. INLEIDING

Het milieu-onderzoek, dat in het kader van de voorbereidingen van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands (ISP) is verricht, bestaat in hoofdzaak uit twee delen:

- het landsdelig onderzoek; een overzichtskartering op schaal 1 : 200 000 van het hele ISP-gebied en
- het regionaal onderzoek; een meer gedetailleerde kartering van een 15-tal deelgebieden op schaal 1 : 25 000.

Het Integraal Structuurplan Noorden des Lands, dat onder verantwoordelijkheid van de Stuurgroep wordt opgesteld, heeft tot doel een beleid voor het Noorden op langere termijn aan te geven, dat betrekking heeft op de sociaal-economische, de sociaal-culturele en de ruimtelijke ontwikkeling inclusief het milieu.

Het ISP-gebied omvat de provincies Friesland, Groningen, Drenthe en het noordwestelijk en noordoostelijk deel van Overijssel. De Waddeneilanden (voor zover behorend tot de provincies Groningen en Friesland), de Waddenzee en het IJsselmeer behoren ook tot het ISP-gebied, doch zijn in dit fysisch-chemisch wateronderzoek niet onderzocht.

Het landsdelig onderzoek is opgezet als een aanvulling op de werkzaamheden, die ten behoeve van de Landelijke Milieukartering werden uitgevoerd. Voor dit landsdelig onderzoek is door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) de fysisch-chemische samenstelling van het oppervlakte- en grondwater onderzocht. De overige aspecten, die ten behoeve van het landsdelige onderzoek werden onderzocht, zijn: de vegetatie (REIJNEN en DE BOER, 1978), de ornithologie (DE BOER en KEIJ, 1978) en de biologische aspecten van het water (VAN GIJSEN en CLAASSEN, 1978) onder de verantwoordelijkheid van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN) en de bossen (VAN DEN WIJNGAARD, 1978) onder de verantwoordelijkheid van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw 'De Dorschkamp' in samenwerking met de Stichting voor Bodemkartering (Stiboka).

Het doel van het fysisch-chemisch wateronderzoek is via een inventarisatie van bestaande gegevens en door middel van een eigen bemonstering de fysisch-chemische samenstelling van het water in het onderzoeksgebied te bepalen. Hierbij gaat het vooral om bovenlopen van beken, vennen, veenplassen en kleine waterlopen. Een tweede doelstelling is, ter beoordeling van de gevonden fysisch-chemische samenstelling van het oppervlaktewater, de samenstelling van het diepe grondwater en het ondiepe grondwater in de nabijheid van natuurgebieden te bepalen. Daar in hetzelfde gebied en in dezelfde periode het water zowel biologisch als fysisch-chemisch werd onderzocht, wordt in een afzonderlijke, door het RIN en ICW gezamenlijk verrichte deelstudie nagegaan in hoeverre de resultaten van het biologisch wateronderzoek aansluiten op de uitkomsten van het onderzoek naar de fysisch-chemische samenstelling van het oppervlaktewater (BOTS en VAN GIJSEN, 1978).

De uitvoering van het regionale onderzoek is opgedragen aan de Provinciale Planologische Diensten van de vorengenoemde provincies (SMITTENBERG e.a., 1978).

De onderlinge samenhang van de onderzochte componenten komt aan de orde in een samenvattend rapport van het landsdelig en regionaal onderzoek (WIJNHOVEN, REIJNEN en SMITTENBERG, 1978).

Om een zo goed mogelijke uitvoering van het project te bevorderen werd door de Stuurgroep in mei 1975 de Begeleidingscommissie voor het Milieuonderzoek·ISP in het leven geroepen. Deze was samengesteld uit vertegenwoordigers van de betrokken Provinciale Planologische Diensten, de aan het onderzoek deelnemende onderzoekinstitu-

ten, de Rijksuniversiteit Groningen, de Rijksplanologische Dienst en de ministeries van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk, Economische Zaken, Landbouw en Visserij en het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. Voor de samenstelling van de Begeleidingscommissie wordt verwezen naar de opgave aan het begin van dit rapport.

De coördinatie van het gehele milieu-onderzoeksproject berustte bij het RIN.

Voor de bestudering van de waterkwaliteit is het noodzakelijk de factoren te kennen, die de samenstelling van oppervlaktewater bepalen. Hierbij is de 'voorgeschiedenis' van het water, onder andere als gevolg van de waterbeweging zowel boven- als ondergronds, van groot belang. In Fig. 1 is de kringloop van het water geschetst.

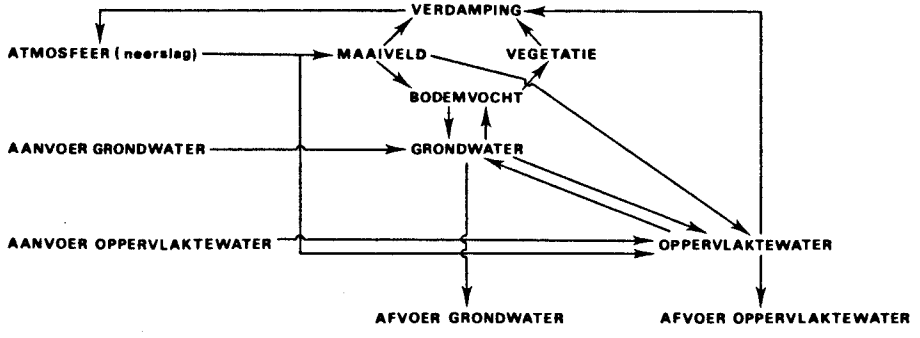


Fig. 1. Kringloop van het water

Het grootste gedeelte van het neerslagoverschot (neerslag - verdamping) infiltreert in de grond en komt via een kortere of langere weg tot afstroming in het oppervlaktewater.

De factoren, die de natuurlijke samenstelling van het oppervlaktewater bepalen, zijn:

- fysisch-chemische samenstelling van de neerslag
- fysisch-chemische samenstelling van de bodem
- fysisch-chemische samenstelling van het diepe grondwater
- biologische, fysische en chemische processen in grond- en oppervlaktewater

Naast de voornoemde factoren is er de menselijke factor, die in sommige gevallen direct of indirect het water van zijn oorspronkelijke samenstelling kan doen verschillen.

In dit rapport wordt verslag uitgebracht over het verrichte onderzoek.

In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de funkties van water, het funktieverlies en de meting van funktieverlies.

De geologische opbouw van het te onderzoeken gebied wordt in hoofdstuk 3 beknopt besproken. In hoofdstuk 4 wordt wat betreft het grondwater de grondwaterstroming, kwel en infiltratie behandeld. Van het oppervlaktewater worden de afstroomeenheden, waterafvoer en watervoorziening besproken. In hoofdstuk 5 worden beknopt de niet-natuurlijke invloeden in het gebied belicht.

In hoofdstuk 6 wordt de methode van onderzoek behandeld. Dit hoofdstuk valt uiteen in inventarisatie, aanvullend onderzoek en verwerking van de gegevens.

In de hoofdstukken 7 en 8 wordt de fysisch-chemische samenstelling besproken van het water van de verschillende natuurlijke bron-

nen, waarmee het oppervlaktewater mogelijk wordt belast. Hierbij gaat het om regenwater, diep en ondiep grondwater. In hoofdstuk 9 wordt uitvoerig de samenstelling van het oppervlaktewater gegeven. Allereerst gebeurt dit aan de hand van overzichtskaarten van het gehele gebied, daarna wordt het oppervlaktewater per bodemtype (zeeklei, klei-op-veen, laagveen, zand en hoogveen) besproken.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 10 de mogelijk te verwachten natuurlijke belasting op het oppervlaktewater vergeleken met de huidige samenstelling van het oppervlaktewater.

2. SAMENSTELLING VAN WATER

2.1. ALGEMEEN

Water is, afhankelijk van zijn samenstelling, geschikt voor een of meerdere funkties. De volgende funkties kunnen voor oppervlaktewater worden onderscheiden:

- het aquatisch leven
- de drinkwatervoorziening
- de recreatie
- de landbouw
- de visteelt
- de industrie

Het zal duidelijk zijn dat bijvoorbeeld zout water voor de landbouw een zeer geringe betekenis heeft. Niet elk water is voor iedere funktie geschikt; van nature zijn er verschillen in samenstelling.

Door menselijk toedoen is de samenstelling van een aantal wateren zodanig veranderd dat het water niet of minder geschikt is voor sommige funkties waarvoor het in zijn oorspronkelijke toestand kon dienen. De Rijn bijvoorbeeld, waar in 1900 nog volop zalm gevangen werd en dus een funktie als viswater had, heeft in de loop der jaren deze funktie ten gevolge van de toenemende vervuiling verloren. Vooral sinds het midden van de 19e eeuw is de kwaliteit van het water door de toenemende industrialisatie in steeds sneller tempo verslechterd. Tabel 1 laat zien hoe de samenstelling van de Rijn in de laatste honderd jaar is veranderd (MOLT, 1961).

De verandering in fysisch-chemische samenstelling van water als gevolg van menselijke activiteiten komt tot uiting in een toename van de voedselrijkdom, een verslechtering van de zuurstofhuishouding, een toename van het zoutgehalte en een toename van de concentraties

Tabel 1. Samenstelling van de Rijn in de jaren 1870, 1930 en 1970 (jaargemiddelden in mg per liter)

	1870	1930	1970
Chloride	12	60	160
Sulfaat	35	42	76
Bicarbonaat	160	161	158
Calcium	50	63	76
Magnesium	10	10	12
Natrium	5	26	75
Kalium	5	5 à 10	5 à 10
Ammonium (anorg.)-N	0	0,2	1,2
Nitraat-N	0,2 à 0,5	0,7	2,8

aan zware metalen, pesticiden en radio-aktiviteit. In deze studie is geen onderzoek gedaan naar de gehalten aan zware metalen, pesticiden en radio-aktiviteit. Dit aspect van de waterverontreiniging blijft dan ook buiten beschouwing.

De mate van funktieverlies als gevolg van menselijke beïnvloeding kan alleen worden bepaald, wanneer de huidige situatie wordt vergeleken met de situatie zonder menselijk ingrijpen. In Nederland zijn weinig of geen wateren te vinden die geheel natuurlijk zijn; alleen enkele afgesloten wateren op het zand- en het niet afgegraven hoogveengebied zullen de natuurlijke samenstelling van het water benaderen.

Zoals in de inleiding is vermeld heeft naast de neerslag de bodem en in sommige gebieden het diepe grondwater grote invloed op de samenstelling van het oppervlaktewater. Door na te gaan wat de samenstelling is van het diepe grondwater en het ondiepe grondwater in natuurgebieden wordt een indruk over de natuurlijke belasting van het oppervlaktewater verkregen.

2.2. VOEDSELRIJKDOM

Watersystemen met een hoge primaire produktie (hoeveelheid door groene planten geproduceerde organische stof per tijdseenheid) worden voedselrijk of eutroof genoemd; water met een lage primaire produktie noemt men oligotroof of voedselarm (ELSTER, 1958). De overgang van oligotroof naar eutroof wordt aangeduid als mesotroof.

Voor de trofiegraad zijn de stoffen belangrijk, die maatgevend zijn voor het niveau van de primaire produktie. Deze stoffen zijn in het algemeen: fosfaat en stikstof. Koolstof, silicium, vitaminen, groeistoffen en eenvoudige organische verbindingen bepalen vooral in Nederland niet zo sterk als fosfaat en stikstof het niveau van de primaire produktie (VOLLENWEIDER, 1968; GOLTERMAN, 1970; CBS, 1972).

F o s f a a t. In stollingsgesteenten is fosfaat grotendeels geconcentreerd in apatiet ($Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6$). Door middel van verwering en erosie kan fosfaat als natuurlijk bestanddeel in het water terecht komen. Vanaf het ontstaan van de aarde, enige honderden millioenen jaren geleden, is per liter zeewater ongeveer 500 mg P door erosie opgelost. Aangezien de zee slechts ongeveer 0,05 mg P/l bevat moeten de mariene sedimenten aanzienlijke hoeveelheden fosfaat bevatten GOLTERMAN, 1973). Dit wordt bevestigd door SALOMONS en SISSING (1976), die in het poriënwater van mariene sedimenten fosfaatgehalten vaststelden, die de gehalten in het oppervlaktewater met het 600-voudige overtroffen.

Voor de primaire produktie is de opneembaarheid van fosfaat van belang. In water zijn drie fosfaatfracties te onderscheiden (OLSEN,

1967):

- orthofosfaat
- hydrolyseerbaar-fosfaat
- organisch-gebonden fosfor

De som van orthofosfaat, hydrolyseerbaar-fosfaat en organisch-gebonden fosfor is totaal-fosfaat. De orthofosfaat in een watermonster, dat gefiltreerd is over een membraanfilter van ongeveer 0,5 µm, wordt beschouwd als opneembaar voor micro-organismen.

Op grond van onderzoek van vooral Zwitserse (diepe) meren komt VOLLENWEIDER (1968) tot de volgende trofieklassen met de daarbij behorende fosfaat- en stikstofgehalten (Tabel 2).

Tabel 2. Totaal fosfaat- en anorganisch stikstofgehalten van een vijftal trofieklassen (VOLLENWEIDER, 1968)

	Totaal-fosfaat mg P/l	Anorganisch-stikstof mg N/l
Ultra-oligotroof	<0,005	<0,2
Oligo-mesotroof	0,005-0,01	0,2-0,4
Meso-eutroof	0,01 -0,03	0,3-0,65
Eu-polytroof	0,03 -0,1	0,5-1,5
Polytroof	>0,1	>1,5

Tevens vond hij dat met een fosfaatbelasting van 0,2 - 0,5 g totaal-P/m^2.jaar de grens tussen oligotrofe en eutrofe wateren bereikt wordt; bij minder diepe meren ligt deze grens lager. Onder Nederlandse omstandigheden ligt de grens tussen oligotroof en eutroof volgens LEENTVAAR (1970) bij een gehalte van 0,03 mg orthofosfaat (mg P/l) in het voorjaar.

Het kan voorkomen dat er massale algengroei optreedt, terwijl het orthofosfaatgehalte laag is. Dit kan het gevolg zijn van twee oorzaken, namelijk:

- de algen hebben een reservevoorraad fosfaat opgeslagen;
- door een hoge 'turn-over' is er een snel transport van fosfaat uit het afgestorven materiaal naar de levende cellen.

S t i k s t o f. Stikstof komt als N_2 in grote hoeveelheden voor in de atmosfeer. Door middel van bepaalde bacteriën, die N_2 kunnen binden, komt de stikstof in de bodem. Via chemische en biochemische reakties in plant, bodemorganismen en bodem komt stikstof in vele soorten verbindingen voor. In het water komen de volgende stikstoffracties voor:

- nitraat
- nitriet
- anorganisch ammonium
- organisch-stikstof

Hierbij geldt dat de som van anorganisch ammonium- en organisch-stikstof gelijk is aan de Kjeldahl-stikstof en dat onder totaal-stikstof de som van nitraat-, nitriet- en Kjeldahl-stikstof wordt verstaan. De direkt voor algen opneembare fractie is de som van nitraat-, nitriet- en anorganisch ammonium-stikstof (de minerale stikstof). In water zijn enige soorten blauwalgen in staat de stikstof direct uit de lucht te binden; de meeste waterorganismen hebben deze eigenschap echter niet.

Evenals voor fosfaat heeft VOLLENWEIDER (1968) ook voor stikstof een indeling in trofieklassen gemaakt (Tabel 2). De grens tus-

sen oligotroof en eutroof ligt volgens Vollenweider bij een belasting van 5 - 10 g totaal-N/m^2.jaar.

Een toename van voedingsstoffen geeft een grotere primaire produktie, hetgeen aan de algenbloei in het water is waar te nemen. Aangezien algen overdag zuurstof produceren (photosynthese) en 's nachts zuurstof verbruiken (ademhaling) kunnen er op een dag zeer grote verschillen optreden tussen de zuurstofgehalten. Bij massale algensterfte wordt het water met een aanzienlijke hoeveelheid organische stof belast (zie zuurstofhuishouding).

2.3. ZUURSTOFHUISHOUDING

Afhankelijk van de temperatuur en het zoutgehalte is er een hoeveelheid zuurstof opgelost in water. Zuurstof is een noodzakelijke levensbehoefte voor het aquatisch leven. De zuurstof, die door waterorganismen wordt verbruikt (ademhaling), wordt behalve via de eventuele fotosynthese ook aangevuld via diffusie met zuurstof uit de lucht, zodanig dat er een evenwicht ontstaat tussen zuurstofverbruik en zuurstofaanvulling. De combinatie van zuurstofverbruik en zuurstofproduktie door organismen en zuurstofaflevering vanuit de lucht heet de zuurstofhuishouding.

Belasting van water met organische stof, bijvoorbeeld huishoudelijk afvalwater of afgestorven algen, zal een aanslag doen op de zuurstofvoorraad omdat de micro-organismen extra zuurstof nodig hebben om naast de endogene ademhaling het aangeboden substraat te verademen. Indien de zuurstof niet snel genoeg vanuit de lucht in het water kan diffunderen, zal er een zuurstoftekort optreden, hetgeen tot zuurstofloosheid van het water en vissterfte kan leiden. Bij een dergelijk water is sprake van een verstoorde zuurstofhuishouding.

In Nederland is het gebruikelijk de zuurstofhuishouding van een water aan de hand van drie parameters te karakteriseren, namelijk: het zuurstofverzadigingspercentage, het biochemisch zuurstofverbruik en het anorganisch ammoniumgehalte (MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1975).

2.4. ZOUTGEHALTE

Het zoutgehalte van een water (de totale hoeveelheid opgeloste anorganische stoffen) is nauw gecorreleerd met het elektrisch geleidingsvermogen (TOUSSAINT, 1972). De ionen Cl^-, HCO_3^-, SO_4^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ en K^+ bepalen in belangrijke mate het zoutgehalte van een water. Deze ionen worden gerekend tot de 'major elements'; zij kunnen in het oppervlaktewater voorkomen in concentraties van enige tot duizenden milligrammen per liter. Stikstof en fosfaat worden daarentegen gerekend tot de 'minor elements', zij komen in veel geringere hoeveelheden voor (zie bijvoorbeeld de gehalten in Tabel 2) (GOLTERMAN, 1975).

Van nature kunnen wateren verschillen in zoutgehalte en onderlinge verhouding van de ionen. Als gevolg van mariene invloeden in het verleden kunnen het chloride- en natriumgehalte van sommige wateren op een hoog niveau liggen, wat gepaard gaat met een hoog elektrisch geleidingsvermogen (EGV); op het zandgebied worden overwegend wateren met een relatief hoog calcium- en bicarbonaatgehalte en een laag EGV aangetroffen. Vooral bij van nature lage gehalten zal een verhoging van een of meerdere ionen ten gevolge van vervuiling opvallen. Met name chloride is onder die omstandigheden een belangrijke indikator voor menselijke vervuiling, daar het chloride-ion in zeer geringe mate deelneemt aan de biochemische processen en dus bijna niet opgenomen of omgezet wordt.

Voor de indeling van water op basis van de chemische samenstelling in watertypen kan gebruik worden gemaakt van Stiff-diagrammen (HEM, 1959). Stiff-diagrammen zijn diagrammen waarin de ionen Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ en K^+ op een bepaalde manier zijn gerangschikt. Wateren van één watertype hebben gelijkvormige ionendiagrammen.

3. GEOLOGISCHE OPBOUW VAN HET GEBIED

3.1. ALGEMEEN

De samenstelling van het diepere grondwater wordt in belangrijke mate bepaald door de aard van de sedimenten en de omstandigheden waaronder ze zijn afgezet. Aangezien het grondwater deel uitmaakt van het hydrologisch systeem is het belangrijk te weten waaruit de ondergrond van het noorden is opgebouwd. In dit hoofdstuk zal in het kort deze opbouw worden besproken (ZAGWIJN en VAN STAALDUINEN, 1975; JELGERSMA, 1976).

3.2. TERTIAIRE AFZETTINGEN

De top van het Tertiair is in Fig. 2 in kaart gebracht. De tertiaire afzettingen liggen in het westelijk deel van het onderzoeksgebied dieper dan 100 m. Bij Harlingen komen tertiaire afzettingen

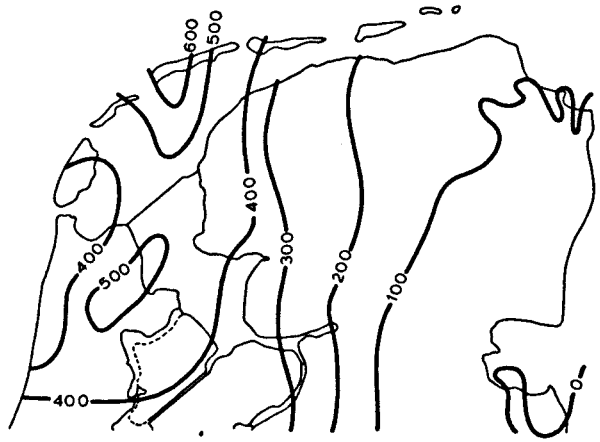


Fig. 2. Diepteligging van de onderkant van de kwartaire afzettingen in Noord-Nederland in m -NAP (naar Jelgersma, 1976)

eerst voor op meer dan 400 m diepte. In het oostelijk deel liggen deze afzettingen minder diep; in het onderzoeksgebied komen de tertiaire afzettingen tot maximaal ongeveer 50 m -maaiveld voor.

3.3. KWARTAIRE AFZETTINGEN (voor de rangschikking van de vermelde formaties, zie Tabel 3)

Boven de tertiaire afzettingen bevinden zich de kwartaire afzettingen. In het gehele onderzoeksgebied komen deze afzettingen aan de oppervlakte. Het Kwartair wordt onderverdeeld in het Pleistoceen van 1 000 000 tot 10 000 jaar geleden en het Holoceen van 10 000 tot heden. Een kaart laat zien waar de Holocene en Pleistocene afzettingen aan de oppervlakte komen en op welke diepte de basis van het Holoceen zich bevindt (Fig. 3). De dikte van het kwartaire afzettingspakket neemt in westelijke richting toe van circa 50 m tot meer dan 400 m.

Tabel 3. Boven-tertiaire en kwartaire formaties, gerangschikt naar ouderdom en genese (naar Zagwijn en Van Staalduinen, 1975)

Legenda

E = eolische afzettingen
P = periglaciale afzettingen
B = beekafzettingen
V = veen
R = Rijn
M = Maas
O = oostelijke noordduitse rivieren en voorlopers

* koude tijd
** complexe eenheid bestaande uit tenminste 4 warme en 3 koude tijden
***nog onbenoemd, voorlopig bij Formatie van Urk

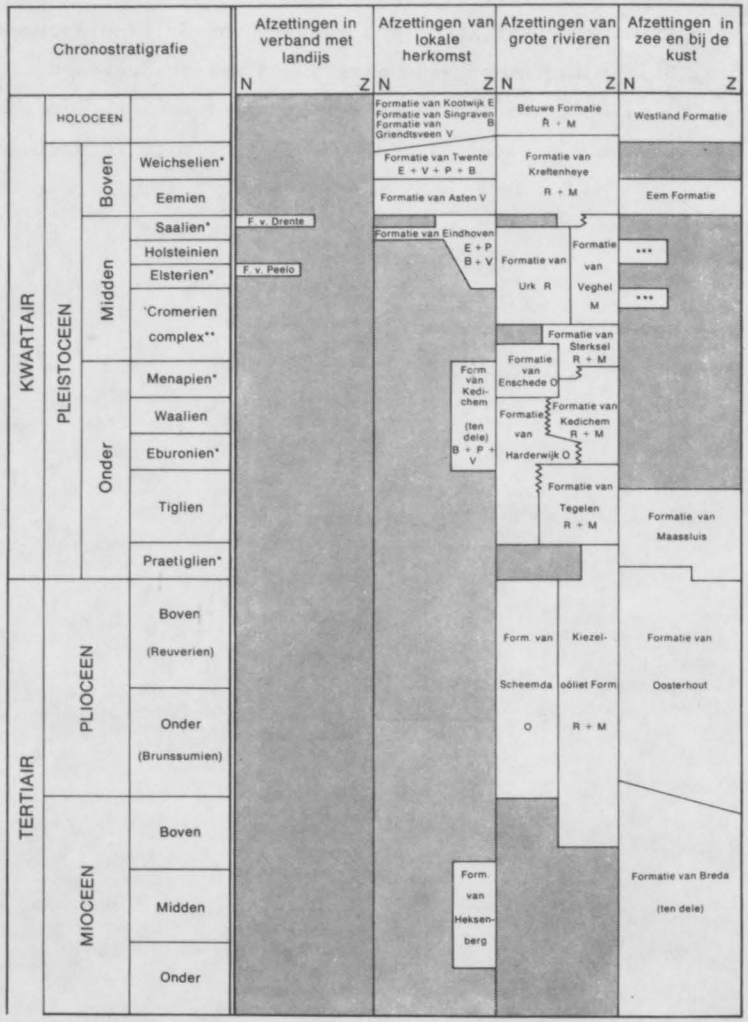


Fig. 3. Overzicht van de verbreiding van het Holoceen en het Pleistoceen in het onderzochte gebied en de diepteligging van de bovenkant van Pleistocene afzettingen in m -NAP (naar Zagwijn en Van Staalduinen, 1975)

P l e i s t o c e e n. De Pleistocene afzettingen zijn onder te verdelen in:

- afzettingen van de grote rivieren (fluviatiele afzettingen)
- afzettingen van het landijs (glaciale afzettingen)
- afzettingen in het zee- en kustgebied (mariene afzettingen)
- afzettingen van lokale oorsprong

Het Pleistoceen werd gekenmerkt door een afwisseling van koude en warme perioden (glacialen en interglacialen). In de koude perioden trok de zee zich terug waarna rivierafzettingen van zuidelijke (Rijn en Maas) en oostelijke (Weser en Elbe) herkomst het Nederlandse bekken opvulden. In het noorden behoren deze dikke Pleistocene rivierafzettingen tot de Formaties van Harderwijk, Enschede, Urk en Kreftenheye, waarbij de twee eerstgenoemde formaties zijn afgezet door rivieren van oostelijke herkomst en de twee laatstgenoemde door de Rijn en de Maas.

Gedurende 2 van de 6 ijstijden zijn er in Nederland glaciale afzettingen ontstaan. In het vierde glaciaal zijn in Noord-Nederland dikke lagen klei (potklei) in geulen en bekkens afgezet. Deze afzetting wordt de Formatie van Peelo genoemd. Gedurende de voorlaatste ijstijd is over grote oppervlakten de Formatie van Drenthe in de vorm van keileem afgezet. Plaatselijk kan de keileem in het noorden nog aan of dicht onder het oppervlak worden aangetroffen.

In de interglacialen, toen de zeespiegel ongeveer 120 m hoger lag dan in het glaciaal, zijn mariene afzettingen ontstaan. De Eemformatie is in het noorden afgezet in de periode tussen de voorlaatste en de laatste ijstijd.

De afzettingen van de formaties van lokale oorsprong zijn opgebouwd uit materiaal van lokale herkomst en hangen wat hun ontstaanswijze betreft direkt samen met de zeer koude omstandigheden van de laatste ijstijden. De Formaties van Twente en Eindhoven zijn complexe formaties waarin eolische, fluvioperiglaciale, helling en residuaire afzettingen voorkomen. De in het noorden weinig verbreide Formatie van Asten bestaat overwegend uit veen en ligt tussen de Formatie van Eindhoven en Twente.

H o l o c e e n. Het Holoceen dat ongeveer 10 000 jaar geleden is begonnen, wordt gekenmerkt door afwisselende regressie en transgressieperioden van de zee. Gedurende de transgressieperioden ontstonden er mariene afzettingen (zeeklei). Tevens trad door stijging van de grondwaterspiegel veenvorming op. De Holocene mariene transgressies

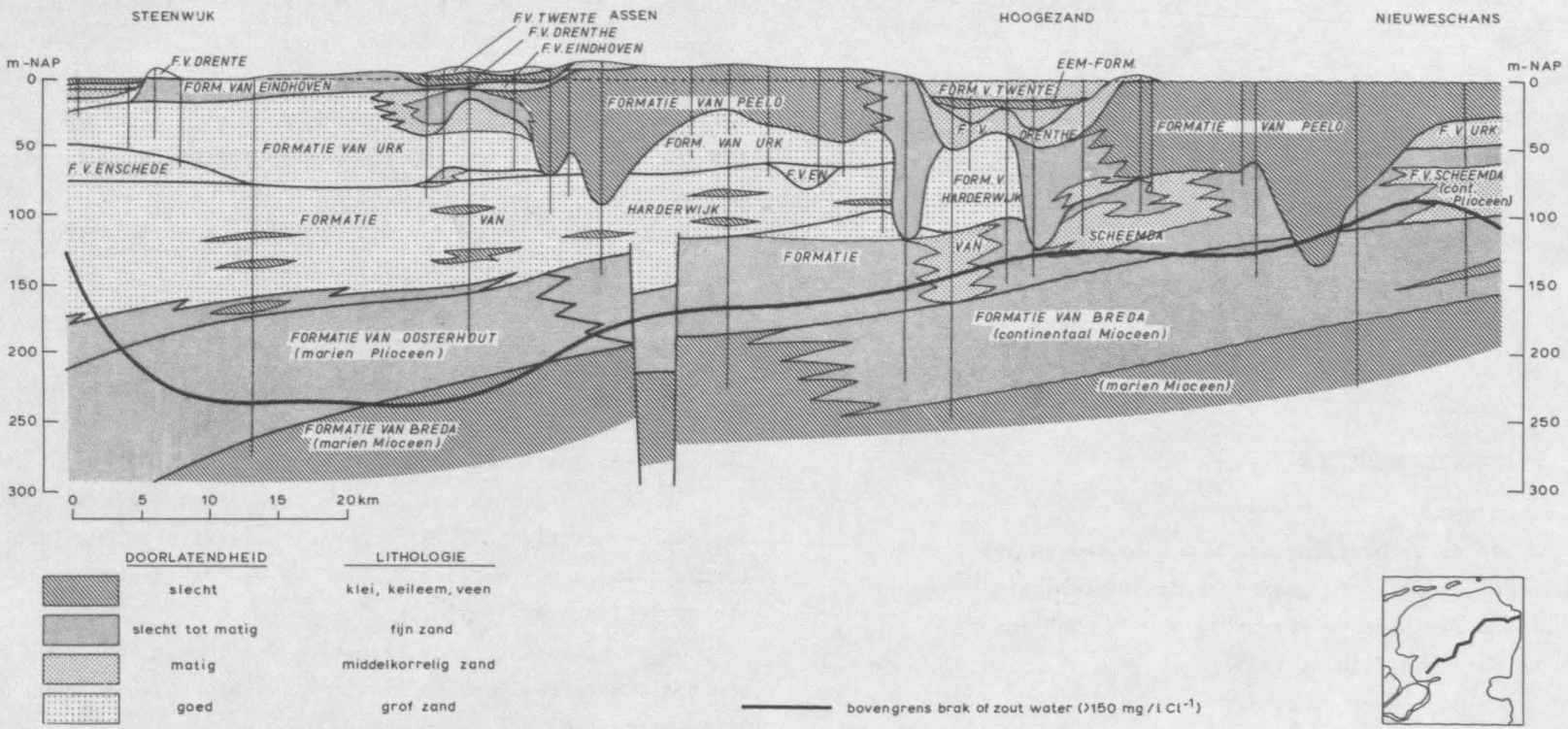


Fig. 4. Geologische dwarsdoorsnede door Noord-Nederland (naar Jelgersma, 1976)

zijn ook verantwoordelijk voor de verzilting van een belangrijk gedeelte van het grondwater in het noorden. In gebieden waar de zee niet kon komen, zijn gedurende het Holoceen nog stuifzand-, beek- en hoogveenafzettingen ontstaan.

Voor de dikte en diepteligging van de afzettingen uit het Pleistoceen en Holoceen wordt verwezen naar de dwarsdoorsnede door het onderzochte gebied (Fig. 4). In het profiel is te zien hoe naar het oosten tertiaire afzettingen dichter aan het oppervlak komen te liggen. In het westelijk deel komen dikke pakketten fluviatiele afzettingen voor.

4. HYDROLOGIE VAN HET GEBIED

4.1. ALGEMEEN

De samenstelling van het oppervlaktewater is voor een deel afhankelijk van de waterbeweging, zowel boven- als ondergronds. In dit hoofdstuk wordt ten aanzien van het grondwater, de grondwaterstromingen, de kwel en de infiltratie besproken. Van het oppervlaktewater worden de afstroomeenheden, de waterafvoer en de watervoorziening behandeld.

4.2. GRONDWATERSTROMINGEN

Het grondwater kan worden verdeeld in twee groepen: het freatisch grondwater en het diepe grondwater. Onder freatisch grondwater wordt dat grondwater verstaan, dat zich het dichtst bij het maaiveld in de grond bevindt. Met het diepe grondwater wordt hier bedoeld het water in een watervoerend pakket, dat van boven door een slecht doorlatende laag wordt afgesloten. In dit geval kunnen meerdere watervoerende pakketten worden onderscheiden. Elk watervoerend pakket bestaat uit een vrij goed waterdoorlatende laag, afgesloten door minder goed waterdoorlatende lagen.

In het onderzochte gebied neemt de totale dikte van de watervoerende pakketten in westelijke richting toe. In zuidoost Groningen is de dikte hoogstens 25 m, in Drenthe gewoonlijk 20 tot 50 m, terwijl in zuidoost Friesland dikten van 50 tot 100 m gebruikelijk zijn (VEWIN, 1970).

Dat deel van het neerslagoverschot dat hierin infiltreert, stroomt onder invloed van een natuurlijk of kunstmatig (veroorzaakt door oppompen) verval af. Door nu de stijghoogte van dit diepe grondwater te meten, is het mogelijk lijnen te trekken met gelijke stijghoogten, zogenaamde isohypsen van het diepe grondwater (zie de kaart met isohypsen van het diepe grondwater). De stijghoogten zijn gecorrigeerd voor het zoutgehalte. De stromingsrichting van het diepe grondwater is steeds loodrecht op de isohypsen en is van hoog naar laag gericht. De kaarten, die gebruikt zijn om deze isohypsenkaart van het diepe grondwater samen te stellen, zijn aan de hand van metingen rond eind april tot stand gekomen. In principe bevinden de diepe grondwaterstanden zich eind april halfweg tussen de winter- en zomerstanden. Op de kaart zijn de stijghoogtelijnen (isohypsen) om de meter weergegeven. Hoewel er van jaar tot jaar enige afwijking in de gemiddelde stijghoogte kan optreden, geeft dit geen aanleiding tot een wijziging van het op deze wijze verkregen beeld van de grondwaterstroming. Voor deze samengestelde kaart zijn zo recent mogelijke gegevens gebruikt van: het RID (1976), RIJKSWATERSTAAT (1974), DIENST GRONDWATERVERKENNING TNO (1970), VEWIN (1970) en de WERKGROEP HYDROLOGISCH ONDERZOEK OVERIJSSEL (1973).

Via natuurlijke afstroming naar beken, kwel of opmaling komt het grondwater elders, vaak tientallen kilometers verder weer aan de oppervlakte, waarmee gelijk het belang van de kwaliteit van dit water voor die van het oppervlaktewater is aangeduid.

Als maat voor de stromingsmogelijkheid van het grondwater wordt het doorlaatvermogen van pakketten gebruikt, uitgedrukt in m^2/etm., dit is de kD-waarde. Voor het bovenste watervoerende pakket bedraagt de kD-waarde 2000 - 4000 m^2/etm. en soms het dubbele (VEWIN, 1970). De verplaatsingssnelheid van het water zelf in deze laag is erg gering. Bij een veel voorkomend verhang van 1 m per 2 km, een kD-waarde van 3000 m^2/etm. en een dikte van het pakket van 50 m is de verplaatsingssnelheid bijvoorbeeld circa 11 m/jaar.

Uit het isohypsenbeeld van de Isohypsenkaart blijkt dat Drenthe nagenoeg geen voeding ontvangt uit omringende gebieden. Er zijn ook

geen grote rivieren die water aanvoeren. De hoogste standen van het diepe grondwater zijn te vinden in de buurt van Schoonoord. Van daaruit stroomt het diepe grondwater naar de omringende gebieden af. De ondergrondse afstroming vanuit Drenthe bedraagt 15% van de hoeveelheid neerslag; dit is circa 160 x 10^6 m^3/jaar (RID, 1976). Deze hoeveelheid vormt slechts een deel van de aanvulling van het diepe grondwater van de omringende gebieden. Ook hier is het meeste water afkomstig via infiltratie van natuurlijke neerslag.

De trechtervormen in het diepe grondwater bijvoorbeeld bij Bergum en Emmen zijn het gevolg van grote grondwateronttrekkingen. Over het algemeen is het verhang van het diepe grondwater gering. Slechts op een paar plaatsen, onder andere aan de noord- en oostzijde van de Hondsrug, wordt een gradiënt bereikt van meer dan 1 m per km.

4.3. KWEL EN INFILTRATIE

Uit isohypsenkaarten van diep en ondiep grondwater is na te gaan of de potentiaal van het diepe grondwater (h_d) hoger of lager is dan die van het ondiepe grondwater (h_o). Is het verschil h_d-h_o negatief, dan hebben we te maken met een potentieel infiltratiegebied; dit wil zeggen dat het gebied ondergronds water verliest. Is het verschil positief, dan spreekt men van een potentieel kwelgebied, dit wil zeggen dat grondwater van elders wordt aangevoerd. De verschillen zeggen echter nog niets over de grootte van kwel of infiltratie. De vertikale weerstand van de tussenlaag speelt namelijk ook een belangrijke rol. Deze weerstand kan alleen worden afgeleid uit waterbalansen of bepaald met behulp van boringen en metingen. Gegevens over deze laag in het onderzochte gebied zijn bijna niet beschikbaar. Vast staat wel dat in kwelgebieden de kwel zelden de 1 mm/etm. zal bereiken. Meestal blijft het in de orde van grootte van enkele tienden van millimeters per dag.

Op de Kwel- en Infiltratiekaart geeft het 'blauwe' gebied aan waar een positief potentiaalverschil bestaat tussen het diepe en ondiepe grondwater. De meeste van deze kwelgebiedjes liggen wat hoogteligging betreft wat lager dan hun omgeving. Als duidelijke kwelgebieden springen naar voren het gebied rond Staveren en het gebied direkt ten oosten van de Hondsrug. De 'grijze' gebieden zijn infiltratiegebieden. Het potentiaalverschil tussen het diepe en ondiepe grondwater is hier negatief. Binnen de grens van de stijghoogtebepalingen zijn de gegevens afkomstig van het RID (1976) en de DIENST GRONDWATERVERKENNING TNO (1970).

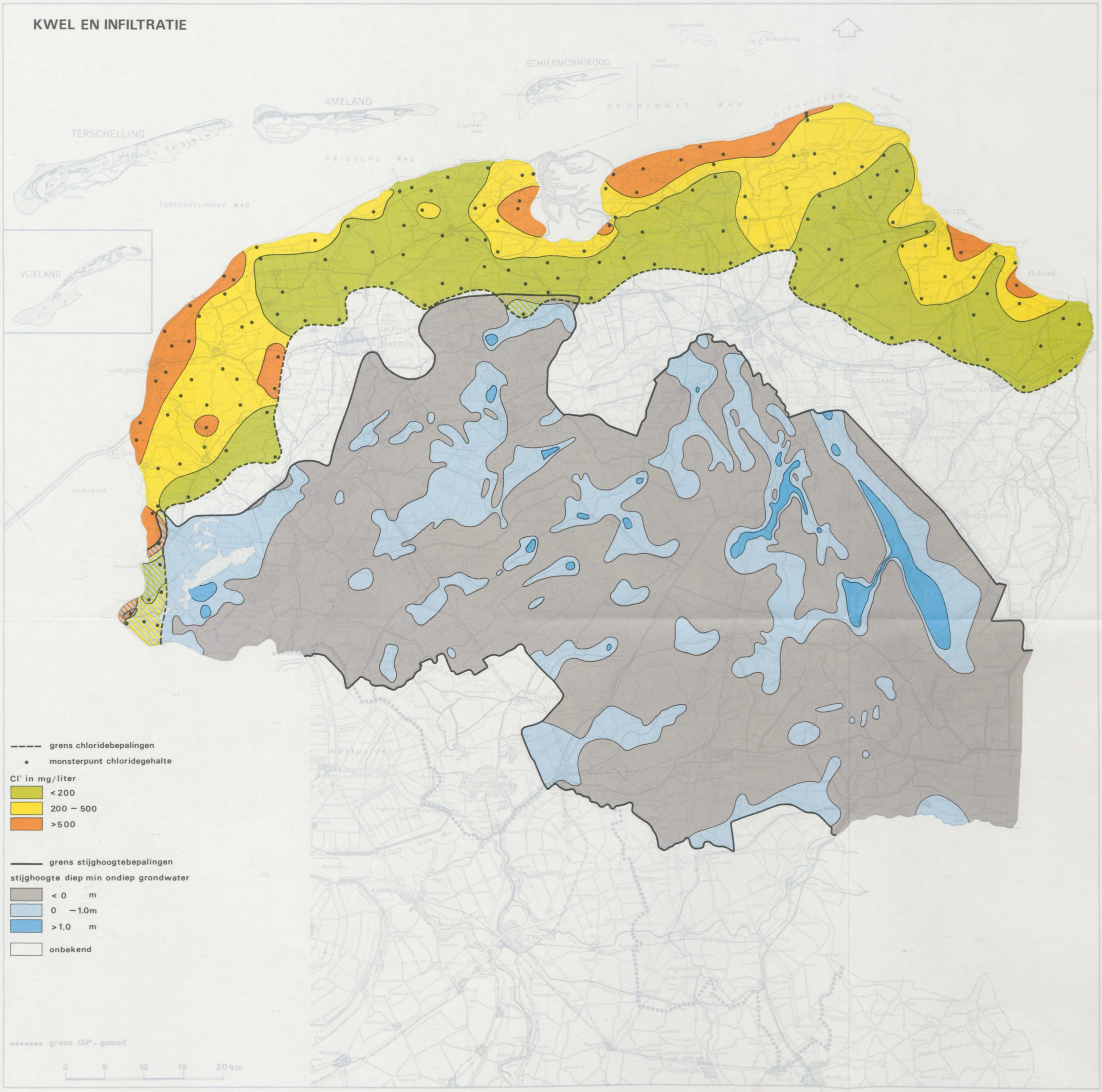
Door het bepalen van het chloridegehalte van een groot aantal wateren, merendeels poldersloten, is gepoogd een indruk te krijgen van de mate van zoute kwel. Deze methode is uiteraard alleen daar bruikbaar waar zoute kwel kan optreden. Voor het onderzochte gebied is dat dus de strook langs de kust (zie de Kwel- en Infiltratiekaart). Aan de bepaalde chloridegehalten moet geen absolute waarde worden gehecht. De bemonstering van deze punten heeft slechts éénmaal plaatsgehad, namelijk op 8, 9 en 10 februari 1977. Doordat van een tiental punten wel een jaar lang om de twee maanden het chloridegehalte is bepaald, is er een vergelijking mogelijk. Het blijkt dat de minimale winterwaarden van de punten uit de regelmatige bemonstering duidelijk overeenkomen met de waarden van deze punten uit de éénmalige bemonstering. De gemiddelde winterwaarden liggen een faktor 1,5 à 2 hoger.

4.4. DE AFWATERINGSEENHEDEN

Een afwateringseenheid is een gebied, dat één of meer lozingspun-

ISOHYPSEN
diep grondwater

KWEL EN INFILTRATIE



ten op open water heeft. Open water wil hier zeggen: de grote rivieren, het IJsselmeer en de open zee. In het onderzochte gebied zijn binnen de hoofdwaterkering van het vasteland in totaal een veertigtal afwateringseenheden te vinden. Op de Afwateringseenhedenkaart staan deze eenheden weergegeven. Enkele opmerkelijke punten worden hieronder, per eenheid, besproken. De wateraanvoer is vaak niet aan deze eenheden gebonden en zal in par. 4.5 worden behandeld. Voor de in de tekst genoemde namen wordt verwezen naar de Afwateringseenhedenkaart.

F r i e s l a n d s b o e z e m is de grootste bemalingseenheid van Nederland. De oppervlakte bedraagt 305 000 ha. De belangrijkste wateren zijn te verdelen in:

- de wateren die tezamen de boezem vormen. De oppervlakte bedraagt 14 000 ha. Hiervan wordt 3/4 gedeelte ingenomen door de grote meren;
- de overige wateren, die door kunstwerken van de boezem gescheiden zijn, maar hier wel direkt of indirekt op lozen.

Het boezemwater kan via twee gemalen (bij Staveren en Lemmer) op het IJsselmeer geloosd worden en verder via drie sluizen: bij Harlingen op de Waddenzee en bij Engwierum en Zoutkamp op het Lauwersmeer. Van deze laatste drie mogelijkheden wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt, niet alleen vanwege de kosten, maar vooral ook om het zoute kwelwater zo snel mogelijk af te voeren.

H e t L a u w e r s m e e r is aan het einde van de jaren zestig na de afsluiting van de Lauwerszee ontstaan uit vijf zelfstandige afstroomeenheden. De totale oppervlakte is 122 000 ha. Van de voormalige Lauwerszee is 1400 ha ingepolderd. Het overgebleven water, het Lauwersmeer, is een bergboezem. Als door ongunstige omstandigheden bij Lauwersoog niet geloosd kan worden, wordt het overtollige water van de 'oude' eenheden en eventueel een deel van het Friese boezemwater hier opgeborgen.

E e m s k a n a a l. De oppervlakte van deze afwateringseenheid is 59 500 ha. Het grootste deel van deze eenheid bestaat uit het stroomgebied van de Drentse Aa en de Hunze of Oostermoerse Vaart. Een gebied van 24 000 ha ten oosten van deze eenheid dat op het tweede pand van het Winschoterdiep loost, watert normaal via de Westerwoldsche Aa naar zee af en behoort dus tot de afwateringseenheid Reiderzijlvest. Stijgt het peil in dit gebied echter te veel, dan geschiedt de afwatering via het Eemskanaal.

V o l l e n h o v e. De oppervlakte van deze eenheid bedraagt 48 360 ha. Ongeveer 5000 ha hiervan bestaat uit boezem en kraggen. Het stroomgebied van de Steenwijker Aa hoort ook bij deze eenheid.

M e p p e l e r d i e p. Deze eenheid met een oppervlakte van 80 000 ha heeft geen vast boezempeil omdat het Meppelerdiep bij Zwartsluis meestal in open verbinding staat met het Zwarte Water, dat ongeveer het IJsselmeerpeil heeft. De eenheid bestaat voornamelijk uit al dan niet gekanaliseerde beken en kanalen. Van een gebied van 33 400 ha ten oosten van de afwateringseenheid Meppelerdiep wordt circa 1/3 gedeelte van het af te voeren water via de Noordsche Schut op de Hoogeveensche Vaart en verder op het Meppelerdiep geloosd. De rest watert via de grachten van Coevorden af op de Vecht.

V e c h t. De Vecht, die in Duitsland ontspringt, is in Nederland door zeven stuwen in acht panden verdeeld. In de zomermaanden komt het geregeld voor dat er geen afvoer is. 's Winters kan deze echter oplopen tot 100 m^3/sec. Van deze afwateringseenheid ligt 206 000 ha in Nederland en hiervan ligt 75 200 ha in het onderzochte gebied. Het totale stroomgebied van de Vecht beslaat ongeveer 385 000 ha.

Tabel 4. Waterafvoergetallen van een aantal afwateringseenheden in de jaren 1974, 1975 en 1976 in 10^6 m^3 (- = geen gegevens bekend)

		1974				1975				1976			
		1e kw.	2e	3e	4e	1e kw.	2e	3e	4e	1e kw.	2e	3e	4e
Frieslands Boezem	Woudagemaal-Lemmer	88,8	0,0	0,0	298,2	51,2	0,0	0,0	2,0	52,3	0,0	0,0	0,0
	Hooglandgem-Staveren					104,5	23,8	0,0	58,5	108,3	0,0	0,0	38,9
	Tj.Hiddessluizen-Harlingen	73,5	25,8	13,6	56,6	63,9	50,0	18,4	24,9	25,6	30,4	33,9	9,4
	Zoutkamp	223,1	39,4	65,6	318,6	27,3	10,3	5,3	14,6	19,3	5,1	1,7	8,1
	Dokkumer Nieuwe Zijlen					205,5	97,9	85,1	189,4	171,2	65,0	31,6	119,8
	Totaal	385,4	65,2	79,2	673,4	452,4	182,0	108,8	289,4	376,7	100,5	67,2	174,2
Lauwersmeer	Lauwersoog	-	-	-	-	-	-	-	-	425,9	48,9	13,4	167,2
	door Fr. Boezem aangevoerd	(223,1)	(39,4)	(65,6)	(318,6)	(232,8)	(108,2)	(90,4)	(204,0)	(190,5)	(70,1)	(33,3)	(125,9)
Eemskanaal	Delfzijl	-	-	-	-	-	-	-	-	84,1	13,8	29,4	37,6
Reiderzijlvest	Nieuw Statenzijl	-	-	-	-	-	-	-	-	155,8	71,6	43,0	118,1
Vecht	Vilsteren (stuw)	382	33,4	36,9	706,6	545,2	260,6	20,2	42,2	361,5	29,3	3,0	35,9
Meppelerdiep	Zwartsluis	339,0	10,0	3,7	158,8	239,1	90,8	0,0	47,1	200,0	0,0	5,6	17,2

Om enig inzicht te krijgen in de hoeveelheden water, die geloosd worden, is van een aantal grote lozingspunten voor zover bekend in Tabel 4 een overzicht gegeven van de hoeveelheid uitgeslagen/uitgelaten water. In dit overzicht valt op, dat de hoeveelheid water dat van de Friese Boezem op het Lauwersmeer terecht is gekomen gedurende het 2e en 3e kwartaal van 1976 groter is dan de hoeveelheid geloosd bij Lauwersoog. De grote verdamping van het wateroppervlak en de geringe hoeveelheid neerslag zijn hier de oorzaken van. In het Meppelerdiep kan het gebeuren, dat er in een deel van een kwartaal waterafvoer en in een ander deel wateraanvoer plaatsvindt. Hier is de totale afvoer vermeld, dus niet de afvoer min de aanvoer. Dit is berekend aan de hand van maandgemiddelden.

4.5. DE WATERAANVOER

Voor het grootste deel van het onderzochte gebied was wateraanvoer tot de afsluiting van de Zuiderzee eigenlijk onmogelijk. Bij de sluizen langs de Drentse Hoofdvaart stonden al wel pompen, maar deze hadden voornamelijk tot doel het op peil houden van de kanaalpanden. Tijdens droge zomers moest de Friese boezem soms door het inlaten van zout water op peil worden gehouden.

Tegenwoordig wordt het ingelaten water ook in eerste instantie gebruikt voor het op peil houden van de boezem. Hieruit kan dan water worden onttrokken door het inlaten in lager gelegen polders of door het opmalen naar hoger gelegen gebieden. Hier wordt het dan onder andere gebruikt voor de landbouw en de veedrenking. Verder wordt een groot deel gebruikt voor het doorspoelen van zowel grote als kleine boezem-, polder- en vrij afstromende wateren. Het door riolering, industrieel afvalwater (Groningen) en het zoute koel- en kwelwater vervuilde oppervlaktewater wordt, indien mogelijk, naar zee afgevoerd, waarbij tegelijkertijd het via de sluizen binnendringende zoute water zo veel mogelijk wordt teruggedrongen. Het behoeft geen betoog dat de kwaliteit van het ingelaten water grote invloed heeft op de kwantiteit, die voor het doorspoelen nodig is.

Lang niet alle gebieden kunnen van water worden voorzien. Het is vaak te duur om hoger gelegen gebieden door middel van het opmalen van water te voorzien. In veel gevallen is de inlaat- of opmalingscapaciteit te klein en soms is de kwaliteit van het water te slecht. In de meeste gebieden zet men in het voorjaar het peil zo veel mogelijk op om het 's zomers optredende vochttekort voor een deel op te kunnen vangen (waterconservering).

Via vijf grote inlaatpunten kan het onderzochte gebied van water worden voorzien. Deze punten zijn: Teroelsterkolk (bij Lemmer), Tacozijl, Hooglandgemaal (te Staveren), Zwartsluis en Aadorp (Ov.). Verder komt er ook nog zoet water via (schut)sluisjes het gebied binnen, maar deze hoeveelheid is in verhouding tot de andere inlaten te verwaarlozen. Verder voert de Vecht ook water aan. Als de behoefte aan water het grootst is, is de afvoer echter klein of zelfs nul. Dit water wordt dan wel zoveel mogelijk vastgehouden en verdeeld. Onder normale omstandigheden kunnen de vijf bovengenoemde inlaatpunten altijd wel over voldoende water beschikken.

De Teroelsterkolk, 2 km ten westen van Lemmer, heeft een grote inlaatcapaciteit (50 m^3/s). Het water wordt onttrokken aan het IJsselmeer en komt in het Prinses Margrietkanaal terecht (Friese Boezem). Voor de inlaatsluis bij Tacozijl, 3 km ten westen van het vorige punt, geldt nagenoeg hetzelfde; alleen is de inlaatcapaciteit geringer (25 m^3/s) en komt het water in de Ee terecht. Nog verder naar het westen, bij Staveren, staat aan het IJsselmeer het Hooglandgemaal. Door het loskoppelen van de pompmotoren kunnen de pompbuizen als hevel gebruikt worden wat een maximale inlaatcapaciteit van 50 m^3/s oplevert. Deze mogelijkheid is echter nog nooit volledig gebruikt.

Bij Zwartsluis staan de sluizen tussen het Meppelerdiep en het Zwarte Water meestal open. Alleen als het peil van het Zwarte Water te veel stijgt, worden deze gesloten. Even ten noorden van Meppel staat bij de eerste sluis in de Drentse Hoofdvaart de eerste opmaling (5 m^3/s). Het hangt van het al dan niet in werking zijn van dit gemaal af of er via de sluizen bij Zwartsluis water de afwateringseenheid Meppelerdiep binnenkomt. Tenslotte komt er via de rijkssluis in het kanaal Almelo - de Haandrik bij Aadorp ook water het gebied binnen. Dit water is via de Twentekanalen afkomstig uit de IJssel bij Zutphen. De capaciteit van de sluis is niet zo groot (circa 3 m^3/s).

Een groot deel van het in de Friese Boezem ingelaten water wordt doorgevoerd naar andere gebieden. Via het Van Starkenborghkanaal, bij

Tabel 5. Overzicht inlaatpunten, herkomst en bestemming van het ingelaten water

Inlaatpunt (voor het onderzochte gebied)	Afkomstig van	Bestemd voor (voornamelijk)
Staveren	IJsselmeer	Friesland, een groot deel van Groningen, afwateringseenheid Vollenhove
Tacozijl	IJsselmeer	Friesland, een groot deel van Groningen, afwateringseenheid Vollenhove
Teroelsterkolk	IJsselmeer	Friesland, een groot deel van Groningen, afwateringseenheid Vollenhove
Zwartsluis	Zwarte Water	afwateringseenheid Meppelerdiep
Aadorp	via kanalen uit de IJssel bij Zutphen	zuidoost Drenthe, noordoost Overijssel

Gaarkeuken, wordt een groot deel van Groningen van water voorzien en via de Driewegsluis de afwateringseenheid Vollenhove; en verder nog de afwateringseenheden in noord-Friesland en een deel van de Noordoostpolder. Van het bij Zwartsluis ingelaten water wordt erg weinig naar de omliggende eenheden doorgevoerd. Het meeste wordt gebruikt om te circuleren in de Drentse kanalen en beken. Het water dat bij Aadorp in noordelijke richting doorgevoerd wordt, wordt over de zuidoosthoek van Drenthe en de noordoosthoek van Overijssel verdeeld. Tabel 5 geeft een samenvattend overzicht van de wateraanvoer.

Op de Afwateringseenhedenkaart staan de belangrijkste stromingsrichtingen, inlaatpunten en opvoergemalen. De in de tekst genoemde namen staan eveneens op de kaart.

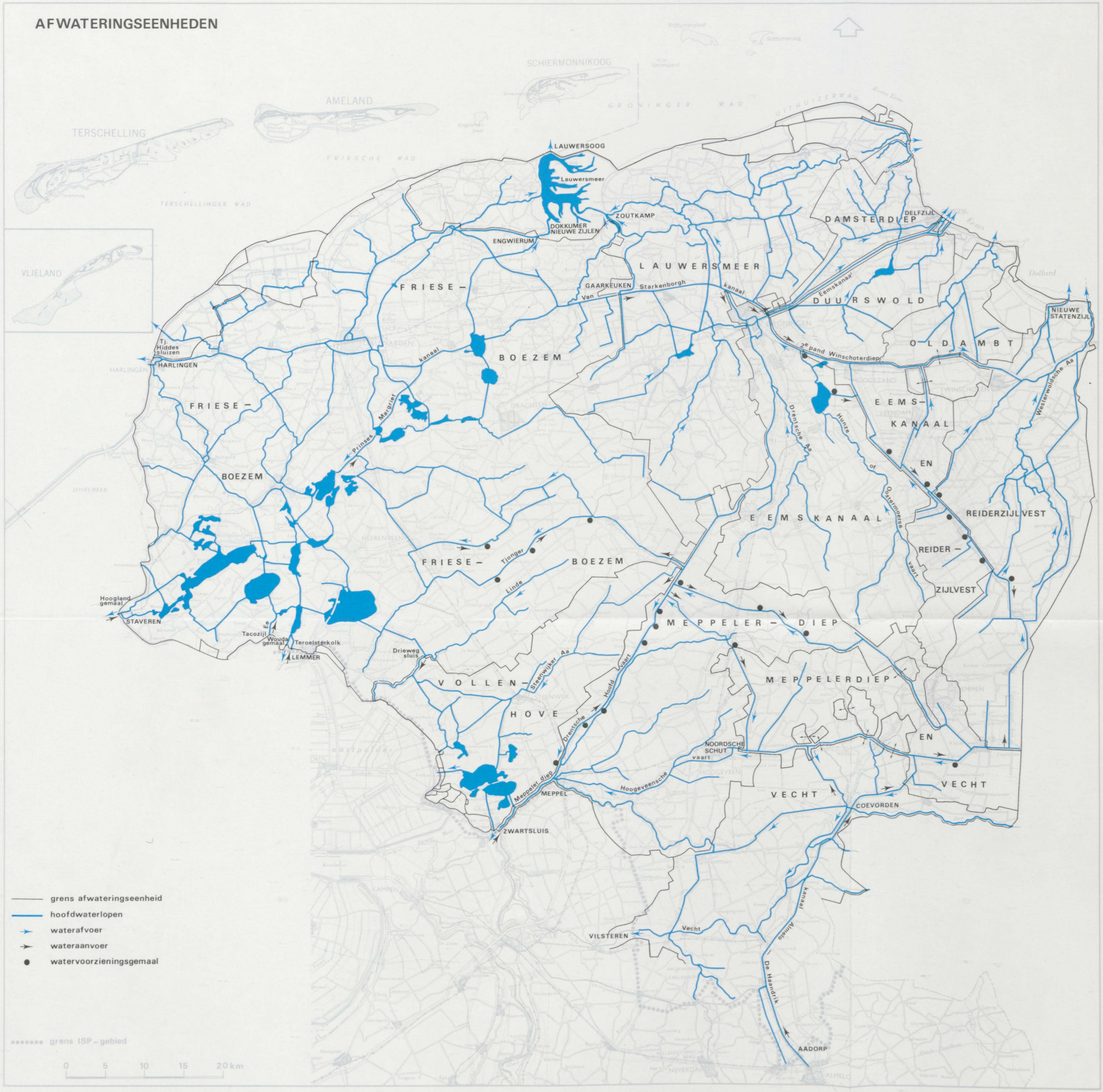
Tabel 6 geeft een overzicht van de waterinlaat van de vijf grote inlaatpunten. Gaarkeuken en Driewegsluis zijn twee grote doorvoerpunten van respectievelijk de Friese Boezem naar Groningen en de Friese boezem naar de afwateringseenheid Vollenhove. De getallen zijn in 10^6 m^3 en voorzover bekend zijn ze ook voor de jaren 1974 en 1975 gegeven.

Bij de getallen van Tabel 6 valt op, dat het meeste water uit het IJsselmeer wordt ingelaten en wel via Teroelsterkolk. Bij Aadorp komt verhoudingsgewijs weinig het gebied binnen. In 1975 en 1976 is er zelfs water in het 4e kwartaal ingelaten. In 1976 bovendien nog in het 1e kwartaal.

De hoeveelheid water die ingelaten wordt is afhankelijk van de vraag en het aanbod. De vraag is sterk afhankelijk van de hoeveelheid neerslag. Fig. 5 geeft een overzicht van de hoeveelheid neerslag, berekend aan de hand van gegevens van het KNMI. De gemiddelde neerslaghoeveelheden en de normale neerslaghoeveelheden zijn berekend voor de districten 2, 3 en 6. Deze indeling is eveneens van het KNMI. District 6 valt voor een klein deel buiten het onderzochte gebied. In deze figuur vallen de volgende punten op:

- de erg natte herfst van 1974, inclusief de daarop volgende winter;
- de vrij droge zomer en herfst van 1975;
- de extreem droge periode van februari tot en met oktober 1976; in deze periode viel er slechts 302,5 mm tegen 561,1 mm in een normaal jaar.

AFWATERINGSEENHEDEN



Tabel 6. De waterinlaat- en waterdoorvoergetallen van 5 waterinlaat- en 2 waterdoorvoerpunten in de jaren 1974, 1975 en 1976 in 10^6 m^3 (- = geen gegevens bekend)

	1974				1975				1976			
	1e kw.	2e	3e	4e	1e kw.	2e	3e	4e	1e kw.	2e	3e	4e
Teroelsterkolk	0,0	179,0	119,9	0,0	0,0	78,1	222,1	46,4	9,6	186,6	250,3	46,1
Tacozijl	0,0	16,7	20,0	0,0	0,0	17,2	35,2	0,0	0,0	79,3	86,0	0,0
Hooglandgemaal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	30,1	0,0
Zwartsluis	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	38,4	49,9	46,9
Aadorp	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	11,7	0,0
Gaarkeuken	0,0	59,8	65,0	6,5	2,1	31,3	37,5	6,5	0,0	52,2	113,6	31,4
Driewegsluis	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	5,2	21,2	0,0	0,0	19,4	26,5	0,0

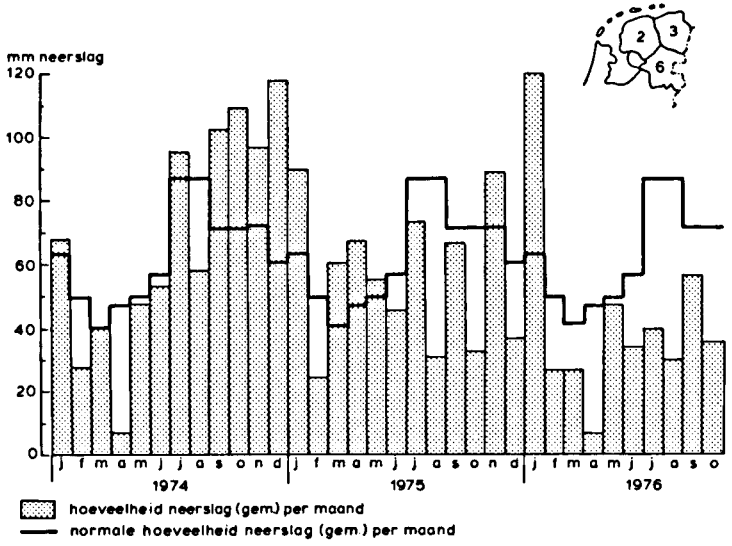


Fig. 5. De maandelijkse hoeveelheid neerslag gemiddeld voor de KNMI-districten 2, 3 en 6 in de periode 1974-1976

De grote droogte in 1976 heeft voor de nodige problemen op waterhuishoudkundig gebied gezorgd. De hoeveelheid neerslag lag in februari al onder de normale hoeveelheid. Dit duurde tot in de herfst. Normaal is er alleen van april tot juli een verdampingsoverschot. In 1976 was dat van april tot september. Door deze grote droogte zijn een groot aantal bovenlopen van beken, vennen en dergelijke, die niet van water konden worden voorzien, droog gevallen.

Om deze droogte op te vangen is zoveel mogelijk water ingelaten en zijn extra maatregelen getroffen om zoveel mogelijk gebieden van water te kunnen voorzien. Tabel 6 laat zien dat er toen veel meer water in de Friese Boezem is ingelaten en doorgevoerd dan in voorgaande jaren. Ditzelfde geldt voor andere inlaat-, doorvoer- en opmaalpunten. Alleen bij Aadorp kon niet over veel water worden beschikt, wat verschillende oorzaken had: geringe IJsselafvoer, lange aanvoerweg, veel onttrekkingen en een geringe capaciteit.

Op een gegeven moment dreigde het peil van het IJsselmeer te laag te worden wat voor de watervoorziening van Noordholland problemen opleverde. Bij westenwind ontstond namelijk door afwaaiing een kleiner verval, waardoor er minder water binnenkwam. In overleg met Rijkswaterstaat heeft Friesland half juli de inlaat met 1/3 gedeelte verminderd tot 45 m^3/s. Doordat er in juli in Duitsland en Zwitserland nogal wat regen viel, nam de IJsselafvoer eind juli snel toe van circa 150 m^3/s tot ongeveer 250 m^3/s. Hierdoor kon er weer maximaal water worden ingelaten. Slechts een paar dagen heeft men vanwe-

ge een hoog zoutgehalte van het IJsselmeer bij Staveren de inlaat via het Hooglandgemaal gestopt. De doorvoer naar Groningen via Gaarkeuken heeft lange tijd vol open gestaan, maar door het geringe verval is er niet zoveel doorgestroomd als men wel had gewild.

Om het vuile, warme (centrales) en langs de kust opdringende zoute water zoveel mogelijk kwijt te raken, heeft men geprobeerd om regelmatig en zoveel mogelijk water op zee te lozen. Er was echter weinig en soms helemaal niets beschikbaar.

De afvoer van de Vecht en het Meppelerdiep naar het IJsselmeer en de afvoer van het IJsselmeer op de Waddenzee is vrijwel de hele zomer nul geweest. Half september is voor het eerst weer IJsselmeerwater rechtstreeks op de Waddenzee geloosd. Op veel plaatsen, onder andere langs de Drentse Hoofdvaart en de Tjonger, zijn door provincie, waterschappen en Bescherming Bevolking extra pompen geplaatst. Het eerste stuwpand van de Linde heeft ook droog gestaan, hetgeen nog nooit was voorgekomen. Door het plaatsen van een pomp is dit vak weer op peil gebracht. De lager gelegen gebieden hebben over het algemeen minder watervoorzieningsproblemen gehad dan de gebieden, die door middel van opmalen van water moesten worden voorzien.

Veel waterlopen en kunstwerken zijn niet berekend op een wateraanvoer die een geconcentreerde onttrekking, bijvoorbeeld voor een aantal beregeningsinstallaties, mogelijk maakt. De waterschappen konden dan ook niet aan alle aanvragen om vergunningen voor beregening voldoen.

Ter illustratie van de waterbewegingen is van de grootste afstroomeenheid van het onderzochte gebied, de Friese Boezem, de wateraan- en -afvoer grafisch weergegeven in Fig. 6. Duidelijk blijkt dat er sinds 1970 nog nooit zo veel water is ingelaten als in 1976. Het grootste gedeelte van het doorgevoerde water komt in Groningen terecht. De natte herfst van 1974 is ook duidelijk te herkennen.

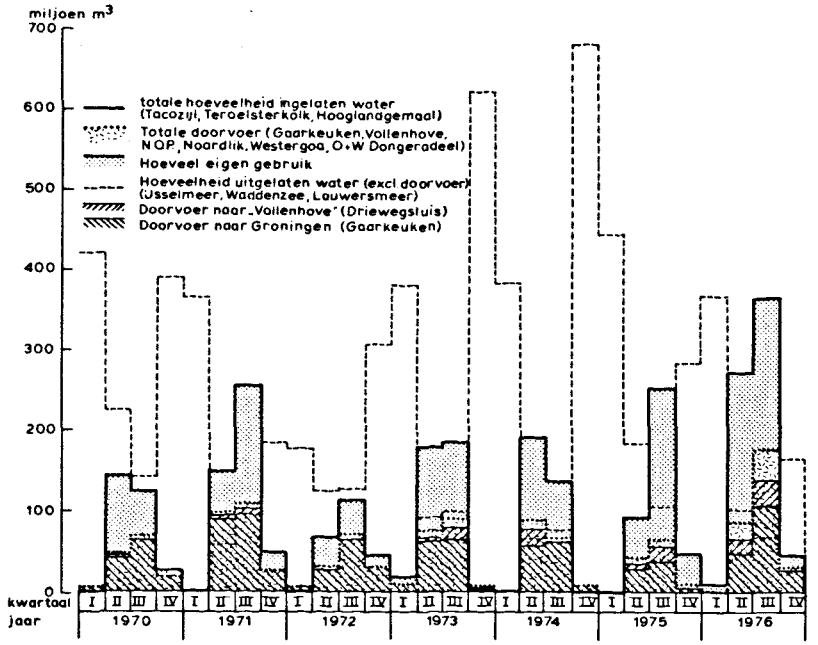


Fig. 6. Waterinlaat, waterdoorvoer, watergebruik en waterafvoer in de Friese Boezem over de periode 1970-1976

5. NIET-NATUURLIJKE INVLOEDEN IN HET GEBIED

5.1. ALGEMEEN

Het effect van de menselijke beïnvloeding op een bepaald water is afhankelijk van de volgende factoren:

- de hoeveelheid vervuiling waarmee het water wordt belast;
- het soort water dat wordt belast. Een bepaalde hoeveelheid vervuiling zal de samenstelling van een water in grotere mate doen veranderen wanneer het wordt geloosd op een klein slootje dan wanneer het wordt geloosd op een groot meer. Verder spelen hier o.a. nog een rol: de mogelijkheid tot doorspoelen van een water en het zelfreinigend vermogen van een water;
- de kwetsbaarheid van het ontvangend water. Vervuiling van oppervlaktewater, onverschillig uit welke bron, zal altijd het water met één of meerdere stoffen verrijken. (In sommige gevallen kan inlaatwater de gehalten van een water verlagen, bijvoorbeeld van sterk vervuilde wateren of van wateren die door kwel zeer zout zijn.) Wateren met van nature lage gehalten zullen door vervuiling procentueel gezien meer veranderen dan wateren met van nature hoge gehalten. Het kan zelfs voorkomen, dat een van nature oligotroof water door vervuiling eutroof wordt, terwijl diezelfde vervuiling een van nature eutroof water nagenoeg niet beïnvloedt. Uit het oogpunt van natuurbehoud zijn dus wateren met van nature lage gehalten kwetsbaarder.

De 'menselijke beïnvloeding' kan aan de hand van de verontreinigingsbron in de volgende categorieën worden ingedeeld:

- industrie
- bevolking
- landbouw
- recreatie

5.2. INDUSTRIE

De industrie loost zijn afvalwater grotendeels op de grote doorgaande boezemwateren en kanalen. In polderwateren, bovenlopen van beken en andere kleine waterlopen vinden slechts in enkele gevallen industriële lozingen plaats.

Verreweg de grootste vervuiling wordt in het onderzochte gebied veroorzaakt door de aardappelzetmeelindustrie. In 1976 had deze tak van industrie volgens de rijksformule een totale vervuilingswaarde van circa 9 miljoen inwonerequivalenten (i.e.). In Fig. 7 zijn de fabrieken weergegeven plus de wateren waarop direct wordt geloosd. Bij de figuur dient te worden opgemerkt dat de aardappelzetmeelfabriek te Smilde, die zijn afvalwater op het Peizerdiep loost, in verband met bedrijfssluiting in 1975 voor het laatst heeft gedraaid.

Van de 10 nu nog in bedrijf zijnde aardappelzetmeelfabrieken van het Avebe-concern blijven na reorganisatie nog drie bedrijven over, namelijk de fabrieken in de gemeenten Veendam, Musselkanaal en Gasselternijveen. Deze fabrieken zullen de komende jaren worden omgebouwd op laagwaterverbruik en uit afvalwater zullen bijprodukten worden teruggewonnen. Het waswater en enige rest-afvalwaterstroompjes worden na ombouw gezuiverd via zuiveringsinstallaties. Het ligt in de bedoeling het bedrijf van de Koninklijke Scholten-Honig (KSH) te Foxhol na interne sanering en terugwinning van produkten aan te sluiten op de veenkoloniale afvalwaterleiding (de smeerpijp). Bij het andere bedrijf van KSH (De Krim, Overijssel) zullen eveneens dergelijke maatregelen

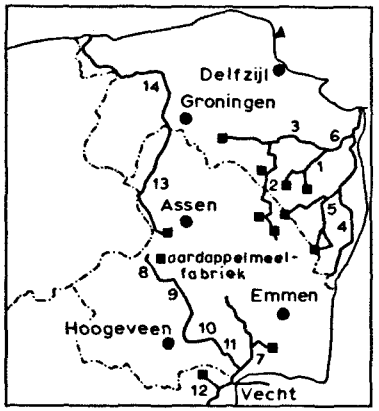


Fig. 7. Ligging van de verschillende Nederlandse aardappelzetmeelfabrieken en de route van afvoer van het afvalwater

1. Pekel Aa
2. A.G. Wildervanckkanaal
3. Winschoterdiep
4. Ruiten A kanaal
5. Mussel A kanaal
6. Westerwoldsche A
7. Drostendiep
8. Beilervaart
9. Linthorst-Homankanaal
10. Verlengde Hoogeveensche Vaart
11. Kanaal Coevorden-Zwinderen
12. Afwateringskanaal
13. Peizerdiep
14. Reitdiep

▲ lozingspunt veenkoloniale afvalwaterleiding (de Smeerpijp)

worden getroffen, waarna het effluent nog zal moeten worden gezuiverd.

Door bovengenoemde maatregelen zullen op middellange termijn de in Fig. 7 genoemde wateren nog maar in zeer beperkte mate worden belast met het afvalwater van de aardappelzetmeelindustrie. Na de interne saneringen en zuiveringen worden de kleine waterlopen in de nabijheid van de bergingsbassins en vloeivelden ook niet meer vervuild.

De papier- en kartonbedrijven zullen de komende jaren hun afvalwater door interne saneringen en zuiveringsinstallaties terugdringen tot een vervuilingswaarde van enige duizenden i.e. Door het opgeven van stro als grondstof is de huidige vervuilingswaarde reeds teruggebracht tot 0,5 à 1 miljoen i.e. De in Oude Pekela gevestigde fabrieken worden na interne sanering en voorzuivering aangesloten op de smeerpijp. De overige fabrieken zullen het afvalwater verregaand moeten zuiveren, waarbij ze mogelijk kunnen worden aangesloten op een plaatselijke of een regionale zuiveringsinstallatie.

De overige industriële lozingen vinden verspreid op de boezem plaats. De meeste industrie is echter wel rondom de grote steden geconcentreerd. In Tabel 7 is voor de provincies Groningen, Friesland en Drenthe de produktie van zuurstofbindende stoffen door de industrie (exclusief het veenkoloniale afvalwater) gegeven (par. 5.3).

5.3. BEVOLKING

In 1976 woonden in het onderzochte gebied ongeveer 1,6 miljoen mensen. Hiervan zijn ongeveer 360 000 (dit is 22%) niet aangesloten op een riolering en zullen in hoofdzaak direct op open water lozen (kleine kernen en verspreid staande huizen). Op het zandgebied zal het toiletwater deels via een septictank worden geloosd. De resterende 1,24 miljoen inwoners, die wel op een riolering zijn aangesloten, lozen in het algemeen gezuiverd of ongezuiverd op de grote doorgaande boezemwateren en kanalen. Door zuivering via een conventionele tweetrapsinstallatie zal de zuurstofvraag van het afvalwater met circa 90% afnemen; het stikstofgehalte neemt slechts met maximaal 30% en het fosfaatgehalte slechts met maximaal 40% af (MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1975).

In Tabel 7 staat de produktie van zuurstofbindende stoffen van huishoudelijke en industriële oorsprong en de belasting van het oppervlaktewater met zuurstofbindende stoffen vermeld. Het verschil tussen de produktie en de belasting van het oppervlaktewater is de fractie die is geëlimineerd door middel van zuivering.

Het ligt in de bedoeling de komende jaren de belasting van het oppervlaktewater met zuurstofbindende stoffen sterk terug te dringen. Dit zal in hoofdzaak via zuivering in tweetrapsinstallaties gebeuren, zodat de fosfaat- en stikstofbelasting in veel geringere mate zal afnemen.

Tabel 7. Produktie van zuurstofbindende stoffen per 1 januari 1975 voor de provincies Groningen, Friesland en Drenthe (exclusief de veenkoloniën) en de belasting van het oppervlaktewater met zuurstofbindende stoffen in duizenden inwonerequivalenten (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1975)

	Produktie		Belasting van het oppervlaktewater
	huishouding	industrieel	
Groningen	543	1400	1783
Friesland	550	460	650
Drenthe	399	411	435

5.4. LANDBOUW

De vervuiling direct of door middel van uitspoeling ten gevolge van de landbouwactiviteiten vindt in eerste instantie niet op de grote doorgaande boezemwateren of kanalen plaats, maar op poldersloten, beken en andere kleine waterlopen.

In Fig. 8 is het aantal veevoeder-grootvee-eenheden per ha cultuurgrond in de jaren 1965 en 1975 weergegeven. Per landbouwgebied is met behulp van de jaarlijkse meitelling van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) de veebezetting berekend. De landbouwdieren zijn aan de hand van de gegevens van KOLENBRANDER en DE LA LANDE

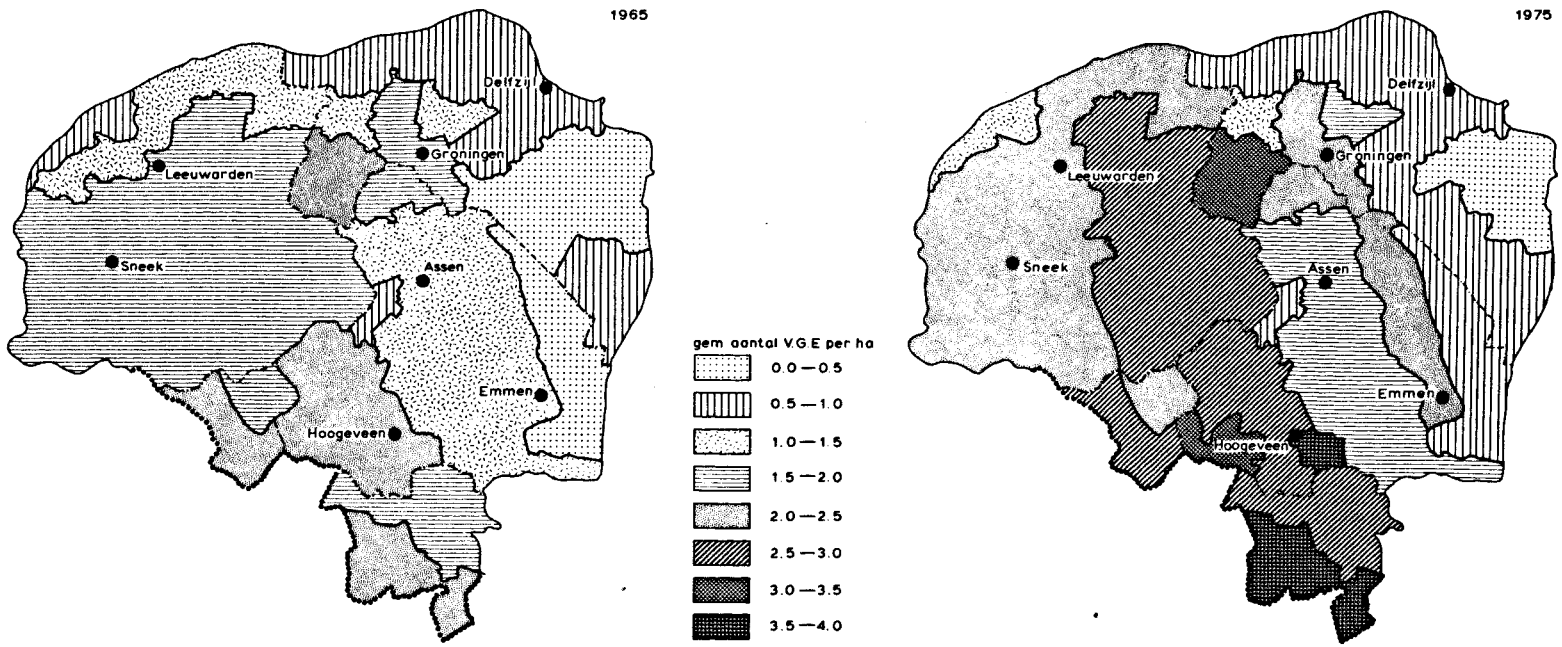


Fig. 8. Gemiddeld aantal veevoeder-grootvee-eenheden (VGE) per ha cultuurgrond in het onderzoeksgebied in de jaren 1965 en 1975

CREMER (1967) omgerekend tot veevoeder-grootvee-eenheden. Duidelijk is te zien dat de veebezetting per ha cultuurgrond in 10 jaar sterk is toegenomen. In diezelfde periode is de oppervlakte cultuurgrond met circa 6% afgenomen.

Beschouwen wij het kunstmestverbruik in Nederland in de jaren 1950 tot 1973, dan blijkt dat de hoeveelheid stikstof sterk is toegenomen, terwijl de fosfaatbemesting via kunstmest een geringe teruggang vertoont (Tabel 8, MINISTERIE VAN LANDBOUW EN VISSERIJ, 1974).

Tabel 8. Verbruik van stikstof- en fosfaatkunstmeststoffen in Nederland in de jaren 1950/51, 1960/61, 1970/71 en 1972/73 in 10^6 kg N respectievelijk P

	1950/51	1960/61	1970/71	1972/73
Stikstofkunstmeststoffen	156	224	405	376
Fosfaatkunstmeststoffen	52	49	48	44

Indien de bovenstaande getallen worden gecombineerd met de sterke stijging van de veebezetting per ha cultuurgrond, dan wordt duidelijk dat er in de afgelopen jaren een stijgende hoeveelheid stikstof en fosfaat op het land terecht is gekomen.

De invloed van de landbouwactiviteiten op de samenstelling van het ondiepe water wordt behandeld in par. 8.2.3.

5.5. RECREATIE

De recreatie is te verdelen in drie categorieën, namelijk de verblijfsrecreatie te land, de verblijfsrecreatie te water en de dagrecreatie. De hoeveelheid vervuiling van een recreant is per categorie verschillend. In Tabel 9 is het aantal inwonerequivalenten per 1000 recreanten voor enkele verschillende categorieën recreatieverblijven weergegeven (ANWB, 1968).

Tabel 9. Vervuilingsgraad in i.e. per 1000 recreanten verdeeld naar enkele verschillende vormen van recreatie

Recreatieverblijf	Vervuilingsgraad
Verblijfsrecreatie te land	
tenten	500
bungalows met waterleiding	800
vakantiewoningen	1000
Verblijfsrecreatie te water	
jachthaven	400
woonboothaven	600
Dagrecreatie	
land/oeverrecreatie	200
jachthaven	200

In Fig. 9 is door middel van stippen aangegeven hoe groot voor de verblijfsrecreatie te land de belasting in inwonerequivalenten in 1970 is, indien de bezetting 100% bedraagt. De vervuilingsgraad is berekend door per gemeente het aantal personen in permanente recreatieverblijven, in zomerhuisjes plus tenthuisjes en op kampeerterreinen te vermenigvuldigen met respectievelijk de getallen 1; 0,8 en 0,5 uit Tabel 9 (IJKELENSTAM, 1973). Volgens deze berekeningswijze is de totale vervuiling van de recreatieverblijven te land op het vaste land van het onderzoeksgebied circa 65 000 i.e. bij een volle-

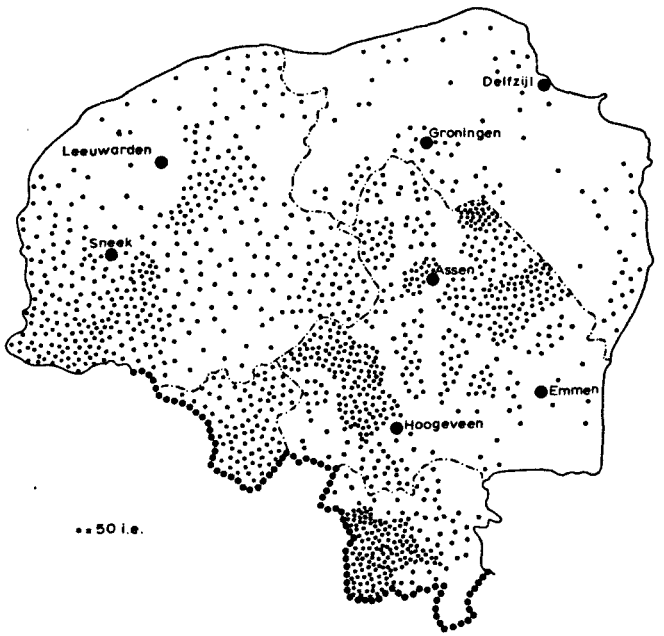


Fig. 9. Belasting van de verblijfsrecreatie te land in het onderzoeksgebied in 1970 bij een bezetting van 100%

dige bezetting. In verband met de onvolledige registratie van de verschillende typen recreatieverblijven is dit cijfer slechts een benadering van het werkelijke aantal i.e. (IJKELENSTAM, 1973). Ondanks de genoemde beperking is de vervuiling van de verblijfsrecreatie te land betrekkelijk gering ten opzichte van de vervuiling door industrie en bevolking.

In Fig. 9 is duidelijk te zien dat de grootste concentratie verblijfsrecreanten te land te vinden is op de Hondsrug, zuidwest Drenthe, de gemeente Ommen en het Friese en Overijsselse merengebied.

Het merendeel van de kampeeraccommodaties lozen hun afvalwater in de grond of op het open water; namelijk in het Friese en Overijsselse merengebied 67% en op de zandgronden 72% van het totaal aantal kampeeraccommodaties (CBS, 1976). De lozingen op het open water zullen in Friesland en noordwest Overijssel vooral op het boezemwater plaatsvinden, terwijl op het zandgebied de lozingen op het open water veelal zullen plaatsvinden op beken en andere kleine waterlopen.

Van de verblijfsrecreatie te water en de dagrecreatie zijn in het noorden geen totaalcijfers bekend.

Ten aanzien van de recreatie kan worden gesteld, dat de totale hoeveelheid vervuiling betrekkelijk gering is, maar dat plaatselijk en in bepaalde perioden de recreatie een belangrijke bijdrage kan leveren aan de totale vervuiling op die plaats en in die periode.

6. METHODE VAN ONDERZOEK

6.1. INVENTARISATIE

6.1.1. Diep grondwater

De gegevens van de fysisch-chemische samenstelling van het diepe grondwater zijn afkomstig van twee instanties, namelijk het geohydrologisch archief van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (RID) en de Provinciale Waterstaat van de provincie Groningen.

De gegevens van het RID beslaan een ruime tijdsperiode (1910-1976). Wanneer watermonsters over een lange periode verzameld worden is het mogelijk dat in de loop der jaren de methode van analyseren of de graad van nauwkeurigheid verandert. Ook de samenstelling van het grondwater kan op een bepaalde diepte in de loop der jaren veranderen wanneer door ingrepen van buitenaf het stromingspatroon verandert en een ander soort water langs het te bemonsteren punt stroomt. Zo laat Tabel 10 bijvoorbeeld duidelijk zien hoe na de drooglegging van de Noordoostpolder (1937-1942) de chloridegehalten in een boring langs de voormalige IJsselmeerdijk in noordwest Overijssel veranderd zijn.

Indien echter alle bestaande gegevens vanaf 1910 in bewerking worden genomen is het mogelijk een vollediger beeld van de samenstelling van het diepe grondwater in het onderzochte gebied te verkrijgen.

De boorputten waaruit de watermonsters zijn genomen, zijn niet regelmatig over het onderzochte gebied verspreid. De reden hiervan is, dat vroeger alleen op die plaatsen het grondwater werd onderzocht, die van belang waren voor de watervoorziening van hetzij bevolking, hetzij industrie. De diepte waarop de filters liggen, is in vele gevallen afhankelijk van de diepte van het watervoerend pakket en van de technische mogelijkheden om op een diepte water te kunnen winnen

Tabel 10. De chloridegehalten op 4 verschillende diepten in de jaren 1937 en 1963 in de gemeente Blankenham (boring 16D/1)

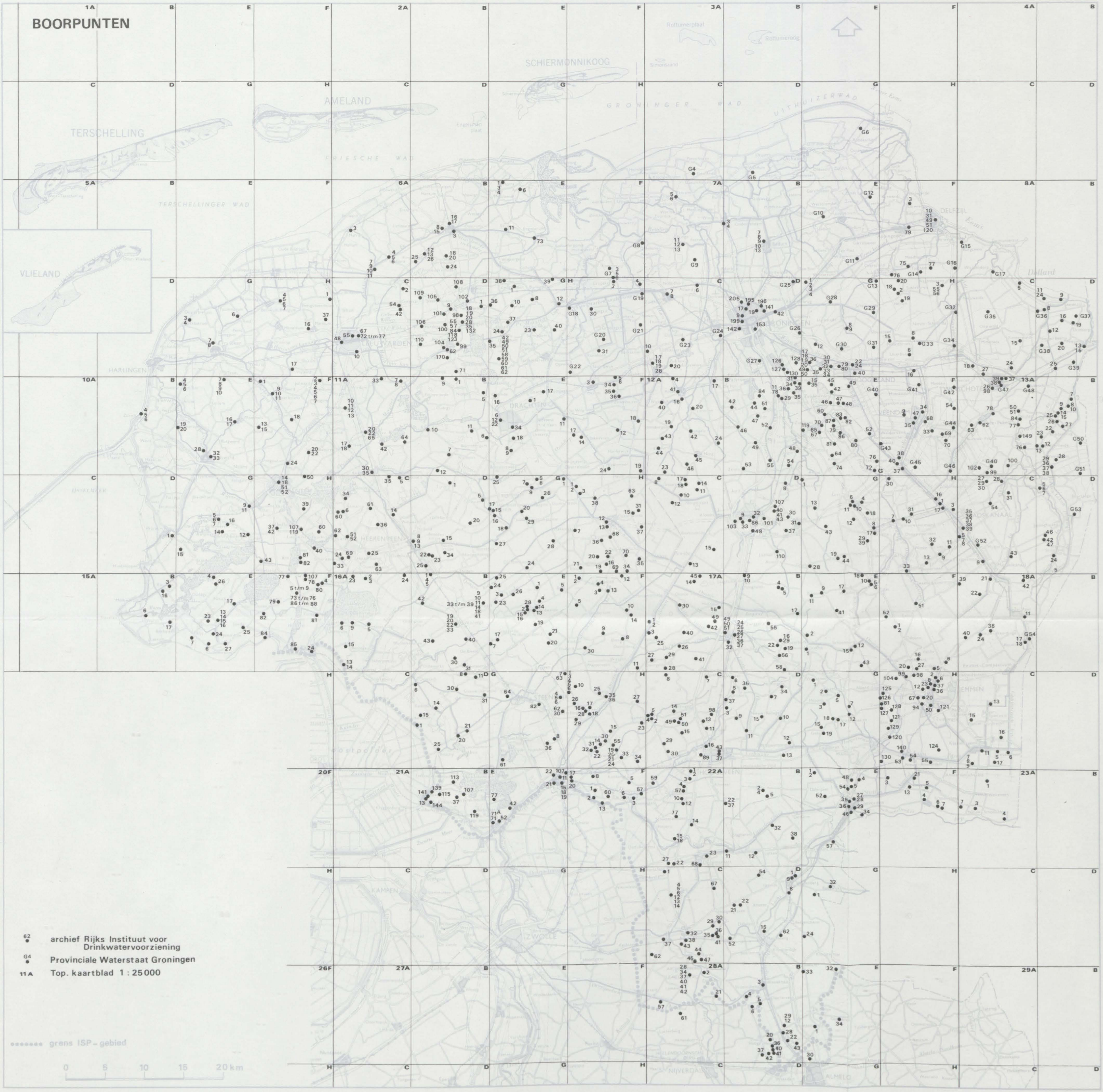
Diepte (m)	Chloridegehalte (mg/l)	
	1937	1963
11- 12	3729	71
29- 30	1577	251
74- 75	2127	1075
119-120	2978	3150

(bijvoorbeeld de porositeit van het sediment)

Op de Boorpuntenkaart zijn zowel de boringen van het RID als van de Provinciale Waterstaat Groningen weergegeven, die in het kader van dit onderzoek zijn bewerkt.

6.1.2. Oppervlaktewater

In het gebied dat betrokken is bij de Milieukartering Noorden des Lands zijn vijf instanties die zich bezighouden met het aktieve waterkwaliteitsbeheer van het oppervlaktewater, namelijk Provinciale Waterstaat Friesland, Provinciale Waterstaat Groningen, zuiveringschap Drenthe, zuiveringschap west Overijssel en waterschap Regge en Dinkel. De grenzen van de eerste drie genoemde instanties vallen samen met de provinciegrenzen. In Overijssel zijn de monsterpunten (m.p.) van het waterschap Regge en Dinkel te onderscheiden van het zuiveringschap west Overijssel doordat op de Monsterpuntenkaart een 'R' voor het nummer van het monsterpunt is gezet. De in totaal 335 monsterpunten zijn vermeld op de Monsterpuntenkaart van het oppervlaktewater.


BOORPUNTEN
archief Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening
Provinciale Waterstaat Groningen
11A Top. kaartblad 1 : 25000
grens ISP – gebied
0 5 10 15 20 km
TERSCHELLING
AMELAND
SCHIERMONNIKOOG
VLIELAND
TERSCHELLINGER WAD
FRIESCHE WAD
GRONINGER WAD
UITHUIZERWAD
Rottumerplaat
Rottumeroog
DELFZIJL
Dollard
HARLINGEN
LEEUWARDEN
DRACHTEN
GRONINGEN
EMMEN
KAMPEN
ZWOLLE
ALMELO

MONSTERPUNTEN
oppervlaktewater

monsterpunt

46 Prov. Waterst. Groningen resp. Prov. Waterst. Friesland; Zuiveringschap Drenthe resp. West Overijssel

R7 Waterschap Regge en Dinkel

21 Prov. Waterst. Groningen resp. Prov. Waterst. Friesland; Zuiveringschap Drenthe resp. West Overijssel

6 ★ Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding

11 A Top. kaartblad 1 : 25 000

grens ISP – gebied

0 5 10 15 20 km

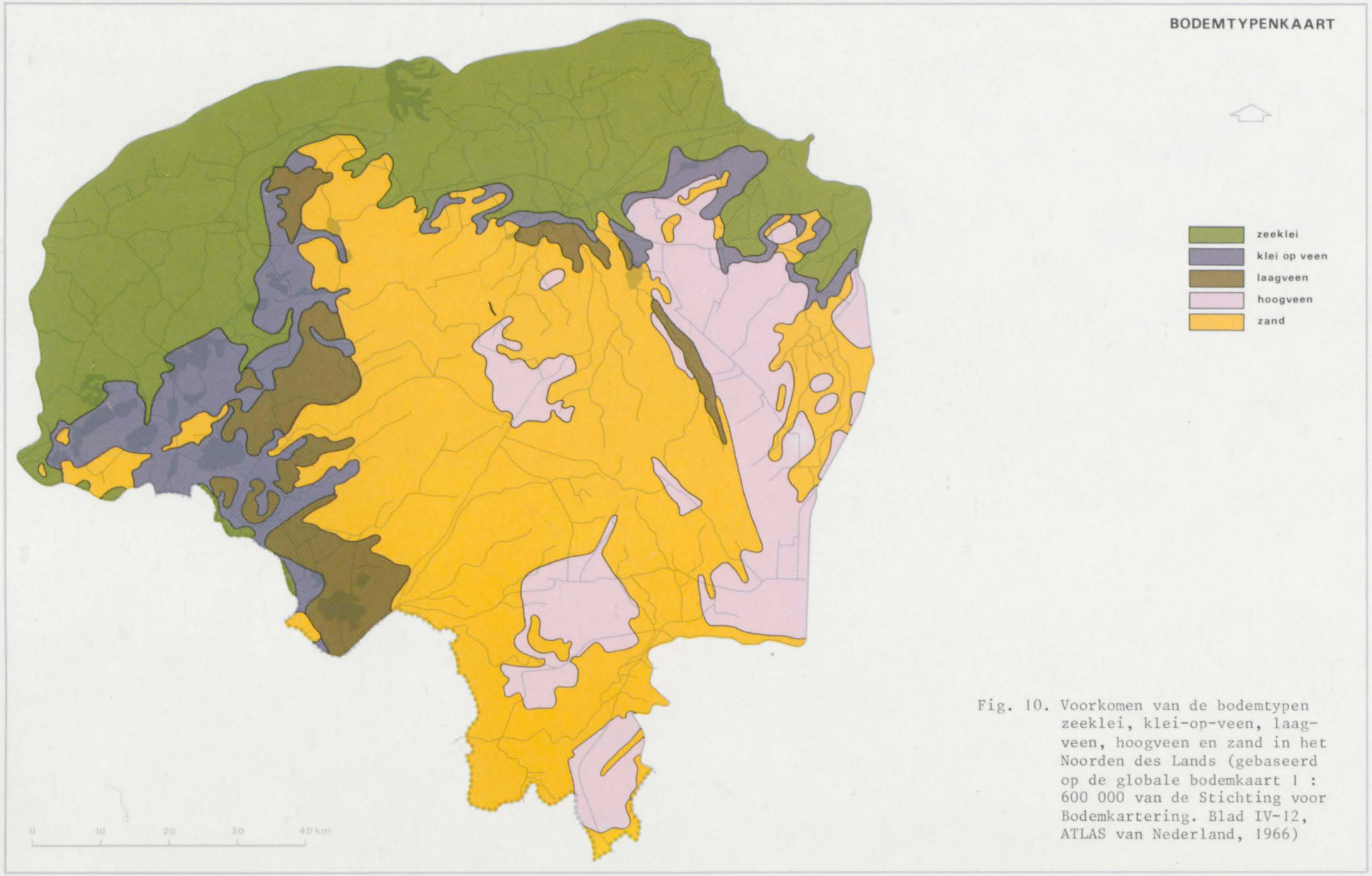


Fig. 10. Voorkomen van de bodemtypen zeeklei, klei-op-veen, laagveen, hoogveen en zand in het Noorden des Lands (gebaseerd op de globale bodemkaart 1 : 600 000 van de Stichting voor Bodemkartering. Blad IV-12, ATLAS van Nederland, 1966)

Tabel 11. Aantal monsterpunten en uitgevoerde analyses van de instanties, die zich in het onderzochte gebied aktief met het waterkwaliteitsbeheer bezig houden (+ = analyse wordt uitgevoerd; - = analyse wordt niet uitgevoerd)

Instantie	Aantal m.p.	% O_2-verz.	BOD_5^{20}	COD	pH	Cl^-	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	Kj-N	Ortho-P	Totaal-P
Prov. Waterstaat Groningen	90	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Prov. Waterstaat Friesland	112	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Zuiveringschap Drenthe	83	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
Zuiveringschap west Overijssel	44	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
Waterschap Regge en Dinkel	6	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+

Vanaf 1974 worden een vast aantal wateren regelmatig door deze instanties bemonsterd. Voor 1974 was het aktieve waterkwaliteitsbeheer in de provincies Groningen en Drenthe in andere handen. De Provinciale Waterstaat Friesland, het zuiveringschap west Overijssel en het waterschap Regge en Dinkel waren reeds voor 1974 op dit gebied werkzaam. Aangezien de gegevens per zomer- en winterhalfjaar worden verwerkt en aangezien de winterperiode loopt van oktober tot en met maart is het pas mogelijk de gegevens vanaf april 1974 in bewerking te nemen. De gegevens zijn verwerkt tot en met september 1976, zodat dus de analyseresultaten van 3 zomers en 2 winters bekend zijn. De analyses zijn uitgevoerd volgens de NEN-voorschriften (NEN 3235 en NEN 1056). In Tabel 11 staan per instantie de uitgevoerde analyses.

Ter vergelijking van de analyses zijn op dezelfde dag twee watermonsters aan de vijf laboratoria, die in het onderzochte gebied de wateren analyseren, aangeboden. De resultaten zijn vermeld in Tabel 12.

Uit de tabel blijkt, dat door de Provinciale Waterstaat Friesland en het zuiveringschap Drenthe over het algemeen iets lagere gehalten worden aangetoond dan door de drie overige instanties.

In het onderzochte gebied zijn enige wateren, die op de grens van twee waterbeherende instanties liggen en die door beide instanties worden bemonsterd. Het komt 7 maal voor, dat identieke punten worden bemonsterd en 5 maal worden punten in hetzelfde water, die echter op enige afstand van elkaar liggen, bemonsterd.

Bij vergelijking van deze 12 punten blijkt, dat in Groningen iets hogere gehalten worden gevonden dan in Friesland en dat de klasse-indeling volgens de zuurstofhuishouding in Overijssel wat hoger uitvalt dan in Drenthe. Op deze manier zijn echter alleen die instanties met elkaar te vergelijken, die aan elkaar grenzen en die grensoverschrijdende wateren hebben.

Aangezien de resultaten van de geïnventariseerde provinciale bemonsteringspunten bij de verwerking in een aantal klassen worden ingedeeld zullen de toch niet bijzonder grote verschillen op de kaart slechts in beperkte mate tot uiting komen.

Tabel 12. Vergelijking van de analyse-uitvoering van de instanties, die zich in het onderzoeksgebied aktief met het waterkwaliteitsbeheer bezighouden aan de hand van 7 analyses van twee verschillende watermonsters (I en II)

Instantie	Chloride mg/l		NH_4^+-N mg/l		NO_3^--N mg/l		Ortho-P mg/l		Totaal-P mg/l		O_2-verz. %		BOD_5^{20} mg O_2/l	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Prov. Waterstaat Groningen	60	70	2,0	1,6	6,5	3,5	0,3	0,1	0,55	0,36	90	91	4	5
Prov. Waterstaat Friesland	58	72	1,4	1,0	5,6	3,1	0,22	0,03	0,47	0,27	86	88	2,3	4,5
Zuiveringschap Drenthe	46	63	1,5	1,1	5,9	2,8	0,28	0,14	-	-	91	91	3	4
Zuiveringschap west Overijssel	53	69	1,7	1,3	6,7	3,1	-	-	0,48	0,29	91	82	6	10
Waterschap Regge en Dinkel	55	74	2,6	1,1	6,3	3,9	-	-	0,50	0,30	82	82	5	7

Naast de gegevens van provinciale waterstaten, water- en zuiveringschappen zijn er nog gegevens verzameld, die slechts een gering deel van het onderzoeksgebied beslaan. Deze gegevens zijn:

a. analyseresultaten van drie bovenlopen, van de Drentse Aa
b. analyseresultaten van de Friese meren

ad a. Vanaf 1940 wordt de Drentse Aa regelmatig bemonsterd door het gemeentelijk waterbedrijf te Groningen in verband met drinkwaterbereiding uit water van de Drentse Aa.
ad b. De Provinciale Waterstaat van Friesland bemonstert de Friese meren (totaal 22 monsterpunten) 6 maal in het zomerhalfjaar.

6.2. AANVULLEND ONDERZOEK

6.2.1. Ondiep grondwater

In een aantal natuurgebieden zijn ondiepe grondwaterbuizen geplaatst. De onderkant van de buizen, die een filterlengte van 1 m hadden, kwam op ongeveer 2 m beneden de grondwaterspiegel. Bij de keuze van de natuurgebieden was de grondsoort het belangrijkste criterium. Van de in totaal 18 buizen zijn er 5 in zeeklei, 5 in zand, 3 in laagveen, 3 in afgegraven hoogveen en 2 in hoogveen geplaatst.

In het watermonster zijn de volgende parameters bepaald: chemisch zuurstofverbruik (COD en $KMnO_4$), nitraat, anorganisch ammonium, Kjeldahl-stikstof, totaal- en orthofosfaat, calcium, magnesium, natrium, kalium, chloride, sulfaat, bicarbonaat, zuurgraad en het elektrisch geleidingsvermogen. Na monstername werd het monster eerst grof gefiltreerd. Hierna werd het in 5 fracties verdeeld, en wel als

volgt:

- 100 cc voor een direkte pH-meting in het veld;
- 250 cc werd gefiltreerd over een membraamfilter met een poriëndiameter van 0,8 µm voor de orthofosfaatbepaling;
- 500 cc werd aangezuurd tot pH = 1 voor de bepaling van stikstofverbindingen (NO_3^-, NH_4^+ en N_{Kj});
- 1500 cc werd niet behandeld voor de bepaling van totaal-fosfaat, chloride, COD, $KMnO_4$ en de major elements;
- 250 cc werd onbehandeld meegenomen naar het Instituut voor de EGV-bepaling.

De buizen zijn tweemaal bemonsterd. De watermonsters werden telkens op de dag van bemonstering als expresgoed met de trein verstuurd naar het Waterlaboratorium Oost te Doetinchem, alwaar ze de volgende morgen werden geanalyseerd. De analyses werden gedaan aan de hand van de NEN-voorschriften nr. 3235 en 1056.

Het aanzuren van dat deel van het watermonster, dat was bestemd voor de analyse van stikstofverbindingen, had tot doel de biologische omzettingen van stikstof stop te zetten. Voor de orthofosfaatbepaling werd het monster gefiltreerd via een membraamfilter van 0,8 µm omdat de op deze manier bepaalde fosfaatfractie de hoeveelheid aangeeft, die direct opneembaar is voor micro-organismen.

6.2.2. Oppervlaktewater

Honderdachtenveertig monsterpunten zijn gedurende de periode november 1975 - oktober 1976 zes maal bemonsterd. Bij de verdeling van de monsterpunten over het onderzoeksgebied hebben de volgende criteria, in volgorde van belangrijkheid, een rol gespeeld:

- geen wateren zijn uitgekozen, die reeds in het kader van ander onderzoek regelmatig worden bemonsterd (grote doorgaande wateren + grote meren; zie Monsterpuntenkaart);
- de 148 monsterpunten zijn verdeeld over de 5 bodemtypen (zeeklei, klei-op-veen, laagveen, zand en hoogveen). In Fig. 10 is de ligging van de bodemtypen in het onderzoeksgebied weergegeven. Als basis is hiervoor de globale bodemkaart 1 : 600 000 van de Stichting voor Bodemkartering gebruikt. Hierbij zijn de legenda-eenheden 3 tot en met 24 tot het zeeklei, 31 tot het klei-op-veen, 30, 33, 34 en 37 tot het laagveen, 32, 35 en 36 tot het hoogveen en 39 tot en met 48 tot het zand gerekend. Aangezien het grote gebied afgegraven hoogveen (legenda-eenheid 36) in de omgeving van Heerenveen grote overeenkomst met het laagveengebied vertoont, is dit gebied tot het laagveen gerekend;
- per bodemtype zijn de verschillende fysisch-geografische typen bemonsterd (polderwateren, meertjes, petgaten, beken, vennetjes, veentjes, etc.);
- regelmatige spreiding over het gebied.

De verdeling van de monsterpunten over de verschillende bodemtypen is gegeven in Tabel 13. Voor de juiste plaats van de monsterpunten wordt verwezen naar de Monsterpuntenkaart van het oppervlaktewater en naar Bijlage 1, waar een precieze omschrijving van de monsterpunten is gegeven. Door de droogte of andere oorzaken konden 17 monsterpunten in de zomer niet altijd worden bemonsterd; van die 17 waren 9 monsterpunten in afgesloten wateren gelegen.

Tabel 13. Aantal monsterpunten van het aanvullend onderzoek in afgesloten en niet-afgesloten wateren op de vijf bodemtypen in het onderzoeksgebied

Bodemtype	Aantal monsterpunten	
	afgesloten wateren	niet-afgesloten wateren
Zeeklei	-	16
Klei-op-veen	1	23
Laagveen	2	21
Zand	23	37
Hoogveen	4	21

In de watermonsters zijn de volgende parameters bepaald:

zuurstofgehalte, chemisch zuurstofverbruik (COD), nitraat, anorganisch-ammonium, Kjeldahl-stikstof, totaal- en orthofosfaat, chloride, zuurgraad en het elektrisch geleidingsvermogen;	6 maal om de 2 maanden
calcium, magnesium, natrium, kalium, sulfaat en bicarbonaat	2 maal; 1e maal einde winter, 2e maal midden zomer

De watermonsters werden op dezelfde manier behandeld als de monsters van het ondiepe grondwater (par. 6.2.1), met dien verstande dat de monsters niet eerst over een grof filter werden geleid. Voor de bepaling van het zuurstofgehalte werd een zuurstofflesje met water gevuld en direct in het veld gefixeerd met mangaansulfaat en alkalische jodide oplossing.

6.3. VERWERKING VAN DE GEGEVENS

6.3.1. Diep grondwater

Bij het verwerken van de gegevens hebben twee groepen van analyses centraal gestaan. Op de eerste plaats de stoffen, die bepalend zijn voor de voedselrijkdom van water en op de tweede plaats de ionen van het ionendiagram. Voor stikstof, fosfaat en chloride zijn kaarten gemaakt, waarop staat aangegeven het gevonden gehalte, de geografische ligging en de diepte beneden maaiveld van het watermonster.

De drie anionen (HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-) en de vier kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+) zijn in 1 figuur, het zogenaamde ionendiagram, weergegeven. De concentratie van de stoffen in mg/l werd omgerekend in meq/l. Vervolgens is de concentratie van een bepaald ion omgerekend tot een percentage van de totale concentratie van voornoemde anionen en kationen. In Fig. 11 zijn links de percentages kationen en rechts

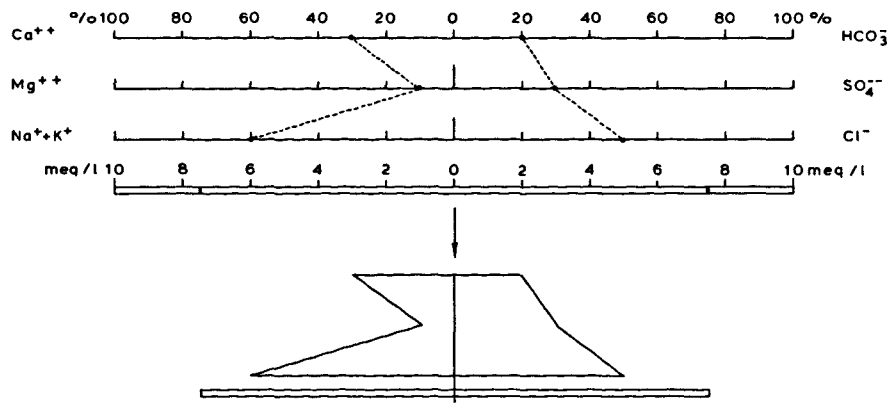


Fig. 11. Voorbeeld van de weergave van een ionendiagram volgens Stiff (Hem, 1959)

de percentages anionen gezet. Onder de figuur is een balk getekend, waarvan de lengte een maat is voor de totale concentratie anionen en kationen. Aan de hand van de vorm van het diagram en de lengte van de balk kan het grondwater in verschillende typen worden ingedeeld.

6.3.2. Ondiep grondwater

De verkregen analyseresultaten zijn in tabellen weergegeven en met behulp van de major-ionen zijn ionendiagrammen gemaakt.

6.3.3. Oppervlaktewater

De resultaten worden in eerste instantie voor het gehele ISP-gebied weergegeven (par. 9.2); hierna worden de resultaten per bodemtype uitgewerkt (par. 9.3). Bij de uitwerking staan de trofiegraad, de zuurstofhuishouding en het zoutgehalte centraal. De gegevens worden in de vorm van kaarten en in tabellen weergegeven. De zuurstofhuishouding van een water is bepaald via de methode, die in het Indikatief Meerjarenplan (IMP) van het MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT (1975) is gebruikt. In de tabellen 14 en 15 is te zien hoe via een puntwaardering de wateren in vijf klassen worden ingedeeld.

De BOD, waarop de bovenstaande waardering mede is gebaseerd, is niet bepaald bij de monsterpunten van het eigen onderzoeksprogramma. In de provincies Groningen, Friesland en Drenthe is voor een aantal punten de zuurstofhuishouding berekend met en zonder de BOD. Indien de zuurstofhuishouding bepaald werd zonder de BOD, bleek dat van de in totaal 48 monsterpunten in de zomer 33% in een betere en 4% in een slechtere klasse werden ingedeeld. In het winterhalfjaar vielen van dezelfde 48 monsterpunten 4% in een betere en 16% in een slech-

Tabel 14. Puntwaardering van de drie parameters: zuurstofverzadigingspercentage, biologisch zuurstofverbruik en anorganisch ammonium-stikstof

Punten	O_2-verzadiging %	BOD_5^{20} mg/l	NH_4^+-N mg/l
1	91-110	≤3	<0,5
2	[71- 90, 111-120]	3,1- 6,0	0,5-1,0
3	[51- 70, 121-130]	6,1- 9,0	1,1-2,0
4	31- 50	9,1-15,0	2,1-5,0
5	[≤ 30, >130]	>15,0	>5,0

Tabel 15. Klasse-indeling met behulp van de gescoorde punten uit tabel 14

Klasse	Aantal punten	
	O_2 + BOD_5^{20} + NH_4^+-N	O_2 + NH_4^+-N
1	3 - 4,5	2 - 3
2	4,6- 7,5	3,1- 5
3	7,6-10,5	5,1- 7
4	10,6-13,5	7,1- 9
5	13,5-15,0	9,1-10

tere klasse. De verschillen tussen de zomer en winter worden vermoedelijk veroorzaakt door de aktiviteit van algen in de zomer en door verschil van herkomst van het water.

Gesteld kan worden dat de zuurstofhuishouding bepaald zonder de BOD in de winter een grotere overeenkomst vertoont dan in de zomer met de zuurstofhuishouding bepaald aan de hand van drie parameters. Daarom zullen van de monsterpunten van het ICW-onderzoek alleen in de winter de zuurstofhuishouding worden berekend.

Zoals reeds in par. 2.2 is vermeld, wordt de voedselrijkdom van een water in belangrijke mate bepaald door de stikstof- en fosfaatgehalten, terwijl de zuurstof(over)verzadiging hier ook indirect informatie over geeft. Per monsterpunt is getracht de toestand van het water in een getal uit te drukken. Hiertoe is per monsterpunt aan vijf parameters een aantal punten toegekend. De som van deze punten geeft een getal, dat in het vervolg de belastingsindex wordt genoemd. De vijf parameters zijn: anorganisch ammonium-stikstof, organisch-stikstof, orthofosfaat, hydrolyseerbaar- plus organisch-fosfaat en het zuurstofverzadigingspercentage (Tabel 16).

Per monsterpunt zijn de gescoorde punten opgeteld. Minimaal zijn er dus per monsterpunt 5 en maximaal 50 punten te behalen. Aangezien het orthofosfaat bepaald is na filtratie bestaat de fractie hydrolyseerbaar- plus organisch-P voor een deel uit orthofosfaat dat bij het filtreren op het filter is achtergebleven.

Het voordeel van deze werkwijze is dat wateren gemakkelijk aan de hand van één getal met elkaar vergeleken kunnen worden. Een nadeel van het gebruik van de belastingsindex is, dat de totaalscore van een monsterpunt zowel door natuurlijke belasting als door vuilbelasting tot stand kan komen. Dus alleen wateren met een gelijke natuurlijke belasting mogen met elkaar worden vergeleken.

De belastingsindex is alleen voor de monsterpunten van het eigen onderzoeksprogramma berekend, aangezien niet bij alle provinciale monsterpunten de Kjeldahl-stikstof en het totaal-fosfaat bepaald zijn.

Tabel 16. Aantal punten, die toegekend worden aan de vijf parameters die de belastingsindex bepalen

Punten	Anorg.-NH_4^+-N mg/l	Org. N mg/l	Ortho-P mg/l	Hydrolyseerbaar + org.P mg/l	O_2-verzadiging %	
1	0,0 -0,20	0 -0,5	0,0 -0,01	0,0 -0,05	91 - 109	
2	0,20-0,40	0,5 -0,75	0,01-0,03	0,05-0,10	81-90	110-119
3	0,40-0,60	0,75-1,0	0,03-0,07	0,10-0,15	71-80	120-129
4	0,60-0,80	1,0 -1,5	0,07-0,11	0,15-0,20	61-70	130-139
5	0,80-1,0	1,5 -2,0	0,11-0,15	0,20-0,30	51-60	140-149
6	1,0 -1,3	2,0 -2,5	0,15-0,20	0,30-0,40	41-50	150-159
7	1,3 -1,5	2,5 -3,0	0,20-0,30	0,40-0,50	31-40	160-169
8	1,5 -2,0	3,0 -4,0	0,30-0,40	0,50-0,75	21-30	170-179
9	2,0 -2,5	4,0 -5,0	0,40-0,50	0,75-1,0	11-20	180-189
10	≥2,5	≥5,0	≥0,50	≥1,0	0-10	≥190

7. NEERSLAG

7.1. ALGEMEEN

In Nederland valt ongeveer 750 mm neerslag per jaar. Het grootste gedeelte komt hiervan op land terecht. De verdamping is in ons land jaarlijks gemiddeld 450 mm. Het neerslagoverschot (neerslag - verdamping) is dus ongeveer 300 mm per jaar. Een aanzienlijk deel van het neerslagoverschot infiltreert in de grond en komt via een kortere of langere weg tot afstroming in het oppervlaktewater.

Naast de samenstelling van de neerslag is ook de hoeveelheid neerslag van invloed op de samenstelling van het oppervlaktewater. Bij veel neerslag zal er een grotere verdunning optreden waardoor in het oppervlaktewater lagere gehalten worden gevonden. Bij geringe neerslag zal om het neerslagtekort in de zomer te compenseren water aangevoerd moeten worden. In Friesland is bijvoorbeeld in de droge zomer van 1976 ongeveer tweemaal zoveel water uit het IJsselmeer ingelaten als in 1975.

In de volgende paragraaf wordt de samenstelling van de neerslag besproken.

7.2. FYSISCH-CHEMISCHE SAMENSTELLING

De fysisch-chemische samenstelling van regenwater is niet op iedere plaats gelijk. Ten gevolge van maritieme en industriële invloeden worden verschillen in gehalten van bepaalde ionen gevonden. Relatief hoge Na^+- en Cl^--gehalten met een Cl^-/Na^+-verhouding van ongeveer 1,80 worden veroorzaakt door maritieme invloeden. Hoge concentraties van NO_3^-, NH_4^+ en SO_4^{2-} zijn toe te schrijven aan de aanwezigheid van wooncentra en industrieën (CONRADS en BUISMAN, 1973). Ook in Nederland zijn ten gevolge van menselijke activiteiten de concen-

Tabel 17. Gemiddelde samenstelling (gewogen gemiddelde) van de neerslag te Wageningen over de periode 1-8-1973 tot en met 31-7-1975 en te Hilversum over de periode 16-11-1932 tot en met 22-12-1937 (Steenvoorden en Oosterom, 1975)

Bepaling	Eenheid	Samenstelling te Wageningen	Samenstelling te Hilversum
HCO_3^-	mg/l	4,5	2,6
SO_4^{2-}	"	13	4,5
Cl^-	"	7	4
Ca^{2+}	"	2	1,7
Mg^{2+}	"	< 1	1
Na^+	"	4	2
K^+	"	< 1	
NO_3^-	mg N/l	0,7	0,02
NO_2^-	"	< 0,01	< 0,01
NH_4^+	"	1,7	0,42
Albuminoid-N	"	0,4	0,09
Kjeldahl-N	"	2,5	-
Orthofosfaat	mg P/l	0,03	-
Totaal-fosfaat	"	0,08	-
EGV	$\mu mho.cm^{-1}$ (20°)	67	28
pH		5,0	-
$KMnO_4$-verbr.	mg O_2/l	5	1,4
COD	"	19	-
Neerslag	$mm.jaar^{-1}$	839	700

traties van verschillende ionen in sterke mate toegenomen (Tabel 17).

Opvallend zijn de hoge stikstof- en fosfaatconcentraties. Uit de tabel blijkt ook, dat alhoewel de 'major elements' zijn gestegen ten opzichte van 1937, ze in 1975 nog op een laag niveau liggen.

Gedurende een bemonstering van een jaar vond HENKENS (1976) op 4 plaatsen in het noorden de volgende gehalten aan eutrofiërende stoffen in het regenwater (Tabel 18).

Tabel 18. Aanvoer van stikstof en fosfaat door de neerslag in de periode 1 oktober 1973 tot 1 oktober 1974

Plaats	Neerslag	Gemiddeld gehalte	
	mm	minerale-N mg/l	totaal-P mg/l
Creil (NOP)	568	2,3	0,19
Emmercompascuum (Dr.)	610	1,9	0,15
Oosterend (Fr.)	728	1,9	0,10
Nieuw Beerta (Gr.)	730	1,5	0,11

Gebaseerd op de indeling van Volleweider en de normen, die Leentvaar geeft, moeten in Nederland de oppervlaktewateren die alleen direkt worden gevoed door regenwater mogelijk reeds tot de eutrofe wateren worden gerekend (RIJTEMA, 1976). Indien het oppervlaktewater wordt gevoed door zeer voedselrijk grondwater is de relatieve bijdrage van de neerslag van minder belang. Voor 6 polders in Midden West-Nederland bleek de stikstof en de fosfaat in de neerslag slechts respectievelijk 7 en 2% bij te dragen aan de stikstof- en fosfaatbalans (STEENVOORDEN en TOUSSAINT, 1974).

8. GRONDWATER

8.1. DIEP GRONDWATER

8.1.1. Algemeen

Zoals reeds eerder is vermeld maakt het diepe grondwater deel uit van het hydrologisch systeem. Vanwege het feit dat grondwater in kwelgebieden en door onttrekkingen ten behoeve van de industrie of drinkwatervoorziening direkt of indirekt in het oppervlaktewater terecht komt, is het van belang te weten hoe de fysisch-chemische samenstelling van het grondwater is.

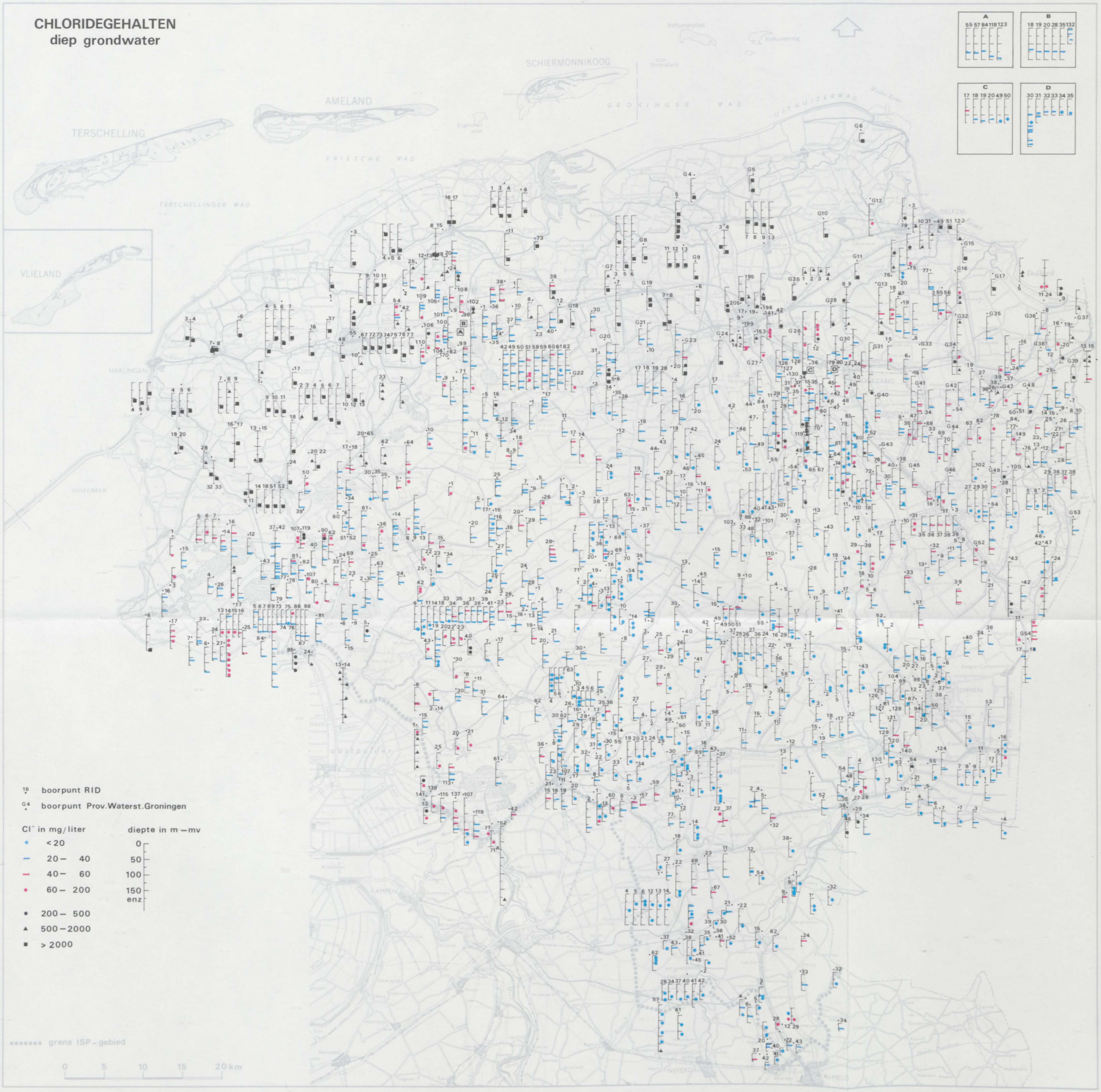
8.1.2. Fysisch-chemische samenstelling

Chloride. Op de Chloridekaart van het diepe grondwater zijn van alle boringen de chloridegehalten weergegeven. Behoudens enige diepe boringen in Drenthe en Overijssel wordt in een brede strook langs de kust en in enige gebieden langs de voormalige Zuiderzeedijk enigszins brak tot zout grondwater aangetroffen.

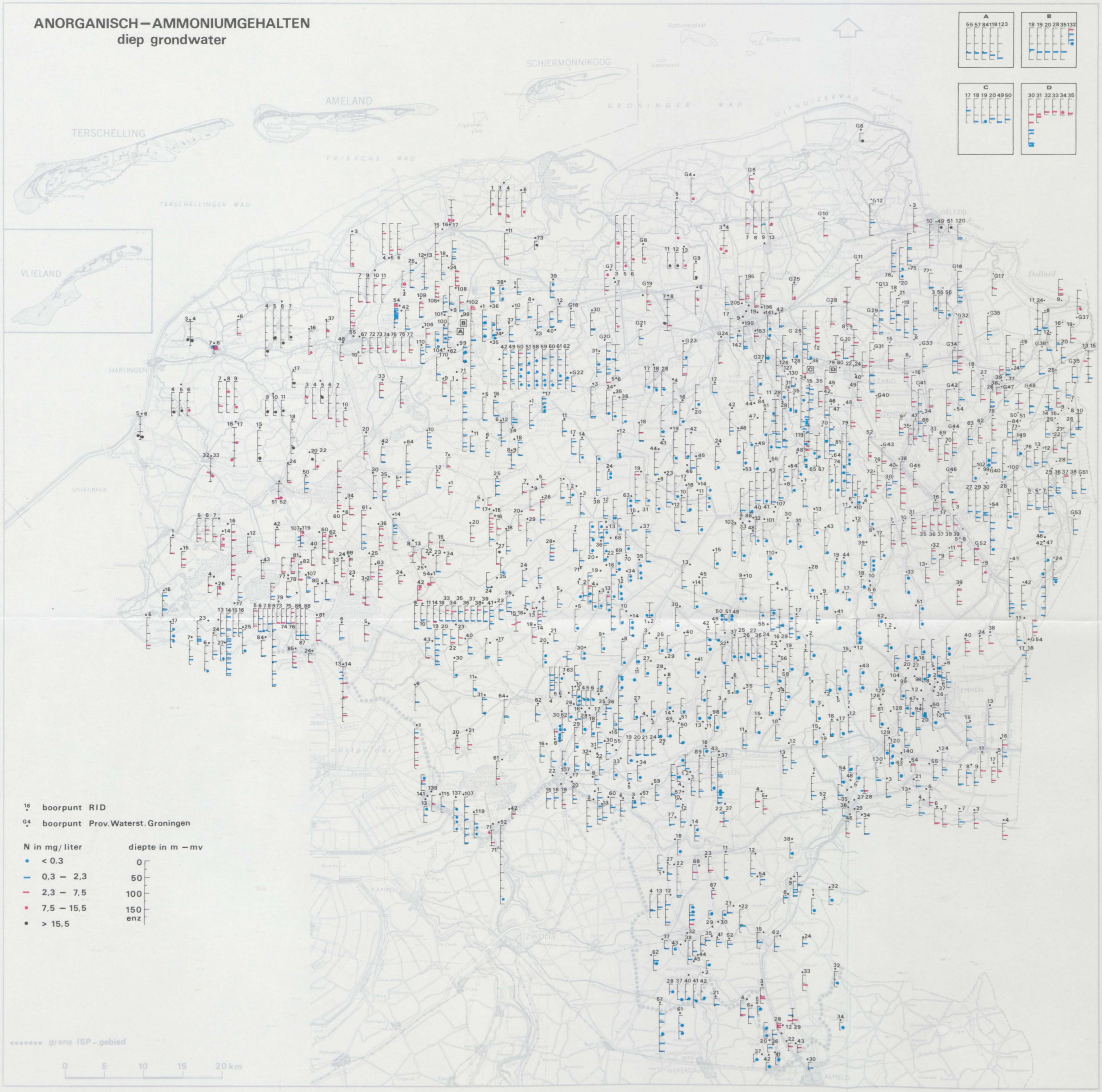
De vroeg kwartaire en tertiaire mariene afzettingen (Maassluis, Oosterhout en Breda) komen, zij het op betrekkelijk grote diepte, in het gehele onderzoeksgebied voor. Wanneer diepe grondwaterstromen dicht langs of zelfs door deze formaties stromen zullen de chloridegehalten toenemen. Op het Drenths- en Overijssels zandgebied moeten de chloridegehalten van 200 - 2000 mg Cl^-/l in enige boringen op ongeveer 150 tot 175 m -maaiveld hieraan worden toegeschreven.

Het zoute grondwater langs de kust is een direkt gevolg van de Holocene mariene transgressies, de zoet/zoutlijn van het grondwater komt dan ook goed overeen met de grens van het zeekleigebied (JELGERSMA, 1976). Opvallend is dat er maar een kleine zone voorkomt waar gehalten van 200 tot 2000 mg Cl^-/l gevonden worden; er is een

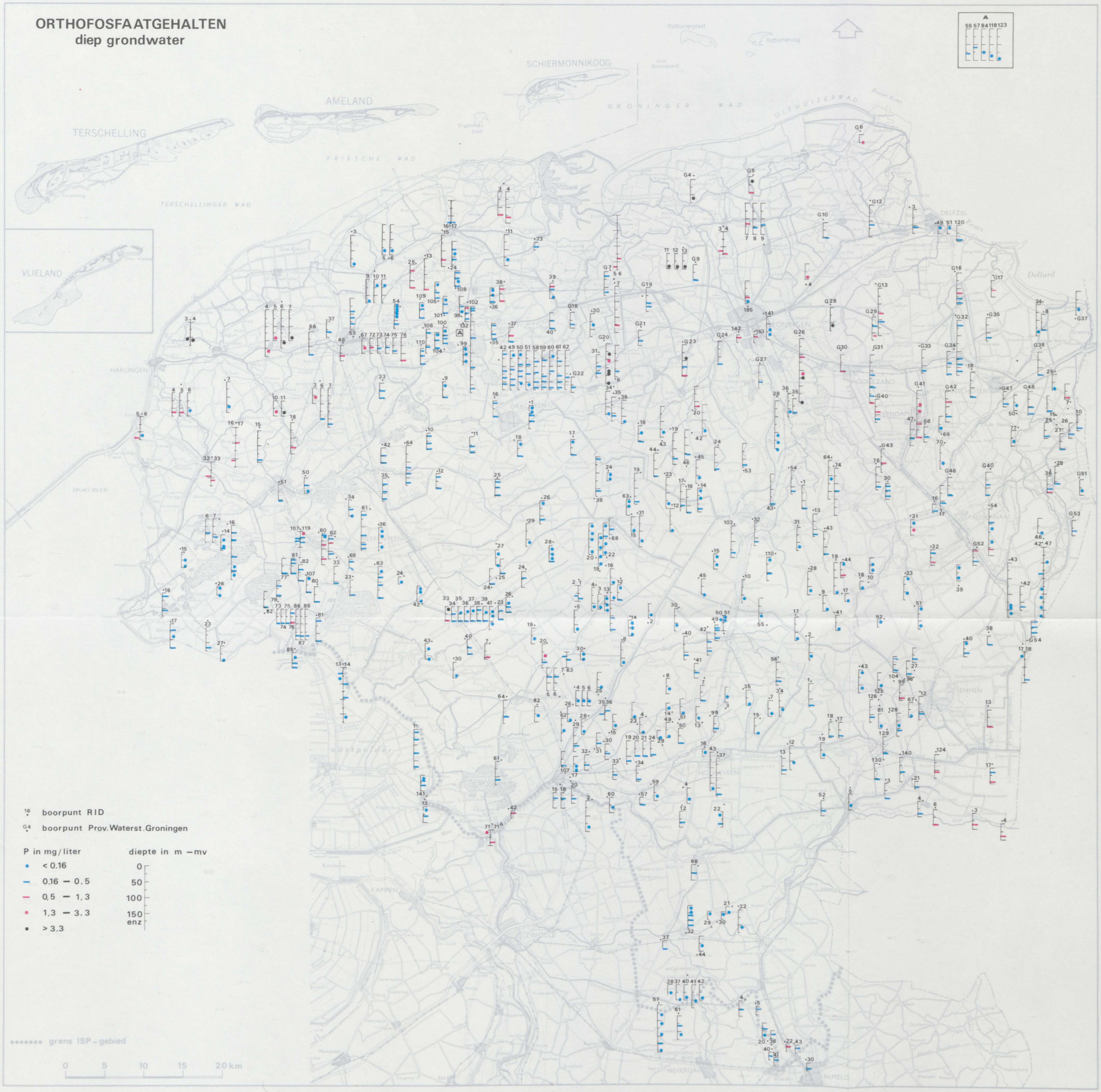
CHLORIDEGEHALTEN
diep grondwater



ANORGANISCH – AMMONIUMGEHALTEN
diep grondwater



ORTHOFOSFAATGEHALTEN
diep grondwater



16 boorpunt RID

G4 boorpunt Prov. Waterst. Groningen

P in mg/liter	diepte in m −mv
< 0,16	0
0,16 − 0,5	50
0,5 − 1,3	100
1,3 − 3,3	150 enz
> 3,3	

grens ISP-gebied

0 5 10 15 20 km

snelle overgang van zoet naar zout grondwater.

Ten oosten van de stad Groningen levert het trekken van de zoet/zoutlijn aan de hand van alleen chloridegehalten moeilijkheden op. In dit gebied speelt een aantal factoren een rol. Op de eerste plaats bevinden de tertiaire mariene formaties zich hier op minder dan 100 m onder de oppervlakte. Op de tweede plaats komen uitgestrekte potkleilichamen onder het maaiveld voor, die een grote invloed op de hydrologie hebben en op de derde plaats is de mariene Eemformatie in het late Pleistoceen in dit gebied afgezet.

Lage chloridegehalten (0-20 mg Cl^-/l) worden gevonden op het zandgebied van Drenthe en Overijssel. De hogere chloridegehalten in een aantal ondiepe boringen moeten aan lokale grondwaterverontreinigingen worden toegeschreven (RID, 1976). Meer in de richting van Friesland vallen een groot aantal boringen in het zoete grondwater in de klasse 20 tot 40 mg Cl^-/l.

S t i k s t o f. In het grondwater worden van stikstof de componenten nitraat en anorganisch ammonium veelvuldig geanalyseerd. Van ammonium zijn de gehalten op de Anorganisch ammoniumkaart van het diepe grondwater weergegeven. De hoogste ammoniumgehalten worden in het zoute grondwater gevonden. Er is een goede relatie tussen de chloride- en ammoniumgehalten in de boringen met een chloridegehalte hoger dan 200 mg Cl^-/l (Tabel 19).

In het zoete grondwater (Cl^--gehalte <200 mg Cl^-/l) wordt slechts op 7 plaatsen een ammoniumgehalte gevonden dat hoger is dan 7,5 mg N/l. Centraal in het zoete grondwater ligt het Drenths zandgebied (de driehoek Steenwijk - Emmen - Leekstermeer) met lage ammoniumgehalten. Van de in totaal 274 grondwatermonsters in deze driehoek heeft 78% een ammoniumgehalte lager dan 0,3 mg N/l en 20% een gehalte van 0,3-2,3 mg N/l. Buiten het Drenths zandgebied komen in het zoete grondwater anorganische ammoniumgehalten voor tot 7,5 mg N/l. Vooral

Tabel 19. Relatie tussen de chloride- en ammoniumgehalten in mg/l in de boringen waar beiden geanalyseerd zijn en die een Cl^--gehalte hebben van >200 mg Cl^-/l

Klasse	NH_4^+-N	Chloride				
		200-500	500-1000	1000-2000	2000-5000	>5000
I	0 - 0,3	3	1	-	-	-
II	0,3- 2,3	32	14	12	4	1
III	2,3- 7,5	21	16	17	27	23
IV	7,5-15,5	1	4	3	-	34
V	>15,5	-	-	1	-	26

Tabel 20. Verdeling van alle in het zoete grondwater van het onderzoeksgebied voorkomende nitraatgehalten in mg/l over 6 klassen

	NO_3^--N					
	0,23-1	1-2,5	2,5-5	5-12,5	12,5-25	>25
Aantal boringen	43	16	15	11	8	2

in het grondwater in het Friese lage midden, het Drenths-Gronings veenkoloniaal gebied en in mindere mate het gebied ten zuiden van Hoogeveen worden veel boringen aangetroffen met een ammoniumgehalte van 2,3 tot 7,5 mg N/l.

In het zoute grondwater werd geen nitraat gevonden. Slechts in een aantal filters (95) werd in het zoete grondwater nitraat aangetoond. In Tabel 20 zijn de gehalten in een aantal klassen onderverdeeld.

De nitraatgehalten worden zelden aangetroffen in boringen dieper dan 50 m en gaan vaak gepaard met hogere sulfaat- en chloridegehalten, hetgeen toegeschreven moet worden aan lokale grondwaterverontreinigingen (RID, 1976).

F o s f a a t. De orthofosfaatgehalten, de enige fosfaatcomponent die geanalyseerd werd, zijn weergegeven op de fosfaatkaart van het diepe grondwater. Er zijn veel minder fosfaat- dan stikstofgegevens. Dit komt enerzijds omdat in een grondwatermonster minder vaak fosfaat bepaald wordt en anderzijds omdat de fosfaatgehalten pas sinds 1950 verwerkt zijn vanwege het feit dat de resultaten voor dit jaar minder betrouwbaar waren. De hoogste fosfaatgehalten werden ook hier aangetroffen in het zoute grondwater. De relatie tussen het chloride- en fosfaatgehalte is echter niet zo duidelijk als tussen chloride en stikstof (Tabel 21).

De geringe correlatie tussen fosfaat en chloride kan mogelijk verklaard worden uit het feit dat de hoeveelheid fosfaat in opgeloste toestand in sterke mate afhankelijk is van de calcium-, ijzer- en aluminiumconcentratie en van de hoeveelheid organische stof. Fosfaat vormt namelijk met bovengenoemde stoffen, afhankelijk van de pH, onoplosbare verbindingen.

Opvallend zijn in de provincie Groningen een aantal boringen met hoge fosfaatgehalten op de grens van het zoete en zoute water; de ammoniumgehalten van deze boringen zijn niet zo hoog.

In het zoete gedeelte van het grondwater wordt ongeveer 90% van alle analyses ingedeeld in de klassen I en II (0-0,5 mg PO_4-P/l). Het Drenths zandgebied wordt gekenmerkt door lage fosfaatgehalten; 67% van de in totaal 146 analyses in dit zandgebied heeft een fosfaatgehalte van minder dan 0,16 mg PO_4-P/l en 31% een gehalte van 0,16-0,50 mg PO_4-P/l. Buiten de door Emmen - Steenwijk - Leekstermeer beschreven driehoek wordt het merendeel van de boringen (ongeveer 60%) ingedeeld in klasse II (0,16-0,50 mg PO_4-P/l).

Tabel 21. Verband tussen de chloride- en orthofosfaatgehalten in mg/l in alle boringen waar beide geanalyseerd zijn en met een Cl^--gehalte van >200 mg Cl^-/l

Klasse	PO_4-P	Chloride				
		200-500	500-1000	1000-2000	2000-5000	>5000
I	0 -0,16	8	5	4	2	11
II	0,16-0,5	15	11	9	15	15
III	0,5 -1,3	4	3	4	4	17
IV	1,3 -3,3	1	-	1	2	9
V	>3,3	3	-	-	1	12

I o n e n d i a g r a m. Aan de hand van de vorm van het ionendiagram kan grondwater ingedeeld worden in verschillende typen. Achtereenvolgens worden de in het noorden voorkomende typen besproken (GEIRNAERT, 1971):

- natriumchloride-type (NaCl). Dit type water komt in belangrijke mate overeen met zeewater;
- infiltratie-type. De totale ionenconcentratie is laag en de vorm van het ionendiagram is zeer uiteenlopend. Het is geïnfiltreerd regenwater, dat gedurende zijn weg door de grond nog weinig ionen heeft opgenomen. Dit type wordt gevonden in kalkarme bodemformaties;
- calciumbicarbonaat-type ($Ca(HCO_3)_2$). Dit type wordt gekenmerkt door een hoge hardheid en een laag chloridegehalte. Dit water kan beschouwd worden als het normale eindprodukt van geïnfiltreerd regenwater; het wordt gevonden in kalkrijke bodems. De sulfaten zijn door sulfaatreduktie sterk verminderd en door het oplossen van kalk

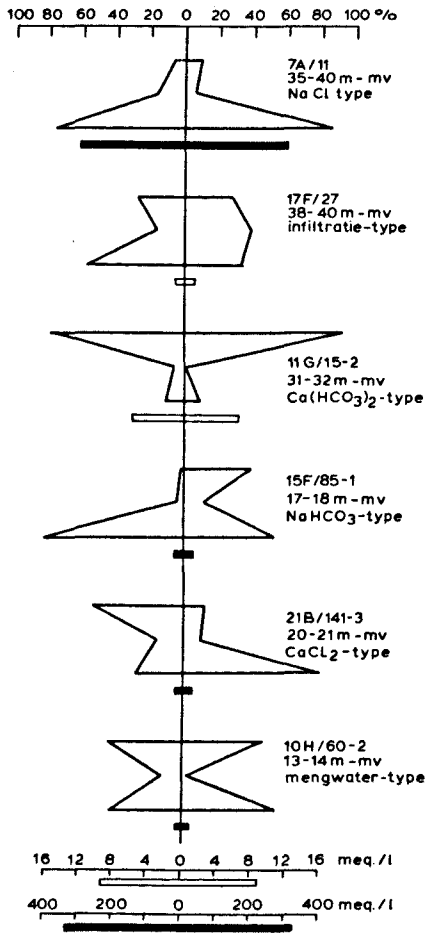


Fig. 12. Voorbeelden van ionendiagrammen van 6 verschillende watertypen in het diepe grondwater; 7A/11 = boring 11, Top. kaart 1 : 25 000, blad 7A; voor lokatie boring zie Boorpuntenkaart

uit de bodem is de hardheid betrekkelijk hoog;

- natriumbicarbonaat-type ($NaHCO_3$). Dit water kan ontstaan in continentale sedimenten, die met zout water in aanraking zijn geweest en indien dat zoute water weer door zoet water is vervangen;
- calciumchloride-type ($CaCl_2$). Dit water ontstaat wanneer zout water in een sediment infiltreert, dat met zoet water in aanraking is geweest;
- mengwater-type. Dit type water ontstaat na menging van het natriumchloridewater en het calciumbicarbonaatwater. De totale ionenconcentratie van het mengwater varieert sterk.

Van elk van de hierboven beschreven typen is een voorbeeld gegeven in Fig. 12. Het grondwater van het onderzoeksgebied is door middel van ionendiagrammen in kaart gebracht (Ionendiagrammenkaart van het diepe grondwater). Voor de kaart is een keuze gemaakt uit de ter beschikking staande gegevens. Per kaartblad 1 : 25 000 zijn 2 à 3 ionendiagrammen uitgekozen, die representatief waren voor het grondwater voorkomend op het kaartblad. Op deze manier vertoont de Ionendiagrammenkaart een beeld van het voorkomen en de verspreiding van de verschillende typen in het diepe grondwater.

In het zoete grondwater (op de Chloridekaart het gebied met gehalten lager dan 200 mg Cl^-/l) worden twee typen onderscheiden, namelijk het infiltratie- en het calciumbicarbonaat-type. Het infiltratie-type wordt gevonden in wegzijgingsgebieden. Dit zijn meestal gebieden, die wat hoger liggen dan hun omgeving. In het onderzoeksgebied is het infiltratie-type in de volgende gebieden te vinden (RID, 1976):

Hondsrug
Oost-west rug bij Hooghalen en Westerbork
Zandduinen van Diever en Appelscha
Stuwwal bij Steenwijk
Ruinerweide
Keileemrug van Zuidwolde
Omgeving van Langelo
Archemerberg
Omgeving van Sellingen

Het calciumbicarbonaat-type komt in de rest van het zoete grondwater voor. Uitgaande van het centrale Drenths zandgebied neemt naar het westen, noorden en noordoosten de hardheid toe. Het calciumbicarbonaat-type heeft in Friesland absoluut en relatief hogere calcium- en bicarbonaatgehalten dan in Drenthe. Dit stemt overeen met de Isohypsenkaart van het diepe grondwater, waaruit blijkt dat er een grondwaterstroming is vanuit Drenthe richting Groningen en Friesland. Het water heeft op zijn lange weg veel kalk uit de bodem kunnen oplossen.

In het brakke en zoute grondwater is het natriumchloride-type het meest verspreid. Dit type wordt gevonden langs de kust van de Waddenzee en is een direkt gevolg van de Holocene mariene transgressies.

Op de overgang van het zoete naar het zoute grondwater is een smalle strook waar drie typen worden gevonden, namelijk het natriumbicarbonaat-, het calciumchloride- en het mengwater-type.

8.1.3. Doorsnede door het gebied

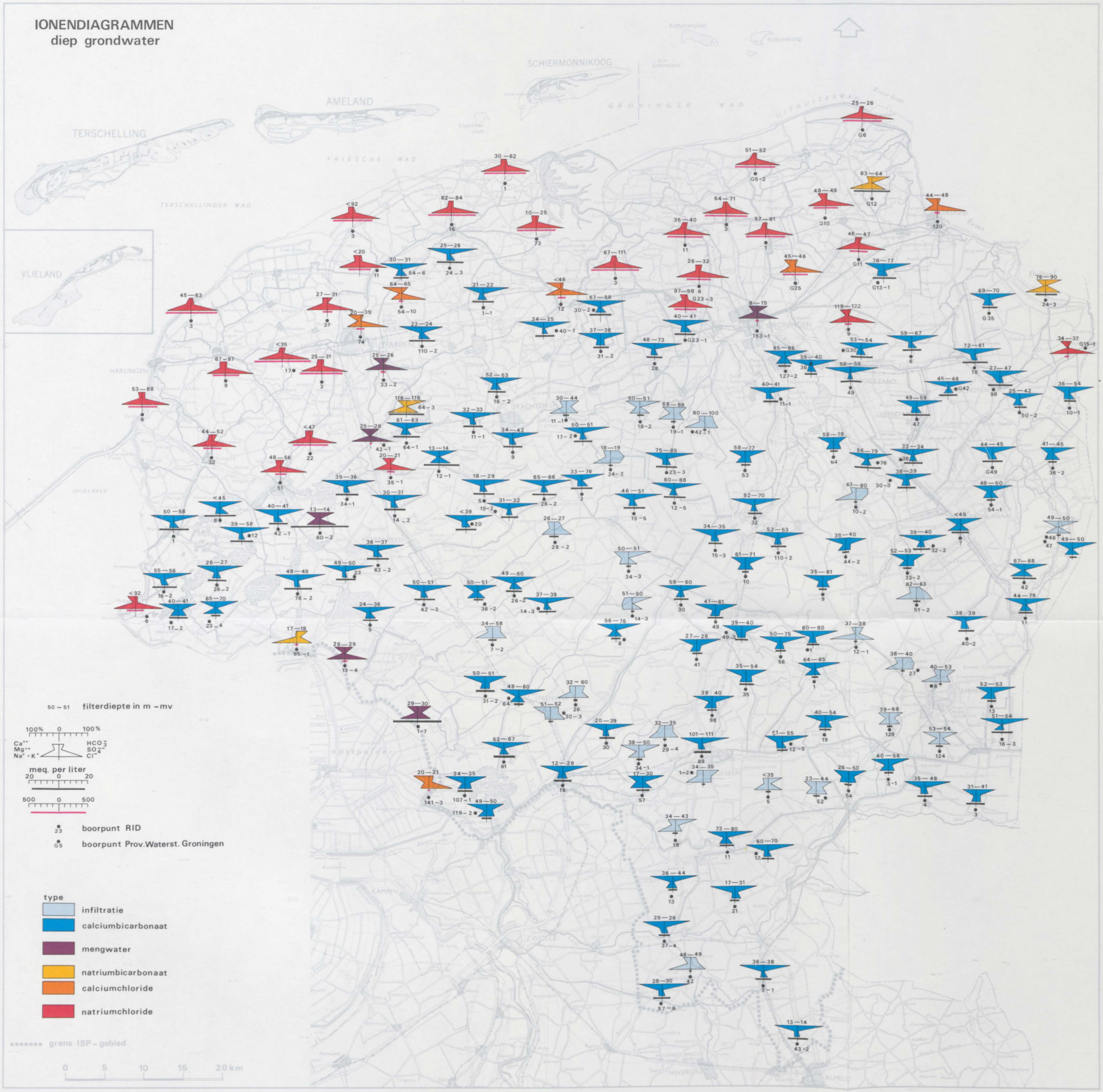
In Tabel 22 zijn de in de vorige paragrafen besproken parameters (chloride, stikstof, fosfaat en het ionendiagram) weergegeven in een doorsnede door het onderzoeksgebied (Fig. 13).

Volgen wij de raai in oostelijke richting (1 → 25) dan kunnen de boringen 1 tot en met 5 gerekend worden tot het zoute grondwater met hoge chloride-, stikstof- en fosfaatgehalten. De nummers 6, 7 en 8 liggen in het klei-op-veengebied van zout naar zoet. De ionendiagrammen van de boringen 6 en 7 behoren tot het $CaCl_2$-type en boring nummer 8 tot het mengwater-type. De boringen 9 tot en met 21 liggen allemaal in het zoete grondwater. Hierbij kunnen de nummers 13 en 14 tot het infiltratie-type en de nummers 9, 10, 11, 15, 17,

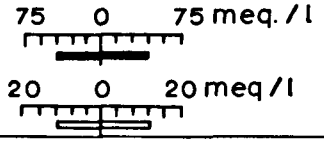
Tabel 22. Ionendiagrammen van het grondwater op de in Fig. 13 genoemde boringen (10B/6 = boring 6, Top. kaart 1 : 25 000, blad 10B; voor lokatie boringen zie Boorpuntenkaart)

Boringnr. van Fig. 13		Boorpunt-nummer	Cl^- mg/l	PO_4^{3-}-P mg/l	NH_4^+-N mg/l	Diepte m -mv
1		10B/ 6	7 745	0,04	15,9	53- 68
2		10E/ 4	8 925	1,2	22,2	58- 78
3		10E/ 9	7 249	0,13	10,0	67- 87
4		10F/10	15 375	3,3	41,7	25- 45
5		10F/ 5	10 329	1,8	15,6	25- 32
6		11A/20	1 072	-	3,1	50- 65
7		11A/42-2	502	0,25	1,59	50- 51
8		11B/12-2	220	0,30	1,95	50- 51
9		11B/11-2	19	0,31	1,03	50- 51
10		11E/18-2	23	0,47	0,59	50- 51
11		11F/17-2	25	0,45	1,51	50- 51
12		11F/18-2	24	0,21	0,67	50- 51
13		12A/19	17	0,21	0,17	68- 88
14		12A/42	16	0,09	0,02	60-101
15		12A/24	19	0,20	0,12	66- 81

IONENDIAGRAMMEN
diep grondwater



Boringnr. van Fig. 13		Boorpunt-nummer	Cl^- mg/l	PO_4^{3-}-P mg/l	NH_4-N mg/l	Diepte m -mv
16		12B/53	17	0,28	0,16	59- 77
17		12B/54	225	0,27	0,27	65- 73
18		12E/64	20	0,04	0,10	58- 78
19		12E/76	41	0,32	4,8	56- 79
20		12E/40	29	0,57	2,7	41- 42
21		7G/30	35	1,3	1,2	53- 54
22		7G/28	237	3,6	4,3	59- 60
23		7E/10	6 850	0,47	7,5	48- 49
24		7E/12	180	0,43	1,2	63- 64
25		3G/ 6	11 400	1,6	29	25- 26



19, 20 en 21 tot het calciumbicarbonaat-type gerekend worden, terwijl de nummers 12, 16 en 18 behoren tot een overgangstype van beide bovengenoemde typen. Boring 22 bevindt zich weer in de overgang van zoet naar zout, type $CaCl_2$. De overige boringen behoren tot het zoute grondwatertype, boring 24 vormt hier echter een uitzondering op, dit is het natriumbicarbonaat-type. Het is mogelijk dat door de daar aanwezige potkleilichamen zich hier een zoet waterwig vanuit de zandgronden van Drenthe en Groningen bevindt.

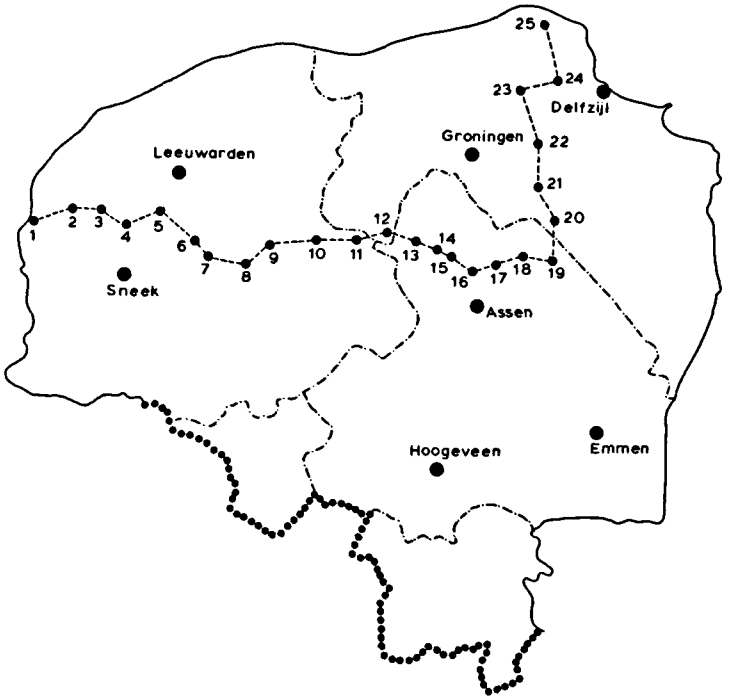


Fig. 13. Ligging van de in Tabel 22 vermelde boringen; voor de boorpuntnummers zie Tabel 22; voor de lokatie zie Boorpuntenkaart

Het blijkt dat er een goed verband bestaat tussen de hoge chloride- en stikstofgehalten; alleen de boringen 9, 10, 11, 19 en 20 hebben een laag chloridegehalte en toch nog redelijk hoge stikstofgehalten. Dit verschijnsel is karakteristiek voor de veengebieden in het onderzoeksgebied. Wat betreft het fosfaat worden de hoogste waarden weliswaar gevonden in het gebied met hoge chloridegehalten, maar ook lage fosfaatgehalten worden in dit gebied aangetroffen.

8.1.4. Conclusies

De fysisch-chemische samenstelling van het grondwater op verschillende diepten onder het maaiveld wordt enerzijds bepaald door de opbouw van het sediment op de diepte van het filter en anderzijds door de fysisch-chemische en biologische processen waaraan het regenwater gedurende het transport door de bodem heeft blootgestaan. Door luchtvervuiling of vanwege de afstand vanuit de kust kan de fysisch-chemische samenstelling van het te infiltreren regenwater verschillen. Ook ander water kan infiltreren naar het diepe grondwater. Hierbij kan worden gedacht aan bijvoorbeeld water uit bergingsbassins, water uit septictanks en oppervlaktewater uit rivieren en kanalen. Het was in het kader van dit onderzoek helaas niet mogelijk de opbouw van de sedimenten van het watervoerend pakket en de grondwaterstroming uitgebreid te bestuderen, vandaar dat in het voorafgaande vooral de kwalitatieve toestand van het grondwater is beschreven en de bespreking van processen en oorzaken grotendeels achterwege zijn gebleven.

In Fig. 14 is een samenvatting gegeven van de in dit hoofdstuk besproken chloride-, stikstof- en fosfaatgehalten. Vanwege het geringe aantal gegevens konden voor het anorganisch ammonium van twee diepteklassen (10-50 en 50-75 m -maaiveld) kaarten worden vervaardigd en voor orthofosfaat slechts van één diepteklasse (25-75 m -maaiveld).

Aan de hand van de gevonden resultaten kan gesteld worden dat het zoute grondwater hoge tot zeer hoge gehalten aan stikstof en fosfaat bevat. Welke stikstof- en fosfaatgehalten in het zoete grondwater aangetroffen worden, is afhankelijk van de plaats waar geboord wordt: op het Drenths zandgebied lage en daar buiten hogere gehalten.

De vraag waarom redelijk hoge ammoniumgehalten (2,3-7,5 mg N/l) gevonden worden in het Friese lage midden en in de Drenths-Groningse veenkoloniën is niet eenzoudig te beantwoorden. Volgens de ionendiagrammen (calciumbicarbonaat-type) moet het water van een grote afstand aangevoerd zijn, omdat het water voldoende gelegenheid gehad moet hebben om $Ca(HCO_3)_2$ op te nemen en het moet, vanwege de lage chloridegehalten, van zoete origine zijn. De enige mogelijkheid is dat het water afkomstig is van het Drenthse zandgebied (GISCHLER, 1967; GEIRNAERT, 1972). Daar echter in het Drenthse grondwater lage stikstofgehalten voorkomen, moet de verhoging van de gehalten afkomstig zijn van de sedimenten in de veengebieden zelf. Nog nader bestudeerd zal moeten worden hoe de ondergrond in de veengebieden is opgebouwd en in hoeverre regenwater gedurende een zeer lange periode via de bovengrond naar het diepe grondwater is geïnfiltreerd.

8.2. ONDIEP GRONDWATER

8.2.1. Algemeen

Zoals in de Inleiding is geschetst, komt een deel van het neerslagoverschot via het ondiepe grondwater tot afstroming in het oppervlaktewater. Teneinde meer inzicht te krijgen in de natuurlijke minerale belasting van het oppervlaktewater werd in een aantal natuurgebieden het ondiepe grondwater onderzocht.

Aangezien verreweg het grootste gedeelte van het landoppervlak uit landbouwgronden bestaat, wordt in dit hoofdstuk ook de samenstelling van het ondiepe grondwater in de landbouwgebieden behandeld.

8.2.2. Fysisch-chemische samenstelling in natuurgebieden

In Fig. 15 zijn de natuurgebieden aangegeven waarvan het ondiepe grondwater is bemonsterd en geanalyseerd. Achtereenvolgens wordt

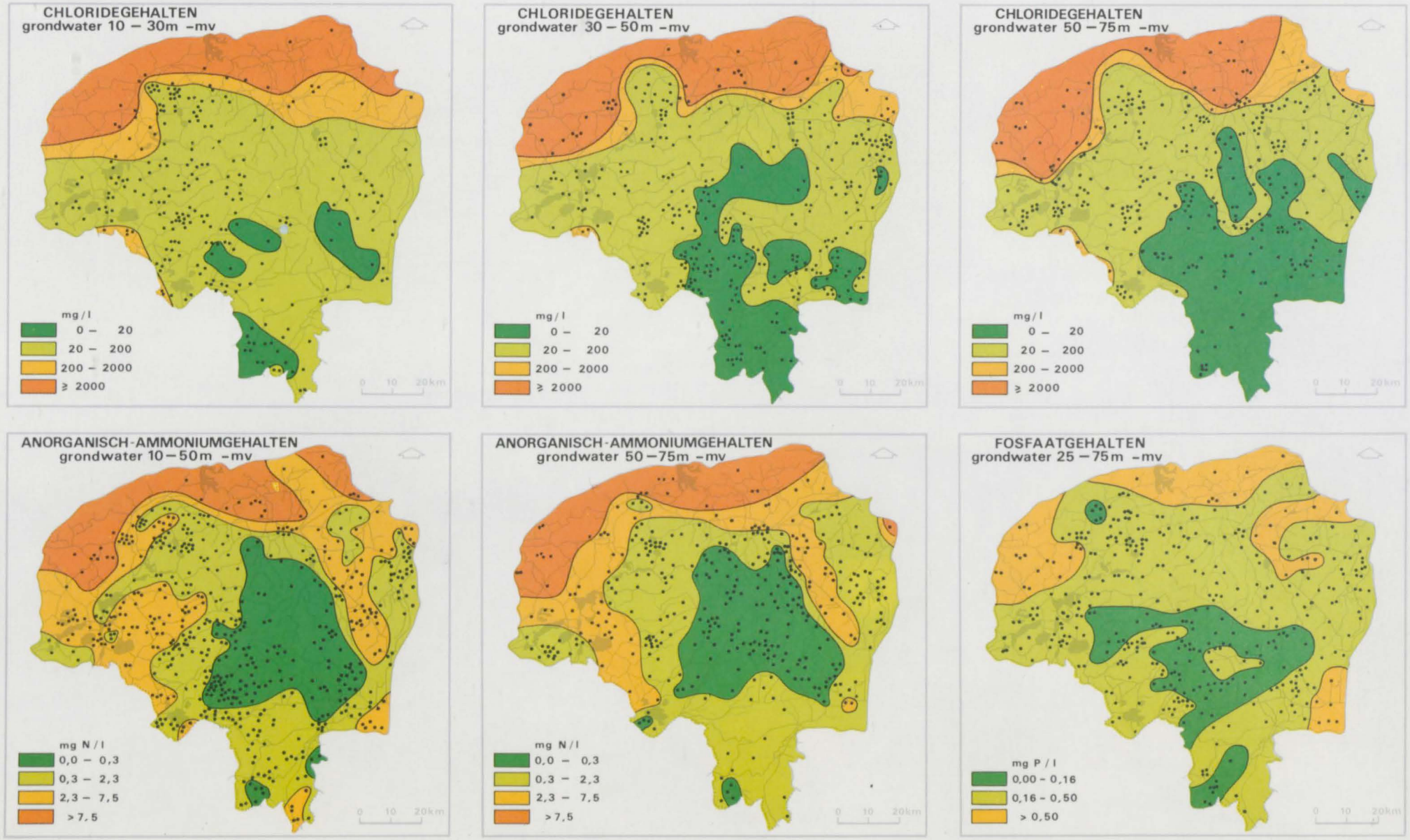


Fig. 14. Chloride-, anorganisch ammonium- en orthofosfaatgehalten van het grondwater op enkele diepten in het Noorden des Lands

Fig. 15. Ligging van de natuurgebieden waarvan het ondiepe grondwater is bemonsterd

de fysisch-chemische samenstelling van het ondiepe grondwater per bodemtype behandeld.

Z e e k l e i. Op het zeekleigebied zijn de eendenkooien en landgoederen de enige stukken land, die niet bemest of beweid worden. In deze gebieden komen wel vaak grote aantallen vogels voor. In twee eendenkooien is het ondiepe grondwater bemonsterd, namelijk de eendenkooi bij Piaam en de Van Asperen eendenkooi ten noordoosten van Dokkum. De drie overige grondwatermonsters zijn afkomstig van de Epemastate te IJsbrechtum, de Jongemastate te Rauwerd en de Menkemaborg te Uithuizen. Bij de vijf buizen bestaat het gehele profiel uit kleiïg materiaal met dien verstande, dat de grond bij de Menkemaborg van zeer lichte zavel en bij Piaam van matig lichte zavel is. Bij Rauwerd, Epema en de Van Asperen eendenkooi bestaat het profiel uit klei.

Tabel 23. Chemische samenstelling van het ondiepe grondwater tot ongeveer 2 m -maaiveld van vijf natuurgebieden op het zeekleigebied

	Menkema	Rauwerd	Epema	Piaam	Van Asperen
$KMnO_4$ (mg O_2/l)	8	16	11	22	53
COD (mg O_2/l)	50	82	47	107	233
pH	7,5	7,2	7,2	7,3	7,5
EGV (µS/cm)	900	2173	1920	4610	16 530
Kjeldahl-N (mg/l)	8,6	15,5	4,4	15,6	11,2
NH_4^--N (mg/l)	4,7	11,2	3,4	13,1	6,2
NO_3^--N (mg/l)	0,07	0,12	0,23	0,2	0,69
Totaal-P (mg/l)	3,4	1,6	1,4	3,5	6,0
Ortho-P (mg/l)	2,5	1,5	1,3	3,0	4,7
HCO_3^- (mg/l)	456	984	803	1267	1 576
SO_4^{2-} (mg/l)	30	260	146	385	254
Cl^- (mg/l)	59	133	166	863	5 570
Ca^{2+} (mg/l)	114	265	145	284	283
Mg^{2+} (mg/l)	16	44	53	149	402
Na^+ (mg/l)	46	139	212	643	3 275
K^+ (mg/l)	18	66	26	48	97

De resultaten zijn in Tabel 23 weergegeven. De hoge stikstof- en fosfaatgehalten zijn bij deze gronden, die ontstaan zijn in een

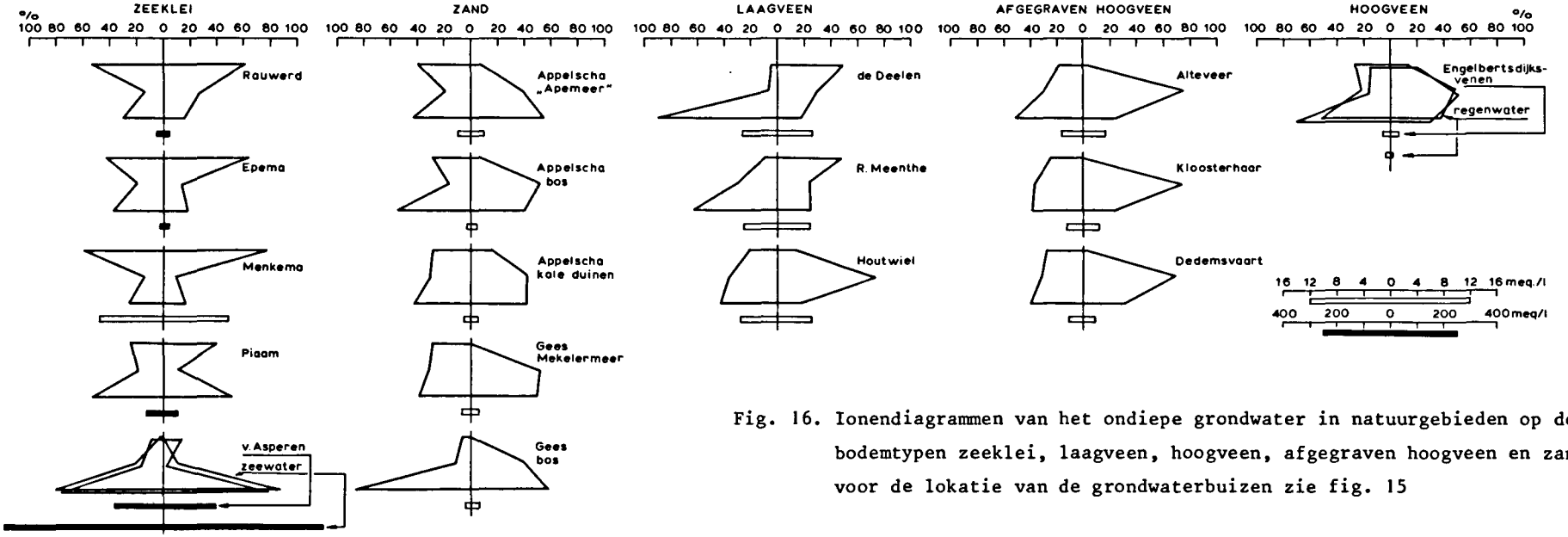


Fig. 16. Ionendiagrammen van het ondiepe grondwater in natuurgebieden op de bodemtypen zeeklei, laagveen, hoogveen, afgegraven hoogveen en zand; voor de lokatie van de grondwaterbuizen zie fig. 15

brak milieu, opvallend. Het hoge chloridegehalte en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) in de buizen van de eendenkooien te Piaam en bij Dokkum laten zien dat er een stikstof- en fosfaatrijke kwelstroom is.

Nadat een sediment is afgezet zal de afbraak van de organische stof door micro-organismen beginnen. Door het bij die afbraak gevormde koolzuur zal het carbonaat - bicarbonaat evenwicht verschuiven in de richting van het bicarbonaat met als gevolg dat calciumcarbonaat in oplossing gaat:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftarrows Ca^{2+} + 2\ HCO_3^-$$

In de vijf watermonsters werden aanzienlijke hoeveelheden aan calcium en bicarbonaat gevonden, namelijk 5,7 tot 15 meq/l Ca^{2+} en 7,5 tot 26 meq/l HCO_3^-. De calcium- en bicarbonaatconcentraties bepalen in belangrijke mate de ionendiagrammen (Fig. 16). Alleen bij de Van Asperen eendenkooi is het water zo zout dat, ondanks het feit dat de calcium- en bicarbonaatconcentraties in het monster de hoogste zijn van alle boringen, de hoeveelheid natrium en chloride de vorm van het diagram vaststelt. Het ionendiagram van de Van Asperen eendenkooi vertoont grote overeenkomst met die van zeewater (ICW, 1975). Het grondwatermonster uit de eendenkooi te Piaam kan wat betreft de ionensamenstelling beschouwd worden als een tussenvorm tussen die van Rauwerd, Epema en Menkema enerzijds en de Van Asperen eendenkooi anderzijds.

L a a g v e e n. In het algemeen kan van de veenvorming in het noorden het volgende worden gezegd. Tijdens het warmer en vochtiger worden van het klimaat tijdens het Atlanticum en het Subboreaal werden de omstandigheden gunstig voor veenvorming. In eerste instantie vond veenvorming plaats op die plaatsen, die gevoed werden door het stijgende grondwater of door rivierwater. Naarmate de veenvorming doorging en het veenpakket dikker werd, was regen de enige voedingsbron. In sommige gebieden vond veenvorming plaats onder direkte invloed van de zee, dus onder brakke en voedselrijke omstandigheden. De opbouw van het veen en een benadering van de C/N-quotiënten zal er als volgt uitzien (STIBOKA, 1965):

	C/N-quotiënt
Jong veenmosveen	65
Oud veenmosveen	38
Zeggeveen en bosveen en rietzeggeveen	27

Zegge-, bos- en rietzeggeveen worden gevormd onder invloed van respectievelijk grond-, rivier- en zeewater.

Drie buizen zijn geplaatst in het laagveengebied van Friesland en wel op graslandpercelen in de natuurgebieden het Houtwiel (gemeente Dantumadeel), de Deelen (gemeente Heerenveen) en de Rottige Meenthe (gemeente Weststellingwerf). De 3 grondwaterbuizen staan in het veengebied van Friesland tussen het Friese zeekleigebied en het Drenthse zandgebied. Bij de 3 boringen is de veenlaag ongeveer 3 m dik en rust ze op de Pleistocene zandondergrond; het onderste deel van het veenpakket wordt gevormd door mesotroof zeggeveen waarboven een dikkere of dunnere laag oligotroof veenmosveen is gevormd. In vroegere doorbraken van de zee kan het veengebied met een dunne klei-

Tabel 24. Chemische samenstelling van het ondiepe grondwater tot 2 m -maaiveld van drie natuurgebieden op het laagveengebied

	Houtwiel	Deelen	Rottige Meenthe
$KMnO_4$ (mg O_2/l)	30	55	76
COD (mg O_2/l)	112	180	237
pH	5,5	6,5	6,3
EGV (µS/cm)	522	510	514
Kjeldahl-N (mg/l)	3,1	5,8	7,6
NH_4^+-N (mg/l)	0,94	3,6	2,9
NO_3^--N (mg/l)	0,21	0,40	0,81
Totaal-P (mg/l)	0,10	0,16	0,38
Ortho-P (mg/l)	0,02	<0,01	0,05
HCO_3^- (mg/l)	42	147	149
SO_4^{2-} (mg/l)	188	96	62
Cl^- (mg/l)	39	34	46
Ca^{2+} (mg/l)	21	3	10
Mg^{2+} (mg/l)	20	4	17
Na^+ (mg/l)	56	105	70
K^+ (mg/l)	4	4	4

laag bedekt zijn.

De resultaten van de chemische analyses van het ondiepe grondwater staan vermeld in Tabel 24. Zoals reeds is vermeld, is de opbouw en samenstelling van het veenpakket van grote invloed op de gehalten aan stikstof en fosfaat.

Aangezien het Friese en Overijsselse veenpakket in het algemeen bestaat uit veenmosveen op zeggeveen zullen de gehalten in het grondwater in dit veengebied in dezelfde orde van grootte liggen als de

gevonden gehalten in de drie buizen.

Het ionendiagram van het grondwater in het Houtwiel is karakteristiek voor het veengebied; hetzelfde type diagram wordt ook gevonden in het afgegraven hoogveengebied (Fig. 16). De vorm wordt bepaald door de hoge sulfaatgehalten en door de lage gehalten aan bicarbonaat en chloride. Vanwege de lage pH in veengebieden zal de hoeveelheid bicarbonaat namelijk gering zijn, daar het koolzuurevenwicht pH-afhankelijk is. Het chloridegehalte zal in natuurgebieden, waar geen invloed van zee is, in het algemeen niet boven de 30 mg Cl^-/l komen. Het sulfaatgehalte in het grondwater in het Houtwiel is 188 mg SO_4^{2-}/l, hetgeen lager is dan de sulfaatgehalten in 4 van de 5 buizen in het zeekleigebied.

Hoogstwaarschijnlijk worden de ionendiagrammen van het grondwater van de Deelen en de Rottige Meenthe in belangrijke mate bepaald door ionenuitwisseling. De Deelen en de Rottige Meenthe liggen in een gebied waar tot vlakbij een 20 tot 40 cm dikke kleilaag op het veen is afgezet. Op de Bodemkaart 1 : 200 000 worden de twee natuurgebieden omsloten door kaarteenheid 81: kleiïg veen. Het is dus zeer goed mogelijk dat de gebieden overspoeld zijn geweest met zeewater. Wanneer zout water in aanraking komt met een in zoet water gevormd sediment zal Na^+ van het zoute water worden uitgewisseld tegen Ca^{2+} van het sediment. Nadat door terugtrekking van de zee het zoute water vervangen is door zoet water zal de Ca^{2+} van het zoete water worden uitgewisseld met Na^+ van het sediment, zodat Na^+ in het poriënwater terecht komt. Omdat chloride niet gebonden wordt aan het sediment is de chloride van het zoute water reeds lang uitgespoeld. Aldus ontstaan de in Fig. 16 getekende ionendiagrammen.

H o o g v e e n. Twee buizen zijn geplaatst in nog niet afgegraven hoogveen, waarvan de ene staat in de Engbertsdijksvenen bij Vriezenveen en de andere in een hoogveengebied in zuidoost Drenthe. De opbouw van deze veengebieden is identiek aan de opbouw van de Friese veengebieden, alleen liggen ze ten opzichte van hun omgeving hoger. Tijdens het warmer en vochtiger worden van het klimaat steeg de grondwaterstand en door een slechte ontwatering kon er veenvorming plaatsvinden, eerst zeggeveen daarna veenmosveen.

Tabel 25. Chemische samenstelling van het ondiepe grondwater tot 2 m -maaiveld van twee natuurgebieden op het hoogveen

	Engbertsdijksvenen	Zuidoost Drenthe
$KMnO_4$ (mg O_2/l)	52	-
COD (mg O_2/l)	138	-
pH	5,3	3,9
EGV (µS/cm)	160	134
Kjeldahl-N (mg/l)	5,8	-
NH_4^+-N (mg/l)	4,3	4,8
NO_3^--N (mg/l)	0,55	-
Totaal-P (mg/l)	0,06	0,23
Ortho-P (mg/l)	<0,01	<0,01
HCO_3^- (mg/l)	12	-
SO_4^{2-} (mg/l)	31	-
Cl^- (mg/l)	14	-
Ca^{2+} (mg/l)	2	-
Mg^{2+} (mg/l)	2	-
Na^+ (mg/l)	14	-
K^+ (mg/l)	2	-

In Tabel 25 zijn de resultaten vermeld. Uit de buis in zuidoost Drenthe is te weinig water verkregen om alle analyses te laten verrichten. De resultaten van de analyses die wel zijn gedaan liggen in

dezelfde orde van grootte als van het veengebied bij Vriezenveen. Het blijkt dat het stikstofgehalte overeenkomt met dat van het laagveengebied; het fosfaatgehalte ligt lager.

De twee veengebieden liggen zoveel hoger dan de (afgegraven) gebieden in de directe omgeving, dat het onmogelijk is dat er een ondiepe grondwaterstroming plaatsvindt in de richting van het veengebied. Het EGV van 160 µS/cm duidt er dan ook op dat het veengebied met regenwater wordt gevoed. Het ionendiagram van regenwater te Wageningen (ICW, 1975) vertoont dan ook grote overeenkomst met dat van het veengebied (Fig. 16).

A f g e g r a v e n h o o g v e e n. De drie ondiepe grondwatermonsters zijn genomen op een heide-akker bij Alteveer in Groningen, in een bosgebied bij Dedemsvaart en in een hakhoutbosje bij Kloosterhaar. De profielen van de drie boringen zijn in alle gevallen gelijk; onder een zandlaag van maximaal 50 cm ligt een veenlaag van ongeveer 50 cm, hierna komt vervolgens weer zand. De veenlaag wordt voor een deel gevormd uit restveen en voor een deel uit teruggestort veen.

De samenstelling van het grondwater is vermeld in Tabel 26. Wat betreft de stikstof- en fosfaatgehalten is er een grote overeenkomst met het grondwater van het laagveen- en van het hoogveengebied. De drie ionendiagrammen vertonen onderling grote overeenkomst en komen goed overeen met het diagram van het grondwater in het Houtwiel, die beschreven is bij de behandeling van het laagveen (Fig. 16).

Tabel 26. Chemische samenstelling van het ondiepe grondwater tot 2 m -maaiveld van drie natuurgebieden op het afgegraven hoogveen

	Alteveer	Kloosterhaar	Dedemsvaart
$KMnO_4$ (mg O_2/l)	24	24,5	91
COD (mg O_2/l)	145	285	600
pH	4,9	4,8	4,5
EGV (µS/cm)	290	180	244
Kjeldahl-N (mg/l)	9,4	5,6	2,8
NH_4^+-N (mg/l)	-	3,6	2,3
NO_3^--N (mg/l)	0,16	0,23	0,46
Totaal-P (mg/l)	0,04	0,11	0,09
Ortho-P (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01
HCO_3^- (mg/l)	0	0	0
SO_4^{2-} (mg/l)	115	100	66
Cl^- (mg/l)	29	23	22
Ca^{2+} (mg/l)	11	11	12
Mg^{2+} (mg/l)	11	10	8
Na^+ (mg/l)	31	17	14
K^+ (mg/l)	9	5	9

Z a n d. Vijf buizen zijn geplaatst op het zandgebied en wel drie in de boswachterij Appelscha en twee in de boswachterij Gees. Drie buizen staan in een veldpodzolprofiel met een organische stofklasse van zeer humeus tot humusrijk (5-15% organische stof), terwijl de dikte van de humushoudende bovengrond minder dan 30 cm is. In elk van de twee boswachterijen staat een buis zonder een duidelijk podzolprofiel (Appelscha: 'Kale Duinen' en Gees: 'Mekeler Meer'). Het organische stofgehalte valt in de klassen uiterst tot zeer humusarm

Tabel 27. Chemische samenstelling van het ondiepe grondwater tot ongeveer 2 m -maaiveld van vijf natuurgebieden op het zandgebied

	Boswachterij Appelscha			Boswachterij Gees	
	Apemeer	bos	Kale Duinen	Mekelermeer	bos
$KMnO_4$ (mg O_2/l)	4	3,3	0,76	1,4	1,0
COD (mg O_2/l)	12	10	7,5	7,5	25
pH	4,4	4,3	5,3	4,2	4,7
EGV (µS/cm)	231	141	109	149	186
Kjeldahl-N (mg/l)	0,99	0,67	0,59	0,48	1,0
NH_4^+-N (mg/l)	0,36	0,30	0,26	0,30	0,08
NO_3^--N (mg/l)	0,25	4,3	0,03	0,03	0,05
Totaal-P (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ortho-P (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HCO_3^- (mg/l)	8	2	12	0	4
SO_4^{2-} (mg/l)	35	17	16	26	29
Cl^- (mg/l)	38	8	18	20	27
Ca^{2+} (mg/l)	10	3	4	6	2
Mg^{2+} (mg/l)	4	1	3	4	1
Na^+ (mg/l)	18	7	9	8	13
K^+ (mg/l)	2	1	2	2	1

(minder dan 1½% organische stof).

De resultaten staan vermeld in Tabel 27. In verhouding tot de andere gebieden worden zeer lage fosfaat- en stikstofgehalten gevonden.

De buis Appelscha 'bos' vertoont een nitraatgehalte van 4,3 mg NO_3^--N/l tegenover een gemiddeld nitraatgehalte van 0,09 mg NO_3^--N/l voor de andere buizen. De buis met het hoge nitraatgehalte bevindt zich in een bosgebied waar de bomen ten gevolge van recente stormen omgewaaid zijn. Het nitraatgehalte kan mogelijk verklaard worden uit het feit dat na het omwaaien van de bomen veel wortelresten te mineraliseren waren en daar het gevormde nitraat niet opgenomen kan worden, vindt er nitraatuitspoeling naar het grondwater plaats. De twee buizen in de profielen met een organisch stofgehalte lager dan 1½% hebben een lager Kjeldahl-N gehalte dan de buizen in de humusrijkere gebieden.

Door de lage pH worden de ionendiagrammen gekenmerkt door lage bicarbonaatgehalten (Fig. 16). Wat betreft de chloride- en sulfaatgehalten worden gehalten gevonden, die lijken op die in regenwater. Opgemerkt dient te worden dat kleine veranderingen in de afzonderlijke gehalten relatief grote wijzigingen geven aan de vorm van het ionendiagram.

O r g a n i s c h e s t o f (COD e n $KMnO_4$) o p d e v e r - s c h i l l e n d e b o d e m t y p e n. Aan de hand van het chemisch zuurstofverbruik, zowel bepaald met behulp van kaliumpermanganaat ($KMnO_4$) als met kaliumdichromaat (COD), is een duidelijk onderscheid te vinden in de organische stofgehalten tussen enerzijds het zandgebied en anderzijds de andere gebieden.

Uit de resultaten blijkt dat buiten het zandgebied in het ondiepe grondwater COD-gehalten van 100 en meer veelvuldig voorkomen. Dit zijn in het algemeen gebieden met Holocene en afgegraven Holocene afzettingen.

De verhouding COD/$KMnO_4$ geeft informatie over de chemische resistentie van de organische stof; hoe hoger deze verhouding des te inerter is de organische stof. De verhouding COD/$KMnO_4$ ligt voor het afgegraven hoogveen op ongeveer 7 en voor het laagveen en hoogveen respectievelijk op 3,4 en 2,6. In het grondwater van de Van Asperen

eendenkooi wordt een hoog chemisch zuurstofverbruik gevonden. De verhouding COD/$KMnO_4$ van 4,4 komt echter goed overeen met de verhouding van de andere buizen in het kleigebied.

S t i k s t o f - e n f o s f a a t g e h a l t e n e n d e v e r h o u d i n g v a n s t i k s t o f e n f o s f a a t o p d e v e r s c h i l l e n d e b o d e m t y p e n. In Tabel 28 zijn de resultaten voor wat stikstof en fosfaat betreft voor de verschillende bodemtypen samengevat.

Tabel 28. Hoogste, laagste en gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l in het ondiepe grondwater van natuurgebieden op de bodemtypen zeeklei, laagveen, hoogveen, afgegraven hoogveen en zand

Bodemtype	Kjeldahl-N			Totaal-P		
	min.	max.	gem.	min.	max.	gem.
Zeeklei	4,4	15,6	11,1	1,4	6,0	3,2
Laagveen	3,1	7,6	5,5	0,10	0,38	0,21
Hoogveen	5,8	5,8	5,8	0,06	0,23	0,15
Afgegraven hoogveen	2,8	9,4	5,9	0,04	0,11	0,08
Zand	0,48	1,0	0,75	<0,01	<0,01	<0,01

Alhoewel er in Tabel 28 vrij grote verschillen optreden tussen de maximale en minimale gehalten, blijkt toch duidelijk dat de stikstof- en fosfaatgehalten in het ondiepe grondwater van de verschillende bodemtypen in het onderzoeksgebied niet op gelijke niveaus liggen. De gehalten in deze tabel geven duidelijk per bodemtype de orde van grootte van de natuurlijke belasting aan.

Tabel 29. Gemiddelde verhouding van Kjeldahl-stikstof en totaal-P in een aantal buizen in het ondiepe grondwater van natuurgebieden op de bodemtypen zeeklei, laagveen, hoogveen, afgegraven hoogveen en zand

Bodemtype	Aantal buizen	Verhouding Kjeldahl-N/totaal-P		
		min.	max.	gem.
Zeeklei	5	2	10	4
Laagveen	3	20	36	29
Hoogveen	1	97	97	97
Afgegraven hoogveen	3	31	235	106
Zand	5	-	-	>75

In Tabel 29 is de verhouding Kjeldahl-stikstof en totaal-fosfaat van het ondiepe grondwater voor de verschillende bodemtypen gegeven.

In het grondwater van het kleigebied maakt anorganisch ammoniumstikstof en orthofosfaat een aanzienlijk deel uit van de totale hoeveelheid stikstof en fosfaat, namelijk gemiddeld respectievelijk 67 en 85%. Dit is voor het grondwater van het laagveengebied veel minder het geval, namelijk 42 en 11%. De bijdrage van nitraat- en nitriet-stikstof aan de totale hoeveelheid stikstof is voor de bodemtypen maximaal 10%.

Indien oppervlaktewater uitsluitend of in zeer grote mate wordt gevoed met grondwater is de verhouding opneembaar stikstof/opneembaar fosfaat van het grondwater belangrijk, aangezien uit deze verhouding blijkt of stikstof danwel fosfaat de beperkende faktor is voor algenbloei.

8.2.3. Chemische samenstelling in landbouwgebieden

Aangezien het ondiepe grondwater in landbouwgebieden in het kader van deze waterkwaliteitskartering niet is onderzocht, wordt in deze paragraaf aan de hand van literatuurgegevens de samenstelling (vooral wat betreft stikstof en fosfaat) van het ondiepe grondwater behandeld. STEENVOORDEN en OOSTEROM (1977a) hebben bij 45 rundveehouderijbedrijven, verdeeld over verschillende bodemtypen, de chemische samenstelling onderzocht. De resultaten van dit onderzoek staan vermeld in Tabel 30.

Tabel 30. Gemiddelde analyseresultaten in het grondwater van de rundveehouderijbedrijven per bodemtype bij gegeven kunstmest- en stalmestgift

Bodemtype	Kunstmestgift kg N/ha.jr	Stalmestgift kg N/ha.jr	Cl^- mg/l	NO_3^- mg N/l	NH_4^+ mg N/l	Org.-N mg N/l	Tot.-N mg N/l	Ortho-P mg P/l	Tot.-P mg P/l
Zand	180	125	33	9,9	0,32	1,4	11,6	<0,01	0,04
	265	115	60	17,6	0,34	1,2	19,1	<0,01	0,04
	350	205	54	28,9	0,39	1,4	30,7	<0,01	0,04
	460	150	54	24,1	0,70	1,8	26,6	<0,01	0,05
Lemig veenhoudend zand	335	165	63	0,9	2,3	1,4	4,6	<0,01	0,02
Kleiïg zand	435	170	31	5,2	<0,04	1,6	6,8	<0,01	0,06
Lichte zavel	195	125	37	15,6	0,20	0,6	16,4	<0,01	0,06
Lichte klei	285	125	15	4,7	0,14	0,7	5,5	<0,01	0,04
Zware klei	360	130	67	0,5	0,15	1,6	2,3	<0,01	0,05
Laagveen	250	120	90	0,8	3,2	2,4	6,4	<0,01	0,11
Verschillende bodemtypen (invloed van zoute kwel)	435	160	950	0,2	18,6	4,9	23,5	0,05	0,11

De hoogste nitraatgehalten zijn gemeten onder zand en lichte zavel. Voor de bedrijven op zand bestaat een goede relatie tussen het bemestingsniveau en de gehalten in het grondwater. Naarmate de bodem rijker wordt aan kleideeltjes of aan organische stof neemt het nitraatgehalte af ten gevolge van gunstiger omstandigheden voor denitrificatie in boven- en/of ondergrond. Het gehalte aan ammonium en organische-N wordt beïnvloed door de aanwezigheid van organische stof in het profiel en door de invloed van zoute kwel. Geen invloed is aantoonbaar van de bemesting op het fosfaatgehalte.

Tabel 31. Gemiddeld stikstofgehalte in het grondwater van bouwland op het zandgebied bij gegeven kunstmest- en stikstofgift

Proefveld	Bodemtype	Kunstmestgift kg N/ha.jr	Stalmestgift kg N/ha.jr	NO_3^- mg N/l	NH_4^+ mg N/l	Org.-N mg N/l	Tot.-N mg N/l
1	zand	150	-	12,6	0,33	0,89	13,8
2	zand	-	280	11,7	0,31	1,29	13,3
3	zand	-	560	19,6	0,35	0,90	20,8
4	zand	32	400	43,8	0,15	1,85	45,8

In bouwland op het zandgebied werden door STEENVOORDEN (1977) de in Tabel 31 gegeven stikstofgehalten in het grondwater aangetroffen.

In de praktijk ligt het bemestingsniveau op bouwland gemiddeld lager dan op grasland. De proefvelden 3 en 4 kunnen als zwaar bemeste bouwlandpercelen worden beschouwd. Het blijkt, gelijk als bij de graslandbedrijven, dat de stikstof in het grondwater vooral wordt teruggevonden in de vorm van nitraat.

Een aantal onderzoekers heeft de invloed van landbouwactiviteiten op de samenstelling van het grondwater gemeten met behulp van lysimeter- en drainwateronderzoek. Uit onderzoekingen naar de uitspoeling bij lysimeters (KOLENBRANDER, 1971) blijkt dat de invloed van bemesting voor de uitspoeling van stikstof en fosfaat sterk verschilt. De fosfaatuitspoeling bij verschillend bodemgebruik vertoont weinig verschillen. De

Tabel 32. Concentratie van stikstof en fosfaat in de afvoer van grasland en bouwland op basis van lysimeter- en drainwateronderzoek

Bodemgebruik	Grondsoort	Methode onderzoek	Concentratie		Auteur
			mg N/l	mg P/l	
Natuurgebied	duinzand	lysimeter	2,0	0,05	Minderman en Leeflang (1968)
Grasland	zand	lysimeter	4,3	0,08	Kolenbrander (1971)
Grasland	klei	lysimeter	4,3	0,08	Kolenbrander (1971)
Bouwland	zand	lysimeter	25,0	0,02	Kolenbrander (1971)
Bouwland	klei	lysimeter	12,0	0,02	Kolenbrander (1971)
Bouwland	zeeklei	drain	19,4	0,07	Henkens (1976)
Bouwland	rivierklei	drain	15,9	0,03	Henkens (1976)
Bouwland	zand	drain	28,3	0,02	Henkens (1976)
Bouwland	oude dalgrond	drain	10,1	0,02	Henkens (1976)
Bouwland	jonge dalgrond	drain	8,8	0,71	Henkens (1976)
Grasland	klei-op-veen	drain	-	0,08	Henkens (1976)
Grasland	zand	drain	-	0,03	Henkens (1976)

gemiddelde fosfaatconcentratie in de afvoer van graslandlysimeters bedraagt 0,08 mg P/l, voor bouwland was het fosfaatgehalte 0,02 mg P/l. HENKENS (1976) heeft voor het drainwater van bouwlandpercelen voor verschillende bodemtypen soms iets hogere waarden gevonden. De fosfaatuitspoeling van duinzandlysimeters met een natuurlijke begroeiïng (MINDERMAN en LEEFLANG, 1968) is van dezelfde orde.

Een overzicht van de beschikbare gegevens betreffende de fosfaat- en stikstofgehalten in de afvoer van grasland en bouwland is weergegeven in Tabel 32.

De uitspoeling van stikstof is, in tegenstelling met die van fosfaat, duidelijk afhankelijk van bodemgebruik, bemesting en grondsoort. Bij een natuurlijke begroeiïng op duinzand bedraagt de N-uitspoeling 2 mg/l. Bij grasland is de uitspoeling iets groter en speelt de grondsoort een wat minder duidelijke rol, terwijl op bouwland de uitspoeling varieert van 8,8 tot 28,3 mg N - afhankelijk van bodemtype en bemestingsniveau.

Het is opvallend dat het fosfaatgehalte in het drainwater van jonge dalgrond zo hoog is. Het is niet duidelijk in hoeverre dit hoge gehalte door oxidatie van de organische stof in deze jonge ontginningsgrond wordt veroorzaakt. Bij de overige gronden blijkt het fosfaatgehalte van het drainwater onafhankelijk te zijn van het bodemgebruik en overeen te stemmen met de fosfaatgehalten, die in het ondiepe grondwater van natuurgebieden op overeenkomstige bodemtypen worden gevonden.

Tenslotte zijn er nog aanwijzingen, dat door een goede ontwatering waardoor de stroombanen langer en dieper worden en de verblijftijd dus toeneemt de stikstofuitspoeling afneemt door een sterkere denitrificatie. Tevens is de kans dan kleiner dat fosfaat via oppervlakkige afstroming in het oppervlaktewater terecht komt (RIJTEMA, 1976 en 1977).

8.2.4. Conclusies

Bij het onderzoek naar de natuurlijke minerale belasting, onderzocht in een aantal natuurgebieden op verschillende bodemtypen, bleek dat de hoogste gehalten gevonden werden in het gebied met mariene sedimenten: de zeeklei. Voor dit gebied geldt dat de samenstelling van het ondiepe grondwater de resultante is van de fysisch-chemische samenstelling van het regenwater, de kwelstroom en het sediment. De stikstof- en fosfaatgehalten en de gehalten van de belangrijkste ionen

zijn hoger dan in het grondwater van de andere bodemtypen. Dit water is als zeer eutroof te karakteriseren. De invloed van vogels zal, mede gelet op de resultaten van de chemische samenstelling van het ondiepe grondwater in landbouwgebieden, op het kleigebied gering zijn.

De samenstelling van het ondiepe grondwater in het veengebied (hoog- en laagveen) is de resultante van de fysisch-chemische samenstelling van het regenwater en van het veen. Aan de hand van het stikstofgehalte wordt dit water als eutroof bestempeld. Het fosfaatgehalte in het grondwater komt overeen met dat van oligotroof-mesotroof oppervlaktewater.

Het ondiepe grondwater in de laagveengebieden in midden West-Nederland is in het algemeen voedselrijker dan het ondiepe grondwater in de veengebieden in het onderzoeksgebied (STEENVOORDEN en OOSTEROM, 1973). Enerzijds wordt dit veroorzaakt doordat de veengronden in het westen veelal onder brakke omstandigheden zijn gevormd en anderzijds wordt het ondiepe grondwater in deze laaggelegen veengebieden dikwijls gevoed met zout en voedselrijk kwelwater.

De chemische samenstelling van het ondiepe grondwater in natuurgebieden op het zandgebied wordt in hoge mate bepaald door de indamping van het regenwater, daar van het zand geen grote chemische verrijking van het grondwater te verwachten valt. De gevonden waarden in dit grondwater zijn dermate laag, dat het volgens de indeling van Vollenweider in de klasse oligo-mesotroof zou vallen.

In vergelijking tot het grondwater in natuurgebieden ligt het nitraatgehalte in het grondwater in landbouwgebieden op een hoger niveau. De nitraatuitspoeling is afhankelijk van de bodemsoort en het bemestingsniveau. De fosfaatgehalten in het ondiepe grondwater van landbouwgebieden verschilt niet met de gevonden gehalten in het grondwater van natuurgebieden.

Bij vergelijking van de resultaten van het diepe en ondiepe grondwater in natuurgebieden blijkt er wat de samenstelling betreft een goed verband te bestaan:

- In het zandgebied worden zowel in het diepe als ondiepe grondwater lage gehalten gevonden;
- in het veengebied (hoog- en laagveen) worden de redelijk hoge stikstofgehalten in het ondiepe grondwater teruggevonden in het diepe grondwater (Fig. 14). Evenals dit het geval is voor het ondiepe grondwater komen de gevonden fosfaatgehalten in het diepe grondwater beter overeen met die van het zandgebied;
- in het zeekleigebied worden hoge tot zeer hoge gehalten zowel in het diepe als ondiepe grondwater aangetroffen.

9. OPPERVLAKTEWATER

9.1. FYSISCH-CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN HET INLAATWATER

's Zomers worden in Friesland en Drenthe grote hoeveelheden water ingelaten. Dit water is voor wat Friesland betreft afkomstig uit het IJsselmeer; het water kan bij Lemmer en Staveren in de boezem ingelaten worden. Drenthe betrekt zijn water via het Meppelerdiep en het Zwarte Water uit het Zwarte Meer.

Het totale waterbezwaar op het IJsselmeer bedraagt per jaar ongeveer 16,5 miljard m^3. Hiervan wordt circa 10 miljard m^3 door de IJssel aangevoerd. De IJssel krijgt zijn water in hoofdzaak van de Rijn, zodat de samenstelling van het Rijnwater van grote invloed zal zijn op de samenstelling van het IJsselmeerwater (SNIJDELAAR, 1977). Het Zwarte Meer wordt vooral door water vanuit Drenthe via het Meppelerdiep, vanuit Overijssel via de Vecht en door IJsselwater beïnvloed.

In twee tabellen (33 en 34) zijn de zomer- en wintergemiddelden weergegeven voor vier monsterpunten, namelijk de Rijn bij Lobith, de IJssel te Kampen, het IJsselmeer ter hoogte van Urk en het Zwarte Meer. Uit de tabellen blijkt, dat de Rijn bij Lobith en de IJssel te Kampen zowel 's zomers als 's winters een zeer grote overeenkomst vertonen. Het IJsselmeerwater heeft duidelijk lagere stikstof- en fosfaatgehalten dan de IJssel. De chloridegehalten liggen op hetzelfde niveau als in de Rijn en de IJssel. Ten gevolge van algengroei worden in de zomer lage nutriëntengehalten aangetroffen en zijn de pH en de BOD in de zomer hoger dan in de winter. De watersnelheden van de IJssel worden bij het uitstromen in het Ketelmeer belangrijk gereduceerd. Dit heeft tot gevolg dat aan slib gebonden zware metalen voor circa 50% in het Ketelmeer tot bezinking komen en indien ze niet meer uit het slib worden gemobiliseerd uit het IJsselmeerwater zullen verdwijnen (SNIJDELAAR, 1977).

Tabel 33. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling in de zomer van de Rijn, IJssel, IJsselmeer en Zwarte Meer

	Rijn (Lobith)			IJssel (Kampen)			IJsselmeer			Zwarte Meer		
	1974	1975	1976	1974	1975	1976	1974	1975	1976	1974	1975	1976
pH	7,5	7,6	7,5	7,6	7,6	7,5	8,8	8,8	9,0	8,9	8,8	9,0
EGV (µS/cm)	973	777	1091	955	723	1159	982	859	989	655	556	857
Cl^- (mg/l)	223	200	235	216	137	255	239	184	226	130	86	188
% O_2 verz.(%)	40	63	57	46	61	48	114	108	113	114	115	123
BOD (mg O_2/l)	10,6	7,3	12	8,4	6,8	9,4	9,1	4,7	7,9	22	13,2	14,9
NH_4^+-N (mg/l)	2,2	0,6	1,1	2,1	0,5	1,1	0,05	0,1	0,05	0,2	0,4	0,15
NO_3^--N (mg/l)	2,9	2,9	3,7	2,9	3,1	3,9	1,6	1,8	1,4	1,1	2,0	0,90
Kjeldahl-N (mg/l)	4,0	2,5	3,0	3,9	2,1	2,8	2,5	2,1	2,3	-	3,6	3,1
Ortho-P (mg/l)	0,36	0,33	0,42	0,31	0,32	0,41	0,02	0,05	0,09	0,03	0,08	0,07
Totaal-P (mg/l)	0,91	0,66	0,98	0,75	0,57	0,78	0,20	0,23	0,33	0,42	0,37	0,46

Tabel 34. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling in de winter van de Rijn, IJssel, IJsselmeer en het Zwarte Meer

	Rijn (Lobith)		IJssel (Kampen)		IJsselmeer		Zwarte Meer	
	1974/75	1975/76	1974/75	1975/76	1974/75	1975/76	1974/75	1975/76
pH	7,5	7,6	7,6	7,6	8,2	8,5	7,8	8,2
EGV (µS/cm)	833	984	798	966	893	941	559	650
Cl^- (mg/l)	157	204	129	218	173	203	63	92
% O_2 verz. (%)	66	59	69	61	81	102	76	89
BOD (mg O_2/l)	6,9	7,0	5,0	6,6	4,8	3,1	6,8	7,3
NH_4^+-N (mg/l)	1,8	2,0	1,7	1,9	0,3	0,2	2,1	2,6
NO_3^--N (mg/l)	3,5	4,0	3,7	4,2	3,1	2,1	2,5	2,5
Kjeldahl-N (mg/l)	2,8	3,7	2,7	3,4	1,6	2,0	3,7	4,7
Ortho-P (mg/l)	0,31	0,45	0,27	0,42	0,10	0,05	0,14	0,13
Totaal-P (mg/l)	0,67	0,86	0,55	0,76	0,28	0,23	0,45	0,44

halten. De chloridegehalten zijn lager dan in de Rijn, IJssel en IJsselmeer, hetgeen veroorzaakt wordt door afvoeren vanuit Drenthe en Overijssel. In de zomer neemt het nutriëntgehalte sterk af, terwijl de BOD zeer hoge waarden bereikt. Dit is het gevolg van een sterke algenbloei in het Zwarte Meer.

Uit de tabellen blijkt duidelijk dat bij waterinlaat vanuit het IJsselmeer het oppervlaktewater minder belast wordt met nutriënten en organische stof dan bij waterinlaat vanuit het Zwarte Meer.

9.2. FYSISCH-CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN HET OPPERVLAKTEWATER

9.2.1. A l g e m e e n

Om een beeld te krijgen van de samenstelling van het water in het gebied, dat betrokken is bij de Milieukartering Noorden des Lands, zijn in het rapport kaarten opgenomen van de volgende parameters: chloride, zuurstofhuishouding, fosfaat, stikstof en het ionendiagram. In par. 9.3 worden de wateren meer gedetailleerd per bodemtype behandeld.

Om de gehalten van de verschillende parameters overzichtelijk weer te geven is gekozen voor een kleurenweergave. Op deze manier is snel een inzicht te krijgen van het gehele gebied. Het is hiervoor noodzakelijk de gehalten in klassen in te delen. De indeling in klassen moet zodanig zijn, dat er geen vervlakking van de gegevens optreedt. Daarom is gestreefd naar een goede verdeling van de gehalten over de verschillende klassen. Naarmate er grotere verschillen in gehalten werden waargenomen zijn er meer klassen geïntroduceerd.

De bemonsteringsperiode van de wateren die door de provinciale waterstaten of zuiveringschappen worden bemonsterd (in het algemeen de hoofdwaterlopen of grote doorgaande wateren) beslaat een tijdsduur van drie zomers en twee winters (april 1974 - september 1976). De monsterpunten van het ICW-bemonsteringsprogramma zijn op de kaarten door middel van een cirkel of driehoek te herkennen. Voor elke parameter is zowel een winter- (oktober - maart) als een zomerkaart (april - september) gemaakt. De precieze klasse-indelingen worden per kaart behandeld.

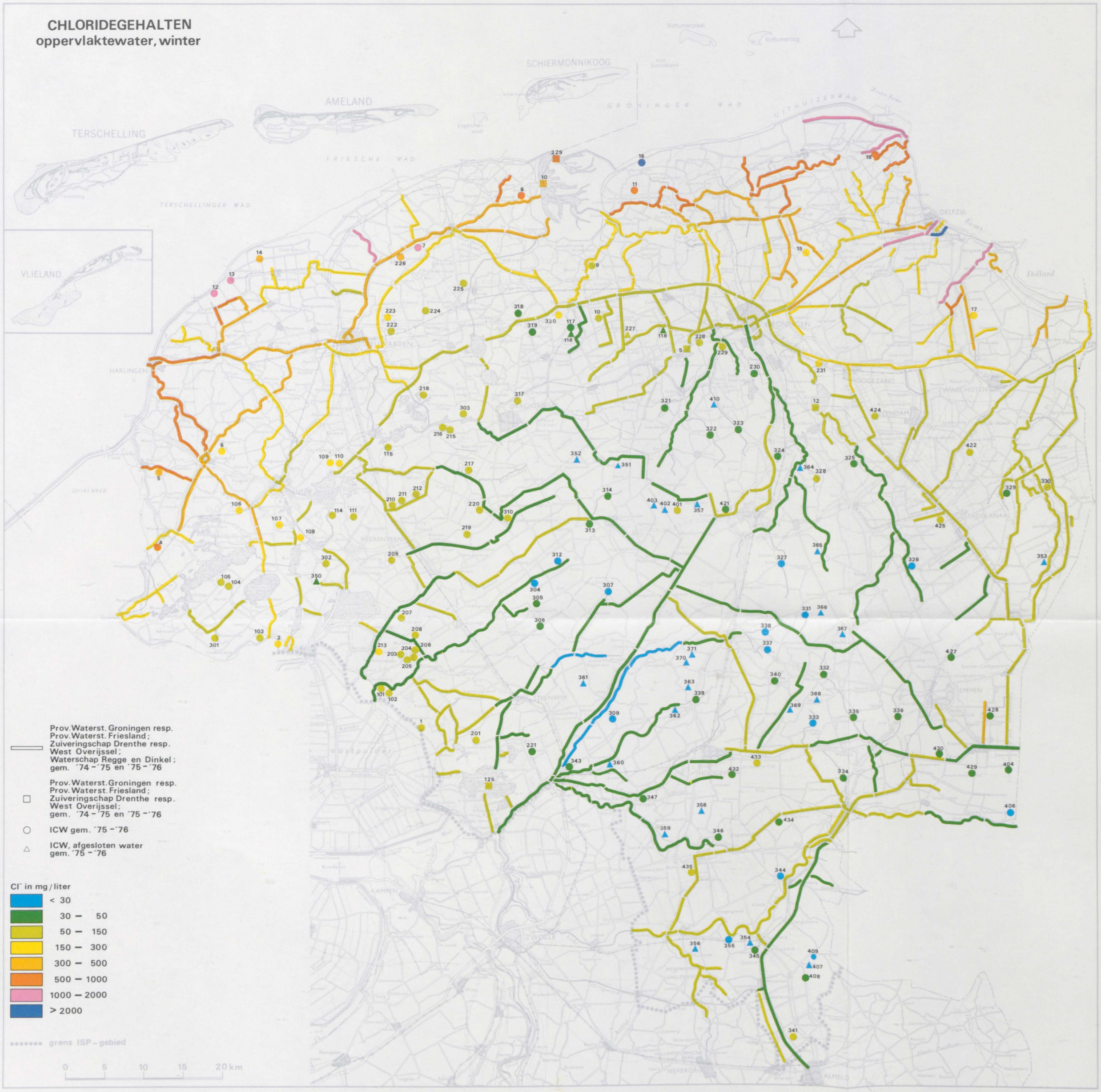
9.2.2. C h l o r i d e

De drie belangrijkste chloridebronnen zijn:

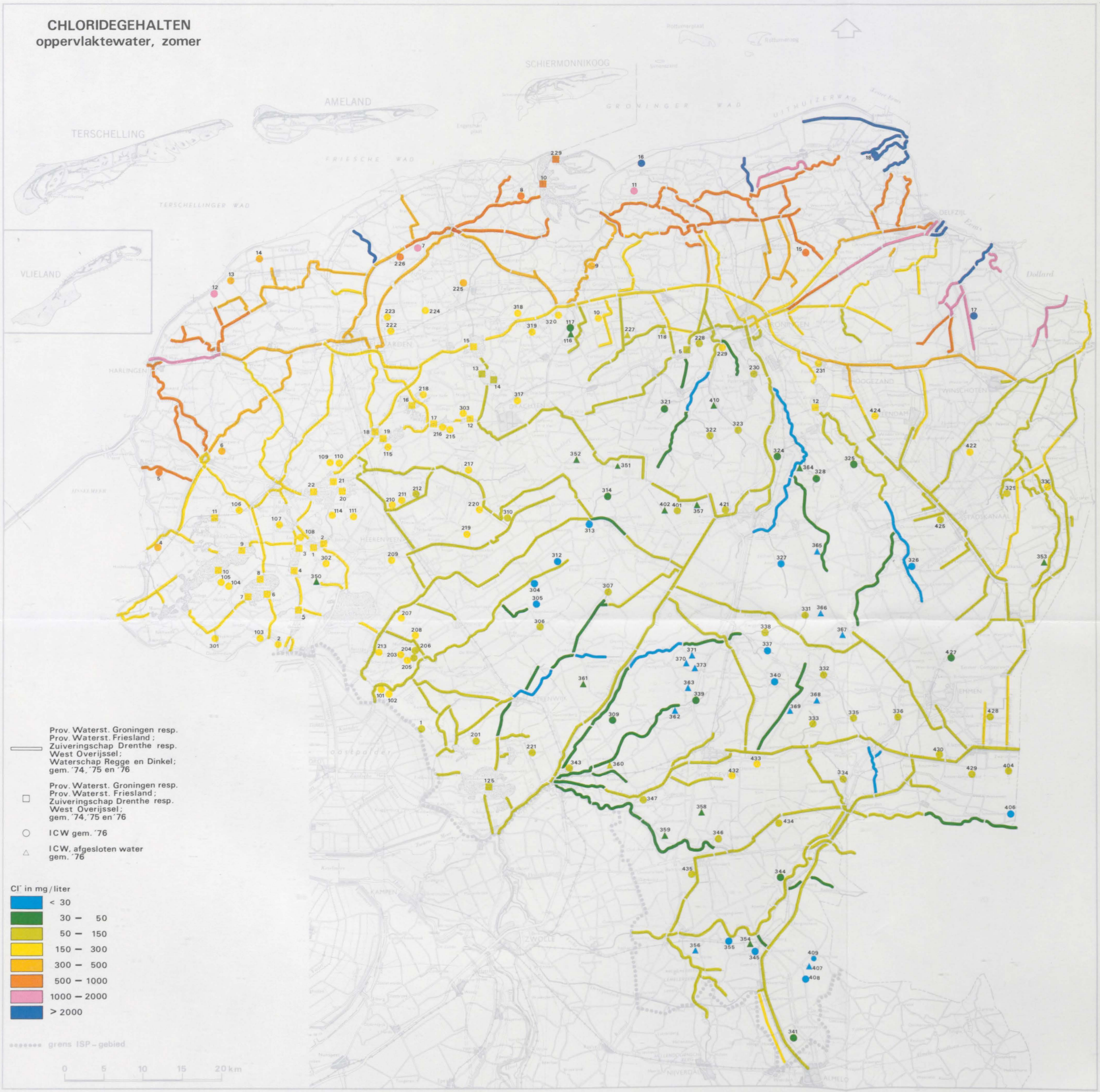
- zoute kwel
- lek- en schutwater bij de zeesluizen
- afvalwaterlozing en inlaatwater

De chloridegehalten zijn in 8 klassen ingedeeld, omdat er grote

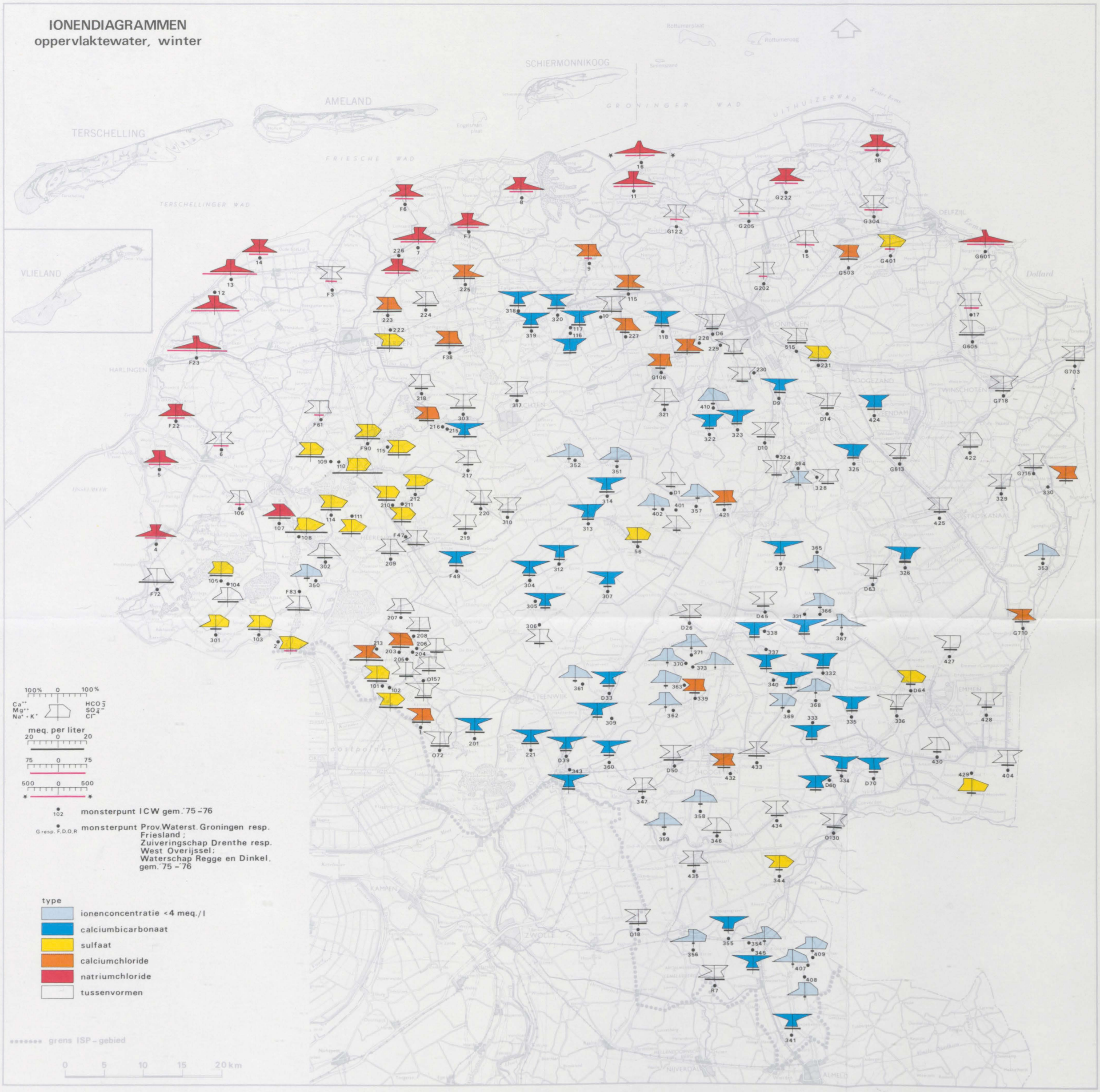
CHLORIDEGEHALTEN
oppervlaktewater, winter



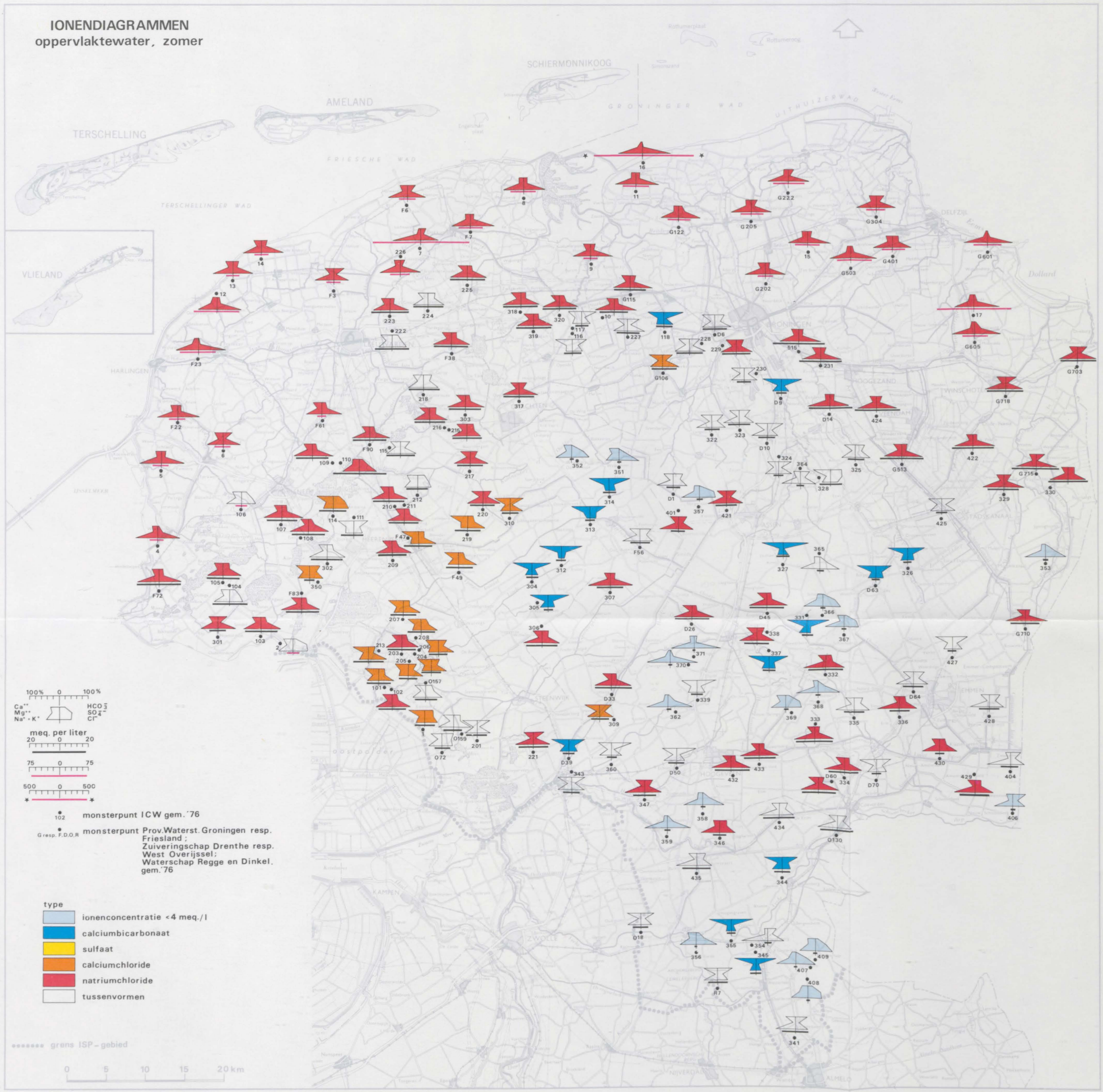
CHLORIDEGEHALTEN
oppervlaktewater, zomer



IONENDIAGRAMMEN
oppervlaktewater, winter



IONENDIAGRAMMEN
oppervlaktewater, zomer



Tabel 35. Indeling van chloridegehalten in mg/l in acht klassen

Klasse	Cl^-
1	0- 30
2	30- 50
3	50- 150
4	150- 300
5	300- 500
6	500-1000
7	1000-2000
8	>2000

verschillen in gehalten optreden. Het hoogste gemiddelde chloridegehalte bedraagt 14 560 mg Cl^-/l, terwijl het laagste gemiddelde 25 mg Cl^-/l is (Tabel 35).

Klasse 1 van 0 tot 30 mg Cl^-/l is ingesteld, aangezien het chloride-ion een belangrijke aanwijzing kan zijn voor vervuiling in gebieden met een zeer lage natuurlijke chloridebelasting. Daar het chloride-ion slechts in zeer geringe mate deelneemt aan biochemische processen, kan een laag chloridegehalte een aanwijzing zijn voor niet of nauwelijks beïnvloed water.

R e s u l t a t e n. Het is duidelijk, dat globaal gezien de hoogste gehalten langs de kust gevonden worden en dat het chloridegehalte meer landinwaarts afneemt. De laagste gehalten worden gevonden op het zandgebied. Bij Delfzijl, Termunten en Harlingen worden de hoge chloridegehalten veroorzaakt door binnendringend zeewater. Incidenteel voorkomende hoge chloridegehalten op de zeeklei worden vaak veroorzaakt door lozingen van opgepompt koelwater. Gehalten boven de 30 mg Cl^-/l in gebieden zonder zoute kwel en zonder inlaatwater duiden op vervuiling. De hogere chloridegehalten in zuidoost Drenthe zijn een gevolg van pekelverlies bij de exploitatie van het Schonebeker gas- en olieveld. Deze invloed is ook nog merkbaar rond Coevorden via het kanaal Coevorden - Alte Picardie. In de veenkoloniën en het zuidoostelijke zandgebied van Groningen is de vervuiling van industrie van invloed op het chloridegehalte.

V e r s c h i l z o m e r - e n w i n t e r k a a r t. Tussen de zomer- en winterkaart is een aanzienlijk verschil. Dit wordt mede veroorzaakt door de extreem droge zomer van 1976 toen veel water bij Lemmer met een gemiddeld chloridegehalte van 225 mg Cl^-/l en water bij Meppel met een gemiddeld chloridegehalte van 180 mg Cl^-/l werd ingelaten (Tabel 33). In Tabel 36 zijn de chloridegehalten van de Drenthse provinciale monsterpunten weergegeven.

Tabel 36. Gemiddelde chloridegehalten in mg/l van 84 monsterpunten in het zuiveringschap Drenthe, verdeeld over 3 zomers (1974, 1975 en 1976) en 2 winters (1974/75, 1975/76)

Periode	Cl^-
April 1974 - oktober 1974	52
Oktober 1974 - april 1975	51
April 1975 - oktober 1975	58
Oktober 1975 - april 1976	64
April 1976 - oktober 1976	98

Uit Tabel 36 blijkt dat er in Drenthe niet veel verschil is tussen de zomer- en winterwaarden. De droge zomer van 1976 heeft beduidend hogere gehalten.

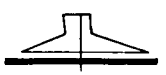
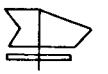
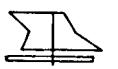
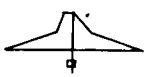
In de provincies Friesland en Groningen is er wel een aanzien-

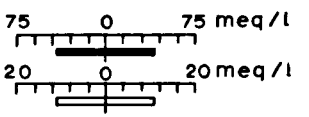
lijk verschil tussen de zomer en winter. In de zomer heeft de zoute kwel een grotere invloed en kan door de geringe afvoeren het zoute zeewater bij de sluizen verder landinwaarts komen. Het in de zomer ingelaten IJsselmeerwater heeft tot gevolg dat de invloed van de zoete kwel beperkt blijft tot het noordelijk deel van het onderzoeksgebied en dat door de tamelijk hoge chloridegehalten van het ingelaten water het water in het zuidelijk deel van Friesland en Groningen wat de chloride betreft in een klasse met hogere chloridegehalten valt.

9.2.3. Ionendiagram

De ionensamenstelling is van de 148 bemonsterde wateren tweemaal bepaald; de eerste maal aan het eind van de winterperiode en de tweede maal midden in de zomerperiode. Tevens is van 49 monsterpunten in de grote doorgaande wateren tweemaal de ionensamenstelling bepaald. De 49 monsterpunten zijn verdeeld over de 5 bodemtypen.

Tabel 37. Zes watertypen met bijbehorende voorbeelden van ionendiagrammen, die in het oppervlaktewater in het onderzoeksgebied worden onderscheiden; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

	Type	Kenmerk in meq/l	Voorbeeld
	NaCl	$Cl^- > SO_4^{2-} + HCO_3^-$ $Na^+ + K^+ >$ $Mg^{2+} + Ca^{2+}$	monsterpunt 12, winter Ca^{2+} = 230 mg/l HCO_3^- = 413 mg/l Mg^{2+} = 118 mg/l SO_4^{2-} = 369 mg/l Na^+ = 875 mg/l Cl^- = 1620 mg/l K^+ = 51 mg/l
	NaCl (inlaatwater)	idem	monsterpunt F83, zomer Ca^{2+} = 68 mg/l HCO_3^- = 80 mg/l Mg^{2+} = 14 mg/l SO_4^{2-} = 108 mg/l Na^+ = 143 mg/l Cl^- = 246 mg/l K^+ = 10 mg/l
	SO_4^{2-}	$SO_4^{2-} > HCO_3^-$ $SO_4^{2-} > Cl^-$	monsterpunt 114, winter Ca^{2+} = 51 mg/l HCO_3^- = 13 mg/l Mg^{2+} = 16 mg/l SO_4^{2-} = 187 mg/l Na^+ = 65 mg/l Cl^- = 98 mg/l K^+ = 10 mg/l
	$CaCl_2$	$Cl^- > HCO_3^-$ $Cl^- > SO_4^{2-}$ $Ca^{2+} > Mg^{2+}$ $Ca^{2+} > Na^+ + K^+$	monsterpunt 208, zomer Ca^{2+} = 85 mg/l HCO_3^- = 87 mg/l Mg^{2+} = 26 mg/l SO_4^{2-} = 116 mg/l Na^+ = 63 mg/l Cl^- = 192 mg/l K^+ = 6 mg/l
	$Ca(HCO_3)_2$	$Ca^{2+} > Mg^{2+} + Na^+ + K^+$ $HCO_3^- >$ $Cl^- + SO_4^{2-}$	monsterpunt 304, winter Ca^{2+} = 51 mg/l HCO_3^- = 171 mg/l Mg^{2+} = 5 mg/l SO_4^{2-} = 15 mg/l Na^+ = 21 mg/l Cl^- = 32 mg/l K^+ = 3 mg/l
	ionen-conc. <4 meq.	an.+kat. <4 meq/l	monsterpunt 362, zomer Ca^{2+} = 2 mg/l HCO_3^- = 1 mg/l Mg^{2+} = 2 mg/l SO_4^{2-} = 9 mg/l Na^+ = 13 mg/l Cl^- = 25 mg/l K^+ = 4 mg/l



Ionendiagrammen geven de onderlinge verhouding aan, waarin ionen in water kunnen voorkomen. Aan de hand hiervan zijn verschillende ty-

pen te onderscheiden. In Tabel 37 zijn de in het oppervlaktewater onderscheiden typen vermeld. Achtereenvolgens worden de typen besproken:

- natriumchloride-type. Dit type wordt gekenmerkt door hoge gehalten aan chloride en natrium plus kalium. Het aantal meq chloride per liter is groter dan de som van meq sulfaat/l plus meq bicarbonaat/l en het aantal meq natrium plus kalium is groter dan de som van meq calcium/l plus meq magnesium/l. Dit type wordt in de zomer en winter gevonden in het zeekleigebied. In de zomer wordt dit type ook nog in grote delen van de rest van het onderzoeksgebied aangetroffen. Het ingelaten water uit het IJsselmeer en Zwarte Meer behoort namelijk ook tot dit type, maar heeft echter een lager totaal ionengehalte aangezien het chloridegehalte bij de inlaatpunten niet boven de 300 mg Cl^-/l stijgt;
- sulfaat-type. Dit type wordt alleen in de winter aangetroffen en wordt gekenmerkt door hoge sulfaatgehalten. Het aantal meq sulfaat/l is groter dan het aantal meq chloride/l en groter dan het aantal meq bicarbonaat/l. Het sulfaat is afkomstig uit door de zee afgezette klei; natrium en chloride is uitgespoeld. Dit type wordt vooral aangetroffen in het Friese lage midden, het klei-op-veengebied;
- calciumchloride-type. Dit type wordt gekenmerkt door relatief hoge calcium- en chloridegehalten. Het aantal meq chloride/l is groter dan het aantal meq bicarbonaat/l en groter dan het aantal meq sulfaat/l. Het aantal meq calcium/l is groter dan het aantal meq magnesium/l en groter dan het aantal meq natrium plus kalium/l. Het calciumchloride-type is in beide jaarhelften ongeveer even sterk vertegenwoordigd. Dit type heeft zijn ontstaan waarschijnlijk te danken aan het feit, dat er menging van twee soorten wateren optreedt. In de zomer is dit type vooral in het laagveengebied te vinden en in de winter komt het verspreid over het gehele gebied voor;
- calciumbicarbonaat-type. Dit type wordt gekenmerkt door hoge calcium- en bicarbonaatgehalten. Het aantal meq calcium is groter dan de som van meq magnesium/l plus meq natrium plus kalium/l en het aantal meq bicarbonaat/l is groter dan de som van meq sulfaat/l plus meq chloride/l. Dit type wordt in de zomer en winter hoofdzakelijk gevonden op het zandgebied;
- het type waarbij de totale ionenconcentratie kleiner is dan 4 meq/l. Dit type wordt dus gekenmerkt door een lage totale ionenconcentratie en meestal door lage bicarbonaatgehalten. Dit type wordt gevonden in de afgesloten wateren op het zand- en hoogveengebied; de lage bicarbonaatgehalten worden verklaard uit de lage pH's.

R e s u l t a t e n. Op de kaarten zijn de in het voorafgaande beschreven typen te zien. Het aantal door het ICW bemonsterde wateren, die in de zomer en in de winter niet tot een van de vijf typen kunnen worden gerekend, is respectievelijk 25 en 27%. Voor de grote doorgaande wateren liggen deze percentages respectievelijk op 24 en 57%. De reden hiervan is dat een diagram een vorm kan hebben die tussen twee typen in ligt of dat door plaatselijke omstandigheden (bijvoorbeeld vervuiling) het diagram een bepaalde vorm krijgt.

De monsterpunten D56, D64, 344 en 429 voldoen in de winter aan de eisen van het sulfaattype, maar het totale ionengehalte van deze vier punten is duidelijk lager dan van de monsterpunten op het klei-op-veengebied. Waarschijnlijk wordt het relatief hoge sulfaatgehalte veroorzaakt door een storing.

V e r s c h i l t u s s e n z o m e r - e n w i n t e r k a a r t. In de zomer is er een sterke toename van het NaCl-type, enerzijds om-

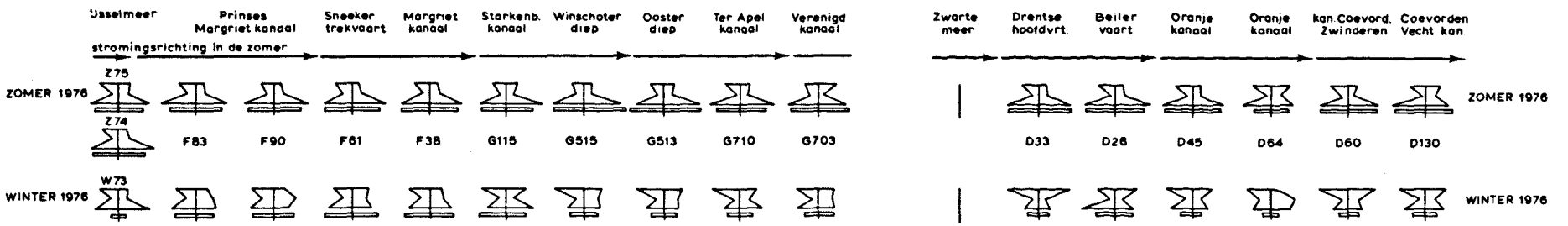


Fig. 17. Ionendiagrammen in de zomer en de winter en de stromingsrichting van het water in de zomer van een aantal grote wateren in het onderzoeksgebied; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

dat de invloed van de zoute kwel groter is en anderzijds omdat het ingelaten water vanuit het IJsselmeer en het Zwarte Meer tot dit type behoort. Deze toename gaat ten koste van het calciumbicarbonaattype (van 21% in de winter naar 8% in de zomer) en heeft het verdwijnen van het sulfaattype tot gevolg. In Fig. 17 zijn de zomer- en winterionendiagrammen weergegeven van een aantal wateren, die in de zomer doorgespoeld worden met ingelaten water. Van het IJsselmeer zijn er helaas alleen diagrammen van de zomer 1974 en 1975. In het schema is in de zomer duidelijk de 'weg' van het ingelaten water te volgen.

Het calciumchloride-type wordt in de zomer vooral in het laagveengebied aangetroffen. Tot alle monsterpunten waar dit type wordt gevonden dringt ingelaten IJsselmeerwater door, hetgeen de oorzaak van de relatief hoge chloridegehalten is. In tegenstelling tot de andere monsterpunten, die worden beïnvloed door inlaatwater, is bij deze monsterpunten de natrium/calcium-verhouding kleiner dan 1, wat mogelijk een gevolg is van zoete kwel. In de winter is dit type minder goed te verklaren omdat er geen water wordt ingelaten. Maar aangezien de meeste monsterpunten, die in de winter tot dit type behoren, in een strook om het zandgebied heen liggen, is er misschien toch sprake van beïnvloeding door zoet water vanuit het zandgebied en door water met hogere ionengehalten vanuit het zeekleigebied.

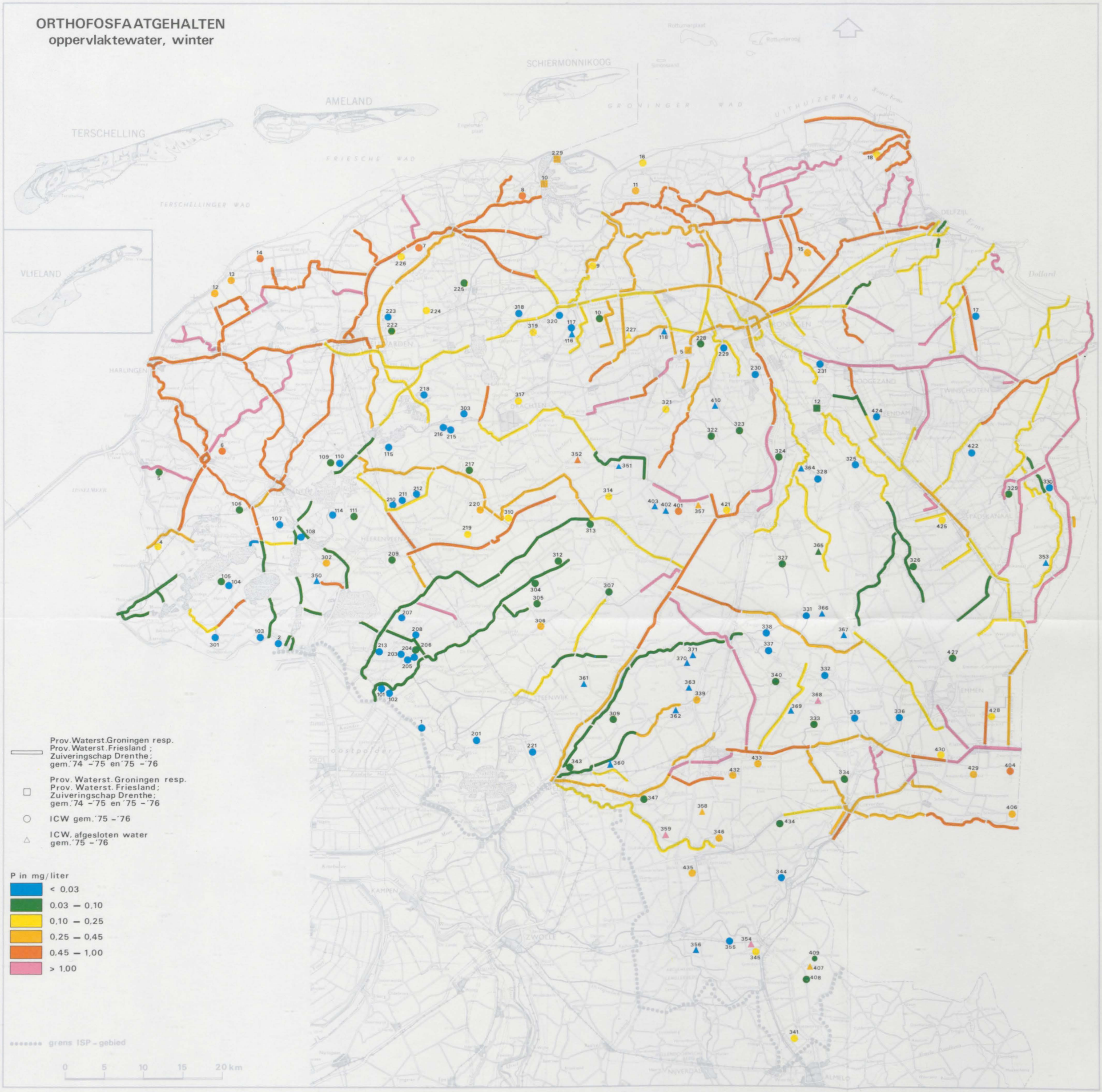
9.2.4. F o s f a a t

De drie belangrijkste fosfaatbronnen zijn:

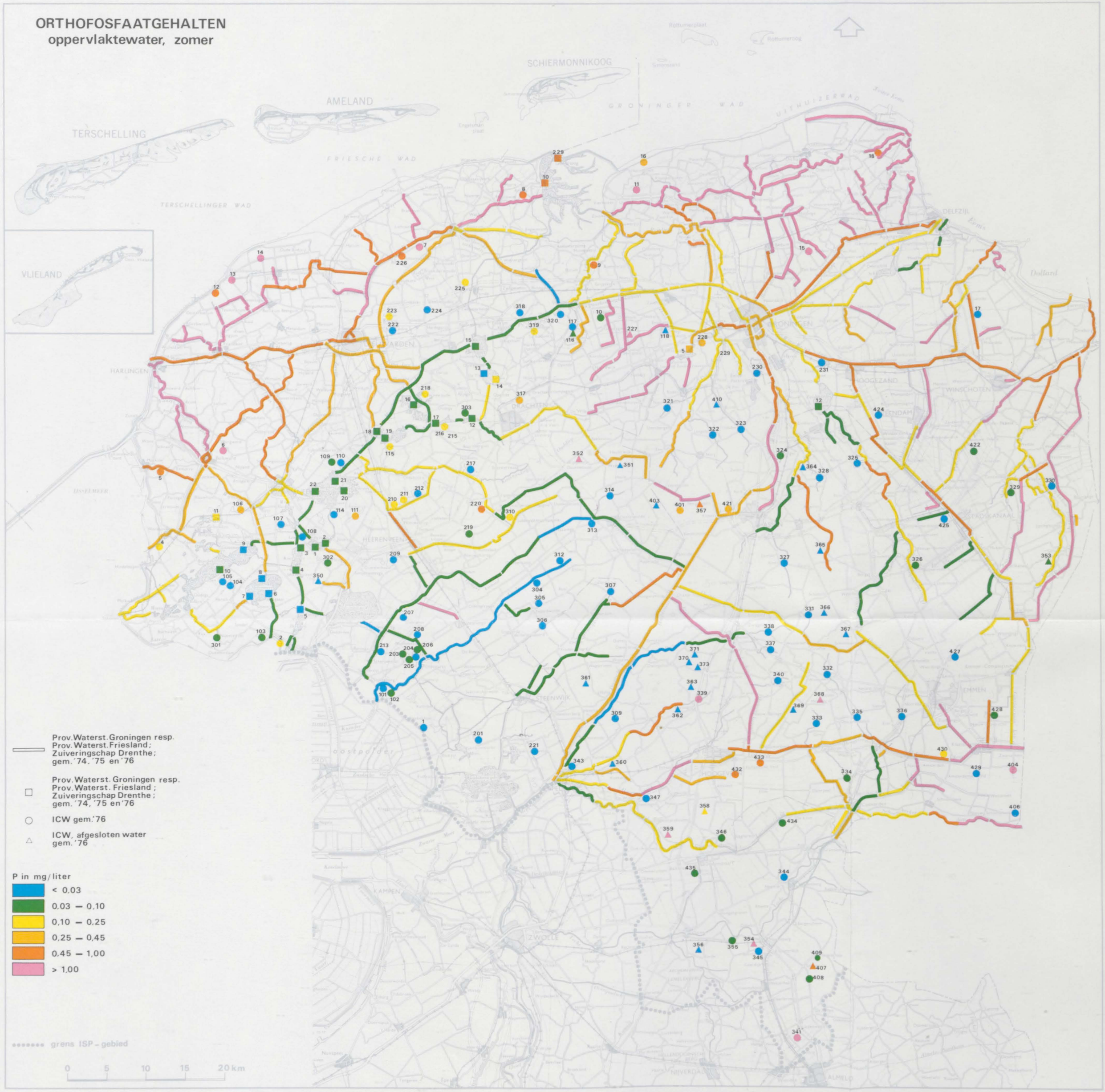
- regenwater
- natuurlijke uitspoeling
- afvalwaterlozing en waterinlaat

Aangezien in Drenthe geen totaal-fosfaat en in Overijssel geen orthofosfaat bepaald is, zijn er aparte kaarten gemaakt van de orthofosfaat- en de totaal-fosfaatgehalten. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende klasse-indeling (Tabel 38).

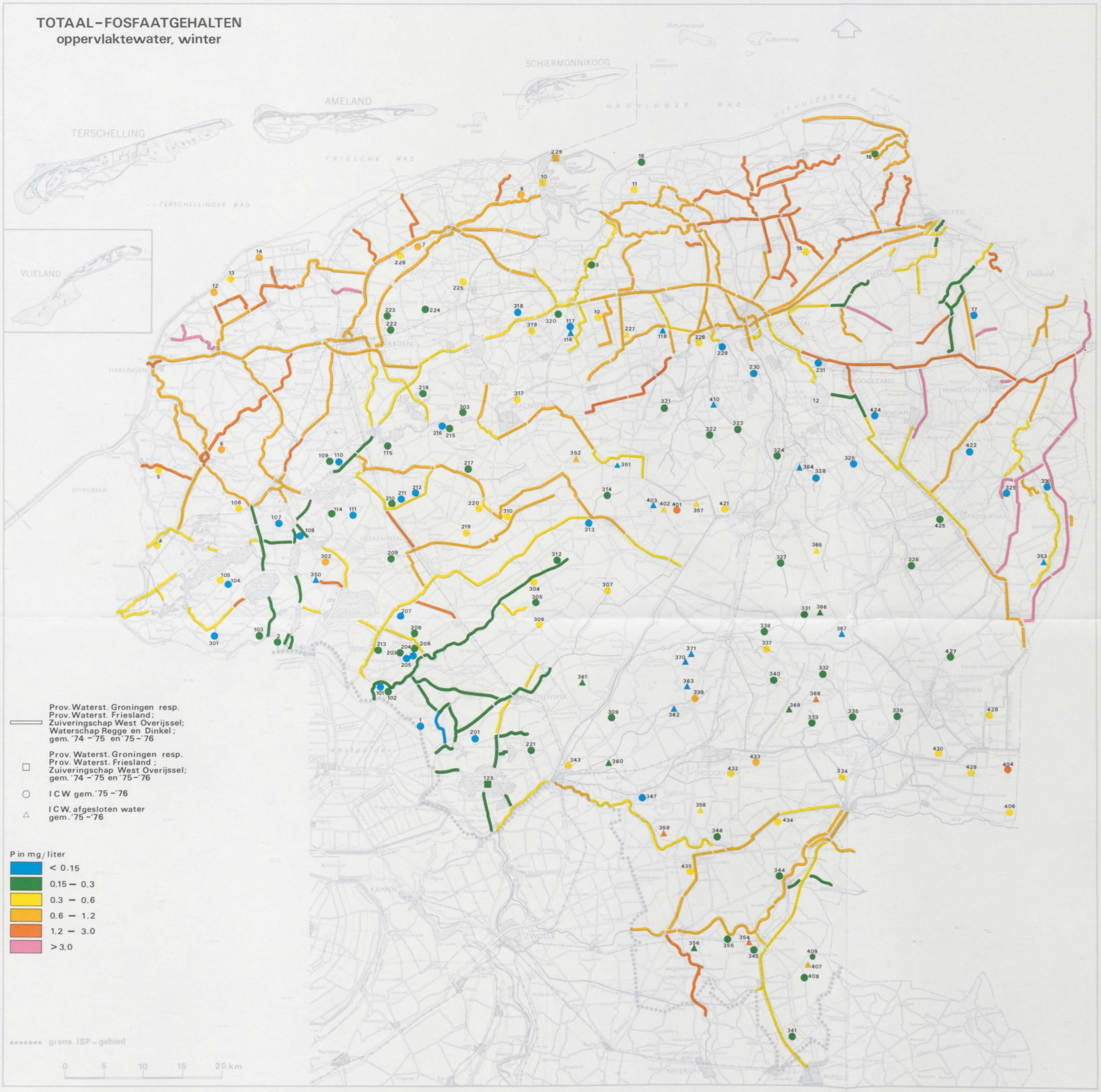
ORTHOFOSFAATGEHALTEN
oppervlaktewater, winter



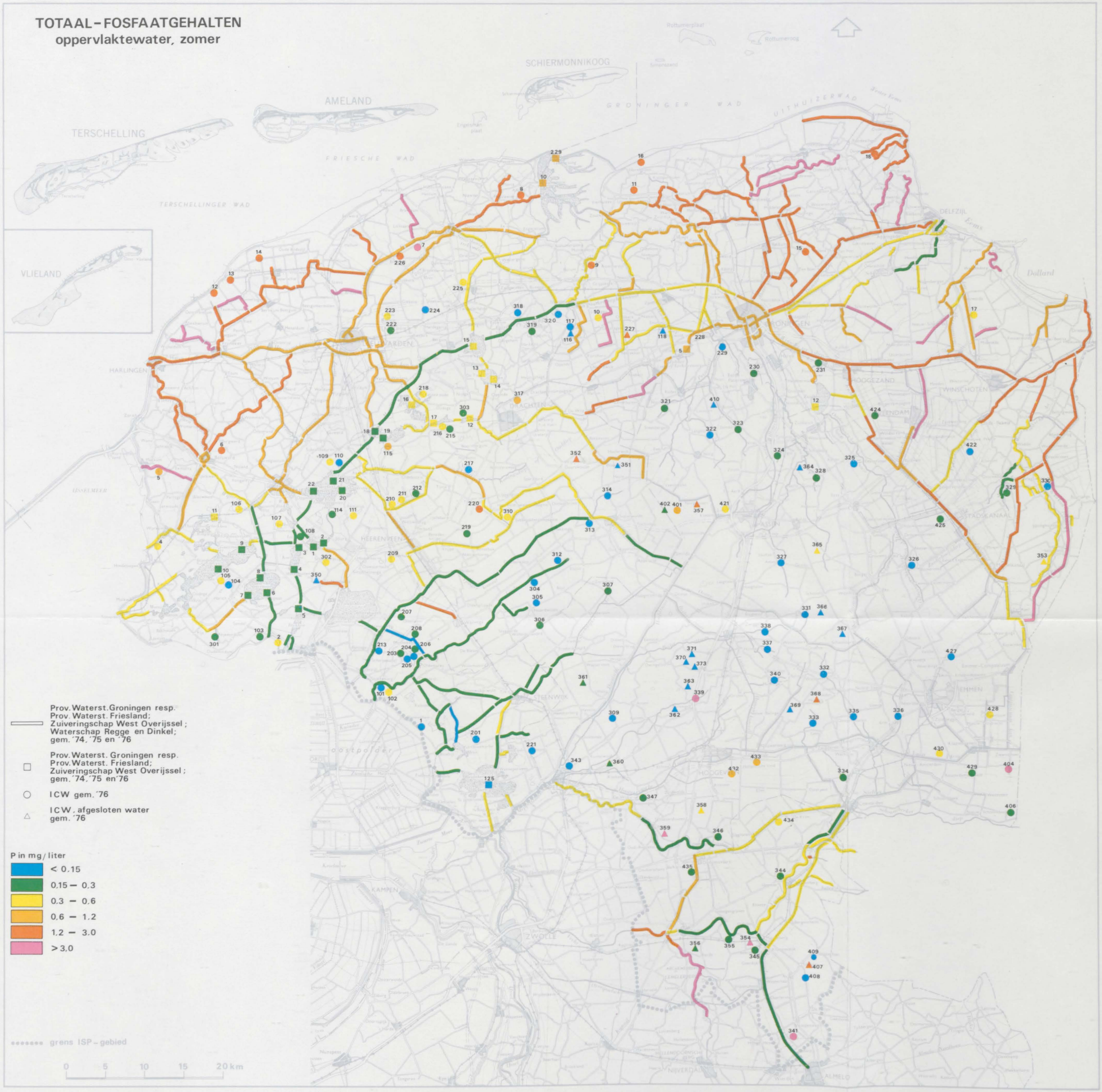
ORTHOFOSFAATGEHALTEN
oppervlaktewater, zomer



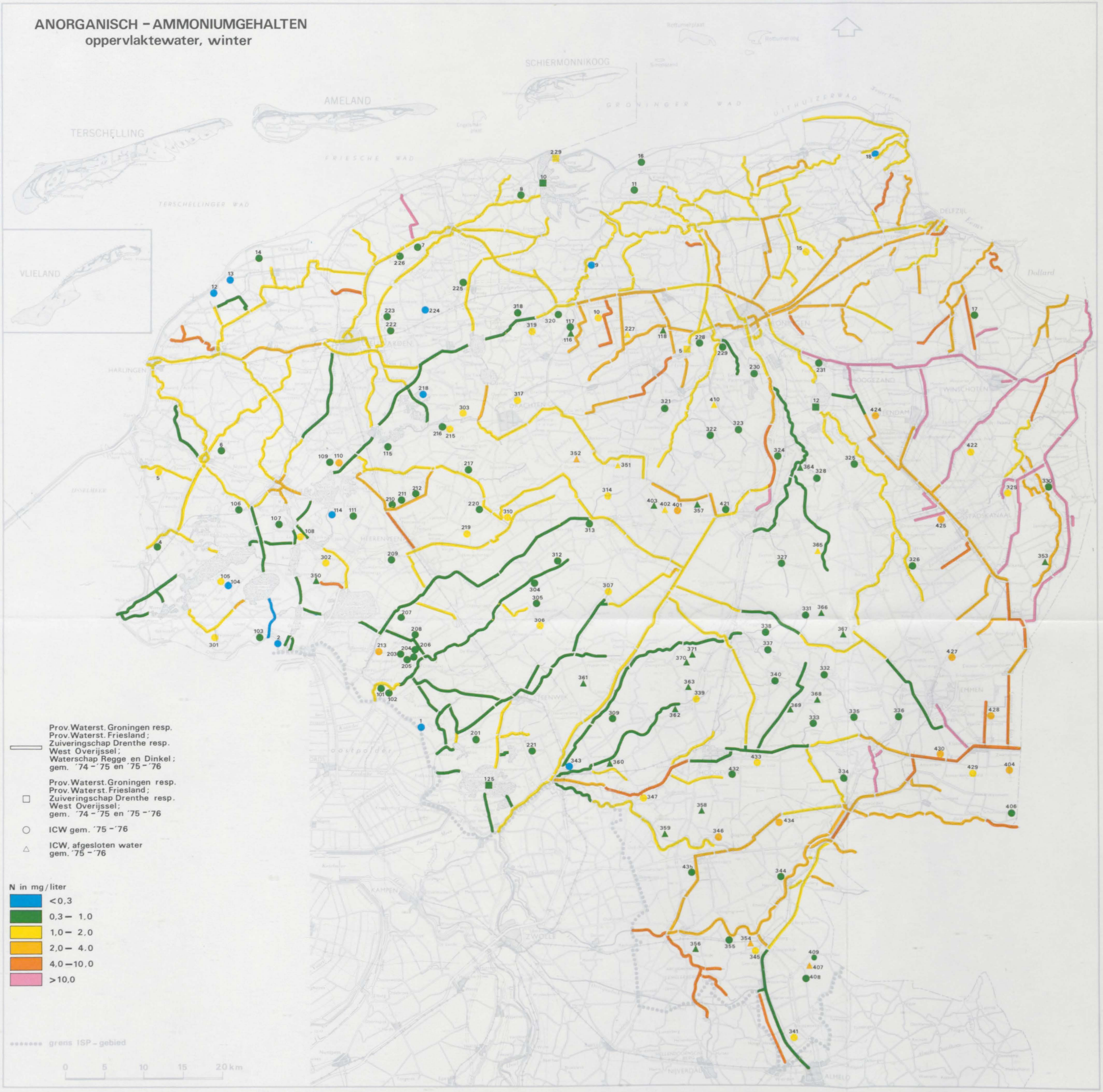
TOTAAL-FOSFAATGEHALTEN
oppervlaktewater, winter



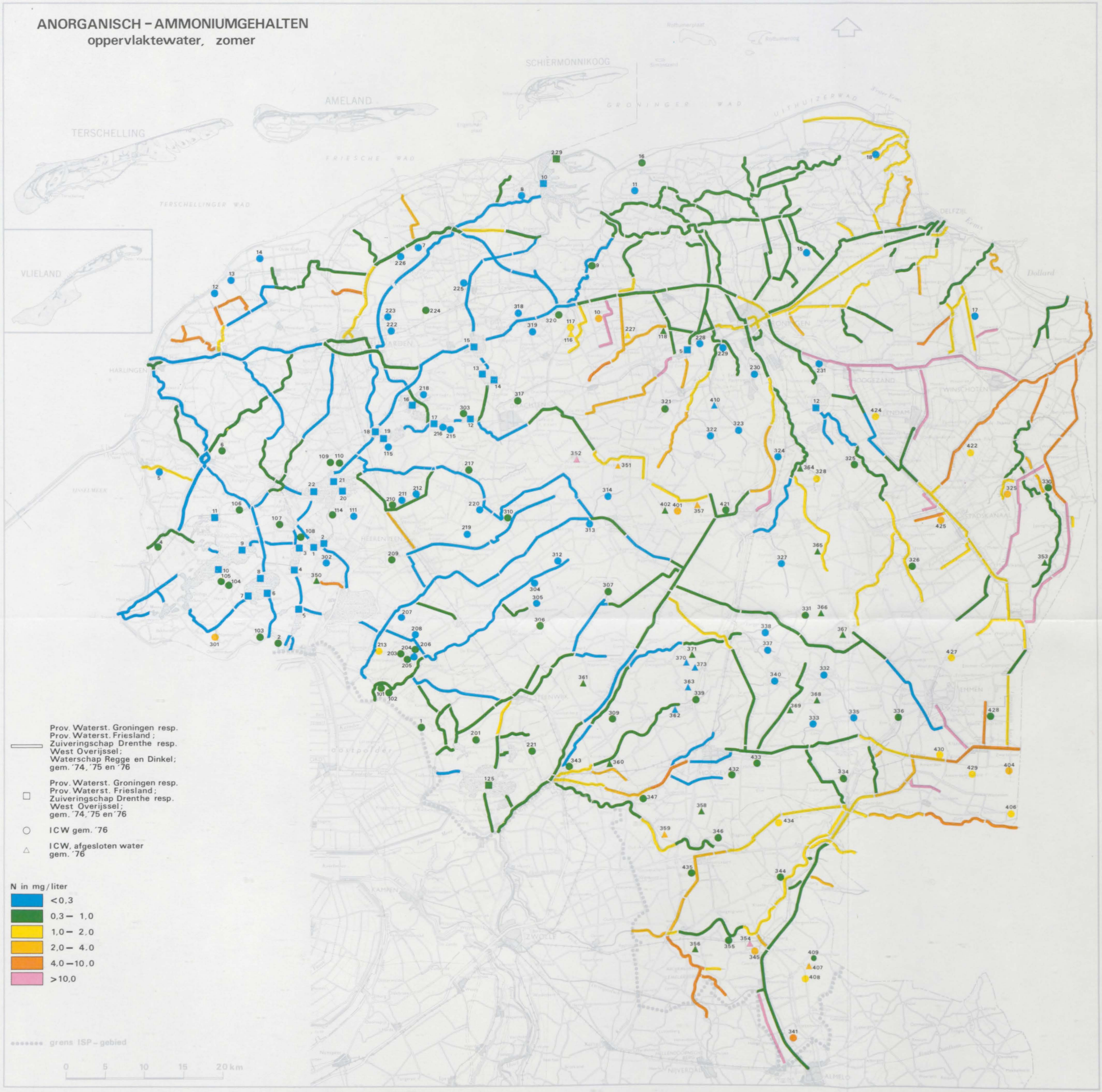
TOTAAL-FOSFAATGEHALTEN
oppervlaktewater, zomer



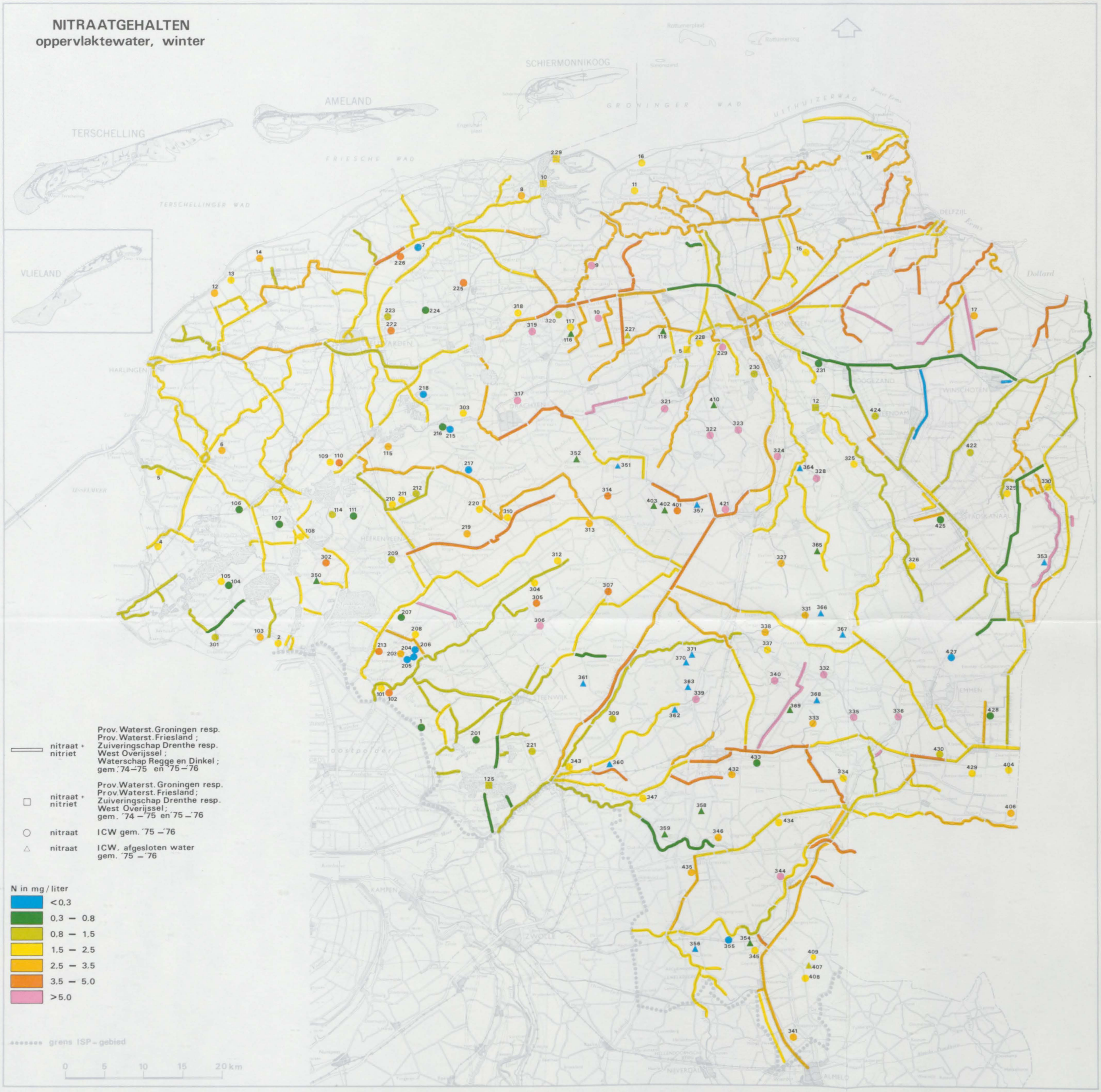
ANORGANISCH – AMMONIUMGEHALTEN
oppervlaktewater, winter



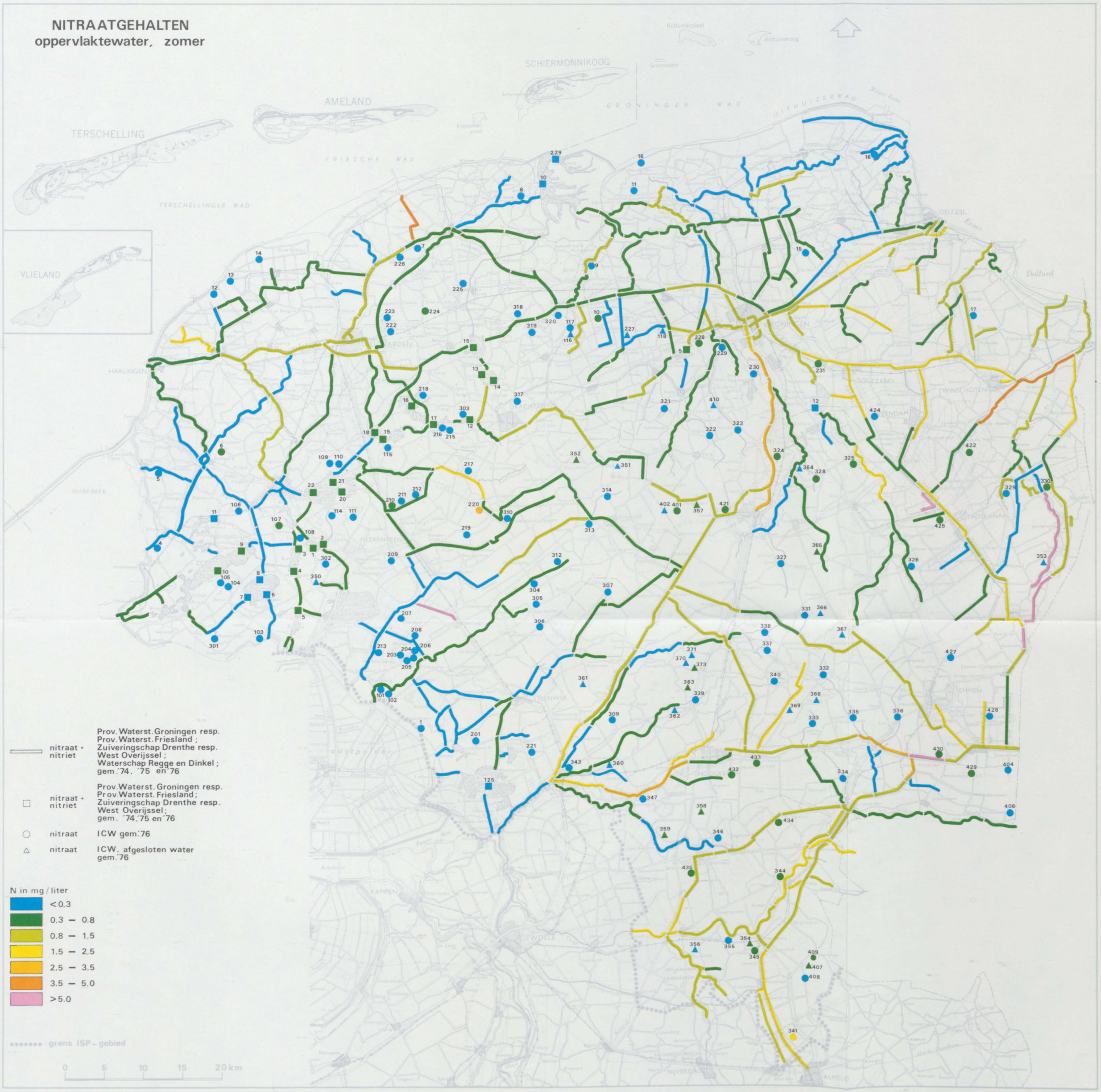
ANORGANISCH - AMMONIUMGEHALTEN
oppervlaktewater, zomer



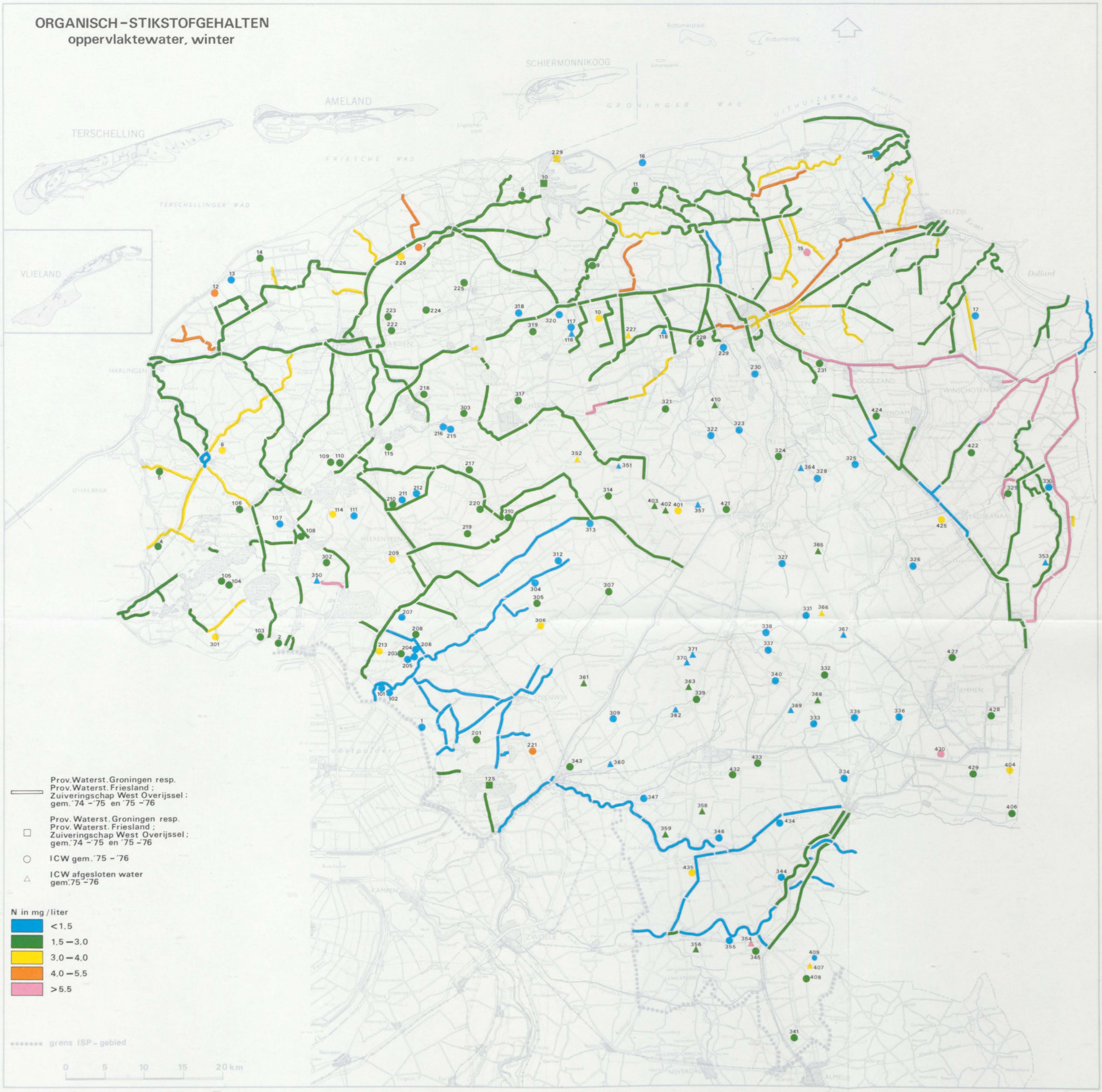
NITRAATGEHALTEN
oppervlaktewater, winter



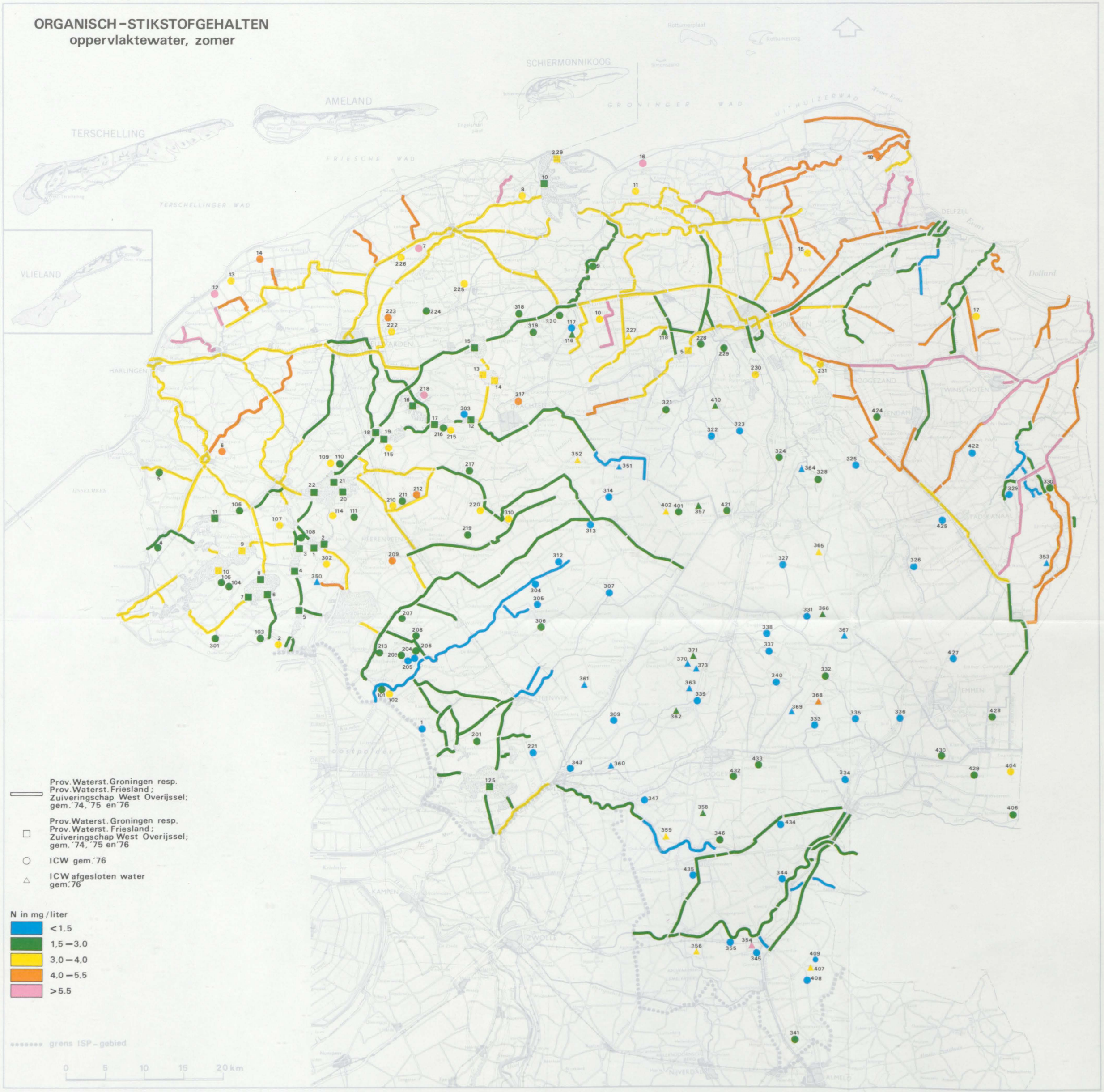
NITRAATGEHALTEN
oppervlaktewater, zomer



ORGANISCH-STIKSTOFGEHALTEN
oppervlaktewater, winter



ORGANISCH-STIKSTOFGEHALTEN
oppervlaktewater, zomer



Tabel 38. Indeling van de ortho- en totaal-fosfaatgehalten in mg/l in zes klassen

Klasse	Orthofosfaat	Totaal-fosfaat
1	<0,03	<0,15
2	0,03-0,1	0,15-0,3
3	0,1 -0,25	0,3 -0,6
4	0,25-0,45	0,6 -1,2
5	0,45-1	1,2 -3
6	>1	>3

De orthofosfaatklasse 1 met een orthofosfaatgehalte lager dan 0,03 mg P/l is ontleend aan LEENTVAAR (1970). VOLLENWEIDER (1968) vond dat een water eutroof is bij een gehalte hoger dan 0,03 mg totaal-P/l en polytroof bij een totaal-P-gehalte hoger dan 0,1 mg P/l. SCHMIDT VAN DORP (1975) stelt, dat wanneer het totaal-fosfaatgehalte beneden de 0,2 mg P/l komt, dit in het Hoogheemraadschap Rijnland een aanzienlijke teruggang in de algenbloei zou betekenen. Mede omdat totaal-fosfaatgehalten beneden 0,10 mg P/l zeer weinig voorkomen, is als bovengrens voor klasse 1 gekozen 0,15 mg P/l.

O r t h o f o s f a a t. Lage gehalten worden aangetroffen in de Tjonger, de Linde en de Beilerstroom. In het Friese merengebied worden eveneens tamelijk lage gehalten gevonden. Hoge orthofosfaatgehalten komen veelvuldig voor. Onder invloed van industrie worden in de veenkoloniën en in het gebied rond Emmen hoge gehalten gevonden. Hoge gehalten bij Heerenveen, St. Nicolaasga, Balk, Wolvega, Leek en Grootegast worden veroorzaakt door gezuiverd dan wel ongezuiverd afvalwater. Het zuiveren van afvalwater in een conventionele tweetrapszuiveringsinstallatie heeft tot gevolg dat maximaal 40% van de fosfaten worden verwijderd. De grote doorgaande wateren in Drenthe hebben in het algemeen hogere gehalten dan de beken. De hoge waarde van het Rolderdiep is veroorzaakt door een waarneming in april 1974 met een gehalte van 9,1 mg P/l en in mei 1974 met een gehalte van 14,8 mg P/l. Na mei 1974 werd er geen industrieel afvalwater uit Gieten meer geloosd en waren de gehalten aanzienlijk lager. Hoge gehalten worden ook gevonden op het kleigebied, waarschijnlijk speelt fosfaatrijke kwel hier een belangrijke rol.

T o t a a l - f o s f a a t. In de provincies Friesland en Groningen waar zowel ortho- als totaal-fosfaat worden geanalyseerd worden overeenkomstige resultaten tussen beide analyses gevonden. In Overijssel worden lage gehalten in noordwest Overijssel aangetroffen. In de rest van Overijssel worden veelal door vervuiling tamelijk hoge gehalten gevonden.

De monsterpunten van het eigen onderzoeksprogramma vertonen voor zowel ortho- als totaal-fosfaat duidelijk een beter beeld. Tamelijk vaak worden de monsterpunten in klasse 1 ingedeeld. Op het kleigebied worden echter hoge fosfaatgehalten gevonden.

V e r s c h i l z o m e r - e n w i n t e r k a a r t. Wanneer de zomer- en winterkaarten met elkaar worden vergeleken dan liggen in de zomer op het kleigebied de gehalten iets hoger. Het fosfaatrijke kwelwater wordt 's zomers minder verdund dan 's winters; dit verschijnsel wordt ook op de chloridekaarten gevonden.

In het overige deel van het onderzoeksgebied zijn geen grote verschillen tussen de zomer- en wintergehalten te constateren.

R e l a t i e o r t h o - e n t o t a a l - f o s f a a t g e h a l t e. In de provincies Friesland en Groningen zijn zowel ortho- als totaal-fosfaat bepaald. In Fig. 18 zijn voor alle monsterpunten de gemiddelden van 2½ jaar tegen elkaar uitgezet. Het blijkt dat

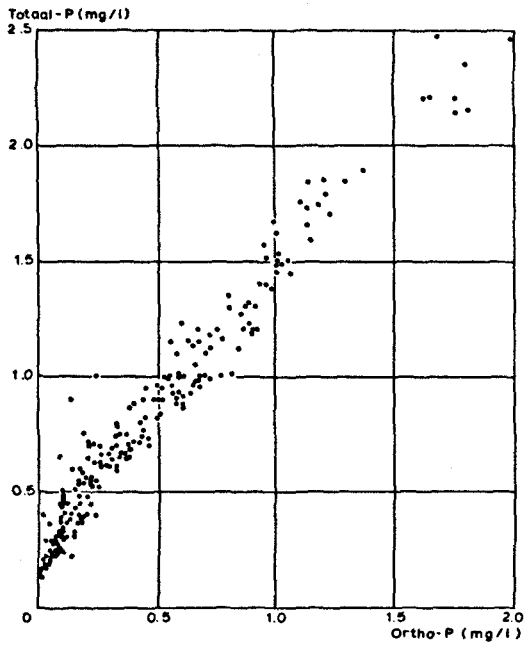


Fig. 18. Verband tussen ortho- en totaal-fosfaat in de hoofdwaterlopen van de provincies Groningen en Friesland over een periode van 2½ jaar

vooral bij hogere gehalten een goed verband bestaat tussen ortho- en totaal-fosfaat. Boven een orthofosfaatgehalte van 0,3 mg P/l is dit verband zelfs zeer duidelijk. Boven dit gehalte bedraagt de correlatiecoëfficiënt voor de 3 zomers 0,96 en voor de 2 winters 0,84. Beneden een orthofosfaatgehalte van 0,3 mg P/l neemt het percentage orthofosfaat van totaal-fosfaat af.

De relatie tussen ortho- en totaal-fosfaat is van belang in verband met de samenstelling van de waterkwaliteitskaarten (par. 9.3.7).

9.2.5. S t i k s t o f

De vier belangrijkste stikstofbronnen zijn:

- neerslag
- natuurlijke uitspoeling
- uitspoeling ten gevolge van de landbouw
- afvalwaterlozingen en waterinlaat

Van stikstof zijn in totaal 6 kaarten opgenomen, namelijk de zomer- en wintertoestand van anorganisch ammonium-stikstof, nitraat-stikstof en organisch-stikstof.

Hoge gehalten aan anorganisch ammonium zijn het gevolg van huishoudelijke en industriële lozingen. Lage gehalten kunnen zowel door (kleine) lozingen als door geringe natuurlijke uitspoeling worden veroorzaakt. Het anorganisch ammonium is een belangrijke zuurstofconsument bij de omzetting in nitraat. Stikstof spoelt in de vorm van nitraat gemakkelijk uit. In de herfst en winter, wanneer er een neerslagoverschot is, zal de nitraatuitspoeling maximaal zijn. De organische stikstoffractie is verkregen door het anorganisch ammonium-stikstof van het Kjeldahl-stikstof af te trekken. Aangezien de Kjeldahl-stikstof door het zuiveringschap Drenthe en het waterschap Regge en Dinkel niet is bepaald, kan het organisch-stikstof in deze gebieden niet worden berekend. Het organische stikstofgehalte is in het water te wijten aan vervuiling en natuurlijke uitspoeling.

De drie parameters zijn ingedeeld zoals aangegeven in Tabel 39. De bovengrens van klasse 1 van de fracties anorganisch ammonium- en nitraat-stikstof is ontleend aan LEENTVAAR (1970). Vanwege de grote verschillen tussen zomer en winter is de nitraat in 7 klassen verdeeld.

Tabel 39. Indeling van anorganisch ammonium-stikstof, nitraat-stikstof en organisch-stikstof in mg/l in respectievelijk 6, 7 en 5 klassen

Klasse	Anorganisch NH_4^+ -N	NO_3^- -N	Organisch-N
1	<0,3	<0,3	<1,5
2	0,3- 1	0,3-0,8	1,5-3
3	1 - 2	0,8-1,5	3 -4
4	2 - 4	1,5-2,5	4 -5,5
5	4 -10	2,5-3,5	<5,5
6	>10	3,5-5	
7		>5	

A n o r g a n i s c h a m m o n i u m. Op de kaarten komen dezelfde gebieden met hoge gehalten naar voren als bij de fosfaatkaarten (afvalwater). Dit zijn: de veenkoloniën, zuidoost Drenthe, omgeving van Coevorden, de Vecht, de Regge, zuidelijk Westerkwartier. Vrij lage gehalten worden aangetroffen in noordwest Overijssel, het Friese merengebied en in een aantal beken. De overige wateren hebben vooral in de winterperiode tamelijk hoge gehalten.

Bij de ICW-monsterpunten worden in het algemeen lagere gehalten gevonden. In de winter zijn er maar weinig monsterpunten, die een anorganisch ammonium-stikstofgehalte onder de 0,3 mg N/l hebben. In de zomer hebben de meeste door het ICW bemonsterde wateren zeer lage gehalten, uitgezonderd een aantal monsterpunten op het hoogveengebied.

Het grote verschil tussen de zomer- en wintertoestand wordt door het volgende veroorzaakt:

- in de zomer is de nitrificatie, waarin ammonium wordt omgezet in nitraat, in volle gang. Dit proces ligt in de winter vanwege de lage temperatuur stil;
- anorganisch ammonium wordt in de zomer meer dan in de winter opgenomen door waterorganismen.

N i t r a a t. Evenals bij anorganisch ammonium is er een groot verschil tussen de zomer- en wintertoestand. Hierbij spelen twee processen een rol, namelijk de uitspoeling van nitraat ten gevolge van landbouwactiviteiten in de winterperiode en de consumptie van nitraat door waterorganismen in de zomerperiode. Bij bestudering van de winterkaart blijkt dat van de monsterpunten van het ICW-onderzoeksprogramma de afgesloten wateren lage nitraatgehalten hebben en dat de hoogste nitraatgehalten worden gevonden in de waterlopen op het zandgebied. De overige wateren hebben redelijk hoge nitraatgehalten. De lage gehalten in de afgesloten wateren worden verklaard uit het feit dat deze in hoofdzaak worden gevoed met regenwater. In de hoofdwaterlopen worden in de winter eveneens tamelijk hoge gehalten gevonden.

De zomerkaart vertoont, zeker wat de ICW-monsterpunten betreft, lage gehalten. De hogere nitraatgehalten, die in de veenkoloniën, de Drenthse kanalen en in noordoost Overijssel worden aangetroffen, zijn te wijten aan de nitrificatie. De hoeveelheid te oxyderen anorganisch ammonium is in deze wateren zo groot, dat het gevormde nitraat in onvoldoende mate kan worden opgenomen door waterorganismen.

O r g a n i s c h - s t i k s t o f. Op de winterkaart worden buiten het zandgebied over het algemeen waarden van 1,5 tot 3 mg N/l aangetroffen. In Groningen hebben enige sterk vervuilde wateren in de veenkoloniën hogere gehalten. De laagste gehalten worden aangetroffen op het Drenths zandgebied (zie de ICW-monsterpunten), in zuidwest Friesland, in noordwest Overijssel en in noordoost Overijssel.

De gebieden met hoge gehalten op de fosfaat- en anorganisch ammoniumkaarten zijn niet terug te vinden op de organisch-stikstofkaarten (de veenkoloniën uitgezonderd). Dit is te verklaren uit het feit, dat in huishoudelijk afvalwater stikstof voor ongeveer 90% voorkomt in de vorm van anorganisch ammonium en slechts voor een klein gedeelte in de vorm van organisch-stikstof. Het verschil op de winterkaart tussen enerzijds de lagere gehalten op het zandgebied en de hogere gehalten in de overige gebieden wordt grotendeels veroorzaakt door de verschillen in uitspoeling, uitgezonderd de veenkoloniën.

De zomerkaart vertoont hogere organisch-stikstofgehalten dan de winterkaart. Dit komt omdat in de zomer in veel wateren een algenbloei optreedt en daar organisch-stikstof wordt berekend uit componenten, die in het niet-gefiltreerde monster zijn geanalyseerd, zal het organisch-stikstof stijgen ten opzichte van de wintergehalten. De ICW-monsterpunten op het zandgebied behoren in de zomer in het algemeen nog tot klasse 1.

9.2.6. Zuurstofhuishouding

De zuurstofhuishouding is in vijf klassen verdeeld volgens de criteria van het Indikatief Meerjarenplan (Tabellen 14 en 15).

Resultaten. Wateren met een goede zuurstofhuishouding (klasse 1 en 2) worden gevonden in zuidwest Drenthe, een aantal Drenthse beken, noordwest Overijssel, de Friese meren, noord Drenthe en het Reitdiep. Wateren met een slechte zuurstofhuishouding (klasse 4 en 5) worden gevonden in de veenkoloniën, zuidoost Drenthe, rond Coevorden, Regge, zuidwest Groningen en een aantal verspreid voorkomende punten. De slechte zuurstofhuishouding is in alle gevallen te wijten aan grote lozingen van huishoudelijk of industrieel afvalwater op wateren, die de grote hoeveelheden te mineraliseren organische stof

Tabel 40. Gemiddeld zuurstofverzadigingspercentage in vijf perioden in het Verenigd Kanaal bij Veelerveen, monsterpunt G705 (zie de Monsterpuntenkaart)

Periode	Gemiddelde zuurstofverzadiging %
9/ 4/74 - 19/11/74	0
29/11/74 - 13/ 5/75	44
14/ 5/75 - 23/11/75	0
23/11/75 - 10/ 5/76	37
10/ 5/76 - 31/ 8/76	0

niet door middel van zelfreiniging kunnen verwerken. De belasting kan zo groot zijn dat er zuurstofloosheid optreedt (Tabel 40). Het is duidelijk dat de perioden van zuurstofloosheid vallen in de campagnes van de aardappel-, stro- en suikerbietverwerkende industrieën. De zuurstofloosheid van de wateren gaat gepaard met stankoverlast.

Klasse 3 wordt veelvuldig aangetroffen op het zeekleigebied en in een aantal kanalen op het zandgebied. Het zeekleigebied zal door het hoge nutriëntengehalte een hoge primaire produktie hebben. Dit leidt tot een grote hoeveelheid afbreekbaar organisch materiaal in het water.

Zoals reeds is vermeld in par. 6.3.3 is van het eigen onderzoeksprogramma de BOD niet bepaald. Van de monsterpunten is alleen de winterzuurstofhuishouding op de kaart vermeld. In het algemeen vallen de monsterpunten van het eigen onderzoek in een betere klasse dan de provinciale monsterpunten. Dit komt enerzijds omdat de eigen monsterpunten weinig worden beïnvloed door industriële lozingen en anderzijds omdat een aantal monsterpunten in plassen en petgaten zijn ge-

legen. Het merendeel van de afgesloten wateren en bijna alle beken liggen in klasse 2.

Bij de provinciale monsterpunten zijn geen grote verschillen te constateren tussen de zuurstofhuishouding in de winter en in de zomer.

9.2.7. Gemiddelde kwaliteit

Om een beter inzicht te krijgen in de samenstelling van het water in het onderzoeksgebied zijn een aantal behandelde parameters samengevat op twee kaarten (één voor de winter- en één voor de zomertoestand). De volgende parameters zijn hierbij verwerkt: chloride, fosfaat, stikstof en de zuurstofhuishouding. Alle parameters zijn in 5 klassen ingedeeld. De klassenindelingen zijn gebaseerd op de indelingen die gebruikt zijn bij de afzonderlijke kaarten. Voor de zuurstofhuishouding is dezelfde indeling aangehouden als bij de aparte kaart voor de zuurstofhuishouding. De overige parameters zijn ingedeeld zoals te zien is in Tabel 41.

Van chloride zijn de klassen 1 en 2, 5 en 6, 7 en 8 van de aparte chloridekaarten samengevoegd tot respectievelijk de klassen 1, 4 en 5 van de waterkwaliteitskaarten. Aan de hand van deze indeling is nog te onderscheiden de wateren, die worden doorgespoeld met water uit het IJsselmeer (de klassen 2 en 3) en de wateren, die belast worden met zoute kwel (de klassen 4 en 5).

De minerale stikstof is de som van anorganisch ammonium-stikstof, nitraat-stikstof en nitriet-stikstof. De minerale stikstof is de voor waterorganismen opneembare stikstoffractie. Deze fractie is in verband met de eutrofiëring van groot belang. Aangezien bijna alle monsterpunten een gemiddeld minerale stikstofgehalte hebben van meer dan 0,3 mg N/l is de grens van klasse 1 verhoogd tot 0,5 mg N/l. Volgens VOLLENWEIDER (1968) ligt de grens tussen meso- en eutroof water bij circa 0,5 mg N/l (Tabel 2). Vanwege de grote verschillen tussen de zomer- en wintergemiddelden zijn de klassen tamelijk groot. In de winter zullen de gemiddelden vooral in de klassen 3, 4 en 5 vallen en in de zomer in de klassen 1 en 2.

Tabel 41. Indeling van chloride-, minerale stikstof-, ortho- en totaalfosfaatgehalten in mg/l in vijf klassen

Klasse	Chloride	Minerale stikstof	Fosfaat	
			ortho-P	totaal-P
1	0- 50	<0,5	<0,03	<0,15
2	50- 150	0,5-2	0,03-0,1	0,15-0,3
3	150- 300	2 -4	0,2 -0,25	0,3 -0,6
4	300-1000	4 -6	0,25-1	0,6 -1,2
5	>1000	>6	>1	>1,2

Aangezien orthofosfaat niet in Overijssel en totaal-fosfaat niet in Drenthe is bepaald en vanwege de goede relatie tussen de twee bepalingen (Fig. 18) is gekozen voor een gecombineerde klasse-indeling. De klasse-indeling is tot stand gekomen door bij de aparte kaart van orthofosfaat de klassen 4 en 5 en bij totaal-fosfaat de klassen 5 en 6 bij elkaar te voegen. Voor de monsterpunten in de provincies Overijssel en Drenthe wordt dan slechts van een van de twee indelingen gebruik gemaakt. In Groningen en Friesland worden zowel de ortho- als de totaal-fosfaatgehalten in klassen ingedeeld. Vervolgens worden de klassen bij elkaar opgeteld en door twee gedeeld, waarbij de getallen naar boven worden afgerond. Het dan ontstane getal geeft de klasse aan.

Resultaten. Het kleigebied komt als een apart gebied naar

voren; er is een 'kleurverschil' tussen het kleigebied en de overige gebieden. De afwijkende kleur van het zeekleigebied wordt veroorzaakt door de hoge chloride- en fosfaatgehalten, hetgeen waarschijnlijk het gevolg is van zoute en voedselrijke kwel. De zuurstofhuishouding wordt door het hoge nutriëntengehalte nadelig beïnvloed.

De wateren met de laagste gehalten worden aangetroffen op het klei-op-veengebied in Friesland, het laagveengebied in noordwest Overijssel en in een aantal beken in Friesland en Drenthe. Wat betreft het klei-op-veen- en het laagveengebied worden de lage gehalten deels veroorzaakt doordat er relatief veel water is en omdat er tamelijk weinig woningen en industriële lozingen zijn.

De op de afzonderlijke kaarten aangetroffen wateren met hoge tot zeer hoge fosfaat- en stikstofgehalten komen op deze kaart ook duidelijk naar voren. Het gaat hier op de eerste plaats om de door het veenkoloniaal afvalwater sterk vervuilde wateren in oost Groningen en zuidoost Drenthe. Verder worden in de wateren in zuidelijk Westerkwartier, rondom Coevorden, de Vecht, rondom Heerenveen en de Drenthse kanalen ook tamelijk hoge gehalten gevonden, die door vervuiling worden veroorzaakt.

De door het ICW bemonsterde wateren hebben over het algemeen lagere gehalten dan de door provinciale waterstaten en zuiveringschappen bemonsterde wateren. Dit beeld was te verwachten, aangezien de ICW-monsterpunten zoveel mogelijk gelegen zijn in niet of weinig vervuilde wateren, zoals bijvoorbeeld polderwateren, petgaten, beken en vennen. Op de zomerkaart zijn het in het algemeen de beken, die de laagste gehalten hebben; op de winterkaart zijn dat echter de wateren op het klei-op-veen- en laagveengebied.

V e r s c h i l z o m e r - e n w i n t e r k a a r t. De opneembare stikstofgehalten zijn in de zomer aanzienlijk gedaald ten opzichte van de winterwaarden. Daarentegen zijn de chloridegehalten vanwege de grotere invloed van de kwel en door waterinlaat in de zomer hoger dan in de winter. Het fosfaatgehalte is op het kleigebied in de zomer hoger dan in de winter; in de rest van het onderzoeksgebied is het verschil tussen de zomer en winter niet groot. Ook de zuurstofhuishouding verandert nauwelijks.

9.3. FYSISCH-CHEMISCHE SAMENSTELLING PER BODEMTYPE VAN HET OPPERVLAKTEWATER

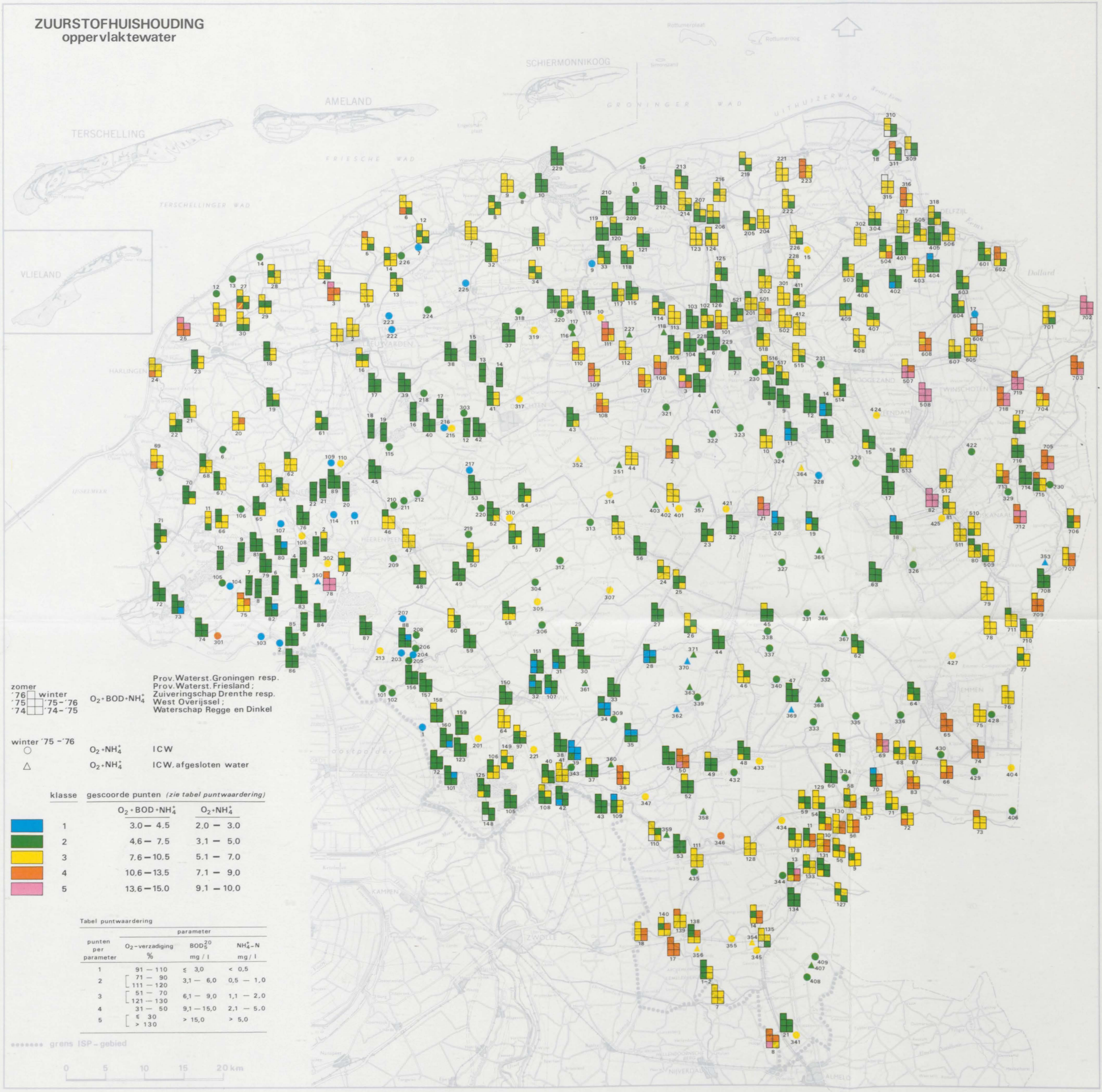
9.3.1. A l g e m e e n

In par. 9.2 werd een globaal overzicht van de samenstelling van het oppervlaktewater gegeven. Hierbij viel vooral de aandacht op de hoofdwaterlopen; dit zijn in het algemeen de grote doorgaande wateren.

In dit hoofdstuk wordt de samenstelling van het oppervlaktewater per bodemtype besproken en worden speciaal de kleine waterlopen (beken, poldersloten) en afgesloten wateren belicht. Er is gekozen voor een bespreking per bodemtype, omdat uit de resultaten van de ondiepe grondwatermonsters in natuurgebieden is gebleken dat een indeling in bodemtype zinvol is met betrekking tot de te verwachten natuurlijke belasting van het oppervlaktewater. De volgende bodemtypen zijn onderscheiden: zeeklei, klei-op-veen, laagveen, zand en hoogveen.

De opzet van de bespreking van elk van de vijf bodemtypen is identiek, namelijk eerst een algemene inleiding, daarna de bespreking van de resultaten van de polderwateren, beken en afgesloten wateren en vervolgens de bespreking van de resultaten van de boezemwateren en kanalen. Iedere bespreking van een bodemtype wordt met een korte samenvatting afgesloten. Per winter- (oktober - maart) en zomerhalf-

ZUURSTOFHUISHOUDING
oppervlaktewater

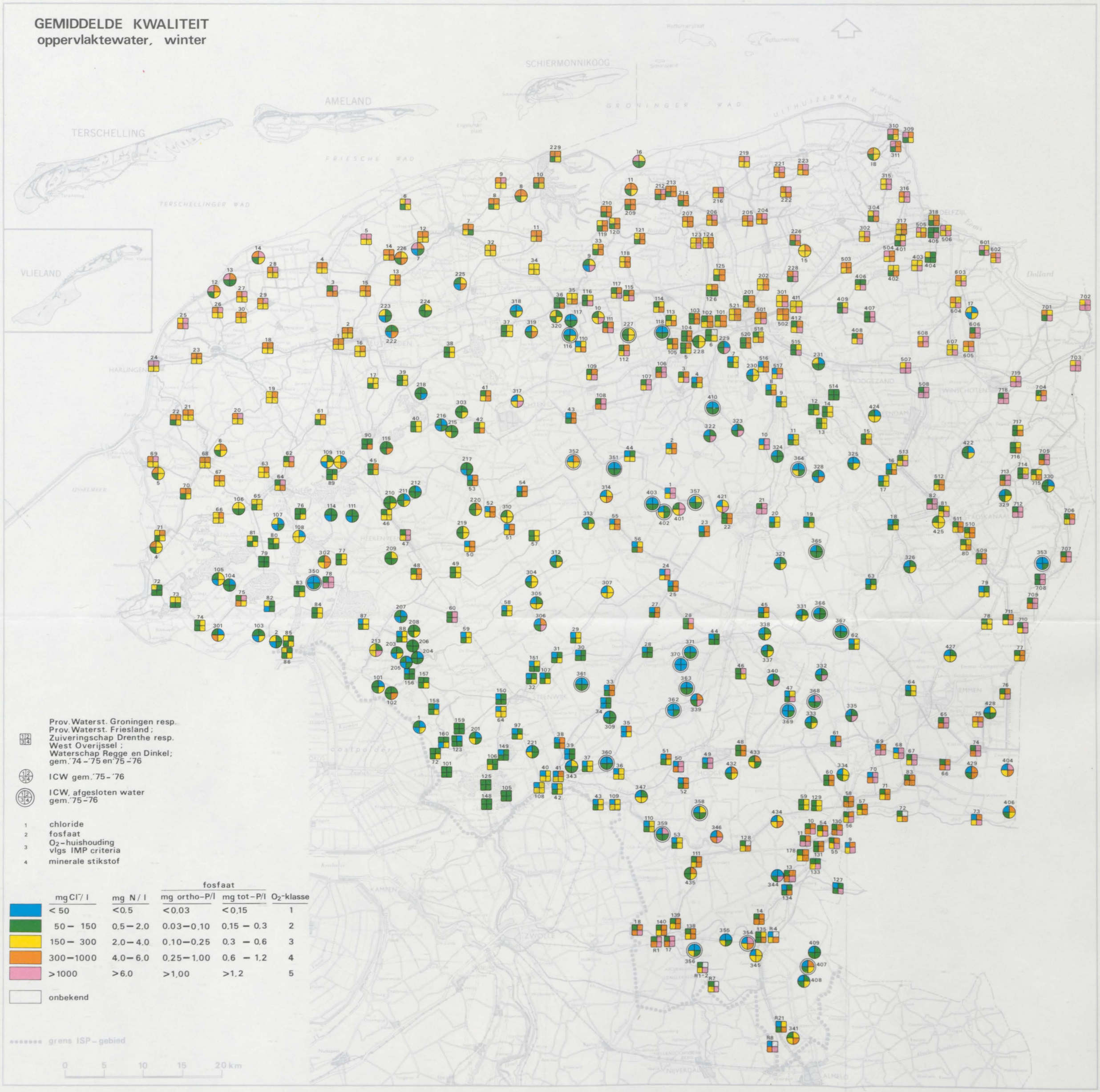


klasse	gescoorde punten *(zie tabel puntwaardering)* O_2+BOD+NH_4^+	O_2+NH_4^+
1	3.0 — 4.5	2.0 — 3.0
2	4.6 — 7.5	3.1 — 5.0
3	7.6 — 10.5	5.1 — 7.0
4	10.6 — 13.5	7.1 — 9.0
5	13.6 — 15.0	9.1 — 10.0

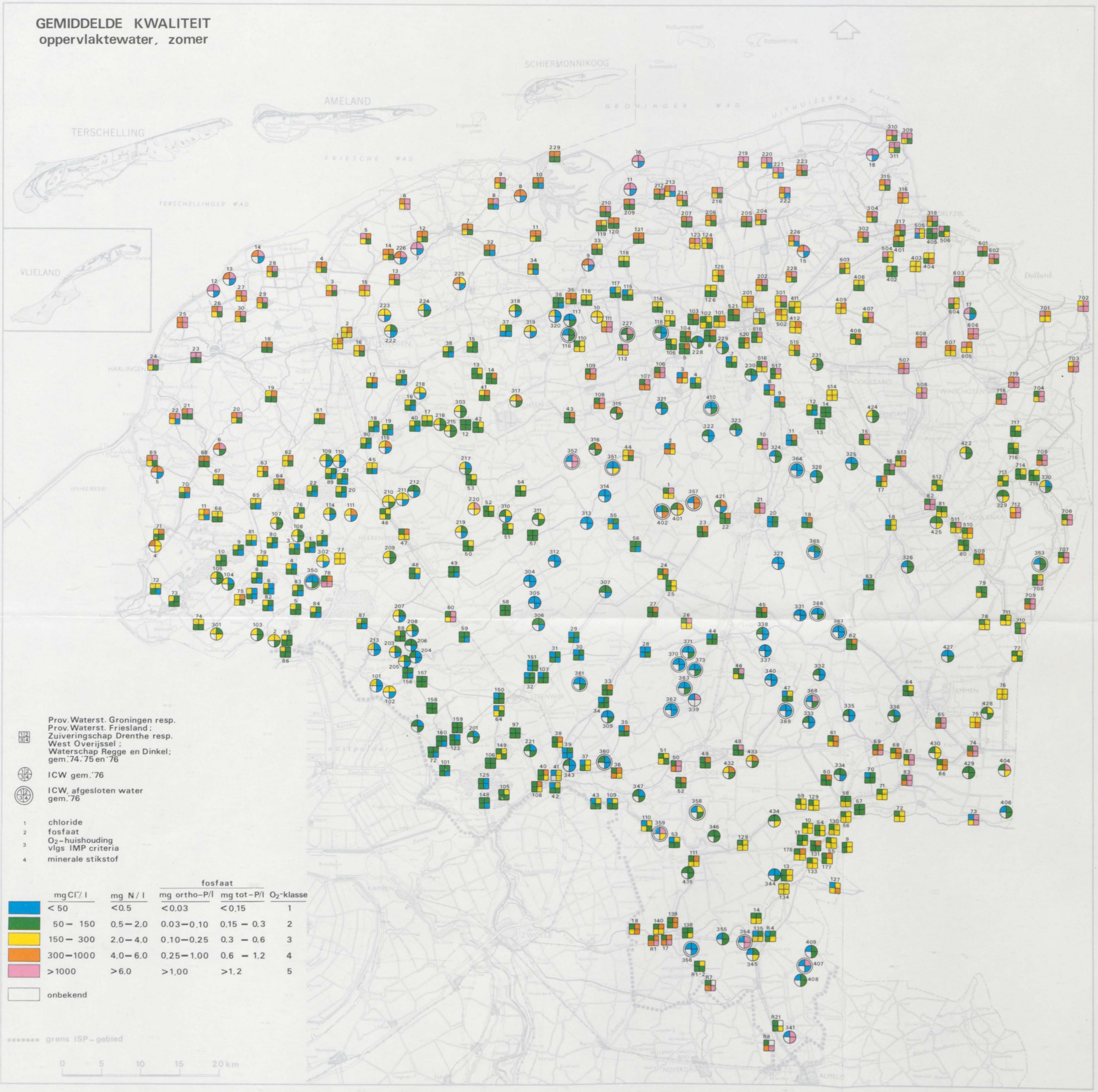
Tabel puntwaardering

punten per parameter	parameter: O_2-verzadiging %	BOD_5^{20} mg/l	NH_4^+-N mg/l
1	91 — 110	≤ 3,0	< 0,5
2	71 — 90; 111 — 120	3,1 — 6,0	0,5 — 1,0
3	51 — 70; 121 — 130	6,1 — 9,0	1,1 — 2,0
4	31 — 50	9,1 — 15,0	2,1 — 5,0
5	≤ 30; > 130	> 15,0	> 5,0

GEMIDDELDE KWALITEIT
oppervlaktewater, winter



GEMIDDELDE KWALITEIT
oppervlaktewater, zomer



jaar (april - september) worden de gemiddelde gehalten van de monsterpunten in tabellen weergegeven. De volgorde van de monsterpunten in de wintertabel gebeurt aan de hand van toenemende belastingsindices. Voor de zomertabel is dezelfde volgorde van de monsterpunten aangehouden als in de wintertabel.

9.3.2. Zeeklei

Het zeekleigebied wordt in het onderzoeksgebied aangetroffen in noord en noordwest Friesland en in noord en noordoost Groningen. Het water binnen het gebied is in het algemeen polder- of boezemwater. Daar waar het boezempeil laag ligt komen vanaf de iets hoger gelegen kwelderwallen vrij afstromende waterlopen. Afgesloten wateren komen niet voor. Het kleigebied is vruchtbaar en is nagenoeg geheel in cultuur gebracht. Een aantal meren is zelfs drooggelegd; daardoor is er weinig open water in de vorm van meren of plassen te vinden. Er zijn wel een aantal plassen ontstaan langs de dijk ten gevolge van ontgravingen voor dijkaanleg.

In de oude kleistreken van vooral Friesland zijn nog vrij veel oude poldertjes te vinden met vaak grillige, smalle waterlopen. In de jongere polders zijn de waterlopen rechter en breder. De polders die na ruilverkavelingen zijn ontstaan zijn vaak erg groot en hebben een of meer hoofdwatergangen met kleine zijtakken. De boezemwateren zijn breed en worden voor de scheepvaart gebruikt.

Fysisch-chemische samenstelling van de polderwateren

Verdeling der monsterpunten. Op het kleigebied zijn 16 polderwateren bemonsterd. Drie monsterpunten liggen in plassen, namelijk de monsterpunten 12, 16 en 106. De andere monsterpunten liggen in poldersloten. Voor de ligging en beschrijving van de monsterpunten wordt verwezen naar de Monsterpuntenkaart en Bijlage 1.

Ionendiagram. In de zomer behoren alle wateren, behalve monsterpunt 106, tot het natriumchloride-type. 's Winters worden ook andere vormen aangetroffen, het natriumchloride-type komt echter nog 11 maal voor. De verzilting van de polderwateren in de zomer komt duidelijk in de diagrammen naar voren. Het water waarmee wordt doorgespoeld behoort ook tot het natriumchloride-type (zie par. 9.2.3), maar wordt gekenmerkt door een lager totaal-ionengehalte. In Tabel 42 wordt de ionensamenstelling van drie monsterpunten als voorbeeld gegeven.

Tabel 42. Chemische samenstelling (in mg/l) en type-aanduiding in winter en zomer in een sloot ten westen van Sint Jacobiparochie (monsterpunt 13), in de Oude Geut (monsterpunt 17) en in de Venemaplas (monsterpunt 16); voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

		Monsterpunt					
		13		17		16	
		winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer
HCO_3^-	mg/l	455	210	411	281	394	381
SO_4^{2-}	mg/l	387	110	250	403	1192	2 345
Cl^-	mg/l	1815	391	290	2900	7500	29 000
Ca^{2+}	mg/l	200	82	178	215	298	610
Mg^{2+}	mg/l	148	29	40	216	480	1 770
Na^+	mg/l	1100	230	166	1440	4350	14 800
K^+	mg/l	62	24	8	64	196	580
Type		NaCl	NaCl	-	NaCl	NaCl	NaCl

De sloot, waarin monsterpunt 13 ligt, wordt 's zomers goed doorgespoeld. De monsterpunten 117 en 16 hebben geen mogelijkheid tot doorspoeling. Opvallend zijn de, ten gevolge van kwel, hoge gehalten in het zomerdiagram bij monsterpunt 16.

O v e r i g e p a r a m e t e r s. De resultaten zijn vermeld in de tabellen 43 en 44. In Tabel 45 staan de gemiddelde fosfaat- en stikstofgehalten van de poldersloten en polderplassen.

Opvallend zijn de hoge ortho- en totaal-fosfaatgehalten. Alleen monsterpunt 17 heeft in beide seizoenen een gemiddeld orthofosfaatgehalte lager dan 0,03 mg P/l. In de zomer worden hogere fosfaatgehalten gevonden dan in de winter.

De anorganisch ammonium- en de nitraat-stikstof is in de zomer laag. Door de hoge fosfaatgehalten verkeert het stikstof voor de groei van algen in het minimum (de gemiddelde verhouding Kjeldahl-N/

Tabel 43. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 13 poldersloten en 3 polderplassen op het zeekleigebied in de winter; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monsterpunt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastingsindex	Aantal bemonsteringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
Poldersloten															
17	7,8	1 567	215	55	0,37	3,3	3,7	1,6	4,9	1,2	0,01	0,07	1	12	3
18	8,1	2 567	586	42	0,05	2,5	2,6	1,1	3,6	1,1	0,14	0,22	2	15	3
9	7,8	1 110	163	52	0,18	6,2	6,4	1,9	8,1	1,7	0,11	0,27	1	17	3
13	7,8	6 000	1381	84	0,17	1,8	2,0	1,5	3,3	1,3	0,27	0,55	2	21	3
11	7,8	3 350	860	68	0,61	1,7	2,4	2,9	4,6	2,3	0,28	0,39	2	23	3
4	8,1	2 337	583	105	0,96	2,2	3,2	3,7	5,9	2,7	0,15	0,46	2	25	3
5	7,6	2 073	425	107	1,1	2,3	3,4	3,6	5,9	2,5	0,04	0,38	2	25	3
14	8,2	2 117	446	72	0,30	3,1	3,4	2,7	5,8	2,4	0,87	1,1	2	27	3
226	7,8	3 000	454	75	0,94	3,8	4,7	4,5	8,2	3,6	0,12	0,58	2	28	3
8	8,2	3 317	917	100	0,40	2,8	3,2	3,1	5,8	2,7	0,56	0,92	2	28	3
7	8,1	3 833	1121	151	0,4	0,13	0,5	4,5	4,6	4,1	0,54	1,1	1	31	3
6	8,1	1 567	240	110	0,48	2,55	3,0	4,1	6,7	3,6	0,61	0,96	2	31	3
15	8,2	1 863	261	43	1,7	2,3	3,9	6,7	9,0	5,1	0,31	0,53	3	35	3
Polderplassen															
16	8,1	16 933	5613	42	0,44	1,5	2,0	1,7	3,2	1,3	0,12	0,26	2	19	3
106	8,2	1 093	174	119	0,81	0,75	1,6	3,8	4,6	3,0	0,05	0,37	2	23	3
12	8,2	5 467	1488	123	0,25	2,5	2,8	3,6	6,1	3,4	0,41	0,73	2	27	3

Tabel 44. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 13 poldersloten en 3 polderplassen op het zeekleigebied in de zomer; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonsteringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
Poldersloten															
17	8,4	2 267	2 264	123	0,05	0,14	0,19	2,8	2,9	2,8	0,02	0,37	2	20	3
18	9,0	7 000	2 134	145	<0,04	0,2	0,24	4,1	4,1	4,1	1,0	1,5	2	30	1
9	7,4	1 633	399	132	0,34	<0,02	0,36	3,1	3,1	2,8	1,0	1,2	2	29	3
13	8,5	3 120	480	100	0,08	0,03	0,11	4,0	4,0	3,9	1,1	1,6	2	30	3
11	8,4	4 833	1 546	108	0,24	0,13	0,37	3,5	3,6	3,3	1,1	1,9	2	32	3
4	8,6	1 640	483	70	0,41	0,12	0,53	2,3	2,4	1,9	0,10	0,36	2	22	3
5	8,1	2 102	584	85	0,25	0,10	0,35	2,3	2,4	2,1	0,70	0,93	1	25	3
14	8,9	1 780	403	102	<0,04	0,05	0,09	4,1	4,2	4,1	1,6	2,2	2	33	3
226	8,4	2 410	661	115	0,16	0,05	0,21	3,2	3,3	3,0	0,88	1,3	1	28	3
8	8,3	2 617	714	97	0,20	0,03	0,23	3,5	3,6	3,3	0,99	1,5	2	30	3
7	9,1	5 733	1 770	473	0,12	0,30	0,42	11,0	11,3	10,9	2,2	4,1	1	33	3
6	8,3	1 733	385	125	0,74	0,37	1,1	5,1	5,5	4,4	1,5	2,4	3	39	3
15	8,6	2 900	739	93	0,18	0,04	0,22	3,1	3,1	2,9	1,1	1,5	1	26	3
Polderplassen															
16	8,9	44 000	23 720	318	0,31	0,12	0,43	9,0	9,1	8,7	0,43	2,1	2	36	3
106	8,6	1 290	242	98	0,38	0,09	0,47	2,7	2,8	2,3	0,35	0,52	1	23	3
12	9,0	5 933	1 976	188	<0,04	0,07	0,11	5,8	5,9	5,8	0,85	1,6	1	31	3

totaal-P is in de zomer 3,3, terwijl algen voor hun groei ongeveer een verhouding van 10 nodig hebben). Tegenover de lage gehalten aan minerale stikstof worden hoge gehalten aan organisch-stikstof gevonden, die in het zomerseizoen zelfs hoger zijn dan in de winter.

De belastingsindex stijgt in de poldersloten in de zomer ten opzichte van de winter van 24,5 tot 29 en in de polderplassen van 23 tot 29.

In het algemeen worden in de zomer ook hogere gehalten gevonden voor chloride, pH en COD. De hoge chloridegehalten worden veroorzaakt door de zoute kwel; de gevonden fosfaatgehalten worden eveneens in belangrijke mate bepaald door de kwel (zie ook hoofdstukken over diep en ondiep grondwater). Bij monsterpunt 17, dat geen waterinlaatmogelijkheden heeft, is het chloridegehalte gestegen van 215 mg Cl^-/l in de winter tot 2264 mg Cl^-/l in de zomer. Ondanks deze forse stijging ten gevolge van zoute kwel is het fosfaatgehalte niet sterk gestegen. Dit duidt erop, dat de zoute kwelstroom minder fosfaatrijk

Tabel 45. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van 13 sloten en 3 plassen in polders, verdeeld naar winter en zomer

	Winter		Zomer	
	sloot	plas	sloot	plas
NO_3^--N	2,7	1,6	0,1	0,1
NH_4^+-N	0,6	0,5	0,2	0,2
Kjeldahl-N	3,2	3,0	4,0	5,8
Ortho-P	0,31	0,19	1,0	0,54
Totaal-P	0,58	0,45	1,6	1,4

is dan bij de overige monsterpunten. Bij monsterpunt 16, gelegen in een meertje direct achter de Waddenzeedijk, worden in de zomer hogere chloridegehalten aangetroffen dan in de Waddenzee, hetgeen veroorzaakt wordt door indamping. De sterke stijging van de COD, organische-stikstof en fosfaat die hiermee gepaard gaat wordt deels veroorzaakt door de aanwezigheid van vogels.

Fysisch-chemische samenstelling van het boezemwater

Het boezemwater wordt op 77 punten bemonsterd en wel 41 maal door de Provinciale Waterstaat van Friesland en 36 maal door de Provinciale Waterstaat van Groningen (Tabel 46).

Zowel de stikstof- als de fosfaatgehalten liggen in de boezemwateren hoger dan in de polders en de wateren zijn zeer voedselrijk. Vanwege de geringe doorspoelingsmogelijkheden worden in een aantal opvaarten zeer hoge fosfaatgehalten gevonden. Evenals bij de polders worden in de winter lagere fosfaatgehalten gevonden dan in de zomer. In tegenstelling tot de polders worden in het boezemwater in de zomer geen bijzonder lage gehalten gevonden aan opneembaar-N en anorganisch ammonium-stikstof.

Tabel 46. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van 77 monsterpunten in boezemvaarten op het kleigebied van Friesland en Groningen, verdeeld over winter en zomer (zomer 1974, 1975, 1976; winter 1974/75, 1975/76)

	Winter	Zomer
Opneembaar-N	4,2	1,4
NH_4^+-N	1,8	0,9
Kjeldahl-N	4,4	4,8
Ortho-P	0,86	1,14
Totaal-P	1,24	1,78

Samenvatting

De wateren op het kleigebied worden gekenmerkt door het optreden van zoute kwel. De hoge chloridegehalten en het zeer algemeen voorkomen van het natriumchloride-type zijn hier het bewijs van. Door het neerslagoverschot in de herfst en winter is de invloed van de kwel in de winter geringer. In een aantal wateren worden echter in de zomer door wateraanvoer lagere chloridegehalten dan in de winter gevonden.

Gepaard gaande met de zoute kwel worden hoge gehalten aan nutrienten aangetroffen. Vooral fosfaat komt in hoge gehalten voor, zelfs zo hoog dat in de polderwateren de stikstof de beperkende factor is voor algengroei. De boezemwateren vertonen een identiek beeld. zij het dat deze wateren in grotere mate worden belast met afvalwater.

9.3.3. K l e i - o p - v e e n

Zoals de naam zegt behoren tot dit gebied veengronden waarop een kleilaag is afgezet. Het grootste gedeelte van dit gebied ligt in het Friese lage midden, ingeklemd tussen het klei- en laagveengebied. In Groningen, noord-Drenthe en in het noordelijk deel van de Friese Wouden liggen ook delen van het klei-op-veengebied; hier bestaat de bodem echter uit complexen van zand, hoogveen, laagveen en klei.

Het klei-op-veengebied ligt gemiddeld een aantal decimeters beneden NAP en het gevolg hiervan is dat er vrijwel geen vrij afstromende wateren zijn. Het merendeel van de wateren is boezem- of polderwater. Vrijwel alle grote boezemmeren in Friesland liggen in het klei-op-veengebied, zij worden verbonden door brede boezemvaarten. In de polders liggen ook een aantal, meestal kleinere, plassen. Het klei-op-veengebied is een waterrijk gebied.

Fysisch-chemische samenstelling van het polderwater

V e r d e l i n g v a n d e m o n s t e r p u n t e n. In totaal werden 24 wateren in het overgangsgebied bemonsterd (zie de Monsterpuntenkaart en Bijlage 1). Elf monsterpunten liggen in poldersloten (10, 102, 105, 108, 109, 110, 115, 210, 225, 318, 320). Negen monsterpunten liggen in kleinere of grotere plassen in polders (1, 2, 101, 104, 107, 111, 114, 222, 224). Punt 117, de Lauwers, is een vrij afstromend water. Punt 116 ligt in een afgesloten petgat langs de Lauwers. De monsterpunten 223 en 103 staan in open verbinding met de boezem, ze zijn echter in twee uitlopers van de boezem gelegen en worden daarom respectievelijk bij de poldersloten en polderplassen gerekend.

I o n e n d i a g r a m m e n. De ionendiagrammen van de 24 monsterpunten verschillen in de winterperiode sterk met die in de zomerperiode (zie de Ionendiagrammenkaart). 's Winters zijn er twee duidelijke typen te onderscheiden, namelijk het sulfaat-type (de monsterpunten 2, 101, 102, 103, 105, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 210, 222) en het calciumbicarbonaat-type (de monsterpunten 116, 117, 318, 320). Het sulfaat-type wordt in het Friese lage midden aangetroffen, terwijl het calciumbicarbonaat-type wordt gevonden daar waar zich al op geringe diepte het zandpakket bevindt. De monsterpunten 1 en 225 behoren tot het calciumchloride-type en bij monsterpunt 107 wordt water van het natriumchloride-type aangetroffen. Vier monsterpunten hebben een ionendiagram, dat niet duidelijk tot een bepaald type gerekend kan worden. Het zijn overgangsvormen, ontstaan onder invloed van het natriumchloride-, het sulfaat- en het calciumbicarbonaat-type. In de zomer komt het natriumchloride-type duidelijk voor bij de monsterpunten 10, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 210, 223, 225, 318 en 320. De monsterpunten 1, 101 en 114 behoren tot het calciumchloride-type. Alle monsterpunten, behalve 116 en 117, hebben de mogelijkheid tot waterinlaat vanuit de boezem. Dit is dan ook de reden waarom er zulke grote verschillen tussen de zomer- en winterperiode optreden. De monsterpunten 116 en 117 voldoen in de zomer bijna aan de eisen van het calciumbicarbonaat-type.

In Tabel 47 wordt de ionensamenstelling van drie monsterpunten als voorbeeld gegeven.

Monsterpunt 115 behoort in de winter tot het sulfaattype en gaat in de zomer over in het natriumchloride-type. Punt nummer 318 verandert van het calciumbicarbonaat-type in het natriumchloride-type en monsterpunt 117 verandert in beide seizoenen niet veel. Het ionendiagram van 318 vertoont in de winter grote overeenkomst met 117 en in de zomer met 115.

Tabel 47. Chemische samenstelling in mg/l en type-aanduiding in winter en zomer in de uitloper van het Botmeer (monsterpunt 115), de Miedsloot (monsterpunt 318) en de Lauwers (monsterpunt 117); voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

		Monsterpunt					
		115		318		117	
		winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer
HCO_3^-	mg/l	99	109	220	99	215	159
SO_4^{2-}	mg/l	208	70	26	105	26	25
Cl^-	mg/l	74	177	44	260	30	50
Ca^{2+}	mg/l	65	68	84	74	76	39
Mg^{2+}	mg/l	21	20	8	17	9	12
Na^+	mg/l	54	100	19	138	17	27
K^+	mg/l	14	13	2	11	5	8
Type		SO_4	NaCl	$Ca(HCO_3)_2$	NaCl	$Ca(HCO_3)_2$	bijna $Ca(HCO_3)_2$

O v e r i g e p a r a m e t e r s. De 24 monsterpunten zijn in 3 groepen verdeeld, namelijk poldersloten, polderplassen en de monsterpunten 116 en 117. De resultaten zijn weergegeven in de tabellen 48 en 49. In Tabel 50 staan de gemiddelde gehalten van de poldersloten en polderplassen.

Het blijkt dat in de plassen lagere gehalten worden aangetroffen dan in de poldersloten en dat in het algemeen in de zomer hogere fosfaatgehalten worden gevonden dan in de winter. In de plassen worden lagere gehalten gevonden vanwege de geringere belasting per oppervlakte-eenheid en vanwege een meestal grotere afstand tot de bebouwing. De hogere fosfaatgehalten in de zomer kunnen verklaard worden uit het feit dat het in de zomer in te laten boezemwater in het algemeen hogere gehalten heeft.

Tabel 50. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van 12 sloten en 10 plassen in polders, verdeeld over winter en zomer

		Winter		Zomer	
		sloot	plas	sloot	plas
NO_3^--N	mg/l	3,3	1,5	0,2	0,2
NH_4^+-N	mg/l	1,0	0,3	0,6	0,5
Opneembaar-N	mg/l	4,2	1,8	0,8	0,6
Organisch-N	mg/l	2,3	1,9	2,9	2,4
Ortho-P	mg/l	0,03	0,03	0,11	0,06
Totaal-P	mg/l	0,24	0,14	0,37	0,24

Het opneembaar-fosfaat is in het klei-op-veengebied laag. Niet minder dan 3 poldersloten en 5 polderplassen hebben gedurende het gehele jaar een orthofosfaatgehalte lager dan 0,01 mg P/l. Ook de overige punten hebben, vooral in de winter, een laag orthofosfaatgehalte, gemiddeld 0,03 mg P/l. Daar in de winter de Kjeldahl-stikstof/totaal-fosfaat verhouding tamelijk hoog is en van het totaal-fosfaat slechts een gering deel voor algen opneembaar is, zal in het voorjaar fosfaat de beperkende factor zijn voor algengroei. Stikstof komt in de winter in de vorm van nitraat in tamelijk hoge concentraties voor. 's Zomers is de concentratie opneembaar-stikstof laag.

Ondanks de lage nutriëntengehalten hebben de bemonsterde wateren in de zomer soms een groenige kleur, hetgeen op de aanwezigheid

Tabel 48. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 12 poldersloten, 10 polderplassen en 2 overige wateren binnen de polders op het klei-opveengebied in de winter; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonsteringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
Poldersloten															
318	6,9	560	47	45	0,35	1,7	2,1	1,3	3,0	0,95	0,01	0,07	2	11	3
102	7,7	800	98	52	0,82	4,1	4,9	1,9	6,0	1,1	0,01	0,16	2	15	3
109	8,4	980	156	47	0,44	2,4	2,9	2,1	4,5	1,7	0,04	0,19	1	15	3
223	8,2	1147	161	88	0,40	0,97	1,4	2,9	3,9	2,5	0,02	0,29	1	16	3
210	7,5	650	72	170	0,54	2,5	3,0	2,8	5,3	2,3	0,02	0,22	2	18	3
320	7,1	567	60	60	0,88	1,4	2,3	2,1	3,5	1,2	0,01	0,21	2	19	3
115	7,1	807	101	110	0,94	3,3	4,2	3,2	6,5	2,3	0,02	0,21	2	19	3
225	7,6	833	138	84	0,58	3,7	4,2	3,5	7,2	2,9	0,08	0,36	1	20	3
105	6,9	933	112	130	1,1	2,5	3,6	3,5	6,0	2,4	0,03	0,32	2	22	3
110	7,5	1620	157	95	2,2	3,6	5,8	4,4	7,0	2,2	<0,01	0,13	3	23	3
108	6,4	1410	151	75	1,5	2,4	3,9	3,9	6,3	2,4	<0,01	0,11	3	23	3
10	7,4	677	71	77	1,3	7,2	8,4	4,7	11,9	3,4	0,09	0,41	3	28	3
Polderplassen															
1	7,8	717	96	43	0,28	0,71	0,99	1,4	2,1	1,1	<0,01	0,06	1	11	3
101	7,6	833	130	42	0,56	2,1	2,7	1,6	3,7	1,0	<0,01	0,10	2	12	3
107	7,4	760	158	88	0,37	0,3	0,67	1,7	2,0	1,3	<0,01	0,12	1	12	3
104	7,6	793	140	277	0,24	0,58	0,82	3,2	3,8	3,0	<0,01	0,08	1	13	3
2	7,8	1403	181	50	0,27	1,6	1,9	2,4	4,0	2,1	<0,01	0,15	1	13	3
111	7,3	615	87	68	0,36	0,33	0,69	1,7	2,0	1,3	0,04	0,14	1	13	3
103	8,0	913	147	63	0,31	3,1	3,5	2,1	5,2	1,8	0,02	0,18	1	14	3
222	7,8	877	115	95	0,47	3,9	4,4	2,6	6,5	2,1	0,05	0,19	1	16	3
114	6,9	745	112	91	0,22	1,1	1,4	3,5	4,6	3,3	<0,01	0,20	1	17	3
224	7,5	733	125	77	0,23	0,66	0,89	2,1	2,8	1,9	0,10	0,26	2	18	3
Overige wateren binnen de polders															
116	7,2	420	33	53	0,60	0,79	1,4	1,6	2,4	1,0	0,02	0,10	2	14	3
117	7,0	453	32	43	0,69	2,1	2,8	1,5	3,6	0,81	0,02	0,09	2	15	3

Tabel 49. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 12 poldersloten, 10 polderplassen en 2 overige wateren binnen de polders op het klei-opveengebied in de zomer; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonstringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
Poldersloten															
318	7,4	937	193	65	0,07	<0,02	0,09	1,8	1,8	1,7	<0,01	0,12	2	16	3
102	8,2	970	198	87	0,36	<0,02	0,38	2,9	2,9	2,5	0,07	0,30	2	21	3
109	8,3	1100	244	73	0,35	<0,02	0,37	3,0	3,0	2,7	0,08	0,35	2	21	3
223	9,2	1200	298	142	0,18	0,04	0,22	5,1	5,1	4,9	0,19	0,50	2	26	3
210	7,6	1067	207	73	0,31	0,48	0,79	3,6	4,1	3,3	0,20	0,47	2	25	3
320	6,8	1073	238	110	0,33	0,03	0,36	2,6	2,6	2,3	0,02	0,14	2	16	3
115	8,4	970	178	127	0,21	0,03	0,24	4,0	4,0	3,8	0,24	0,63	2	26	3
225	8,0	1067	306	58	0,28	<0,02	0,30	2,9	2,9	2,6	0,17	0,39	1	22	3
105	7,8	1127	229	92	0,70	0,28	0,98	3,0	3,3	2,3	0,01	0,52	3	24	3
110	8,1	1643	296	107	0,34	0,15	0,49	2,6	2,8	2,3	<0,01	0,12	2	15	3
108	7,8	1147	245	65	0,47	0,21	0,68	2,3	2,5	1,8	<0,01	0,15	2	17	3
10	7,3	917	173	72	3,1	0,41	3,5	5,7	6,1	2,6	0,09	0,34	3	32	3
Polderplassen															
1	7,9	787	118	70	0,59	0,02	0,61	1,2	1,2	0,61	<0,01	0,06	2	11	3
101	7,8	867	153	67	0,36	<0,02	0,38	2,1	2,1	1,7	<0,01	0,13	2	13	3
107	8,7	1063	236	157	0,48	0,45	0,93	3,5	4,0	3,0	<0,01	0,39	2	19	3
104	7,8	1117	209	88	0,45	0,10	0,55	2,6	2,7	2,2	<0,01	0,13	1	16	3
2	8,3	1553	270	110	0,67	0,14	0,81	4,6	4,7	3,9	0,13	0,49	2	25	3
111	7,5	897	166	73	0,28	0,02	0,32	2,3	2,3	2,0	0,31	0,38	2	23	3
103	8,6	1067	234	70	0,52	0,08	0,60	2,8	2,9	2,3	0,05	0,29	1	19	3
222	8,1	1092	195	100	0,29	0,07	0,36	3,4	3,5	3,1	<0,01	0,17	2	17	3
114	7,8	867	178	115	0,41	0,07	0,48	3,3	3,4	2,9	<0,01	0,20	2	18	3
224	7,6	925	196	88	0,45	0,70	1,2	2,4	3,1	2,0	0,01	0,11	2	14	3
Overige wateren binnen de polders															
116	7,1	587	49	85	1,8	0,07	1,8	3,8	3,9	2,0	0,04	0,14	3	25	3
117	7,3	660	40	50	<0,04	<0,02	<0,06	1,3	1,3	1,3	<0,01	0,11	2	14	3

van algen duidt. Het organisch-stikstof en totaal-fosfaat zijn in de zomer hoger dan in de winter. Dit kan rechtstreeks een gevolg zijn van ingelaten water, maar ook het meebemonsterde algenmateriaal kan de oorzaak zijn.

De vrij afstromende Lauwers stond in de zomer enige tijd droog. De in dit water gevonden gehalten zijn tamelijk laag in vergelijking tot de andere monsterpunten. Binnen het overgangsgebied nemen de monsterpunten 117, 318 en 320 een aparte plaats in. De ionendiagrammen van deze drie monsterpunten zijn in de winterperiode van het calciumbicarbonaat-type en het organisch-stikstofgehalte, de COD en het chloridegehalte zijn relatief laag. De reden hiervan is dat in tegenstelling tot het Friese lage midden het Pleistocene zand op sommige plaatsen aan de oppervlakte komt. Door waterinlaat vanuit de boezem hebben de monsterpunten 318 en 320 in de zomer een samenstelling gelijkend op de overige monsterpunten in het klei-op-veengebied.

Monsterpunt 116 is afgesloten, maar staat in natte perioden in verbinding met kavelslootjes van het omliggende weiland. De samenstelling van het petgat komt overeen met die van de Lauwers, alleen het nitraatgehalte is lager. In de zomer van 1976 is het waterpeil in het petgat sterk gedaald en kon worden opgemerkt dat er vroeger puin in gestort was. De hogere gehalten in de zomer zijn waarschijnlijk te wijten aan indamping en dus een grotere invloed van het gestorte afval.

Fysisch-chemische samenstelling van het boezemwater

In Tabel 51 zijn voor 24 monsterpunten in het boezemwater van het Friese lage midden de zomer- en wintergemiddelden gegeven. Tevens zijn de zomergemiddelden van de grote meren (totaal 17 monsterpunten) in dit bodemtype vermeld. Bij deze tabel dient opgemerkt te worden dat in de zomer van 1976 de fosfaatgehalten iets boven en de stikstofgehalten iets onder het gemiddelde lagen. Uit de tabel blijkt dat de fosfaatgehalten 's zomers in de boezem gelijk zijn aan hetgeen in de polderwateren gevonden wordt.

Tabel 51. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van 24 monsterpunten in boezemvaarten en 17 monsterpunten in boezemmeren in het klei-op-veengebied van het Friese lage midden, verdeeld over winter en zomer (zomer 1974, 1975, 1976; winter 1974/75, 1975/76)

	Winter	Zomer	
	vaart	vaart	meer
NH_4^+-N	0,9	0,1	0,0
Opneembaar-N	3,0	0,4	0,4
Organisch-N	2,3	2,8	2,8
Ortho-P	0,14	0,07	0,03
Totaal-P	0,33	0,32	0,24

Tabel 52. Gemiddelde belastingsindex van 12 sloten en 10 plassen in polders in winter en zomer

	Winter	Zomer
Sloot	19,1	21,7
Plas	13,9	17,5

Vergelijken we de gemiddelde belastingsindex van de monsterpunten in de polderwateren, dan blijkt dat de plassen in de polders in de zomer relatief sterker gestegen zijn dan de sloten (Tabel 52).

Door het ingelaten water is in de polders de hoeveelheid nutri-

ënten toegenomen; dit wordt in de polderwateren rechtstreeks gemeten of indirect gemeten aan de toegenomen hoeveelheid algenmateriaal.

De gemiddelde samenstelling van de boezemwateren in de overige delen van het klei-op-veengebied is moeilijk te bepalen, aangezien de stukken klein zijn en er weinig monsterpunten in liggen. Ook is er geen stroomgebied dat geheel in het klei-op-veengebied ligt.

Samenvatting

Het klei-op-veengebied is een waterrijk gebied, waar in de polders lage fosfaatgehalten worden gevonden. De stikstofgehalten liggen vooral in de winter door aanwezigheid van nitraat op een hoger niveau. De samenstelling van de bodem, met name het voorkomen van zand en de dikte van het Holocene pakket, is van invloed op de samenstelling van het oppervlaktewater. In de boezem komen, zij het niet veel, hogere fosfaatgehalten voor dan in de polders, hetgeen bij waterinlaat in de zomer verhoogde gehalten in de polderwateren veroorzaakt. Waterinlaat heeft grote invloed op de ionensamenstelling (het watertype).

Door het vele water in dit gebied worden de effecten van vuilbelastingen sterk genivelleerd.

9.3.4. L a a g v e e n

Het laagveengebied is gelegen in noordwest Overijssel en in Friesland tussen het zandgebied en het klei-op-veengebied. Laagveen komt ook nog voor in noord Drenthe en in Groningen in een smalle strook langs de zeeklei.

Wat het water betreft wordt binnen het laagveengebied hoofdzakelijk boezem- en polderwater aangetroffen. Slechts enkele benedenlopen van beken liggen in het veengebied en afgesloten wateren komen in zeer beperkte mate voor. Het boezemwater bestaat uit meren, petgaten en boezemvaarten of kanalen. De polderwateren bestaan uit poldersloten, petgaten en polderplassen.

Fysisch-chemische samenstelling van het polderwater

V e r d e l i n g v a n d e m o n s t e r p u n t e n. In totaal zijn 23 monsterpunten van het ICW-onderzoeksprogramma in dit gebied gelegen (zie de Monsterpuntenkaart en Bijlage 1). Hiervan liggen er 10 in poldersloten (201, 203, 208, 213, 215, 217, 220, 221, 228, 229). Acht monsterpunten zijn in petgaten gelegen (204, 205, 206, 207, 211, 212, 216, 218). Drie monsterpunten liggen in plassen (209, 230, 231). Twee petgaten zijn afgesloten van ander water (118, 227). Alle monsterpunten zijn in polders gelegen; alleen de monsterpunten 216 en 230 staan door middel van een nauwe doorgang in open verbinding met de boezem; ze worden echter tot de polderplassen en polderpetgaten gerekend.

I o n e n d i a g r a m m e n. Zowel 's zomers als 's winters heeft niet een bepaald type de overhand en een groot aantal bemonsterde wateren kunnen wat het ionendiagram betreft niet tot een van de vijf typen gerekend worden.

In de winter behoren 4 wateren tot het calciumbicarbonaat-type (201, 215, 221, 118), 3 wateren tot het sulfaat-type (211, 212, 231) en 5 tot het calciumchloride-type (203, 213, 216, 227, 228). De 4 eerstgenoemde monsterpunten liggen dicht tegen het zandgebied aan of door ontvening ligt het zandpakket dicht onder het maaiveld. De drie monsterpunten van het sulfaat-type zijn dicht bij het klei-op-veengebied gelegen. De 22 overige monsterpunten hebben ionendiagrammen, die min of meer overeenkomst vertonen met het calciumbicarbonaat-, het sulfaat- of het natriumchloride-type.

In de zomer wordt het natriumchloride-type aangetroffen bij de volgende 10 monsterpunten: 203, 209, 211, 215, 216, 217, 220, 221,

Tabel 53. Chemische samenstelling in mg/l en type-aanduiding in winter en zomer van petgaten in de polders Oldelamer (monsterpunt 207) en De Deelen (monsterpunt 211) en in de Kolderveensche Westergrift (monsterpunt 221); voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

		Monsterpunt					
		207		211		221	
		winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer
HCO_3^-	mg/l	81	111	54	115	268	188
SO_4^{2-}	mg/l	119	96	160	107	31	37
Cl^-	mg/l	109	170	63	218	48	199
Ca^{2+}	mg/l	41	80	54	62	80	68
Mg^{2+}	mg/l	17	21	14	17	7	11
Na^+	mg/l	73	50	43	128	38	123
K^+	mg/l	9	6	9	11	4	12
Type		-	$CaCl_2$	SO_4	NaCl	$Ca(HCO_3)_2$	NaCl

229 en 231. De monsterpunten 204, 205, 206, 207, 208 en 213 behoren tot het calciumchloride-type. De overige monsterpunten kunnen niet tot een van de vijf typen worden gerekend. In de meeste gevallen verschillen de diagrammen van de zomerperiode met die van de winterperiode als gevolg van waterinlaat. Gezien de ionendiagrammen en de chloridegehalten komt in de twee afgesloten petgaten in de zomer ook een ander soort water voor. Het lijkt waarschijnlijk dat in verband met de droogte van de zomer 1976 speciale voorzieningen zijn getroffen om het waterpeil enigszins te handhaven. In Tabel 53 wordt de chemische samenstelling van drie monsterpunten met verschillende watertypen gegeven.

Monsterpunt 211 heeft een kleiïge eerdlaag en het stroomgebied van monsterpunt 221 heeft binnen 125 cm beneden maaiveld Pleistoceen zand. De verschillen tussen de winter- en zomertoestand zijn duidelijk.

O v e r i g e p a r a m e t e r s. De samenstelling van de wateren is weergegeven in de tabellen 54 en 55. Per seizoen zijn drie groepen onderscheiden, namelijk de poldersloten, de afgesloten wateren en de petgaten plus de plassen in polders. In Tabel 56 zijn de gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten weergegeven.

Evenals op het klei-op-veengebied worden in de winter lage fosfaatgehalten aangetroffen. In de zomerperiode zijn de orthofosfaatgehalten in de poldersloten op drie punten na eveneens laag; in de petgaten en plassen daarentegen zijn de orthofosfaatgehalten in het algemeen in de zomer gestegen ten opzichte van de wintergemiddelden. De stikstofgehalten, vooral nitraat en in mindere mate ammonium, zijn in de winter voor zowel de sloten als de petgaten en plassen hoger dan in de zomer. Opvallend is dat in de petgaten en plassen het organisch-stikstof in de zomer sterk is gestegen ten opzichte van de winter.

De verschillen tussen de petgaten en plassen én de sloten in de winter is te verklaren uit het feit dat de petgaten en plassen in het algemeen meer geïsoleerd liggen. In de zomer van 1976 vond op grote schaal waterinlaat vanuit de boezem plaats (zie de chloridegehalten). Doordat het boezemwater hogere nutriëntengehalten heeft zal de voedselrijkdom in de polderwateren toenemen. Dit komt vooral tot uiting in de petgaten en plassen waar ten gevolge van algengroei de COD, pH, organisch-stikstof en hydrolyseerbaar- plus organisch-P gestegen zijn. Een verschil tussen de poldersloten en de petgaten en plassen in de zomer is dat in de eerstgenoemde wateren eerder het

Tabel 54. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 10 poldersloten, 11 petgaten en plassen in polders en 2 overige wateren binnen de polders op het laagveengebied in de winter; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonste-ringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
Poldersloten															
229	7,6	560	48	55	0,67	8,0	8,6	1,9	9,9	1,2	0,01	0,13	2	15	3
217	7,6	400	54	73	0,32	0,22	0,54	1,8	2,0	1,5	0,04	0,18	1	15	3
203	7,6	667	100	80	0,8	2,7	3,5	2,7	5,4	1,9	0,01	0,24	1	17	3
215	7,4	710	74	43	1,4	0,21	1,6	2,3	2,5	0,92	<0,01	0,17	3	19	3
208	7,3	773	101	133	0,88	2,3	3,2	2,9	5,2	2,0	<0,01	0,22	2	20	3
201	6,9	635	59	50	0,95	0,67	1,6	2,8	3,5	1,9	0,01	0,14	3	21	2
228	7,4	767	103	118	0,87	1,9	2,7	2,9	4,8	2,0	0,03	0,31	2	21	3
221	7,2	650	48	47	0,95	1,0	2,0	4,0	5,0	4,0	<0,01	0,15	3	23	2
220	7,7	493	68	88	0,86	2,4	3,3	3,0	5,4	2,1	0,26	0,47	2	25	3
213	6,9	1100	175	98	2,9	4,1	7,0	6,1	10,2	3,2	0,02	0,24	3	30	3
Petgaten en plassen in polders															
204	7,4	580	106	43	0,62	0,30	0,92	1,4	1,7	0,78	<0,01	0,05	1	11	3
207	7,6	703	124	48	0,38	0,64	1,0	1,3	1,9	0,92	0,01	0,14	1	11	3
216	7,2	473	80	58	0,35	0,32	0,67	1,3	1,6	0,95	<0,01	0,12	1	11	3
212	7,4	523	66	57	0,22	1,2	1,4	1,6	2,8	1,4	0,01	0,09	2	12	3
205	6,9	577	113	73	0,51	0,21	0,72	1,6	1,8	1,1	0,01	0,05	2	14	3
211	7,3	567	73	55	0,57	1,4	2,0	1,9	3,3	1,3	<0,01	0,13	2	14	3
218	7,5	483	81	63	0,29	0,19	0,48	2,0	2,2	1,7	0,02	0,16	2	15	3
231	7,3	810	164	70	0,83	4,6	1,4	2,7	7,3	1,9	0,01	0,13	2	16	2
206	7,0	553	95	62	0,34	0,21	0,55	1,4	1,6	1,1	0,04	0,20	2	16	3
230	7,0	375	44	47	0,81	0,92	1,7	2,2	3,1	1,4	<0,01	0,11	2	16	2
209	8,0	677	120	90	0,65	1,0	1,7	3,7	4,7	3,1	0,03	0,29	2	21	3
Overige wateren binnen de polders															
118	7,4	460	44	51	0,31	0,68	0,99	1,8	2,5	1,5	<0,01	0,13	2	14	3
227	8,3	420	52	68	1,7	0,83	2,5	5,0	5,8	3,4	0,23	0,41	2	31	3

Tabel 55. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 10 poldersloten, 11 petgaten en plassen in polders en 2 overige wateren binnen de polders op het laagveengebied in de zomer; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonste-ringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
229	7,7	763	154	55	0,18	0,03	0,21	1,7	1,7	1,5	<0,01	0,12	1	12	3
217	7,3	817	167	53	0,43	0,07	0,50	1,6	1,7	1,2	<0,01	0,11	2	16	3
203	8,4	940	199	92	0,37	<0,02	0,39	3,2	3,2	2,8	0,07	0,27	2	19	3
215	8,0	997	179	80	0,15	0,07	0,22	2,8	2,9	2,7	<0,01	0,20	2	16	3
208	8,1	1013	196	103	0,22	<0,02	0,24	2,3	2,3	2,1	<0,01	0,26	1	16	3
201	7,0	665	85	54	0,92	0,11	1,0	2,3	2,4	1,4	0,01	0,09	3	18	4
228	7,4	673	124	72	0,27	0,34	0,61	2,3	2,6	2,0	0,27	0,46	2	23	3
221	7,5	750	112	61	0,71	0,12	0,83	2,1	2,2	1,4	<0,01	0,08	2	15	4
220	7,9	847	153	92	0,17	3,0	3,1	3,1	6,1	2,9	0,96	1,3	2	28	3
213	6,9	1200	238	67	1,9	0,22	2,1	3,5	3,7	1,6	<0,01	0,14	4	23	3
Petgaten en plassen in polders															
204	7,3	713	130	63	0,25	0,04	0,29	1,6	1,6	1,4	<0,01	0,01	2	12	3
207	8,0	900	173	70	0,26	0,03	0,29	1,8	1,8	1,5	0,02	0,15	1	13	3
216	8,2	927	183	108	0,23	0,12	0,35	2,6	2,7	2,4	0,10	0,35	2	21	3
212	7,9	800	132	152	0,13	0,15	0,28	4,6	4,8	4,5	0,02	0,27	2	21	3
205	7,2	857	170	62	0,36	0,04	0,40	1,6	1,6	1,2	0,04	0,12	2	15	3
211	7,3	983	190	75	0,06	0,23	0,29	2,4	2,6	2,3	0,24	0,36	2	23	3
218	7,3	900	168	97	0,31	0,15	0,46	2,7	2,8	2,4	0,19	0,41	2	22	3
231	8,2	827	215	91	0,22	0,56	0,78	3,2	3,8	3,0	0,01	0,28	2	18	4
206	7,0	780	148	77	0,30	0,04	0,34	2,1	2,1	1,8	0,09	0,27	2	19	3
230	7,9	507	61	69	0,13	0,04	0,17	2,8	2,8	2,7	<0,01	0,22	2	19	4
209	8,5	967	192	132	0,29	0,06	0,35	5,3	5,4	5,0	0,02	0,37	2	23	3
Overige wateren binnen de polders															
118	7,3	620	89	95	0,34	0,06	0,40	2,3	2,4	2,0	0,02	0,13	2	18	3
227	8,3	657	145	142	1,4	0,08	1,5	5,4	5,5	4,0	1,0	1,6	2	35	3

Tabel 56. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van 10 sloten en 11 petgaten en plassen in polders, verdeeld naar winter- en zomerhalfjaar

	Winter		Zomer	
	sloot	petgat of plas	sloot	petgat of plas
NO_3^--N	2,4	1,0	0,4	0,1
NH_4^+-N	1,1	0,5	0,5	0,2
Opneembaar-N	3,4	1,5	0,9	0,4
Organisch-N	2,1	1,4	2,0	2,6
Ortho-P	0,04	0,02	0,14	0,07
Totaal-P	0,23	0,13	0,30	0,26

Tabel 57. Gemiddelde winter- en zomerbelastingsindex van 10 sloten en 11 petgaten en plassen in polders

	Winter	Zomer
Sloot	20,6	18,6
Petgat of plas	14,3	18,7

fosfaat en in de petgaten en plassen eerder de opneembare stikstof de beperkende factor is voor algenbloei. In Tabel 57 worden de gemiddelde belastingsindices gegeven. Duidelijk is te zien dat in de zomer de sloten en petgaten gemiddeld gelijk scoren.

In de grote veenpolder Weststellingwerf, waarin het natuurreservaat 'De Rottige Meenthe' is gelegen, werden vier punten bemonsterd, namelijk:

- monsterpunt 204 is gelegen in een petgat, dat in de zomer wordt gevoed met Lindewater, dat eerst door een biezenveld is geleid;
- monsterpunt 206 is gelegen in een petgat, dat in de zomer wordt gevoed met Lindewater en water vanuit de Helomavaart;
- monsterpunt 203 is gelegen in de Scheene, een oude vaart waar in de zomer water vanuit de Helomavaart en Linde langs kan stromen;
- monsterpunt 213 is gelegen in een waterloop naar het gemaal, die de gehele polder bemaalt.

In Tabel 58 zijn de gehalten weergegeven. Het blijkt dat monsterpunt 204 ondanks de waterinlaat in de zomer vanuit de Linde lage gehalten heeft, hetgeen mede veroorzaakt wordt door de zuiverende werking van het biezenveld. Monsterpunt 206 heeft in de winter vrij lage gehalten, doch in de zomer is het nadelige effect van de waterinlaat te merken, namelijk hogere fosfaat- en Kjeldahl-N-gehalten. De Scheene heeft in de winter een nitraatgehalte van 2,7 mg N/l, hetgeen veroorzaakt wordt door uitspoeling van landbouwgronden. De belastingsindex is in de zomer gelijk aan de winter, maar er worden hogere fosfaat- en lagere stikstofgehalten gevonden. Monsterpunt 213 heeft in beide seizoenen hoge stikstofgehalten en een hoge score voor de belastingsindex. Aangezien fosfaat bij monsterpunt 213 de beperkende factor voor algengroei is, is het fosfaatgehalte laag. De samenstelling van de verschillende wateren in de polder Weststellingwerf kan als voorbeeld dienen voor andere polderwateren op het laagveengebied.

Tabel 58. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van vier monsterpunten in de grote veenpolder Weststellingwerf in winter en zomer; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

	Monsterpunt							
	204	206	203	213	204	206	203	213
	winter				zomer			
EGV (µmho/cm)	580	553	667	1100	713	780	940	1200
Cl^- mg/l	106	95	100	175	130	148	199	238
COD (mg O_2/l)	43	62	80	98	63	77	92	67
NH_4^+-N mg/l	0,6	0,3	0,8	2,9	0,3	0,3	0,4	1,9
NO_3^--N mg/l	0,3	0,2	2,7	4,1	0,04	0,04	0,02	0,2
Kjeldahl-N mg/l	1,4	1,4	2,7	6,1	1,6	2,1	3,2	3,5
Ortho-P mg/l	<0,01	0,04	0,01	0,02	<0,01	0,09	0,07	<0,01
Totaal-P mg/l	0,05	0,20	0,24	0,24	0,01	0,27	0,27	0,14
Belastingsindex	9	13	19	33	10	19	19	25

Wat de afgesloten wateren betreft, komen de gehalten in het petgat Pasop (monsterpunt 118) overeen met de gehalten van de petgaten en plassen die in polders zijn gelegen. Petgat Tolbert (monsterpunt 227) heeft zowel in de winter als in de zomer hoge fosfaat- en stikstofgehalten, hetgeen een gevolg is van de aanwezigheid van vogels.

Fysisch-chemische samenstelling van het boezemwater

In Friesland staat het boezemwater van het laagveengebied in open verbinding met de gehele Friese boezem.

In het laagveengebied in noordwest Overijssel is al het water dus inclusief de Weerribben en de Wieden, maar uitgezonderd enige diep gelegen polders, boezemwater. De boezem krijgt water vanuit Drenthe via het stroomgebied van het Steenwijkerdiep. In de zomer kan vanuit de Friese boezem water worden ingelaten. In Tabel 59 zijn enige gehalten weergegeven.

In Friesland worden in het zuidelijk gedeelte van het laagveengebied lagere gehalten ten opzichte van de overige punten in het laagveengebied gevonden. In de buurt van Heerenveen worden in de boezem hogere gehalten aangetroffen.

In noordwest Overijssel worden lagere gehalten gevonden dan in Friesland, hetgeen veroorzaakt wordt door de samenstelling van het water dat uit Drenthe en de polders afkomstig is en door de grote oppervlakte aan water in noordwest Overijssel. Het water wordt in Overijssel ingelaten bij de Driewegsluis (zie de Afstroomeenhedenkaart). De samenstelling van het in te laten water zal de samenstelling van het IJsselmeerwater dicht benaderen, aangezien het op zijn vrij korte weg door Friesland niet aan grote vervuilingen bloot staat.

In het winterhalfjaar zal het boezemwater vooral beïnvloed worden door het Steenwijkerdiep en de diep gelegen polders, die rondom de Weerribben en Wieden zijn gelegen. Deze polders slaan hun water uit op de boezem (door kwel vanuit de boezem zal een deel van het water weer in de polder terecht komen). Twee polders zijn in het kader van het ICW-onderzoek bemonsterd, namelijk polder Halfweg (monsterpunt 201) en polder Kolderveen-Nijeveen (monsterpunt 221). De samenstelling van het water in deze polders wordt gekenmerkt door lage fosfaatgehalten vanwege de hoge ijzergehalten. De stikstofgehalten

Tabel 59. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van 13 monsterpunten in het boezemwater van Friesland, 16 monsterpunten in het boezemwater van noordwest Overijssel en 2 monsterpunten in het Steenwijkerdiep (monsterpunten 151 en 107), verdeeld over winter en zomer (zomer 1974, 1975, 1976; winter 1974/75, 1975/76)

	Friesland		Noordwest Overijssel		Steenwijkerdiep	
	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer
NH_4^+-N	1,6	0,3	0,9	0,5	0,9	0,4
Opneembaar-N	4,2	0,9	2,1	0,7	1,7	0,6
Ortho-P	0,33	0,21	-	-	-	-
Totaal-P	0,59	0,46	0,18	0,25	0,29	0,18

liggen op een hoger niveau. Aangezien er in deze tijd een neerslagoverschot is, zal het uitgeslagen polderwater en het water vanuit Drenthe niet in de afgelegen petgaten en plassen doordringen.

In de zomer wordt de samenstelling van het boezemwater in sterke mate bepaald door het ingelaten water vanuit Friesland. In het extreem droge jaar 1976 was de totale afvoer van het Steenwijkerdiep $16,1.10^6$ m^3; 90% van de afvoer vond plaats in de maanden januari, februari, maart en december. In dat zelfde jaar werd in de periode april tot en met september $45,9.10^6$ m^3 water ingelaten. In de zomer zal door een grote verdamping in de petgaten en plassen een waterstroom in de richting van de petgaten en plassen zijn. Het water dat in het zomerhalfjaar wordt ingelaten zal dus diep in de afgelegen wateren kunnen doordringen. Achttien monsterpunten gelegen in de grotere en kleinere vaarten in de Weerribben (Hogewegsloot, Hamsgracht, Bokvaart, Lokken, Tjurries) hadden in augustus 1976 allen een chloridegehalte variërend van 240 tot 270 mg Cl^-/l (VAN WIRDUM, 1977). Deze chloridegehalten komen goed overeen met de in die periode gevonden chloridegehalten in het zuidelijk deel van de Friese boezem.

Samenvatting

Evenals op het klei-op-veengebied worden de polderwateren in de winter gekenmerkt door lage fosfaatgehalten. Door waterinlaat in de zomer worden vooral in de petgaten en plassen de fosfaatgehalten verhoogd. De stikstofgehalten liggen in de winter door nitraatuitspoeling op een hoger niveau.

Wat betreft de ionendiagrammen kan worden opgemerkt dat in de winter afhankelijk van de plaats van bemonstering een aantal diagrammen in de polderwateren overeenkomst vertonen met die van het zandgebied en een aantal met die van het klei-op-veengebied. Een groot aantal monsterpunten kunnen echter in de winter niet tot een bepaald type worden gerekend. In de zomer wordt de vorm van de diagrammen in hoge mate bepaald door de waterinlaat.

De stikstof- en fosfaatgehalten liggen in de boezemvaarten in noordwest Overijssel op een betrekkelijk laag niveau. 's Zomers wordt er water ingelaten uit de boezem van Friesland. Dit water, afkomstig vanuit het IJsselmeer, kan tot ver in de kleinere waterlopen en petgaten doordringen, aangezien door de grote verdamping in de petgaten er een waterstroming zal zijn in de richting van de petgaten.

In de boezemwateren van Friesland, vooral in de omgeving van Heerenveen, worden hogere gehalten gevonden dan in noordwest Overijssel.

9.3.5. Z a n d

Het centrale plateau van Drenthe is ontstaan als een vlak grondmorenelandschap met hierop een dekzandlaag, plaatselijk met stuifzanden. Hierin zijn ondiepe, vlakke beekdalen ontstaan, die radiaal gericht zijn. Plaatselijk komen hierin veenlaagjes voor. De waterhuishoudkundige toestand is vele eeuwen onveranderd gebleven. Pas in de 17e eeuw is het eerste kanaal, de Hoogeveensche Vaart, gegraven ten behoeve van de scheepvaart voor de veenontginningen. In de daarop volgende eeuwen zijn er meerdere kanalen gegraven, die op de eerste plaats een scheepvaartfunktie hadden. Vooral aan het einde van de 19e eeuw en in de 20e eeuw zijn er voorzieningen getroffen voor een goede waterafvoer in natte tijden en wateraanvoer in tijden van droogte.

Een groot deel van de waterafvoer geschiedt via vrij afstromende wateren. Deze kanalen zijn vaak ook de hoofdleidingen in het watervoorzieningssysteem; zij hebben waterhuishoudkundig gezien dezelfde funktie als de boezemwateren in Groningen en Friesland.

Veel van de oorspronkelijke beken zijn recht getrokken. Met behulp van stuwen is het waterpeil in de meeste beken te regelen; tevens heeft een aantal beken de mogelijkheid van vanuit de kanalen water in te laten. Langs de lagere randen van het gebied liggen gebieden waar bemaling plaatsvindt. Ook zijn er op het zandgebied een aantal nieuw gegraven vrij afstromende waterlopen. Op het zandgebied is een groot aantal kleine afgesloten wateren. Velen hiervan zijn ontstaan doordat het veen uit kleinere veengebiedjes, die zich in terreindepressies hadden gevormd, is afgegraven.

Fysisch-chemische samenstelling van de wateren niet behorend tot de hoofdwaterlopen

V e r d e l i n g v a n d e m o n s t e r p u n t e n. In totaal zijn 37 niet-afgesloten en 22 afgesloten wateren in het kader van het ICW-onderzoeksprogramma bemonsterd (zie de Monsterpuntenkaart en Bijlage 1). Van de 37 monsterpunten zijn er 23 gelegen in beken of van oorsprong zijnde beken (304, 307, 312, 313, 314, 321, 322, 323, 324, 326, 327, 328, 329, 330, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340). Twaalf monsterpunten zijn in polders of in nieuw gegraven vrij afstromende wateren gelegen (303, 305, 306, 309, 310, 317, 319, 325, 331, 343, 344, 347). Twee monsterpunten liggen in uitlopers van de boezem (301, 302).

Door de provinciale waterstaten en zuiveringschappen worden 12 benedenlopen van beken en beekstelsels bemonsterd, namelijk de monsterpunten 6, 9, 14, 32, 37, 39, 42, 72 in de provincie Drenthe; monsterpunt 59 in Friesland; monsterpunt 717 in Groningen en de monsterpunten 134 en 133 in Overijssel.

Eerst zullen de resultaten van de beken en andere waterlopen worden behandeld, daarna worden de resultaten van de afgesloten wateren gegeven.

I o n e n d i a g r a m m e n v a n d e b e k e n e n o v e r i g e w a t e r l o p e n. Van de bemonsterde niet-afgesloten wateren (totaal 37) behoren er in de winter 24 tot het calciumbicarbonaat-, 1 tot het natriumchloride-, 1 tot het sulfaat- en 3 tot het calciumchloride-type. In de zomer wordt het calciumbicarbonaat-type 11 maal aangetroffen. Van die 11 behoorden 9 monsterpunten in de winter ook tot dit type. Het natriumchloride-type komt in de zomer 15 maal voor; deze 15 monsterpunten liggen in wateren, die water vanuit de kanalen kunnen inlaten. Eénmaal wordt in de zomer het calciumchloride-type aangetroffen. De overige monsterpunten in de winter en in de zomer kunnen niet tot één van de vijf typen worden gerekend.

Tabel 60. Chemische samenstelling in mg/l en type-aanduiding in winter en zomer van het Amerdiep (monsterpunt 327), het Oostervoortsche Diep (monsterpunt 322) en het Loodiep (monsterpunt 334); voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

		Monsterpunt					
		327		322		334	
		winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer
HCO_3^-	mg/l	171	216	89	121	126	117
SO_4^{2-}	mg/l	15	4	33	44	32	96
Cl^-	mg/l	18	28	26	82	25	214
Ca^{2+}	mg/l	57	66	38	38	50	56
Mg^+	mg/l	4	6	4	6	4	10
Na^+	mg/l	12	15	15	56	14	145
K^+	mg/l	2	4	3	10	2	13
Type		$Ca(HCO_3)_2$	$Ca(HCO_3)_2$	$Ca(HCO_3)_2$	-	$Ca(HCO_3)_2$	NaCl

In Tabel 60 wordt de ionensamenstelling van drie monsterpunten met verschillende watertypen gegeven. Uit de tabel blijkt duidelijk dat de waterinlaat grote invloed heeft op de samenstelling van het water. Het monsterpunt 327 heeft geen mogelijkheid tot waterinlaat. Het Oostervoortsche Diep krijgt via de Grote Masloot water uit het Noord-Willemskanaal en het Loodiep kan water uit de Verlengde Hoogeveensche Vaart inlaten. Ondanks de waterinlaat behoort het zomerdiagram van monsterpunt 322 niet tot het natriumchloride-type, omdat het water in het Noord-Willemskanaal ook niet tot het natriumchloride-type behoort (zie het ionendiagram van monsterpunt D10 op de Ionendiagrammenkaart).

O v e r i g e p a r a m e t e r s v a n d e b e k e n e n o v e r i g e w a t e r l o p e n. Uit de tabellen 61 en 62 blijkt dat voor beken bij de meeste monsterpunten in de zomer lage gehalten aan opneembaar stikstof en fosfaat worden aangetroffen. De wintergemiddelden hebben daarentegen hoge stikstofgehalten, hetgeen vooral veroorzaakt wordt door de hoge nitraatgehalten en in mindere mate door de anorganische ammoniumgehalten. De ortho- en totaal-fosfaatgehalten zijn in de winter eveneens hoger dan in de zomer (Tabel 63). Vooral in de winter treden bij organisch en anorganisch ammoniumstikstof belangrijke verschillen op tussen de hoogste en laagste gehalten. Het verschil tussen de zomer- en winterperiode komt ook duidelijk in de gemiddelde belastingsindex naar voren, namelijk 17,9 in de winter en 14,0 in de zomer.

De gemiddelde chloridegehalten zijn door waterinlaat vanuit de kanalen bij een aantal monsterpunten in de zomer beduidend hoger dan in de winter. Wat betreft de stikstof- en fosfaatgehalten, de pH en de COD is geen verschil te vinden tussen beken, die wel of niet doorgespoeld kunnen worden. Hierbij moet worden opgemerkt dat niet tij-

Tabel 63. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van 23 beken, verdeeld over winter en zomer

		Winter	Zomer
NO_3^-	mg/l	5,3	0,2
NH_4^+	mg/l	0,7	0,4
Organisch-N	mg/l	1,2	1,2
Ortho-P	mg/l	0,05	0,02
Totaal-P	mg/l	0,25	0,13

Tabel 61. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 23 beken op het zandgebied in de winter; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonste-ringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
328	6,9	490	58	45	0,65	5,2	5,9	1,1	6,3	0,45	0,02	0,06	1	10	2
335	7,0	430	34	17	0,50	5,9	6,4	0,98	6,9	0,48	0,01	0,16	2	12	2
327	7,0	350	23	17	0,44	3,2	3,6	1,1	4,3	0,66	0,07	0,17	2	13	2
323	7,1	425	34	32	0,98	7,6	8,6	1,7	9,3	0,72	0,03	0,16	2	13	2
313	7,0	410	36	25	0,30	3,1	3,4	1,3	4,4	1,0	0,05	0,14	2	14	3
312	7,1	310	26	32	0,50	1,7	2,2	1,1	2,8	0,6	0,05	0,19	2	14	3
322	6,9	380	32	23	0,64	6,7	7,3	1,4	8,1	0,76	0,03	0,15	2	15	2
326	7,0	450	30	60	0,77	1,5	2,3	1,5	3,0	0,73	0,07	0,20	2	15	2
330	6,8	495	53	131	0,92	2,2	3,1	2,3	4,5	1,4	0,02	0,13	2	16	2
337	7,0	400	29	12	0,45	2,2	2,7	1,1	3,3	0,65	0,02	0,38	2	17	2
333	6,9	395	25	22	0,41	3,3	3,7	1,1	4,4	0,69	0,03	0,35	2	17	2
334	7,1	375	31	42	0,32	1,7	2,0	1,2	2,9	0,88	0,06	0,39	2	17	2
336	6,6	345	37	27	0,53	12,6	13,1	1,4	14,0	0,87	0,02	0,20	2	17	2
340	6,8	475	36	30	0,31	8,1	8,4	1,2	9,3	0,89	0,05	0,28	2	18	2
338	7,1	385	26	22	0,68	2,5	3,2	1,5	4,0	0,82	0,02	0,28	2	18	2
332	6,2	420	43	32	0,53	8,7	9,2	2,2	10,9	1,7	0,02	0,24	2	19	2
324	6,7	395	47	45	0,78	8,7	9,5	2,5	11,2	1,7	0,05	0,21	2	19	2
304	7,1	390	29	45	0,81	2,1	2,9	2,3	4,4	1,5	0,06	0,33	2	22	2
321	6,2	350	43	55	0,99	7,4	8,4	3,3	10,7	2,3	0,10	0,28	2	22	2
329	6,4	405	45	46	1,6	1,6	3,3	3,4	5,0	1,8	0,04	0,11	2	22	2
314	7,0	490	35	45	1,2	3,9	5,2	2,8	6,7	1,6	0,10	0,19	3	23	3
307	6,7	385	41	70	1,0	4,1	5,1	3,3	7,4	2,3	0,07	0,53	3	28	2
339	5,9	380	38	67	1,0	18,4	19,4	3,1	21,5	2,1	0,32	0,72	2	30	2

dens alle bemonsteringen in de zomerperiode bij de beken met mogelijkheid tot waterinlaat werd ingelaten. Door de uitzonderlijke droge zomer van 1976 is wellicht de samenstelling van het water in de beken die geen mogelijkheid hadden tot waterinlaat door de geringe afvoer in negatieve zin beïnvloed.

In de winter worden in een aantal beken lage COD-waarden gevonden en het blijkt dat hoge belastingsindices meestal gepaard gaan met een hogere COD. 's Zomers worden in het algemeen hogere COD-waarden gevonden dan in de winter. Ook de pH bereikt in de zomer hogere waarden.

Tabel 62. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 23 beken op het zandgebied in de zomer; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonste-ringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
328	7,4	442	45	64	1,1	0,73	1,8	2,9	3,6	1,9	0,01	0,27	3	20	4
335	7,4	535	85	24	0,21	0,15	0,36	1,2	1,4	0,99	0,01	0,10	2	12	4
327	7,7	360	22	17	0,15	0,04	0,19	0,92	0,96	0,77	<0,01	0,05	2	8	4
323	7,9	622	63	36	0,15	0,04	0,19	1,6	1,6	1,5	0,01	0,18	2	12	2
313	7,6	350	25	62	0,13	0,07	0,20	1,4	1,5	1,3	<0,01	0,06	2	12	3
312	7,7	313	20	35	0,22	0,06	0,28	1,2	1,3	0,98	0,02	0,13	3	16	3
322	7,7	532	93	34	0,09	<0,02	0,09	1,0	1,0	0,91	<0,01	0,08	2	9	4
326	7,6	312	22	27	0,47	0,17	0,66	1,8	1,7	1,3	0,04	0,12	3	16	4
330	7,7	842	177	42	0,50	0,57	1,1	2,0	2,6	1,5	<0,01	0,14	2	14	4
337	7,3	402	30	12	0,29	0,07	0,36	0,69	0,76	0,40	<0,01	0,03	2	9	4
333	7,5	695	139	31	0,25	0,13	0,38	1,4	1,5	1,2	<0,01	0,14	2	13	4
334	7,7	572	91	24	0,44	0,07	0,51	1,2	1,2	0,76	0,04	0,15	2	15	4
336	8,6	591	120	39	0,34	0,64	0,98	1,6	2,2	1,3	<0,01	0,12	2	15	4
340	7,1	420	22	22	0,24	0,05	0,29	0,52	0,57	0,28	<0,01	0,05	2	10	2
338	7,7	602	97	27	0,22	0,07	0,29	1,3	1,4	1,1	<0,01	0,07	2	11	4
332	7,9	692	142	26	0,21	0,24	0,45	1,4	1,6	1,2	0,01	0,08	2	14	4
324	7,2	352	47	37	0,18	0,37	0,55	1,7	2,1	1,5	0,05	0,18	2	15	4
304	7,5	373	27	53	0,19	0,05	0,24	1,1	1,2	0,91	<0,01	0,10	2	10	4
321	6,9	330	44	95	0,41	0,05	0,46	2,0	2,1	1,6	0,02	0,27	3	20	1
329	6,8	612	113	51	2,0	0,19	2,2	3,5	3,7	1,5	0,04	0,25	4	29	4
314	7,7	450	39	60	0,18	0,07	0,25	1,2	1,3	1,0	<0,01	0,08	2	11	3
307	7,6	625	113	51	0,33	0,03	0,36	1,8	1,8	1,5	0,02	0,18	1	16	4
339	7,1	305	42	77	0,44	0,24	0,68	1,9	2,1	1,5	0,01	0,19	2	14	2

In Tabel 64 zijn de gemiddelde gehalten van stikstof en fosfaat van 12 benedenlopen van beken gegeven, die in de periode 1 april 1974 tot 1 oktober 1976 door de provinciale waterstaten of zuiveringschappen zijn bemonsterd. Uit de tabel blijkt dat in de Oude Vaart, Steenwijker Aa, Reest, Drentse Aa en Linde de laagste nutriëntengehalten worden aangetroffen en dat de zomergemiddelden lager zijn dan de wintergemiddelden.

In verband met de bereiding van drinkwater uit de Drentse Aa wordt vanaf 1940 regelmatig het water van de Drentse Aa geanalyseerd. In Tabel 65 staan de gemiddelde gehalten van 4 monsterpunten per periode van 5 jaar. De monsterpunten 37, 43 en 73 zijn in bovenlopen gelegen en monsterpunt 100 ligt in de benedenloop (Fig. 19).

Tabel 64. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van 2 winters (1974/75 en 1975/76) en 3 zomers (1974, 1975, 1976) in een aantal beken in de nabijheid van het instromingspunt in een kanaal, die zijn bemonsterd door provinciale waterstaten of zuiveringschappen; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Naam beek	Monsterpunt	Winter				Zomer			
		NH_4^+-N	opn. N	ortho-P	tot.-P	NH_4^+-N	opn. N	ortho-P	tot.-P
Oude Vaart	Dr.39	0,4	1,8	0,07	-	0,3	0,5	0,06	-
Steenwijker Aa	Dr.32	0,7	1,9	0,13	-	0,6	0,9	0,08	-
Reest	Dr.42	0,9	2,2	0,13	-	0,3	0,8	0,07	-
Drentse Aa	Dr. 9	0,7	2,6	0,38*	-	0,6	0,9	0,10	-
Oostermoerse Vaart	Dr.14	1,4	3,1	0,20	-	0,3	0,7	0,08	-
Peizerdiep	Dr. 6	1,0	3,4	0,22	-	0,3	0,8	0,14	-
Wold Aa	Dr.37	0,9	3,3	0,15	-	1,5	2,1	0,12	-
Schoonebeker Diep	Dr.72	3,2	5,3	0,35	-	3,5	3,9	0,24	-
Linde	F. 59	0,8	2,0	0,05	0,21	0,1	0,4	0,02	0,16
Mussel + Ruiter Aa	Gr.717	2,0	5,0	0,10	0,45	0,5	1,9	0,20	0,56
Radewijker Beek	Ov.134	1,5	4,5	-	0,16	1,0	2,5	-	0,18
Lee	Ov.133	1,7	4,6	-	0,48	0,7	3,6	-	1,83

*Dit hoge gehalte wordt veroorzaakt door 2 extreem hoge waarden in april en mei 1974

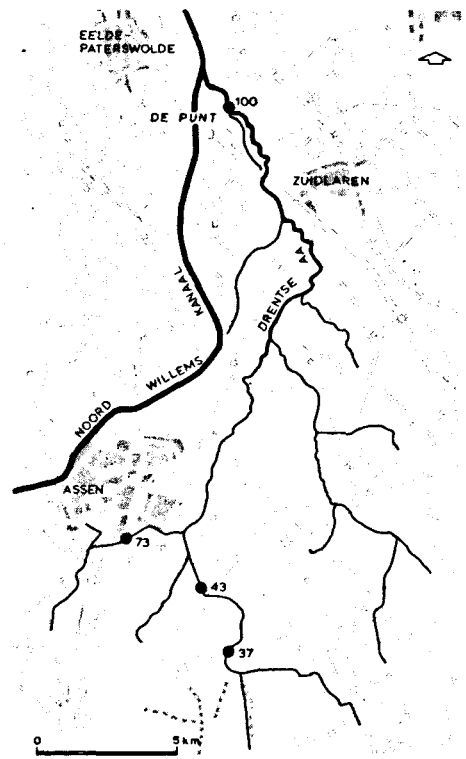


Fig. 19. Lokatie van de monsterpunten in de Drentse Aa

In de tabel is te zien dat de kleur en het kaliumpermanganaatverbruik (ongefiltreerd) grote overeenkomst vertonen. Het organische ammoniumgehalte heeft hiermee een geringere overeenkomst. Zowel de kleur als het kaliumpermanganaatverbruik worden in belangrijke mate door het gehalte aan organische stoffen bepaald. Na sterke regenval vond MULDER (1970) een hoger gehalte aan organische stoffen en een hogere waarde voor de kleur in de wateren van de Drentse Aa. Eveneens opvallend is de daling, die zich in de bovenlopen wat betreft de parameters kleur, kaliumpermanganaat en orga-

Tabel 65. Vijfjaar-gemiddelden van vijf fysisch-chemische parameters van drie monsterpunten in bovenlopen en één monsterpunt in de benedenloop van de Drentse Aa in de periode van 1940 tot en met 1974; voor de lokatie van de monsterpunten zie Fig. 19

Parameter	Kleur mg Pt/l				$KMnO_4$ (ongefil.) mg/l				Cl^- mg/l				Anorg. NH_4^+-N mg/l				Organisch NH_4^+-N mg/l			
Monsterpunt	37	43*	73	100	37	43*	73	100	37	43*	73	100	37	43*	73	100	37	43*	73	100
1940-1944	-	103	134	84	-	93	98	72	-	25	26	33	-	0,30	0,19	0,32	-	0,23	0,30	0,35
1945-1949	-	96	138	69	-	76	106	59	-	24	25	30	-	0,18	0,24	0,31	-	0,27	0,38	0,30
1950-1954	-	89	121	81	-	82	109	75	-	25	28	34	-	0,22	0,28	0,34	-	0,37	0,53	0,44
1955-1959	-	74	102	75	-	66	96	75	-	24	28	44	-	0,14	0,27	0,96	-	0,27	0,40	0,37
1960-1964	71	64	110	64	70	78	109	77	22	25	28	36	0,76	0,29	0,36	0,51	0,23	0,22	0,32	0,30
1965-1969	50	41	92	66	47	43	77	71	21	21	31	35	0,20	0,09	0,35	0,45	0,17	0,17	0,28	0,37
1970-1974	35	31	53	36	30	27	41	35	23	24	33	36	0,23	0,26	0,34	0,48	0,16	0,16	0,25	0,26

*Van punt 43 zijn geen gegevens van de jaren 1940, 1968 en 1969

Tabel 66. Gemiddeld chloride- en anorganisch ammoniumgehalte in mg/l van de monsterpunten 43, 73 en 100 over een periode van 35 jaar; voor de lokatie van de monsterpunten zie Fig. 19

Monsterpunt	Cl^-	Anorganisch NH_4^+-N
43	24	0,21
73	28	0,29
100	35	0,48

nisch ammonium-stikstof in de loop der jaren voordoet. Aangezien het chloridegehalte bij monsterpunt 43 gedurende de laatste 35 jaar constant op een laag niveau is gebleven en Mulder dit monsterpunt als zeer 'natuurlijk' beschrijft, kan de daling van de drie parameters niet worden toegeschreven aan een afname in de lozing van organische vervuiling. De afname van het gehalte aan organische stoffen zal eerder een gevolg zijn van cultuurtechnische ingrepen zoals een betere ontwatering of een grondwaterstandsdaling.

Er blijkt ook een goede relatie te bestaan tussen het chloride- en het anorganisch ammoniumgehalte (Tabel 66). Een toename van het chloridegehalte bij monsterpunt 73 geeft ook een toename te zien van het anorganisch ammoniumgehalte. Hetzelfde geldt voor monsterpunt 100.

Het voorbeeld van de Drentse Aa laat duidelijk zien, dat in niet verontreinigde bovenlopen van beken lage stikstof- en chloridegehalten mogen worden verwacht.

In de tabellen 67 en 68 zijn de resultaten van 14 monsterpunten weergegeven, die gelegen zijn in sloten in bemalen gebieden, in nieuw

Tabel 67. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 14 monsterpunten in sloten, in nieuw gegraven vrij afstromende wateren en in uitlopers van de boezem op het zandgebied in de winter; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonste-ringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
331	7,0	440	23	17	0,39	2,6	3,0	0,9	3,5	0,51	0,01	0,20	2	13	2
334	6,6	290	30	40	0,89	5,8	6,7	2,0	7,8	1,1	<0,01	0,07	2	15	2
343	7,1	455	38	52	0,21	1,7	1,9	2,0	3,7	1,8	0,03	0,18	2	17	2
347	6,0	215	35	32	1,2	2,3	3,5	1,8	4,1	0,60	0,03	0,11	3	17	2
309	7,0	335	24	22	0,46	1,2	1,7	1,3	2,5	0,84	0,03	0,28	2	18	2
325	7,1	495	31	51	0,87	1,9	2,8	2,1	4,0	1,2	0,02	0,13	2	18	2
303	7,4	800	100	52	1,0	2,6	3,6	3,2	5,8	2,2	0,02	0,16	2	21	3
305	6,7	330	28	35	0,71	3,2	3,9	2,4	5,6	1,7	0,06	0,26	3	22	2
317	7,2	447	74	65	1,3	6,4	7,7	3,7	10,1	2,4	0,11	0,35	3	25	3
301	6,4	520	81	48	1,3	1,3	2,6	4,5	5,8	3,2	<0,01	0,09	4	26	3
310	7,6	393	54	85	1,1	2,5	3,6	3,6	6,1	2,5	0,21	0,38	3	28	3
319	6,9	540	47	62	1,8	3,6	5,3	3,5	7,1	1,8	0,16	0,36	3	29	3
302	7,1	597	105	70	1,2	4,5	5,7	3,0	7,5	1,8	0,37	0,65	3	30	3
306	6,5	380	41	67	1,0	8,7	9,7	4,8	3,5	3,8	0,41	0,57	2	32	2

gegraven vrij afstromende wateren en in uitlopers van de boezem. In Tabel 69 zijn de stikstof- en fosfaatgehalten weergegeven.

De gemiddelde gehalten in Tabel 69 dienen met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd, aangezien tussen de monsterpunten onderling een vrij grote spreiding in de gehalten voorkomt. Evenals bij de beken worden in de zomer lagere gehalten dan in de winter gevonden. De gemiddelde belastingsindex is in de winter 22,2 en in de zomer 17,4; deze gemiddelden zijn hoger dan de gemiddelde winter- en zomerbelastingsindices van de beken.

Ervan uitgaande dat de natuurlijke belasting van de waterlopen op het zandgebied overal ongeveer gelijk is, mogen in principe geen grote verschillen te constateren zijn in de stikstof-, fosfaat- en

Tabel 69. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van de 14 overige waterlopen op het zandgebied, verdeeld naar winter en zomer

	Winter	Zomer
NO_3^--N	3,5	0,2
NH_4^+-N	1,0	0,6
Organisch-N	1,8	1,8
Ortho-P	0,11	0,05
Totaal-P	0,27	0,20

Tabel 68. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 14 monsterpunten in sloten, in nieuw gegraven vrij afstromende wateren en in uitlopers van de boezem op het zandgebied in de zomer; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonste-ringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
331	7,5	525	72	26	0,32	0,17	0,49	1,6	1,8	1,3	<0,01	0,08	2	13	4
344	7,5	493	39	32	0,46	0,60	1,1	1,4	2,0	0,94	<0,01	0,07	1	11	3
343	7,6	492	61	39	0,31	0,07	0,38	1,4	1,5	1,1	<0,01	0,07	1	12	4
347	8,1	492	90	50	0,43	0,08	0,51	1,8	1,9	1,4	0,01	0,16	1	13	4
309	7,8	390	48	22	0,36	0,22	0,58	1,1	1,3	0,74	0,01	0,05	2	9	4
325	7,9	447	47	51	0,41	0,54	0,95	1,7	2,2	1,3	0,01	0,12	2	15	4
303	7,7	942	195	58	0,41	0,10	0,51	1,7	1,8	1,3	0,03	0,10	2	13	3
305	7,6	283	20	79	0,26	0,05	0,31	1,0	1,1	0,74	<0,01	0,07	1	9	4
317	7,9	943	188	102	0,64	0,05	0,69	4,8	4,9	4,2	0,03	0,70	3	35	3
301	6,9	750	151	68	3,0	0,18	3,2	5,5	5,7	2,5	0,07	0,25	4	30	3
310	7,1	683	122	95	0,41	0,08	0,49	3,0	3,1	2,6	0,17	0,32	3	26	3
319	7,8	913	201	73	0,27	<0,02	0,27	2,2	2,2	1,9	0,19	0,25	3	20	3
302	7,7	900	192	92	0,23	0,07	0,30	2,9	3,0	2,7	0,07	0,32	1	20	3
306	7,6	600	104	78	0,30	<0,02	0,30	2,4	2,4	2,1	0,01	0,24	1	17	3

chloridegehalten tussen de monsterpunten in de waterlopen op het zandgebied. Uit de resultaten blijkt echter, dat zowel bij de beken als bij de overige waterlopen wateren met hoge en wateren met lage gehalten worden aangetroffen (zie de belastingsindices van de afzonderlijke monsterpunten). Aangezien de wateren met de lagere gehalten aangeven hoe hoog de natuurlijke gehalten maximaal zijn, moeten de hogere gehalten worden toegeschreven aan niet-natuurlijke beïnvloedingen.

A f g e s l o t e n w a t e r e n. Bijna alle bemonsterde afgesloten wateren hebben zowel in de zomer als in de winter een diagram, dat wordt gekenmerkt door een lage totale ionenconcentratie (<4 meq/l) en een bicarbonaatconcentratie dat vrijwel gelijk is aan nul. De lage kationen- en anionenconcentratie wordt verklaard uit het feit dat de vennen voor een belangrijk gedeelte worden gevoed met regenwater; de lage bicarbonaatconcentratie is een gevolg van de lage pH.

De monsterpunten 355 en 360 behoren in de winter tot het calciumbicarbonaat-type, de overige monsterpunten behoren tot het type met een totale ionenconcentratie kleiner dan 4 meq/l. 's Zomers is het water van monsterpunt 350 van het calciumchloride-type en dat van monsterpunt 355, gelijk als in de winter, van het calciumbicarbonaat-type. De overige monsterpunten, behalve vier wateren die niet tot een bepaald type kunnen worden gerekend, hebben een totaal-ionenconcentratie kleiner dan 4 meq/l.

Tabel 70. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 22 afgesloten wateren op het zandgebied in de winter; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonsteringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
350	4,7	220	40	47	0,31	0,52	0,83	0,73	1,2	0,42	<0,01	0,04	1	6	3
370	3,7	100	13	17	0,32	0,07	0,39	0,88	0,95	0,56	<0,01	0,04	1	8	2
353	3,6	100	21	85	0,38	0,16	0,54	1,2	1,4	0,82	0,02	0,07	1	9	2
369	6,4	150	17	25	0,43	0,51	0,94	0,83	1,3	0,4	<0,01	0,19	1	10	2
371	4,5	105	10	50	0,59	0,12	0,71	1,4	1,5	0,81	<0,01	0,05	2	10	2
373	niet bemonsterd														
362	3,7	85	13	30	0,38	0,16	0,54	1,7	1,9	1,3	<0,01	0,10	1	11	2
363	3,4	175	15	42	0,44	0,14	0,58	2,4	2,5	2,0	<0,01	0,09	2	14	2
351	4,1	150	25	28	1,2	0,21	1,4	2,4	2,6	1,2	<0,01	0,07	2	14	3
367	4,0	85	11	55	0,56	0,23	0,79	1,7	1,9	1,1	<0,01	0,12	2	15	2
360	7,2	285	27	32	0,68	0,09	0,77	1,0	1,1	0,32	0,02	0,15	2	15	2
364	6,2	195	30	42	0,78	0,18	0,96	1,4	1,6	0,62	<0,01	0,07	3	16	2
361	4,0	170	19	62	0,83	0,21	1,0	2,4	2,6	1,6	<0,01	0,15	2	16	2
355	7,2	255	18	17	0,67	0,16	0,83	1,6	1,8	0,93	0,01	0,18	3	21	2
356	5,1	60	9	80	0,86	0,18	1,0	2,6	2,8	1,7	<0,01	0,18	3	22	2
365	4,1	105	20	85	1,2	0,46	1,6	3,6	4,1	2,4	0,05	0,33	2	22	2
366	3,8	160	13	105	0,72	0,30	1,0	3,8	4,1	3,1	<0,01	0,26	2	23	2
358	4,1	130	22	52	0,97	0,69	1,7	2,5	3,2	1,5	0,26	0,39	2	23	2
357	3,6	105	13	25	0,91	0,18	1,1	2,4	2,6	1,5	0,33	0,45	2	23	2
368	4,3	90	15	102	0,48	0,21	0,69	2,7	2,9	2,2	1,0	1,3	2	27	2
359	4,7	145	25	87	0,62	0,71	1,3	2,7	3,4	2,1	1,8	2,2	2	30	2
352	4,4	145	25	87	3,3	0,64	3,9	7,2	7,8	3,9	0,72	0,82	3	32	3
354	5,9	170	20	120	3,4	0,71	4,1	9,7	10,4	6,3	1,9	2,4	3	42	2

De resultaten van de overige bepaalde parameters staan vermeld in de tabellen 70 en 71.

De EGV-waarden zijn in de tabellen 70 en 71 niet gecorrigeerd voor de pH. Bij pH < 5,8 is namelijk compensatie nodig voor de geleiding door het H_3O^+-ion. Deze compensatie is in de grootte-orde van 3 bij pH 5, 33 bij pH 4 en 325 µmho/cm bij pH 3. Vanwege de te geringe nauwkeurigheid van de veld pH-meter bij lage pH-waarden is het mogelijk dat bij enkele monsterpunten na compensatie het gemiddeld elektrisch geleidingsvermogen negatief zou worden.

Door de droogte van 1976 stonden 9 afgesloten wateren gedurende een deel van de zomerperiode droog (één of twee bemonsteringen). Bij een aantal andere vennen was het waterpeil in de zomer aanzienlijk

Tabel 71. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 23 afgesloten wateren op het zandgebied in de zomer; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonsteringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
350	4,9	280	49	23	0,43	0,11	0,54	1,4	1,5	0,97	<0,01	0,08	1	11	3
370	4,0	120	25	32	0,23	0,06	0,29	0,62	0,68	0,39	0,01	0,02	1	6	4
353	4,2	210	34	102	0,54	0,09	0,63	2,0	2,1	1,5	0,03	0,32	2	16	4
369	6,6	150	21	27	0,30	0,17	0,47	1,1	1,3	0,80	0,02	0,05	1	9	4
371	4,7	90	21	125	0,45	0,09	0,54	2,0	2,1	1,6	<0,01	0,06	1	12	4
373	3,4	110	18	110	0,23	0,41	0,64	1,7	2,1	1,5	<0,01	0,09	1	11	2
362	3,9	105	20	73	0,20	0,15	0,35	1,7	1,9	1,5	<0,01	0,05	2	11	3
363	3,3	230	27	80	0,17	0,33	0,50	1,3	1,6	1,1	<0,01	0,05	2	10	2
351	3,6	205	37	68	3,1	0,05	3,1	4,2	4,3	1,1	<0,01	0,08	3	20	3
367	3,6	90	10	60	0,32	0,13	0,45	1,5	1,6	1,2	<0,01	0,08	2	11	2
360	7,2	400	52	35	0,38	0,07	0,45	1,1	1,2	0,72	0,02	0,07	2	13	4
364	6,8	220	43	69	0,24	0,09	0,33	1,4	1,5	1,2	<0,01	0,08	2	12	4
361	3,4	165	34	72	0,50	0,17	0,67	1,3	1,5	0,80	<0,01	0,18	2	16	2
355	7,2	310	18	21	0,43	0,08	0,51	1,2	1,3	0,77	0,04	0,19	2	17	4
356	4,6	50	11	117	0,37	0,09	0,46	3,0	3,1	2,6	0,01	0,19	2	17	4
365	3,6	215	27	130	0,74	0,48	1,2	4,1	4,6	3,4	0,02	0,30	3	22	2
366	3,3	150	22	112	0,44	0,19	0,63	2,7	2,9	2,3	<0,01	0,13	2	19	4
358	3,4	175	31	71	0,62	0,40	1,0	2,2	2,6	1,6	0,19	0,40	2	22	4
357	4,3	250	32	48	3,7	0,66	4,3	5,5	6,2	1,8	0,94	1,2	3	32	4
368	4,0	110	21	180	0,45	0,27	0,72	5,4	5,7	5,0	2,0	2,9	2	34	4
359	4,5	200	40	140	3,2	0,32	3,5	6,4	6,9	3,2	4,8	5,7	3	40	4
352	4,2	185	33	230	10,1	0,29	10,4	13,7	14,0	3,6	2,2	2,9	4	40	3
354	5,8	280	40	195	14,5	0,44	14,9	20,8	21,2	6,3	4,8	5,8	4	45	4

gedaald. Door het lage water is de kans groot dat er bodemmateriaal wordt meebemonsterd; daarom worden de resultaten in eerste instantie besproken aan de hand van de wintergemiddelden.

Het totaal-stikstofgehalte loopt uiteen van 0,95 tot 10,4 mg N/l. Vooral de organische-stikstof en in mindere mate het anorganisch ammonium dragen bij tot het totaal-stikstofgehalte. De organische stikstofgehalten worden naast vervuiling door vogels mogelijk ook veroorzaakt door de venige ondergrond van een aantal vennen. Een zeer hoog anorganisch ammoniumgehalte kan een indicatie van vervuiling door vogels zijn. Een laag nitraatgehalte duidt meestal op geringe invloed van de landbouw.

Wat de fosfaatgehalten betreft is in beide seizoenen een duide-

Tabel 72. Fysisch-chemische samenstelling van 10 afgesloten wateren

Nr.	Naam	Datum	Jaar	pH	$KMnO_4$	Cl^-	NH_4^+-N	NO_3^--N	Ortho-P	Auteur
1	Gerritsflesch bij 'Hoog Buurlo (Gld.)	30- 4	1930	6,5	16,4	16,6	0,30	0	0	Redeke (1948)
2	Gerritsflesch	30- 9	1950	4,0	20	13	-	0,02	0,06	Dresscher e.a. (1952)
3	Vijver op de Lage Vuursche (Utr.)	30- 4	1930	6,4	115,7	12,3	0,26	0	0	Redeke (1948)
4	Leersumse Veld bij Leersum (Utr.)	9- 4	1932	6,8	138,1	9,2	0,06	0	sp.	"
5	Bosven bij Oisterwijk (N.Br.)	3-11	1919	±4,5	-	8,2	0,05	0	0	"
6	Bosven bij Oisterwijk (N.Br.)	9- 4	1920	±4,5	-	8,7	0,02	0	0	"
7	Tweede Choorven bij Oisterwijk (N.Br.)	3-11	1919	±5,5	-	18,9	sp.	0	0	"
8	Uiversnest, Hatertse vennen bij Overasselt (Gld.)		1959/ 1961	3,7	13,5	11	0,17	0	0,01	"
9	Meeuwenven, Hatertse vennen bij Overasselt (Gld.)		1959/ 1961	5,6	107	23	8,3	0,09	0,63	Geelen (1969)
10	2e plas Leersumse Veld bij Leersum (Utr.)		1962/ 1963	3,2-5,5	53-265	8-27,8	0,04-1,5	0-2,1	0-4,3	Geelen (1969)

lijk onderscheid tussen enerzijds de afgesloten wateren 358, 357, 368, 359, 352 en 354 met hoge fosfaatgehalten en anderzijds de overige afgesloten wateren met zeer lage fosfaatgehalten. De hoge fosfaatgehalten worden gevonden in vennen waar meeuwenkolonies aanwezig zijn (guanotrofie).

De chloridegehalten zijn laag; door indamping worden in de zomer hogere chloridegehalten gevonden dan in de winter, gemiddeld namelijk 19 mg Cl^-/l in de winter en 28 mg Cl^-/l in de zomer.

De gemiddelde COD-waarden variëren in de winter van 17 tot 120 mg O_2/l. Hoge COD-waarden worden veroorzaakt door aanwezige humuszuren of door guanotrofie.

In de afgesloten wateren worden in het algemeen lage pH-waarden gevonden. De monsterpunten 369, 360, 364 en 355 hebben in beide seizoenen een pH hoger dan 6.

Aan de hand van de ionensamenstelling en de pH kunnen de afgesloten wateren als volgt worden onderscheiden:

- wateren die qua samenstelling tot het calciumbicarbonaat-type behoren en waarvan de pH hoger dan 6 is. Hiertoe behoren de monsterpunten 355 en 360;
- wateren met een totaal ionengehalte kleiner dan 4 meq/l en met een pH hoger dan 6. Hiertoe behoren de monsterpunten 364 en 369;
- wateren met een totaal-ionenconcentratie kleiner dan 4 meq/l en waarvan de pH lager dan 6 is. Tot deze groep behoren de overige afgesloten wateren. Deze groep kan in twee subgroepen worden gesplitst,

namelijk een groep met hoge belastingsindices (de monsterpunten 358, 357, 368, 359, 352, 354) en een groep met betrekkelijk lage belastingsindices (de overige monsterpunten).

Ter vergelijking van de bemonsterde afgesloten wateren met andere afgesloten wateren in Nederland zijn in Tabel 72 de samenstellingen van 10 uit de literatuur bekende vennen gegeven (GEELEN, 1969). De eerste 8 wateren zijn oligotroof en de laatste twee eutroof als gevolg van meeuwen.

Het verschil tussen de eerste acht en laatste twee afgesloten wateren is duidelijk. In de oligotrofe wateren wordt geen fosfaat aangetroffen, terwijl het anorganisch ammoniumgehalte laag tot zeer laag is. De pH en het $KMnO_4$-getal variëren respectievelijk van 4 tot 6,8 en van 13,5 tot 138,1.

De afgesloten wateren van het eigen onderzoek met een laag fosfaatgehalte vertonen een redelijke overeenkomst met de in de tabel vermelde oligotrofe wateren. Van een aantal wateren ligt het anorganisch ammonium- en het chloridegehalte echter iets hoger (zie de gehalten in de tabellen 70 en 71).

Fysisch-chemische samenstelling van de hoofdwaterlopen

In Tabel 73 zijn de gehalten weergegeven van de grote doorgaande kanalen, die door de provinciale waterstaten en zuiveringschappen zijn bemonsterd. De monsterpunten in de provincie Groningen zijn in het zuidelijk Westerkwartier gelegen en in de provincie Overijssel in de Vecht. Opvallend zijn de hoge tot zeer hoge gehalten in de kanalen vergeleken met de veel lagere gehalten in de boven- en benedenlopen van beken.

Zoals reeds eerder is vermeld, is de samenstelling van het water in de beken met de laagste gehalten een indicatie voor de maximale natuurlijke belasting op het zandgebied. De hoge gehalten in de kanalen moeten dan ook aan vervuiling toegeschreven worden. Tevens wordt de samenstelling van het water nog nadelig beïnvloed doordat in vergelijking met het klei-op-veen- en laagveengebied weinig water ten opzichte van land aanwezig is en er op het zandgebied minder mogelijkheden tot doorspoeling van de kanalen aanwezig zijn.

Tabel 73. Stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l van hoofdwaterlopen op het zandgebied van Friesland (10 monsterpunten), Drenthe (24 monsterpunten), Groningen (7 monsterpunten) en Overijssel (7 monsterpunten), verdeeld naar winter (1974/75, 1975/76) en zomer (1974, 1975, 1976)

	Friesland		Drenthe		Groningen		Overijssel	
	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer
NH_4^+-N	1,4	0,5	2,0	1,0	4,7	5,9	2,9	1,2
Opneembaar-N	4,2	1,0	4,9	2,2	8,4	6,6	6,2	3,2
Ortho-P	0,31	0,14	0,63	0,43	0,64	1,37	-	-
Totaal-P	0,59	0,39	-	-	1,12	1,87	0,62	0,44

Samenvatting

Binnen het zandgebied kunnen de wateren, die niet tot de grote doorgaande kanalen worden gerekend, in verschillende typen worden onderscheiden. Op basis van de ionensamenstelling kan een onderscheid worden gemaakt tussen het type met een totaal ionengehalte lager dan 4 meq/l en de overige typen, die op het zandgebied worden aangetroffen (calciumbicarbonaat-, natriumchloride- en sulfaat-type).

De afgesloten wateren behoren in het algemeen tot de wateren, die een totaal ionengehalte lager dan 4 meq/l hebben. Binnen deze groep

worden vrij lage fosfaat- en stikstofgehalten gevonden; als gevolg van de aanwezigheid van grote aantallen vogels kan het nutriëntengehalte sterk toenemen. Bij afgesloten wateren met een venige ondergrond worden hogere organische stikstofgehalten gevonden.

Binnen de groep wateren met een totaal ionengehalte hoger dan 4 meq/l kan in de zomerperiode onderscheid worden gemaakt tussen de wateren die water vanuit kanalen kunnen inlaten (het natriumchloride-type) en de wateren die hiertoe geen mogelijkheid hebben (het calciumbicarbonaat-type).

Wat betreft de fosfaat- en stikstofgehalten zijn verschillen tussen de monsterpunten te constateren. Aangezien de wateren met de laagste gehalten aangeven hoe hoog maximaal de natuurlijke belasting is, moeten de hogere gehalten worden toegeschreven aan niet-natuurlijke beïnvloeding. Er is geen duidelijk verschil in de fosfaat- en stikstofgehalten te constateren tussen de monsterpunten, die worden beïnvloed door waterinlaat en de monsterpunten, die niet hierdoor worden beïnvloed.

In de grote doorgaande kanalen worden in het algemeen hogere tot veel hogere gehalten aan stikstof en fosfaat gevonden.

9.3.6. Hoogveen

Het hoogveen wordt van oorsprong aangetroffen in vijf grote gebieden, namelijk: oost Groningen en zuidoost Drenthe, de omgeving van Smilde, de omgeving van Hoogeveen, de omgeving van Dedemsvaart en de omgeving van Kloosterhaar. Het hoogveengebied is bijna in zijn geheel afgegraven. Na het afgraven is het land in cultuur gebracht en ontstond er een rationele verkaveling, waarbij vele oude kanalen voor de afwatering dienst bleven doen. Door de vrij hoge ligging van dit gebied kunnen de meeste van de bovengenoemde wateren vrij afstromen. In de lagere delen van het hoogveengebied zijn echter ook polders te vinden. Peilverlaging en ruilverkavelingen hebben vele oude wijken doen vervallen. In het niet-afgegraven hoogveengebied zijn nog afgesloten wateren te vinden.

Fysisch-chemische samenstelling van het water niet behorend tot de hoofdwaterlopen

Verdeling van de monsterpunten. Vier monsterpunten liggen in afgesloten wateren in het niet-afgegraven hoogveen (de monsterpunten 402, 403, 407 en 410). In totaal zijn 21 monsterpunten gelegen in het afgegraven hoogveen. Zes monsterpunten liggen in polders, namelijk 421, 433, 345, 424, 425 en 430. De overige monsterpunten liggen in vrij afstromende wateren (zie de Monsterpuntenkaart en Bijlage 1).

Ionendiagrammen. Slechts 12 van de 25 monsterpunten kunnen in de winter tot één van de vijf typen worden gerekend. De monsterpunten 423 en 429 behoren tot het sulfaat-type, de monsterpunten 432 en 421 tot het calciumchloride-type en de monsterpunten 341, 345 en 424 tot het calciumbicarbonaat-type. De monsterpunten 402, 407, 408, 409 en 410 worden gekenmerkt door een totaal ionengehalte lager dan 4 meq/l. De overige monsterpunten hebben diagrammen, die in meer of mindere mate met één van de vijf typen overeenkomen.

In de zomer worden veel wateren beïnvloed door waterinlaat. Hierdoor behoren de monsterpunten 346, 401, 421, 422, 424, 429, 430, 432 en 433 tot het natriumchloride-type. Monsterpunt 345 heeft evenals in de winter het calciumbicarbonaat-type en de monsterpunten 406, 407, 408 en 409 hebben een totaal ionengehalte lager dan 4 meq/l. De overige monsterpunten, behalve 425 en 427, hebben in de zomer ook water ingelaten. De hoeveelheid ingelaten water was echter te gering of het chloridegehalte te laag om de wateren tot het natriumchloride-

Tabel 74. Chemische samenstelling en type-aanduiding in winter en zomer van het Engbertsdijksvenen (monsterpunt 408), een sloot bij Veendam (monsterpunt 424), een sloot bij Klazinaveen (monsterpunt 429) en een sloot bij Dedemsvaart (monsterpunt 435) in mg/l; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

	Monsterpunt							
	408		424		429		435	
	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer
HCO_3^-	10	4	163	171	0	107	81	173
SO_4^{2-}	20	15	57	79	80	92	47	94
Cl^-	16	12	46	410	46	209	66	165
Ca^{2+}	4	2	56	71	16	52	31	49
Mg^{2+}	2	2	11	24	10	9	7	8
Na^+	11	7	30	208	26	150	40	135
K^+	2	1	5	16	9	14	11	13
Type	<4 meq/l	<4 meq/l	$Ca(HCO_3)_2$	NaCl	SO_4	NaCl	-	-

type te rekenen.

In Tabel 74 wordt de ionensamenstelling van vier monsterpunten met verschillende watertypen gegeven.

Monsterpunt 408 heeft het gehele jaar door lage gehalten. Monsterpunt 429 behoort in de winter tot het sulfaat-type en in de zomer duidelijk tot het natriumchloride-type vanwege waterinlaat vanuit het Van Echtenskanaal. Dat het wintermonster tot het sulfaat-type wordt gerekend komt door de zeer lage bicarbonaatconcentratie; de lage bicarbonaatconcentratie wordt veroorzaakt door de pH van 4,1. Het ionendiagram van monsterpunt 424 dat in de winter nog tot het calciumbicarbonaat-type behoort is door de hoge natrium- en chloridegehalten in de zomer van type veranderd. Monsterpunt 435 voldoet in beide seizoenen niet aan de gestelde eisen van één van de vijf typen. Aan de hand van de natrium- en chloridegehalten is wel duidelijk te zien, dat er in de zomer water (vanuit het Ommerkanaal) is ingelaten.

O v e r i g e p a r a m e t e r s. De resultaten staan vermeld in de tabellen 75 en 76. De resultaten van de vier afgesloten wateren zijn apart in de tabellen vermeld. Evenals bij de afgesloten wateren op het zandgebied zijn ook hier bij de afgesloten wateren de EGV-waarden niet gecorrigeerd voor de pH. Opvallend zijn de hoge fosfaat- en stikstofgehalten, die in vergelijking tot de gehalten op de andere bodemtypen, uitgezonderd de zeeklei, worden gevonden.

De hoge fosfaat- en stikstofgehalten bij de monsterpunten 401, 404 en 341 (in de zomer) zijn te wijten aan vuillozingen. Langs monsterpunt 401 stroomt water, dat afkomstig is van een vloeiveld van een aardappelmeelfabriek. In het stroomgebied van monsterpunt 404 wordt het effluent van een zuiveringsinstallatie geloosd. Bovenstrooms van monsterpunt 341 komt het effluent van een zuiveringsinstallatie in het water.

De monsterpunten 406, 408 en 409 onderscheiden zich van de overige monsterpunten door een lage pH en een laag totaal ionengehalte. Op het water, waarin de drie monsterpunten zijn gelegen, wateren naast landbouwgronden (zie de nitraatgehalten in de winter) ook voor een belangrijk deel natuurgebieden af. Er zijn geen mogelijkheden tot waterinlaat en het aantal inwoners per hectare is gering. Het chloridegehalte, een indicatie voor vervuiling, is dan ook laag. Ondanks de geringe vervuiling hebben deze waterlopen geen bijzonder lage gehalten aan stikstof en fosfaat. Vooral monsterpunt 406 heeft in de winter hoge fosfaatgehalten.

De gemiddelden van de overige niet-afgesloten wateren staan vermeld in Tabel 77.

Tabel 75. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 21 waterlopen en 4 afgesloten wateren op het hoogveengebied in de winter; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonste-ringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
Waterlopen															
409	5,9	170	23	17	0,78	1,9	1,7	1,4	3,3	0,62	0,03	0,10	2	15	2
408	5,9	152	26	35	0,71	1,6	2,3	2,6	4,2	1,9	0,04	0,15	2	18	2
423	5,8	380	51	217	1,6	1,6	3,2	2,5	4,1	0,95	0,01	0,07	3	19	2
432	7,4	380	48	75	0,57	2,5	3,1	2,3	4,8	1,7	0,32	0,52	2	21	2
422	6,5	550	67	62	1,9	1,1	3,0	4,5	5,6	2,6	0,02	0,11	2	23	2
429	5,4	346	46	67	1,9	2,3	4,2	3,4	5,7	1,5	0,29	0,51	2	25	2
406	3,6	310	20	135	0,74	2,6	3,3	3,0	5,6	2,3	0,26	0,39	2	25	2
421	6,8	320	50	72	0,62	6,9	7,5	2,2	9,1	1,6	0,23	0,36	3	25	2
424	6,6	577	55	57	2,2	1,4	3,6	4,7	6,1	2,6	0,02	0,10	3	26	2
427	6,7	495	43	42	2,8	0,21	3,0	5,6	5,8	2,8	0,06	0,19	3	27	2
435	7,5	455	65	82	0,47	3,1	3,6	3,7	6,8	3,2	0,31	0,52	2	27	2
428	6,9	430	31	57	2,2	0,5	2,7	4,6	5,1	2,4	0,10	0,32	2	27	2
341	6,6	532	35	100	1,2	2,9	4,1	3,6	6,5	2,4	0,14	0,29	3	27	2
345	7,3	480	31	52	1,7	1,6	3,3	4,1	5,7	2,4	0,11	0,26	3	28	2
425	6,6	480	52	162	2,9	0,50	3,4	6,5	7,0	3,6	0,10	0,20	3	29	2
434	7,1	360	42	67	2,8	1,5	4,3	3,9	5,4	1,1	0,09	0,39	3	29	2
346	6,1	300	41	80	2,9	3,1	6,0	4,1	7,2	1,2	0,21	0,44	4	31	2
430	6,2	360	45	97	2,1	1,3	3,4	4,3	5,6	2,2	0,14	0,38	3	31	2
433	6,4	500	57	85	1,1	0,37	1,5	3,7	4,1	2,6	0,37	0,67	3	34	2
404	6,7	355	39	67	2,8	2,0	4,8	6,5	8,5	3,7	0,71	1,2	3	41	2
401	5,9	405	51	127	3,0	4,4	7,4	6,7	11,1	3,7	1,0	1,6	3	42	2
Afgesloten wateren															
403	3,6	135	15	97	0,58	0,30	0,88	2,2	2,5	1,6	<0,01	0,11	2	15	2
410	3,5	190	23	82	1,2	0,69	1,9	3,1	3,8	1,9	<0,01	0,09	2	17	2
402	3,3	220	16	65	1,0	0,32	1,4	2,8	3,1	1,8	<0,01	0,40	3	23	2
407	4,0	110	15	165	2,3	1,1	3,1	6,0	7,1	3,1	0,31	0,92	3	37	2

Tabel 76. Gemiddelde fysisch-chemische samenstelling van 21 waterlopen en 3 afgesloten wateren op het hoogveengebied in de zomer; voor de lokatie van de monsterpunten zie de Monsterpuntenkaart

Monster-punt	pH	EGV	Cl^-	COD	Anorg. NH_4^+-N	NO_3^--N	Min.-N	Kj-N	Tot.-N	Org.-N	Ortho-P	Tot.-P	O_2-huish.	Belastings-index	Aantal bemonste-ringen
		µS/cm	mg/l	mg O_2/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mg P/l	klasse	punten	
Waterlopen															
409	5,1	139	23	19	0,58	0,70	1,3	2,0	2,7	1,4	0,03	0,09	3	13	4
408	5,3	207	17	30	1,7	0,14	1,8	2,4	2,5	0,71	0,09	0,14	3	17	4
423	4,9	500	66	155	2,9	0,51	3,4	6,2	6,7	3,3	<0,01	0,46	4	32	1
432	8,1	812	155	55	0,38	0,69	1,1	2,2	2,9	1,8	0,46	0,69	2	25	4
422	7,7	935	231	67	1,3	0,33	1,6	2,7	3,0	1,4	0,03	0,08	2	17	4
429	6,1	640	120	62	1,1	0,44	1,5	2,9	3,3	1,8	0,02	0,29	3	22	4
406	5,5	117	20	70	1,4	0,04	1,4	3,3	3,3	1,9	<0,01	0,16	4	25	3
421	7,4	675	129	112	0,36	0,10	0,46	2,6	2,7	2,2	0,29	0,53	2	26	4
424	7,5	910	199	91	1,3	0,16	1,5	3,4	3,6	2,1	<0,01	0,21	2	21	4
427	7,0	417	44	48	1,0	0,18	1,2	2,1	2,3	1,1	<0,01	0,11	3	18	4
435	7,4	727	115	55	0,69	0,63	1,3	2,1	2,7	1,4	0,09	0,23	2	19	4
428	7,8	437	59	77	0,98	0,21	1,2	3,1	3,3	2,1	0,04	0,43	2	24	4
341	7,0	640	63	65	6,2	2,3	8,5	8,1	10,4	1,9	2,5	3,4	4	40	4
345	7,4	415	30	97	2,3	0,34	2,7	3,3	3,6	0,98	0,02	0,10	3	19	4
425	7,0	407	51	77	2,8	0,61	3,4	4,4	5,0	1,6	0,02	0,18	2	23	3
434	7,3	665	101	45	1,8	0,31	2,1	3,1	3,4	1,3	0,07	0,32	3	24	4
346	7,4	400	78	74	0,45	0,20	0,65	2,4	2,6	2,0	0,03	0,29	2	18	4
430	6,7	342	64	89	1,8	0,79	2,6	3,4	4,2	1,6	0,11	0,40	3	25	4
433	7,9	827	152	70	0,61	0,30	0,91	2,6	2,9	2,0	0,87	1,2	3	31	4
404	7,5	557	80	115	3,4	0,29	3,7	7,0	7,3	3,6	2,8	5,2	3	42	4
401	6,7	460	83	109	2,4	0,39	2,8	4,7	5,1	2,3	0,38	0,85	3	34	4
Afgesloten wateren															
410	4,6	210	31	122	0,29	0,20	0,49	2,0	2,2	1,7	0,01	0,12	1	12	2
402	3,4	285	31	147	0,50	0,16	0,66	4,2	4,4	3,7	0,01	0,25	1	19	2
407	3,3	160	24	191	3,9	0,60	4,5	6,6	7,2	2,7	0,81	1,2	3	34	4

Tabel 77. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l in 15 waterlopen op het hoogveengebied, verdeeld naar winter en zomer

	Winter	Zomer
NH_4^+-N	1,9	1,3
NO_3^--N	1,9	0,4
Organisch-N	2,2	1,8
Ortho-P	0,16	0,14
Totaal-P	0,32	0,37

Het gemiddeld orthofosfaatgehalte is in de zomer weinig lager dan in de winter. Wordt echter ieder monsterpunt afzonderlijk bekeken, dan blijkt dat in de zomer het gemiddelde in belangrijke mate wordt bepaald door drie hoge waarden (de monsterpunten 421, 432 en 433) en dat bij de andere monsterpunten het orthofosfaatgehalte tot redelijke lage waarden is gedaald. Het blijkt ook, dat in de winter bij ortho- en totaal-fosfaat en in de zomer bij totaal-fosfaat grote verschillen in de gehalten tussen de afzonderlijke monsterpunten worden gevonden. Op de eerste plaats kan de ontginning van de veengronden van invloed zijn geweest. Op jonge dalgronden is de uitspoeling van fosfaat hoger dan op klei-, zand- en oude dalgronden (HENKENS, 1972). Op de tweede plaats kan, door de aanwezigheid van ijzer in de bodem en in het grondwater, fosfaat neerslaan in de vorm van ijzerfosfaat. Het is per monsterpunt echter niet mogelijk aan de hand van de twee voornoemde processen de gevonden fosfaatgehalten te verklaren.

Het gemiddeld anorganisch ammonium-stikstofgehalte ligt zowel in de winter als in de zomer boven de 1 mg N/l, hetgeen tamelijk hoog is.

De tamelijk hoge fosfaat- en stikstofgehalten vormen gunstige omstandigheden voor de groei van algen. Aan de kleur van het water is algengroei niet duidelijk waar te nemen, aangezien deze wateren van nature reeds bruin zijn gekleurd. Bij de meeste monsterpunten is de COD en het organische stikstof echter in de zomer lager dan in de winter. Hier staat tegenover dat de pH en het organisch- en hydrolyseerbaar-fosfaat in de zomer hoger is dan in de winter.

Op het zeekleigebied na worden op het hoogveengebied de hoogste belastingsindices gevonden, namelijk gemiddeld 26,8 in de winter en 22,9 in de zomer. De indices zijn in de zomer gedaald zowel bij de monsterpunten, die geen mogelijkheden hebben tot waterinlaat (de monsterpunten 345, 425 en 427), als bij de overige monsterpunten, die wel water vanuit de kanalen kunnen inlaten.

Van de vier monsterpunten, die in afgesloten wateren zijn gelegen, heeft monsterpunt 407 hoge stikstof- en fosfaatgehalten, hetgeen veroorzaakt wordt door de aanwezigheid van een meeuwenkolonie. De 3 overige monsterpunten stonden een gedeelte van de zomer droog. Deze wateren worden gekenmerkt door lage orthofosfaatgehalten (0,01 mg P/l). De stikstofgehalten, vooral het anorganisch ammonium-stikstof in de winter en het organisch-stikstof gedurende het gehele jaar, liggen op een hoger niveau. De hoge COD-waarden moeten worden toegeschreven aan de aanwezige humuszuren.

De afgesloten wateren op het hoogveengebied vertonen grote overeenkomst met een aantal afgesloten wateren op het zandgebied. Dit is te verklaren uit het feit, dat op het zandgebied een aantal afgesloten wateren zijn gelegen in kleine uitgeveende veengebiedjes.

F y s i s c h - c h e m i s c h e s a m e n s t e l l i n g v a n d e h o o f d w a t e r l o p e n. De kleinere hoogveengebieden

Tabel 78. Gemiddelde stikstof- en fosfaatgehalten in mg/l in de kanalen op het hoogveengebied van Groningen (11 monsterpunten) en zuidoost Drenthe (12 monsterpunten), die niet direct worden beïnvloed door de aardappelmeelindustrie, verdeeld naar winter (1974/75, 1975/76) en zomer (1974, 1975, 1976)

	Groningen		Drenthe	
	winter	zomer	winter	zomer
NH_4^+-N	6,4	2,5	5,4	3,9
NO_3^--N	2,1	1,7	1,7	0,6
Ortho-P	0,33	0,34	0,55	0,52
Totaal-P	0,94	0,91	-	-

(de omgeving van Smilde, Hoogeveen, Dedemsvaart en Kloosterhaar) zijn omringd door het zandgebied. De grote doorgaande wateren hebben in deze gebieden een gering aantal monsterpunten. In Tabel 78 staan de stikstof- en fosfaatgehalten van de kanalen op het hoogveengebied van Groningen en zuidoost Drenthe.

Het blijkt dat in de kanalen hoge fosfaat- en stikstofgehalten worden aangetroffen en dat er hogere gehalten worden gevonden dan in de wateren (waterlopen en afgesloten wateren), die door het ICW zijn bemonsterd. De hoge gehalten moeten voor een belangrijk gedeelte worden toegeschreven aan vervuiling, aangezien de samenstelling van de monsterpunten van het eigen onderzoeksprogramma reeds de maximale natuurlijke belasting aangeeft.

De kanalen in Groningen, waarop direct door de aardappelmeelindustrie wordt geloosd, hebben nog veel hogere gehalten. Gedurende de campagne in het najaar worden anorganische ammoniumgehalten van meer dan 100 mg N/l en totaal-fosfaatgehalten van meer dan 10 mg P/l gevonden.

S a m e n v a t t i n g. In de wateren op het hoogveengebied, die niet tot de kanalen behoren, worden tamelijk hoge nutriëntengehalten gevonden. Na het zeekleigebied worden in dit gebied de hoogste belastingsindices aangetroffen. Vooral het anorganisch ammonium is, ondanks dat er geen grote lozingen in de stroomgebieden van de monsterpunten plaatsvinden, betrekkelijk hoog. Ook de fosfaatgehalten liggen in vergelijking tot de andere gebieden op een betrekkelijk hoog niveau. In de zomer worden in het algemeen lagere gehalten gevonden dan in de winter. In de afgesloten wateren, die niet door meeuwen worden beïnvloed, worden lage fosfaatgehalten gevonden. In de kanalen, vooral die direct worden beïnvloed door de afvalwaterlozingen van de aardappelmeelindustrie, worden hoge fosfaat- en stikstofgehalten aangetroffen.

10. SLOTBESCHOUWING

10.1. ALGEMEEN

De samenstelling van het oppervlaktewater in het onderzoeksgebied wordt deels bepaald door natuurlijke en deels door niet-natuurlijke invloeden. Tot de natuurlijke invloeden kunnen worden gerekend de kwel, de natuurlijke uitspoeling en het regenwater (zie de paragrafen 7.2, 8.1.2 en 8.2.2). Onder niet-natuurlijke invloeden vallen verontreiniging door afvalwater, uitspoeling van meststoffen en het inlaten van water.

10.2. NATUURLIJKE INVLOEDEN

Uit het onderzoek naar de fysisch-chemische samenstelling van het diepe grondwater, het ondiepe grondwater in natuurgebieden en het regenwater is gebleken, dat er grote verschillen in samenstelling aanwezig zijn. Afhankelijk van welk 'soort water' het oppervlaktewater belast, zijn dus ook grote verschillen in fysisch-chemische samenstelling van het oppervlaktewater te verwachten.

In het oppervlaktewater op het zandgebied zijn lage gehalten te verwachten. De neerslag, die op het geografisch hoger gelegen zandgebied valt, stroomt zowel boven- als ondergronds af naar de lager gelegen gebieden (zie de Isohypsenkaart van het diepe grondwater en de Afstroomeenhedenkaart). Uit de ondiepe grondwatermonsters is gebleken, dat van het zand geen grote chemische verrijking te verwachten is. In het diepe grondwater worden dan ook op het zandgebied lage gehalten gevonden.

Uit de Kwel- en Infiltratiekaart blijkt, dat op het zeekleigebied op grote schaal kwel optreedt. Uit de kaarten, die de chemische samenstelling van het diepe grondwater weergeven, blijkt dat het diepe grondwater zeer voedselrijk en zout is. De ondiepe grondwatermonsters hebben ook hoge fosfaat- en stikstofgehalten. De neerslag zal, vooral in de herfst en winter, wanneer er een neerslagoverschot is, de eutrofe en zoute kwelstroom terugdringen.

Wat betreft de veengebieden (zowel hoog- als laagveen) is het moeilijk uit te maken of er kwel dan wel infiltratie optreedt, aangezien op de eerste plaats de Kwel- en Infiltratiekaart niet volledig is en op de tweede plaats is er geen informatie over eventueel afsluitende lagen voorhanden. De samenstelling van het diepe grondwater heeft wat betreft fosfaat en stikstof gehalten, die hoger zijn dan op het zandgebied en lager dan op het kleigebied. De chloridegehalten zijn over het algemeen lager dan 50 mg Cl^-/l. In de monsters van het ondiepe grondwater worden lage gehalten aan fosfaat gevonden (op het hoogveengebied zijn de fosfaatgehalten lager dan op het laagveengebied). De stikstofgehalten liggen op een hoger niveau. De gevonden gehalten zijn afhankelijk van de omstandigheden waaronder het veen is afgezet.

Voor het ondiepe grondwater in natuurgebieden zijn de stikstof- en fosfaatgehalten in Tabel 79 samengevat.

Tabel 79. Hoogste, laagste en gemiddelde fosfaat- en stikstofgehalten in mg/l in het ondiepe grondwater in natuurgebieden op verschillende bodemtypen

Bodemtype	Totaal-P			Kjeldahl-N		
	min.	max.	gem.	min.	max.	gem.
Zeeklei	1,4	6,0	3,2	4,4	15,6	11,1
Laagveen	0,10	0,38	0,21	3,1	7,6	5,5
Hoogveen	0,04	0,11	0,08	2,8	9,4	5,9
Zand	<0,01	<0,01	<0,01	0,48	1,0	0,75

Wordt hetgeen beschreven is onder de natuurlijke invloeden vergeleken met de samenstelling van het oppervlaktewater, dan blijkt dat het te verwachten beeld van hoge gehalten op het zeekleigebied, lage gehalten op het zandgebied en gehalten daartussen in de veengebieden maar gedeeltelijk overeen te stemmen met de samenstelling van het oppervlaktewater, zoals dat is beschreven in de paragrafen 9.2 en 9.3. De grote verschillen in sommige gebieden van de actuele toestand met de te verwachten toestand moeten worden toegeschreven aan andere dan natuurlijke invloeden.

10.3. NIET-NATUURLIJKE INVLOEDEN

De waterkwaliteit van de grote doorgaande wateren wordt in ongunstige zin beïnvloed door industrie, een deel van de lokale bevolking en recreanten. De kleinere wateren worden vooral beïnvloed door de landbouw, een deel van de lokale bevolking en recreanten. Een groot aantal doorgaande wateren en kleine wateren worden in de zomerperiode beïnvloed door ingelaten water vanuit het IJsselmeer en het Zwarte Water.

Verreweg de grootste vervuiling wordt veroorzaakt door de aardappelzetmeelindustrie en de papier- en kartonbedrijven. Het ligt in de bedoeling deze grote industriële vervuiling in de veenkoloniën tegen te gaan door reorganisatie, interne sanering, bijproduktenwinning uit het afvalwater en aansluiting op de veenkoloniale afvalwaterleiding. Op middellange termijn zullen de grote doorgaande wateren in oost Groningen nog maar in zeer beperkte mate worden beïnvloed door de vervuiling van deze tak van de industrie.

In de komende jaren zal de belasting van het oppervlaktewater met zuurstofbindende stoffen afkomstig van het huishoudelijk afvalwater sterk worden teruggedrongen. De fosfaat- en stikstofbelasting zal echter veel minder snel afnemen, tenzij de meeste zuiveringsinstallaties worden uitgerust met een derde trap.

De sterke toename van de veebezettingsgraad heeft tot gevolg dat er meer stikstof en fosfaat op het land terecht komt. Fosfaatuitspoeling via de landbouw is niet aantoonbaar. Stikstofuitspoeling in de vorm van nitraat zal vooral op het zandgebied bij een zwaardere bemesting toenemen. Het effect van de sterk toegenomen veebezetting zal geringer zijn onder, wat betreft de waterhuishouding, cultuurtechnisch optimale omstandigheden.

De recreatie heeft in zijn totaliteit geringe invloed op de samenstelling van het water. Plaatselijk kan de invloed echter aanzienlijk zijn.

Het ingelaten water wordt in eerste instantie gebruikt voor het op peil houden van de boezem. Hieruit kan door polders water worden onttrokken ten behoeve van de landbouw. De polders in Friesland, die grote hoeveelheden water inlaten, vertonen in de zomer hogere fosfaatgehalten ten gevolge van de waterinlaat. Een groot gedeelte van het ingelaten water wordt gebruikt om vervuilde en verzilte wateren door te spoelen. De mate van doorspoeling, die vooral in het veenkoloniale gebied en in de Drenthse kanalen er voor zorg draagt dat de waterkwaliteit in de perioden met geringe afvoeren niet verder verslechtert, wordt bepaald door de hoeveelheid die kan worden ingelaten.

De samenstelling van het inlaatwater uit het IJsselmeer en het Zwarte Meer is behandeld in par. 9.1. De invloed van het in te laten water op de samenstelling van het oppervlaktewater is afhankelijk van de hoeveelheid en de samenstelling van het inlaatwater. De gehalten van het inlaatwater in Drenthe zijn hoger dan in Friesland, maar in Friesland zijn de hoeveelheden die worden ingelaten weer hoger.

In 1976 was de hoeveelheid ingelaten water in Friesland vijfmaal zo groot als in Drenthe.

In de droge zomer van 1976 is in Friesland bijna tweemaal zo veel water ingelaten als in 1975. De samenstelling week in 1976 niet veel af van de samenstelling in 1975, zodat de invloed van het ingelaten water op de samenstelling van het oppervlaktewater in Friesland in 1976 (de zomerbemonstering van het ICW viel in de zomer van 1976) groter zal zijn geweest dan in 1975.

De Provinciale Waterstaat van Friesland en het zuiveringschap Drenthe schatten dat de fosfaat in het inlaatwater voor respectievelijk 5 en 2% bijdraagt aan de totale fosfaatbelasting (PROVINCIALE WATERSTAAT FRIESLAND, 1976; ZUIVERINGSCHAP DRENTHE, 1976). Deze percentages zijn jaargemiddelden voor het gehele gebied, dat door beide instanties wordt beheerd. In bepaalde delen van het gebied kan de belasting hoger zijn en er moet rekening mee worden gehouden dat slechts gedurende een half jaar water wordt ingelaten.

10.4. SAMENSTELLING VAN HET OPPERVLAKTEWATER

In deze paragraaf zal eerst door middel van twee figuren van het gehele onderzoeksgebied een overzicht worden gegeven van de fysisch-chemische samenstelling van het oppervlaktewater. Hierna zal elk bodemtype apart worden behandeld.

In Fig. 20 is een samenvatting gegeven van de gevonden belastingsindices op de verschillende bodemtypen. Duidelijk is te zien dat binnen een soort water grote verschillen in belastingsindex optreden. De belastingsindices op de verschillende bodemtypen mogen niet zonder meer met elkaar worden vergeleken, aangezien de natuurlijke belastingsindex per bodemtype verschillend is.

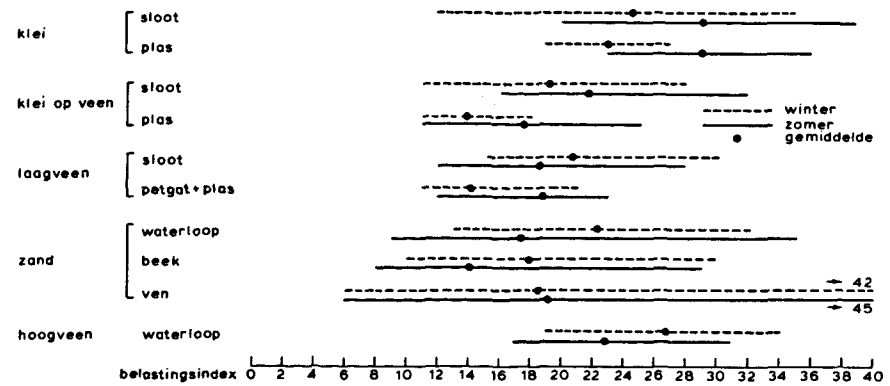


Fig. 20. Gemiddelde en spreiding van de belastingsindex voor verschillende soorten water op vijf bodemtypen

In Fig. 21 zijn voor twee belangrijke componenten (stikstof en fosfaat) per bodemtype de gemiddelde gehalten in het oppervlaktewater uitgezet tegen de stikstof- en fosfaatgehalten, zoals die in het ondiepe grondwater in natuurgebieden zijn gevonden. In Fig. 21 komt duidelijk naar voren, dat in het oppervlaktewater op het zandgebied en op het hoogveengebied voor wat betreft fosfaat hogere gehalten worden aangetroffen dan in het ondiepe grondwater.

Algen hebben stikstof en fosfaat nodig in een verhouding van globaal genomen 10 : 1 (GOLTERMAN, 1975; SCHMIDT - VAN DORP, 1976). Is de N/P verhouding kleiner dan 10, dan is in principe stikstof de beperkende factor voor algengroei en is de verhouding groter dan 10 dan is dat fosfaat. De schaaleenheden van stikstof en fosfaat zijn in Fig. 21 zo gekozen, dat de N/P verhouding juist 10 is. Indien in de figuur voor een bepaald soort water de fosfaatbalk langer is dan de stikstofbalk verkeert stikstof in het minimum en is omgekeerd de stikstofbalk langer dan de fosfaatbalk, dan is in principe fosfaat

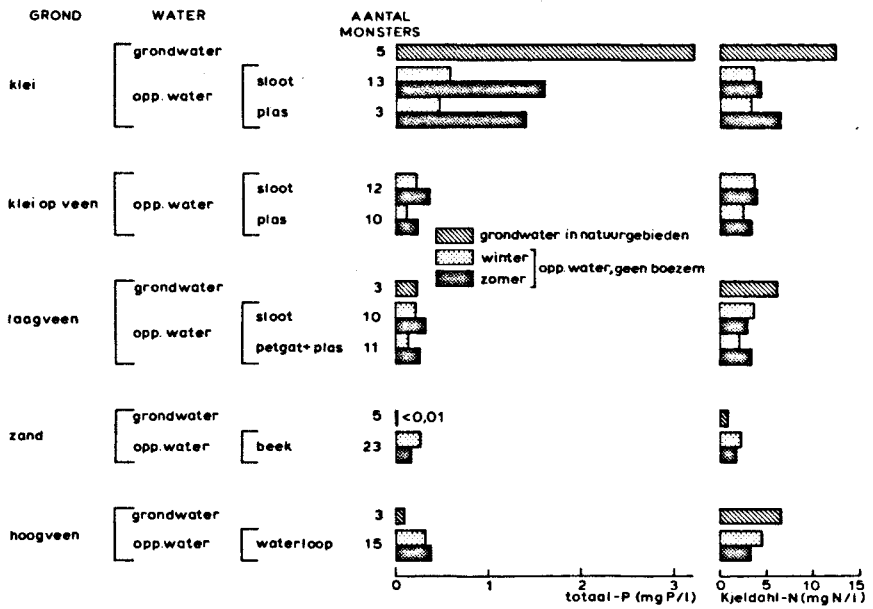


Fig. 21. Gemiddelde zomer- en wintergehalten van totaal-fosfaat en Kjeldahl-stikstof in mg/l van het ondiepe grondwater in natuurgebieden en van verschillende soorten oppervlaktewater op de bodemtypen zeeklei, klei-op-veen, laagveen, zand en hoogveen

de beperkende factor voor algengroei.

In het ondiepe grondwater verkeert, behalve op het kleigebied, fosfaat duidelijk in het minimum. In het oppervlaktewater van het kleigebied ligt de N/P verhouding, evenals in het grondwater, beneden de 10. De gehalten zijn hier echter zo hoog, dat andere factoren zoals bijvoorbeeld licht beperkend voor algengroei kunnen zijn. Bij de overige gebieden ligt de N/P verhouding in de buurt van de 10. Dit wijst erop dat ten opzichte van de natuurlijke toestand (het ondiepe grondwater in natuurgebieden) de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater relatief sterker is toegenomen dan de stikstofconcentratie. De oorzaak hiervan kan worden gezocht in de N/P verhouding van de niet-natuurlijke invloeden of in het feit dat één van de componenten uit het watersysteem verdwijnt.

Zowel stikstof als fosfaat kunnen zodanig in het bodemslib worden vastgelegd, dat zij niet meer worden gemeten indien het bovenstaande water wordt bemonsterd en geanalyseerd (GOLTERMAN, 1967). VAN KESSEL (1977) toonde aan, dat grote hoeveelheden stikstof via denitrificatie in de anaerobe sliblaag in de vorm van stikstofgas uit het watersysteem kunnen ontwijken. Dit is voor fosfaat niet mogelijk; fosfaat in de sliblaag kan zelfs na verloop van tijd weer de trofiegraad van een water verhogen (KOUWE en GOLTERMAN, 1976).

Naar aanleiding van het voorafgaande kan worden gesteld, dat op het laagveen-, zand-, hoogveen- en hoogstwaarschijnlijk op het klei-op-veengebied een toename van de fosfaatconcentratie een verdere eutrofiëring tot gevolg heeft.

Z e e k l e i. Op het zeekleigebied worden zowel in de boezem- als in de polderwateren voedselrijk en zout oppervlaktewater gevonden. Gezien het feit dat in dit gebied zoute en voedselrijke kwel optreedt, is het zeer aannemelijk dat de eutrofe toestand van het oppervlaktewater in het zeekleigebied voor een belangrijk gedeelte het gevolg is van voedselrijk en zout kwelwater. Dit beeld wordt nog versterkt door het feit, dat in de winter lagere chloride- en fosfaatgehalten in het oppervlaktewater worden gevonden dan in de zomer. Dit wordt veroorzaakt doordat in de winter het neerslagoverschot de invloed van de kwel deels kan terugdringen.

In een aantal wateren worden in de zomer door wateraanvoer lagere chloridegehalten gevonden dan in de winter.

Meer landinwaarts worden op het zeekleigebied lagere gehalten in het diepe grondwater gevonden. Dit zal, afhankelijk van de groot-

te van de kwel, zijn consequenties hebben voor de samenstelling van het oppervlaktewater. Ook in gebieden waar de geohydrologische toestand gecompliceerd is (bijvoorbeeld in noordoost Groningen in verband met de aanwezigheid van potkleilichamen) zal de samenstelling van het oppervlaktewater - afhankelijk van de grootte en samenstelling van de kwelstroom - van plaats tot plaats verschillen.

Z a n d. Uit het oogpunt van waterkwaliteit heeft het zandgebied twee nadelen boven de overige gebieden. Op de eerste plaats is dit gebied relatief arm aan water, waardoor de lozingen van industrie en bevolking in het ontvangende water in geringere mate dan in de overige gebieden worden verdund. Op de tweede plaats is er juist in dit gebied een hoge veebezetting en een hoge concentratie aan recreanten, waardoor vooral de kleinere waterlopen worden beïnvloed. Deze twee nadelen, gecombineerd met de lage natuurlijke belasting van het oppervlaktewater, geeft aan hoe kwetsbaar dit gebied is ten aanzien van menselijke beïnvloeding. Met name de afgesloten wateren, waarvan ook de totale ionenconcentratie laag is, zijn kwetsbaar.

Ondanks de vrij lage gehalten, die in de bovenlopen van beken en in een aantal benedenlopen worden gevonden, liggen de fosfaat-, stikstof- en chloridegehalten in een aantal beken op een hoger niveau dan wat van nature kan worden verwacht. Dit is ook duidelijk te zien aan de verschillen in belastingsindex per monsterpunt op het zandgebied. De gegevens van de Drentse Aa vanaf 1940 laten duidelijk zien welke gehalten in niet of nauwelijks beïnvloed water op het zandgebied kunnen worden verwacht. Door in de zomer in de beken water in te laten vanuit de kanalen verandert de verhouding tussen de ionen onderling sterk.

Bij de afgesloten wateren treden grote verschillen op in de fosfaat- en stikstofgehalten. Door de aanwezigheid van grote aantallen vogels is een aantal afgesloten wateren hypertroof geworden. In de kanalen en in enige beken worden hoge gehalten gevonden. Gezien de lage natuurlijke belasting zijn de kanalen en de beken in hoge mate vervuild.

L a a g v e e n e n k l e i - o p - v e e n. Gezien het feit dat in het oppervlaktewater van een aantal polders lage fosfaatgehalten worden gevonden, mag worden aangenomen dat de natuurlijke fosfaatbelasting gering is. Dit stemt overeen met de resultaten van de ondiepe grondwatermonsters, waarin betrekkelijk lage fosfaatgehalten werden aangetroffen. De hogere fosfaatgehalten, die in een aantal polder- en boezemwateren worden gevonden, moeten worden toegeschreven aan vervuiling en/of waterinlaat.

Door de waterinlaat in de zomer verandert vooral de onderlinge verhouding van de ionen; de totale ionenconcentratie neemt niet zeer sterk toe. In polderwateren, die in de winter lage fosfaatgehalten hebben, zal de fosfaatbelasting door het inlaatwater hoger zijn dan de 5% die door de Provinciale Waterstaat van Friesland voor de gehele boezem wordt opgegeven.

Stikstof wordt in betrekkelijk hoge gehalten in het ondiepe grondwater gevonden. Het is moeilijk uit te maken welk percentage van de stikstof in het oppervlaktewater uit natuurlijke bron afkomstig is en welk percentage door vervuiling en/of waterinlaat in het water is terecht gekomen.

De wateren op het klei-op-veen- en laagveengebied zijn vooral voor wat betreft fosfaatvervuiling kwetsbaar. Voor de bestrijding van algenbloei in deze twee gebieden is het terugdringen van de niet-natuurlijke fosfaatbelasting het meest zinvol.

H o o g v e e n. Het water in de sloten en wijken op het hoogveengebied heeft hogere gehalten dan de resultaten van de ondiepe grondwatermonsters doen vermoeden. De stikstofgehalten van het ondiepe grond-

water komen goed overeen met die van het laagveengebied, terwijl de fosfaatgehalten op een lager niveau liggen. In het oppervlaktewater daarentegen wordt op het laagveengebied lagere gehalten gevonden dan op het hoogveengebied. Het is niet bekend wat de oorzaak hiervan is, aangezien er geen bepaalde vervuilingsbronnen zijn aan te wijzen. Voor wat betreft fosfaat kan misschien worden gedacht aan de hoge fosfaatgehalten, die Henkens vond in het drainwater van jonge dalgronden.

De afgesloten wateren vertonen voor wat betreft hun fysisch-chemische samenstelling grote overeenkomst met de afgesloten wateren op het zandgebied.

De hoge tot zeer hoge gehalten in een aantal grote doorgaande wateren worden veroorzaakt door vervuiling van vooral de aardappelzetmeelindustrie.

LITERATUUR

ANWB (Algemene Nederlandse Wielrijders Bond), 1968. Het afval in buitenverblijven. ANWB recreatiebrochure nr. 8, 's-Gravenhage.

ATLAS van Nederland, 1966. 3e aflevering. Staatsuitgeverij en Uitgeversbedrijf, 's-Gravenhage.

BOER, J.A. DE en P. KEIJ, 1978. Ornithologie: een globaal overzicht van de vogelbevolking in het Noorden des Lands. Deelrapport nr. 7 van het milieu-onderzoek in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands. RIN, Leersum.

BOTS, W.C.P.M. en M.E.A. VAN GIJSEN, 1978. Relatie tussen het fysisch-chemisch en het biologisch wateronderzoek in het Noorden des Lands. Deelrapport nr. 3 van het milieu-onderzoek in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands. ICW, Wageningen/RIN, Leersum.

CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 1972. Waterverontreiniging met afbreekbaar organisch en eutrofiërend materiaal. 's-Gravenhage.

CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek), 1976. Algemene milieustatistiek 1974. 's-Gravenhage.

CONRADS, L.A. en E. BUIJSMAN, 1973. Chemie van het regenwater, de invloed van stad en industrie. Kromme Rijn Projekt, rapport nr. 34. Rijksuniversiteit Utrecht.

DIENST GRONDWATERVERKENNING TNO, 1970. Isohypsen van het diepe grondwater in zuidoost Friesland. Delft.

DRESSCHER, Th.G.N. e.a., 1952. De Gerritsflesch bij Kootwijk. Hydrobiologische Vereniging Amsterdam, publ. 4: 1-22.

ELSTER, H.J., 1958. Lake classification, production and consumption. Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie XIII: 101-120.

GEELEN, J.F.M., 1969. Vergelijkend planktononderzoek in twee Hatertse vennen. Dissertatie Kath. Universiteit Nijmegen.

GEIRNAERT, W., 1971. Het optreden van kationenuitwisseling in grondwater. H_2O (4), nr. 6: 118-127.

GEIRNAERT, W., 1972. The hydrogeology and hydrochemistry of the lower Rhine fluvial plain. Dissertatie Rijksuniversiteit Leiden.

GISCHLER, G.E., 1967. A semi-qualitative study of the hydrogeology of the North-Netherlands. Dissertatie Rijksuniversiteit Leiden.

GOLTERMAN, H.L., 1967. Influence of the mud on the chemistry of water in relation to productivity. In: Chemical environmental in the aquatic habitut. Proceedings of an IBP-symposium, gehouden te Amsterdam en Nieuwersluis, 10 tot 16 oktober 1966.

GOLTERMAN, H.L., 1970. Mogelijke gevolgen van de fosfaateutrofiëring van het oppervlaktewater. H_2O (3), nr. 10: 209-215.

GOLTERMAN, H.L., 1973. Natural phosphate sources in relation to phosphate budgets: a contribution to the understanding of eutrophication. Water Research 7: 3-17.

GOLTERMAN, H.L., 1975. Physiological Limnology: an approach to the physiology of lake ecosystems. Elsevier, Amsterdam.

GIJSEN, M.E.A. VAN en T.H.L. CLAASSEN, 1978. Biologisch waterondersoek: macrofyten en macrofauna. Deelrapport nr. 2 van het milieu-onderzoek in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands. RIN, Leersum.

HEM, J.D., 1959. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S. Geol. Survey Water-supply Paper 1473.

HENKENS, Ch.H., 1972. Fertilizers and the quality of surface water. Dutch Nitrogenous Fertilizer Review (Stikstof), nr. 15: 28-39.

HENKENS, Ch.H., 1976. Voedingsstoffen of mineralenbalans. Stikstof, band 7, nr. 83-84: 355-362.

ICW (Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding), 1975. Jaarverslag 1974. Wageningen.

JELGERSMA, J., 1976. De geologische grondslag van het geohydrologisch onderzoek in Nederland. H_2O (9), nr. 26: 543-550.

KESSEL, J.F. VAN, 1977. De invloed van denitrificatie in sedimenten op het stikstofgehalte van oppervlaktewateren. H_2O (10), nr. 14: 318-323.

KOLENBRANDER, G.J., 1971. Contribution of agriculture to eutrofication of surface waters with nitrogen and phosphorus in The Netherlands. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Rapport nr. 10. Haren (Gr.).

KOLENBRANDER, G.J. en L.C.D. DE LA LANDE CREMER, 1967. Stalmest en gier, waarde en mogelijkheden. H. Veenman en Zn. NV, Wageningen.

KOUWE, F.A. en H.L. GOLTERMAN, 1976. Rol van bodemfosfaten in het eutrofiëringsproces. H_2O (9), nr. 5: 84-86.

LEENTVAART, P., 1970. Het probleem van de eutrofiëring. H_2O (3), nr. 5: 100-103.

MINDERMAN, G. en K.W.F. LEEFLANG, 1968. The amounts of drainage water and solutes from lysimeters. Plant and Soil (28), nr. 1: 61-80.

MINISTERIE VAN LANDBOUW EN VISSERIJ, 1974. Jaarstatistiek van de kunstmeststoffen 1972/1973. 's-Gravenhage.

MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1975. De bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater. Indicatief Meerjarenprogramma 1975-1979. 's-Gravenhage.

MOLT, E.L., 1961. Verontreiniging van het Rijnwater. 13e Vakantiecursus in drinkwatervoorziening, 19-20 januari 1961. Technische Hogeschool Delft.

MULDER, R.D., 1970. De chemische karakterisering van rivierwater bij gebruik als grondstof voor de drinkwatervoorziening. H_2O (3), nr. 21: 545-547.

NEN (Nederlands Normalisatie Instituut). Methoden voor het fysisch en chemisch onderzoek van drinkwater. Nr. 1956. Rijswijk (ZH).

NEN (Nederlands Normalisatie Instituut). Onderzoekingsmethoden voor afvalwater. Nr. 3235. Rijswijk (ZH).

OLSEN, S., 1967. Recent trends in the determination of orthophosphate in water. In: Chemical environmental in the aquatic habitat. Proceedings of an IBP-symposium, gehouden te Amsterdam en Nieuwersluis, 10 tot 16 oktober 1966.

PROVINCIALE WATERSTAAT VAN FRIESLAND, 1976. Nota biologische aspecten van de kwaliteit van het Friese oppervlaktewater, in het bijzonder de eutrofiëring. Leeuwarden.

REDEKE, H.C., 1948. Hydrobiologie van Nederland. Backhuys en Meesters, Amsterdam.

REIJNEN, M.J.S.M. en J.A. DE BOER, 1978. Vegetatiekundige aspecten van het landschap. Deelrapport nr. 4 van het milieu-onderzoek in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands. RIN, Leersum.

RID (Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening), 1976. Rapport inzake het regionaal geohydrologisch onderzoek in de provincie Drenthe 1969-1975. Leidschendam.

RIJKSWATERSTAAT, afd. Lelystad, 1974. Isohypsen van het diepe grondwater van het IJsselmeer en de IJsselmeerpolders. Lelystad.

RIJTEMA, P.E., 1976. Emissie van fosfaat en stikstof uit landbouwgronden. Nota ICW 929, Wageningen.

RIJTEMA, P.E., 1977. Een benadering voor de stikstofemissie uit het graslandbedrijf. Nota ICW 982, Wageningen.

SALOMONS, W. en H.A. SISSINGH, 1976. Het fosfaatgehalte van slibafzettingen in Nederland, Duitsland and België. H_2O (9), nr. 21: 429-435.

SCHMIDT-VAN DORP, A.D., 1975. Fosfaat en eutrofiëring binnen het Hoogheemraadschap van Rijnland. H_2O (8), nr. 13: 254-258.

SCHMIDT-VAN DORP, A.D., 1976. Onderzoek naar de invloed van fosfor op de eutrofiëring in Rijnlands oppervlaktewater en de verwachte gevolgen van fosfaatverwijdering op zuiveringsinstallaties voor de eutrofiëring. Rapport Technische Dienst van het Hoogheemraadschap van Rijnland, Leiden.

SMITTENBERG, J.H. e.a., 1978. Algemeen deel: Uitgangspunten en methodiek. Deelrapport nr. 8 van het milieu-onderzoek in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands. Provinciale Planologische Dienst Drenthe, Assen.

SNIJDELAAR, M., 1977. Waterkwaliteit van het IJsselmeer. Land en Water 21, nr. 1: 6-12.

STEENVOORDEN, J.H.A.M. en H.P. OOSTEROM, 1973. Stikstof, fosfaat en organisch materiaal in het grond- en oppervlaktewater van enkele gebieden. Cultuurt. Tijdschr. 12,6: 231-249.

STEENVOORDEN, J.H.A.M. en C.G. TOUSSAINT, 1974. Stikstof-, fosfaat- en chloridebalans van enkele polders in Midden West-Nederland. Nota ICW 793, Wageningen.

STEENVOORDEN, J.H.A.M. en H.P. OOSTEROM, 1975. De chemische samenstelling van de neerslag te Wageningen, augustus 1973 tot en met juli 1975. Nota ICW 882, Wageningen.

STEENVOORDEN, J.H.A.M. en H.P. OOSTEROM, 1977a. De chemische samenstelling van het ondiepe grondwater bij rundveehouderijbedrijven. Nota ICW 964, Wageningen.

STEENVOORDEN, J.H.A.M. en H.P. OOSTEROM, 1977b. Leaching of nitrate and denitrification in a sandy soil as influenced by manure application. Proceedings EEC-congress on Utilization of manure

by land spreading. Modena, September 20-24, 1976:247-257.
STIBOKA (Stichting voor Bodemkartering), 1965. Toelichting Bodemkaart van Drenthe. Wageningen.
TOUSSAINT, C.G., 1972. De chemische samenstelling van het oppervlaktewater in West-Nederland. Nota ICW 653, Wageningen.
VEWIN (Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland), 1970. Basisplannen watervoorziening Noord. Rijswijk (ZH).
VOLLENWEIDER, R.A., 1968. Scientific fundamentals of the eutrofication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrofication. OECD-rapport DAS/CSI/68.27.
WERKGROEP HYDROLOGISCH ONDERZOEK OVERIJSSEL, 1973. Hydrologisch onderzoek Salland.
WIRDUM, G. VAN, 1977. Persoonlijke mededeling.
WIJNGAARD, J.K.R. VAN DEN, 1978. De bossen in het Noorden des Lands; een studie naar de betekenis voor het natuurbehoud. Deelrapport nr. 6 van het milieu-onderzoek in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands. Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw, Wageningen.
WIJNHOVEN, A.L.J., M.J.S.M. REIJNEN en J.H. SMITTENBERG, 1978. Samenvattend rapport. Samenvatting van het milieu-onderzoek in het kader van het Integraal Structuurplan Noorden des Lands.
IJKELENSTAM, G.F.P., 1973. Aantal en spreiding van diverse typen recreatiebedrijven in Nederland. Nota ICW 757, Wageningen.
ZAGWIJN, W.H. en C.J. VAN STAALDUINEN (red.), 1975. Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijksgeologische Dienst, Haarlem.
ZUIVERINGSCHAP DRENTHE, 1976. Kwaliteit oppervlaktewater Drenthe 1975. Assen.

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Zeeklei	4	Fr.	10 W	duiker achter het huis op de hoek van de Lange Laan en de Oude Dijk bij de schutsluis ten ZW van Workum
	5	Fr.	10 W	voor het gemaal aan het Van Panthuys kanaal, in het westen van de Makkumermeerpolder, ten O. van Makkum
	6	Fr.	10 O	voor het gemaaltje bij een boerderij (Barrepels) aan de Oude Kloostervaart, ten Z. van Burgwerd. Burgwerd ligt ± 3 km ten NO van Bolsward
	7	Fr.	6 W	sloot om het Klaarkampermeer
	8	Fr.	6 O	aan de noordzijde van de Zuider Ee, 200 m ten O. van de Witte Brug in de weg Anjum-Ee (oostelijk van Dokkum), voor een gemaaltje
	9	Gr.	6 O	voor het gemaaltje in de polder Lauwers Grijpskerk, aan de Oude Lauwers, 200 m ten Z. van de brug hierover, in de weg Grijpswerk-Engwierum
	11	Gr.	6 O	1250 m ten NO van Ulrum van de brug in een plattelandsweg, bij 'Klei'
	12	Fr.	5 O	aan de noordzijde van het meertje ten N. van Tzummarum aan de weg Koehool-Westhoek
	13	Fr.	5 O	2 km ten W. van St. Jacobiparochie, van de brug aan

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Zeeklei				het einde van de Westerweg (hoek Westerweg-Lange Dijk)
	14	Fr.	5 O	brug in de Oude Biltdijk over de Koudevaart, 2,5 km ten NW van St. Annaparochie
	15	Gr.	7 W	aan de westzijde van St. Annen, bij de T-kruising in de weg Bedum-Ten Boer (duiker)
	16	Gr.	2 O/3 W	meertje aan de zeedijk in de Julianapolder, ten N. van Hornhuizen (in het NW van Groningen)
	17	Gr.	8	duiker in het midden van de Kerklaan, dit is de weg Nieuwolda-Midwolda (Oude Geut)
	18	Gr.	3 O	brug in de Lage Trijnweg over de Kleine Tjariet ten NW van Spijk (weg Spijk-Roodeschool)
	226	Fr.	6 W	1250 m ten O. van Birdaard, brug in de weg Birdaard-Dokkum, over de Jordaan voor een gemaal
	106	Fr.	10 O	Piekemeer vanaf de weg IJlst-Blauwhuis, 2 km ten W. van IJlst
Klei-op-veen	1	Ov.	16 W	kolk aan de noordzijde van de dijk Blokzijl-Kuinre, 1250 m ten ZO van Blankenham
	2	Fr.	15 O	meertje aan de westzijde van de Uitheiïngpolder, 1 km ten W. van de Pr. Margrietsluizen, achter de dijk langs de weg Lemmer-Balk
	10	Gr.	6 O	voor het gemaal aan de zuidzijde van de Grootegastermo-

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Klei-op-veen				lenpolder, aan de Grootegastertocht, 1250 m ten N. van Grootegast
	101	Ov.	16 W	kolk aan de zuidelijke Lindedijk, ten NNO van Kuinre, 200 m ten O. van boerderij 'Prikkenoord'
	102	Ov.	16 W	1 km ten O. van monderpunt 101, voor een gemaaltje
	103	Fr.	15 O	vissteigertje tussen wilgenbosje aan de Sondelerleien (meertje) (zuidzijde), 5 km ten ZO van Balk
	104	Fr.	15 O	zuidzijde van het Zwin (meertje), 3 km ten NW van Balk, 1,5 km ten O. van Elahuizen
	105	Fr.	15 O	voor gemaaltje aan de Nijegaastervaart, 500 m ten ZO van de kerk te Elahuizen
	107	Fr.	10 O	noordzijde van het Anewiel (meertje), 750 m ten O. van de kerk van Hommerts (ten Z. van Sneek)
	108	Fr.	10 O	bij de boerderij in de bocht van de weg, 2 km ten NW van Langweer (sloot)
	109	Fr.	11 W	brug in de Groene Dijk over de zuidelijke uitloper van het Kruisbrekken, 1 km ten N. van de noordelijkste punt van het Sneekermeer
	110	Fr.	11 W	1 km ten O. van monsterpunt 109, aan de zuidzijde van de Groene Dijk, sloot naar het Lekmeer

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Klei-op-veen	111	Fr.	11 W	500 m ten NO van de ZW-punt van het petgatencomplex, 3 km ten N. van Joure en ten ZO van Akmarijp
	114	Fr.	11 W	oostzijde van het Scharrewiel (meertje) in polder de Zwettepoel, 4 km ten NNW van Joure
	115	Fr.	11 W	voor het gemaal aan de noordwestelijke uitloper van het Botmeer, 2,5 km ten ZO van Grouw
	116	Gr.	6 O	petgat aan de Lauwers, achterop de kavel van het huis in Het Peebos (ten W. van Grootegast) dat in de buitenbocht van de Doezumertocht ligt (nr. 39)
	117	Fr./Gr.	6 O	Lauwers, achter het petgat van nr. 116
	210	Fr.	11 W	voor het gemaal bij de Deelen, midden tussen Heerenveen en Akkrum, 100 m ten O. van de weg
	222	Fr.	6 W	zuidzijde van de Kleine Wielen een meertje aan de zuidzijde van de weg Leeuwarden-Hardegarijp, 4,5 km ten O. van de rotonde in Leeuwarden
	223	Fr.	6 W	verbindingssloot tussen het Sierdswiel en De Rijd (meertjes), bij een boerderij, 1,5 km ten ZW van Giekerk
	224	Fr.	6 W	grote petgat in het complex 2 km ten N. van Hardegarijp, schuin achter het noordelijkste toegangspad

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Klei-op-veen	225	Fr.	6 W	voor het gemaal, 1 km ten NW van Zwaagwesteinde, aan de oostzijde van de Valomstervaart
	318	Fr.	6 O	duiker van de Miedsloot in de Miedweg (Twijzel-Blauwverlaat, 2,5 km ten ZZW van Buitenpost)
	320	Fr.	6 O	1 km ten Z. van het gemaal in de Oude Vaart tegenover Gerkesklooster (weg Stroobos-Blauwverlaat) (brug)
Laagveen	118	Gr.	7 W	1e petgat aan de zandweg aan de westkant van de weg bij Pasop, 4,5 km ten N. van Leek
	201	Ov.	16 W	brug in de Kooiweg over Oost- en West Steenentocht, weg ten Z. van Scheerwolde
	203	Fr.	16 W	brug in de Kerkeweg, over de Scheene ten O. van Langelille
	204	Fr.	16 W	petgat in de Rottige Meenthe aan de Peter Stuyvesantweg ten ZW van Wolvega, 650 m ten NO van de zijweg naar Langelille
	205	Fr.	16 W	idem als punt 204, alleen 300 m ten NO van de zijweg
	206	Fr.	16 W	idem als punt 204, alleen 2250 m ten NO van de zijweg
	207	Fr.	16 W	petgat in Oldelamer, 8 km ten W. van Wolvega, 1 km ten N. van de bocht in de Oude Maten (weg)
	208	Fr.	16 W	voor het gemaal dat aan de noordelijke 'knik' in de Helomavaart staat, 6 km ten ZW van Wolvega

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Laagveen	209	Fr.	11 W	aan de oostzijde van het Hasker- of Nannewijd, 1 km ten Z. van Oudehaske
	211	Fr.	11 W	petgat ten N. van de zandweg die langs het gemaal van monsterpunt 210 loopt, 1,5 km ten O. van dit gemaal
	212	Fr.	11 W	idem, alleen ligt dit petgat 3,5 km ten O. van het gemaal en ± 500 m ten N. van de zandweg
	213	Fr.	16 W	voor het gemaal aan de Lemsterweg te Langelille (aan de Tjonger)
	215	Fr.	11 W	700 m voor het gemaal, daar waar de toevoersloot de Drachtster hooiweg snijdt, midden tussen de Veenhoop en De Wilgen (N. van Nijbeets)
	216	Fr.	11 W	petgat dat ten W. van de nieuwe toevoersloot van monsterpunt 215 ligt
	217	Fr.	11 W	het Oud- of Koningsdiep, midden tussen de weg Nijbeets-Tijnje en Heerenveen-Groningen bereikbaar vanaf de doodlopende weg naar de Janssenstichting
	218	Fr.	11 W	petgat bij een aantal elzenboompjes achter een weiland ten ZW van de weg en 1 km ten NW van Eernewoude
	220	Fr.	11 W	brug in de weg Gorredijk-Tijnje, 1250 m ten NW van Gorredijk, in de eerste bocht van de weg 500 m ten ZW van een gemaal

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Topkaart 1:50 000	Omschrijving
Laagveen	221	Dr.	16 O	kruising van de midden tussen Kolderveense Bovenboer en Kolderveen doodlopende weg met de Kolderveensche Westergrift, 2 km ten W. van Nijeveen
	227	Gr.	6 O	het grote petgat aan het Wolddiep (Tolberter Petten, bij Bakkerom 6,5 km ten Z. van Grijpskerk)
	228	Dr.	7 W	voor het gemaal in de Matsloot, bij de Kooiweg in de noordwestelijke uitloper van het Leekstermeer
	229	Dr.	7 W	voor het gemaal dat staat in de punt waar Peizer- en Eelderdiep samenkomen; bereikbaar via Peizermade, ten ZW van Groningen
	230	Dr.	12 W/7 W	Friesche Veen, ten N. van Paterswolde, te bereiken via een tuinhuisje aan het einde van een halfverharde laan, 500 m ten Z. van de T-kruising Groningen-Paterswolde-Haren
	231	Gr.	7 O	het noordelijke puntje van de zuidelijke helft van het Foxholstermeer, 1,5 km ten O. van Foxhol
Zand	219	Fr.	11 W	duiker 1300 m ten O. van Langezwaag, 350 m na de laatste van een Z-bocht
	301	Fr.	15 O	in het midden van de Steendollensvaart, langs de zijweg van de weg Balk-Koudum richting Oudemirdum
	302	Fr.	10 O	de Houtvaart, achter de camping aan de Breedijk, 3 km ten ZO van Langweer

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Zand	303	Fr.	11 W	voor gemaaltje dat aan de smalle Eesterzanding staat, 2 km ten ZO van Oudega
	304	Fr.	16 O	brug over de Linde in de weg Noordwolde-Oldeberkoop
	305	Fr.	16 O	brug over de Noordwoldervaart in de weg Noordwolde-Oldeberkoop, 800 m ten N. van Noordwolde
	306	Fr./Dr.	16 O	brug over de Verlengde Nijensleeker Schipsloot (weg Noordwolde-Fredriksoord), 2 km ten ZO van Noordwolde
	307	Dr.	16 O	brug over de bovenloop van de Vledder Aa bij Wateren in de weg Diever-Zorgvlied
	309	Dr.	16 O	kruising Madeweg-Leisloot, 750 m ten ZZO van Uffelte
	310	Fr.	11 O	Kruisvaart 2 km ten O. van Gorredijk, bereikbaar via een 300 m lang toegangspad naar een boerderij aan de Singel, 500 m van de Gorredijksterweg
	312	Fr.	11 O	bovenloop van de Linde bij de T-kruising, 1,5 km ten ZW van Tronde (ten ZW van Oosterwolde)
	313	Fr.	11 O	duiker onder de weg Oosterwolde-Makkinga (van het Kleindiep), 2,5 km ten W. van Oosterwolde
	314	Fr.	11 O	brug over de Boven Tjonger in de weg Oosterwolde (Weper)-Haule
	317	Fr.	11 O	de Lits, daar waar de Folgeralaan de Lits kruist. Bij de afslag naar Rottevalle (weg Drachten-Rottevalle)

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Zand	319	Fr.	6 O	voor het gemaaltje aan de Hamsterpein, iets ten ZW van de brug over een vaart 1,5 km ten ZW van Augustinusga
	321	Dr.	12 W	Steenbergerloop, daar waar deze de weg Nieuw-Roden-Roderesch (Norg) kruist
	322	Dr.	12 W	de eerste brug (in een rijwielpad) ten N. van de brug in de weg Norg-Donderen, over het Oostervoortsche Diep
	323	Dr.	12 W	brug over de Grote Masloot bij Donderen in de weg Donderen-Norg
	324	Dr.	12 W	Zeegser Loopje, aan het einde van de Loepstukkenweg bij het spoor, 1 km ten ZO van Tynaarlo
	325	Dr.	12 O	brug over de waterloop, precies 2 km ten O. van het centrum van Annen (De Bulten) in de Annergroenlanden
	326	Dr.	12 O	duiker van het Achterste Diep onder de weg Buinen-Nieuw Buinen, 1,5 km ten O. van Buinen
	327	Dr.	12 W	Amerdiep, kruising met de weg Amen-Grollo
	328	Dr.	12 O	Anlooër Diepje, 500 m ten ZW van Anloo, aan de weg Anloo-Gasteren
	329	Gr.	13	Mussel Aa, 1,5 km ten Z. van Onstwedde, daar waar de Barkhoornweg de Mussel Aa raakt (nog niet kruist)
	330	Gr.	13	afleidingskanaal 1 km ten ZO van Vlagtwedde, brug in de weg Vlagtwedde-Wollinghuizen
Zand	331	Dr.	17 O	Elperstroom, duiker in de plattelandsweg ten W. van Elp (1 km)
	332	Dr.	17 O	Aalderstroom, brug in de weg Wezup-Witteveen
	333	Dr.	17 O	Geeserstroom brug in de Trilweg, weg Gees-Nieuw-Balinge
	334	Dr.	22 O	Loodiep, brug in de weg Dalen-Dalerpeel
	335	Dr.	17 O	Weserstroom bij de Klencke, brug in de weg Oosterhesselen-Sleen
	336	Dr.	17 O	Sleenerstroom, bij Erm, brug in de weg Erm-Emmen
	337	Dr.	17 W	Eursingerstroom, duiker in de Oude Westerborkseweg, 1,5 km ten ZW van Westerbork
	338	Dr.	17 W	Beiler-/Westerborkerstroom, brug in de weg Zwiggelte-Westerbork
	339	Dr.	17 W	Ruiner Aa, brug bij Nuil, in de oude weg Pesse-Spier
	340	Dr.	17 W	Oude Diep bij Mantinge, brug in de weg Mantinge-Wijster
	343	Dr.	21 W	voor een gemaaltje, vlak bij de Wold Aa iets ten O. van de weg Assen-Staphorst, bereikbaar via de weg Meppel-Ruinerwold
	344	Ov.	22 W	700 m ten NW van een gemaal in Hardenberg, daar waar dit water onder de grote weg (N 91) doorgaat (aan de noordkant)
	347	Dr.	22 W	Reest vervangende leiding, brug in 't Holweg, weg van de Pieperij naar Zuidwolde

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Zand	350	Fr.	15 O	meertje, 1 km ten NW van St. Nicolaasga
Afgesloten wateren	351	Fr.	11 O	meertje in het Blauwe Bos, 2250 m ten ZW van Haulerwijk, het noordelijkste van de twee 'grootste' meertjes in dit bos/heidegebied
	352	Fr.	11 O	het grootste (en noordelijkste) meertje in het heidegebied, dat ligt tussen Duurswoude en Waskemeer
	353	Gr.	13	meertje, 2 km ten ZW van de kerk van Sellingen en 1 km ten NNW van Laude (via de brug bij Terborg)
	354	Ov.	22 W	ven aan de Hammerweg (zand), ten ZO van Beerze en aan de zuidkant van het spoor
	355	Ov.	22 W	oude Vecht-arm tussen Beerze en Junne, daar waar Vecht-arm, weg en spoor bij elkaar komen
	356	Ov.	22 W	het zuidelijkste meertje in de boswachterij Ommen, 500 m ten ZO van de brandtoren
	357	Dr.	12 W	Esmeer, 7,5 km (hemelsbreed) ten W. van het centrum van Assen
	358	Dr.	22 W	Zwarte Gat, 3 km ten ZO van Zuidwolde
	359	Dr.	22 W	Meeuwenveen ten N. (3 km) van Balk, aan de Nieuwe Dijk
	360	Dr.	16 O	Berghuizerplas achter de kerk in Berghuizen (ten ZO van Ruinerwold)
Zand	361	Dr.	16 O	afvoersloot van het Uffelterveen, duiker onder de (zand)weg Uffelte-Wapserveen (halverwege)
Afgesloten wateren	362	Dr.	17 W	meertje in het bos aan de noordkant van de weg Ruinen-Pesse, 4,5 km ten O. van Ruinen
	363	Dr.	17 W	veenput (2 x 3 m) op het Kraloër Veld, precies 1,5 km ten N. van Kraloo (NW van Pesse)
	364	Dr.	12 W/12 O	Voorste Veen, aan de noordkant (± 250 m) van het midden van de weg Oudemolen-Gasteren
	365	Dr.	12 O	ven aan de zuidkant van de weg Papenvoort-Vredenheim, ten NO van Grollo
	366	Dr.	17 O	oostelijkste veenputje (2 x 4 m) in het heidegebiedje van het Schoonloërveld, 2250 m ten Z. van Schoonlo
	367	Dr.	17 O	in de noordelijke punt tussen de kruising van twee met Drentse zwerfkeien verharde wegen (deels afgesloten), het noordelijkste meertje, in het bosgebied ten W. van De Kiel (NW van Schoonoord)
	368	Dr.	17 O	meertje aan de noordkant van de weg, 1,5 km ten W. van Meppen
	369	Dr.	17 W	Mekelermeer, 1,5 km ten NO van Nieuw-Balingen
	370	Dr.	17 W	in het bosgebied (ven) ten N. van de weg Lhee-Spier, meer Kliplo, 2,5 km ten O. van Spier en 250 m ten N. van de weg
	371	Dr.	17 W	idem, 2 km ten W. van Spier en 1,5 km ten N. van de weg (Schurenbergveen)

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Zand	373	Dr.	17 W	idem, 1 km ten W. van Spier en 25 m ten N. van de weg (Blanke Veen)
Afgesloten wateren				
Hoogveen	401	Dr.	12 W	waterloop door het Kolonieveld, 1 km ten ZO van het Gesticht Blankenbosch ten ZO van Veenhuizen
	404	Dr.	23	Kameringwijk, 3 km ten Z. van de Verlengde Hoogeveensche Vaart (ten Z. van Zwartemeer)
	406	Dr.	23	diepe ontwateringsgreppel, 1 km ten O. van het oostelijkste huis in Weiteveen
	408	Ov.	28 O	duiker onder de weg Subculo-Friezenveen, bij de Leidijk, 2 km ten ZZO van Sibculo
	409	Ov.	22 O	duiker van de waterloop onder de zandweg; langs de boerderij van SBB, die toegang geeft tot de Engbertsdijksvenen, 750 m ten ZW van Kloosterhaar
	421	Dr.	12 W	diepe sloot (Domeinwijk) in het midden van de polder Kloosterveen, langs een nieuwe plattelandsweg, 1 km ten N. van Kloosterveen
	422	Gr.	13	kruising van de weg Nieuwe Pekela-Alteveer (halverwege) met een (dwars)wijk
	423	Gr.	13	midden tussen Nieuwe Pekela en Stadskanaal aan de noordkant van de weg, het einde van een oude wijk
	424	Gr.	12 O	kruising Kalkwijksterdiep met de weg Veendam-Hoogezand, 5 km ten W. van Veendam
Hoogveen	425	Dr.	12 O	900 m voor een gemaal, kruising met de weg die noordelijk van Drouwenermond loopt, 1 km ten Z. van Gasselternijveenschemond
	427	Dr.	17 O	2 km ten NO van Weerdinge, halverwege de oude weg die ± 500 m ten O. van de weg Weerdinge-Nieuw Weerdinge loopt. Een wijk langs deze weg, tegenover een zijstraat
	428	Dr.	18	kruising Catovaart met de Postweg, 2750 m ten W. van Bargercompascuum
	429	Dr.	23	kruising van de Hoofdwijk F met de Dordse Dijk, 3250 m ten Z. van de grote kruising in Klazienaveen
	430	Dr.	17 O	Molenwijk, voor een gemaaltje precies 1 km ten W. van Ericasluis (bij Erica) en aan de noordkant van de weg langs de Verlengde Hoogeveensche Vaart
	432	Dr.	22 W	sloot in weidegebied 2 km ten ZW van Hollandsche Veld
	433	Dr.	17 W	voor een klein gemaaltje, 1,5 km ten O. van Hollandsche Veld, in het bos, 25 m ten N. van de plaats waar het weggetje een waterloop kruist
	434	Ov.	22 W	de plaats waar een wijk in de Lutter Hoofdwijk uitkomt (zuidzijde), 500 m voor de bocht bij De Krim in de weg Slagharen-De Krim

Grondsoort	Nr. monsterpunt	Prov.	Top. kaart 1:50 000	Omschrijving
Hoogveen	435	Ov.	22 W	de plaats waar de weg aan de westzijde van het Ommerkanaal, zuidelijk van Dedemsvaart een waterloop kruist
	341	Ov.	28 W	sloot aan de zuidkant van het sportveldencomplex ten Z. van Vriezenveen
	345	Ov.	22 W	voor een gemaal, 1200 m OZO van monsterpunt 354 en 1,5 km ten ZW van Mariënberg
	346	Dr.	22 W	kruising Braambergerloop met de weg door Drogteropslagen, 3 km ten NO van Dedemsvaart
Hoogveen Afgesloten wateren	401	Dr./Fr.	12 W	op de grens van Friesland en Drenthe, 500 m ten ZO van het rijwielpad door het Fochtelooer veen
	403	Fr.	12 W	aan de oostkant van de weg Veenhuizen-Appelscha, 750 m na het begin van het veen (gegraven ontwateringsgreppels in het veen)
	407	Ov.	28 O	gegraven meer in de Engbertsdijksvenen, 1 km ten ZO van Sibculo
	410	Dr.	12 W	de westelijke kant van een verwaarloosde afvoersloot in het Bunnerveen, 4 km ten NW van Donderen

TOT NU TOE VERSCHENEN REGIONALE STUDIES ICW:

		Prijs
(1)	STUDIEGROEP VOLTHE-DE LUTTE. 1971. De landinrichting van het gebied Volthe-De Lutte; verkenning, analyse en modellen	uitverkocht
(2)	WERKGROEP EILANDSPOLDER. 1972. De landinrichting van de Eilandspolder als vogelreservaat; verkenning, analyse, inrichting en beheer	f 5,--
(3)	WERKGROEP TNO ONDERZOEK IRRIGATIE AFVALWATER AARDAPPELMEELFABRIEKEN. 1972. Landbouwkundig gebruik van afvalwater uit de aardappelmeelindustrie	f 5,--
4	STUDIEGROEP LOPIKERWAARD. De landinrichting van de Lopikerwaard	
	4/I . 1977. Hoofdrapport	f 10,--
	4/II . 1973. Bodemgesteldheid en waterhuishouding	f 7,50
	4/III. 1973. Landbouweconomische aspecten	f 5,--
	4/IV . 1976. Inrichtingsaspecten	f 12,50
	Delen 4/I t/m 4/IV (complete studie)	f 30,--
5	CONTACTGROEP VOOR DE NOORDELIJKE KLEIMOZAIEKVERKAVELING. 1974. Grondslagen kavelinrichting noordelijk kleimozaiekgebied	f 5,--
6	WIJK, A.L.M. VAN, J.A. VAN RHEE, P. DOELMAN en A.M. HAZEVOET. 1974. De kwaliteit van Rotterdams havenslib als ophoogmateriaal voor recreatieterreinen in Midden-Delfland	uitverkocht
7	RIJTEMA, P.E. en J. BON. 1974. Bepaling van de landbouwkundige gevolgen van grondwaterwinning met behulp van bodemkundige gegevens, toegepast op de waterwinning Losser	f 7,50
8	WIJK, A.L.M. VAN en J.A. VAN DEN HURK. 1974. Bodemtechnische mogelijkheden voor speel- en ligweiden, trapvelden en bos in Spaarnwoude	f 5,--
9	WERKGROEP MIDDEN WEST-NEDERLAND. 1976. Hydrologie en waterkwaliteit van Midden West-Nederland	f 10,--
10	DRENT, J. 1976. Verwerking proceswater aardappelmeelindustrie in de landbouw	f 7,50
11	ANDRINGA, A.W.B. 1977. Overzicht van kengetallen uit de cultuurtechnische inventarisatie	f 12,50
12/N	WIJK, C. VAN en Th.J. LINTHORST. 1977. Cultuurtechnische Inventarisatie Nederland. Beschrijving van de methode, huidig gebruik en perspectieven	f 12,50
12/E	WIJK, C. VAN and Th.J. LINTHORST. 1977. Land division survey Netherlands. Description of method, present use and future possibilities	f 12,50
12/D	WIJK, C. VAN und Th.J. LINTHORST. 1977. Kulturtechnische Inventur Niederlande. Beschreibung der Methode, aktuelle Verwendung und Perspektiven	f 12,50
12/F	WIJK, C. VAN et Th.J. LINTHORST. 1977. Inventaire de l'utilisation des terres aux Pays-Bas. Description du méthode, utilisation actualle et possibilités futures	f 12,50