

Waterkwaliteit en planktonontwikkeling  
in ondiepe gebieden van het Volkerak-Zoommeer  
en het proefgebied Krammerse Slikken

Rapportage

In opdracht van het Rijksinstituut voor  
Integraal Zoetwaterbeheer en  
Afvalwaterbehandeling (RIZA)





C 22023



Rijkswaterstaat/RIZA  
Documentatie  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

# Waterkwaliteit en planktonontwikkeling in ondiepe gebieden van het Volkerak-Zoommeer en het proefgebied Krammerse Slikken

Rapportage

In opdracht van het Rijksinstituut voor  
Integraal Zoetwaterbeheer en  
Afvalwaterbehandeling (RIZA)

Opdrachtnummer 23155 / IHOE

Auteurs R. Bijkerk  
A.A. Storm

Datum 15 september 1997

Rapportnr 96-23

koeman en bijkerk bv  
hydro-ecologisch onderzoek en advies  
postbus 14  
9750 AA Haren Gn

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Projectkader	3
1.2 Achtergrond	3
1.3 Vraagstelling	4
1.4 Opzet rapportage	4
2 Gebiedsbeschrijving	5
2.1 Ontstaan	5
2.2 Ondiepe gebieden, ligging en meetpunten	5
3 Waterkwaliteit en fytoplankton in het proefgebied op de Krammerse Slikken	7
3.1 Inleiding	7
3.2 Proefopstelling	7
3.3 Vraagstelling	7
3.4 Opzet rapportage	9
3.5 Gegevensbronnen en gegevensverwerking	9
3.6 Waterdiepte en doorzicht	10
3.7 Watertemperatuur	11
3.8 Zuurgraad	11
3.9 Zuurstofgehalte	11
3.10 Geleidbaarheid	14
3.11 Chloridegehalte	14
3.12 Stikstof	15
3.13 Fosfaat	16
3.14 Verhouding stikstof/fosfaat	17
3.15 Silicaat	17
3.16 Chlorofyl-a	19
3.17 Fytoplankton	19
3.18 Verschillen in waterkwaliteit en effecten op oeverplanten	20



4	Waterkwaliteit en plankton in de ondiepe delen	23
4.1	Inleiding	23
4.2	Onderzochte gebieden	23
4.3	Vraagstelling	24
4.4	Opzet rapportage	24
4.5	Gegevensbronnen en gegevensverwerking	25
4.6	Watertemperatuur	27
4.7	Chloride	27
4.8	Zwevend stof	29
4.9	Doorzicht	30
4.10	Stikstof	33
4.11	Fosfaat	39
4.12	Silicium	41
4.13	Chlorofyl	41
4.14	Fytoplankton	45
4.15	Zoöplankton	47
4.16	Draadalg en bodemalgen	51
4.17	Integratie	54
5	Conclusies en aanbevelingen	57
5.1	Conclusies waterkwaliteit proefgebied Krammerse Slikken	57
5.2	Conclusies waterkwaliteit ondiepe gebieden	58
5.3	Conclusies over het functioneren van ondiepe gebieden	59
5.4	Aanbevelingen	62
	Literatuur	63
	Bijlagen	65

## Overzicht van tabellen

2.1	Gegevens van de meetlocaties in ondiepe gebieden	6
3.1	Waterdiepte op de meetpunten in het proefgebied Krammerse Slikken	10
4.1	Gegevens van de meetlocaties in ondiepe gebieden	23
4.2	Zomergemiddelde lengte van <i>Daphnia</i> in het Volkerakmeer	47
4.3	Oeverbewonende watervlooien op de Noordplaat en Dintelse Gorzen	49
4.4	Abundantie van draadalgen op de Krammerse Slikken, 1994	53
4.5	Abundantie van draadalgen op de Hellegatsplaten, 1994	53
5.1	Samenvattende vergelijking van waterkwaliteit en plankton tussen ondiepe gebieden en het open water	60

## Overzicht van figuren

3.1	Ligging van de meetpunten in het proefgebied Krammerse Slikken	8
3.2	Waterkwaliteit in het proefgebied Krammerse Slikken, april-oktober 1996	12
3.3	Fytoplankton in het proefgebied Krammerse Slikken, april-oktober 1996	18
4.1	De watertemperatuur in ondiepe gebieden en het open water	26
4.2	Het chloridegehalte in ondiepe gebieden en het open water	28
4.3	Het zwevend-stofgehalte op de Noordplaat en het open water	30
4.4	Het doorzicht in ondiepe gebieden en het open water	31
4.5	Het totaal-stikstofgehalte in ondiepe gebieden en het open water	32
4.6	Het organisch-stikstofgehalte in ondiepe gebieden en het open water	34
4.7	Het ammoniumgehalte in ondiepe gebieden en het open water	36
4.8	Het nitraat+nitrietgehalte in ondiepe gebieden en het open water	37
4.9	Het totaal-fosfaatgehalte in ondiepe gebieden en het open water	38
4.10	Het orthofosfaatgehalte in ondiepe gebieden en het open water	40
4.11	Het silicaatgehalte in ondiepe gebieden en het open water	42
4.12	Het chlorofyl-a-gehalte in ondiepe gebieden en het open water	43
4.13	Fytoplankton op de Noordplaat en Dintelse Gorzen en in het open water	44
4.14	Watervlooien op de Noordplaat en Dintelse Gorzen en in het open water	46
4.15	Copepoden op de Noordplaat en Dintelse Gorzen en in het open water	48
4.16	Nauplii en raderdieren op de Noordplaat en Dintelse Gorzen en in het open water	50
4.17	Biomassa van bodemalgen langs raaien in het Volkerak-Zoommeer, 1990	52

## Overzicht van bijlagen

2.1	Geschatte lengte van vooroeververdedigingen en van de oppervlakte van natte gebieden erachter	65
3.1	Overzicht van metingen en analyses van de waterkwaliteit uitgevoerd in het proefgebied Krammerse Slikken in 1996	66
3.2	Analyseresultaten waterkwaliteit in het proefgebied in 1996	67
3.3	Zomerhalfjaargemiddelde waarden van waterkwaliteitsparameters in het proefgebied Krammerse Slikken	74
3.4	Toetsing van verschillen in waterkwaliteit tussen proefvakken	75
3.5	Analyse van correlaties tussen proefvakken en referentiepunten	77
3.6	Analyse van correlaties tussen de ondiepe proefvakken	78
3.7	Analyse van correlaties tussen enkele waterkwaliteitsparameters	79
3.8	Dominante fytoplanktontaxa in monsters van het proefgebied, 1996	80
4.1	Kaart van het Volkerakmeer met de ligging van de meetpunten	81
4.2	Kaart van het Zoommeer met de ligging van de meetpunten	83
4.3	Zomerhalfjaargemiddelde waarden van waterkwaliteitsparameters in ondiepe gebieden en het open water	85
4.4	Toetsing van verschillen in waterkwaliteit tussen ondiepe gebieden en het open water	87

# Voorwoord

Deze rapportage is samengesteld in opdracht van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en dient twee projecten :

- (1) Het project "Planten in de peiling", waarin de effecten van peilverlaging op de groei van oeverplanten worden onderzocht.
- (2) De evaluatie van het project Oeverbescherming in Volkerakmeer, Eendracht en Zoommeer en Bathse Spuikanaal (POVEZ).

De heer A. Griffioen (RIZA) was behulpzaam bij het verzamelen van meetresultaten uit DONAR, ISPO en LabInfos. Mevr. drs. S.A. de Jong en de heer J. Provoost (RWS Directie Zeeland) gaven belangrijke aanvullende informatie. Drs. P.I. Dekker (Koeman en Bijkerk bv) leverde gegevens en tekst over zoöplanktonontwikkeling. Mevr. ir. C.P.M. Breukers en de heren A. Remmelzwaal en M. Tosserams (RIZA) gaven commentaar op eerdere versies van deze rapportage. Wij bedanken iedereen voor hun medewerking.

September 1997

Ronald Bijkerk  
Bert Storm



## Samenvatting

In dit rapport worden de waterkwaliteit en planktonontwikkeling beschreven in ondiepe gebieden van het Volkerak-Zoommeer. De rapportage dient twee projecten :

- (1) Het project "Planten in de peiling", waarin de effecten van peilverlaging op de groei van oeverplanten worden onderzocht. In gebieden achter een vooroeververdediging zou peilverlaging gepaard kunnen gaan met een verandering in de waterkwaliteit, die de groei van oeverplanten kan beïnvloeden.
- (2) Een evaluatie van de oeverinrichting van het Volkerak-Zoommeer (POVEZ), waarbij in dit rapport de vraag centraal staat hoe de ondiepe gebieden achter vooroeververdedigingen functioneren in het systeem als geheel. Afhankelijk van de uitwisseling met het open water en de biologische ontwikkeling, kunnen achter de vooroeververdediging verschillen ontstaan in waterkwaliteit en planktonontwikkeling met het open water.

Het Volkerak-Zoommeer is een voormalig estuarien systeem van ondiepe platen, doorsneden door diepere geulen. Door de afsluiting van de Oosterschelde, in 1987, kwam een deel van de oorspronkelijke intergetijdenzone permanent onder water te staan. De waterstand in het Volkerak-Zoommeer werd vanaf dit moment gehandhaafd op een vast peil van omstreeks NAP. Door de aanleg van een groot aantal vooroeververdedigingen in de periode 1989-1996 werd getracht om oeverafslag tegen te gaan. Achter de vooroeververdedigingen, op de voormalige platen, ontstonden luwe, ondiepe gebieden, die locaties konden worden voor natuurontwikkeling. De oppervlakte van het natte, ondiepe gebied achter vooroeververdedigingen wordt geschat op 1323 ha, wat neerkomt op 20% van de oppervlakte van het Volkerak-Zoommeer. De ontwikkeling van de oevervegetatie is na een snelle vestiging gestagneerd. Door een natuurlijker peilbeheer in de komende jaren moet de ontwikkeling van de oevervegetatie gestimuleerd worden om te komen tot een brede, goed-ontwikkelde oeverzone die tegemoet komt aan het streefbeeld van het Volkerak-Zoommeer.

Dit rapport valt in twee delen uiteen. Het eerste deel (hoofdstuk 3) is een rapportage van de waterkwaliteit en fytoplanktonontwikkeling in het proefgebied op de Krammerse Slikken in 1996. In dit proefgebied wordt onderzoek gedaan naar de effecten van peilverlaging, bodemgesteldheid en vraat op de ontwikkeling van oevervegetatie (het project "Planten in de peiling"). Naast een presentatie van de meetresultaten geeft dit hoofdstuk een analyse van verschillen tussen de diverse proefvakken binnen dit gebied. Het tweede deel van dit rapport (hoofdstuk 4) geeft een beschrijving van de waterkwaliteit op locaties in ondiepe delen van het Volkerak-Zoommeer en een vergelijking met de ontwikkeling op nabijgelegen meetpunten in diepere delen. Gepresenteerd worden gegevens over watertemperatuur, doorzicht, gehalten van chloride, chlorofyl-a- en nutriënten en voor enkele gebieden, de dichtheid en soortensamenstelling van fytoplankton en zoöplankton. De gegevens voor het project Planten in de peiling zijn speciaal voor dit doel gemeten in 1996. De gegevens voor de evaluatie van de oeverinrichting zijn verzameld in het kader van andere projecten, in de jaren 1989-1995.

### *proefgebied Krammerse Slikken*

In het proefgebied zijn drie vakken aanwezig waarin de waterdiepte tijdens de waarnemingsperiode, april-oktober 1996, kleiner was dan 0.1 m. Dit zijn de proefvakken B, C en D. De waterkwaliteit in deze vakken wordt vergeleken met de waterkwaliteit op twee meetpunten buiten deze vakken (Referentievak en punt "Buiten"). De waterdiepte op deze punten bedroeg

0.3-0.4 m. Daarnaast is er een vak waarin de ontwikkeling van oevervegetatie onder invloed van graas door watervogels onderzocht wordt, het "Vraatvak", met een waterdiepte van 0.3 m. De waterkwaliteit in de zeer ondiepe vakken B, C en D, was voor een aantal parameters sterk verschillend van de kwaliteit op de referentiepunten. De gehalten van zuurstof en chloride waren significant hoger in de ondiepe vakken, terwijl het chlorofyl-a-gehalte lager was. In de ondiepe vakken bleef de dichtheid van blauwwieren in het plankton gering, terwijl in de diepere vakken in de zomermaanden hoge dichtheden van *Microcystis* werden aangetroffen. In de ondiepe vakken was geen duidelijk verband tussen het chlorofyl-a-gehalte in het water en de gehalten  $P_{tot}$  en  $N_{tot}$ . In de diepere vakken was sprake van een significante correlatie tussen het chlorofyl-a-gehalte en het  $P_{tot}$ -gehalte. Opvallend in het proefgebied waren de lage gehalten van nitraat/nitriet, vooral in de drie ondiepe vakken. Binnen het proefgebied was een gradiënt te onderscheiden van punt B, via C, naar D, in onder meer het chloridegehalte. De verschillen tussen ondiepe en diepe punten zijn het gevolg van de waterpeilverschillen, in combinatie met de beperkte uitwisseling met het open water. De toename van het chloridegehalte is vermoedelijk het gevolg van indamping. De hoge zuurstof- en lage chlorofyl-gehalten in het water zijn waarschijnlijk veroorzaakt door de ontwikkeling van bodemalgen en sterke fluctuaties in het lichtklimaat. Geconcludeerd wordt dat de verhoging van het chloridegehalte te laag was (< 3 g/l) om negatieve effecten op de groei van oeverplanten te verwachten.

#### *Ondiepe gebieden*

Besproken worden gegevens van de Noordplaat, de Dintelse Gorzen en de Krammerse Slikken. Daarnaast worden gegevens gepresenteerd van locaties op plaatranden, bemonsterd in 1989-1990 en niet gelegen achter een vooroeververdediging. De waterdiepte op deze locaties, Slikken van de Heen, Hellegatsplaten en Molenplaat, was relatief hoog (> 3 m).

In het algemeen was de waterkwaliteit in de ondiepe delen niet sterk verschillend van de waterkwaliteit op nabijgelegen diepe punten. Een uitzondering vormt het doorzicht, dat op de Noordplaat, de Dintelse Gorzen en de Slikken van de Heen significant lager was. De oorzaak is waarschijnlijk een verhoogd zwevend-stofgehalte. Wel vertonen de meeste waterkwaliteitsparameters binnen ondiepe gebieden wat sterkere fluctuaties. Nu en dan zijn chloridepieken te zien, die waarschijnlijk ontstaan door af- en uitspoeling van chloride van nabijgelegen oevers tijdens regenbuien, met name na perioden van droogte. Andere waterkwaliteitsparameters kunnen in de loop van een jaar grotere afwijkingen vertonen van de ontwikkeling in het open water, maar alleen op de meest ondiepe locaties achter vooroeververdedigingen. Op de Krammerse Slikken (waterdiepte 0.3-0.4 m) waren de gehalten van chlorofyl-a, totaal-fosfaat, organisch-stikstof, ammonium en silicium soms aanzienlijk hoger dan in de geul op VZ 3. De gehalten van orthofosfaat (DRP) en nitriet/nitraat waren op de meeste momenten beduidend lager dan in de geul. Verschillen over de hele waarnemingsperiode waren echter alleen significant voor DRP, organisch-stikstof en nitriet/nitraat.

Verschillen in de dichtheid en soortensamenstelling van fytoplankton met het open water zijn ook het grootst op de relatief ondiepe meetpunten Krammerse Slikken (hoge blauwwierdichtheid in augustus 1996) en Dintelse Gorzen (relatief veel benthische algen, weinig *Daphnia*).

De conclusie is dat de ligging achter een vooroeververdediging alléén, geen effect hoeft te hebben op de waterkwaliteit, uitgezonderd troebelheid. Factoren als waterdiepte en expositie lijken een doorslaggevende rol te spelen bij het ontstaan van verschillen met het open water. De relatie met de waterdiepte vindt vermoedelijk een oorzaak in de invloed van het bodemleven (algen, macrofauna, bacteriën), een invloed die naar voren kan komen als de uitwisseling met het open water verminderd is door de ligging achter een vooroeververdediging.



# 1 Inleiding

## 1.1 Projectkader

Dit rapport dient twee projecten, waarvan de doelstellingen niet gelijk zijn. Het eerste is het project "Evaluatie oeverinrichting Volkerak-Zoommeer", het tweede is het project "Planten in de peiling". Voor het laatstgenoemde project zijn specifieke metingen verricht, voor het eerstgenoemde project wordt gebruik gemaakt van metingen die in het verleden verzameld zijn, in het kader van een monitoring van de waterkwaliteit. Ook de gegevens van "Planten in de peiling" kunnen in de evaluatie worden betrokken.

## 1.2 Achtergrond

In het streefbeeld van het Volkerak-Zoommeer is een brede oeverzone voorzien (Breukers 1995). Deze oeverzone vormt een geleidelijke overgang van nat naar droog, biedt ruimte aan een vegetatie waarin ondergedoken waterplanten geleidelijk plaatsmaken voor oeverplanten en vervult een functie in de levenscyclus van vis- en vogelsoorten. Om dit streefbeeld te realiseren werd eind 1988 begonnen met de aanleg van vooroeververdedigingen (om oeverafslag tegen te gaan), de aanleg van eilanden (om het oppervlak aan oeverzones te vergroten) en de inrichting van de oeverzones (om onder meer paaiplaatsen voor snoek te creëren). Deze inrichtingswerken hebben anno 1996 geleid tot een aanzienlijk oppervlak aan ondiepe gebieden, achter de vooroeververdedigingen en tussen de eilanden (Muller 1996a). Momenteel wordt de oeverinrichting geëvalueerd, waarin het van belang is te weten welke plaats deze ondiepe gebieden innemen binnen het gehele Volkerak-Zoommeersysteem.

De ontwikkeling van de oevervegetatie in het Volkerak-Zoommeer stagneerde echter, na een aanvankelijke snelle vestiging. In 1994 was de begroeiing nog steeds beperkt tot een smalle gordel rond de waterlijn (Geilen 1996). Om de ontwikkeling van de oeverzone te stimuleren wordt de invoering van een natuurlijker peilregime noodzakelijk geacht. Tot en met 1995 werd het waterpeil in het Volkerak-Zoommeer gehandhaafd op een nagenoeg vast peil van omstreeks NAP. In 1996 is het besluit genomen om het waterpeil op een meer natuurlijke wijze te laten fluctueren, met een amplitude van 25 cm tussen NAP +15 en NAP -10 cm. De intentie van de Rijkswaterstaat is om de ondergrens nog verder te verlagen tot NAP -30 cm, in verband met de verwachte positieve effecten hiervan op de natuur.

Voorafgaand aan de instelling van dit natuurlijker peilbeheer wordt de invloed van een aantal factoren op de ontwikkeling van oevervegetatie onderzocht in veld- en laboratoriumopstellingen, het project "Planten in de peiling" (Vulink & Coops 1995). Op de Krammerse Slikken is hiertoe begin 1995 een proefvak ingericht. Daarnaast moeten eventuele effecten van een dit peilbeheer op de waterkwaliteit in ondiepe gebiedsdelen vooraf ingeschat kunnen worden en in de toekomst gesignaleerd kunnen worden.



### 1.3 Vraagstelling

Dit rapport is geschreven vanuit drie vraagstellingen :

1) In het kader van het project Planten in de peiling wordt in proefvakken op de Krammerse Slikken het effect van peilverlaging en vraat op de ontwikkeling van oeverplanten onderzocht. Peilverlaging kan ook gevolgen hebben voor de concentratie van voedingsstoffen en zouten in het water, waardoor de groei van oeverplanten op een andere wijze kan worden beïnvloed. In het meetprogramma dat voor dit veldexperiment is opgezet is een groot aantal waterkwaliteitsparameters gemeten. Op basis van de meetresultaten kan vastgesteld worden of de waterkwaliteit tussen de diverse proefvakken dusdanig verschilt dat met deze factor rekening moet worden gehouden bij de interpretatie van de groeimetingen. De beschrijving en toetsing van de waterkwaliteit in de proefvakken is gebaseerd op metingen in april-oktober 1996.

2) Een natuurlijker peilregiem kan gevolgen hebben voor de waterkwaliteit in de ondiepe delen achter de vooroeververdedigingen. Eén van de doelstellingen van het project Planten in de peiling is om deze veranderingen te kunnen beoordelen. Hiertoe dient de uitgangssituatie of nulsituatie zo goed mogelijk te worden beschreven. De nulsituatie wordt beschreven voor meerdere ondiepe gebiedsdelen waarvan gegevens beschikbaar zijn uit de periode 1989-1996.

3) De Rijkswaterstaat Directie Zeeland is bezig met een evaluatie van de aangelegde vooroeververdedigingen en eilandjes in het Volkerak-Zoommeer. Eén van de vragen in deze evaluatie is, welke rol de ondiepe gebiedsdelen achter de vooroeververdedigingen spelen in het systeem als geheel. Op basis van de ontwikkeling van de waterkwaliteit en het plankton wordt onderzocht of er verschillen aantoonbaar zijn tussen het oppervlaktewater voor en achter de vooroeververdedigingen. Wanneer verschillen significant zijn kan geconcludeerd worden dat de ondiepe gebieden wat het waterleven betreft een eigen element vormen in het systeem Volkerak-Zoommeer.

### 1.4 Opzet rapportage

Het rapport valt in twee delen uiteen. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd van de metingen van de waterkwaliteit en planktonontwikkeling in het proefgebied op de Krammerse Slikken (vraagstelling 1). Verschillen tussen de proefvakken worden getoetst op significantie. In hoofdstuk 4 wordt een beschrijving gegeven van de nulsituatie (vraagstelling 2) en wordt het verschil onderzocht in de waterkwaliteit en planktonontwikkeling tussen de ondiepe en diepe gebiedsdelen (vraagstelling 3). Omdat in beide delen verwezen wordt naar dezelfde meetpunten en gebiedsdelen wordt de rapportage voorafgegaan door een gebiedsbeschrijving (hoofdstuk 2).

## 2 Gebiedsbeschrijving

### 2.1 Ontstaan

Tot 1987 maakte het Volkerak-Zoommeer deel uit van het Oosterschelde-bekken. Door de bouw van de Oesterdam, gereed in 1986 en de Philipsdam, voltooid in april 1987, werd het Volkerak-Zoommeer afgescheiden van de Oosterschelde en verdween ook de getijritmiek. Door een versterkte doorspoeling met water uit het Hollandsch Diep daalde het chloridegehalte in het Volkerakwater snel van ca. 11000 mg/l in april 1987 tot 200 mg/l in februari 1988. Een belangrijke voorwaarde voor het behoud van de oevergebieden in het nu stagnante systeem, was het tegengaan van oeverafslag. De voorkeur werd gegeven aan een indirecte oeverbescherming in de vorm van vooroe-ververdedigingen (Iedema *et al.* 1992). Hierdoor konden de ondiepwatergebieden worden behouden en optimale condities worden gecreëerd voor natuurontwikkeling in de luwe zone achter vooroe-ververdedigingen. Ter versterking van de land-watergra-diënt als element binnen het systeem, zouden binnen de ondiepe gebieden tevens eilandjes worden gemaakt. Een compensatie van het verlies aan intergetijdengebied dat na de afsluiting permanent onder water verdwenen was.

In de periode 1989-1995 is een groot aantal werken in dit kader uitgevoerd. Enkele projecten zijn in februari 1997 voltooid.

In totaal was eind 1995 ruim 39 km aan vooroe-ververdediging aangelegd (bijlage 2.1) en waren 35 eilandjes gevormd. Door deze eilandjes is de totale oeverlengte in het Volkerak-Zoommeer nog eens uitgebreid met 70.8 km, waarvan 44.8 km zacht en 26 km hard substraat (Muller 1996a). Achter de vooroe-ververdedigingen zijn luwe, ondiepe gebieden ontstaan. De oppervlakte van het natte gebied achter vooroe-ververdedigingen, diepte groter dan NAP -0.15 m, is in bijlage 2.1 geschat op ca. 1323 ha, wat neerkomt op 20% van de totale oppervlakte van het meer. Het grootste deel hiervan bevindt zich echter in het Volkerakmeer (bijlage 2.1). De luwe, ondiepe gebieden achter vooroe-ververdedigingen vormen dus een substantieel deel van het Volkerak-Zoommeersysteem. Muller (1996b) heeft gegevens samengebracht over oever- en waterplanten rond de eilandjes en over de ontziltingstoestand van de bodem. In dit rapport wordt een beschrijving gegeven van de waterkwaliteit en planktonontwikkeling in de natte, ondiepe gebieden achter vooroe-ververdedigingen. Er zijn echter maar van een klein aantal gebieden gegevens beschikbaar.

### 2.2 Ondiepe gebieden, ligging en meetpunten

De ondiepe gebieden en meetpunten die in dit rapport worden genoemd staan aangegeven op de kaarten in bijlage 4.1 en 4.2. De meetpunten die beginnen met de code VZ zijn diepe locaties, gelegen in de geul. Alleen de meetpunten op de Dintelse Gorzen, de Krammerse Slikken en de Noordplaat zijn gelegen achter een vooroe-ver-



verdediging. Meetpuntaanduiding en bemonsteringsperiode staan in tabel 2.1. Tijdstip van aanleg van de vooroeververdedigingen is te vinden in bijlage 2.1.

De meetpunten Hellegat en Slikken van de Heen liggen op plaatranden en zijn gekenmerkt door een grotere waterdiepte (Van den Hark 1993). Deze locaties zijn bemonsterd in de periode 1989-1990 toen een groot deel van de vooroeververdedigingen nog aangelegd moest worden (bijlage 2.1). Ten tijde van de metingen kon nog ongehinderd uitwisseling plaatsvinden met de diepere wateren van het Volkerak-Zoommeer. Overigens liggen beide punten buiten de later aangelegde vooroeververdedigingen. Het meetpunt Molenplaat is wel als ondiepe meetlocatie bemonsterd (Van den Hark 1993), maar neemt met een waterdiepte van 5-7 m een wat aparte positie in.

De metingen in en rond het proefvak Krammerse Slikken zijn in 1996 uitgevoerd, in het kader van het project Planten in de Peiling. De damwandschermen rond dit proefgebied zijn geplaatst in de periode januari-maart 1995. De oeververdeding op deze plaats was al in 1990 voltooid (bijlage 2.1).

Tabel 2.1 Gegevens van de meetlocaties in ondiepe gebieden.

Locatie	Diepte (dm)	Meetperiode	Meetpuntaanduiding in bijlage 4.1/4.2
Hellegat	25 - 35	1989-1990	Hgat
Krammerse Slikken	1 - 4	1996	Proefgebied
Noordplaat	10 - 20	1991-93, 1995	NOPL
Slikken van de Heen	30 - 50	1989-1990	SIHn
Dintelse Gorzen	2 - 10	1992-1994	GORS
Molenplaat	50 - 70	1989-1990	Molenplaat

## 3 Waterkwaliteit en fytoplankton in het proefgebied op de Krammerse Slikken

### 3.1 Inleiding

In 1995 is op de Krammerse Slikken een proefgebied ingericht om de effecten van peilverlaging op de groei van oeverplanten te onderzoeken. Peilverlaging kan de vestiging van oeverplanten bevorderen maar kan ook via effecten op de waterkwaliteit, van invloed zijn op de vegetatiegroei. Om het optreden van deze effecten te kunnen beoordelen zijn tijdens het onderzoek in het groeiseizoen van 1996 metingen verricht van diverse waterkwaliteitsparameters. Tevens werd de soortensamenstelling van het fytoplankton gevolgd. De resultaten van deze metingen worden in dit hoofdstuk gepresenteerd en besproken.

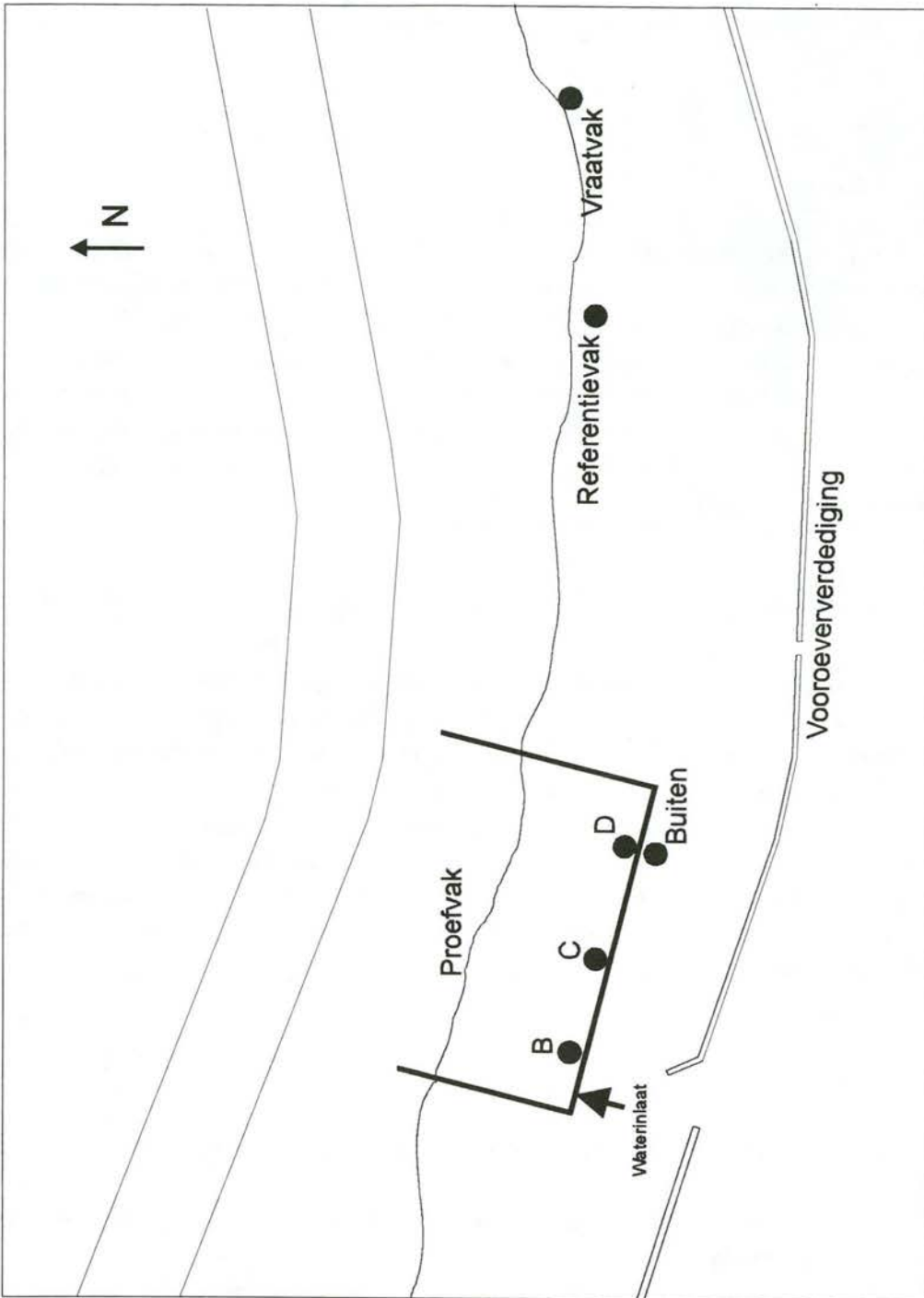
### 3.2 Proefopstelling

In het proefgebied zijn drie vakken aanwezig waarin de waterdiepte tijdens de waarnemingsperiode, april-oktober 1996, op maximaal 0.12 m werd gehouden. Dit zijn de proefvakken B, C en D (figuur 3.1). De waterkwaliteit in deze vakken wordt vergeleken met de waterkwaliteit op een meetpunt buiten de vakken, het meetpunt "Buiten", en met de waterkwaliteit in het Referentievak. De waterdiepte op beide laatste locaties bedroeg ca. 0.4 m. Daarnaast is er een vak waarin de ontwikkeling van oevervegetatie onder invloed van graas door watervogels onderzocht wordt, het "Vraatvak", met een waterdiepte van ca. 0.3 m. De waterkwaliteit in dit vak wordt vergeleken met de situatie in het Referentievak.

### 3.3 Vraagstelling

De vraagstellingen in dit deel-onderzoek waterkwaliteit zijn als volgt geformuleerd :

- 1) Zijn er verschillen in waterkwaliteit tussen de proefvakken (B, C, D) en het Referentievak en de locatie "Buiten"?
- 2) Zijn er verschillen in waterkwaliteit tussen het Vraatvak en het Referentievak?
- 3) Hoe zijn geconstateerde verschillen te verklaren?
- 4) Kunnen geconstateerde verschillen van invloed zijn op de groei van oeverplanten?



Figuur 3.1 Ligging van de meetpunten voor waterkwaliteit en fytoplanktononderzoek, in het proefgebied Krammerse Slikken.



### 3.4 Opzet rapportage

Het vervolg van dit hoofdstuk omvat een beschrijving van de ontwikkeling van de waterkwaliteit en het fytoplankton in het proefgebied op de Krammerse Slikken in 1996 en een analyse van de verschillen hierin tussen de afzonderlijke vakken van dit proefgebied. Paragraaf 3.5 geeft informatie over de uitgevoerde metingen en de wijze van gegevensverwerking en analyse. Gerapporteerd worden gegevens over watertemperatuur, pH en geleidbaarheid, de gehalten van zuurstof, chloride en voedingsstoffen en de dichtheid en soortensamenstelling van het fytoplankton. De informatie wordt per parameter gepresenteerd in de paragrafen 3.6 tot en met 3.17. In een slotparagraaf, 3.18, worden de resultaten samengevat en wordt het effect van geconstateerde verschillen in waterkwaliteit op de groei van oeverplanten besproken.

### 3.5 Gegevensbronnen en gegevensverwerking

#### *waterkwaliteit*

De rapportage is gebaseerd op meetgegevens verzameld in de periode april tot en met oktober 1996 door het RIZA en de Rijkswaterstaat Meetdienst Zeeland, in het kader van het project "Planten in de peiling". Bijlage 3.1 geeft een overzicht van de uitgevoerde metingen.

De meetresultaten van de belangrijkste waterkwaliteitsparameters zijn opgenomen in bijlage 3.2. De zomerhalfjaargemiddelde waarden zijn opgenomen in bijlage 3.3. Dit gemiddelde is berekend uit maandgemiddelden, omdat het aantal metingen per maand niet steeds gelijk is geweest. De zomerhalfjaargemiddelden zijn berekend over de maanden april tot en met september. In gevallen waar de analyse de detectielimiet bereikte zijn de meetwaarden gesteld op de helft van de detectielimiet. Dit kwam alleen voor bij nitriet/nitraat. Bij een detectielimiet van 0.01 mg N/l, is het meetresultaat in zo'n geval op 0.005 mg N/l gesteld.

De verschillen tussen meetlocaties zijn getoetst met behulp van een Wilcoxon rangtentoets voor gepaarde waarnemingen. Hiertoe is de volledige set van meetgegevens uit de periode april-oktober gebruikt. Bij deze toets worden de absolute verschillen tussen waarnemingen meegewogen. De resultaten zijn samengevat in bijlage 3.4. Niet-significante verschillen zijn in deze bijlage benoemd als overeenkomsten. Van speciaal belang voor het onderzoek zijn de verschillen tussen de proefvakken (B, C, D) en het Referentievak en de locatie "Buiten" en tussen het Vraatvak en het Referentievak.

Met behulp van een Spearman rangcorrelatie-analyse is onderzocht of het verloop van de verschillende parameters in de proefvakken overeenkwam of significant verschillend was van respectievelijk "Buiten" en het Referentievak en of het verloop in de ondiepe vakken onderling gecorreleerd was. De resultaten van de analyse staan in bijlage 3.5, respectievelijk 3.6. Tenslotte is het verband onderzocht tussen de ontwikkeling van geleidbaarheid en chloride en tussen die van chlorofyl-a, totaal-fosfaat en totaal-stikstof, voor elk van de meetlocaties. Deze resultaten staan in bijlage 3.7.

### fytoplankton

Beschikbaar waren de resultaten van globale fytoplankton-analyses over de periode april-oktober 1996. Van de zes vakken zijn alleen van Proefvak C geen gegevens verzameld (in dit vak zijn ook geen chlorofyl-a-gehalten gemeten). De microscopische analyses zijn verricht door het RIZA / IMLA. Geteld is het aantal cellen per algengroep (blauwwieren, kiezelwieren, groenwieren en overige). De analyseresultaten zijn opgenomen in bijlage 3.2. Dominante soorten, dat zijn soorten die meer dan 10% uitmaakten van het totale aantal waarnemingen, zijn gedetermineerd tot op geslacht of soort. Bijlage 3.8 geeft een overzicht van deze dominante taxa.

### 3.6 Waterdiepte en doorzicht

Een belangrijke factor voor de interpretatie van verschillen in waterkwaliteit is de waterdiepte in de diverse proefvakken. Metingen van de waterdiepte waren beschikbaar uit de periode augustus-oktober 1996 (tabel 3.1). Deze diepten waren identiek aan de metingen van het doorzicht. In de ondiepe vakken (B, C en D) was steeds zicht tot op de bodem (pers. meded. M. Tosserams). De ontbrekende waterdiepten uit de periode april-juli zijn daarom afgeleid uit de bepaling van het "doorzicht". De doorzichtgegevens zijn in deze rapportage niet gebruikt voor een bespreking van de helderheid van het water.

Op de meetpunten in de proefvakken B, C en D was de waterdiepte minder dan 10 cm, terwijl de diepte op de punten in het Vraatvak, het Referentievak en het punt Buiten, omstreeks 30 respectievelijk 40 cm bedroeg. In alle gevallen was de gemeten waterdiepte representatief voor de waterdiepte in het vak waartoe het punt behoorde (pers. meded. M. Tosserams). Proefvak C was het meest ondiep. In juli en augustus bedroeg de diepte hier een enkele maal slechts 1 cm. Proefvak D is tijdens de meetperiode korte tijd drooggevallen door een defect aan de inlaatpomp.

Tabel 3.1 De gemiddelde waterdiepte (cm) per maand op de zes verschillende meetpunten in het proefvak, in de periode april-oktober 1996..

Maand	Proefv B	Proefv C	Proefv D	Vraatvak	Ref vak	Buiten
april	8	4	7	30	25	40
mei	6	3	6	30	27	40
juni	5	4	7	30	25	40
juli	5	3	7	25	27	40
augustus	6	2	5	30	30	40
september	8	4	7	30	30	40
oktober	8	6				
Gemiddeld	6	3	7	30	28	40



### 3.7 Watertemperatuur

In de eerste helft van juni warmde het water snel op en nam de watertemperatuur toe van omstreeks 13 °C tot 20 à 25 °C (figuur 3.2). Vervolgens trad een inzinking op. In de periode van eind juni tot begin september varieerde de temperatuur tussen 14 en 20 °C. Daarna kwam de watertemperatuur niet meer boven 15 °C.

In de ondiepe proefvakken B, C en D fluctueerde de watertemperatuur in juni-september sterker dan op de meetpunten met dieper water. De hoogste temperatuur werd ook in de ondiepe proefvakken gemeten en bedroeg 24 à 25 °C in begin juni. De ontwikkeling van de watertemperatuur in de ondiepe proefvakken was wel significant positief gecorreleerd met de temperatuur in het vak Buiten en het Referentievak (0.87-0.96,  $p < 0.005$ ; bijlage 3.5). Over de hele periode april-oktober was de watertemperatuur in proefvak C significant hoger dan in de proefvakken B en D ( $p < 0.05$ ), maar gemiddeld bedroeg het verschil minder dan 1 °C. De watertemperatuur in de ondiepe proefvakken was, over de hele waarnemingsperiode gerekend, niet aantoonbaar verschillend van de temperatuur in het Referentievak en op het meetpunt Buiten. Ook tussen het Vraatvak en het Referentievak was geen significant verschil in watertemperatuur aantoonbaar (bijlage 3.4).

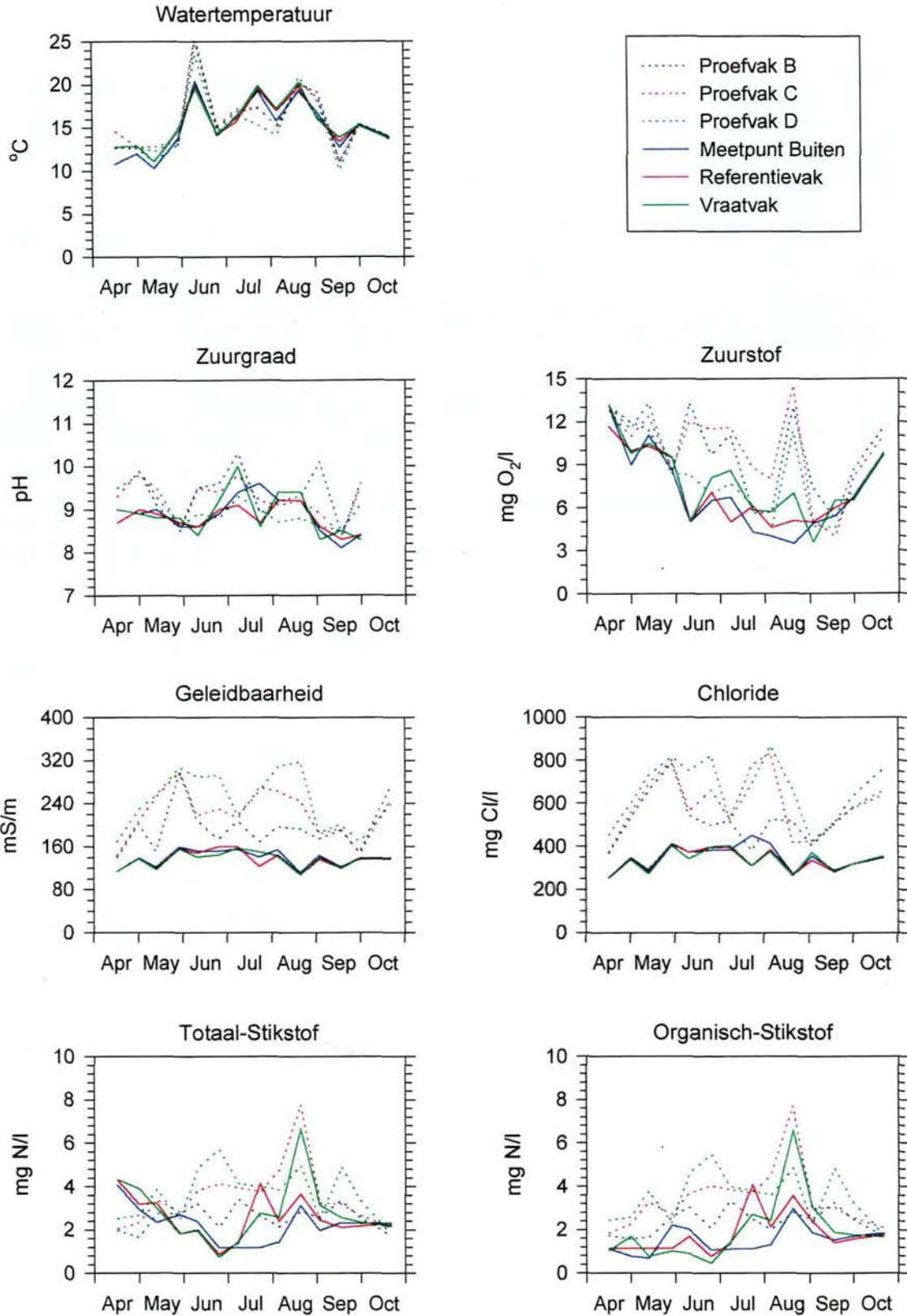
### 3.8 Zuurgraad

De pH in het proefgebied lag tussen 8 en 10 en fluctueerde in de ondiepe proefvakken B, C en D wat sterker dan op de diepere punten. Relatief hoge pH-waarden tussen 9 en 10 werden op de diepere punten alleen in de maanden juli en augustus gemeten, maar op de ondiepere in de gehele waarnemingsperiode (figuur 3.2). Het verloop van de pH in deze ondiepe proefvakken was niet significant gecorreleerd met het verloop in het Referentievak en op het meetpunt Buiten (bijlage 3.5).

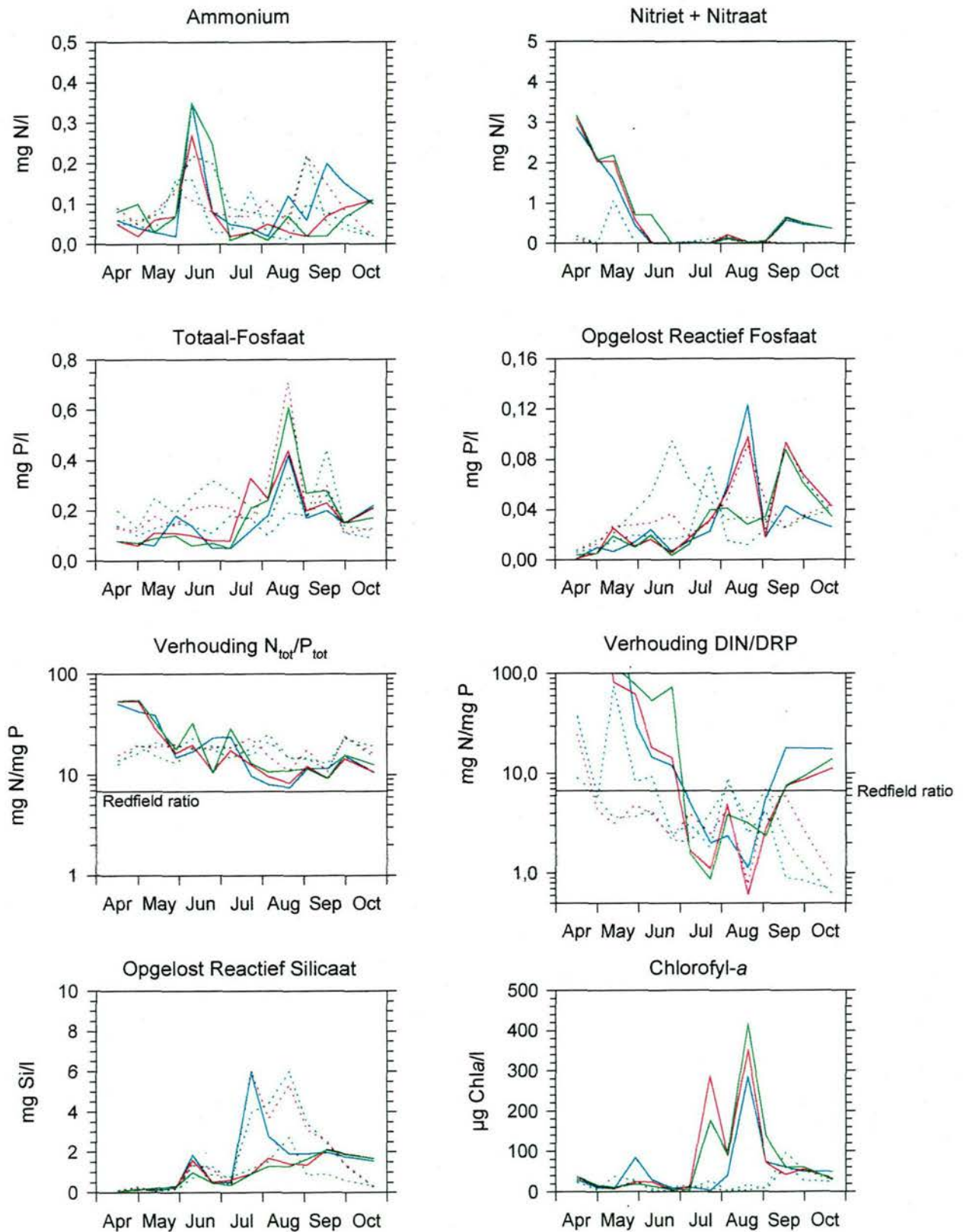
Dergelijke hoge pH's (> 9) kunnen ontstaan door opname van  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{CO}_2$  in perioden met een hoge fotosynthese-activiteit van waterplanten of algen. Bodemalgen waren vermoedelijk talrijker in de ondiepe vakken en kunnen verantwoordelijk zijn geweest voor de relatief hoge pH's, die in deze vakken ook in april-mei al optraden. Over de hele waarnemingsperiode was de pH in de proefvakken B en C significant hoger dan in het Referentievak en op het punt Buiten ( $p < 0.05$ ). Tussen proefvak D, het Referentievak en Buiten was geen verschil aantoonbaar, evenmin als tussen het Vraatvak en het Referentievak (bijlage 3.4). Het verloop van de pH in beide laatste vakken was significant positief gecorreleerd (0.90,  $p < 0.005$ ).

### 3.9 Zuurstofgehalte

In de loop van april-augustus nam het zuurstofgehalte in de diepere vakken af van omstreeks 13 mg/l tot 4 à 7 mg/l, om vanaf begin september weer toe te nemen (figuur 3.2). In de proefvakken B en C werden ook in de zomermaanden nog regelmatig hoge gehalten van 12 tot 14.5 mg/l gemeten. Hierdoor was ook het zomergemiddelde



Figuur 3.2 Ontwikkeling van enkele waterkwaliteitsparameters op zes meetpunten in het proefgebied op de Krammerse Slikken, in de periode april-oktober 1996.



Figuur 3.2 Ontwikkeling van enkele waterkwaliteitsparameters op zes meetpunten in het proefgebied op de Krammerse Slikken, in de periode april-oktober 1996. (vervolg)



gehalte in deze proefvakken veel hoger dan in de overige vakken, met name het Referentievak en het proefvak Buiten (bijlage 3.3). Over de hele periode was het zuurstofgehalte in de ondiepe proefvakken significant hoger dan op het meetpunt Buiten ( $p < 0.05$ ). Ten opzichte van het Referentievak was alleen in de vakken B en C het gehalte significant hoger ( $p < 0.01$ ). Het verloop van het zuurstofgehalte in B en C vertoonde geen duidelijke overeenkomst met de ontwikkeling in de diepere vakken (bijlage 3.5). In de ondiepe vakken onderling was het verloop van het zuurstofgehalte wel positief gecorreleerd (0.77-0.84,  $p < 0.05$ ). Ook in het Vraatvak en het Referentievak was het verloop overeenkomstig (0.79,  $p < 0.01$ ) en de gehalten waren niet significant verschillend (bijlage 3.3). Het laagste zomergemiddelde zuurstofgehalte, 7.2 mg/l, werd gemeten op het punt Buiten (bijlage 3.2).

De oplosbaarheid van zuurstof in water neemt op een niet-lineaire wijze af met toenemende temperatuur. In de diepere vakken (Vraatvak, Referentievak, punt Buiten) was het zuurstofgehalte significant negatief gecorreleerd met de watertemperatuur (-0.75 tot -0.81;  $p < 0.01$ ; zie bijlage 3.7). In de proefvakken B, C en D was geen verband tussen watertemperatuur en zuurstofgehalte aantoonbaar. Vermoedelijk zijn de hoge gehalten in juni-augustus in deze proefvakken het gevolg van een hoge fotosynthese-activiteit van benthische of epifytische algen.

### 3.10 Geleidbaarheid

De geleidbaarheid op de diepere meetpunten was zeer constant, 120 à 160 mS/m, maar in de ondiepe proefvakken was sprake van een grotere variatie, na een sterke toename van 150 tot 300 mS/m in de periode half april tot eind mei (figuur 3.2). Op alle meetdagen was de geleidbaarheid in de ondiepe proefvakken hoger dan op de diepere punten. Binnen de ondiepe vakken nam de geleidbaarheid toe van B naar D ( $p < 0.01$ ) en het verloop in B was niet gecorreleerd met de ontwikkeling in C en D (bijlage 3.6). Tussen het Vraatvak en het Referentievak was geen significant verschil aantoonbaar en het verloop was identiek (bijlage 3.4 en 3.5).

Op alle meetpunten was de geleidbaarheid sterk positief gecorreleerd met het chloridegehalte (0.85 tot 0.97;  $p < 0.005$ ; zie bijlage 3.7). Mogelijke oorzaken van verschillen worden daarom in de volgende paragraaf besproken.

### 3.11 Chloridegehalte

Het chloridegehalte in de ondiepe proefvakken was vrijwel steeds hoger dan in de diepere vakken en vertoonde evenals het geleidingsvermogen, grotere fluctuaties (figuur 3.2). Terwijl het chloridegehalte op de diepere punten (Vraatvak, Referentievak, Buiten) meestal lager was dan 400 mg/l en niet significant verschillend, werden in de proefvakken B, C en D veelvuldig gehalten gemeten tussen 500 en 800 mg/l. Gemiddeld over het zomerhalfjaar was het chloridegehalte in B, C en D 1.5 tot 2 maal hoger dan op de diepere punten (bijlage 3.2). Binnen de ondiepe vakken nam het gemiddelde chloridegehalte toe van B naar C, maar het verschil tussen B en C was niet signifi-

cant. Wel was het verloop van het chloridegehalte in B wat anders dan in C en D; in de laatste twee vakken was het verloop positief gecorreleerd (bijlage 3.6).

De hoge chloridegehalten in de ondiepe vakken kunnen het gevolg zijn van indamping, of van afspoeling vanaf de oever bij regenval na een periode van droogte. Door uitdroging van de hoger gelegen oevers kan capillair transport van grondwater met een verhoogd zoutgehalte op gang komen, waardoor de chloridegehalten aan het bodemoppervlak stijgen (Slager & Groen 1995). Tijdens de eerstvolgende regenbui spoelt dit zout met het regenwater af naar de oeverzone van het Volkerakmeer.

Na de start van de veldproeven nam het chloridegehalte in het tijdvak half april tot eind mei toe van omstreeks 400 tot 800 mg/l, terwijl ook de waterdiepte afnam. Deze voorjaarsperiode was een periode met weinig neerslag, wat pleit voor indamping als oorzaak van de toename van het chloridegehalte. Vanaf mei fluctueerde het gehalte in deze proefvakken, vermoedelijk door de afwisseling van perioden met neerslag en perioden van droogte en door de inlaat van water voor de peilhandhaving. Afspoeling kan in deze periode plaatselijk een rol hebben gespeeld, gezien de grotere verschillen tussen de drie ondiepe vakken onderling.

Het verband tussen het chloridegehalte en de waterdiepte in deze proefvakken is negatief, maar er is geen sprake van een significante correlatie. De lagere chloridegehalten in B, vergeleken met C en D en het afwijkende verloop van het gehalte, kan het gevolg zijn van het feit dat het inlaatpunt voor water gelegen was in vak B.

### 3.12 Stikstof

Voor alle stikstofparameters geldt dat het verloop in de ondiepe proefvakken B, C en D geen significant verband vertoonde met het verloop in het Referentievak en het vak Buiten. Met uitzondering van het ammoniumgehalte was de ontwikkeling in het Vraatvak wel positief gecorreleerd met het verloop in het Referentievak (0.81 tot 0.96;  $p < 0.05$ ; bijlage 3.5).

Het verloop van het gehalte  $N_{tot}$  in april-juni was in de ondiepe proefvakken B, C en D tegengesteld aan het verloop op de diepere meetpunten (figuur 3.2). De afname op de diepere punten betrof vooral een afname van het gehalte nitriet/nitraat. De toename in de ondiepe proefvakken betrof vooral een toename van het gehalte aan organisch gebonden stikstof, waar geen duidelijke afname aan opgeloste anorganische stikstof (DIN) tegenover stond. De stijging van het gehalte organische stikstof ging in april-juni niet gepaard met een toename van het chlorofyl-a-gehalte, de ontwikkeling in juli-oktober deed dit wel (zie paragraaf 3.13). De toename in het voorjaar zal dus waarschijnlijk betrekking hebben gehad op detritus of opgeloste organische stikstof, uitgescheiden door het bodemleven. Over de gehele waarnemingsperiode was er geen significant verband tussen het verloop van de gehalten  $N_{tot}$  en chlorofyl-a in de ondiepe proefvakken. Van de diepere locaties (Buiten, Vraatvak en Referentievak) was alleen in het Vraatvak sprake van een significante correlatie tussen de gehalten  $N_{tot}$  en chlorofyl-a (0.63;  $p < 0.05$ ; zie bijlage 3.7).



Het gehalte organisch-N was in de proefvakken C en D significant hoger dan in het Referentievak en op het punt Buiten ( $p < 0.05$ ). In het Vraatvak was dit gehalte nagenoeg gelijk aan het gehalte in het Referentievak.

Het nitriet/nitraat-gehalte was vanaf juni extreem laag. Dit geldt vooral voor de ondiepe proefvakken, waar het gehalte gedurende meer dan de helft van de waarnemingsperiode lager was dan de detectielimiet. Dit wijst op een hoge denitrificatie-snelheid (zie ook paragraaf 3.14). Het nitriet/nitraat-gehalte in deze proefvakken B, C en D, was significant lager dan in de diepere vakken ( $p < 0.05$ ). Wat het ammoniumgehalte betreft was tussen de meeste vakken geen verschil aantoonbaar. Het totale gehalte aan opgeloste, anorganische stikstof (DIN) was in het Vraatvak significant hoger dan in het Referentievak ( $p < 0.05$ ).

De verschillen in het gehalte  $N_{tot}$  waren over de gehele periode bekeken wat kleiner dan de verschillen in DIN. Tussen de proefvakken B en C, het Referentievak en het punt Buiten was geen verschil in  $N_{tot}$  aantoonbaar, evenmin als tussen het Vraatvak en het Referentievak. Alleen in proefvak D was het gehalte  $N_{tot}$  significant hoger dan in het Referentievak en het proefvak Buiten ( $p < 0.05$ ); in vak D werd het hoogste zomergemiddelde  $N_{tot}$ -gehalte gemeten, 3.83 mg N/l.

Met waarden tussen 2.3 en 3.8 mg/l (bijlage 3.2) was het zomergemiddelde  $N_{tot}$ -gehalte op de Krammerse Slikken vergelijkbaar met het zomergemiddelde gehalte van 3.1 mg/l op het nabijgelegen meetpunt in de geul, VZ 3.

### 3.13 Fosfaat

Het verloop van de gehalten  $P_{tot}$  en DRP (opgelost reactief fosfaat of "orthofosfaat") vertoonde een duidelijke overeenkomst met de ontwikkeling van het gehalte organisch-gebonden stikstof. Relatief hoge gehalten werden gemeten in juli-september en deze corresponderen met hoge chlorofyl-a-gehalten (figuur 3.2). Opvallend is het hoge  $P_{tot}$ -gehalte in het Proefvak C op 20 augustus : 0.71 mg P/l (bijlage 3.2). Met uitzondering van Proefvak B werden ook op de andere punten op deze datum relatief hoge  $P_{tot}$ -gehalten gemeten. Ook het gehalte organisch-N was op dit tijdstip hoog. Evenals bij  $N_{tot}$  was voor de ondiepe proefvakken geen verband aantoonbaar tussen de gehalten  $P_{tot}$  en chlorofyl-a. In de drie diepere vakken kon wel een significante, positieve correlatie tussen  $P_{tot}$  en chlorofyl-a worden vastgesteld (0.82 tot 0.87;  $p < 0.005$ ; zie bijlage 3.7).

Het gehalte  $P_{tot}$  was in de proefvakken C en D significant hoger dan in B ( $p < 0.01$ ), maar alleen voor C was ook een significant verschil met Buiten aantoonbaar ( $p < 0.01$ ). Tussen de ondiepe vakken en het Referentievak kon geen verschil geconstateerd worden. Het verloop van het gehalte  $P_{tot}$  in de ondiepe proefvakken was niet significant gecorreleerd met het verloop in het Referentievak en Buiten (bijlage 3.5). Het verloop in Vraatvak en Referentievak was wel significant positief gecorreleerd (0.89;  $p < 0.005$ ) en de gehalten waren overeenkomstig (bijlage 3.4 en 3.5).

Het zomergemiddelde  $P_{\text{tot}}$ -gehalte was in het proefgebied op de Krammerse Slikken aanzienlijk hoger dan op het nabijgelegen meetpunt in de geul, VZ 3. Op VZ 3 bedroeg het gehalte in 1996 0.11 mg/l, in het proefgebied liep het zomergemiddelde uiteen van 0.14 tot 0.24 mg/l (bijlage 3.3). Daarentegen was het DRP-gehalte in het proefgebied gemiddeld lager dan op VZ 3, maar de detectielimiet werd op geen enkel moment bereikt. Met zomergemiddelden tussen 0.025 en 0.039 mg/l was het DRP-gehalte in het proefgebied over het geheel een factor twee lager dan op VZ 3, dat in 1996 een zomergemiddelde kende van 0.053 mg/l. Binnen het proefgebied was er over de gehele waarnemingsperiode weinig verschil in het DRP-gehalte. Alleen het gehalte in Proefvak B was significant lager dan in D ( $p < 0.05$ ; bijlage 3.4).

### 3.14 Verhouding stikstof/fosfaat

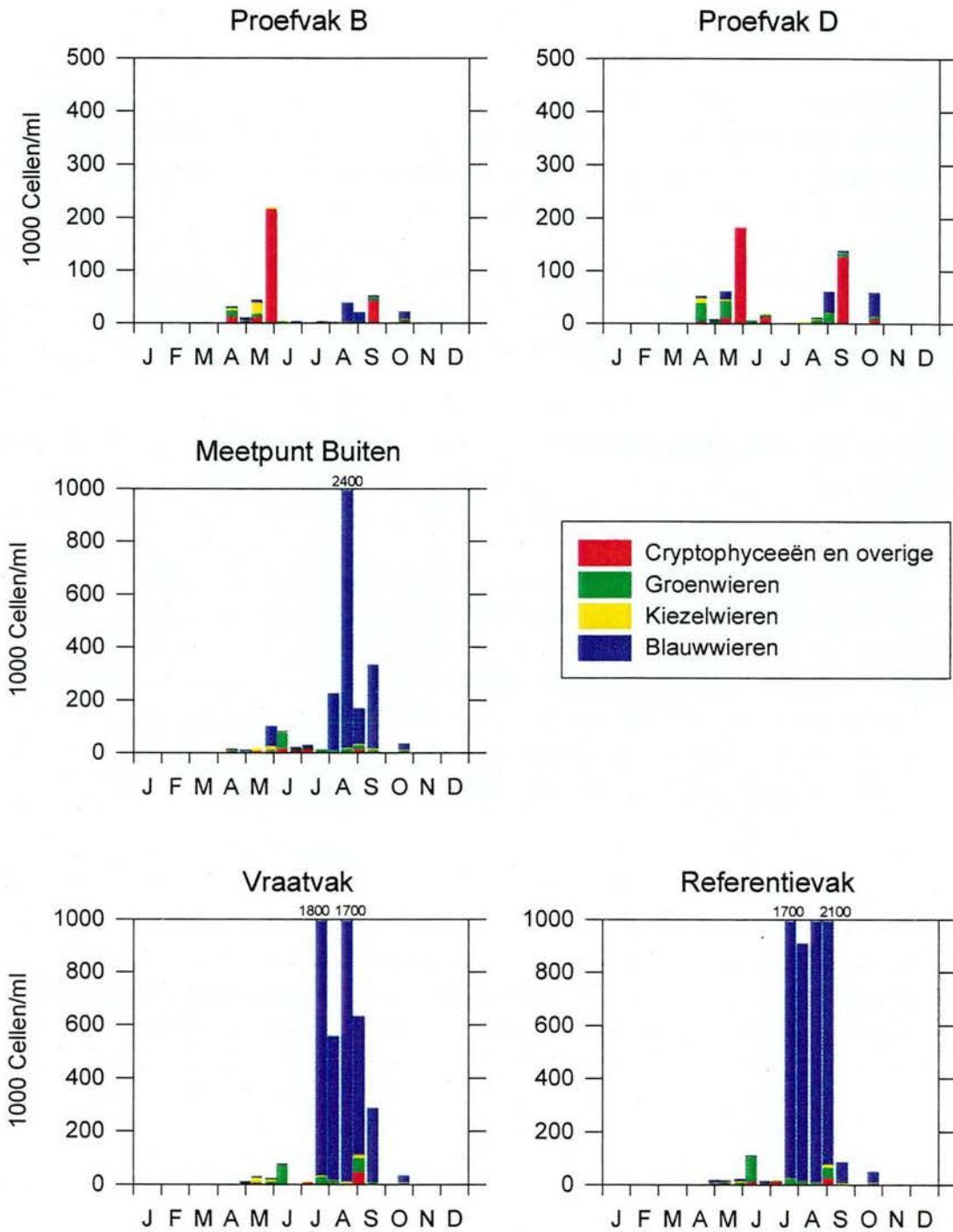
In algenbiomassa bedraagt de verhouding tussen stikstof en fosfaat onder optimale groeicondities omstreeks 6.7 op gewichtsbasis. Dit is de Redfield-ratio. Wijkt de verhouding tussen stikstof en fosfaat in het water sterk af van deze ratio, dan kan op termijn (secundaire) groei beperking door stikstof of fosfaat verwacht worden. De verhouding tussen  $N_{\text{tot}}$  en  $P_{\text{tot}}$  lag steeds boven de Redfield-ratio (figuur 3.2) en in de proefvakken B, C en D heel constant tussen 10 en 30. Verhoudingen tussen 14 en 28 zijn optimaal voor de groei van kiezelwieren, groenwieren en goudwieren (Kilham & Kilham 1984, Sandgren 1988). Alleen in de diepere vakken daalde de verhouding in juli-september tot waarden lager dan 10. Dit ging gepaard met de ontwikkeling van blauwwieren (zie paragraaf 3.17).

De N/P-verhouding op basis van de opgeloste fracties (DIN/DRP) daalde wel tot niveau's ver beneden de Redfield-ratio. Met name in de proefvakken C en D zou de beschikbaarheid van stikstof bepalend kunnen zijn geweest voor de groeisnelheid van algen. Van een echte beperking van de groei zal geen sprake zijn geweest, omdat het ammoniumgehalte op geen enkel moment de detectielimiet bereikte. In het algemeen geven algen de voorkeur aan ammonium als stikstofbron, boven nitraat. Het is dus vreemd dat alleen het nitraatgehalte de detectielimiet bereikte. Vermoedelijk was sprake van een sterke denitrificatie of een hoge productie van ammonium. Bij denitrificatie wordt nitraat omgezet in  $N_2$ .

### 3.15 Silicaat

Het gehalte opgelost reactief silicaat (DRSi) nam toe vanaf mei en daalde weer vanaf augustus (figuur 3.2). Dit verloop is bij benadering tegengesteld aan de ontwikkeling van de dichtheid van planktische kiezelwieren (bijlage 3.2). Kiezelwieren hebben silicium nodig voor de bouw van hun schaaltpje. Het proefvak B waar het siliciumgehalte in juli-augustus relatief hoog was, kenmerkte zich door de laagste dichtheid aan planktische kiezelwieren. Voor de sterke afname van het siliciumgehalte in de ondiepe proefvakken vanaf half augustus, zijn vermoedelijk ook benthische en epifytische kiezelwieren verantwoordelijk geweest.





Figuur 3.3 Bijdrage van algengroepen aan het totale aantal fytoplanktoncellen per ml in het proefgebied op de Krammerse Slikken in 1996.

Met de watertemperatuur was het siliciumgehalte de enige parameter waarvan het verloop binnen het gehele proefgebied sterk gecorreleerd was (0.63 tot 0.93;  $p < 0.05$ ; bijlage 3.5). Dit impliceert dat de dynamiek van het siliciumgehalte hier vooral gestuurd wordt door een externe factor, vermoedelijk de aanvoer van water vanuit het Hollandsch Diep; de blijkbaar geringe invloed van lokale processen kan verklaard worden uit de trage regeneratie van silicium, vergeleken met stikstof en fosfaat.

Ofschoon het siliciumgehalte in de ondiepe vakken in juli-augustus relatief hoog was is over de hele waarnemingsperiode geen verschil aantoonbaar met het Referentievak en het proefvak Buiten. Ook het Vraatvak en het Referentievak waren wat silicium betreft niet significant verschillend. Binnen de ondiepe vakken was het gehalte in B en C wel significant hoger dan in het Proefvak D. Dit uit zich in zomergemiddelden die 2.5 keer hoger zijn (bijlage 3.2).

### 3.16 Chlorofyl-a

Het chlorofyl-a-gehalte in de proefvakken B en D (in C zijn geen metingen verricht) bleef de gehele waarnemingsperiode relatief laag (figuur 3.2), met een zomergemiddelde van respectievelijk 16.5 en 21.8  $\mu\text{g/l}$  (bijlage 3.3). De hoogste gehalten, respectievelijk 65 en 98  $\mu\text{g/l}$ , werden gemeten in september. Over de hele meetperiode was het gehalte in Proefvak B significant lager dan in alle andere vakken ( $p < 0.05$ ).

In de diepere vakken nam het chlorofyl-a-gehalte in juli en augustus sterk toe, een toename die in beide ondiepe vakken uitbleef. Tussen het verloop van het gehalte in de ondiepe en diepere vakken was geen verband aantoonbaar (bijlage 3.5).

In het Vraatvak en het Referentievak traden in juli en augustus hoge chlorofyl-a-pieken op van 177 tot 417  $\mu\text{g/l}$ . Het verloop van het chlorofyl-a-gehalte was in deze vakken sterk positief gecorreleerd (0.98;  $p < 0.001$ ) en beide vakken werden gekenmerkt door een hoog zomergemiddelde van 82  $\mu\text{g/l}$ . Op het meetpunt VZ 3 in de geul bedroeg het zomergemiddelde gehalte in 1996 ter vergelijking 45  $\mu\text{g/l}$ . Op het meetpunt Buiten werd alleen in augustus een piek waargenomen van 284  $\mu\text{g/l}$ . Alleen op dit punt was ook nog een duidelijke voorjaarspiek te onderscheiden van 85  $\mu\text{g/l}$ . Ook hier was het zomergemiddelde met 52  $\mu\text{g Chla/l}$ , hoger dan op VZ 3.

### 3.17 Fytoplankton

De opvallende verschillen in het chlorofyl-a-gehalte binnen het proefgebied komen terug in de ontwikkeling van dichtheid en soortensamenstelling van het fytoplankton (figuur 3.3). De hoge chlorofyl-a-pieken die in juli-augustus in de diepere vakken optraden, werden veroorzaakt door omvangrijke bloeien van blauwwieren, met *Microcystis* als meest talrijke vertegenwoordiger. In de ondiepe vakken B en D bleef de dichtheid van blauwwieren aanzienlijk lager. Hier waren flagellaten van het geslacht *Rhodomonas* (Cryptophyceëen) nu en dan talrijk. De dominante taxa waren binnen het proefgebied sterk overeenkomstig, al konden de absolute dichtheden tussen de



meetpunten sterk uiteenlopen. Een verschil vormde het blauwwier *Aphanizomenon*, dat wel in de diepe maar niet in de ondiepe vakken werd gevonden (bijlage 3.8).

Blauwwieren kunnen in het algemeen slecht het hoofd bieden aan sterke fluctuaties in fysische of chemische condities (Paerl 1988, Ibelings *et al.* 1994), in tegenstelling tot veel flagellaten en kiezelwieren. Bij geringe waterdiepten zoals in de proefvakken B, C en D, variëren factoren als watertemperatuur, zuurgraad, lichtklimaat en nutriëntenbeschikbaarheid frequenter en sterker dan in dieper water. Vertegenwoordigers van de geslachten *Microcystis* en *Aphanizomenon* zijn het meest concurrentiekrachtig in diepere wateren, waar de verhouding tussen de diepte van de eufotische zone en de mengdiepte,  $Z_{eu} / Z_m$ , groter of gelijk is aan 1 (Reynolds & Walsby 1975). Door actieve verticale migratie kunnen zij onder deze omstandigheden overdag profiteren van een rijkdom aan licht en CO<sub>2</sub> op een positie juist onder het wateroppervlak en 's nachts van hogere nutriëntengehalten op een positie onder in de verticaal. Onder sterkere fluctuaties in lichtklimaat zullen opportunistische soorten zoals *Rhodomonas* gaan domineren. Het is denkbaar dat de lichtintensiteit in de ondiepe vakken voor fytoplankton nu en dan te hoog was en de groei stagneerde. Bodemalgen zijn vaak minder gevoelig voor foto-inhibitie, of kruipen weg in het sediment bij te hoge lichtintensiteiten.

### 3.18 Verschillen in waterkwaliteit en het effect op oeverplanten

#### *verschillen tussen diep en ondiep*

De waterkwaliteit in de zeer ondiepe proefvakken B, C en D, was in het algemeen sterk verschillend van de kwaliteit op het meetpunt Buiten en in het Referentievak. De gehalten van zuurstof en chloride waren significant hoger in de ondiepe vakken, terwijl het chlorofyl-a-gehalte lager was. In de ondiepe vakken bleef de dichtheid van blauwwieren in het plankton gering, terwijl in de diepere vakken in de zomermaanden hoge dichtheden van *Microcystis* werden aangetroffen. Verschillen in nutriëntengehalten waren minder consistent. In de maanden april-juni waren de gehalten organisch N, P<sub>tot</sub> en DRP in de ondiepe vakken hoger dan in de diepere vakken, maar in juli-oktober waren ze overeenkomstig hoog. Alleen het gehalte van nitraat/nitriet was over de hele periode april-oktober significant lager in de ondiepe proefvakken dan in het Referentievak en op het meetpunt Buiten.

Naast absolute verschillen in gehalten zijn verschillen in functioneren en sturende factoren aanwijsbaar, tussen de ondiepe vakken en de diepere.

#### *functioneren*

In de diepe vakken is sprake van een duidelijke, negatieve correlatie tussen watertemperatuur en zuurstofgehalte, in de ondiepe vakken was geen verband aantoonbaar. Dit kan betekenen dat in de ondiepe vakken een lagere oplosbaarheid van zuurstof gecompenseerd werd door een hogere zuurstofproductie. Bij geringere waterdiepten is ook het oppervlak van het grensvlak water-atmosfeer per eenheid onderstaand watervolume groter, zodat het zuurstofgehalte door diffusie vanuit de lucht op een hoger niveau kan worden gehouden. Er was echter geen verband aantoonbaar tussen het zuurstofgehalte en de waterdiepte in de ondiepe proefvakken (bijlage 3.7). Wel



werd het hoogste zomergemiddelde zuurstofgehalte gemeten op het punt C met de kleinste gemiddelde diepte en het laagste gemiddelde gehalte op D met de grootste gemiddelde diepte. Het verloop van het zuurstofgehalte was in de drie ondiepe vakken onderling sterk gecorreleerd (0.77 tot 0.84,  $p < 0.01$ ). Dit wijst erop dat zuurstofproductie door benthische algen een oorzaak kan zijn geweest van de hogere zuurstofgehalten in deze ondiepe vakken. In de ondiepe vakken is geen duidelijk verband te zien tussen het chlorofyl-a-gehalte en de gehalten  $P_{\text{tot}}$  en  $N_{\text{tot}}$ , terwijl in de diepere vakken zoals het Referentievak, sprake is van een significante correlatie tussen het chlorofyl-a- en het  $P_{\text{tot}}$ -gehalte. Dit betekent dat de grootste bron van  $P_{\text{tot}}$  in de ondiepe vakken zal hebben bestaan uit andere deeltjes dan algen (detritus, bacteriën e.a.).

#### *sturende factoren*

Alleen het verloop van de watertemperatuur en van het DRSi-gehalte is op alle meetpunten, diep en ondiep, duidelijk positief gecorreleerd. Dit wijst op een overheersende sturing van deze parameters door externe factoren (instraling en luchttemperatuur, respectievelijk de siliciumdynamiek in het rivierwater dat aangevoerd wordt naar het Volkerakmeer). Het verloop van de gehalten van zuurstof, chloride, chlorofyl-a en nutriënten in de ondiepe vakken was niet aantoonbaar gerelateerd aan het verloop in het Referentievak en op het meetpunt Buiten. Omdat er tussen de diepere vakken onderling wel steeds sprake was van een significant positief verband, is het aannemelijk dat deze parameters in de ondiepe vakken gestuurd worden door locale factoren, die hun oorsprong hebben in de geringe waterdiepte. Binnen de drie ondiepe vakken was het verloop van veel parameters echter minder sterk overeenkomstig als binnen de groep diepere meetpunten, met uitzondering van  $P_{\text{tot}}$ . De meeste overeenkomst vertoonden de vakken C en D (voor chloride,  $N_{\text{tot}}$  en  $N_{\text{org}}$ ).

#### *gradiënten binnen de ondiepe vakken*

Binnen de ondiepe proefvakken is een toename te zien van B naar D van de zomergemiddelde gehalten van chloride,  $P_{\text{tot}}$ , DRP,  $N_{\text{tot}}$ ,  $N_{\text{org}}$  en  $\text{NH}_4$  en een afname van het gehalte  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ . De toenames van B naar D zijn significant. Significante verschillen tussen B en C konden alleen worden vastgesteld voor  $N_{\text{tot}}$ ,  $N_{\text{org}}$  en geleidbaarheid. Deze gradiënten kunnen zijn ontstaan door de periodieke inlaat van water in B, gevolgd door een geleidelijke verspreiding van dit water over de proefvakken C en D. Op grond van de gehalten op het meetpunt Buiten kan men afleiden dat het ingelaten water relatief arm zal zijn geweest aan chloride,  $P_{\text{tot}}$ , DRP,  $N_{\text{tot}}$  en  $N_{\text{org}}$ , maar rijk aan  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ . Het verdwijnen van nitraat zal vooral veroorzaakt kunnen zijn door denitrificatie; gemiddeld was het nitraatgehalte op punt D 73% lager dan op B. De toename van  $N_{\text{tot}}$  van B naar D kan geheel worden toegeschreven aan de fractie  $N_{\text{org}}$ . De toename van  $N_{\text{org}}$  en die van  $P_{\text{tot}}$  en DRP bedraagt gemiddelde 50-63%. Daarmee is de stijging van deze voedingsstoffen twee keer zo hoog als de toename van het chloridegehalte van B naar D, die gemiddeld slechts 25% bedraagt. Dit betekent dat de gradiënt in het gehalte van deze voedingsstoffen niet alleen door indamping zal zijn veroorzaakt. Factoren als nalevering vanuit het sediment (via mineralisatie), uitscheiding van organische stikstof door het bodemleven of waterplanten en natte depositie kunnen alle een bijdrage hebben geleverd.

#### oorzaak van verschillen

De verschillen tussen de ondiepe en diepe locaties lijken het gevolg te zijn van de waterpeilverschillen. De toename van het chloridegehalte in de ondiepe vakken is vermoedelijk het gevolg van indamping en afspoeling. Nalevering vanuit de waterbodem lijkt niet zo waarschijnlijk, omdat het Volkerak in 1996 al acht jaar lang zoet was. Het zoutgehalte is laag in de bovenste 10 cm van de waterbodem in de oeverzone van het Volkerak (Slager & Groen 1995). Uitspoeling van chloride vanaf de oever kan onder bepaalde omstandigheden optreden (zie hoofdstuk 4), maar is niet voldoende om de waargenomen gradiënt binnen de ondiepe vakken te verklaren.

De relatief hoge zuurstofgehalten in het water van de ondiepe vakken zijn waarschijnlijk veroorzaakt door een sterke ontwikkeling van bodemalgen, zoals kiezelwieren en draadalgen, gestimuleerd door het gunstige lichtklimaat bij deze geringe waterdiepten. De hoeveelheid fytoplankton in de ondiepe vakken was laag en daarmee ook het gehalte chlorofyl-a in het water. Vermoedelijke oorzaken van de geringe fytoplanktongroei zijn de sterke dynamiek in temperatuur, lichtklimaat en bicarbonaatgehalte.

De toename van het gehalte  $P_{\text{tot}}$  en  $N_{\text{org}}$  binnen de ondiepe vakken moet worden toegeschreven aan mineralisatie en aan uitscheiding door bodemorganismen, perifytische algen en waterplanten, de afname van het nitraatgehalte aan denitrificatie.

#### effect op oeverplanten

Oeverplanten halen hun voedingsstoffen vooral uit de bodem. De nutriëntengehalten in de waterkolom zullen daarom geen directe invloed hebben op de groei van helophyten. Wel van invloed op de groei van jonge planten is het lichtklimaat onder water. Wanneer het zonlicht door een sterke algengroei minder diep in de waterkolom doordringt, vermindert de groei van ondergedoken jonge planten (Van der Putten & Smit 1990). Dit geldt natuurlijk alleen voor soorten die submers kunnen kiemen en groeien, zoals lisdodden (*Typha* spp.), Zeebies (*Scirpus maritimus*), Ruwe bies (*S. tabernaemontani*) en Mattenbies (*S. lacustris*). In de periode april-juni, de periode waarin kieming optreedt, was het chlorofyl-a-gehalte in zowel de diepe als de ondiepe vakken overeenkomstig en meestal lager dan 30 µg/l. Het doorzicht zal onder deze omstandigheid meer dan 1 m hebben bedragen. In de ondiepe vakken zal wel meer licht tot de bodem zijn doorgedrongen, maar de groei in de diepere vakken zal in april-juni niet wezenlijk door troebelheid zijn gehinderd.

Ook een toename van het chloridegehalte zou de groei van oeverplanten op een zeker moment kunnen benadelen. Zeebies ontwikkelt zich bij chloridegehalten tot maximaal 12000 mg/l, Ruwe bies tot 10000 mg/l (ref. in Clevering & Van Gulik 1990). Lisdodden zijn minder tolerant, met name *Typha latifolia*, die bladbeschadigingen ontwikkelt bij zoutgehalten van 6000 mg Cl/l (McMillan 1959), terwijl de kieming en groei van kiemplanten van deze soort negatief beïnvloed wordt door gehalten boven 3500 mg Cl/l (Lombardi *et al.* 1997). Ter Heerd (1995) noemt een grens van 3 g Cl/l voor kieming van zoetwaterhelofyten. Dergelijke chlorideniveaus werden in de ondiepe proefvakken echter bij lange na niet bereikt.



## 4 Waterkwaliteit en plankton in de ondiepe delen

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het resultaat gepresenteerd van een onderzoek naar verschillen in waterkwaliteit en plankton, tussen ondiepe delen van het Volkerak-Zoommeer en het open water in de hoofdgeul. De analyse is gebaseerd op reeds verzamelde gegevens. Het onderzoek is uitgevoerd voor het project "Evaluatie oeverinrichting Volkerak-Zoommeer" van de RWS Directie Zeeland en het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA).

### 4.2 Onderzochte gebieden

In de jaren na 1987 zijn af en toe metingen verricht achter vooroeververdedigingen en in ondiepere delen langs plaatranden van het Volkerak-Zoommeer. Hoewel de metingen niet met dit doel zijn uitgevoerd, kunnen ze worden gebruikt om antwoord te krijgen op de vraag of er verschillen bestaan in waterkwaliteit en planktonaanstelling tussen diep en ondiep water en tussen ondiep water dat wel en niet achter een vooroeververdediging is gelegen.

De ondiepe gebieden en meetpunten die in dit rapport worden genoemd staan aangegeven op de kaarten in bijlage 4.1 en 4.2. De meetpunten die beginnen met de code VZ zijn diepe locaties, gelegen in de geul. Alleen de meetpunten op de Dintelse Gorzen, de Krammerse Slikken en de Noordplaat zijn gelegen achter een vooroeververdediging. Tijdstip van aanleg en bemonsteringsperiode staan in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Gegevens van de meetlocaties in ondiepe gebieden.

Locatie	Diepte (dm)	Meetperiode	Achter vooroeververdediging sinds
Hellegat	25 - 35	1989-1990	n.v.t.
Krammerse Slikken	3 - 4	1996	1990
Noordplaat	10 - 20	1991-93, 1995	1990
Slikken van de Heen	30 - 50	1989-1990	n.v.t.
Dintelse Gorzen	2 - 10	1992-1994	1991
Molenplaat	50 - 70	1989-1990	n.v.t.

De bemonsterde punten Hellegat en Slikken van de Heen liggen op plaatranden en zijn gekenmerkt door een grotere waterdiepte (Van den Hark 1993). Deze locaties zijn

bemonsterd in de periode 1988-1990 toen een groot deel van de vooroeververdedigingen nog aangelegd moest worden (tabel 4.1). Ten tijde van de metingen kon nog ongehinderd uitwisseling plaatsvinden met de diepere wateren van het Volkerak-Zoommeer. Overigens liggen beide punten buiten de later aangelegde vooroeververdedigingen.

Het meetpunt Molenplaat is wel als ondiepe meetlocatie bemonsterd (Van den Hark 1993), maar kan met een waterdiepte van 5-7 m niet als een ondiepe locatie beschouwd worden. Ook hier was sprake van een vrije uitwisseling met het water in de geul van het Zoommeer.

De metingen rond het proefvak Krammerse Slikken zijn in 1996 uitgevoerd, in het kader van het project Planten in de Peiling (zie hoofdstuk 3). De oeeververdediging op deze plaats was al in 1990 voltooid (tabel 4.1). In dit hoofdstuk zijn niet de metingen opgenomen van de meest ondiepe locaties binnen het damwandscherm op de Slikken (de punten B, C en D, met een waterdiepte < 0.1 m), omdat deze door de zeer beperkte uitwisseling van water met het overige gebied binnen de vooroeververdediging minder representatief werden geacht voor een ondiep gebiedsdeel. De metingen zijn wel besproken in hoofdstuk 3.

#### 4.3 Vraagstelling

Centraal staat de vraag in hoeverre de ondiepe gebieden achter vooroeververdedigingen een eigen karakter hebben en welke plaats zij innemen in het systeem als geheel. Op basis van de ontwikkeling van de waterkwaliteit en het plankton wordt onderzocht of er verschillen aantoonbaar zijn tussen het oppervlaktewater voor en achter een vooroeververdediging. Wanneer verschillen significant zijn, kan geconcludeerd worden dat de ondiepe gebieden wat het waterleven betreft een eigen karakter bezitten in het systeem Volkerak-Zoommeer. De vraagstellingen in dit onderzoek zijn als volgt geformuleerd :

- 1) Zijn er verschillen in waterkwaliteit en planktonontwikkeling tussen ondiepe gebieden en dichtbijgelegen diepe delen van het Volkerak-Zoommeer ?
- 2) Zijn er verschillen in waterkwaliteit en planktonontwikkeling tussen ondiepe gebieden onderling ?
- 3) Hoe zijn geconstateerde verschillen te verklaren ?

#### 4.4 Opzet rapportage

In paragraaf 4.5 worden de herkomst van de gegevens en de wijze van gegevensverwerking genoemd. In volgende paragrafen wordt per waterkwaliteitsparameter en voor plankton, bodemalgen en draadalgen onderzocht of verschillen aantoonbaar zijn tussen ondiepe en diepe gebieden en tussen ondiepe gebieden onderling. Mogelijke oorzaken van verschillen worden besproken. In de slotparagraaf (4.16) worden de resultaten van de analyse geïntegreerd.



#### 4.5 Gegevensbronnen en gegevensverwerking

##### *waterkwaliteitsparameters*

De rapportage is gebaseerd op gegevens verzameld in het kader van de projecten VZM\*EUTV (1988-1995), VZM\*ECOLOGIE (1996), het project "Planten in de peiling" (1996; zie hoofdstuk 3) en het monitoringprogramma voor de MWTL. Van de meeste ondiepe locaties zijn maar van twee tot drie jaar gegevens beschikbaar (tabel 4.1). De verwerkte waterkwaliteitsparameters zijn het doorzicht en de gehalten van voedingsstoffen, chlorofyl-a en chloride. De zomerhalfjaargemiddelde waarden van deze parameters zijn opgenomen in bijlage 4.3. Van chloride is het jaargemiddelde berekend. De zomerhalfjaargemiddelden zijn berekend over de maanden april tot en met september. Beide gemiddelden zijn berekend uit maandgemiddelden. Hierdoor kunnen kleine verschillen ontstaan met gemiddelden berekend in eerdere rapportages (o.a. Frantzen & Van der Velden 1992, Van den Hark 1993). In gevallen waar de analyse de detectielimiet bereikte zijn de meetwaarden gesteld op de helft van de detectielimiet. Dit kwam bijvoorbeeld voor bij het zwevend-stofgehalte. Bij een detectielimiet van 1 mg/l, is het meetresultaat in zo'n geval op 0.5 mg/l gesteld.

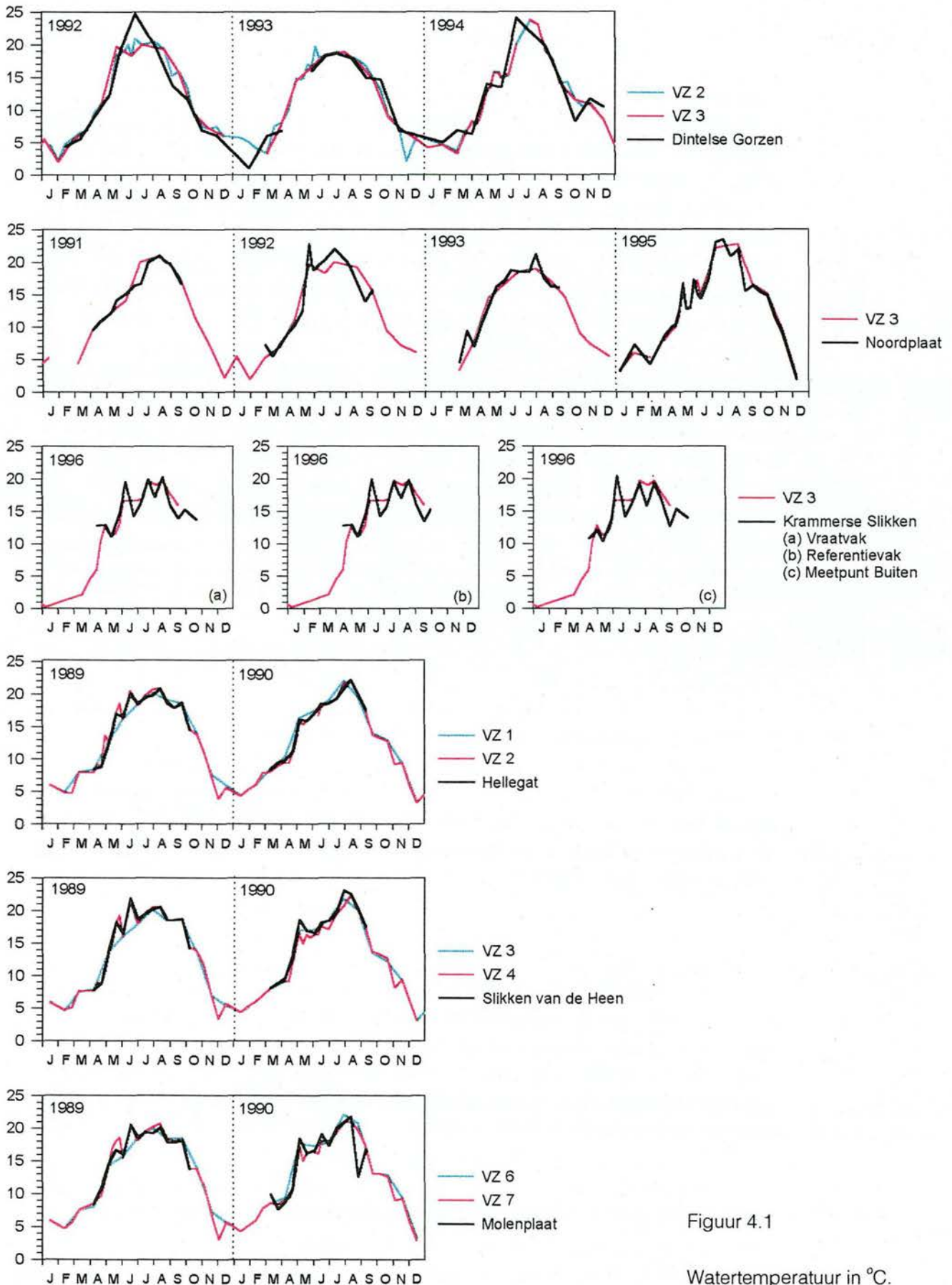
De verschillen tussen ondiepe locaties en de dichtstbijzijnde meetpunten in de geul zijn getoetst met behulp van een Wilcoxon rangtekentoets voor gepaarde waarnemingen. Hiertoe is de volledige set van meetgegevens uit de waarnemingsperioden gebruikt. De resultaten zijn samengevat in bijlage 4.4.

##### *fytoplankton en zoöplankton*

Van de Noordplaat en Dintelse Gorzen zijn gedurende enkele jaren in de periode 1992-1995 uitgebreide analyses verricht van de dichtheid en soortensamenstelling van fyto- en zoöplankton, uitgevoerd door Koeman en Bijkerk bv in het kader van het project VZM\*EUTV. Van het proefgebied op de Krammerse Slikken waren resultaten beschikbaar van globale fytoplankton-analyses uit april-oktober 1996, uitgevoerd door RIZA / IMLA voor het project "Planten in de peiling". De resultaten van deze laatste tellingen staan in de bijlagen 3.1 en 3.4.

##### *draadalgen*

In de zomer van 1994 is door het RIZA twee keer een inventarisatie uitgevoerd naar het voorkomen van draadalgen vóór en achter de vooroeververdedigingen op de Krammerse Slikken en de Hellegatsplaten. Determinaties van draadalgen werden uitgevoerd door E. Nat (ongepubl.). De opnamen vonden plaats in de perioden 21-24 juni (aan het begin van het groeiseizoen van waterplanten) en 15-24 augustus. Bij de jaarlijkse waterplantenkartheringen was al eens gebleken dat de bedekking van draadalgen achter vooroeververdedigingen hoger kan zijn dan in het open water (Van Dam & Schutten 1993, Van Dam 1994). Bij de inventarisatie werd onderscheid gemaakt tussen bentische en drijvende draadwieren en draadwieren op waterplanten. Bij dit onderzoek is tevens een aantal waterkwaliteitsparameters gemeten, maar alleen tijdens de beide opnamen in juni en augustus.



Figuur 4.1

Watertemperatuur in °C.



#### 4.6 Watertemperatuur

Een significant verschil in watertemperatuur tussen ondiepe en diepe gebieden kon alleen worden vastgesteld voor het meetpunt Slikken van de Heen versus de geulpunten VZ 3 en VZ 4 :

Ondiep versus diep : Temperatuur	Periode	Overschrijdingskans
Slikken van de Heen > VZ 3	zomer 1989-1990	p < 0.05
Slikken van de Heen > VZ 4	zomer 1989-1990	p < 0.001

Gemiddeld over het zomerhalfjaar bedraagt het verschil slechts 0.3-0.4 °C in het voordeel van de Slikken van de Heen. De oorzaak kan afstroming zijn van relatief warmer water vanaf de aangrenzende, ondiepere platen (Slikken van de Heen-west en Plaat van de Vliet), onder invloed van overheersend westelijke winden. Na een week van zeer warm, zonnig weer, in begin mei van het jaar 1990, was sprake van een duidelijk verhoogde watertemperatuur op de Slikken van de Heen (figuur 4.1).

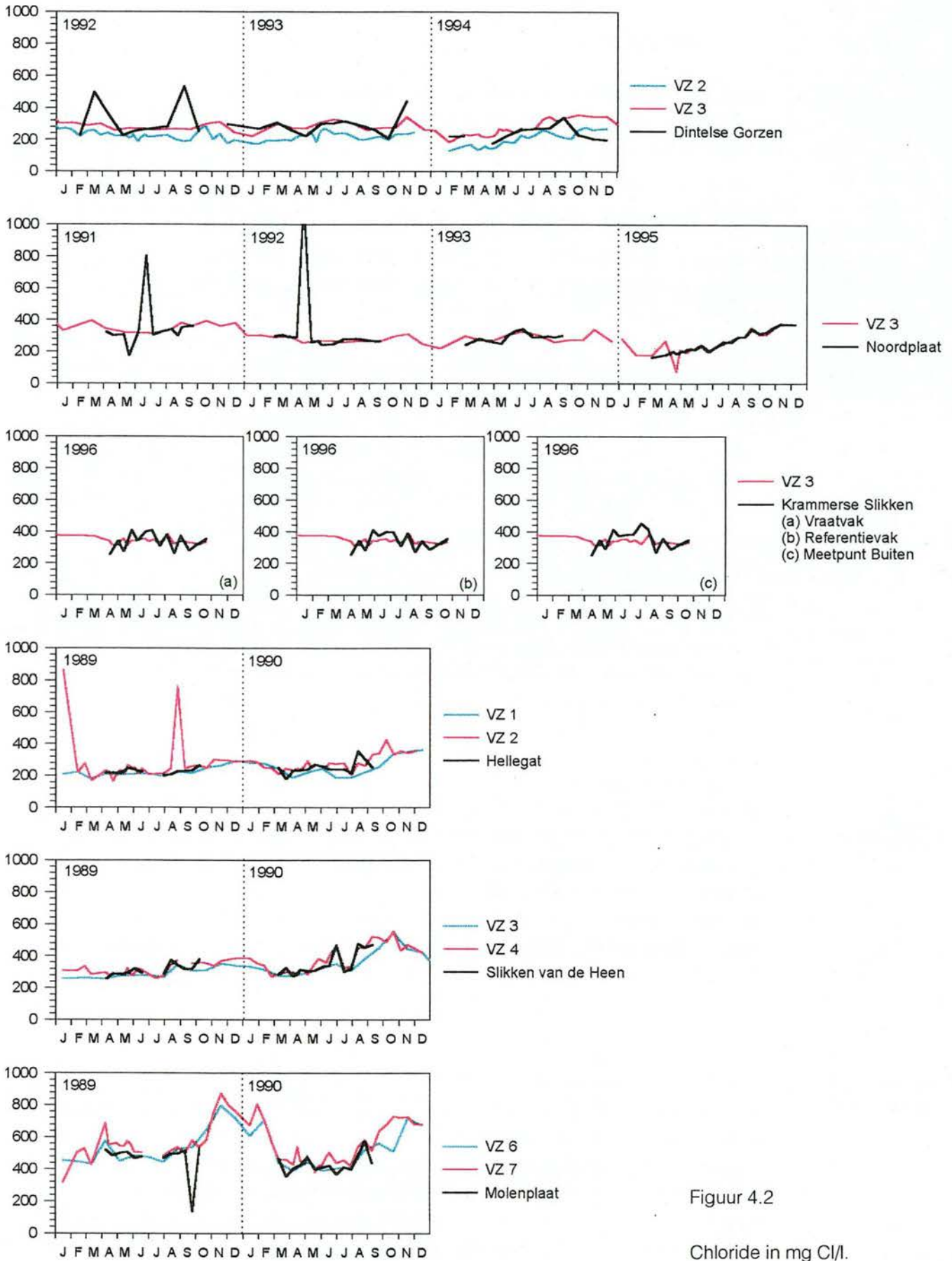
Op de onderzochte ondiepere meetpunten wijkt de gemiddelde watertemperatuur niet af van die op de diepere geullocaties (figuur 4.1). Afhankelijk van de weersomstandigheden kan de watertemperatuur achter vooroeververdedigingen echter sterker fluctueren en zowel hoger als lager zijn dan daarbuiten. In sommige zomers is de maximumtemperatuur achter vooroeververdedigingen enkele graden hoger dan de temperatuur van het open water. Enkele voorbeelden zijn : de Noordplaat in 1992 en 1993, waar de maximumtemperatuur 2 °C hoger was dan op VZ 3; de Dintelse Gorzen in 1992, waar de jaarlijkse piek 4 °C hoger was dan op VZ 2 en VZ 3 (figuur 4.1).

In de koelere zomer van 1996 was de waargenomen maximumtemperatuur achter de vooroeververdediging op de Krammerse Slikken vrijwel gelijk aan die op VZ 3. In de loop van de zomer fluctueerde de watertemperatuur op de Slikken echter veel sterker. Opwarmings- en afkoelingsprocessen zullen in de ondiepere gebieden sneller effect hebben op de watertemperatuur. Een voorbeeld uit 1992 : Na een extreem warme meimaand met veel zon (geg. KNMI) was het water op 25 mei 1992 op de Noordplaat veel meer opgewarmd dan op VZ 3. Hierop volgde een sterke daling door onweersbuien en koelere lucht. Vervolgens steeg de watertemperatuur op de Noordplaat weer tijdens een zeer warme juni maand. Op VZ 3 waren deze fluctuaties meer gedempt.

#### 4.7 Chloride

Een significant verschil in chloridegehalte tussen ondiepe gebieden en nabijgelegen diepere punten kon niet worden vastgesteld. Weliswaar was het chloridegehalte op de Dintelse Gorzen over de periode 1992-1994 significant hoger dan op VZ 2, maar dit verschil kan volledig verklaard worden uit de gradiënt van het chloridegehalte in het Volkerak. Gaande van VZ 2 naar VZ 3 neemt het jaargemiddelde gehalte in deze periode toe met ca. 60 mg Cl/l (bijlage 4.3). Tussen het meetpunt Dintelse Gorzen en





Figuur 4.2

Chloride in mg Cl/l.

het dichterbij gelegen punt VZ 3 was geen verschil aantoonbaar, evenmin als tussen VZ 3 en het gebied achter de vooroeververdediging op de Krammerse Slikken (met uitzondering van de meest ondiepe proefvakken; zie hoofdstuk 3).

In het algemeen volgt het chloridegehalte op de ondiepere punten het verloop op de geullocaties (figuur 4.2). Op de punten achter vooroeververdedigingen, Noordplaat en Dintelse Gorzen, wordt nu en dan wel een hoge piek waargenomen en de gegevens van de nog ondiepere punten op de Krammerse Slikken (0.3-0.4 m waterdiepte) tonen verhoogde gehalten in de periode mei-juli 1996.

Buien, vooral als deze volgen op een periode met droog en zonnig weer, kunnen leiden tot uitspoeling van chloride vanaf de oever. Op verschillende plaatsen langs de oevers van het Volkerak komen nog verhoogde zoutgehalten voor. Door uitdroging van de oeverbodem kan capillair transport van water met een verhoogd zoutgehalte op gang komen, waardoor de chlorideconcentraties aan het grondoppervlak stijgen (Slager & Groen 1995). Tijdens de eerstvolgende neerslagperiode kan dit zout met het regenwater worden afgevoerd en in de oeverzone van het Volkerak tot een verhoging van het chloridegehalte leiden.

De hoge pieken op de Noordplaat, in 1991 en 1992, zijn niet waargenomen op VZ 3 (figuur 4.2). Op 30 juni 1991 is er zo'n piek. Deze piek kan veroorzaakt zijn door af- en uitspoeling van chloride van de oever op 27 juni, wanneer zware buien over het gebied trekken (geg. KNMI). Op 27 april 1992 is er ook een piek in het gehalte op de Noordplaat. Op 26 april trok een frontale storing vrijwel over ons land naar het noordoosten. Dit ging gepaard met langdurige regen, waarbij gemiddeld over heel Nederland, 11 mm neerslag viel.

Op de Dintelse Gorzen was sprake van een piek op 8 september 1992, die niet waargenomen werd op VZ 2 of VZ 3. Ook hier kan chloride uit de oeverzone uitgespoeld zijn tijdens een regenperiode van 1-5 september 1992.

#### 4.8 Zwevend stof

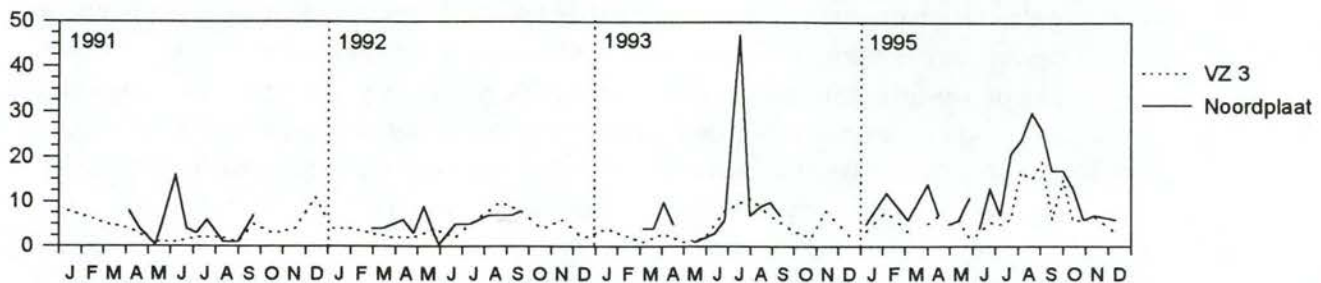
Een meerjarige tijdreeks van zwevende-stofgegevens was alleen beschikbaar van de Noordplaat. Op dit meetpunt is het sestongehalte in 1991-1995 significant hoger dan op het nabijgelegen punt VZ 3 in de geul :

Ondiep versus diep : Zwevend stof	Periode	Overschrijdingskans
Noordplaat > VZ 3	1991-1993, 1995	$p < 0.001$

Ook de fluctaties zijn op de Noordplaat groter en er lijkt sprake van een toename van het gemiddelde gehalte en van het verschil met VZ 3 (figuur 4.3). Het is niet waarschijnlijk dat resuspensie door wind- of golfwerking achter de vooroeververdediging groter is dan ervoor. Wel is het denkbaar dat het zwevende stof op de Noordplaat gemiddeld fijner is en sneller wordt opgewerveld.



Twee metingen op de Krammerse Slikken en de Hellegatsplaten, in juni en augustus 1994, geven aan dat de zwevend-stofgehalten achter vooroeververdedigingen op het ene moment veel lager kunnen zijn dan in het open water, maar op het andere moment hoger. Alleen achter de vooroeververdediging op de Hellegatsplaten was het zwevend-stofgehalte tijdens beide metingen 5 mg/l hoger dan in het open water. Mensen van de meetdienst hebben waargenomen dat achter de vooroeververdediging van de Hellegatsplaten in 1994 veel door Brasem werd gepaaid, wat gepaard ging met flinke opwoeling (E.M. van Dam, ongepubl.).



Figuur 4.3 Verloop van het zwevend-stofgehalte in mg/l op de Noordplaat en VZ 3.

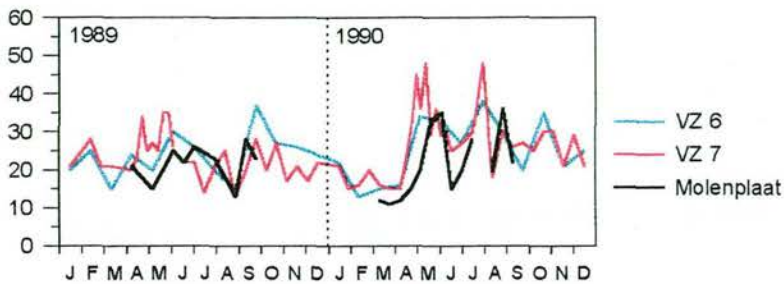
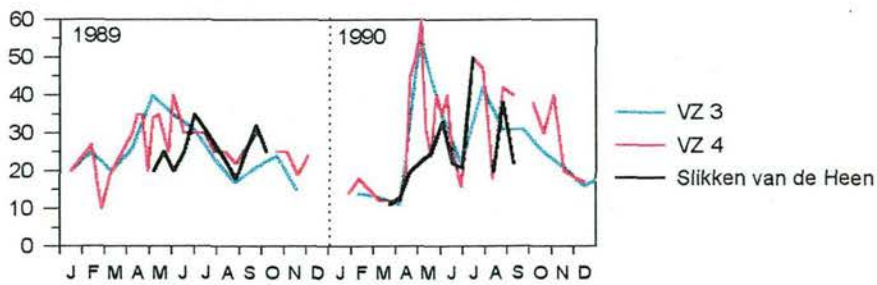
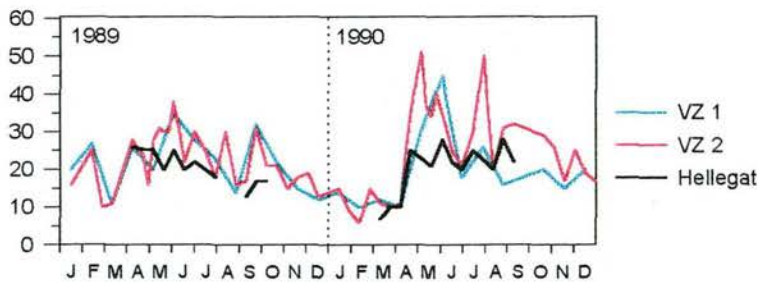
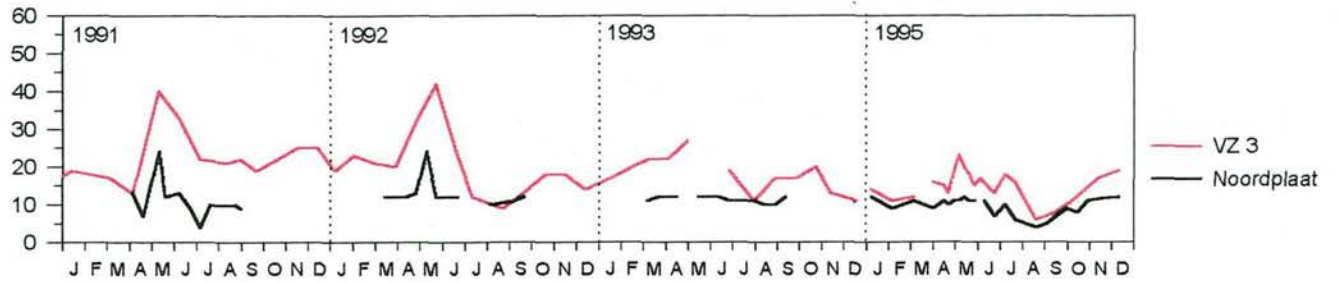
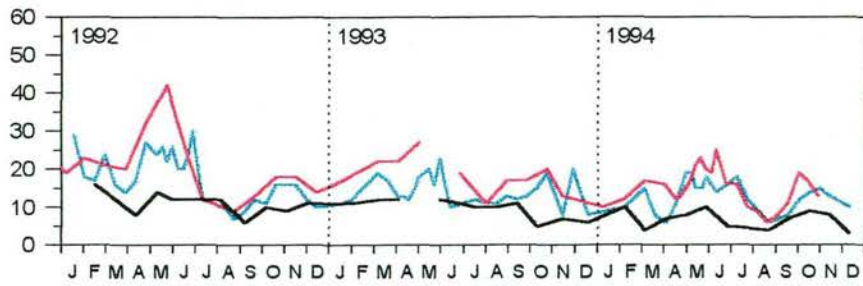
#### 4.9 Doorzicht

Achter de vooroeververdedigingen van de Noordplaat en Dintelse Gorzen is het doorzicht vrijwel voortdurend lager dan op de nabijgelegen geullocaties :

Ondiep versus diep : Doorzicht	Periode	Overschrijdingskans
Noordplaat < VZ 3	1991-1993, 1995	$p < 0.001$
Dintelse Gorzen < VZ 2	1992-1994	$p < 0.001$
Dintelse Gorzen < VZ 3	1992-1994	$p < 0.001$

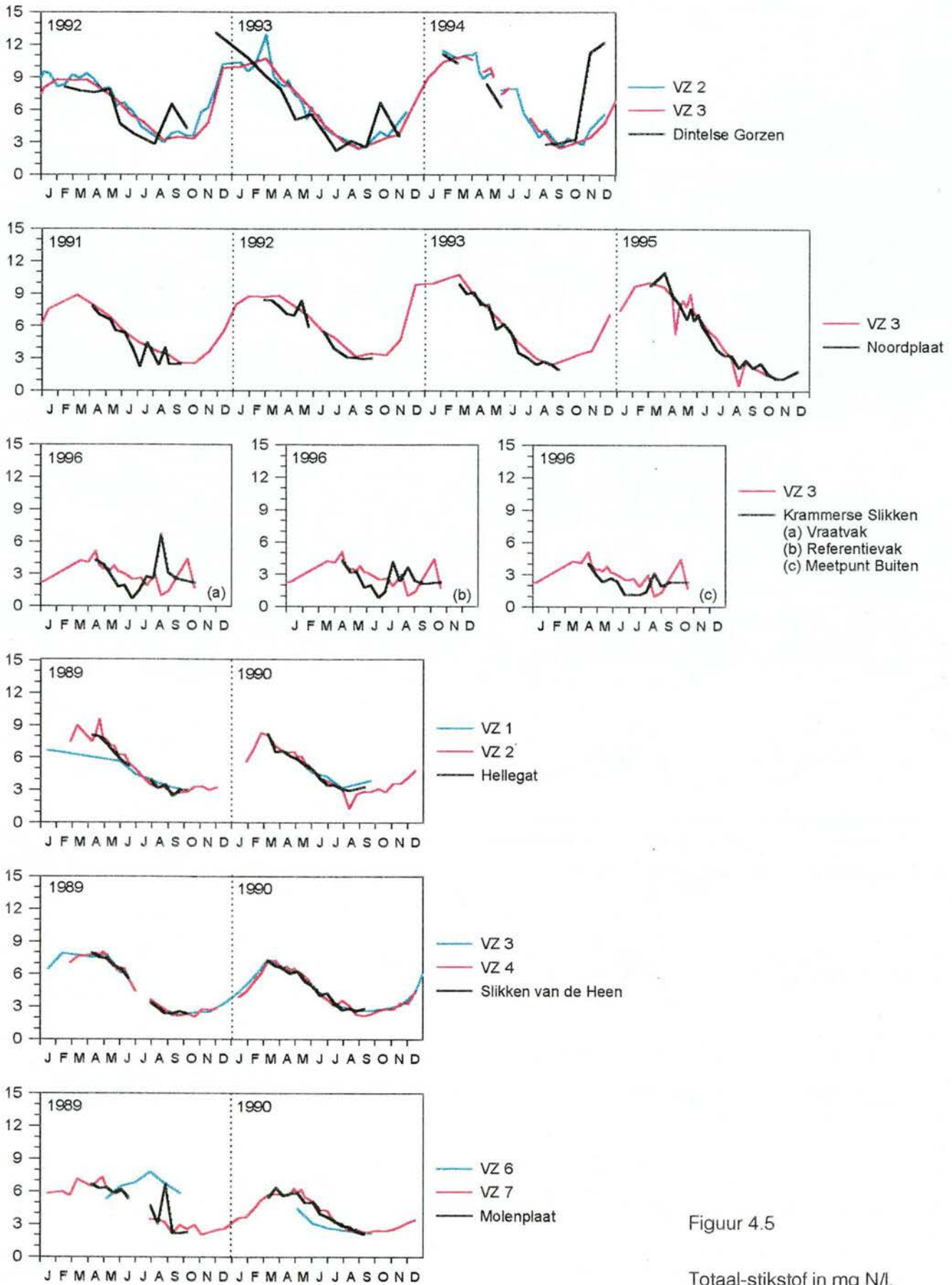
Gemiddeld bedraagt het doorzicht op de Noordplaat en Dintelse Gorzen bijna de helft van het doorzicht op VZ 3 (figuur 4.4). Deze verschillen komen terug in de zomergeremiddelden (bijlage 4.3). Het verloop is bij benadering vergelijkbaar, wat komt door het feit dat de troebelheid voor een belangrijk deel veroorzaakt wordt door fytoplankton. Het verschil in doorzicht is het grootst in de maanden mei-juni en dit kan niet worden verklaard uit chlorofyl-a-concentraties, omdat deze gemiddeld nauwelijks verschillen. Het gehalte aan humuszuren op Noordplaat en VZ 3 is overeenkomstig. De zwevend-stofgehalten zijn op de Noordplaat echter significant hoger ( $p < 0.001$ ) dan op VZ 3. Waarschijnlijk zijn de lagere doorzichten hierdoor te verklaren. Omdat het zwevend stof op de Dintelse Gorzen niet gemeten is, kan de relatie voor deze locatie niet onderzocht worden. Op de meetpunten Krammerse Slikken, met een waterdiepte van 0.3-0.4 m, is (vrijwel) steeds de bodem zichtbaar geweest; doorzichtmetingen ontbreken dus.





Figuur 4.4

Doorzicht in dm.



Figuur 4.5

Totaal-stikstof in mg N/l.

Het doorzicht op de locaties op de plaatranden is nu en dan aanzienlijk lager (1-4 m) dan de zichtdiepte in de geul, vooral in april-juni 1990 (figuur 4.4). Een consistent verschil over de hele meetperiode is niet aantoonbaar. Bij de locatie Molenplaat kunnen lagere waarden gedeeltelijk verklaard worden uit de wat hogere chlorofylgehalten. Zwevend-stofgehalten zijn op deze locaties niet gemeten.

In de geul van het Volkerak is over de jaren 1988-1995 sprake van een gradiënt in het doorzicht, met afnemende waarden gaande van VZ 2 naar VZ 4 (Bijkerk *et al.* 1997). De situatie op Hellegat en de Slikken van de Heen, met waarden die het midden houden tussen VZ 1 en VZ 2, respectievelijk VZ 3 en VZ 4, sluit hierbij aan.

#### 4.10 Stikstof

##### *totaal-stikstof*

Alleen op één meetpunt achter de vooroeververdediging op de Krammerse Slikken is het gehalte totaal-stikstof significant lager dan op de nabijgelegen geullocatie :

Ondiep versus diep : N-totaal	Periode	Overschrijdingskans
Kramm. Slikken (punt Buiten) < VZ 3	1996	$p < 0.05$

Op de plaatranden is het verloop van het totaal-stikstofgehalte vrijwel gelijk aan het verloop op de dichtstbijzijnde geullocaties (figuur 4.5). Achter vooroeververdedigingen is het verschil groter, met in de eerste helft van het jaar vaak lagere gehalten en in de tweede helft van het jaar nu en dan hogere gehalten dan in de geul. De zomer gemiddelde gehalten zijn steeds wat lager dan in de geul, maar door de fluctuaties is over de hele meetperiode in het algemeen geen significant verschil aantoonbaar.

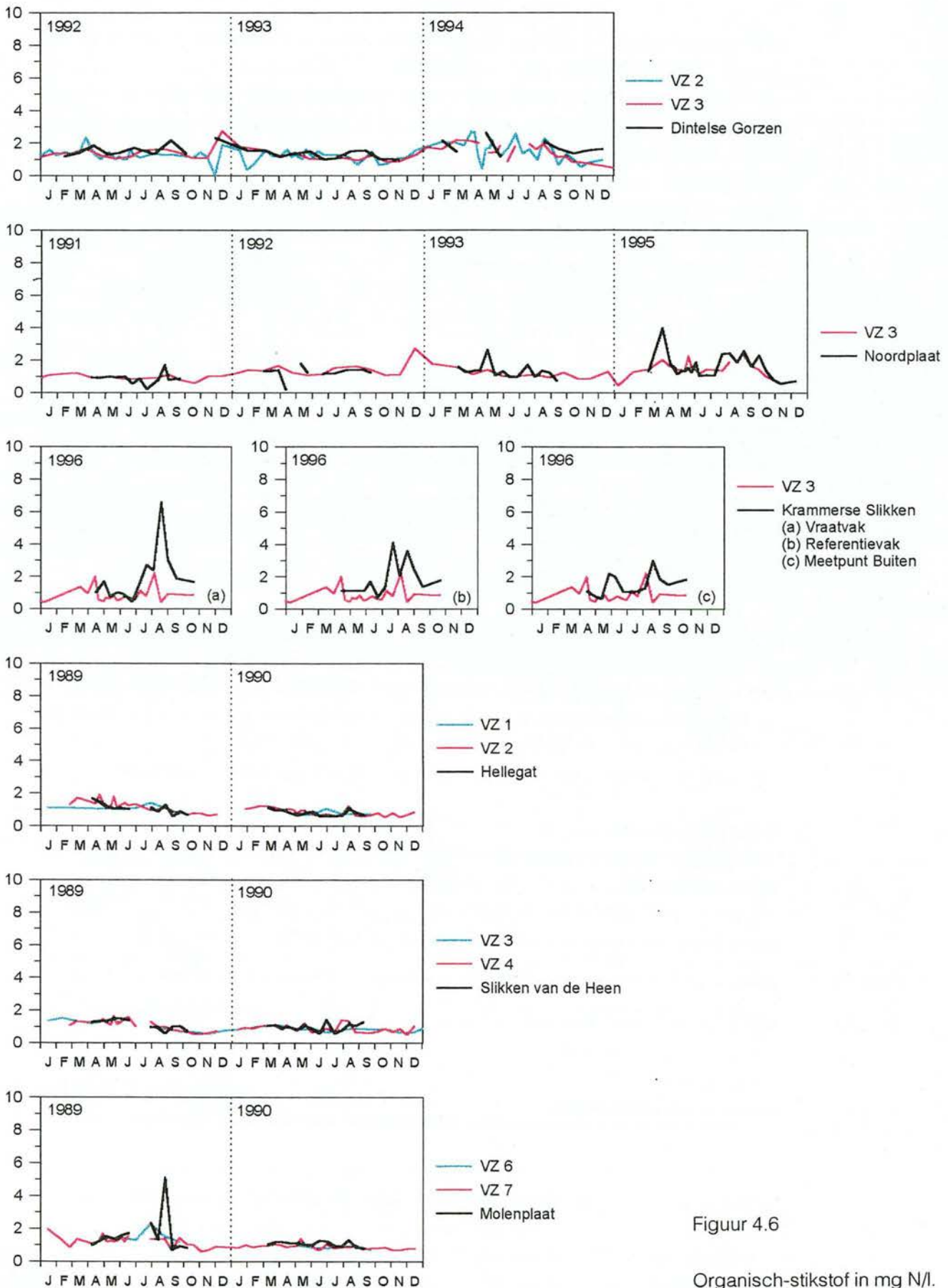
##### *organische stikstof*

Het gehalte organisch-gebonden stikstof kent over het jaar een vlakker verloop dan totaal-stikstof (figuur 4.6). Op locaties achter vooroeververdedigingen is het organische-stikstofgehalte meestal gelijk aan, of wat hoger dan in de geul. Alleen op de Krammerse Slikken is het gehalte in 1996 consistent hoger dan op VZ 3 :

Ondiep versus diep : N-organisch	Periode	Overschrijdingskans
Kramm. Slikken (punt Buiten) > VZ 3	1996	$p < 0.05$
Kramm. Slikken (Referentie) > VZ 3	1996	$p < 0.01$
Kramm. Slikken (Vraatvak) > VZ 3	1996	$p < 0.01$

De zomerpieken van het organische-stikstofgehalte op de Krammerse Slikken vallen samen met pieken van het chlorofyl-a-gehalte, die optraden tijdens bloeien van het blauwwier *Microcystis*. Bloeien van een dergelijke omvang werden op VZ 3 niet waargenomen. Ook in 1994 was het organisch-stikstofgehalte op de Krammerse Slikken in augustus hoger dan in het open water (Van Dam ongepubl.).





Figuur 4.6

Organisch-stikstof in mg N/l.

Op de locaties op de plaatranden is het gehalte organische-stikstof niet duidelijk verschillend van het gehalte in de geul.

#### *ammonium*

Tussen geullocaties en ondiepere gebieden zijn geen significante verschillen in het ammoniumgehalte aantoonbaar. Over het algemeen vertoont het verloop van het ammoniumgehalte veel overeenkomst met het verloop in de geul (figuur 4.7). Dit geldt ook voor de gebieden achter vooroeververdedigingen, maar op de relatief ondiepe locaties Krammerse Slikken en Dintelse Gorzen is de overeenkomst wat kleiner dan op een wat dieper punt als de Noordplaat.

#### *nitriet en nitraat*

Op de relatief ondiepe meetpunten achter de vooroeververdediging op de Krammerse Slikken is het nitriet+nitraatgehalte in de zomer aanzienlijk lager dan in de geul :

Ondiep versus diep : NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub>	Periode	Overschrijdingskans
Kramm. Slikken (punt Buiten) < VZ 3	1996	p < 0.001
Kramm. Slikken (Referentie) < VZ 3	1996	p < 0.005
Kramm. Slikken (Vraatvak) < VZ 3	1996	p < 0.005

In de ontwikkeling van het somgehalte nitriet+nitraat komt het verloop van het totaalstikstofgehalte duidelijk naar voren (figuur 4.8). Op de plaatrandlocaties is geen verschil zichtbaar met het nitriet+nitraatgehalte in de geul. Op de meetpunten achter de vooroeververdedigingen zijn de verschillen groter, met name op de relatief ondiepe punten Dintelse Gorzen en Krammerse Slikken. In de periode van maart/april tot augustus/september zijn de gehalten achter de vooroeververdedigingen lager tot veel lager dan in de geul. Op de Krammerse Slikken in 1996, is het verschil het grootst; hier werden vanaf mei gedurende enige tijd waarden gemeten van 0.04 mg N/l of lager. Dit beeld wordt ondersteund door waarnemingen uit het draadwierenonderzoek in 1994. In juni en augustus werden zowel op de Krammerse Slikken-west en -oost achter de vooroeververdedigings lagere nitraatgehalten gemeten dan in het open water.

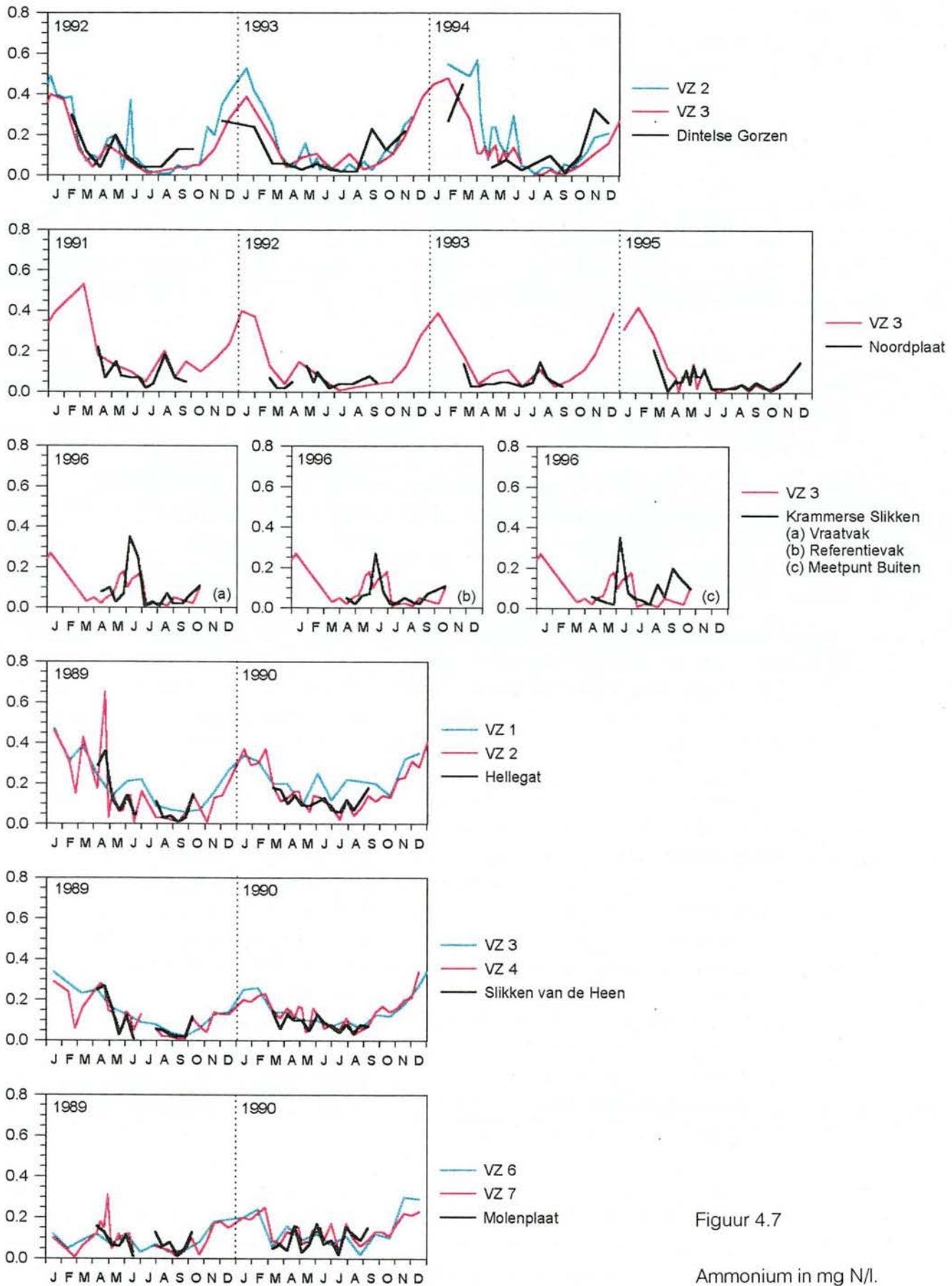
De lage gehalten in maart-mei kunnen het gevolg zijn van opname door waterplanten en bodemalgen. Wat de periode juni-augustus betreft wordt deze hypothese niet ondersteund door de meetgegevens van het orthofosfaatgehalte, dat in deze maanden juist toeneemt op de Dintelse Gorzen en Krammerse Slikken (zie paragraaf 4.11). Dit kan erop wijzen dat in de zomer niet opname maar denitrificatie de oorzaak is van de op de Krammerse Slikken wel extreem lage nitraatgehalten.

Op de Hellegatsplaten waren de gehalten in juni gelijk en het verschil in augustus kleiner dan op de Krammerse Slikken.

#### *resumerend*

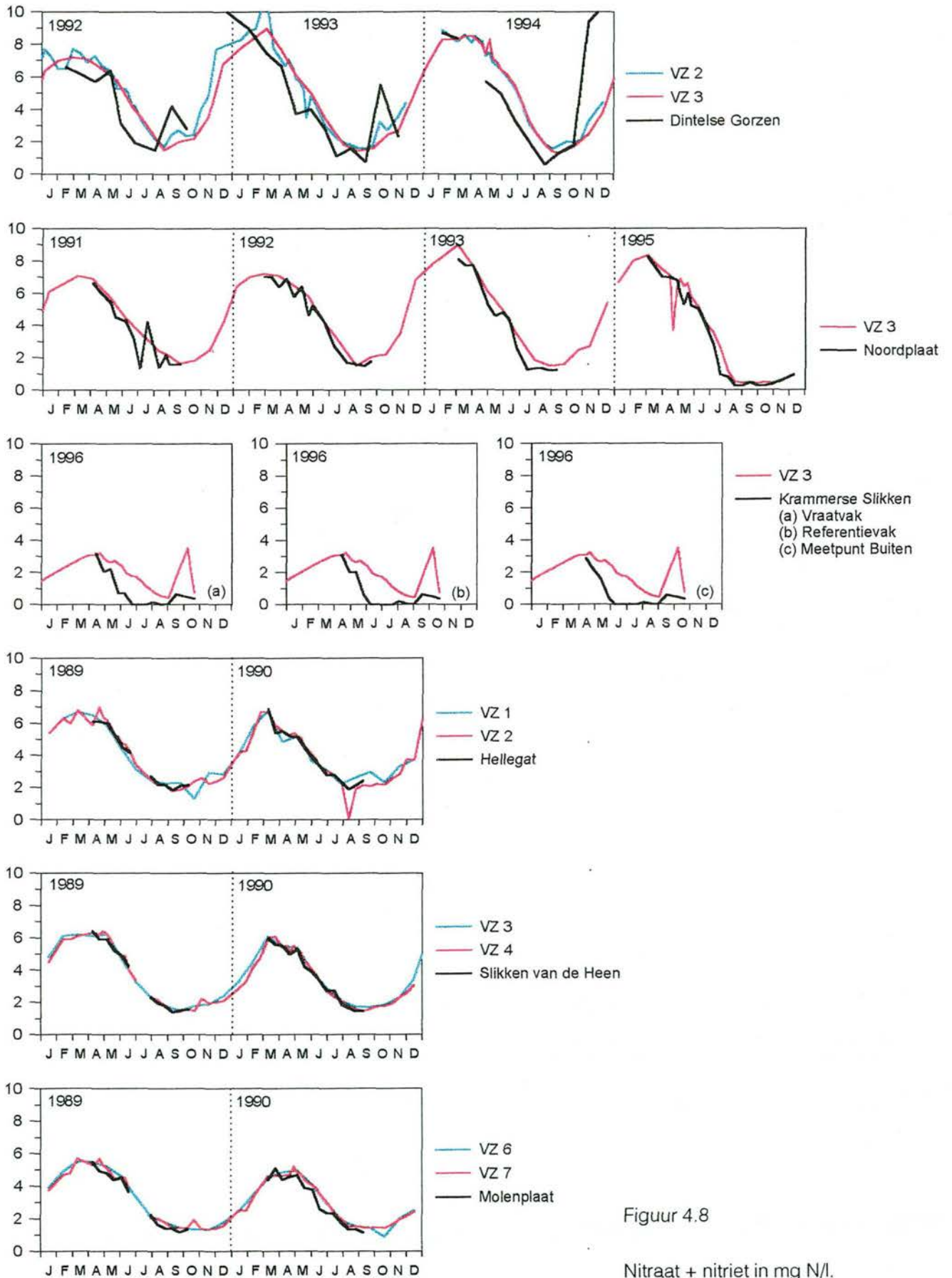
De diepere punten op de plaatranden tonen een overeenkomstige ontwikkeling als in de geul, van alle onderzochte stikstofcomponenten. Op de locaties achter vooroeververdedigings zijn de verschillen groter. Het gehalte nitriet+nitraat is in de eerste helft





Figuur 4.7

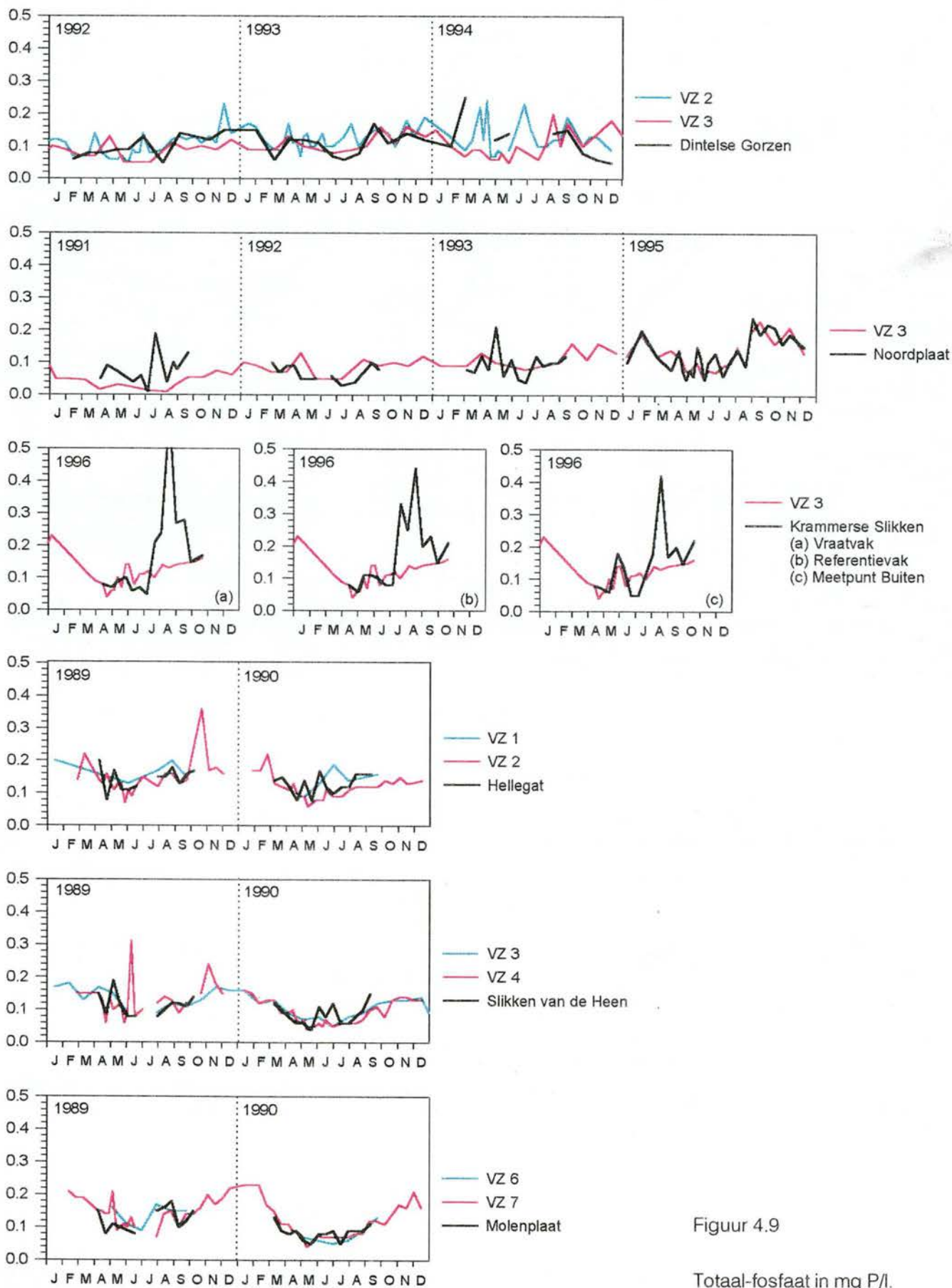
Ammonium in mg N/l.



Figuur 4.8

Nitrat + nitriet in mg N/l.





Figuur 4.9

Totaal-fosfaat in mg P/l.

van het jaar lager dan in de geul en daardoor ook het totaal-stikstofgehalte. Het gehalte organische stikstof is vaak wat hoger dan in de geul. De verschillen zijn het grootst op de meest ondiepe punten (Krammerse Slikken) en het kleinst op de relatief diepe locatie op de Noordplaat. De relatief lage nitriet+nitraatgehalten in maart-augustus op de Dintelse Gorzen en Krammerse Slikken zijn in het vroege voorjaar vermoedelijk een gevolg van een grotere opname door draadalgen en perifytische algen en in de zomermaanden van denitrificatie. Na augustus sterven waterplanten af en komt een deel van de gebonden stikstof weer vrij, waardoor het gehalte van alle stikstofparameters kan uitstijgen boven het niveau in de geul. Het verhoogde gehalte organische stikstof in juli-augustus op de Krammerse Slikken treedt op tijdens fytoplanktonbloeien.

#### 4.11 Fosfaat

##### *totaal-fosfaat*

Tussen de ondiepe gebieden achter vooroeververdedigingen en het open water in de geul zijn geen significante verschillen in het gehalte totaal-fosfaat aantoonbaar. Wel fluctueert het totaal-fosfaatgehalte op de Noordplaat en de Krammerse Slikken sterker dan op VZ 3 (figuur 4.9). De hoge pieken op de Krammerse Slikken, in de zomer van 1996, vallen samen met pieken in de gehalten van chlorofyl-a en organisch-stikstof, tijdens een sterke ontwikkeling van planktische blauwwieren. Bij de Noordplaat en VZ 3 komt een dergelijke relatie niet naar voren, maar hier bleef de planktondichtheid lager. De sterke fluctuaties die zich voordoet op VZ 2 ontbreekt grotendeels op VZ 3 en op de Dintelse Gorzen. Deze fluctuaties ontstaan door de ligging van VZ 2 tegenover de monding van de Dintel en treedt op in perioden met een hoge afvoer van dit riviertje. De totaal-fosfaatgehalten op de locaties gelegen op de plaatranden, liggen over het algemeen op eenzelfde niveau als in het nabijgelegen open water.

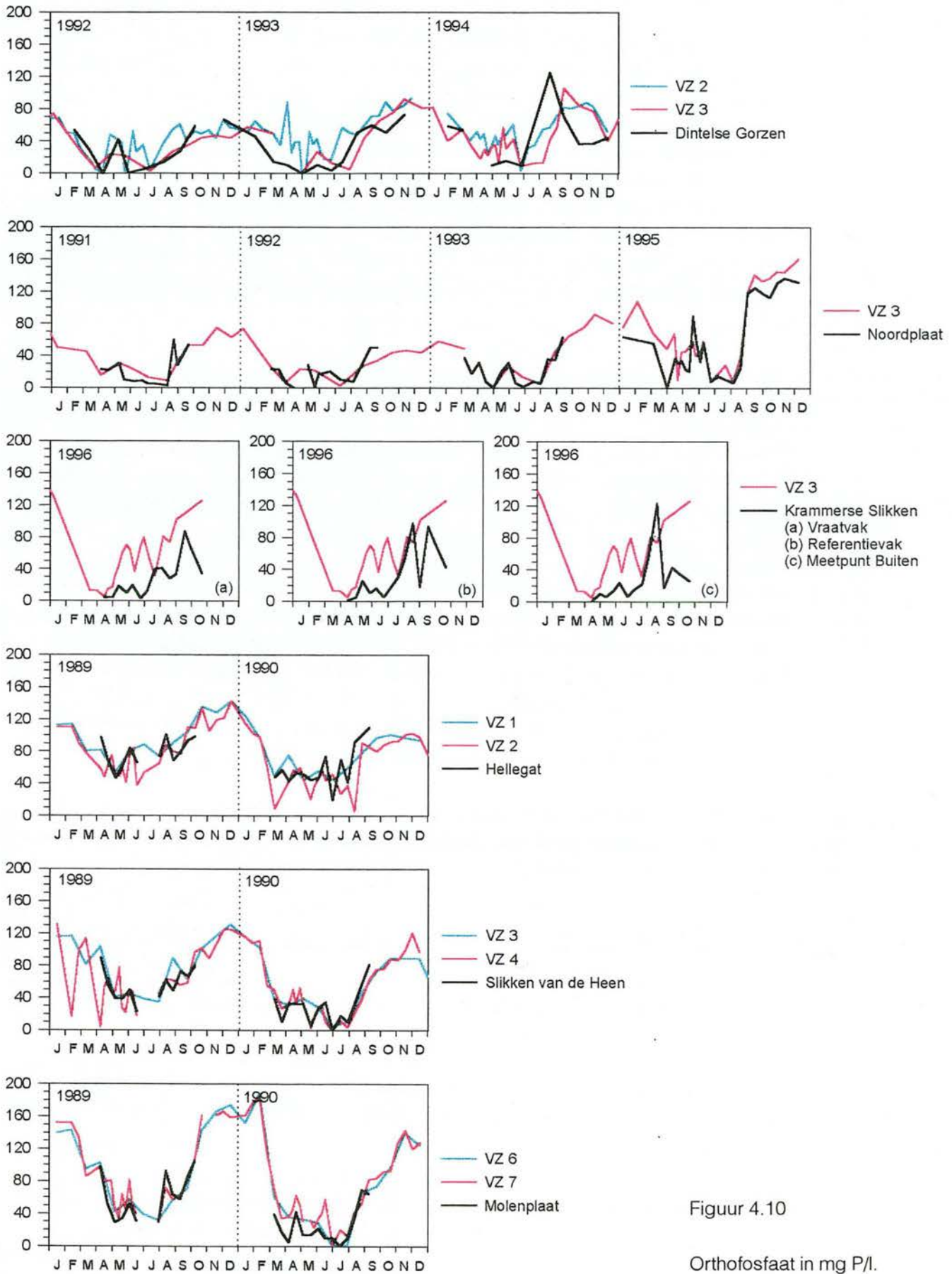
##### *opgelost reactief fosfaat (orthofosfaat)*

Op de Krammerse Slikken zijn de gehalten achter de vooroeververdediging significant lager dan in het open water op VZ 3 :

Ondiep versus diep : Orthofosfaat	Periode	Overschrijdingskans
Kramm. Slikken (punt Buiten) < VZ 3	1996	p < 0.005
Kramm. Slikken (Referentie) < VZ 3	1996	p < 0.005
Kramm. Slikken (Vraatvak) < VZ 3	1996	p < 0.005

In vergelijking tot het nitraatgehalte op de Krammerse Slikken, daalt het gehalte opgelost reactief fosfaat (DRP) hier in de zomer niet zo sterk dat de detectielimiet wordt bereikt (figuur 4.10). Op de Dintelse Gorzen en de Noordplaat komt het verloop van het DRP-gehalte wat meer overeen met de ontwikkeling in de geul, maar de gehalten zijn nu eens hoger en dan weer lager dan op VZ 3. Een duidelijk beeld komt niet naar voren.





Figuur 4.10

Orthofosfaat in mg P/l.

Op de diepere locaties langs plaatranden ligt het DRP-gehalte bij benadering op eenzelfde niveau als in de geul en volgt het de fluctuaties in het open water (in de geul neemt zowel het gehalte totaal-P als DRP toe van VZ 1 naar VZ 3 en van VZ 3 naar VZ 7; Bijkerk *et al.* 1997).

Op de Slikken van de Heen deden zich in de eerste helft van 1989 sterke fluctuaties voor in het DRP-gehalte, die wellicht in relatie staan tot de uitvoering van werken op en rond de Noordplaat. In het verloop van andere waterkwaliteitsparameters, waaronder totaal-fosfaat, komen dergelijke fluctuaties echter niet tot uiting.

#### 4.12 Silicium

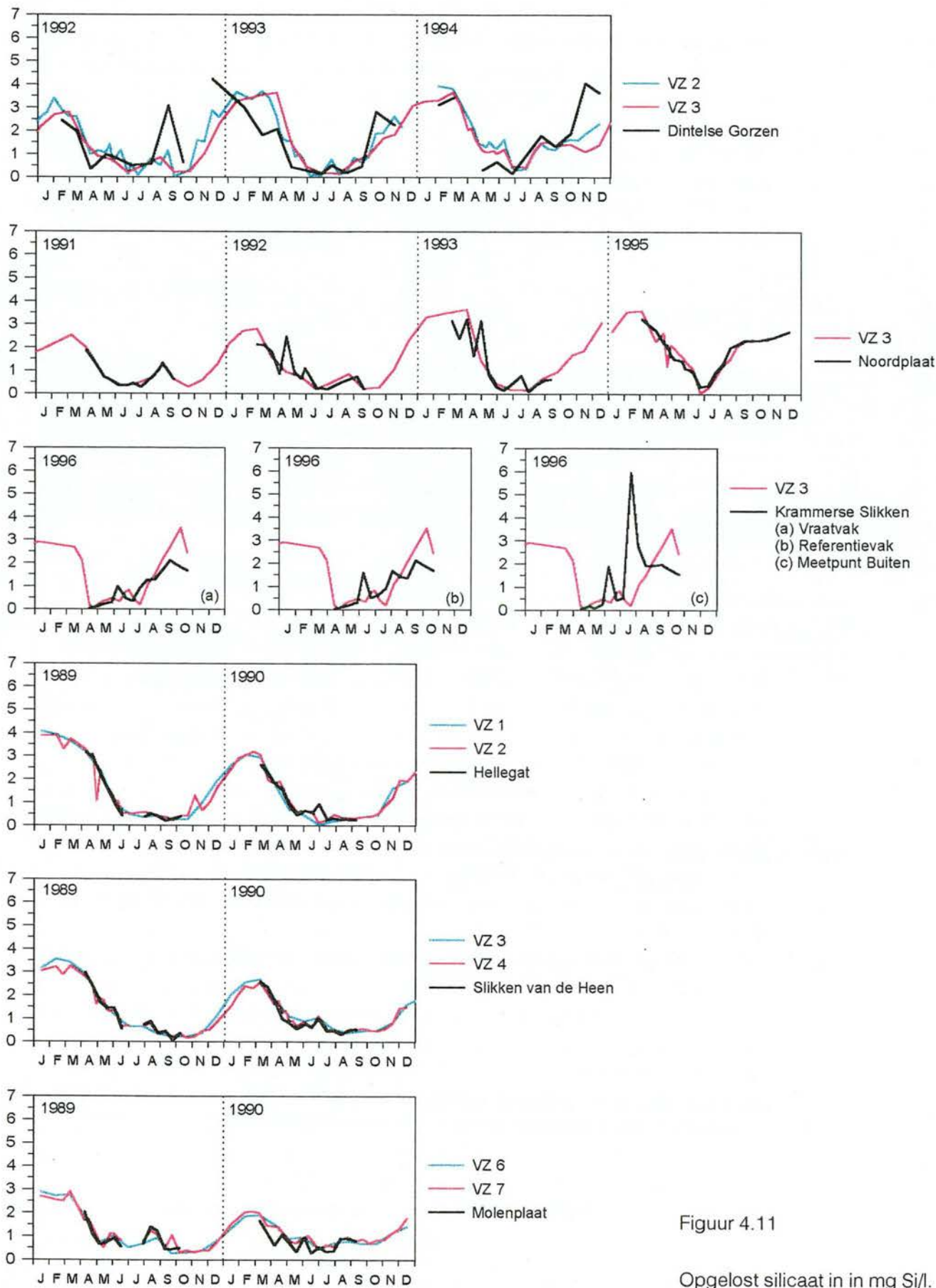
Het siliciumgehalte vertoont geen significante verschillen tussen ondiepe locaties en punten in de geul en volgt in het algemeen het verloop in de geul (figuur 4.11). Ook de zomergemiddelden zijn niet consistent verschillend. Op locaties achter vooroeververdedigingen doen zich af en toe pieken voor, die niet waargenomen worden op VZ 3. Mogelijk komt dit door een snellere regeneratie van silicium in ondiepe gebieden, na afloop van de voorjaarsbloei van planktische en benthische kiezelwieren, onder invloed van begrazing door bodemdieren.

#### 4.13 Chlorofyl

Alleen op de meest ondiepe punten achter de vooroeververdediging op de Krammerse Slikken is de ontwikkeling van het chlorofyl-a-gehalte in de zomer van 1996 sterk afwijkend van het verloop op VZ 3, met zeer hoge gehalten in juli en augustus (figuur 4.12). In het Vraatvak werd in augustus zelfs een chlorofyl-a-gehalte van 417 µg/l gevonden. Een mogelijke oorzaak is de inspoeling van drijflagen; blauwwieren domineerden in deze periode. Over de gehele periode is echter geen significant verschil aantoonbaar. In augustus 1994 werd op de Krammerse Slikken-oost eveneens een relatief hoog chlorofyl-a-gehalte gemeten van 200-240 µg/l. In het open water aan de andere zijde van de vooroeververdediging bedroeg het gehalte 100-125 µg/l, evenals op VZ 3 in deze maand.

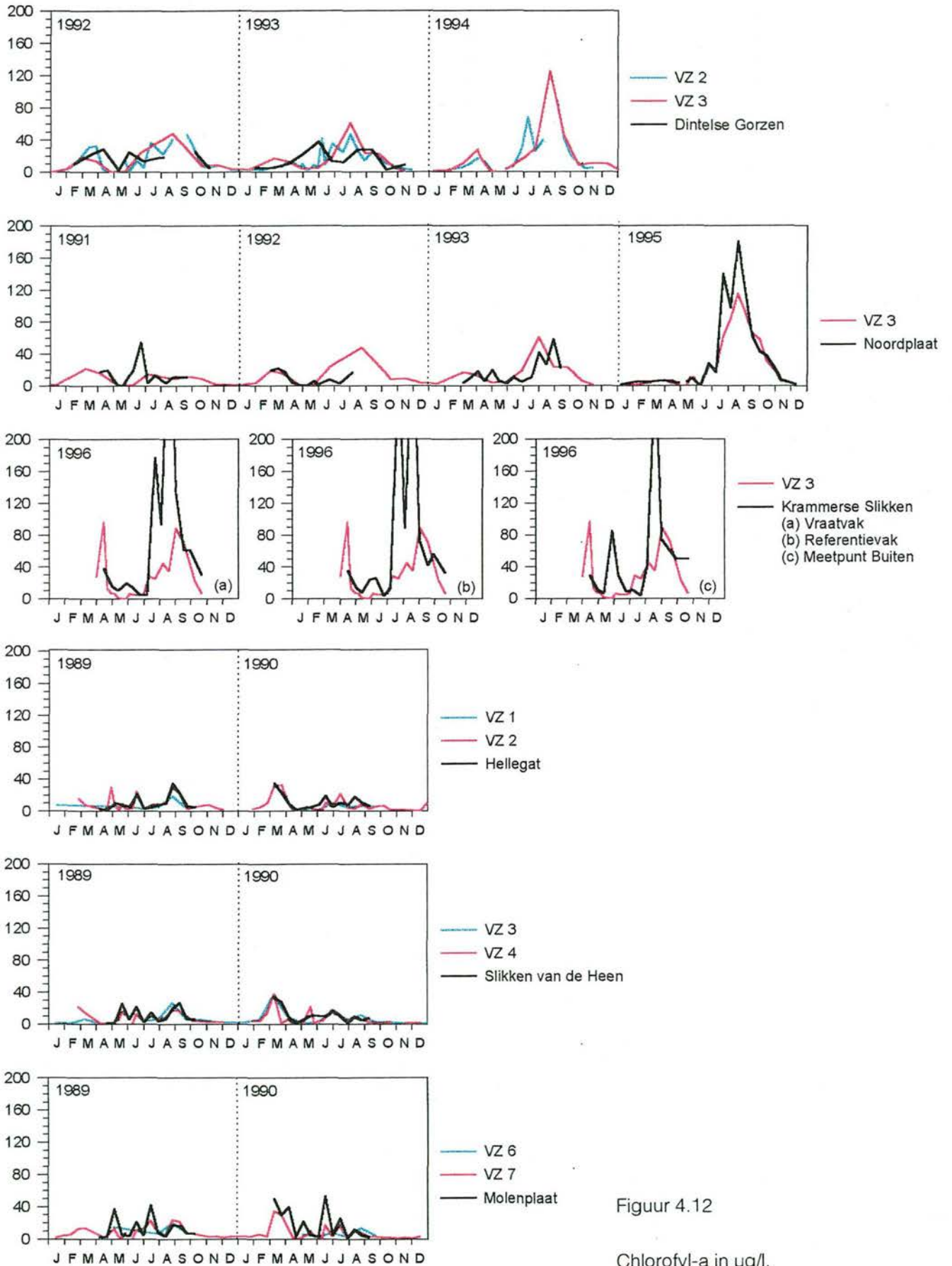
Op de overige twee meetpunten achter een vooroeververdediging is het verschil kleiner. Wel wijkt het verloop op de Dintelse Gorzen wat af van de ontwikkeling op VZ 3; de voorjaarsmaxima zijn hier in 1992 en 1993 hoger dan op VZ 3 en de zomermaxima lager. Het planktonbeeld toont hier nu en dan een hoge bijdrage van benthische algen die vermoedelijk door opwerveling in de monsters terecht komen. Van de Dintelse Gorzen zijn echter maar weinig chlorofyl-a-waarnemingen beschikbaar. De Noordplaat vertoont meer overeenkomst met VZ 3, met soms wat hogere en soms wat lagere zomermaxima. Het zomergemiddelde chlorofyl-a-gehalte op de Noordplaat was hierdoor in 1991 en 1995 ca. 1.5 keer hoger dan op VZ 3, maar in 1992 de helft lager. Op de drie locaties langs de plaatranden verloopt het chlorofyl-a-gehalte vrijwel gelijk als in de geul. Alleen op de Molenplaat waren de pieken in 1989 en 1990 wat hoger dan op VZ 7.





Figuur 4.11

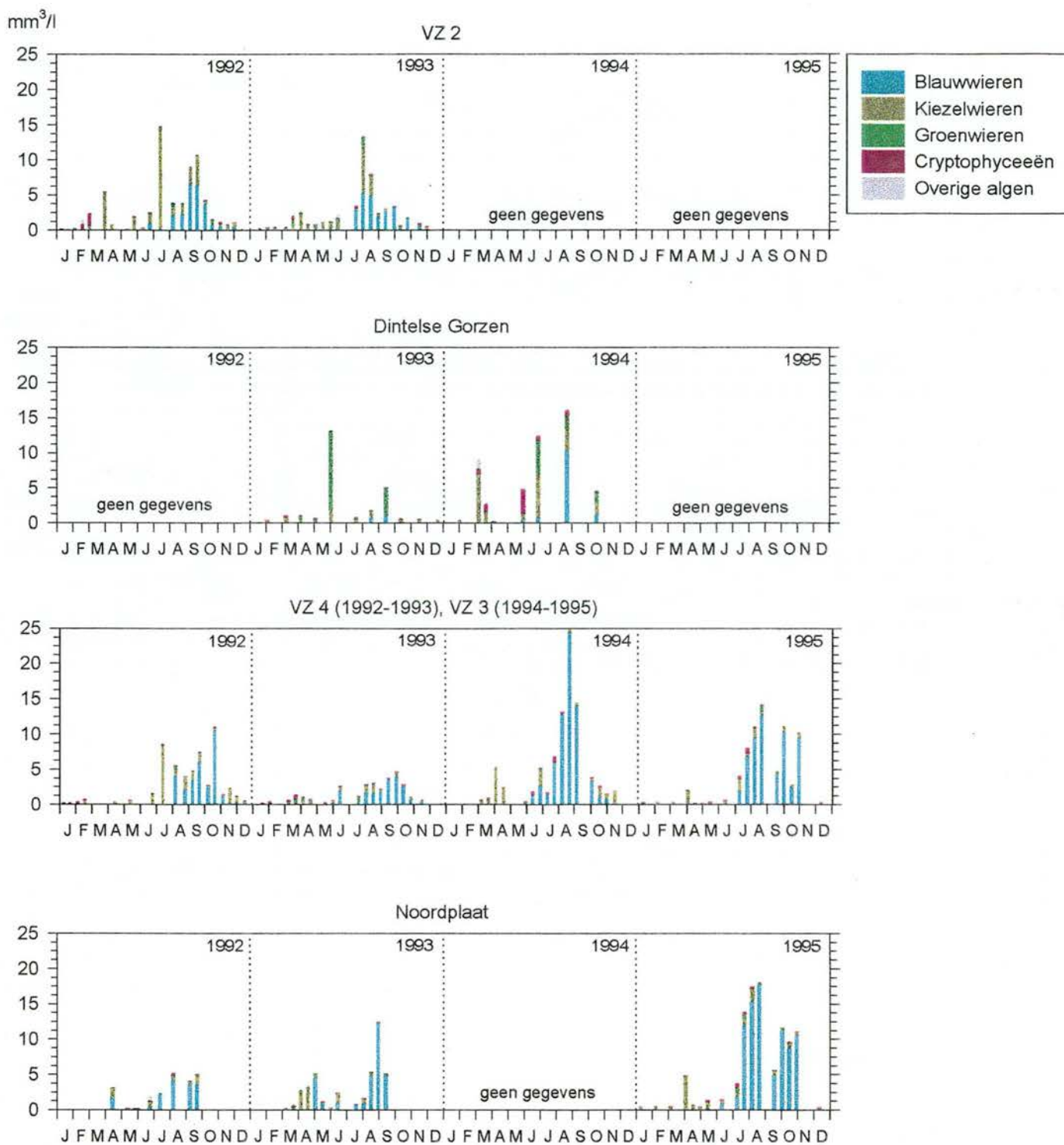
Opgelost silicaat in in mg Si/l.



Figuur 4.12

Chlorofyl-a in µg/l.





Figuur 4.13 De bijdrage van algengroepen aan het totale fytoplanktonvolume op de Noordplaat en de Dintelse Gorzen, vergeleken met de ontwikkeling in de geul op VZ 2 en VZ 3.

#### 4.14 Fytoplankton

Van alledrie gebieden achter vooroeververdedigingen, besproken in de vorige paragrafen, zijn gegevens over soortensamenstelling en dichtheid van fytoplankton beschikbaar. Op de wat diepere Noordplaat zijn de verschillen met de geul gering, maar op de ondiepere Dintelse Gorzen en Krammerse Slikken zijn ze veel groter.

##### *Noordplaat*

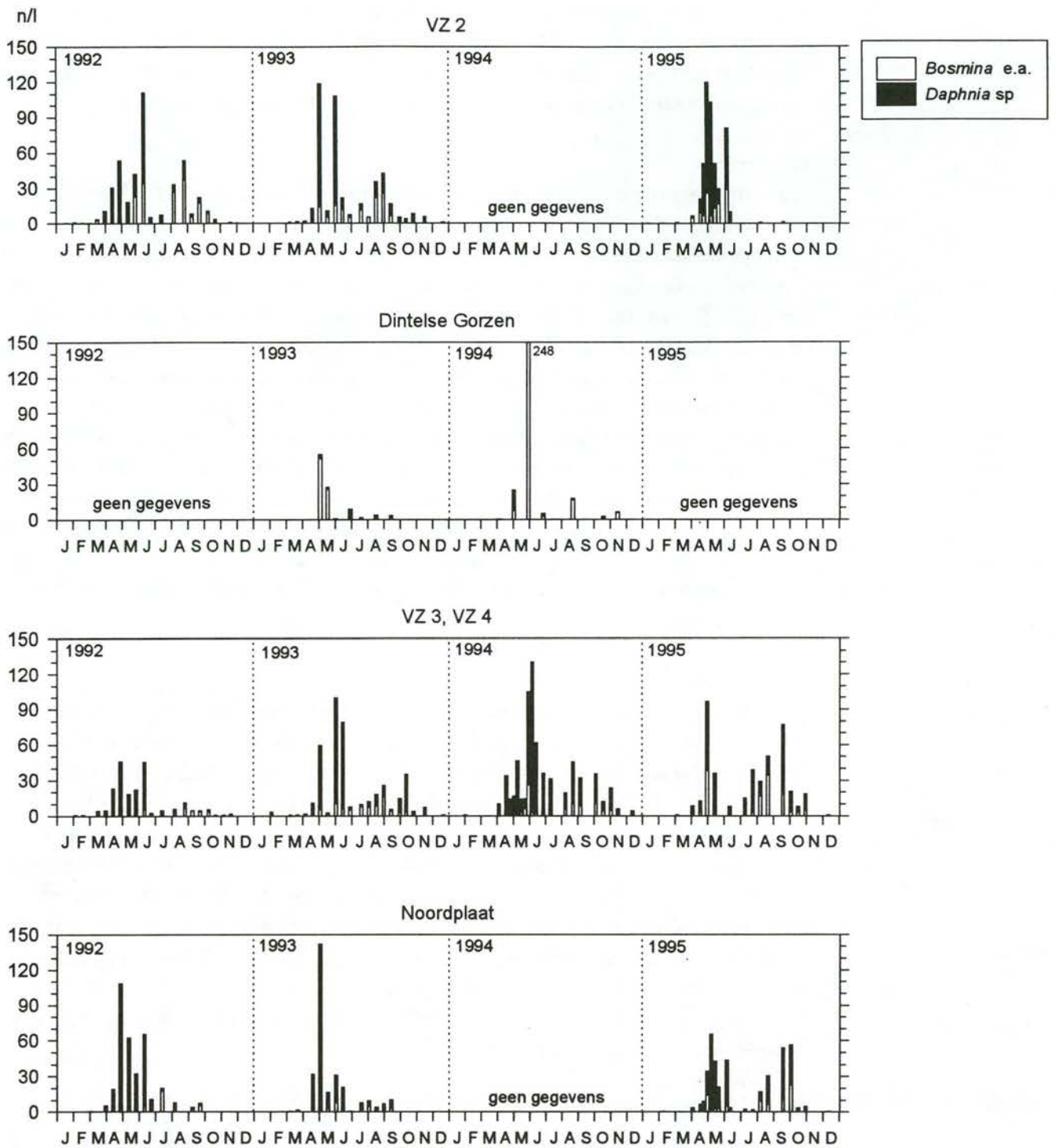
De soortensamenstelling en successie van het fytoplankton op de Noordplaat is vergelijkbaar met VZ 3 (figuur 4.13). In het voorjaar domineren kiezelwieren, waarbij de grotere dichtheden van perifytische algen (o.a. veel *Navicula*-soorten) indicatief zijn voor het littorale karakter van dit meetpunt. In de zomer domineren blauwwieren met als belangrijkste *Microcystis* spp. en *Aphanizomenon flos-aquae* var. *klebahnii*. De dichtheid van blauwwieren is op de Noordplaat in het algemeen wat hoger dan in de geul. In het voorjaar van 1992 en 1993 was *Anabaena flos-aquae* hier relatief talrijk en in de zomer van 1993 en 1995 was de dichtheid van *Microcystis* en *Aphanizomenon* op de Noordplaat wat hoger dan op VZ 4, respectievelijk VZ 3. De hogere dichtheden van deze algen kunnen het gevolg zijn van een accumulatie van drijfblagen achter de vooroeververdediging, onder invloed van matige, westelijke winden. Daarnaast kunnen de condities voor de groei van deze groep blauwwieren achter de vooroeververdediging beter zijn dan erbuiten. Wanneer het water achter de vooroeververdediging minder gemengd wordt door windinvloed, kunnen deze blauwwieren beter gebruik maken van hun drijfvermogen.

##### *Dintelse Gorzen*

De ontwikkeling van het fytoplankton op de Dintelse Gorzen wijkt sterk af van die in de geul, maar tussen de beide meetjaren, 1993 en 1994 waren ook nog grote verschillen zichtbaar. Het aandeel van kiezelwieren en groenwieren is op de Dintelse Gorzen veel groter dan op de meetpunten in de geul en op de Noordplaat, terwijl de dichtheid van blauwwieren gemiddeld lager is (figuur 4.13). Evenals op de punten binnen het proefvak Krammerse Slikken (hoofdstuk 3) is de dichtheid van opportunistische flagellaten uit de groep Cryptophyceae hier nu en dan hoog. Daarnaast zitten in sommige monsters veel bentische algen, zoals de draadalg *Spirogyra* in juni en september 1992. Door de geringe waterdiepte kan hier veel licht tot op de bodem doordringen, waardoor de productie van bodemalgen die van planktonalgen kan benaderen of overstijgen. Bij de monsternamen kunnen bodemalgen worden opgewerveld en in de fytoplanktonmonsters terecht komen.

##### *Krammerse Slikken*

Vooraf in het Vraatvak en Referentievak werden in juli-augustus 1996 hoge dichtheden van het blauwwier *Microcystis* gevonden (zie figuur 3.2). Ofschoon *Microcystis* vooral bekend is uit diepere wateren kunnen bloeien zich ook ontwikkelen in geëutrofiëerde ondiepe wateren. Met ca. 2 miljoen cellen per ml was de dichtheid van *Microcystis* tijdens de bloei op de Krammerse Slikken wel 25 keer hoger dan de waargenomen maxima op het meetpunt VZ 4 in 1996; van *Aphanizomenon* was de dichtheid 3 tot 5



Figuur 4.14 Dichtheid van waterlooien op de ondiepe locaties Dintelse Gorzen en Noordplaat en op de nabijgelegen meetpunten in de geul, VZ 2 en VZ 3, in de jaren 1992-1995.



keer hoger (Bijkerk & Zwerver 1997). Dit is een veel groter verschil dan tussen de Noordplaat en VZ 3 / VZ 4, in 1992-1995. Overigens was de dichtheid van *Microcystis* op de geullocaties in 1996 veel lager dan in voorgaande jaren sinds 1992, terwijl de dichtheid van *Aphanizomenon* relatief hoog was.

#### 4.15 Zoöplankton

Gegevens over de soortensamenstelling en dichtheid van zoöplankton zijn alleen beschikbaar van de Noordplaat en de Dintelse Gorzen. Evenals bij fytoplankton zijn soortensamenstelling en dichtheid op de Gorzen duidelijk verschillend van die in de geul, maar op de Noordplaat meer vergelijkbaar.

##### Noordplaat

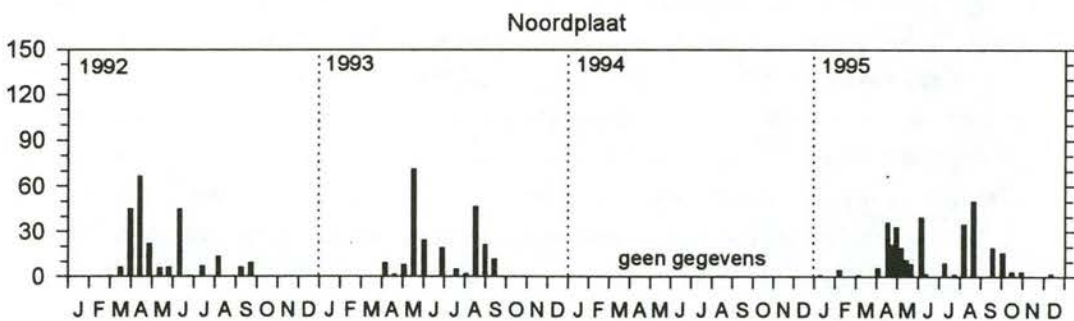
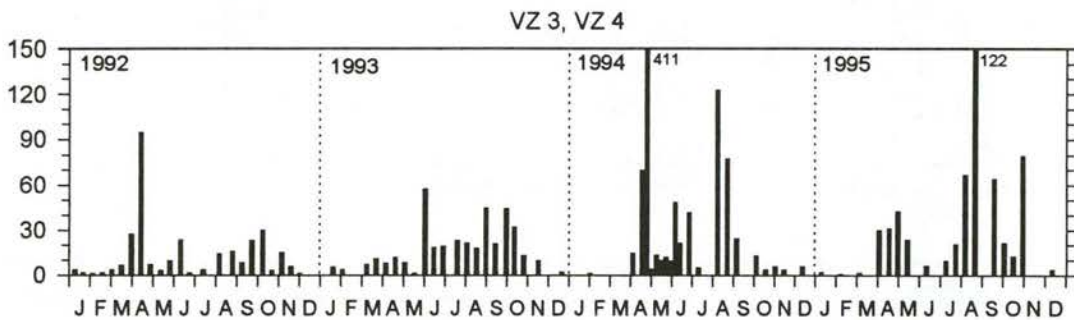
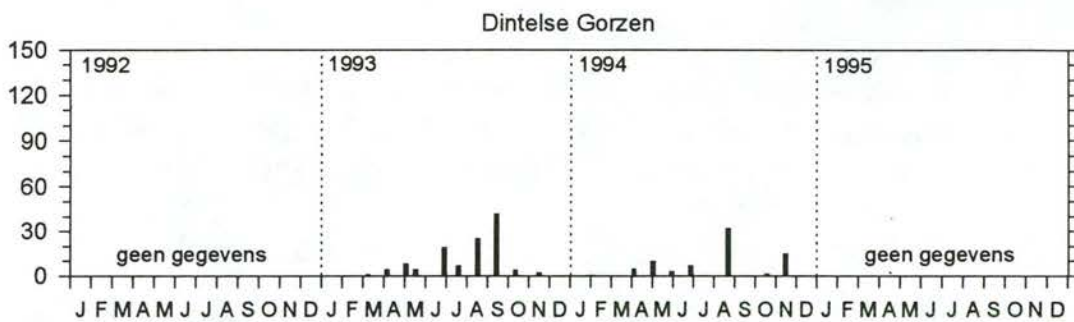
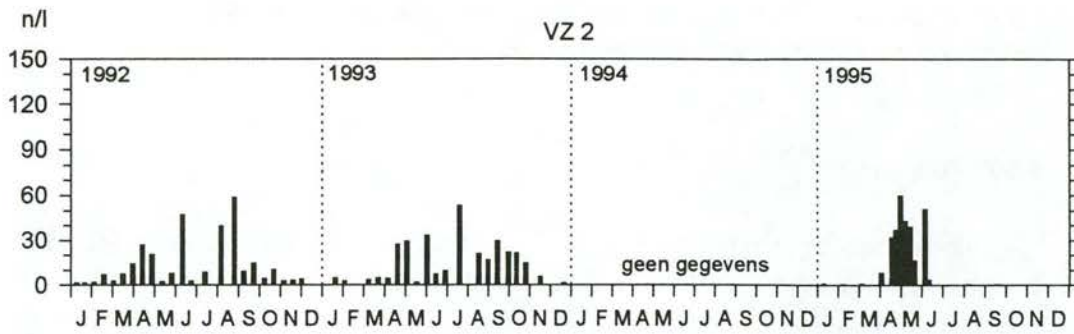
Op de Noordplaat zijn veel watervlooien van het geslacht *Daphnia* aanwezig. De dichtheidspiek in het voorjaar is hier in 1992 en 1993 wat hoger dan op VZ 4 (figuur 4.14). De zomergemiddelde lengte van *Daphnia* is vergelijkbaar (tabel 4.2).

Tabel 4.2 Zomergemiddelde lengte<sup>1)</sup> in mm van *Daphnia* in het Volkerak.

Jaar	VZ 2	VZ 3	VZ 4	Dintelse Gorzen	Noordplaat
1991	1.6	-	1.5	-	-
1992	1.3	-	1.4	-	1.4
1993	1.0	-	1.0	1.0	1.0
1994	-	1.2	-	0.9	-
1995	-	1.1	-	-	1.0

1) Berekend uit de maandgemiddelden van april tot en met september

In de monsters worden regelmatig watervloesoorten gevonden die typisch zijn voor de oeverzone (tabel 4.3). Een aantal ervan, voornamelijk soorten uit het geslacht *Alona*, worden ook wel aangetroffen in monsters van het open water in het Volkerak-Zoommeer. De groep die uitsluitend achter een vooroeververdediging is gevonden omvat enkele voor Nederland minder algemene of zelfs als zeldzaam aangeduide soorten (Notenboom-Ram 1981). Voor alle soorten geldt echter dat weinig bekend is over ecologie en verspreiding in Nederland. Uit de informatie die er is komt geen gemeenschappelijke voorkeur voor een bepaald type habitat naar voren. *Monospilus dispar* komt vooral voor in zuurstofrijke habitats met een lage organische belasting. *Macrothrix hirsuticornis* is bekend uit voedselrijke poelen, maar ook uit kalkarme veenwateren. *Macrothrix laticornis* komt voor op sliblaagjes die rijk zijn aan organisch materiaal (bodemalgen ?) en *Oxyurella tenuicaudis* wordt vooral gevonden op plaatsen met drijvende waterplanten als Kikkerbeet, Watergentiaan en Krabbescheer (Notenboom-Ram 1978). Geconcludeerd kan worden dat de Noordplaat en Dintelse Gorzen een voldoende gevarieerde leefruimte bieden voor de ontwikkeling van littorale watervlooien met, voor zover bekend, uiteenlopende milieuvorkeuren. Het aantal op de Noordplaat aangetroffen "bijzondere" soorten was in 1995 hoger dan in de drie voorgaande jaren.



Figuur 4.15 Dichtheid van copepoden (exclusief naupliuslarven) op de ondiepe locaties Dintelse Gorzen en Noordplaat en op de nabijgelegen meetpunten in de geul, VZ 2 en VZ 3, in de jaren 1992-1995.

Het aantalsverloop van copepoden, raderdieren en nauplii is op de Noordplaat vergelijkbaar met VZ 3 en VZ 4. De dichtheid van copepoden, nauplii en raderdieren is op Noordplaat en geullocaties min of meer vergelijkbaar, met in de geul nu en dan wat hogere pieken (figuur 4.15 en 4.16).

Tabel 4.3 Het voorkomen van oeverbewonende watervlooien op de ondiepe locaties Noordplaat en Dintelse Gorzen; weergegeven is het aantal monsters waarin de soort werd aangetroffen; de dichtheid was meestal minder dan 1 per l.

Soort	Ecologie	Dintelse Gorzen		Noordplaat		
		1993	1994	1992	1993	1995
<i>Alona affinis</i>	BV		2*	*	2*	1*
<i>A. quadrangularis</i>	BV, zzb		3*	*	3*	5
<i>A. rectangula</i>	BV, zzb	1*		*		
<i>Alona</i> sp.		3*	1	1	1	
<i>Disparalona rostrata</i>	B	3*		1*		
<i>Eurycerus lamellatus</i>	V, zb					
<i>Iliocryptus agilis</i>	BV, zzb					
<i>Iliocryptus</i> sp.						1
<i>Leydigia quadrangularis</i>	B, zzb		*	1	*	2
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	B, zb, z					1
<i>M. laticornis</i>	B, na					1
<i>Monospilus dispar</i>	B, zzb, na					2
<i>Oxyurella tenuicaudis</i>	V, zb, na			1		
<i>Sida crystallina</i>	BV, zzb					

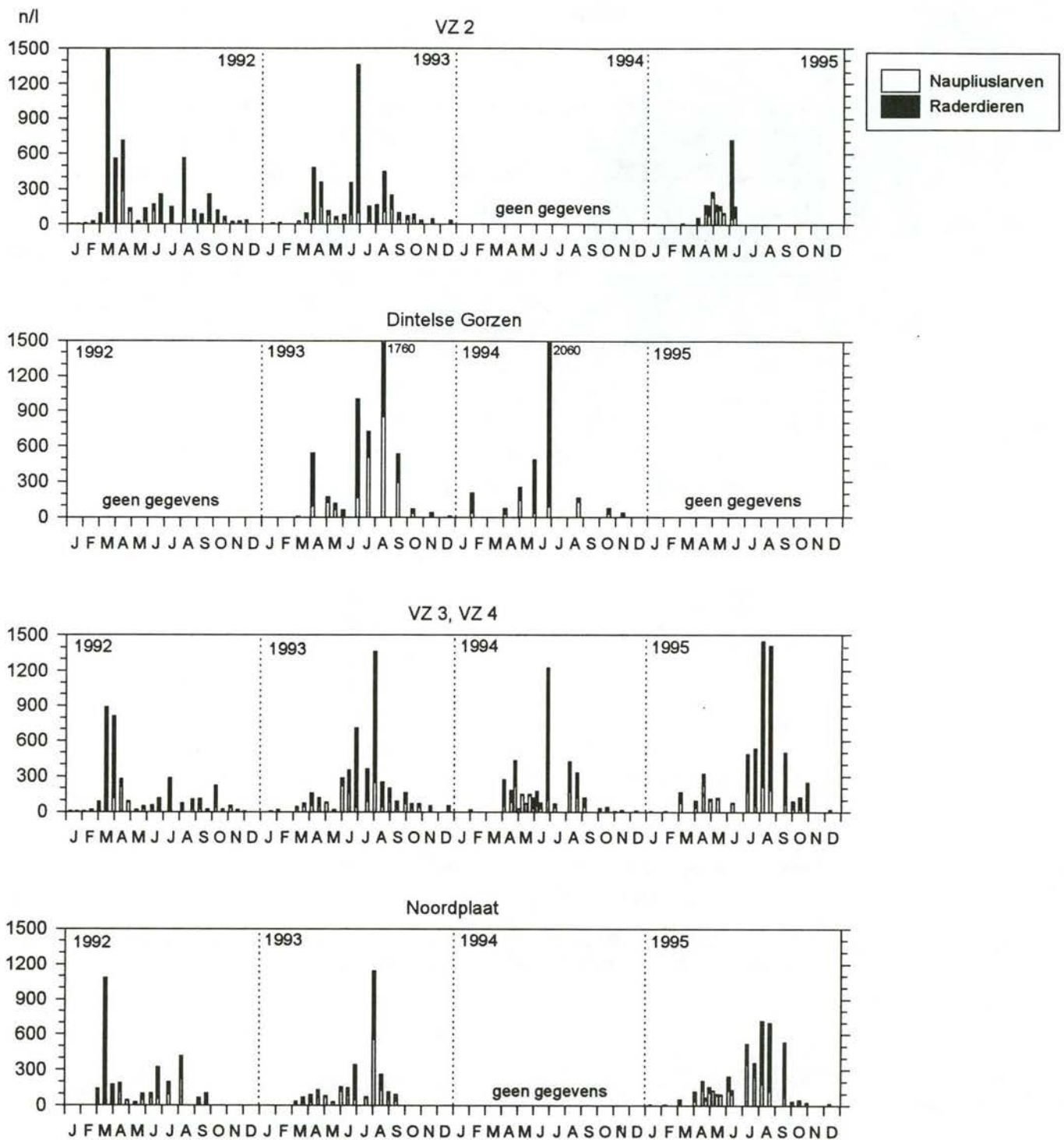
*	in dat jaar (ook) aangetroffen in open water in het Volkerak-Zoommeer
B	wordt meestal aangetroffen op de bodem
V	wordt meestal aangetroffen op of tussen vegetatie
zb	komt in zoet tot brak water voor
zzb	komt in zoet tot zwak brak water voor
z	zeldzaam in Nederland
na	niet-algemeen in Nederland

Ecologie en verspreidingsgegevens uit Notenboom-Ram (1978)

#### Dintelse Gorzen

De dichtheid van groter zoöplankton is op de Dintelse Gorzen over het algemeen lager dan op VZ 3, maar in één monster van 1994 werd een hoge dichtheid van watervlooien waargenomen (figuur 4.3 en 4.4). Het ging hierbij om *Bosmina*. Soorten uit het geslacht *Daphnia* zijn op de Dintelse Gorzen veel minder talrijk dan in de geul of op de Noordplaat en de zomergemiddelde lengte was in 1994 kleiner dan op VZ 3 (tabel 4.2). De dichtheid van kleiner zoöplankton, raderdieren en nauplii daarentegen, was in 1993 en 1994 vaak relatief hoog op de Dintelse Gorzen (figuur 4.5).





Figuur 4.16 Dichtheid van nauplii en raderdieren op de ondiepe locaties Dintelse Gorzen en Noordplaat en op de nabijgelegen meetpunten in de geul, VZ 2 en VZ 3, in de jaren 1992-1995.

#### 4.16 Draadalgen en bodemalgen

##### *Draadalgen*

Uit een inventarisatie van draadwieren, uitgevoerd in de zomer van 1994, blijkt dat op de Krammerse Slikken en de Hellegatsplaten meer draadwieren voorkomen in ondiepe gebieden achter vooroeververdedigingen, dan aan de andere zijde van de vooroeververdediging grenzend aan het open water. Hogere bedekkingspercentages van bentische en epifytische draadalgen kwamen binnen de vooroeververdediging meer voor dan buiten (tabel 4.4 en 4.5). Drijvende draadwieren waren achter de vooroeververdedigings niet opvallend meer aanwezig. In augustus waren de verschillen tussen het gebied vóór en achter de vooroeververdediging kleiner dan in juni. De hoeveelheid draadwieren was in juni ook groter dan in augustus. Op de Hellegatsplaten werden in augustus geen epifytische en drijvende draadalgen meer aangetroffen.

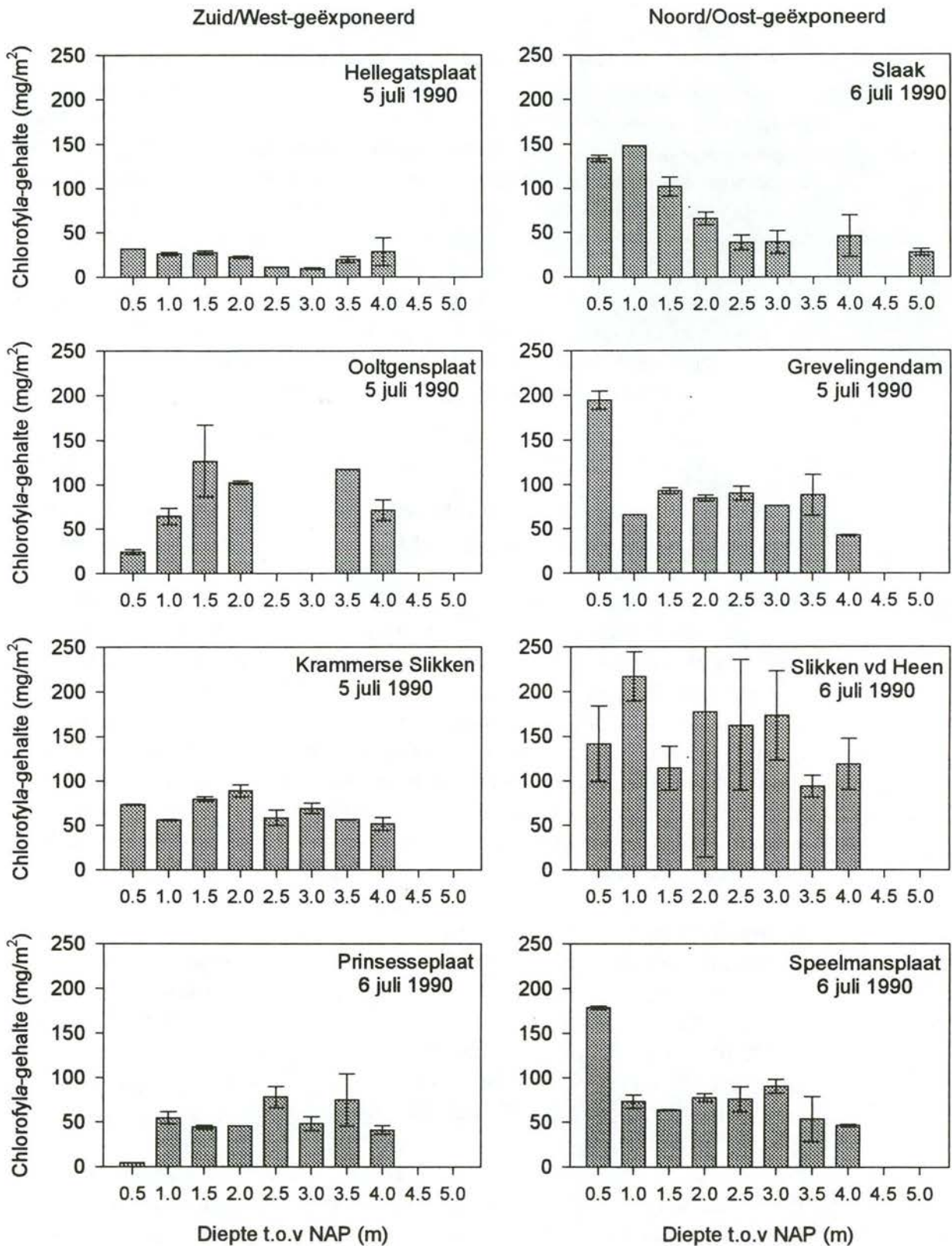
De dominante soort in de monsters was *Cladophora glomerata*, met op de tweede plaats *Enteromorpha pilifera* (Nat ongepubl.)

##### *Bodemalgen*

In het Volkerak-Zoommeer werd in 1990 de hoogste zomergemiddelde zichtdiepte tot dusver, 3.2 m, gemeten (Bijkerk *et al.* 1996). In de maanden maart-april was het doorzicht nog relatief laag, ca. 1.2 m, door fytoplankton en anorganisch slib, maar in mei steeg het doorzicht in het Volkerak tot 5 à 6 m. Deze toename van de helderheid ging gepaard met een stijging van de hoeveelheid bodemalgen. Op een locatie in het westelijke Volkerak (de Slaak) werden chlorofyl-a-gehalten gemeten van 149 mg/m<sup>2</sup> op NAP -5 m tot 500 mg/m<sup>2</sup> op NAP -0.5 m (Bijkerk 1992). In juli 1990 is door Bijkerk en Van Nes de ruimtelijke verspreiding onderzocht van bodemalgen in het Volkerak-Zoommeer, in opdracht van de RWS Directie Zeeland en het RIZA. Langs acht raaien verspreid over beide meren werd het sediment bemonsterd op diepten van NAP -0.5 tot -4 m. Een belangrijk verschil tussen deze raaien was de mate van expositie. De hoogste chlorofyl-a-gehalten werden gevonden op raaien die beschut lagen ten opzichte van westelijke winden (o.a. Grevelingendam, Speelmansplaten; figuur 4.17). Het verschil met de verspreiding langs zuidwest-geëxponeerde raaien (o.a. Krammerse Slikken, Prinsesseplaat) was het grootst in de zone van NAP 0 tot -1.5 m. De hoeveelheid bodemalgen, gemeten als chlorofyl-a, was hier significant negatief gecorreleerd met de expositieparameters  $ee_{15}$  en  $ee_{20}$  (de strijklengte gewogen met de overschrijdingskans op windsnelheden van respectievelijk 15 en 20 m/s; Spearman - 0.637,  $p < 0.01$ ). Omdat windsnelheden  $\geq 15$  m/s hoofdzakelijk afkomstig zijn uit westelijke richtingen worden de westelijke strijklengten sterker meegewogen bij de berekening van  $ee_{15}$  en  $ee_{20}$ . Er was geen verband aantoonbaar met de gewogen gemiddelde strijklengte.

De inventarisatie toonde tevens aan dat bodemalgen aanwezig waren tot op een diepte van minstens NAP -4 m, met dichtheden van 25-120 mg Chla /m<sup>2</sup> (figuur 4.17). In de Slaak, waar tot op NAP -5 m was bemonsterd, werd ook op deze diepte nog 25 mg Chla /m<sup>2</sup> aangetroffen, méér dan in de geëxponeerde oeverzone van de Prinsesseplaat op NAP -0.5 m.





Figuur 4.17 Verloop in de diepte van de biomassa van bodemalgen langs raaien loodrecht op noordoostelijke en zuidwestelijke oevers in het Volkerak-Zoommeer, in juli 1990. (bodemalgenbiomassa gemeten als mg chlorofyl-a per m<sup>2</sup>; weergegeven is het gemiddelde van de duplo's, de waarde van elk van de duplo's is aangegeven met een "error bar".)



Tabel 4.4 Vóórkomen van draadwieren binnen en buiten de vooroeververdediging op de Krammerse Slikken in juni en augustus 1994 (weergegeven is de frequentie van abundantieklassen in % van benthische, epifytische en drijvende draadalg(en)).

Categorie	Abundantie klasse	Juni		Augustus	
		Binnen	Buiten	Binnen	Buiten
Benthisch	0 %	11.5	40.6	50.0	25.0
	0 - 15 %	61.5	56.3	40.4	75.0
	15 - 50 %	21.2	3.1	7.7	-
	50 - 100%	5.8	-	1.9	-
Epifytisch	geen	40.4	46.8	86.6	96.9
	weinig	19.2	43.8	9.6	3.1
	veel	40.4	9.4	3.8	-
Drijvend	0 %	82.7	78.1	100.0	93.7
	0 - 15 %	17.3	21.9	-	6.3
	15 - 50 %	-	-	-	-
	50 - 100 %	-	-	-	-

Tabel 4.5 Vóórkomen van draadwieren binnen en buiten de vooroeververdediging op de Hellegatsplaten in juni en augustus 1994.

Categorie	Abundantie klasse	Juni		Augustus	
		Binnen	Buiten	Binnen	Buiten
Benthisch	0 %	40.0	28.6	53.3	100.0
	0 - 15 %	26.7	71.4	40.0	-
	15 - 50 %	13.3	-	6.7	-
	50 - 100%	20.0	-	-	-
Epifytisch	geen	66.7	57.1	100.0	100.0
	weinig	26.7	42.9	-	-
	veel	6.6	-	-	-
Drijvend	0 %	73.3	85.7	100.0	100.0
	0 - 15 %	20.0	14.3	-	-
	15 - 50 %	6.7	-	-	-
	50 - 100 %	-	-	-	-

De inventarisatie laat zien dat beschutting tegen windgeïnduceerde erosie (via golfwerking) de ontwikkeling van bodemalgen stimuleert in de oeverzone van NAP 0 tot -1.5 m. Op diepten groter dan NAP -1.5 m had de expositie geen aantoonbaar effect en zal de beschikbaarheid van licht een doorslaggevende rol hebben gespeeld. Door de grote helderheid in 1990 kon zich een belangrijke bodemalgen-biomassa ontwikkelen tot op diepten van NAP -3.5 à -4 m. Door de afname van de zomergemiddelde zichtdiepte, van 3.2 m in 1990 tot 1.2 m in 1995, zal een goed ontwikkeld bestand aan bodemalgen momenteel vermoedelijk niet dieper reiken dan NAP -1 à -1.5 m. Hiermee zal ook de rol van deze organismen als voedselbron voor bodemdieren en als consument van voedingsstoffen, beperkt zijn tot de meest ondiepe, beschutte delen achter vooroeververdedigingen. In de heldere jaren van het Volkerak-Zoommeer reikte de invloed van deze groep organismen vermoedelijk veel verder. Opvallend is dat juist in deze jaren, 1990-1992 het siliciumgehalte in het water relatief laag was (bijlage 4.3). In aanwezigheid van bodemalgen kan de Si-flux vanuit het sediment naar het water aanzienlijk lager zijn dan zonder bodemalgen (Van Luijn *et al.* 1995). Ook in de Rijn en het Hollandsch Diep echter, was het siliciumgehalte in deze jaren gemiddeld relatief laag en dit biedt een aannemelijke verklaring voor het verloop van het siliciumgehalte in het Volkerak-Zoommeer.

#### 4.17 Integratie

Hieronder worden de resultaten samengevat aan de hand van de in paragraaf 4.3 geformuleerde vraagstellingen.

##### *Verschillen in waterkwaliteit en plankton tussen ondiepe gebieden en de geul*

Aanwijsbare verschillen in waterkwaliteit en planktonontwikkeling doen zich alleen voor tussen de gebieden achter vooroeververdedigingen en het open water, waarbij het verschil groter is naarmate de waterdiepte in het gebied achter de vooroeververdediging kleiner is. De geconstateerde verschillen betreffen doorzicht, gehalte opgeloste nutriënten, chlorofyl-a-gehalte, dichtheid en soortensamenstelling van fyto- en zoöplankton en de hoeveelheid draadalgen. Een structureel verhoogd zoutgehalte achter vooroeververdedigingen is niet aantoonbaar. Wel treden nu en dan kortstondige pieken in het chloridegehalte op. Tussen de geul en de meetpunten op en langs plaatranden zijn geen duidelijke verschillen in waterkwaliteit aantoonbaar.

Voor Noordplaat en Dintelse Gorzen is aangetoond dat het doorzicht lager is dan in de geul. Vermoedelijk geldt dit voor alle gebieden achter vooroeververdedigingen. Verhoogde troebelheid door paaiende Brasem is waargenomen achter de vooroeververdediging op de Hellegatsplaten.

Verschillen in stikstof- en fosfaatgehalten zijn alleen significant tussen de geul en de relatief ondiepe meetpunten achter de vooroeververdediging op de Krammerse Slikken.



Sterk verhoogde chlorofyl-a-gehalten zijn alleen waargenomen achter de vooroeerverdediging op de Krammerse Slikken en traden op tijdens een bloei van de blauw-wieren *Microcystis* en *Aphanizomenon* in augustus 1996. Op de Noordplaat en Dintelse Gorzen is het chlorofyl-a-gehalte niet tot weinig hoger dan in de geul. Benthische en epifytische draadalgen, tenslotte, komen op de Krammerse Slikken en de Hellegatsplaten achter de vooroeerverdedigings meer voor dan erbuiten in het open water.

#### *verschillen in waterkwaliteit tussen ondiepe gebieden onderling*

De onderzochte ondiepe gebieden met een waterdiepte < 2 m zijn alle gelegen achter een vooroeerverdediging. De verschillen in waterkwaliteit tussen deze gebieden en het open water zijn groter naarmate de waterdiepte in het ondiepe gebied kleiner is. Het meest opvallend zijn de lagere gehalten van nitraat en van orthofosfaat, zomer 1996, op de Krammerse Slikken, bij een waterdiepte van 0.3-0.4 m. Ook op de Dintelse Gorzen, diepte 0.2-1.0 m, is het nitraatgehalte in maart-augustus vrijwel steeds lager dan in de geul, maar het verschil is kleiner dan op de Krammerse Slikken. Op de Noordplaat, diepte 1.0-2.0 m, is het nitraatgehalte op ca. 50% van de meetdagen in maart-augustus iets lager dan in de geul. Op de overige dagen is het gehalte meestal overeenkomstig. Deze waarnemingen wijzen erop dat de waterdiepte een belangrijker factor is dan de aan- of afwezigheid van een vooroeerverdediging. De meetpunten die niet achter vooroeerverdedigingen lagen (Hellegat, Slikken van de Heen, Molenplaat) vertonen een vergelijkbare overeenkomst met de ontwikkeling in de geul als de locatie Noordplaat, met wellicht wat geringere fluctuaties. Overigens was de waterdiepte op deze plaatrandlocaties aanzienlijk hoger (2.5-7 m).

Op de Noordplaat en Krammerse Slikken is de soortensamenstelling van fytoplankton vergelijkbaar met die in de geul, maar de dichtheden van blauw-wieren zijn vaak wat hoger. Op de Noordplaat is het verschil met de geul klein, maar op de Krammerse Slikken was het verschil in de zomer van 1996 groot; chlorofyl-a-gehalten waren hier drie tot vijf keer zo hoog als in de geul. Op de Dintelse Gorzen wijkt de soortensamenstelling af van het fytoplankton in de geul, maar ook treden grote verschillen op van jaar tot jaar. Op sommige momenten worden veel benthische algen in de monsters aangetroffen. De dichtheid van groter zoöplankton is over het algemeen lager dan in de geul en er komen meer *Bosmina's* dan *Daphnia's* voor. Kleiner zoöplankton, raderdieren en nauplii, zijn op de Dintelse Gorzen vaak talrijker dan in de geul en op de Noordplaat. Opvallend is de doorgaans geringe hoeveelheid blauwalgen. Mogelijk zijn de gebieden langs de zuidoever van het Volkerakmeer minder blootgesteld aan import van blauw-wieren vanuit het open water, via "inwaaiing" van drijfslagen.

#### *oorzaken van verschillen*

In een enkel geval kan het lage doorzicht achter vooroeerverdedigingen veroorzaakt worden door een sterke algenbloei (Krammerse Slikken). In andere gevallen is waarschijnlijk sprake van een hoger gehalte aan anorganische zwevende stof. Dit is aangetoond voor de Noordplaat. Waarnemingen op de Hellegatsplaten wijzen op de rol van Brasem bij de opwoeling van bodemmateriaal achter de vooroeerverdediging.



De lagere gehalten van opgeloste nutriënten achter de vooroeververdediging, met name van nitraat op de Krammerse Slikken, zijn in het vroege voorjaar vermoedelijk het gevolg van een sterkere opname door waterplanten en perifytische algen en in de zomer van een hoge denitrificatiesnelheid. Met afnemende waterdiepte neemt de hoeveelheid licht die doordringt tot op de bodem toe en zal de invloed van benthische algen en waterplanten op gehalten van nutriënten in de waterkolom toenemen. In een ondiep gebied als de Dintelse Gorzen zal het fytoplankton meer concurrentie onderkennen van benthische algen en ondergedoken waterplanten dan op de Noordplaat. Dat in een gebied als de Krammerse Slikken in juli-augustus sprake kan zijn van een zeer hoge dichtheid van planktische blauwwieren kan veroorzaakt zijn door accumulatie van drijfslagen, onder invloed van overheersend zuidwestelijke winden.

Onderzocht is de mogelijkheid dat metingen op de Dintelse Gorzen beïnvloed zouden zijn door het wisselend gebruik van diep- en ondiepstekende vaartuigen.

Volgens een mededeling van de heer J. Provoost van de RWS Meetdienst Zeeland, zijn de bemonsteringen op de Dintelse Gorzen in de jaren 1992-1994 altijd uitgevoerd met een Zodiac, die ca. 2 dm diep steekt, omdat de waterdiepte op het meetpunt te gering was voor het reguliere meetvaartuig (m.s. Argus of m.s. Delta). Verschillen zullen dus niet kunnen zijn ontstaan door gebruik van meetvaartuigen met uiteenlopende diepgang. De wijze waarop met het vaartuig wordt omgegaan kan als mogelijke oorzaak van verschillen tussen meetresultaten niet worden uitgesloten. Een buitenboordmotor geeft zeer makkelijk opwerveling in het ondiepe water, zeker als even wordt "teruggeslagen" om de vaart uit de boot te halen. Het is niet denkbeeldig dat verhoogde zwevend-stofgehalten een gevolg zijn van het gebruik van het vaartuig (pers. med. A. Remmelzwaal).

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies waterkwaliteit proefgebied Krammerse Slikken (hoofdstuk 3)

- 1 De waterkwaliteit in het ondiepe proefvak (punten B, C en D, met een waterdiepte van 0.1 m) is voor een aantal parameters verschillend van de waterkwaliteit in de referentiegebieden (Referentievak, punt Buiten, met een waterdiepte van 0.4 m).
- 2 Significant hoger in het ondiepe proefvak zijn de gehalten van chloride en zuurstof, significant lager zijn de gehalten van chlorofyl-a en van nitriet+nitraat.
- 3 De hoeveelheid blauwwieren (*Microcystis*, *Aphanizomenon*) tijdens de bloei in juli-september 1996, is in het ondiepe proefvak een factor 40 a 50 lager dan in de referentiegebieden (Referentievak, punt Buiten).
- 4 Binnen het ondiepe proefvak is sprake van een gradiënt van vak B, via C naar D. Deze gradiënt betreft een toename van de gehalten van chloride, totaal-fosfaat, orthofosfaat, totaal-stikstof en ammonium, maar een afname van het gehalte nitriet+nitraat. Een oorzaak van deze gradiënt is de inlaat van water via vak B.
- 5 De groei van submers kiemende helophyten zal in het proefgebied niet verschillend beïnvloed zijn door lichtklimaat en chloridegehalte. Chloridegehalten boven 3 g/l, de grens voor groei-effecten bij kiemplanten, zijn niet gemeten. Het doorzicht heeft in de periode april-juni in het gehele proefgebied naar schatting 1 à 2 m bedragen, zodat het verschil in lichtklimaat op de bodem tussen diepten van 0.1 m en van 0.3-0.4 m beperkt zal zijn geweest.  
De groei van oeverplanten wordt niet direct beïnvloed door het gehalte aan voedingsstoffen in de waterkolom, zodat de geconstateerde verschillen in het gehalte aan voedingsstoffen binnen het proefgebied naar verwachting geen effect op de groei hebben gehad.
- 6 De hogere chloridegehalten in het proefvak en de toename van B naar D zijn waarschijnlijk het gevolg van indamping van het water binnen het vak (in vak B bevindt zich een inlaat voor water vanuit het meer). De lagere nitraatgehalten en de afname van B naar D zijn vermoedelijk vooral een gevolg van denitrificatie.
- 7 De hogere zuurstofgehalten in het ondiepe proefvak zijn waarschijnlijk het gevolg van een hoge fotosynthese-activiteit van bodemalgen en draadalgen. Concurrentie door deze algengroep en sterke fluctuaties in lichtklimaat, watertemperatuur en bicarbonaatgehalte, kunnen de oorzaak zijn van de relatief lage hoeveelheid fytoplankton en chlorofyl-a binnen het ondiepe proefvak.



## 5.2 Conclusies waterkwaliteit ondiepe gebieden (hoofdstuk 4)

- 1 Achter de vooroeververdediging op de Noordplaat en Dintelse Gorzen is het doorzicht significant lager dan op nabijgelegen meetpunten in de geul. Op de Noordplaat gaat dit samen met significant hogere gehalten van zwevende stof; van de Dintelse Gorzen zijn geen zwevende-stofmetingen beschikbaar.
- 2 De vermoedelijke oorzaak van lage doorzichten achter de vooroeververdediging is een verhoogd zwevend-stofgehalte. Opwoeling door Brasem kan een rol spelen, zoals is waargenomen op de Hellegatsplaten. Op de Krammerse Slikken zal algenbloei in juli-augustus hebben bijgedragen aan de hogere troebelheid.
- 3 Verschillen in gehalten van opgeloste nutriënten en chlorofyl-a tussen gebieden achter een vooroeververdediging en het open water zijn wel aanwijsbaar maar niet alle significant. De verschillen nemen toe naarmate de waterdiepte achter de vooroeververdediging kleiner is. Significant lager op de relatief ondiepe (0.3-0.4 m) meetpunten op de Krammerse Slikken zijn de gehalten van orthofosfaat (DRP) en nitriet + nitraat. Op de Dintelse Gorzen (diepte 0.2-1 m) is het nitraatgehalte alleen in maart-augustus steeds lager dan in de geul, maar het verschil is kleiner dan op de Krammerse Slikken. Op de Noordplaat is het nitraatgehalte op de helft van de data in maart-augustus lager dan in het open water, maar het verschil met de geul is gering.  
De lagere nitraatgehalten in de ondiepe gebieden zijn in het voorjaar vermoedelijk het gevolg van een grotere opname door waterplanten en perifytische algen en in de zomer door een hogere denitrificatie dan in het open water.
- 4 Op de Noordplaat en de Krammerse Slikken is de soortensamenstelling van fytoplankton gelijk als in het open water. Dichtheden van blauwwieren zijn nu en dan hoger, met name op de Krammerse Slikken in juli-augustus 1996. Op de Dintelse Gorzen is de soortensamenstelling afwijkend, met minder blauwwieren, meer flagellaten (Cryptophyceën) en af en toe veel benthische algen (draadwieren).
- 5 Een blauwwierbloei zoals in 1996 is waargenomen op de Krammerse Slikken is niet bekend van de Dintelse Gorzen, met eveneens waterdiepten kleiner dan 1 m. Mogelijk is het verschil in expositie hierbij van belang, waarbij drijfblagen van blauwwieren onder invloed van overheersend zuidwestelijke winden wel op de Krammerse Slikken kunnen accumuleren, maar niet op de Dintelse Gorzen.
- 6 De hoeveelheid en soortensamenstelling van zoöplankton is op de Noordplaat gelijk aan, tot weinig verschillend van die in het open water. Op de Dintelse Gorzen is het verschil groter, met relatief weinig *Daphnia*, veel *Bosmina* en meer kleiner zoöplankton in de vorm van raderdieren en naupliuslarven. De zomergemiddelde lengte van *Daphnia* was in 1994 lager dan in de geul, zodat een hogere predatie door planktivore vis een mogelijke verklaring voor deze verschillen kan zijn.

- 7 Achter de vooroeververdediging op de Krammerse Slikken en de Hellegatsplaten komen meer draadalgen voor dan juist erbuiten in het open water. Relatief talrijk zijn bentische draadwieren en draadwieren tussen waterplanten. De hoeveelheid drijvende draadalgen is minder sterk verschillend. In 1994 waren de verschillen in juni groter dan in augustus. De dominante soort was *Cladophora glomerata*, met op de tweede plaats *Enteromorpha pilifera*.
- 8 De waterkwaliteit in de diepere gebieden langs plaatranden (diepte 3-5 m), bemonsterd in 1989 en 1990, is niet verschillend van de waterkwaliteit in de geul.
- 9 De Dintelse Gorzen zijn in 1992-1994 altijd bemonsterd met een Zodiac, die ca. 2 dm diep steekt. Verschillen kunnen dus niet zijn veroorzaakt door een afwisselend gebruik van diep- en ondiep stekende meetvaartuigen, maar een effect van de wijze waarop met het vaartuig wordt omgegaan kan niet worden uitgesloten.

### 5.3 Algemene conclusies over het functioneren van ondiepe gebieden

- 1 De ligging achter een vooroeververdediging hoeft niet te leiden tot grote verschillen met het open water in de geul; alleen de troebelheid lijkt in het algemeen verhoogd en sommige parameters vertonen wat grotere fluctuaties in het verloop. Voor het ontstaan van grotere verschillen met het open water, wat betreft gehalten van voedingsstoffen en chlorofyl-a en de dichtheid en soortensamenstelling van fytoplankton, zijn de waterdiepte achter de vooroeververdediging en vermoedelijk ook de expositie verantwoordelijk.
- 2 De relatie met de waterdiepte komt waarschijnlijk voort uit de grotere invloed van bentische gemeenschappen op waterkwaliteit en plankton in relatief ondiepe gebieden. Belangrijke "benthische" processen zijn gekoppelde denitrificatie, fotosynthese en nutriëntenopname door bodemalgen, begrazing en uitscheiding door bodemdieren. Deze invloed kan naar voren komen als de uitwisseling met het open water verminderd is door de ligging achter een vooroeververdediging.
- 3 In de ondiepe gebieden achter vooroevergebieden komen algen en watervlooien voor die typisch zijn voor littorale systemen, zoals oeverzones. De gebieden worden bezocht door paaiende Brasem.
- 4 Op basis van het onderzoek kunnen in het Volkerak-Zoommeer drie groepen ondiepe-gebieden-achter-een-vooroeververdediging onderscheiden worden :
  - (1) Gebieden met een waterdiepte < 1 m en geëxponeerd op het zuiden (Krammerse Slikken, Hellegatsplaten)
  - (2) Gebieden met een waterdiepte < 1 m en geëxponeerd op het noorden (Dintelse Gorzen)
  - (3) Gebieden met een waterdiepte van 1-2 m (Noordplaat)



Tabel 5.1 Samenvattende vergelijking van de waterkwaliteit tussen het open water en de vier ondiepe gebieden; het gebied Krammerse Slikken binnen het damwandscherm is voor de volledigheid opgenomen, maar geen representatief ondiep gebied.

Parameter	Achter een vooroeververdediging			
	Kramm. Sl. ≤ 0.1 m binnen dam- wandscherm	Kramm. Sl. 0.3 - 0.4 m expositie ZW	Dint. Gorzen 0.2 - 1 m expositie N	Noordplaat 1 - 2 m expositie ZW
Chloride	>	~ <sup>1</sup>	~ <sup>2</sup>	~ <sup>2</sup>
Zuurstof	>	<	-	-
Temperatuur	~ <sup>1</sup>	~ <sup>1</sup>	~ <sup>1</sup>	~ <sup>1</sup>
Chlorofyl-a	<	>	~	~
Zwevend stof	-	-	-	>
Doorzicht	-	-	<	<
Totaal-N	≥	<>	<>	≤
Totaal-P	≥	≥	≥	~ <sup>1</sup>
Organisch-N	>	>	≥	~ <sup>1</sup>
NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub>	<	<	<>	≤
NH <sub>4</sub>	~ <sup>2</sup>	~ <sup>2</sup>	~	~
Opgelost PO <sub>4</sub>	≥	<	~	~
Blauwwieren <sup>3</sup>	<	>>	<	≥
<i>Daphnia</i> <sup>3</sup>	-	-	<	≥
<i>Bosmina</i> <sup>3</sup>	-	-	>	~
Copepoden <sup>3</sup>	-	-	≤	≤
Naupliuslarven <sup>3</sup>	-	-	>	≥
Raderdieren <sup>3</sup>	-	-	>	≤
Draadalgen <sup>3</sup>	-	>	-	-
Toelichting	~ = gehalte, of aantal, gelijk aan het open water > = gehalte, of aantal, hoger dan in het open water < = gehalte, of aantal, lager dan in het open water <> = deel van het jaar hoger, deels lager dan in het open water - = niet getoetst en/of gemeten			
Opmerkingen	<sup>1</sup> Gemiddeld gelijk maar sterker fluctuerend dan in het open water <sup>2</sup> Gelijk maar af en toe doen zich pieken voor die niet in de geul optreden <sup>3</sup> Bedoeld hier is de hoeveelheid organismen in aantal of mm <sup>3</sup> per liter			

Tabel 5.1 vat de verschillen en overeenkomsten met de geul samen. Hieronder worden per gebiedsgroep de belangrijkste conclusies verwoord. Het proefvak op de Krammerse Slikken omgeven door een damwandscherm, is niet representatief voor een ondiep gebied achter een vooroever alleen, maar wordt voor de volledigheid wel hierna besproken.

(1) Gebieden met een waterdiepte  $\leq 0.1$  m gelegen achter een vooroeververdediging  
Dit gebied omvat het proefvak op de Krammerse Slikken binnen het damwandscherm, bemonsterd in 1996, waar de waterdiepte in het zomerhalfjaar kleiner was dan 0.1 m. Uitwisseling met het open water is hier nihil. In dit proefvak zijn grote verschillen aantoonbaar met de situatie op diepere locaties binnen en buiten vooroeververdedigingen. Op deze zeer ondiepe punten is het chloridegehalte consistent verhoogd met een factor 1.5 tot 2 ten opzichte van de geul. Dit verschil is significant ( $p < 0.005$ ) en wordt waarschijnlijk veroorzaakt door indamping. Eveneens significant hoger zijn het zuurstofgehalte, vermoedelijk door fotosynthese van bodemalgen en in twee van de drie gevallen het totaal-stikstof- en het organisch-stikstofgehalte, vermoedelijk door een hoge bodemfauna-activiteit. Significanter lager zijn het gehalte opgeloste anorganische stikstof, vermoedelijk door denitrificatie en het chlorofyl-a-gehalte. Blauw-wierbloeien doen zich op deze zeer ondiepe locaties niet voor. De meest talrijke planktonalgen zijn flagellaten (Cryptophyceae), maar het aantal cellen blijft laag.

(2) Gebieden met een waterdiepte  $< 1$  m gelegen achter een vooroeververdediging en geëxponeerd op het zuiden

Hieronder valt het gebied buiten het proefvak op de Krammerse Slikken, bemonsterd in 1996, met waterdiepten van 0.3-0.4 m. Hier zijn het zuurstofgehalte en het gehalte opgelost reactief fosfaat en nitriet+nitraat significant lager dan in de geul ( $p < 0.005$ ) en het gehalte organische stikstof significant hoger ( $p < 0.05$ ). Vermoedelijke oorzaak is een hoge mineralisatie in de bodem, met een geringere zuurstofproductie door perifytische algen. In de zomermaanden zijn op deze ondiepe locaties één tot twee zeer hoge chlorofyl-a-pieken gemeten (tot ca. 400  $\mu\text{g/l}$ ), door een sterke ontwikkeling van het blauwwier *Microcystis*. Over de gehele waarnemingsperiode is geen significant verschil in chlorofyl-a met de geul aantoonbaar. Hetzelfde geldt voor het gehalte totaal-fosfaat. Het chloridegehalte op deze ondiepe locaties (0.3-0.4 m) fluctueert in het zomerhalfjaar tussen 250 en 450 mg Cl/l terwijl de range in de geul op VZ 3 veel kleiner is, 300-360 mg Cl/l.

(3) Gebieden met een waterdiepte  $< 1$  m gelegen achter een vooroeververdediging en geëxponeerd op het noorden

Op de Dintelse Gorzen, bemonsterd in de periode 1992-1994, is sprake van een grotere overeenkomst met de waterkwaliteit in de geul, dan bij de vorige twee gebieden. Het belangrijkste verschil vormt het doorzicht dat hier significant lager is dan in de geul ( $p < 0.001$ ) en de soortensamenstelling van fyto- en zoöplankton, met veel benthische algen en Cryptophyceën, weinig blauwwieren en copepoden en weinig watervlooien van het geslacht *Daphnia*. De hoeveelheid kleiner zoöplankton is groter, zodat een hogere predatiedruk door planktivore vis hier een oorzaak zou kunnen zijn. De zomergemiddelde lengte van *Daphnia* was in 1994 duidelijk lager dan op VZ 3. De invloed van de benthische gemeenschap op het water is kleiner dan op de Krammerse Slikken, maar ook op de Dintelse Gorzen is het gehalte van nitraat in de periode maart-augustus duidelijk lager dan in het open water (denitrificatie).



#### *(4) Gebieden met een waterdiepte 1-2 m gelegen achter een vooroeververdediging*

Op de Noordplaat kan worden aangetoond dat het zwevend-stofgehalte significant hoger is dan in de geul, wat een verklaring biedt voor het eveneens significant lagere doorzicht. De gehalte van chlorofyl-a en chloride zijn op de Noordplaat niet duidelijk verschillend, het gehalte van opgeloste nutriënten is in maart-augustus vaak iets lager. De ontwikkeling en soortensamenstelling van het plankton was op de Noordplaat vergelijkbaar met de geul, met nu en dan een wat hogere dichtheid blauwwieren.

## 5.4 Aanbevelingen

### *Troebelheid*

De meest aannemelijke oorzaak van de hogere troebelheid achter vooroeververdedigingen is een verhoogd zwevend-stofgehalte. Opwoeling door Brasem treedt op achter vooroeververdedigingen, maar of dit proces het enige mechanisme achter de verhoogde troebelheid is, is de vraag. Op diepere locaties achter vooroeververdedigingen (dieper dan 1 m) kan langdurige troebelheid met doorzichten kleiner dan 0.5 m tot achteruitgang leiden van ondergedoken waterplanten. Monitoring van het zwevende-stofgehalte achter de vooroeververdedigingen en onderzoek naar de oorzaak van de hogere troebelheid zijn gewenst om zo nodig maatregelen te kunnen nemen tegen het verdwijnen van waterplantvegetaties.

### *Blauwwierbloei*

In de 0.3-0.4 m diepe proefvakken op de Krammerse Slikken ontwikkelde zich in de zomermaanden een omvangrijke blauwwierbloei. Op de diepere locaties Noordplaat en Dintelse Gorzen (1-2 m) zijn bloeien van een dergelijke omvang nooit waargenomen. Dit verschil kan op dit moment niet verklaard worden. Niet bekend is in hoeverre ondiepe gebieden elders achter vooroeververdedigingen gevoelig zijn voor blauwwierbloeien als op de Krammerse Slikken en in hoeverre accumulatie van drijfslagen hierbij een rol speelt. Door inventarisaties in augustus zou de gevoeligheid voor dergelijke bloeien vastgesteld kunnen worden en gerelateerd kunnen worden aan factoren als waterdiepte, expositie en waterplantontwikkeling.

### *Bodemalgen*

Bij doorzichten van 15 tot 20 dm in de periode april-juli, kunnen bodemalgen een rol spelen in de nutriëntenhuishouding en als voedselbron voor bodemdieren, tot op diepten van ca. 3 m. De verspreiding van bodemalgen in het Volkerak-Zoommeer in de huidige situatie (de toestand sinds 1991) is niet bekend. Om het functioneren van ondiepe gebieden (waterdiepte < 2 m) beter te begrijpen en om modelberekeningen te kunnen uitvoeren waarin bodemalgen als toestandsvariabele of parameter zijn opgenomen, is een globale inventarisatie van de biomassa-verspreiding van bodemalgen gewenst.

## Literatuur

- Bijkerk R (1992) Verspreiding van bodemalgen en muggelarven in het Volkerak-Zoommeer, 1990, in relatie tot diepte, expositie en korrelgrootte. In opdracht van RIZA. RDD, Haren : 1-40.
- Bijkerk R, Storm AA & Dekker PI (1996) Waterkwaliteit en planktonontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer, 1995. In opdracht van RIZA. Rapport 96-16, Koeman en Bijkerk bv, Haren : 1-45 + bijl.
- Bijkerk R & Zwerver S (1997) Dichtheid en biovolume van fytoplankton in het Volkerak-Zoommeer meetjaar 1996. In opdracht van RIZA. Rapport 97-02, Koeman en Bijkerk bv, Haren : 1-46.
- Breukers CPM (1996) Ecosysteemanalyse en toetsing aan AMOEBE. In : Breukers CPM, Storm AA, Van Dam EM & Van Oirschot MCM (red) (1996) Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage Volkerak-Zoommeer 1987-1994. RIZA nota nr. 96.003, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad : 83-89.
- Breukers CPM (red), Van Veen MP & Van den Hark MHC (1995) Eutrofiëring Volkerak/Zoommeer 1992. RIZA-werkdocument 95.051X, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad : 1-32 + bijl.
- Breukers CPM, Storm AA, Van Dam EM & Van Oirschot MCM (red) (1996) Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage Volkerak-Zoommeer 1987-1994. RIZA nota nr. 96.003, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad : 1-102.
- Clevering OA & Van Gulik WJM (1990) De aanleg van biezengroeiingen. Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Afdeling Duinonderzoek Weeversduin, Oostvoorne : 1-94. In opdracht van RIZA.
- Frantzen N & Van der Velden JA (1992) Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer in 1991. RIZA nota 92.062, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Dordrecht : 1-82 + bijl.
- Geilen EFM (1996) Oeverplanten. In : Breukers CPM, Storm AA, Van Dam EM & Van Oirschot MCM (red) Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage Volkerak-Zoommeer 1987-1994. RIZA nota nr. 96.003, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad : 53-58.
- Ibelings BW, Kroon BMA & Mur LR (1994) Acclimation of photosystem II in a eukaryotic green alga and a cyanobacterium to high and fluctuating photosynthetic photon flux densities, simulating those induced by mixing in lakes. *New Phytol* 128 : 407-424.
- Iedema CW (1992) En de zee werd meer... Evaluatie waterbeheer Volkerak-Zoommeer. Nota AX 92.087, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg.
- Iedema CW, Schutten J & Van der Velden JA (1992) Zachte grenzen, harde noodzaak. *Waterschapsbelangen* 1992(14) : 598-602.



- Kilham P & Kilham SS (1984) The importance of resource supply rates in determining phytoplankton community structure. In : Meyers DG & Strickler JR (eds) Tropic interactions within aquatic ecosystems. AAAS Selected Symposium 85, American Association for the Advancement of Science. Westview Press, Boulder CO : 7-27.
- Muller M (1996a) Evaluatie van de aangelegde eilanden in het Volkerak-Zoommeer. Een inventarisatie. Nota AX 96.017, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg : 1-27 + bijl.
- Muller M (1996b) Evaluatie van de aangelegde eilanden in het Volkerak-Zoommeer. Ontwikkeling en voorstel tot integraal waterbeheer. Nota AX 96.030, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg : 1-40 + bijl.
- Notenboom-Ram E (1981) Verspreiding en ecologie van de Branchiopoda in Nederland. RIN-rapport 81/14, Rijkinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Leersum, Texel : 1-95.
- Paerl HW (1988) Growth and reproductive strategies of freshwater bluegreen algae (Cyanobacteria) In : Sandgren CD (ed) Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge : 9-104.
- Reynolds CS (1984) The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge : 1-384.
- Reynolds CS & Walsby AE (1975) Water-blooms. *Biol Rev* 50 : 437-481.
- Sandgren CD (1988) The ecology of chrysophyte flagellates: their growth and perennation strategies as freshwater phytoplankton. In : Sandgren CD (ed) Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge : 9-104.
- Slager H & Groen K (1995) Planten in de peiling. Zoutdynamiek in de bodem langs de oevers in het Volkerak-Zoommeer. RIZA nota 95.042, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- Van Dam EM (1994) Waterplanten in het Volkerak-Zoommeer in 1993. RIZA werkdocument 94.091X, RIZA, Lelystad.
- Van Dam EM & Schutten J (1993) Waterplanten in het Volkerak-Zoommeer in 1992. RIZA werkdocument 93.040X, RIZA, Lelystad.
- Van den Hark MHC (1993) Eutrofiëringsonderzoek Volkerak-Zoommeer - Ontwikkelingen van 1988-1990 en prognoses. RIZA-nota 92.027, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Dordrecht : 1-82.
- Van der Putten W & Smit H (1990) Biezen. DBW/RIZA nota nr. 90.026, DBW/RIZA, Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Dordrecht/Heteren : 1-36.
- Van Luijn F, Van der Molen DT, Luttmmer WJ & Boers PCM (1995) Influence of benthic diatoms on the nutrient release from sediments of shallow lakes recovering from eutrophication. *Water Sci Technol* 32 : 89-97.
- Van Nes EH, Visser J, Smit H, Oorthuysen W & Van Schaik AWJ (red) (1991) Het Volkerak-Zoommeer zoet en helder. RIZA nota 91.027/Flevovericht 239/Directie Zeeland nota AX 90.057, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag : 1-56.
- Vulink T & Coops H (red) (1995) Planten in de peiling. Ontwikkeling van oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer onder invloed van peilbeheer. Projectplan. RIZA nota 95.037, RIZA/RWS Directie IJsselmeergebied/RWS Directie Zeeland.

Bijlage 2.1      Geschatte lengte van de vooroeververdedigingen en van de oppervlakte van de natte, ondiepe gebieden achter de vooroeververdedigingen.

Water	Ondiep gebied	Lengte vooroever verdediging in m 1)	Oppervlakte nat gebied in ha 2)	Uitvoering bouw vooroeververdediging
Volkerak	Hellegatsplaten	1700	92.9	jun 90 - apr 91
	Ooltgensplaat	900	9.0	okt 93 - feb 94
	Sabrina Henricapolder	300	1.0	
	Krammersche Slikken	6800	330.2	dec 88 - mrt 91
	Oude Tonge (west)	3700	202.0	sep 94 - mrt 95
	Noordplaat	1950	16.1	sep 89 - feb 90
	Plaat van de Vliet	1700	239.0	mei 92 - dec 92
	Slikken van de Heen (west)	2900		
	Slikken van de Heen (oost)	1000	316.2	sep 90 - okt 91 3)
	Dintelse Gorzen	7050		
Totaal		28000	1206.4	

Water	Ondiep gebied	Lengte vooroever verdediging in m 1)	Oppervlakte nat gebied in ha 2)	Uitvoering bouw vooroeververdediging
Eendracht	Diverse gebiedjes	7350	37.0	
Totaal		7350	37.0	

Water	Ondiep gebied	Lengte vooroever verdediging in m 1)	Oppervlakte nat gebied in ha 2)	Uitvoering bouw vooroeververdediging
Zoommeer	Boereplaat	1700	6.7	mei 92 - mrt 93
	Prinsesseplaat	2200	67.1	sep 92 - mrt 93
	Speelmansplaten		6.0	jul 95 - feb 97
Totaal		3900	79.9	

Volkerak-Zoommeer	Totaal	39250	1323.3	
-------------------	--------	-------	--------	--

- 1) Schatting op basis van kaartmateriaal en gegevens RWS Directie Zeeland, exclusief directe en secundaire verdedigingen.
- 2) Oppervlakte gehele gebied achter de vooroeververdedigingen is bepaald aan de hand van kaartmateriaal van de RWS Directie Zeeland (d.d. sept 1995), hiervan zijn de oppervlakte van eilanden en plas-drasgebieden, vermeld in Muller (1996a) afgetrokken.
- 3) Bouw oeeververdediging langs toegangseul Steenbergse Vliet uitgevoerd in 1992 (geg. RWS Directie Zeeland).



Bijlage 3.1 Overzicht van metingen en analyses uitgevoerd in het proefvak Krammerse Slikken, in de zomer van 1996; aangegeven is het tijdvak waarvan waarnemingen beschikbaar waren.

Parameter	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefvak buiten	Vraatvak	Referentievak	Opmerking
Waterdiepte	aug-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	
Watertemperatuur	apr-okt	apr-okt	apr-sep	apr-okt	apr-okt	apr-sep	
Doorzicht	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	~ meting waterdiepte
pH	apr-sep	apr-sep	apr-sep	apr-sep	apr-sep	apr-sep	
Zuurstof	apr-okt	apr-okt	apr-sep	apr-okt	apr-okt	apr-sep	
Geleidbaarheid	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	
Chloride	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	geen meting op 30 sep
P-totaal	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	
DRP	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	geen meting op 30 sep
Kjeldahl-N	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	
NH4-N	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	geen meting op 30 sep
NO2/NO3-N	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	geen meting op 30 sep
NO2-N	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	niet gerapporteerd
DRSi	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	
Chlorofyl-a	apr-okt		apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	
Feofytine	apr-okt		apr-okt	apr-okt	apr-okt	apr-okt	niet gerapporteerd
Fytoplankton-ss	apr-okt		apr-jun, aug-okt	apr-okt	mei-okt	mei-okt	
Opmerking			geen metingen op 23 juli				

## Bijlage 3.2

Analyseresultaten van waterkwaliteitsparameters gemeten in het proefgebied op de Krammerse Slikken in de periode april-oktober 1996.

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Watertemperatuur (T)	C	16-Apr-96	12.7	14.6	12.8	10.8	12.8	12.8
		01-May-96	12.6	12.8	12.7	12.0	12.9	12.9
		13-May-96	11.2	12.8	12.3	10.3	11.1	11.1
		29-May-96	13.0	13.5	13.6	13.7	14.8	14.7
		10-Jun-96	25.2	25.6	23.4	20.4	19.6	19.9
		25-Jun-96	15.0	15.2	14.6	14.1	14.3	14.3
		08-Jul-96	16.9	17.2	16.5	16.3	16.2	15.7
		23-Jul-96	17.3	17.4		19.3	19.9	19.6
		05-Aug-96	15.3	15.2	14.2	15.8	17.2	17.0
		20-Aug-96	20.1	20.3	20.9	19.3	20.3	19.8
		02-Sep-96	19.1	18.5	18.1	16.7	16.0	16.1
		17-Sep-96	11.0	11.0	10.1	12.7	13.9	13.4
		30-Sep-96	15.5	15.3	15.2	15.4	15.3	15.3
21-Oct-96	14.0	14.0		13.9	13.7			

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Zuurgraad (pH)		16-Apr-96	9.3	9.3	9.5	9	9	8.7
		01-May-96	9.9	9.9	9.8	8.9	8.9	9
		13-May-96	9.1	9.3	9.5	9	8.8	8.9
		29-May-96	8.5	8.6	8.6	8.6	8.8	8.7
		10-Jun-96	9.5	9.5	8.9	8.6	8.4	8.6
		25-Jun-96	9.6	9.4	8.8	8.9	9.2	9
		08-Jul-96	10.3	9.8	9.3	9.4	10	9.1
		23-Jul-96	8.9	9.2		9.6	8.6	8.7
		05-Aug-96	9.2	9.1	8.7	9.2	9.4	9.2
		20-Aug-96	9.3	9.2	8.8	9.2	9.4	9.2
		02-Sep-96	10.1	8.9	8.6	8.5	8.3	8.6
		17-Sep-96	8.4	8.4	8.5	8.1	8.5	8.3
		30-Sep-96	9.6	9.5	9.1	8.4	8.3	8.4
21-Oct-96								

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Zuurstofgehalte (O <sub>2</sub> )	mg O <sub>2</sub> /l	16-Apr-96	13.1	12.8	13.1	13.1	13.2	11.7
		01-May-96	12	11	11.5	9	9.8	10
		13-May-96	11.5	12.4	13.3	11.1	10.5	10.3
		29-May-96	8.3	8.7	8.4	8.6	9.5	9.5
		10-Jun-96	13.3	12	8.3	5	5	5.1
		25-Jun-96	9.7	11.5	7	6.5	8.1	7.1
		08-Jul-96	11.1	11.6	7.7	6.7	8.6	5
		23-Jul-96	5.6	8.8		4.3	5.8	6.1
		05-Aug-96	5.7	8	4.6	4	5.7	4.6
		20-Aug-96	13	14.5	11.3	3.5	7	5.1
		02-Sep-96	7.4	5.1	4.7	4.9	3.6	5
		17-Sep-96	5.2	4	4.6	5.4	6.5	6
		30-Sep-96	8.6	8.1	7.3	6.7	6.5	6.6
21-Oct-96	11.6	11		9.8	9.7			



Bijlage 3.2  
(vervolg)

Analyseresultaten van waterkwaliteitsparameters gemeten in het proefgebied op de Krammerse Slikken in de periode april-oktober 1996.

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Geleidbaarheid	mS/m	16-Apr-96	139.3	143.6	168.9	113	113.4	113
		01-May-96	201.8	206.6	228.4	138.5	137.2	137.9
		13-May-96	150.8	252	255.1	121.3	116.9	118.8
		29-May-96	297.3	300	307	159.4	156.4	155.9
		10-Jun-96	208.6	216.9	289.5	152.2	140.4	148.6
		25-Jun-96	173.2	229.8	292	151.5	144.3	159.7
		08-Jul-96	207.7	213.3	217.6	155.4	156.9	160.3
		23-Jul-96	168.4	270.6		140.3		123.1
		05-Aug-96	197	261.8	309	153.8	142.8	144.1
		20-Aug-96	192.3	245.1	317	111.5	107.2	108.5
		02-Sep-96	174.5	183.6	185.8	143.6	140.1	136.8
		17-Sep-96	190.1	192.6	201	122	119.5	120.5
		30-Sep-96	149.3	147.4	169	136.7	137.6	138
		21-Oct-96	274.1	248	238.3	137.5	139	139.3

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Chloridegehalte (Cl)	mg Cl/l	16-Apr-96	368.5	374.0	453.5	252.3	253.3	254.8
		01-May-96	530.3	554.4	600.0	346.3	339.5	343.5
		13-May-96		690.9	729.5	291.5	275.0	283.0
		29-May-96	789.7	802.4	816.0	412.5	406.1	409.7
		10-Jun-96	545.9	566.2	752.0	374.1	343.2	374.4
		25-Jun-96	498.7	662.5	822.1	383.5	399.1	397.8
		08-Jul-96	518.1	529.5	522.4	385.7	406.1	395.8
		23-Jul-96	379.2	778.8		452.0	309.7	309.4
		05-Aug-96	524.8	834.0	868.4	414.8	379.7	386.7
		20-Aug-96	518.6	420.4	663.5	270.0	264.2	271.9
		02-Sep-96	405.0	425.5	427.6	357.0	373.4	336.5
		17-Sep-96	506.6	501.7	513.4	288.6	280.5	284.8
		30-Sep-96						
		21-Oct-96	760.5	661.1	639.8	348.8	353.8	352.9

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Totaal-fosfaat (P-tot)	mg P/l	16-Apr-96	0.14	0.13	0.20	0.08	0.08	0.08
		01-May-96	0.10	0.12	0.13	0.07	0.07	0.06
		13-May-96	0.13	0.18	0.25	0.06	0.09	0.11
		29-May-96	0.15	0.14	0.19	0.18	0.10	0.11
		10-Jun-96	0.14	0.21	0.26	0.14	0.06	0.10
		25-Jun-96	0.11	0.22	0.32	0.05	0.07	0.08
		08-Jul-96	0.18	0.21	0.28	0.05	0.05	0.08
		23-Jul-96	0.17	0.16		0.12	0.21	0.33
		05-Aug-96	0.10	0.31	0.15	0.18	0.24	0.25
		20-Aug-96	0.19	0.71	0.34	0.42	0.61	0.44
		02-Sep-96	0.18	0.18	0.17	0.17	0.27	0.20
		17-Sep-96	0.26	0.30	0.44	0.20	0.28	0.23
		30-Sep-96	0.11	0.11	0.14	0.15	0.15	0.15
		21-Oct-96	0.09	0.13	0.12	0.22	0.17	0.21

Bijlage 3.2  
(vervolg)

Analyseresultaten van waterkwaliteitsparameters gemeten in het proefgebied op de  
Krammerse Slikken in de periode april-oktober 1996.

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Ogelost reactief fosfaat (DRP, PO <sub>4</sub> -P)	µg P/l	16-Apr-96	6.20	7.70	7.70	1.00	4.00	1.30
		01-May-96	9.30	12.80	15.80	10.00	5.40	5.30
		13-May-96		27.00	20.70	6.50	19.00	25.70
		29-May-96	20.00	28.00	39.30	14.40	10.20	10.70
		10-Jun-96	17.80	29.30	52.40	24.10	19.80	16.30
		25-Jun-96	16.50	37.00	94.50	7.10	3.50	5.90
		08-Jul-96	19.10	20.00	64.10	15.20	12.60	17.60
		23-Jul-96	75.20	30.00		22.50	39.60	31.40
		05-Aug-96	15.60	48.80	32.00	58.60	41.60	54.60
		20-Aug-96	12.00	90.90	33.90	123.30	28.30	97.90
		02-Sep-96	24.60	46.60	32.30	17.80	34.00	18.00
		17-Sep-96	94.10	26.30	25.40	43.20	87.80	94.00
		30-Sep-96						
21-Oct-96	36.80	44.00	40.20	26.10	34.40	42.80		

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Kjeldahl-stikstof (Kj-N)	mg N/l	16-Apr-96	1.77	1.94	2.50	1.17	1.12	1.20
		01-May-96	1.63	2.33	2.63	0.83	1.79	1.16
		13-May-96	1.67	3.36	3.86	0.72	0.82	1.20
		29-May-96	2.74	2.83	2.46	2.24	1.09	1.22
		10-Jun-96	3.20	3.82	4.83	2.37	1.26	1.97
		25-Jun-96	2.09	4.11	5.69	1.16	0.72	0.86
		08-Jul-96	3.38	3.92	4.08	1.17	1.45	1.40
		23-Jul-96	2.63	3.76		1.17	2.75	4.14
		05-Aug-96	2.02	4.64	3.66	1.32	2.43	2.18
		20-Aug-96	2.81	7.75	4.92	3.11	6.66	3.62
		02-Sep-96	2.59	3.18	2.49	1.92	3.08	2.42
		17-Sep-96	3.34	3.19	4.89	1.73	1.92	1.47
		30-Sep-96	1.62	1.46	2.13	1.36	1.60	1.57
21-Oct-96	1.72	2.10	1.81	1.94	1.78	1.88		

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Ammonium-stikstof (NH <sub>4</sub> -N)	mg N/l	16-Apr-96	0.05	0.09	0.06	0.06	0.08	0.05
		01-May-96	0.05	0.05	0.06	0.04	0.10	0.02
		13-May-96	0.03	0.08	0.07	0.03	0.03	0.06
		29-May-96	0.16	0.13	0.14	0.02	0.07	0.07
		10-Jun-96	0.16	0.11	0.22	0.35	0.35	0.27
		25-Jun-96	0.03	0.08	0.20	0.08	0.25	0.08
		08-Jul-96	0.03	0.07	0.09	0.05	0.01	0.02
		23-Jul-96	0.13	0.07		0.04	0.03	0.03
		05-Aug-96	0.02	0.11	0.07	0.02	0.01	0.05
		20-Aug-96	0.01	0.05	0.07	0.12	0.07	0.03
		02-Sep-96	0.10	0.22	0.22	0.06	0.02	0.02
		17-Sep-96	0.08	0.15	0.05	0.20	0.02	0.07
		30-Sep-96						
21-Oct-96	0.02	0.02	0.02	0.10	0.11	0.11		





Bijlage 3.2  
(vervolg)

Analyseresultaten van waterkwaliteitsparameters gemeten in het proefgebied op de  
Krammerse Slikken in de periode april-oktober 1996.

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Organisch-stikstof	mg N/l	16-Apr-96	1.72	1.85	2.44	1.11	1.04	1.15
		01-May-96	1.58	2.28	2.57	0.79	1.69	1.14
Berekend als verschil Kj-N - NH4-N		13-May-96	1.64	3.28	3.79	0.69	0.79	1.14
		29-May-96	2.58	2.70	2.32	2.22	1.02	1.15
		10-Jun-96	3.04	3.71	4.61	2.02	0.91	1.70
		25-Jun-96	2.06	4.03	5.49	1.08	0.47	0.78
		08-Jul-96	3.35	3.85	3.99	1.12	1.44	1.38
		23-Jul-96	2.50	3.69		1.13	2.72	4.11
		05-Aug-96	2.00	4.53	3.59	1.30	2.42	2.13
		20-Aug-96	2.80	7.70	4.85	2.99	6.59	3.59
		02-Sep-96	2.49	2.96	2.27	1.86	3.06	2.40
		17-Sep-96	3.26	3.04	4.84	1.53	1.90	1.40
30-Sep-96								
		21-Oct-96	1.70	2.08	1.79	1.84	1.67	1.77

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Ogelost reactief silicaat (DRSi)	mg Si/l	16-Apr-96	0.06	0.11	0.10	0.04	0.05	0.05
		01-May-96	0.27	0.29	0.17	0.18	0.12	0.12
		13-May-96	0.02	0.05	0.08	0.09	0.22	0.20
		29-May-96	0.28	0.21	0.15	0.27	0.30	0.32
		10-Jun-96	1.33	1.44	0.72	1.88	0.99	1.61
		25-Jun-96	1.25	1.14	0.89	0.44	0.47	0.52
		08-Jul-96	0.59	0.35	0.77	0.54	0.37	0.64
		23-Jul-96	3.97	6.04		5.96	0.93	0.93
		05-Aug-96	4.40	3.69	1.55	2.78	1.28	1.69
		20-Aug-96	6.02	5.35	2.74	1.93	1.29	1.44
		02-Sep-96	3.42	3.11	0.87	1.92	1.65	1.36
		17-Sep-96	2.45	2.53	0.90	1.99	2.12	2.14
		21-Oct-96	0.26	0.29	0.30	1.54	1.67	1.68

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie	
Chlorofyl-a-gehalte (Chla)	µg Chla/l	16-Apr-96	22		25	29	38	35	
		01-May-96	8		4	11	16	15	
		13-May-96	10			38	7	11	8
		29-May-96	27			29	85	20	24
		10-Jun-96	3			7	30	15	26
		25-Jun-96	3			13	9	5	4
		08-Jul-96	4			15	11	6	14
		23-Jul-96	28				4	177	287
		05-Aug-96	3			3	41	94	89
		20-Aug-96	17			4	284	417	352
		02-Sep-96	6			10	74	138	73
		17-Sep-96	65			98	60	61	42
		30-Sep-96	28			52	50	61	56
21-Oct-96	24			28	50	30	33		



Bijlage 3.2  
(vervolg)

Analyseresultaten van waterkwaliteitsparameters gemeten in het proefgebied op de  
Krammerse Slikken in de periode april-oktober 1996.

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie	
Blauwwieren (Cyanophyta)	Cel/ml	16-Apr-96	3008		2757	1659			
		01-May-96	3772		1404	2351	1579	6799	
		13-May-96	3760		14287	250	627	250	
		29-May-96	<		<	72565	2758	5013	
		10-Jun-96	58		<	585	752	1755	
		25-Jun-96	585		<	4679		614	
		08-Jul-96	7			6893	292	<	
		23-Jul-96	491			175	1767465	1692018	
		05-Aug-96	213			<	215487	539665	894094
		20-Aug-96	36591			1316	2413978	1716350	1588248
< = niet aangetroffen in de telling		02-Sep-96	19378		39918	132246	520741	2036421	
		17-Sep-96	1659		3760	316378	277006	78406	
		21-Oct-96	12374		43709	21135	23394	39404	

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie	
Kiezelwieren (Bacillariophyceae)	Cel/ml	16-Apr-96	4135		9525	6130			
		01-May-96	175		702	1509	1184	1900	
		13-May-96	21681		3259	11907	20428	6266	
		29-May-96	1253		<	16670	10151	8397	
		10-Jun-96	262		176	2340	3260	1505	
		25-Jun-96	59		376	1404		439	
		08-Jul-96	28			1128	233	752	
		23-Jul-96	141			<	7604	1755	
		05-Aug-96	201			428	1316	2506	2006
		20-Aug-96	211			1404	4563	8071	1350
< = niet aangetroffen in de telling		02-Sep-96	238		439	5925	12903	12441	
		17-Sep-96	237		1253	5964	4825	4261	
		21-Oct-96	1384		1100	4547	2535	2778	

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie	
Groenwieren (Chlorophyta)	Cel/ml	16-Apr-96	11279		35593	2884			
		01-May-96	2515		4693	1087	2369	4460	
		13-May-96	6392		31834	125	1755	1630	
		29-May-96	<		<	4261	4889	4386	
		10-Jun-96	2427		3291	60243	69432	92495	
		25-Jun-96	486		4262	4796		3861	
		08-Jul-96	414			4888	1812	2882	
		23-Jul-96	2158			9210	24564	20470	
		05-Aug-96	665			1910	6032	9275	8523
		20-Aug-96	1958			7632	13335	702	4386
< = niet aangetroffen in de telling		02-Sep-96	463		18643	16116	51613	41474	
		17-Sep-96	6162		5640	6221	1754	952	
		21-Oct-96	3046		4230	3829	2015	3217	

Bijlage 3.2  
(vervolg)

Analyseresultaten van waterkwaliteitsparameters gemeten in het proefgebied op de Krammerse Slikken in de periode april-oktober 1996.

Parameter	Dimensie	Datum	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentie
Overige algen	Cel/ml	16-Apr-96	13284		4262	2741		
		01-May-96	3684		659	3965	3377	3728
		13-May-96	11530		11782	3509	4136	6642
		29-May-96	216818		181725	5388	3384	2130
		10-Jun-96	936		2807	16961	2507	13034
		25-Jun-96	916		14163	7954		6842
		08-Jul-96	646			15289	5147	12909
		23-Jul-96	71			702	1755	2924
		05-Aug-96	615		721	2084	4010	3258
		20-Aug-96	97		526	2106	1755	4387
< = niet aangetroffen in de telling		02-Sep-96	77		1974	12324	47005	24193
		17-Sep-96	44319		127835	3890	1023	1955
		21-Oct-96	5079		9246	3988	3315	3947



Bijlage 3.3 Zomerhalfjaargemiddelde waarden van waterkwaliteitsparameters in de proefvakken op de Krammerse Slikken, 1996. 1)

Parameter	Dimensie	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Referentievak
Watertemperatuur	C	15.8	16.3	15.5	15.1	15.8	15.6
pH		9.4	9.3	9.1	8.9	9.0	8.8
Geleidbaarheid	mS/m	183.5	215.0	239.8	136.5	134.5	134.1
Zuurstof	mg O <sub>2</sub> /l	10.0	10.4	8.8	7.2	8.1	7.3
Chloride	mg Cl/l	496.2	569.3	619.1	344.2	328.6	329.8
P-totaal	mg P/l	0.149	0.231	0.243	0.139	0.170	0.168
DRP	mg P/l	0.026	0.032	0.039	0.028	0.025	0.031
N-totaal	mg N/l	2.58	3.70	3.83	2.35	3.02	2.76
N-organisch	mg N/l	2.40	3.56	3.69	1.48	1.99	1.84
DIN	mg N/l	0.17	0.14	0.14	0.87	1.03	0.92
NH <sub>4</sub> -N	mg N/l	0.07	0.10	0.11	0.09	0.09	0.06
NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub> -N	mg N/l	0.11	0.04	0.03	0.78	0.94	0.85
Kjeldahl-N	mg N/l	2.39	3.57	3.71	1.54	2.03	1.88
DRSi	mg Si/l	1.99	2.02	0.81	1.49	0.80	0.90
Chlorofyl-a	µg/l	16.5	-	21.8	52.4	82.9	82.3
Doorzicht	dm	-	-	-	-	-	-

- = geen meetgegevens beschikbaar

1) De zomerhalfjaargemiddelden zijn berekend uit de maandgemiddelde waarden van de maanden april tot en met september

## Bijlage 3.4

Overzicht van verschillen en overeenkomsten tussen proefvakken op basis van waterkwaliteit, gemeten in de periode april-oktober 1996.

(verschillen zijn getoetst op significantie met behulp van een Wilcoxon rangtekentoets voor gepaarde waarnemingen)

Parameter	Verschillen	Frequentie	Significantie	n	Overeenkomsten
Watertemperatuur	PvB < PvC	64%	p < 0.05	14	PvB ~ PvD, Pvb, Rv, Vv
	PvC > PvD	83%	p < 0.05	12	PvC ~ Pvb, Rv, Vv
	Pvb < Vv	64%	p < 0.05	14	PvD ~ Pvb, Rv, Vv
	Pvb < Rv	69%	p < 0.05	13	Vv ~ PvB, PvC, PvD, Rv
Zuurstof (O <sub>2</sub> )	PvB > PvD	75%	p < 0.05	12	PvB ~ PvC
	PvB > Vv	64%	p < 0.05	14	PvC ~ PvD
	PvB > Rv	77%	p < 0.01	13	PvD ~ PvC, Vv, Rv
	PvB > Pvb	79%	p < 0.005	14	Vv ~ PvD, Rv
	PvC > Vv	79%	p < 0.05	14	Rv ~ Pvb
	PvC > Rv	85%	p < 0.01	13	
	PvC > Pvb	86%	p < 0.01	14	
	PvD > Pvb	67%	p < 0.05	12	
Vv > Pvb	64%	p < 0.05	14		
Chloride	PvB < PvD	91%	p < 0.05	11	PvB ~ PvC
	PvB > Pvb	91%	p < 0.005	12	Vv ~ Pvb, Rv
	PvB > Vv	100%	p < 0.005	12	
	PvB > Rv	100%	p < 0.005	12	
	PvC < PvD	83%	p < 0.05	12	
	PvC > Pvb	100%	p < 0.005	13	
	PvC > Vv	100%	p < 0.005	13	
	PvC > Rv	100%	p < 0.005	13	
	PvD > Pvb	100%	p < 0.005	12	
	PvD > Vv	100%	p < 0.005	12	
PvD > Rv	100%	p < 0.005	12		
Chlorofyl-a	PvB < PvD	77%	p < 0.05	13	PvD ~ Vv, Rv, Pvb
	PvB < Pvb	79%	p < 0.05	14	Vv ~ Rv, Pvb
	PvB < Vv	86%	p < 0.01	14	Rv ~ Pvb
	PvB < Rv	79%	p < 0.05	14	
Van PvC zijn geen chlorofyl-a-gegevens beschikbaar					
P-totaal	PvB < PvC	64%	p < 0.01	14	PvB ~ Vv, Pvb, Rv
	PvB < PvD	92%	p < 0.005	13	PvC ~ PvD, Rv
	PvC > Pvb	79%	p < 0.01	14	PvD ~ PvC, Vv, Pvb, Rv
	PvC > Vv	71%	p < 0.05	14	Vv ~ PvB, PvD, Pvb, Rv
Orthofosfaat (DRP)	PvB < PvD	91%	p < 0.05	11	PvB ~ PvC, Vv, Pvb, Rv
					PvC ~ PvB, PvD, Vv, Pvb, Rv
					PvD ~ PvC, Vv, Pvb, Rv
					Vv ~ PvB, PvC, PvD, Pvb, Rv
PvB = Proefvak B	PvD = Proefvak D	Rv = Referentievak			
PvC = Proefvak C	Vv = Vraatvak	Pvb = Proefvak buiten			

Bijlage 3.4  
(vervolg)

Overzicht van verschillen en overeenkomsten tussen proefvakken op basis van waterkwaliteit, gemeten in de periode april-oktober 1996.

Parameter	Verschillen	Frequentie	Significantie	n	Overeenkomsten
N-totaal	PvB < PvC	92%	p < 0.005	13	PvB ~ Vv, Pvb, Rv
	PvB < PvD	83%	p < 0.01	12	PvC ~ PvD, Vv, Rv
	PvC > Pvb	77%	p < 0.05	13	PvD ~ PvC, Vv
	PvD > Pvb	67%	p < 0.05	12	Vv ~ PvB, PvC, PvD, Pvb, Rv
	PvD > Rv	75%	p < 0.05	12	
N-organisch	PvB < PvC	92%	p < 0.005	13	PvB ~ Vv, Rv
	PvB < PvD	83%	p < 0.01	12	PvC ~ PvD
	PvB > Pvb	85%	p < 0.005	13	PvD ~ PvC
	PvC > Pvb	100%	p < 0.005	13	Vv ~ PvB, Pvb, Rv
	PvC > Vv	92%	p < 0.005	13	
	PvC > Rv	92%	p < 0.005	13	
	PvD > Pvb	92%	p < 0.005	12	
	PvD > Vv	83%	p < 0.05	12	
PvD > Rv	92%	p < 0.005	12		
Opgelost anorg. N (DIN)	PvB < Pvb	77%	p < 0.01	13	PvB ~ PvC, PvD
	PvB < Vv	77%	p < 0.05	13	PvC ~ PvB, PvD
	PvB < Rv	77%	p < 0.05	13	PvD ~ PvB, PvC, Rv
	PvC < Pvb	62%	p < 0.05	13	Vv ~ Pvb
	PvC < Vv	69%	p < 0.05	13	
	PvC < Rv	62%	p < 0.05	13	
	PvD < Pvb	67%	p < 0.05	12	
	PvD < Vv	67%	p < 0.05	12	
Vv > Rv	62%	p < 0.05	13		
Ammonium (NH4)	PvB < PvD	75%	p < 0.05	12	PvB ~ PvC, Vv, Pvb, Rv PvC ~ PvB, PvD, Vv, Pvb, Rv PvD ~ PvC, Vv, Pvb, Rv Vv ~ PvB, PvC, PvD, Pvb, Rv
Nitriet + Nitraat (NO2/NO3)	PvB < Pvb	54%	p < 0.05	12	PvB ~ PvC, PvD
	PvB < Vv	69%	p < 0.01	13	PvC ~ PvB, PvD
	PvB < Rv	77%	p < 0.01	13	Pvb ~ Rv
	PvC < Pvb	62%	p < 0.05	13	
	PvC < Vv	69%	p < 0.01	13	
	PvC < Rv	69%	p < 0.01	13	
	PvD < Pvb	58%	p < 0.05	12	
	PvD < Vv	67%	p < 0.005	12	
	PvD < Rv	75%	p < 0.05	12	
Vv > Pvb	62%	p < 0.05	13		
Vv > Rv	54%	p < 0.05	13		
Silicaat (DRSi)	PvB > PvD	67%	p < 0.05	12	PvB ~ PvC, Pvb, Rv
	PvB > Vv	77%	p < 0.05	13	PvC ~ PvB, Pvb, Rv
	PvC > PvD	75%	p < 0.05	12	PvD ~ Vv, Pvb, Rv
	PvC > Vv	69%	p < 0.05	13	Vv ~ PvD, Pvb, Rv

PvB = Proefvak B  
PvC = Proefvak C

PvD = Proefvak D  
Vv = Vraatvak

Rv = Referentievak  
Pvb = Proefvak buiten



Bijlage 3.5 Correlaties tussen proefvakken B, C, D en Buiten, tussen Vraatvak en Referentievak en tussen de drie proefvakken en het Referentievak (onderste tabel).  
(Spearman rangcorrelatie-analyse)

Parameter	Proefvak B ~ Buiten	Proefvak C ~ Buiten	Proefvak D ~ Buiten	Vraatvak ~ Referentie
Watertemperatuur	0.957 p < 0.001 (14)	0.920 p < 0.001 (14)	0.930 p < 0.005 (12)	0.978 p < 0.001 (13)
pH	ns	ns	ns	0.904 p < 0.005 (13)
Zuurstof	ns	ns	0.646 p < 0.05 (12)	0.786 p < 0.01 (14)
Geleidbaarheid	0.582 p < 0.05 (14)	ns	ns	0.956 p < 0.001 (13)
Chloride	ns	0.753 p < 0.01 (13)	ns	0.952 p < 0.005 (13)
P-totaal	ns	ns	ns	0.894 p < 0.005 (14)
DRP	ns	0.648 p < 0.05 (13)	ns	0.863 p < 0.005 (13)
N-totaal	ns	ns	ns	0.912 p < 0.05 (13)
N-organisch	ns	ns	ns	0.807 p < 0.01 (13)
DIN	ns	ns	-0.633 p < 0.05 (12)	0.956 p < 0.001 (13)
NH4-N	ns	ns	ns	ns
NO2/NO3-N	ns	ns	ns	0.934 p < 0.005 (13)
DRSi	0.885 p < 0.005 (13)	0.930 p < 0.005 (13)	0.874 p < 0.005 (12)	0.929 p < 0.005 (13)
Chlorofyl-a	ns	-	ns	0.977 p < 0.0005 (14)

Parameter	Proefvak B ~ Referentievak	Proefvak C ~ Referentievak	Proefvak D ~ Referentievak
Watertemperatuur	0.912 p < 0.005 (14)	0.873 p < 0.005 (14)	0.867 p < 0.005 (12)
pH	ns	ns	ns
Zuurstof	ns	ns	0.710 p < 0.05 (12)
Geleidbaarheid	0.560 p < 0.05 (14)	ns	ns
Chloride	ns	0.577 p < 0.05 (13)	ns
P-totaal	ns	ns	ns
DRP	ns	0.604 p < 0.05 (13)	ns
N-totaal	ns	ns	ns
N-organisch	ns	ns	ns
DIN	ns	ns	ns
DRSi	0.632 p < 0.05 (13)	0.647 p < 0.05 (13)	0.713 p < 0.05 (12)
Chlorofyl-a	ns	-	ns

Toelichting : coefficient overschrijdingskans (aantal waarnemingen)

ns = niet significant  
- = geen waarnemingen

Bijlage 3.6 Correlaties van het verloop van waterkwaliteitsparameters tussen de ondiepe proefvakken.  
(Spearman rangcorrelatie-analyse)

Parameter	Proefvak B ~ Proefvak C	Proefvak B ~ Proefvak D	Proefvak C ~ Proefvak D
Watertemperatuur	0.985 p < 0.0005 (14)	0.993 p < 0.005 (14)	0.990 p < 0.005 (14)
pH	0.682 p < 0.05 (13)	ns	0.818 p < 0.01 (13)
Zuurstof	0.841 p < 0.005 (14)	0.774 p < 0.05 (12)	0.792 p < 0.01 (14)
Geleidbaarheid	ns	ns	0.868 p < 0.005 (14)
Chloride	ns	ns	0.825 p < 0.01 (13)
P-totaal	ns	0.743 p < 0.05 (14)	0.723 p < 0.05 (14)
DRP	ns	ns	ns
N-totaal	ns	ns	0.706 p < 0.05 (13)
N-organisch	ns	ns	0.748 p < 0.05 (13)
NH4-N	0.568 p < 0.05 (13)	ns	ns
NO2/NO3-N	ns	ns	ns
DIN	0.598 p < 0.05 (13)	ns	ns
DRSi	0.632 p < 0.05 (13)	0.647 p < 0.05 (13)	0.713 p < 0.05 (12)
Chlorofyl-a	-	0.747 p < 0.01 (14)	-

Toelichting :                    coefficient    overschrijdingskans    (aantal waarnemingen)

ns = niet significant  
- = geen waarnemingen

Bijlage 3.7 Resultaten correlatie-analyse tussen enkele waterkwaliteitsparameters.  
(Spearman rangcorrelatie)

Parameters	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Ref vak	Toelichting
Watertemperatuur versus	0,134 14	0,219 14	-0,165 12	-0,808 14	-0,753 14	-0,766 13	coefficient aantal waarnemingen
Zuurstofgehalte	0,6288	0,4289	0,5851	0,0036	0,0067	0,0080	overschrijdingskans

Parameters	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefvak B + C + D	Toelichting
Zuurstofgehalte versus	0,077 14	-0,309 14	-0,256 12	-0,199 40	coefficient aantal waarnemingen
Waterdiepte	0,7807	0,2659	0,3953	0,2151	overschrijdingskans

Parameters	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Ref vak	Toelichting
Geleidbaarheid versus	0,951 14	0,852 13	0,881 13	0,846 13	0,970 13	0,967 13	coefficient aantal waarnemingen
Chloridegehalte	0,0016	0,0032	0,0035	0,0034	0,0013	0,0008	overschrijdingskans

Parameters	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Ref vak	Toelichting
Chlorofyl-a versus	0,072 14	- 0	-0,168 13	0,413 14	0,626 14	0,550 14	coefficient aantal waarnemingen
Totaal-Stikstof	0,8035		0,5771	0,1529	0,0300	0,0570	overschrijdingskans

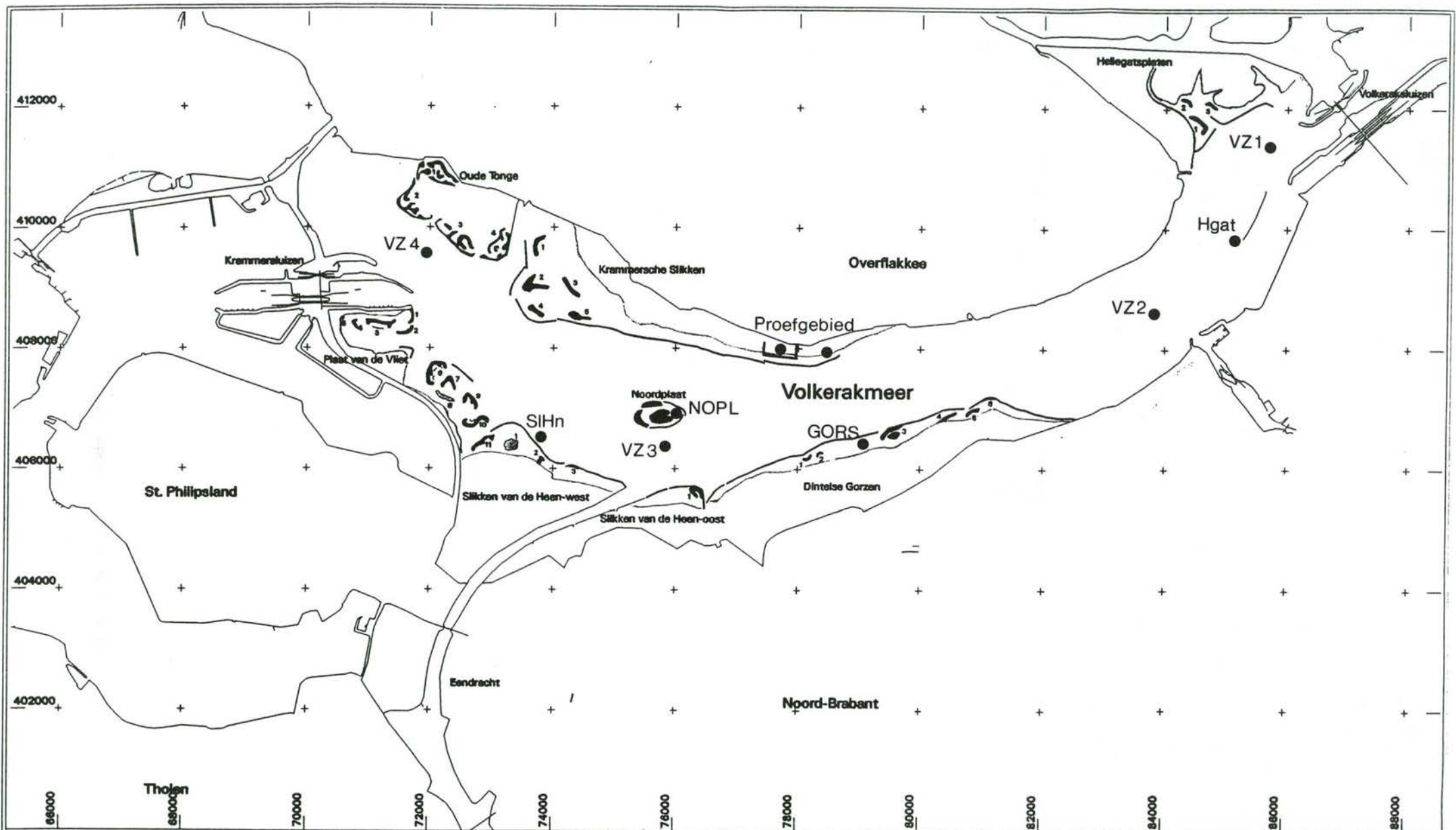
Parameters	Proefvak B	Proefvak C	Proefvak D	Proefv buiten	Vraatvak	Ref vak	Toelichting
Chlorofyl-a versus	0,265 14	- 0	0,094 13	0,833 14	0,868 14	0,818 14	coefficient aantal waarnemingen
Totaal-Fosfaat	0,3389		0,7459	0,0027	0,0018	0,0032	overschrijdingskans



Bijlage 3.8 Overzicht van dominante fytoplanktontaxa (> 10% van het totale aantal individuen) en frequentie in de monsters van het proefgebied Krammerse Slikken, in 1996.

Vak	Taxon	Klasse	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Frequentie
Proefvak B	Chlamydomonas	Groenwieren	+	+					+	4
	Centrales	Kiezelwieren	+	+			+	+		4
	Rhodomonas	Cryptophyceen		+	+	+	+	+	+	8
	Monoraphidium	Groenwieren			+	+	+	+		4
	Cryptomonas	Cryptophyceen					+	+	+	3
	Flagellaat non det	Overige						+	+	3
	Microcystis	Blauwwieren						+		2
	Chroococcales	Blauwwieren						+		1
	Nitzschia	Kiezelwieren						+		1
	Kleine bol non det	Overige	+							1
Vak	Taxon	Klasse	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Frequentie
Proefvak D	Chlamydomonas	Groenwieren	+	+	+				+	5
	Rhodomonas	Cryptophyceen		+	+		+	+		6
	Monoraphidium	Groenwieren			+		+	+		4
	Flagellaat non det	Overige			+			+	+	3
	Cryptomonas	Cryptophyceen						+	+	2
	Pennales	Kiezelwieren					+			1
	Centrales	Kiezelwieren					+			1
	Vak	Taxon	Klasse	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Vraatvak	Rhodomonas	Cryptophyceen	+	+		+	+	+	+	7
	Centrales	Kiezelwieren		+				+	+	4
	Monoraphidium	Groenwieren			+	+	+			3
	Microcystis	Blauwwieren				+	+	+		4
	Aphanizomenon	Blauwwieren				+	+			3
	Skeletonema	Kiezelwieren					+	+		2
	Nitzschia	Kiezelwieren		+				+		2
	Kleine bol non det	Overige						+		1
	Flagellaat non det	Overige							+	1
	Vak	Taxon	Klasse	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Referentievak	Chlamydomonas	Groenwieren	+	+						1
	Nitzschia	Kiezelwieren	+	+				+		3
	Rhodomonas	Cryptophyceen	+	+	+	+	+	+		9
	Monoraphidium	Groenwieren			+	+	+	+		5
	Microcystis	Blauwwieren				+	+	+		4
	Aphanizomenon	Blauwwieren				+	+			2
	Skeletonema	Kiezelwieren						+		1
Vak	Taxon	Klasse	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Frequentie
Proefvak buiten	Centrales	Kiezelwieren	+	+						3
	Rhodomonas	Cryptophyceen	+	+	+	+	+	+		8
	Monoraphidium	Groenwieren			+	+	+			4
	Kleine bol non det	Overige	+					+		3
	Microcystis	Blauwwieren					+			2
	Flagellaat non det	Overige		+						1
	Aphanizomenon	Blauwwieren					+			1
	Skeletonema	Blauwwieren								1
	Skeletonema	Kiezelwieren						+		1
	Nitzschia	Kiezelwieren		+						1

Opm. Tot de groep Centrales behoren kiezelwieren uit de geslachten Stephanodiscus en Cyclotella.



## LEGENDA

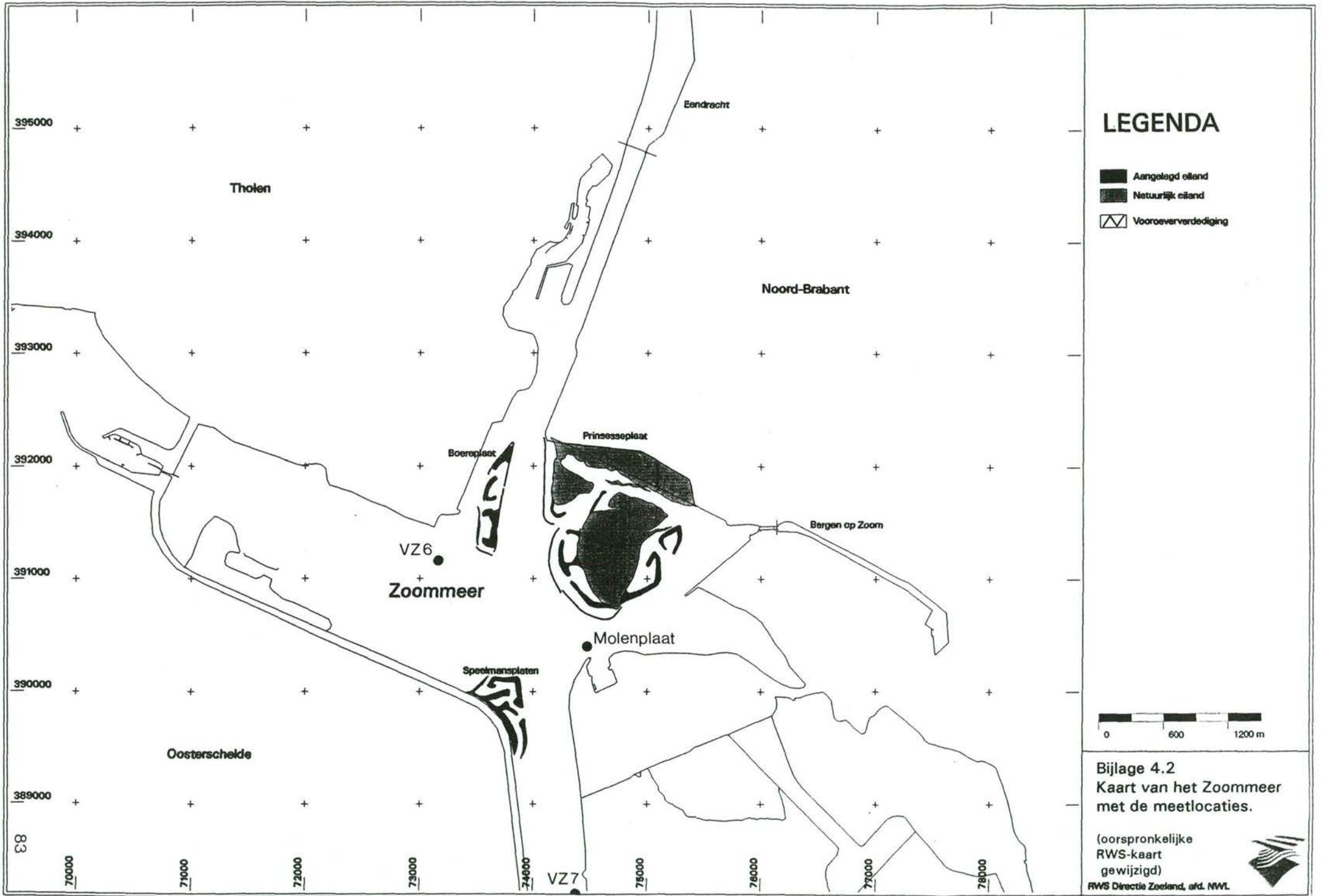
-  Aangelegd eiland
-  Natuurlijk eiland
-  Vooreverdediging

18

Bijlage 4.1  
Kaart van het Volkerakmeer  
met de meetlocaties.

(oorspronkelijke  
RWS-kaart  
gewijzigd)  
RWS Directie Zeeland, afd. NVL





# LEGENDA

-  Aangelegd eiland
-  Natuurlijk eiland
-  Vooroeververdediging



Bijlage 4.2  
 Kaart van het Zoommeer  
 met de meetlocaties.

(oorspronkelijke  
 RWS-kaart  
 gewijzigd)  
 RWS Directie Zeeland, afd. NWL





Bijlage 4.3 Zomerhalfjaargemiddelde waarden van waterkwaliteitsparameters in ondiepe gebieden van het Volkerak-Zoommeer, met waarden op diepe locaties ter vergelijking 1)

Parameter	Dimensie	Jaar	VZ 1	Hellegat	VZ 2	Dint Gors	Noordpl	VZ 3	Slik Heen	VZ 4	Molienpl	VZ 7	
Watertemperatuur	C	1989	16.2	16.5	15.9	-	-	16.1	16.9	16.5	16.6	15.8	
		1990	17.0	17.0	16.5	-	-	16.7	17.6	16.4	16.3	16.1	
		1991	17.8	-	-	-	15.9	-	-	-	-	-	-
		1992	17.4	-	-	15.4	17.3	-	-	-	-	-	-
		1993	-	-	-	15.1	16.0	-	-	-	-	-	-
		1994	-	-	-	15.7	-	-	-	-	-	-	-
		1995	-	-	-	-	16.7	-	-	-	-	-	-
Chloride (jaargemiddelden)	mg Cl/l	1989	223	229	305	-	-	293	307	321	470	552	
		1990	263	257	291	-	-	366	374	396	434	578	
		1991	253	-	259	-	352	355	-	387	-	598	
		1992	202	-	225	327	338	281	-	293	-	442	
		1993	-	-	221	288	286	285	-	312	-	432	
		1994	-	-	200	239	-	265	-	-	-	389	
		1995	-	-	189	-	276	230	-	277	-	362	
Zwevend stof	mg/l	1989	4	-	5	-	-	4	-	4	-	6	
		1990	3	-	4	-	-	4	-	4	-	4	
		1991	5	-	4	-	5	2	-	7	-	3	
		1992	7	-	7	-	5	5	-	5	-	8	
		1993	-	-	8	-	12	5	-	5	-	7	
		1994	-	-	10	-	-	7	-	-	-	9	
		1995	-	-	12	-	15	8	-	9	-	14	
Gloeirest	mg/l	1989	-	-	3	-	-	2	-	2	-	3	
		1990	-	-	2	-	-	-	-	2	-	3	
		1991	-	-	2	-	2	-	-	4	-	-	
		1992	-	-	3	-	2	-	-	2	-	3	
		1993	-	-	5	-	6	-	-	3	-	3	
		1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1995	-	-	5	-	6	4	-	3	-	6	
Doorzicht	dm	1989	25	21	26	-	-	28	25	30	21	24	
		1990	23	22	31	-	-	33	26	35	23	29	
		1991	18	-	23	-	11	25	-	29	-	22	
		1992	14	-	17	10	13	22	-	23	-	17	
		1993	-	-	14	11	12	20	-	20	-	15	
		1994	-	-	12	-	-	13	-	-	-	16	
		1995	-	-	11	6	8	13	-	14	-	10	
Totaal-Stikstof	mg N/l	1989	4.65	5.1	5.3	-	-	5.0	4.9	5.0	5.0	4.7	
		1990	4.40	4.6	4.2	-	-	4.4	4.3	4.2	3.9	4.1	
		1991	4.02	-	4.7	-	4.5	5.2	-	4.9	-	5.1	
		1992	4.79	-	5.6	5.4	5.0	5.3	-	5.4	-	5.5	
		1993	-	-	5.0	4.2	4.5	5.5	-	5.0	-	5.1	
		1994	-	-	6.5	4.4	-	6.5	-	-	-	6.2	
		1995	-	-	5.3	-	5.3	5.4	-	5.4	-	5.4	
Organisch-Stikstof	mg N/l	1989	1.09	1.12	1.20	-	-	1.07	1.16	1.17	1.78	1.30	
		1990	0.78	0.79	0.80	-	-	0.88	1.01	0.87	1.06	0.90	
		1991	0.72	-	0.81	-	0.89	0.92	-	0.87	-	1.05	
		1992	1.06	-	1.23	1.65	1.15	1.36	-	1.33	-	1.54	
		1993	-	-	1.26	1.32	1.28	1.17	-	1.22	-	1.32	
		1994	-	-	1.62	1.88	-	1.64	-	-	-	1.58	
		1995	-	-	1.70	-	1.86	1.67	-	1.47	-	1.77	

Bijlage 4.3 Zomerhalfjaargemiddelde waarden van waterkwaliteitsparameters in ondiepe gebieden (vervolg) van het Volkerak-Zoommeer, met waarden op diepe locaties ter vergelijking 1)

Parameter	Dimensie	Jaar	VZ 1	Hellegat	VZ 2	Dint Gors	Noordpl	VZ 3	Slik Heen	VZ 4	Molenpl	VZ 7	
Ammonium	mg N/l	1989	0.15	0.11	0.11	-	-	0.11	0.09	0.09	0.08	0.08	
		1990	0.18	0.11	0.11	-	-	0.10	0.08	0.10	0.10	0.11	
		1991	0.18	-	0.13	-	0.09	0.13	-	0.11	-	-	0.10
		1992	0.09	-	0.08	0.10	0.06	0.06	-	0.06	-	-	0.05
		1993	-	-	0.06	0.07	0.05	0.07	-	0.05	-	-	0.05
		1994	-	-	0.12	0.05	-	0.06	-	-	-	-	0.03
		1995	-	-	0.07	-	0.05	0.05	-	0.05	-	-	0.05
Nitriet + Nitraat	mg N/l	1989	3.86	3.8	3.97	-	-	3.87	3.7	3.79	3.2	3.32	
		1990	3.67	3.4	3.27	-	-	3.47	3.2	3.26	2.8	3.09	
		1991	3.56	-	3.74	-	3.5	4.17	-	3.90	-	3.98	
		1992	3.64	-	4.27	4.1	3.8	3.92	-	4.03	-	3.93	
		1993	-	-	3.65	2.9	3.3	4.26	-	3.67	-	3.73	
		1994	-	-	4.75	2.6	-	4.68	-	-	-	4.48	
		1995	-	-	3.53	-	3.4	3.63	-	3.89	-	3.57	
Totaal-Fosfaat	mg P/l	1989	0.17	0.14	0.13	-	-	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	
		1990	0.14	0.13	0.10	-	-	0.09	0.09	0.07	0.08	0.08	
		1991	0.09	-	0.12	-	0.08	0.05	-	0.09	-	0.09	
		1992	0.10	-	0.09	0.09	0.06	0.08	-	0.07	-	0.08	
		1993	-	-	0.13	0.11	0.11	0.11	-	0.09	-	0.10	
		1994	-	-	0.14	0.14	-	0.10	-	-	-	0.10	
		1995	-	-	0.13	-	0.12	0.12	-	0.10	-	0.12	
Orthofosfaat (DRP)	µg P/l	1989	82	76	69	-	-	64	53	54	55	59	
		1990	63	67	52	-	-	38	37	33	30	45	
		1991	49	-	41	-	21	22	-	34	-	27	
		1992	49	-	31	18	17	20	-	18	-	17	
		1993	-	-	46	24	23	88	-	32	-	22	
		1994	-	-	48	55	-	34	-	-	-	25	
		1995	-	-	58	-	42	51	-	43	-	38	
Silicium (DRSi)	mg Si/l	1989	1.16	1.12	1.10	-	-	1.19	1.16	1.10	0.92	1.00	
		1990	0.60	0.66	0.71	-	-	0.91	0.74	0.81	0.69	0.90	
		1991	0.68	-	0.77	-	0.82	0.86	-	0.85	-	1.08	
		1992	0.32	-	0.70	1.13	0.72	0.55	-	0.70	-	1.00	
		1993	-	-	0.85	0.66	1.09	1.36	-	0.85	-	1.15	
		1994	-	-	1.23	0.96	-	1.17	-	-	-	1.16	
		1995	-	-	1.33	-	1.52	1.44	-	1.53	-	1.47	
Chlorofyl-a	µg/l	1989	8	11	12	-	-	10	11	9	13	10	
		1990	6	9	6	-	-	6	8	6	14	6	
		1991	8	-	11	-	14	9	-	10	-	11	
		1992	19	-	22	18	11	23	-	17	-	23	
		1993	-	-	20	21	18	19	-	18	-	21	
		1994	-	-	31	-	-	39	-	-	-	33	
		1995	-	-	40	-	55	40	-	35	-	61	

1) Zomerhalfjaargemiddelden zijn berekend uit de maandgemiddelde waarden van de maanden april tot en met september  
NB. Voor chloride zijn jaargemiddelden berekend.

Bijlage 4.4 Overzicht van verschillen tussen meetpunten in ondiepe gebieden en in de geul, op basis van waterkwaliteitsparameters.

(verschillen zijn getoetst op significantie met behulp van een Wilcoxon rangtekentoets voor gepaarde waarnemingen)

Ondiep gebied	Parameter	Relatie	Significantie
Noordplaat	Doorzicht	Noordplaat < VZ 3	p < 0.001
	Zwevend stof	Noordplaat > VZ 3	p < 0.001
	Totaal-fosfaat	Noordplaat > VZ 3	ns
Dintelse Gorzen	Doorzicht	Dintelse Gorzen < VZ 2	p < 0.001
	Doorzicht	Dintelse Gorzen < VZ 3	p < 0.001
	Chloride	Dintelse Gorzen > VZ 2	p < 0.05
	Chloride	Dintelse Gorzen ~ VZ 3	ns
Slikken van de Heen	Doorzicht	Slikken van de Heen < VZ 4	p < 0.05
	Doorzicht	Slikken van de Heen > VZ 3	ns
	Watertemperatuur	Slikken van de Heen > VZ 4	p < 0.001
	Watertemperatuur	Slikken van de Heen > VZ 3	p < 0.05
Hellegatsplaten	Totaal-fosfaat	Hellegatsplaten < VZ 1	ns
	Totaal-fosfaat	Hellegatsplaten > VZ 2	p < 0.01
Krammersche Slikken	Zuurstof	Proefvak Buiten < VZ 3	p < 0.005
	Zuurstof	Referentievak < VZ 3	p < 0.005
	Zuurstof	Vraatvak < VZ 3	p < 0.005
	Chloride	Proefvak Buiten > VZ 3	ns
	Chloride	Referentievak ~ VZ 3	ns
	Chloride	Vraatvak > VZ 3	ns
	Chlorofyl-a	Proefvak Buiten > VZ 3	ns
	Chlorofyl-a	Referentievak > VZ 3	ns
	Chlorofyl-a	Vraatvak > VZ 3	ns
	Totaal-fosfaat	Proefvak Buiten > VZ 3	ns
	Totaal-fosfaat	Referentievak > VZ 3	ns
	Totaal-fosfaat	Vraatvak > VZ 3	ns
	DRP	Proefvak Buiten < VZ 3	p < 0.005
	DRP	Referentievak < VZ 3	p < 0.005
	DRP	Vraatvak < VZ 3	p < 0.005
	Totaal-stikstof	Proefvak Buiten < VZ 3	p < 0.05
	Totaal-stikstof	Referentievak < VZ 3	ns
	Totaal-stikstof	Vraatvak < VZ 3	ns
	Organisch-stikstof	Proefvak Buiten > VZ 3	p < 0.05
	Organisch-stikstof	Referentievak > VZ 3	p < 0.01
	Organisch-stikstof	Vraatvak > VZ 3	p < 0.01
	Ammonium	Proefvak Buiten > VZ 3	ns
	Ammonium	Referentievak > VZ 3	ns
Ammonium	Vraatvak > VZ 3	ns	
Nitriet + Nitraat	Proefvak Buiten < VZ 3	p < 0.001	
Nitriet + Nitraat	Referentievak < VZ 3	p < 0.005	
Nitriet + Nitraat	Vraatvak < VZ 3	p < 0.005	
Molenplaat	Chlorofyl-a	Molenplaat < VZ 6	ns
	Chlorofyl-a	Molenplaat > VZ 7	ns

ns = niet significant





