

Watersysteemonderzoek Paterswoldsemeer

Toestand, werking, potenties



Rapport 2010-087



Waterschap NOORDERZIJLVEST



koeman en bijkerk bv
ecologisch onderzoek en advies

Watersysteemonderzoek Paterswoldsemeer

Toestand, werking, potenties

Rapport 2010-087

■■■■■■ (Waterschap Noorderzijlvest)

■■■■■■

■■■■■■

■■■■■■

koeman en bijkerk bv

ecologisch onderzoek en advies

bezoekadres	oosterweg 127 Haren
postadres	postbus 111 9750 AC Haren
telefoon	050 8200018
telefax	050 8200013
email	info@koemanenbijkerk.nl
website	www.koemanenbijkerk.nl

Colofon

Opdrachtgever	Waterschap Noorderzijlvest Postbus 18, 9700 AC Groningen
Titel	Watersysteemonderzoek Paterswoldsemeer
Subtitel	Toestand, werking, potenties
Auteurs	[REDACTED]
Datum	16 november 2010
Pagina's (inclusief bijlagen)	45
Opdrachtnr	600120/427310
Projectnr	2009-086
Rapportnr	2010-087
Status	Definitief
Akkoord	[REDACTED]
Paraaf	[REDACTED]

Foto omslag: Paterwoldse meer vanaf de zuidoostzijde (foto S. Verbeek)

Deze publicatie kan geciteerd worden als:

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

© Koeman en Bijkerk bv / Waterschap Noorderzijlvest

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Koeman en Bijkerk bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Koeman en Bijkerk bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassingen van resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Koeman en Bijkerk bv; opdrachtgever vrijwaart Koeman en Bijkerk bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Inhoudsopgave

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Doel	9
1.3 Aanpak en uitgangspunten	9
1.4 Methodiek	9
2 Gebiedsinformatie	13
2.1 Ligging	13
2.2 Geschiedenis	13
2.3 Functies en beleid	13
2.4 Streefbeeld	13
3 Resultaten	15
3.1 Hydromorfologie	15
3.1.1 Hydrologie	15
3.1.2 Morfologie	15
3.2 Fysische chemie	15
3.2.1 Waterkwaliteit	15
3.2.2 Waterbodemkwaliteit	20
3.2.3 Aanvoerwater	20
3.2.4 Watertemperatuur	21
3.3 Biologie	22
3.3.1 Vegetatie	22
3.3.2 Vis	22
3.3.3 Overige fauna	25
3.3.4 Fytoplankton	26
3.4 Uitkomsten model PCLake	28
3.4.1 Fosfaatbelasting	28
3.4.2 Kritische grenzen en alternatieven	28
4 Discussie	31
5 Conclusies en aanbevelingen	33
5.1 Diagnose	33
5.2 Aanbevelingen	33
5.2.1 Bronmaatregelen	33
5.2.2 Systeemmaatregelen	34
6 Literatuur	35
Bijlage 1 Grafieken verhoudingen chlorofyl, stikstof en fosfaat	37
Bijlage II Analyse bodemmonsters	41
Bijlage III Gebruikte gegevens PCLake	43
Bijlage IV Berekening P-belasting	45

Samenvatting

De ecologische toestand van het Paterswoldsemeer voldoet niet aan de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Er treedt regelmatig blauwalgbloei op wat onder andere een probleem vormt voor recreanten, met name voor badgasten.

Om de oorzaken van de problemen te achterhalen is een systeemanalyse gemaakt van het meer, waarbij de belangrijkste sturende factoren zijn bepaald. Belangrijke factoren die de kwaliteit in het meer bepalen zijn de huidige inrichting, de hoeveelheid en de kwaliteit van het inlaatwater en opwerveling van slib door wind. Naar verwachting zullen de gevolgen van de klimaatverandering de huidige problemen verergeren.

Uit de analyse blijkt dat meerdere maatregelen genomen moeten worden om de ecologische toestand van het meer te verbeteren. Als eerste moet de fosfaatbelasting van het meer verlaagd worden. Dit kan gerealiseerd worden door minder en ander inlaatwater te gebruiken. Water uit de Oude Aa is een beter alternatief dan inlaatwater uit het Noord-Willemskanaal. Ten tweede moet de inrichting van het meer verbeterd worden, waardoor de draagkracht verhoogd wordt. Het gaat dan om maatregelen als moerasontwikkeling en lokaal verondiepen (ten behoeve van vegetatieontwikkeling) of verdiepen (ten behoeve van slibvang).

Omdat er meerdere partijen verschillende belangen hebben in en rondom het meer, is het zaak om de doelen op bestuurlijk niveau af te stemmen. Vervolgens kunnen dan onderbouwde keuzes gemaakt worden voor maatregelen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De ecologische waarde van het Paterswoldsemeer is in de huidige toestand laag. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de samenstelling van de visstand, het jaarlijks optreden van blauwalgbloeiën en het vrijwel ontbreken van (ondergedoken) waterplanten. In de KRW-doelen is gesteld dat de waterkwaliteit sterk verbeterd moet worden. Er is momenteel weinig inzicht in welke maatregelen genomen zouden moeten worden om de waterkwaliteit te verbeteren. Om de juiste maatregelen te kunnen selecteren, is het noodzakelijk onderzoek te doen naar het functioneren van het ecosysteem.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is inzicht krijgen in de huidige toestand en het ecologisch functioneren van het Paterswoldsemeer. Door onderzoek te doen wordt kennis opgebouwd over de sturende factoren van het systeem. Met deze kennis kunnen de juiste maatregelen ingezet worden die de kwaliteit van het meer verhogen.

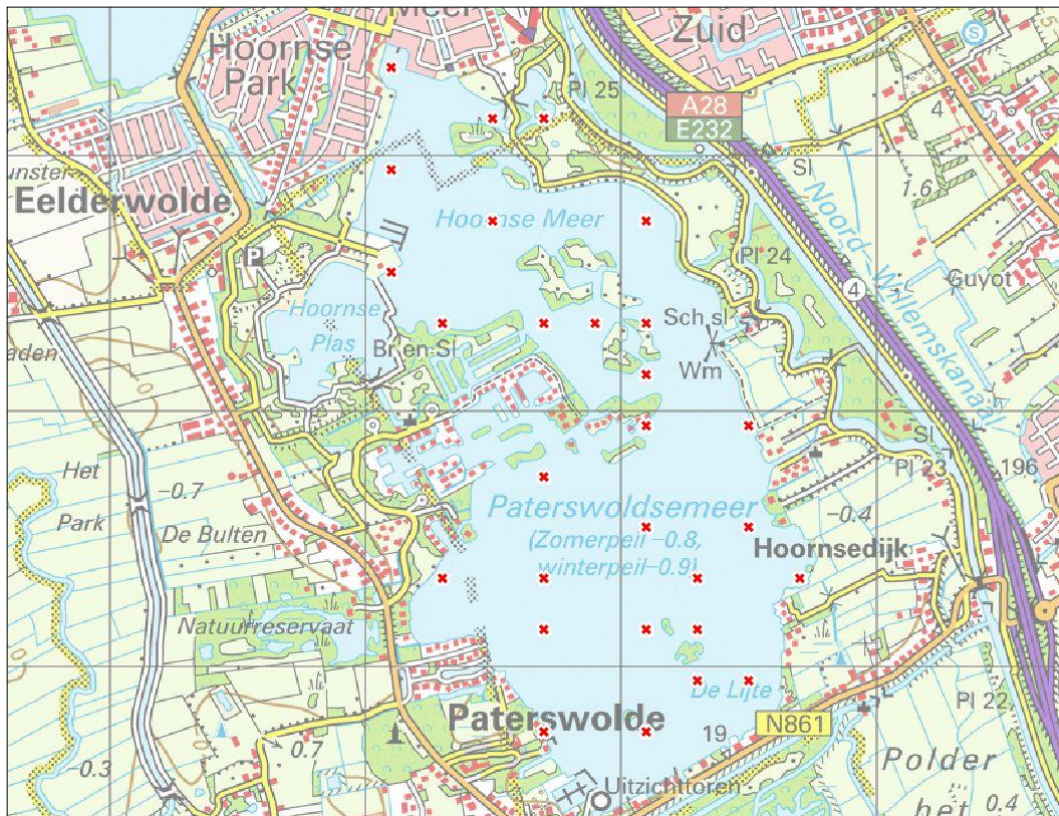
1.3 Aanpak en uitgangspunten

De methodiek die is toegepast om de toestand van het Paterswoldsemeer te beschrijven, knelpunten te benoemen en maatregelen te selecteren is gebaseerd op de rapportage 'Van helder naar troebel... en weer terug' (Jaarsma *et al.* 2008). Dit rapport is in 2008 uitgebracht door de STOWA, het kenniscentrum en onderzoeksplatform van de Nederlandse regionale waterbeheerders. Het rapport is het resultaat van vele jaren onderzoek door universiteiten en ingenieursbureaus, grotendeels uitgevoerd voor het landelijke OBN-onderzoeksprogramma 'Laagveenwateren'. In het rapport worden de nieuwste inzichten gepresenteerd op onder andere de fosfaatproblematiek. Tevens biedt het rapport een methode om meren en plassen op ecologisch functioneren te analyseren en een diagnose te stellen. Een belangrijk aspect van de methodiek richt zich op het bepalen van de kritieke fosfaatgrenzen van het systeem. Deze grenzen bepalen wanneer het water omslaat van helder naar troebel en vice versa.

Naast de methodiek van de STOWA zijn de gegevens vergeleken met de normen uit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). De gebruikte maatlatten behoren bij het KRW-type M27, matig grote ondiepe laagveenplassen.

1.4 Methodiek

Naast de verzamelde reeds aanwezige data, zijn er aanvullende gegevens verzameld over de ecologisch en de chemische toestand van waterlaag en waterbodem.



Figuur 1 Overzicht van de meetlocaties in het Paterwoldse meer

In Figuur 1 zijn de locaties weergegeven waar in juni en december 2009 aanvullende meetgegevens zijn verzameld. Op die locaties zijn bepaald: pH, EGV₂₅, zuurstof (% en mg/l), temperatuur, diepte (m), doorzicht (dm), substraat, bodemtype en slibdikte (cm). De pH, EGV, zuurstof en watertemperatuur zijn met een multimeter (Hanna HI 9828) bepaald. Het doorzicht en de waterdiepte zijn bepaald met een witte Secchi-schijf.

De waterbodem is bemonsterd met een Ekman-Birge-happer (Hydro-Bios), met een effectief bemonsteringsoppervlak van 0,0225 m². De analyses zijn uitgevoerd door het gezamenlijk laboratorium van waterschap Hunze en Aa's en waterschap Noorderzijlvest. Voor enkele berekeningen is gebruik gemaakt van atmosferische gegevens Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) van het meetstation in Eelde voor de periode 2000-2010.

Voor het beschrijven van de huidige visstand in het Paterwoldsemeer is gebruik gemaakt van de gegevens afkomstig van het visstandonderzoek dat is uitgevoerd begin oktober 2008. In de periode daarvoor is de visstand wel vaker onderzocht, maar deze gegevens zijn over het algemeen gedateerd en geven geen volledig beeld van de visstand, omdat precieze aantallen en lengtes ontbreken. Verder is de gehanteerde bemonsteringsinspanning van die onderzoeken onbekend en is er in de winterperiode gevestigd. Hierdoor voldoen de onderzoeken niet aan de KRW- en STOWA-richtlijnen voor visstandonderzoek. Het onderzoek uit 2008 is uitgevoerd door een samenwerkingsverband van het waterschap Noorderzijlvest, hengelsportfederatie

Groningen-Drenthe, drie lokale beroepsvissers en Koeman en Bijkerk bv. De bemonstering is uitgevoerd volgens de richtlijnen, zoals beschreven in het 'Handboek Visstandbemonstering' (Klinge *et al.* 2003) en de monitoringsrichtlijnen vanuit de KRW (van Splunder *et al.* 2006). Er is gebruik gemaakt van de 'bevist oppervlak methode' (BOM). Hierbij wordt een bekend deel van het oppervlak van het water bevist met een of meerdere standaardvangtuigen, waarvan het rendement bekend is.

Met behulp van het model PClake zijn de kritische grenzen van de fosfaatbelasting berekend waarbij ook gekeken is hoe deze grenzen veranderen bij uitvoering van verschillende maatregelen.

2 Gebiedsinformatie

2.1 Ligging

Het Paterswoldsemeer is een meer van 270 ha, en ligt direct ten zuiden van de stad Groningen. Wat in dit onderzoek het Paterswoldsemeer genoemd wordt, staat op de topografische kaart als Paterswoldsemeer en Hoornsemeer. Omdat deze meren zonder barrière aan elkaar liggen en hydrologisch als één geheel functioneren, worden ze als één geheel beschreven en geanalyseerd.

2.2 Geschiedenis

Het zuidelijke deel (Paterswoldsemeer) is na 1740 ontstaan door veenwinning en de daarop volgende afslag van legakkers. Op een kaart uit 1812 is al een plas te zien, zij het veel kleiner dan het huidige meer. Rond 1830 heeft het meer de vorm gekregen die het had tot ongeveer 1972. Vanaf 1972 tot 1981 zijn er aan de noordkant veel graafwerkzaamheden verricht. Eerst is de Hoornseplas aangelegd, welke gescheiden is van het meer door een vaste dam. Vervolgens is er in fasen gewerkt aan het Hoornsemeer. Een zandlaag onder het veenpakket werd deels gewonnen voor de aanleg van rijksweg 43 en voor de aanleg van Corpus den Hoorn-Zuid. In 1981 werd het laatste stuk grond dat het Hoornsemeer scheidde van het Paterswoldsemeer afgegraven. De officiële opening van het meer vond plaats in 1982.

2.3 Functies en beleid

In de KRW is het Paterswoldsemeer ingedeeld bij watertype M27, matig grote ondiepe laagveenplassen. Het meer wordt intensief gebruikt voor recreatie. De recreatieve functie is toegekend in het Provinciaal Omgevingsplan 2009-2013 van de provincie Groningen, welke is overgenomen in het beheerplan 2010-2015 van Waterschap Noorderzijlvest. Ondanks de grote recreatieve functie loopt er door het Paterswoldsemeer een ecologische verbindingzone.

2.4 Streefbeeld

In de uitwerking van de KRW-doelen wordt er voor het Paterswoldsemeer gestreefd naar een helder meer. Hierin komen veel ondergedoken waterplanten voor en de daarmee geassocieerde levensgemeenschappen aan waterinsecten en vis, zoals Snoek, Ruisvoorn en Zeelt.

3 Resultaten

3.1 Hydromorfologie

3.1.1 Hydrologie

Het peil van het meer wordt in de zomer afgeregeld op NAP -0,80 m en in de winter op NAP -0,90 m. Aan de noordwestkant wordt overtollig water afgevoerd via de Woldsloot. In deze sloot zit een regelbare stuw, die bij wateroverschot naar beneden gedraaid wordt. In droge perioden kan er aan de oostkant water uit het Noord-Willemskanaal worden ingelaten om het meer op peil te houden. Door dit beheer zakt het peil nooit verder uit dan NAP -0,93 m komt het zelden boven NAP -0,80 m uit.

Aan de zuidkant en met name de zuidoostkant komt er grondwater omhoog. De herkomst van dit water is waarschijnlijk lokaal van aard. Het aan de andere zijde van de Meerweg gelegen Friesche Veen kent een veel hoger waterpeil dan het Paterswoldsemeer. In het overige deel van het meer is nauwelijks sprake van verticale waterstroming in de bodem.

3.1.2 Morfologie

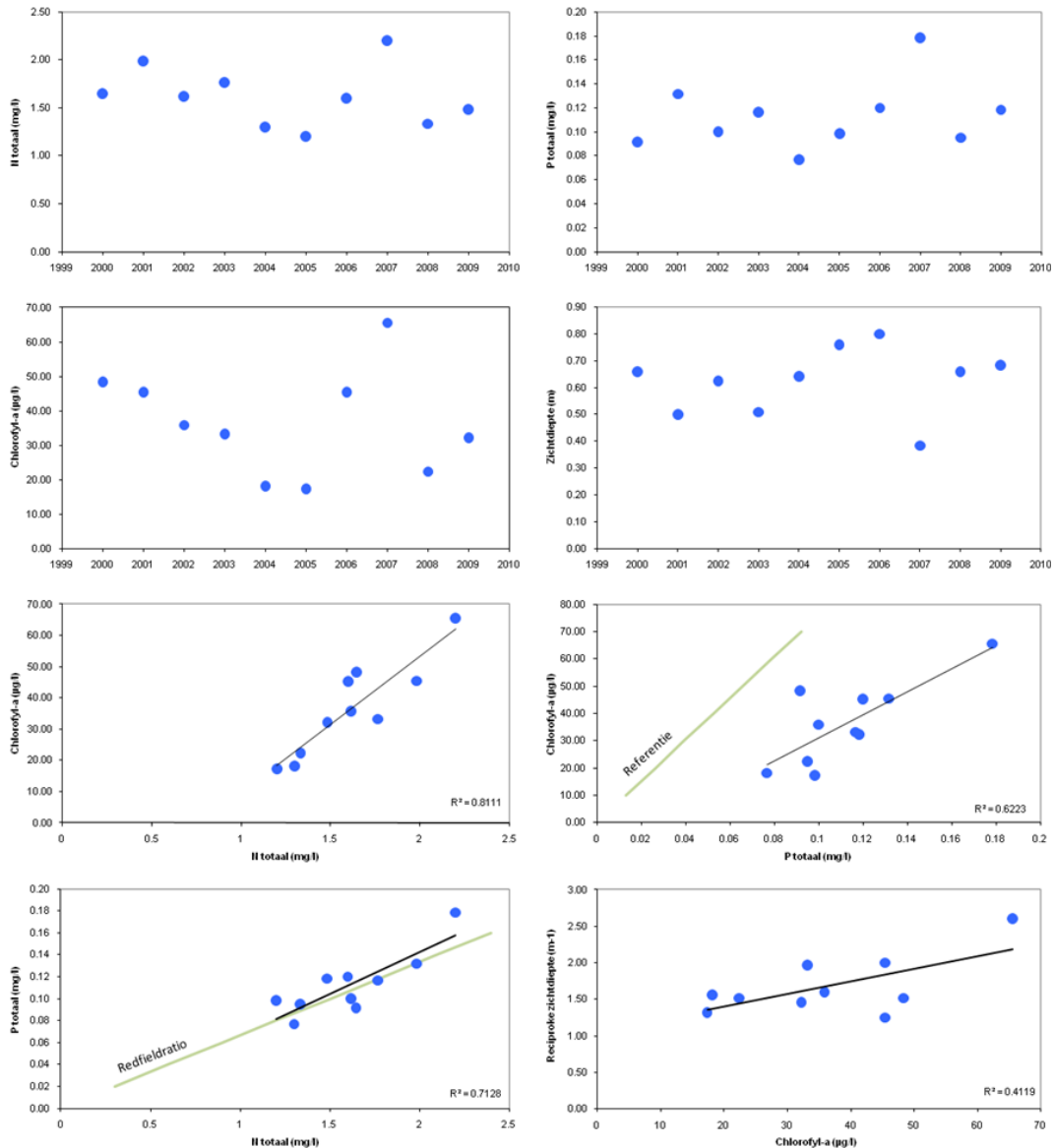
Het oppervlak van het Paterswoldse meer is 270 ha. Het zuidelijke deel van het meer is 1,5 tot 2 meter diep. Het noordelijke deel is dieper, 2 tot 3 meter. Een groot deel van de oeverlengte is beschoeid. Dit geldt zowel voor de meeroevers als voor de oevers van de eilandjes. De oevers die niet beschoeid zijn, zijn veelal verstevigd met stortsteen. Daarnaast zijn vrijwel alle oevers erg steil. Hierdoor is slechts 0,4% van het wateroppervlak te typeren als moeraszone.

Uit de bemonstering blijkt dat de waterbodem voornamelijk uit veen bestaat. Op een enkele plek wordt zand of klei aangetroffen. De bodemkaart bevestigt deze bevinding. In vrijwel het gehele meer is een sliblaag aanwezig, variërend van enkele centimeters tot een meter (en wellicht meer). Rond de haven van het Hoornsemeer is de bodem bedekt met kiezels.

3.2 Fysische chemie

3.2.1 Waterkwaliteit

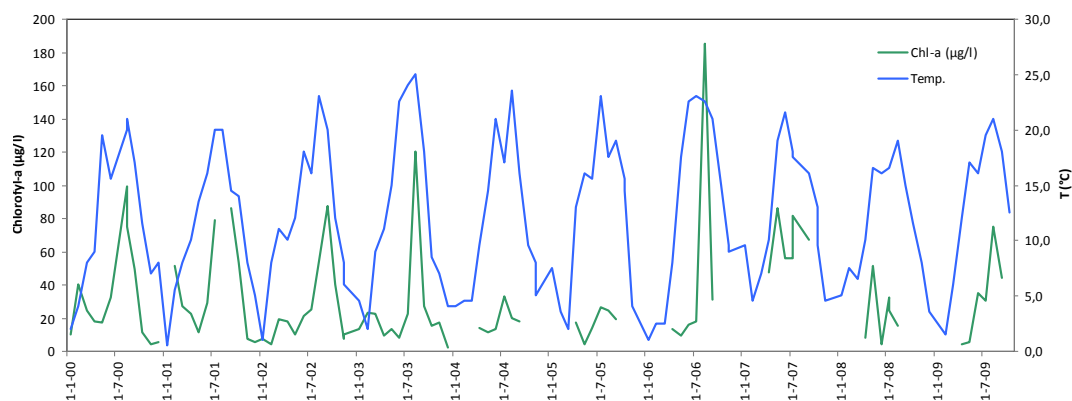
Figuur 2 vat de gemeten parameters met betrekking tot waterkwaliteit samen. De stikstofgehalten (N-totaal) in het meer schommelen in de zomerperiode meestal tussen 1,2 en 2,0 mg/l. Het fosfaatgehalte schommelt over de jaren tussen 0,08 en 0,14 mg/l. Op de KRW-maatlat voor M27 scoort het meer daarmee 'matig' tot 'goed'. In de winter is er altijd sprake van een piek in de nitraatconcentratie. Deze wordt veroorzaakt doordat in de winterperiode geen denitrificatie optreedt als gevolg van een biologische activiteit. Iedere zomer is er een piek in het fosfaatgehalte (P-totaal) te zien.



Figuur 2 Waterkwaliteitsparameters

Het doorzicht is in de onderzoeksperiode op diverse plekken over het gehele meer gemeten. Tijdens het aanvullend veldwerk werd er op de meeste plaatsen een doorzicht van 5 – 6 dm gemeten. Uit de grafiek met zomergemiddelden over de afgelopen 10 jaar blijkt dat dit normale waarden voor het Paterswoldsemeer zijn. Uitgezet tegen de diepte ter plekke is dit zowel in de STOWA-methodiek als in KRW-termen 'matig' tot 'slecht'.

De chlorofyl-a-concentratie in het water fluctueert behoorlijk over de jaren heen. In 2007 bedroeg het zomergemiddelde meer dan 65 µg/l, terwijl waarden tussen 30 en 50 µg/l normaler zijn. Regelmatig loopt de concentratie in het voorjaar al op tot boven 20 µg/l en in de zomermaanden zelfs tot boven 80 µg/l. In Figuur 2 is dit niet zichtbaar, omdat zomergemiddelden zijn weergegeven. De chlorofyl-a-waarden geven aan dat de productiviteit in het meer hoog kan zijn. In 2004 en 2005 werden lage waarden gevonden. In 2006 en 2007



Figuur 3 Samenhang tussen de watertemperatuur en de chlorofyl-a-concentratie in het Paterswoldsemeer. De lijnen verbinden meetwaarden op maandbasis.

schoten de waarden weer omhoog. Dit verloop is in het hele land geconstateerd en houdt verband met de gemiddelde zomertemperatuur. Figuur 3 illustreert deze relatie voor het Paterswoldsemeer.

In principe mag worden verwacht dat de variatie in het gemeten doorzicht deels kan worden verklaard door fluctuaties in de chlorofyl-a-concentratie. De waarden voor de chlorofyl-a-concentratie over de periode 2000–2009 (Figuur 3) worden echter niet weerspiegeld in het gemeten doorzicht over deze periode (Figuur 2). Op basis van de chlorofyl-a-concentraties uit Figuur 3 is de periode 2000–2009 verdeeld in drie tijdvakken:

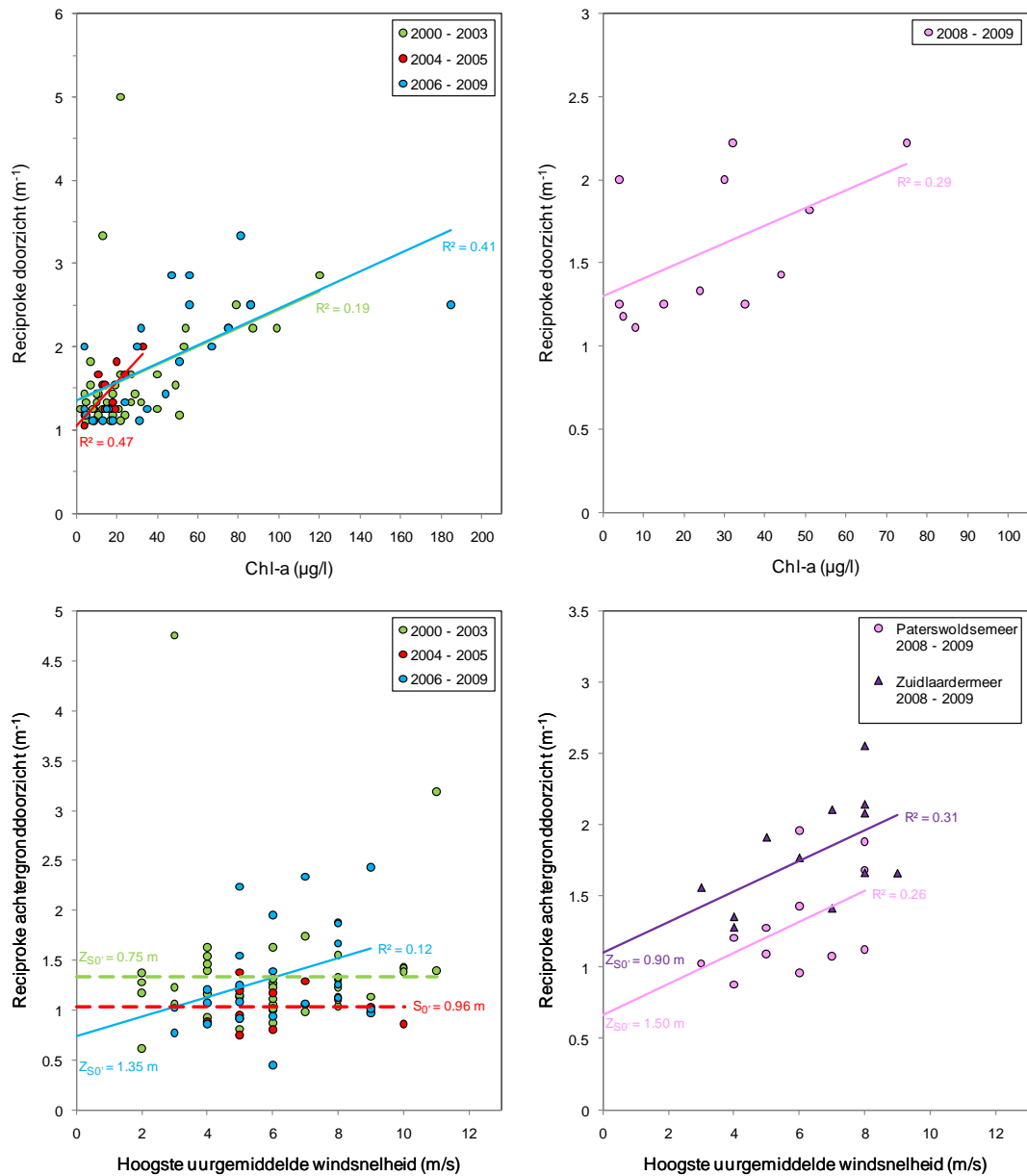
- 2000–2003 (hoge chlorofyl-a-concentraties);
- 2004–2005 (lage chlorofyl-a-concentraties);
- 2006–2009 (hoge chlorofyl-a-concentraties).

Hoewel het zomergemiddelde doorzicht voor de periode met de lage chlorofyl-a-concentraties (2004–2005) wel wat groter is dan dat voor de overige twee periodes, zijn de verschillen niet significant (Tabel 1).

Naast chlorofyl-a zijn er nog twee andere factoren die mede het doorzicht bepalen: slibdeeltjes en kleurstoffen. Deze laatste twee factoren bepalen samen het achtergronddoorzicht, het doorzicht in afwezigheid van planktonalgen. In Figuur 4 wordt voor de verschillende tijdvakken een overzicht gegeven van het doorzicht in relatie tot het chlorofyl-a-gehalte en van het achtergronddoorzicht in relatie tot door de wind opgewervelde slibdeeltjes.

Tabel 1 Zomergemiddelde waarden voor doorzicht in de drie onderscheiden tijdvakken binnen de periode 2000 – 2009. N = totaal aantal metingen per tijdvak.

	Gemiddelde (m)	Standaarddeviatie (m)	N
2000 – 2003	0,57	0,20	24
2004 – 2005	0,70	0,14	11
2006 – 2009	0,63	0,22	24



Figuur 4 Linksboven: het reciproke doorzicht in het Paterswoldsemeer als functie van het chlorofyl-a-gehalte voor de drie onderscheiden tijdvakken in de periode 2000 – 2009. Rechtsboven: idem voor het tijdvak 2008 – 2009. Linksonder: het reciproke achtergronddoorzicht in het Paterswoldsemeer als functie van de windsnelheid in Eelde (bron: KNMI) voor de drie onderscheiden tijdvakken in de periode 2000–2009. Rechtsonder: idem voor het tijdvak 2008 – 2009, in vergelijking tot gepubliceerde gegevens voor het Zuidlaardermeer (Bijkerk 2009). Doorgetrokken lijnen zijn statistisch significante ($p < 0.05$) regressielijnen, waarvoor R^2 de hoeveelheid verklaarde variantie vertegenwoordigt. Onderbroken lijnen geven de gemiddelde y -waarde voor tijdvakken zonder significante regressies. Het achtergronddoorzicht zonder windinvloed (Z_{S0}) is de reciproke waarde van de y -waarde van het snijpunt van een regressielijn met de y -as in de onderste panelen van de figuur.

In de bovenste panelen van Figuur 4 is het doorzicht Z_S (geplot als reciproke waarde: $1/Z_S$) uitgezet tegen het chlorofyl-a-gehalte. Het snijpunt van de regressielijnen met de y -as geeft de reciproke waarde voor het achtergronddoorzicht, $1/Z_{S0}$. Het achtergronddoorzicht (Z_{S0}) was vrijwel gelijk in de tijdvakken 2000–2003 en 2006–2009 (respectievelijk 0,75 en 0,74 m; zie Tabel 2). In het tussenliggende tijdvak 200 – 2005, met een relatief laag chlorofyl-a-

gehalte (Figuur 3), was het achtergronddoorzicht met 0,96 m circa 30% hoger dan in de andere tijdvakken. In het rechter bovenpaneel van Figuur 4 is voor de tweede helft van het tijdvak 2006 – 2009 het reciproke doorzicht nog eens afzonderlijk uitgezet tegen het chlorofyl-a-gehalte. Hiermee wordt het mogelijk de relatie tussen het reciproke achtergronddoorzicht en de windsnelheid te vergelijken met die welke voor de periode 2008–2009 is vastgesteld voor het Zuidlaardermeer (Bijkerk 2009).

Tabel 2 Berekende achtergronddoorzichten met (Z_{S0}) en zonder ($Z_{S0'}$) windinvloed en de vergelijkingen om het doorzicht te voorspellen uit de uurgemiddelde maximale windsnelheid (W_{max}) en het chlorofyl-a-gehalte (chl-a).

	Z_{S0} (m)	$Z_{S0'}$ (m)	$1/Z_S$ (m)
2000 – 2003	0,75	0,75	$1,339 + 0,011 \text{ chl-a}$
2004 – 2005	0,96	0,96	$1,039 + 0,026 \text{ chl-a}$
2006 – 2009	0,74	1,35	$0,742 + 0,098 W_{max} + 0,011 \text{ chl-a}$
2008 – 2009	0,77	1,50	$0,667 + 0,109 W_{max} + 0,011 \text{ chl-a}$

Het achtergronddoorzicht wordt bepaald door het gehalte kleurstoffen en het gehalte slibdeeltjes in het water. Slibdeeltjes worden van de bodem opgewerveld door turbulentie veroorzaakt door de wind en de scheepvaart en voor een deel door bodemwoelende vis. Het linker benedenpaneel van Figuur 4 laat zien dat een deel van de variatie (12%) in het (reciproke) achtergronddoorzicht gedurende het tijdvak 2006 – 2009 verklaard kan worden uit de hoogste uurgemiddelde windsnelheid te Eelde. Voor de tijdvakken 2000 – 2003 en 2004 – 2005 bestond geen significante correlatie tussen de onderzochte parameters. In navolging van Bijkerk (2009) is de uurgemiddelde maximale windsnelheid gebruikt, omdat deze een hogere R^2 (betere relatie) leverde dan de etmaalgemiddelde windsnelheid. In tegenstelling tot de resultaten voor het Zuidlaardermeer (Bijkerk 2009) bleek voor het Paterswoldsemeer niet de relatie met de maximale windsnelheid op dag van de doorzichtmetingen, maar die op de voorafgaande dag, de meeste variatie te verklaren. Daarom is in deze rapportage de laatstgenoemde windsnelheidsparameter gebruikt.

Voor de tijdvakken 2000 – 2003 en 2004 – 2005 had de hellingshoek (uitgedrukt als de regressiecoëfficiënt) van de “regressielijn” (bij afwezigheid van een significant verband vertegenwoordigd door de gemiddelde waarde voor reciproke achtergronddoorzicht over het gehele tijdvak) de waarde 0. De hellingshoek voor de periode 2006 – 2009 bedroeg 0,098. In de tweede helft van deze periode bleek de hellingshoek bovendien groter (0,109) dan in de eerste helft (0,087). Hieruit kunnen we afleiden dat bij een gegeven windsnelheid tegenwoordig meer slib wordt opgewerveld dan voorheen.

Het punt waar de regressielijn de y-as raakt kunnen we zien als het achtergronddoorzicht zonder slibdeeltjes in het water, dus de kleurstofcomponent. Deze $Z_{S0'}$ is gedurende de periode 2000 – 2009 gestaag toegenomen (Tabel 2; waarde voor 2006 – 2007: 1,38 m) en was in het tijdvak 2008 – 2009 (1,50 m) tweemaal zo groot als in 2000 – 2003. Een in het Zuidlaardermeer waargenomen vermindering van het gehalte kleurstoffen kon worden toegeschreven aan het stopzetten van effluentlozingen (Bijkerk 2009). Voor het Paterswoldsemeer kan de vermindering in het gehalte kleurstoffen gedurende de periode 2000–2009 mogelijk worden verklaard door een lager gehalte aan effluenten in het aanvoerwater, met name het Noord-Willemskanaal (zie paragraaf 3.2.3). De lozing van RWZI-Eelde op het Noord-Willemskanaal is in de afgelopen jaren schoner geworden.

Uit de grafieken in Figuur 2 blijkt de chlorofylconcentratie sterk te correleren met de hoeveelheid stikstof ($R^2 = 0.62$) en fosfaat ($R^2 = 0.81$). Aangezien deze stoffen voor een groot deel in de algen (en dus in chlorofyl) zitten is dit een voor de hand liggende correlatie.

In de grafiek waar chlorofyl is uitgezet tegen totaal fosfaat is ook een referentielijn geplott (Portielje & Van der Molen, 1998). De referentielijn geeft de maximale waarde voor chl-a bij een gegeven gehalte aan totaal fosfaat. De zomergemiddelden in het Paterswoldsemeer liggen onder deze lijn, wat aangeeft dat de algen gelimiteerd worden door een andere factor dan fosfaat. Echter, uit de grafieken in de bijlagen waar de verhoudingen van chl-a met totaal fosfaat en totaal stikstof zijn uitgezet, blijkt dat de verhouding chl-a:P vaker dicht bij het maximale niveau zit dan de verhouding chl-a:N. In de grafiek (zie Bijlage I) waarin de verhouding van de meetwaarden van totaal stikstof en totaal fosfaat is uitgezet is dit ook te zien. Deze verhouding zit vaak boven de Redfieldratio.

Indien de sulfaatconcentratie boven 10-19 mg/l uit komt is de kans op fosfaatmobilisatie uit de bodem groot. De concentraties in het Paterswoldsemeer zijn altijd hoger dan 10 mg/l en vaak ook hoger dan 19 mg/l. Over de afgelopen 10 jaar is het gemiddelde sulfaatgehalte 25 mg/l, wat overeenkomt met 260 $\mu\text{mol/l}$. In het recente verleden waren de waarden nog veel hoger. Eind jaren 80 van de 20^e eeuw waren waarden van 50 mg/l heel normaal.

Bij hogere alkaliniteit nemen veenaafbraak en mineralisatie toe. De alkaliniteit van het water en de waterbodem in het Paterswoldse meer is niet optimaal. Zowel in de waterbodem als in het water schommelt de concentratie bicarbonaat tussen 80 en 100 mg /l. Dit komt overeen met 1,5 meq/l. Een alkaliniteit <1 meq/l scoort goed en >2 meq/l scoort slecht. Het Paterswoldsemeer scoort 'voldoende' volgens de STOWA-systematiek.

De correlatie tussen de fosfaatconcentratie en de stikstofconcentratie is redelijk hoog: $R^2 = 0,71$. Dit betekent dat de concentraties meestal gelijktijdig stijgen en dalen.

3.2.2 Waterbodemkwaliteit

De resultaten van de waterbodemanalyses zijn weergegeven in bijlage II. De nalevering van fosfaat naar de waterlaag lijkt gering te zijn. De ratio (mol/mol) ijzer:fosfaat is groter dan 400 en de ratio calcium:fosfaat is zelfs groter dan 3000. Dit houdt in dat fosfaat in principe door ijzer gebonden wordt en niet beschikbaar is voor de groei van planten en algen. Uit voorgaande paragraaf blijkt echter dat er ook een overmaat aan sulfaat is. Sulfaat bindt preferent aan ijzer, waardoor fosfaat in weer oplossing komt.

3.2.3 Aanvoerwater

Om het waterniveau op peil te houden, wordt er in droge perioden water uit het Noord-Willemskanaal ingelaten. De gemiddelde fosfaatconcentratie in dit water bedraagt 0,4 mg/l in (Tabel 3). In het begin van de jaren 90 van de vorige eeuw was dit twee keer zo hoog. De ijzerconcentratie bedraagt gemiddeld 1,2 mg/l in. Er wordt al jaren over

gesproken om, als alternatief voor de inlaat vanuit het Noord-Willemskanaal, water uit de benedenloop van de Drentse Aa (Oude Aa) te gebruiken.

Tabel 3 Concentratie fosfaat (PO_4), ijzer (Fe) en sulfaat (SO_4) in het Paterswoldsemeer, Noord-Willemskanaal (huidige aanvoer) en Drentse Aa (mogelijke toekomstige aanvoer). *ijzergehalte in het Paterswoldsemeer is niet geheel duidelijk.

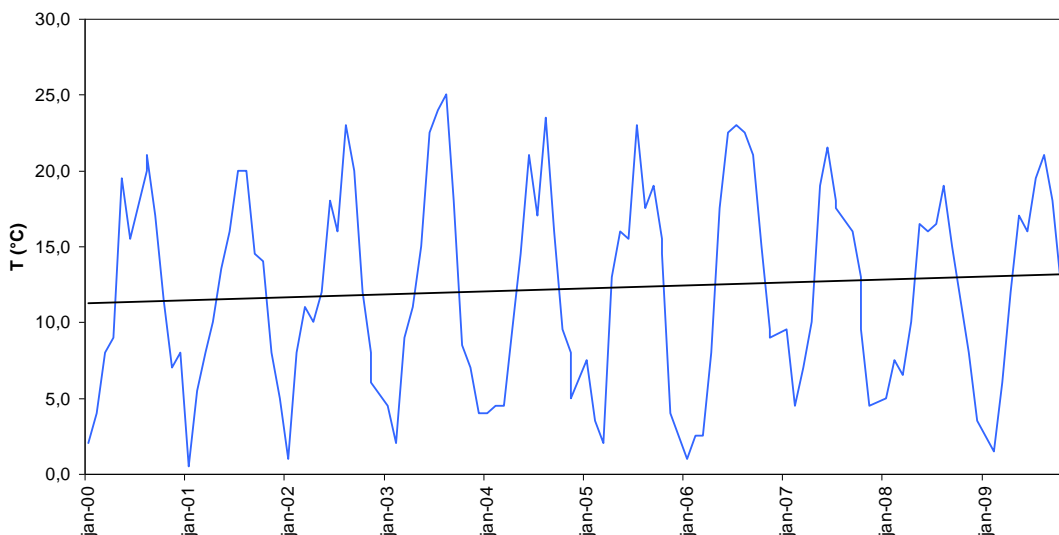
	PO_4 (mg/l)	Fe (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Fe:P (mol/mol)
Noord-Willemskanaal	0,4	1,2	30	5
Paterswoldsemeer	0,12	~4*	25	*
Drentse Aa	0,14	2,6	30	31

De ijzer en fosfaatconcentraties in dit water bedragen gemiddeld respectievelijk 2,6 mg/l ijzer en 0,14 mg/l fosfaat in. Uitgedrukt in ijzer:fosfaat ratio's (mol:mol) heeft het water uit de Drentse Aa een zes keer zo hoge ratio (31).

De sulfaatconcentratie in het water van het Noord-Willemskanaal en de Oude Aa ligt rond 30 mg/l. Deze waarden is veel te hoog en scoort daarmee 'slecht' in de STOWA-systematiek. Met de alkaliniteit is het iets beter gesteld. Deze scoort, zowel voor het Noord-Willemskanaal als de Oude Aa met een waarde van 1,75 meq/l 'voldoende' in de STOWA'-systematiek.

3.2.4 Watertemperatuur

De watertemperatuur in het meer is gestaag aan het stijgen (Figuur 5). Deze trend is in alle oppervlaktewateren in Nederland zichtbaar en is het gevolg van het warmer worden van het klimaat. In de afgelopen twintig jaar is de gemiddelde watertemperatuur in het Paterswoldsemeer met een halve graad gestegen. Als slechts de laatste tien jaar bekeken worden, geeft de trendlijn een stijging van bijna 2 graden aan.



Figuur 5 Verloop van de maandelijks gemeten watertemperatuur (blauw) in het Paterswoldsemeer gedurende de periode 2000 – 2009, met een berekende trendlijn (zwart).

3.3 Biologie

3.3.1 Vegetatie

Tijdens de inventarisatie in 2009 is in het Paterswoldse meer opvallend weinig ondergedoken vegetatie aangetroffen. In het zuidelijk deel werd slechts één exemplaar van *Chara (Kranswier)* aangetroffen. Het noordelijk deel (Hoornse meer) kent op enkele plekken een wat hogere bedekking: In de haven bij het Hoornse Park zijn *Potamogeton crispus* (Gekroesd fonteinkruid), *Potamogeton pectinatus* (Schede fonteinkruid), *Potamogeton perfoliata* (Doorgroeid fonteinkruid) en *Elodea nutalli* (Smalle waterpest) aangetroffen. Iets meer naar het oosten in de omgeving van het Hoornsepad en de Hoornsedijk bevond zich een zone met vooral *Elodea nutalli* en enkele exemplaren van *Ceratophyllum submersum* (Fijn hoornblad). Tevens waren sommige delen behoorlijk bedekt met flab. De vegetatiebedekking bedroeg gemiddeld 70%. Overigens was op deze locatie tijdens een tweede veldbezoek, twee weken later, een forse drijfslag van blauwalgen aanwezig.

Ook de oevervegetatie rondom het meer is matig ontwikkeld. Dit heeft onder andere te maken met het feit dat grote delen van het de oevers van het meer en de eilandjes beschoeid zijn of zijn vastgelegd met stortsteen. Afwisselend bestaat de begroeiing op de oever uit wilgenstruweel of een smalle zone moerasvegetatie. Dit zijn meestal vegetaties met algemene moerassoorten en zegges met een dominantie van Riet. Deze vegetatie groeit meestal in een lage natte strook op een steile oever maar groeit niet door, het water in. Dit heeft te maken met de grote hoeveelheid stortsteen waarmee het onderwatertalud veelal is vastgelegd of doordat het talud te steil is.

Ook in 1998 is een inventarisatie van watervegetatie uitgevoerd. Daarbij werden net als in 2009 voornamelijk moerasplanten aangetroffen. Er werden slechts drie soorten onderwaterplanten aangetroffen: *Potamogeton perfoliata* en *Potamogeton pectinatus* en *Zannichellia*.

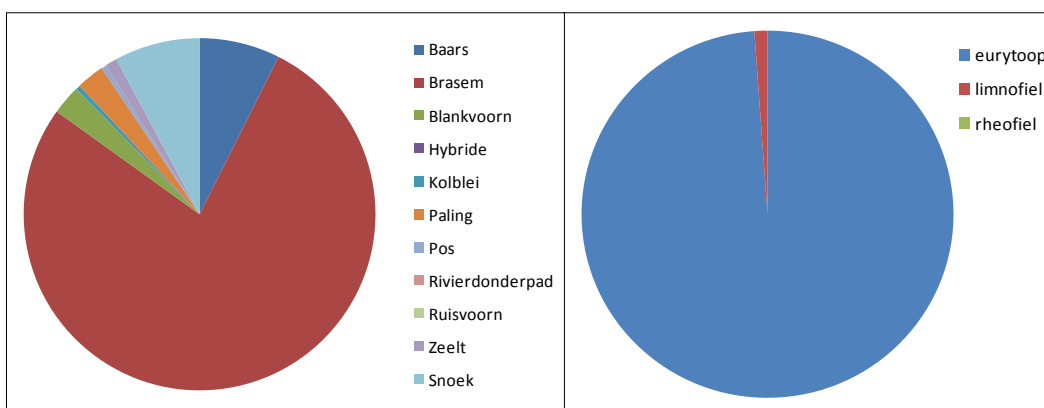
3.3.2 Vis

Het visbestand in het Paterswoldsemeer is geschat op ruim 70 kilogram per hectare (Tabel 4) wat relatief gezien vrij laag is gezien de gangbare nutriëntengehaltes en doorzichten. In totaal zijn 11 vissoorten aangetroffen waarvan er acht tot het eurytope gilde behoren, één tot het rheofiele gilde (Rivierdonderpad, partieel rheofiel) en twee tot het limnofiele gilde (Ruisvoorn en Zeelt). Van alle in Tabel 4 genoemde soorten zijn exemplaren bij de oeverbemonstering aangetroffen. In het open water kwamen alleen Brasem, Blankvoorn, Pos, Baars en Snoek voor. Van de beschermde vissoorten is alleen de Rivierdonderpad aangetroffen. Deze soort werd in redelijke aantallen gevangen in de zones waar sprake is van een stenige oever.

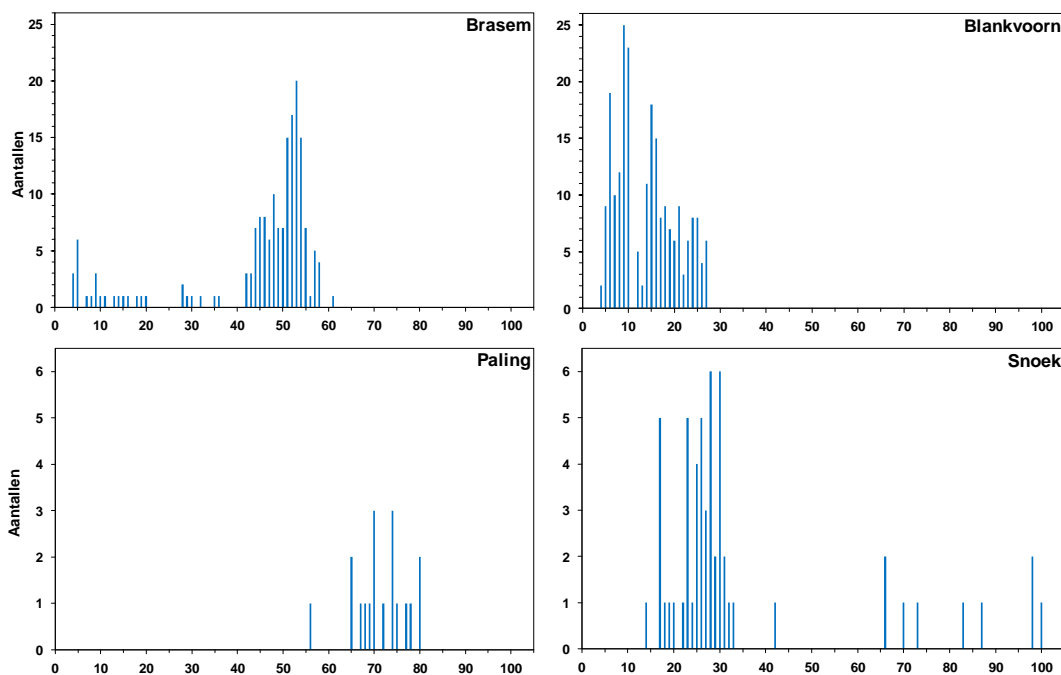
Qua biomassa wordt de visstand sterk gedomineerd door eurytope soorten. Daarbij heeft Brasem het grootste aandeel, op afstand gevolgd door Snoek en Baars met respectievelijk 78%, 8% en 7% (Figuur 6). De overige soorten komen in veel lagere dichtheden voor, variërend van 0,01 tot 1,9%.

Tabel 4 Bestandschatting Paterswoldsemeer in kg/ha per lengteklasse.

Soort	Totaal	0+ cm	> 0+ - 15 cm	16 - 25 cm	26 - 40 cm	≥ 41 cm
Baars	5,2	0,1	5,1	0,0		
Brasem	54,6	0,0	0,0	0,1	0,6	54,0
Blankvoorn	1,9	0,0	0,2	1,2	0,4	
Hybride	0,0		0,0	0,0		
Kolblei	0,3		0,0	0,2		
Paling	1,8					1,8
Pos	0,3	0,0	0,2			
Rivierdonderpad	0,0	0,0	0,0			
Ruisvoorn	0,0	0,0				
Zeelt	0,8	0,0	0,0		0,1	0,7
		0 - 15 cm	16 - 35 cm	36 - 44 cm	45 - 54 cm	≥ 55 cm
Snoek	5,5	0,0	0,5	0,0		4,9
Totaal	70,4					

**Figuur 6** Percentuele verdeling van soorten en ecologische gildes.**Tabel 5** Bestandschatting Paterswoldsemeer in aantal/ha per lengteklasse.

Soort	Totaal	0+ cm	> 0+ - 15 cm	16 - 25 cm	26 - 40 cm	≥ 41 cm
Baars	546	31	514	0		
Brasem	41	2	1	1	2	35
Blankvoorn	34	7	13	12	2	
Hybride	0		0	0		
Kolblei	5		2	3		
Paling	3					3
Pos	45	8	37			
Rivierdonderpad	2	0	2			
Ruisvoorn	3	3				
Zeelt	1	0	0		0	0
		0 - 15 cm	16 - 35 cm	36 - 44 cm	45 - 54 cm	≥ 55 cm
Snoek	6	0	5	0		1
Totaal	686					



Figuur 7 Lengte-frequentieverdelingen van de belangrijkste vissoorten in het Paterswoldsemeer: Brasem, Blankvoorn, Paling en Snoek.

In aantallen wordt de visstand sterk gedomineerd door Baars (Tabel 5). In de oeverzone was deze soort massaal aanwezig, zij het alleen kleine exemplaren. De grote hoeveelheid kleine baars wijst op een voedseltekort.

In een systeem met weinig voedsel kan Baars zich goed handhaven. De soort heeft het vermogen om met minder voedsel toe te kunnen door klein te blijven (dwerggroei).

Het Paterswoldsemeer stond bij de hengelsporters tot voor kort bekend als een meer waar veel Blankvoorn en Brasem gevangen kon worden, maar sinds 2007 zijn de vangsten sterk teruggelopen. Mogelijk is het inkrimpen van de witvisstand (vooral Blankvoorn maar ook Brasem) toe te schrijven aan een verminderd voedselaanbod. Een betrouwbare vergelijking met gegevens uit eerdere onderzoeken is om in paragraaf 1.4 genoemde redenen niet goed mogelijk. Echter, uit een globale vergelijking van de gegevens uit 2008 met die van het onderzoek uit 1996 blijkt ook een afname in de witvisstand. Verder is het opvallend dat in 2008 Snoekbaars niet meer is aangetroffen, terwijl deze soort in het verleden veelvuldig voorkwam. Omdat er echter een lange periode tussen beide bemonsteringen zit kan niet met zekerheid worden gezegd of er sprake is van een substantiële verandering in de visstand van het Paterswoldsemeer. Een volgende bemonstering zal meer duidelijkheid kunnen geven over een eventuele verschuiving in de visstand.

Uit Figuur 7 blijkt dat de populatie voor veel soorten onevenwichtig is opgebouwd. Van Paling zijn alleen grote exemplaren aangetroffen. Het is duidelijk dat jonge Paling het meer niet goed kan bereiken. Omdat er ook geen uitzet plaatsvindt door bijvoorbeeld een beroepsvisser zal deze soort zeer waarschijnlijk op termijn verdwijnen. Ook bij Brasem ligt het zwaartepunt van de verdeling in de grootste lengteklasse. De reproductie van deze soort is matig (nauwelijks 0+-vis) en ook in de klasse tussen 15 en 45 cm zijn maar weinig

exemplaren aangetroffen. Mogelijk dat ook hier een verminderd voedselaanbod een oorzaak is. Verder kan in dit water ook vraat door aalscholvers een rol spelen. In de lengte-frequentieverdeling van Snoek zit een groot gat tussen 30 en 70 cm. In deze range zijn nauwelijks exemplaren aangetroffen. Het bestand onder 30 cm (vooral 0+ en eenjarige vis) is groot. Boven de 70 cm zijn in 2008 enkele exemplaren gevangen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de soort een succesvolle reproductie kent maar dat er maar weinig exemplaren volwassen worden. Dit heeft zeer waarschijnlijk te maken met de beperkte opgroei- en schuilmogelijkheden, bijvoorbeeld in de vorm van brede ondiepe en begroeide oeverzones die zeker gezien de grootte van het meer te weinig aanwezig zijn. Snoek kan kannibalistisch zijn, zeker wanneer andere soorten prooivissen schaarser worden. Baars blijft zoals al eerder aangegeven klein in het meer. Exemplaren groter dan 15 cm worden nauwelijks aangetroffen. Alleen de blankvoornstand is redelijk evenwichtig opgebouwd, hoewel het gezien de grootte van het meer opvallend is dat er geen exemplaren groter dan 25 cm zijn gevonden.

In Tabel 6 is het resultaat de KRW-beoordeling van de visstand in het Paterswoldsemeer weergegeven. De visstandgegevens zijn getoetst met de natuurlijke maatlat voor type M27 (matig grote ondiepe laagveenplassen). De beoordeling levert een eindwaarde van 0,22 op, waarmee de visstand in de categorie 'ontoereikend' valt. Dit is vooral het gevolg van de sterke dominantie door Brasem. Hierbij moet wel worden aangetekend dat de totale biomassa van Brasem niet hoog is. Wanneer de totale visbiomassa in een systeem laag is, behoort Brasem snel tot de dominante soorten omdat deze soort snel groeit en behoorlijke afmetingen bereikt. De vangst van enkele exemplaren weegt dan zwaar door in de totale visbiomassa. Op basis van de hierboven gepresenteerde getallen kan is er hier geen sprake van een 'verbraseemd' meer.

Tabel 6 KRW-beoordeling vis Paterswoldsemeer met de natuurlijke maatlat vis (boven de tabel) voor type M27 (GET: Goede Ecologische Toestand, ZGET: Zeer Goede Ecologische Toestand).

0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
slecht	ontoereikend	matig	GET	ZGET	
Soort	Waarde	Score	Factor	EKR	
Aantal soorten (exclusief exoten)	11	0,40	0,2	0,080	
Gewichtsperscentage Brasem	78	0,09	0,2	0,018	
Gewichtsperscentage Baars en Blankvoorn / eurytopen	10	0,20	0,2	0,041	
Gewichtsperscentage plantminnende soorten	9	0,22	0,2	0,043	
Gewichtsperscentage zuurstoftolerante soorten	1	0,21	0,2	0,042	
Eindwaarde:				0,224	
Oordeel:				ontoereikend	

3.3.3 Overige fauna

Het voorkomen van driehoeksmosselen is sterk relateerd aan het substraat. Op slibbodems zijn geen exemplaren aangetroffen. Op zandbodem is sporadisch een klompje mosselen aangetroffen. Op de kiezelbodems rondom de haven Hoornsemeer komen driehoeksmosselen echter massaal voor. Het gaat om een strook van 5 – 10 m breed langs de oevers. Er zijn tijdens dit onderzoek geen tellingen van watervogels



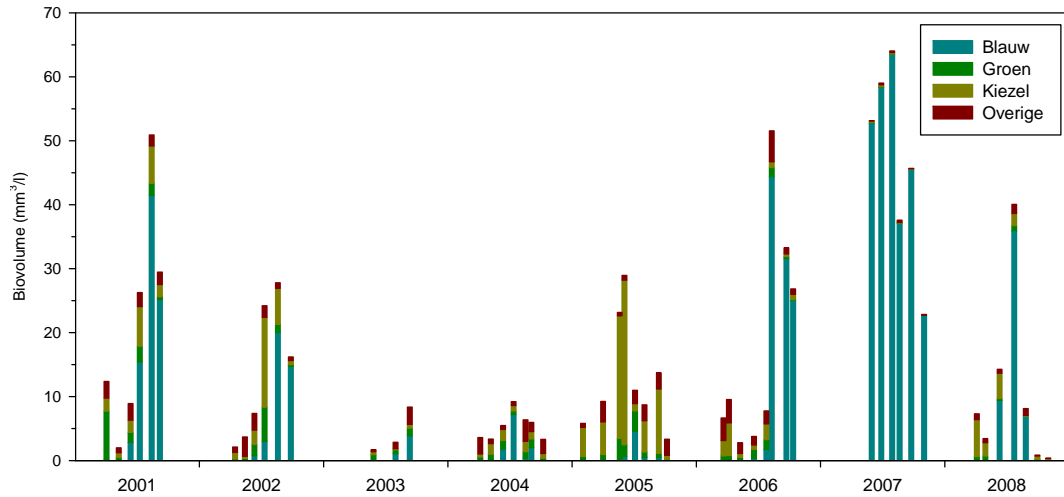
Figuur 8 Driehoeksmosselen op steen

gedaan. Er zijn ook geen gegevens over bekend. Tijdens het veldwerk zijn overigens geen kolonies of anderszins opvallend grote aantallen aan watervogels waargenomen.

3.3.4 Fytoplankton

Het Paterswoldsemeer is een plankton gedomineerd systeem. Het chlorofyl-a-gehalte stijgt in sommige jaren tot boven 100 µg/l. In andere jaren zien we deze pieken niet in de data, en lijkt de hoeveelheid fytoplankton achter te blijven (Figuur 3). Wat de soortensamenstelling van het fytoplankton betreft beschikken we over consistente gegevens vanaf het meetjaar 2001. In de meeste jaren zijn zes tot zeven monsters verzameld, die op eenzelfde wijze geanalyseerd zijn. De gegevens maken het mogelijk om de hoeveelheid fytoplankton uit te drukken in biovolume. Dit is een biomassa-gerelateerde maat, net als het chlorofyl-a-gehalte. Met deze maat kunnen we niet alleen een indruk krijgen van de opbouw van het chlorofyl-a-gehalte, maar ook van de allocatie van de in het meer beschikbare voedingsstoffen.

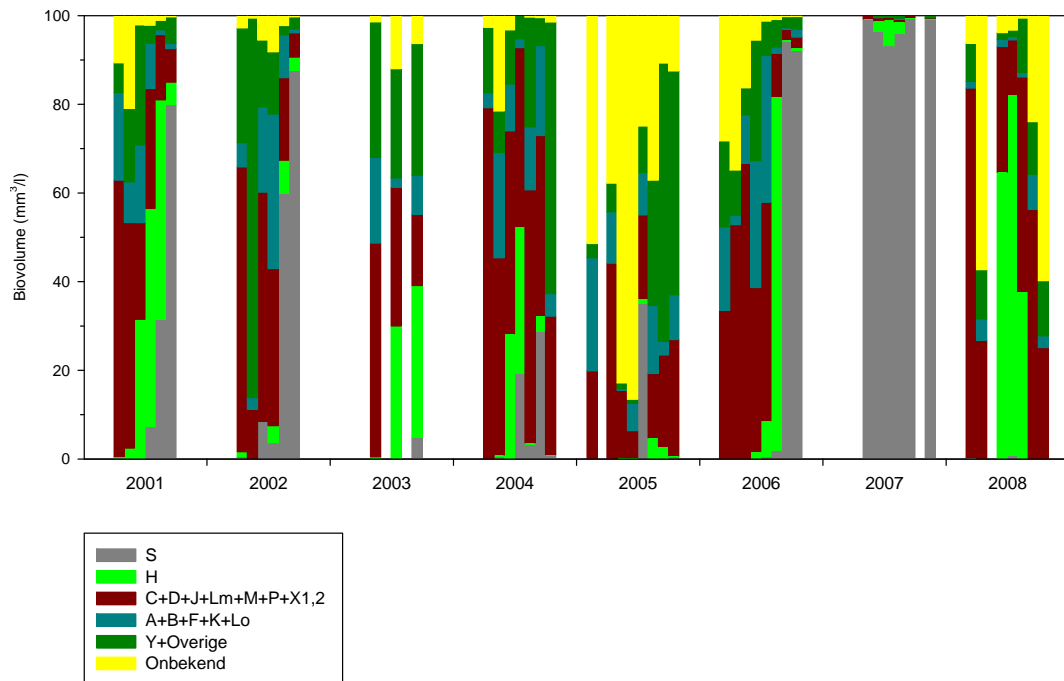
Figuur 9 laat zien dat ook de soortensamenstelling in het Paterswoldsemeer van jaar tot jaar sterk kan verschillen. Het meest voorkomende patroon (2001, 2002, 2006 en 2008) is een voorjaarsituatie gedomineerd door kiezelwieren en groenalgen, gevolgd door een zomersituatie gedomineerd door blauwalgen. In de zomermaanden is het totale biovolume het hoogst. In sommige jaren echter blijven blauwalgen vrijwel het gehele



Figuur 9 Hoeveelheid fytoplankton onderscheiden naar taxonomische hoofdgroep, 2001-2008.

groei seizoen op de achtergrond en overheersen kiezelwieren en overige algen (2004 en 2005). Een uitzonderlijk jaar is 2007 toen blauwalgen een groot deel van het jaar vrijwel het gehele biovolume bepaalden (monsters uit het vroege voorjaar ontbreken).

In plaats van in soorten kan men het fytoplankton ook indelen naar hun ecologische sterke en zwakke kanten. Dit noemen we een indeling in functionele groepen. Voor het Paterswoldsemeer hebben we gebruik gemaakt van indelingen van Reynolds 2006 (pp 302-386), Reynolds *et al.* 2002 en Padisak *et al.* 2009, met aanvullingen van R. Bijkerk. Een



Figuur 10 Aandeel van functionele groepen in het biovolume van fytoplankton, 2001-2008.

groot deel van het jaar bestaat het fytoplankton uit soorten die thuishoren in de functionele groepen A, C en Y (Figuur 10). Het gaat om soorten die thuishoren in kleine tot middelgrote, goed gemengde, eutrofe tot geëutrofiëerde meren. Ze zijn goed bestand tegen lichttekort. Een deel is gevoelig voor begrazing en ander deel is gevoelig voor nutriëntentekort. Nu en dan is de groep S sterk vertegenwoordigd in de nazomer, en in het gehele jaar 2007. Deze groep omvat soorten die zeer goed zijn aangepast aan troebel water en daardoor in staat zijn om andere algengroepen weg te concurreren. Elk jaar vinden we soorten uit de groep H, het meest in 2001 en 2008. Deze groep wordt gekenmerkt door de mogelijkheid om moleculaire stikstof te fixeren. Zij zijn daardoor in het voordeel wanneer het gehalte aan ammonium en nitraat in het water laag is (lager dan 0,3 mg N/l). Het aandeel van de groep met een onbekende strategie is alleen in de jaren 2005 en 2008 aanzienlijk. Het gaat hierbij in de meeste gevallen om algen die niet met zekerheid tot op soort gedetermineerd konden worden, met de routinematige technieken.

3.4 Uitkomsten model PCLake

Om met het metamodel van PCLake te kunnen werken moeten verscheidene systeemspecifieke parameters bepaald of berekend worden. Een belangrijke factor is de fosfaatbelasting van het water. Het model berekent vervolgens de kritische grenzen waarbij het systeem omslaat van helder naar helder naar troebel (Kp-eut) en van troebel naar helder (Kp-oligo). In bijlage III zijn de gebruikte gegevens voor het model weergegeven.

3.4.1 Fosfaatbelasting

Er zijn drie belangrijke aanvoerbronnen van fosfaat naar het Paterswoldsemeer:

- Inlaatwater vanuit het Noord-Willemskanaal
- Recreatie
- Uitgeslagen polderwater

Deze drie factoren nemen alle ongeveer een derde van de totale belasting voor hun rekening. De totale belasting is berekend op: 0,214 g fosfaat/m²/jaar (zie bijlage IV).

3.4.2 Kritische grenzen en alternatieven

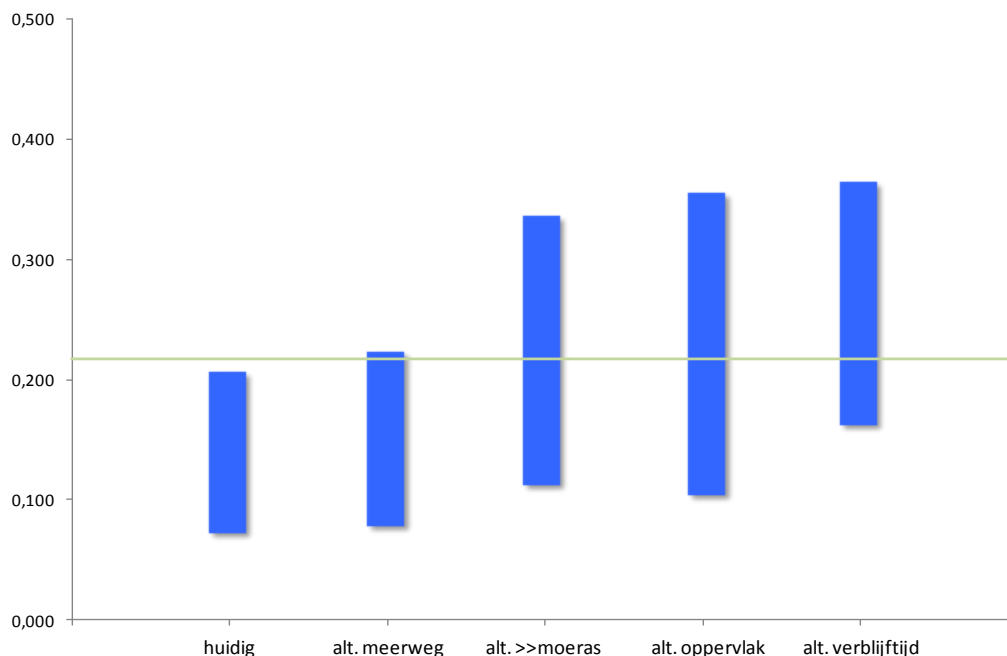
Naast de huidige situatie zijn enkele alternatieven onderzocht op hun effect op de kritische grenzen. Alternatief Meerweg' gaat uit van 3 ha moerasontwikkeling vanwege verbindingzone EHS, in 'alternatief >>moeras' wordt er gerekend met 20 ha moeras. Als laatste zijn er twee alternatieven bekeken waarbij de oppervlakte verkleind wordt (door bijvoorbeeld compartimenteren) of de verblijftijd van het water verkort wordt.

Uit de Tabel 7 en de Figuur 11 blijkt dat de huidige belasting net boven de kritische grens zit, waarbij een helder meer omslaat naar een troebel meer. Uit de resultaten van de alternatieven blijkt dat het aanleggen van 3 ha moeras, zoals in de plannen voor de

Tabel 7 Uitkomsten metamodel PCLake, huidige situatie en alternatieven.

Invoer	huidige situatie*	alternatief Meerweg	alternatief >> moeras	alternatief oppervlak	alternatief verblijftijd
actuele belasting	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214
jaargem.verblijftijd	300	300	300	300	200
Waterdiepte	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
opp moeras	1	3	20	1	1
opp meer	270	270	270	135	270
Strijklengte	1500	1500	1500	800	1500
Bodemtype	veen	veen	veen	veen	veen
verblijftijd winter	200	200	200	200	100
verblijftijd zomer	400	400	400	400	300
Uitvoer					
Kp-eut	0,208	0,226	0,336	0,352	0,367
Kp-oligo	0,073	0,078	0,111	0,101	0,163

robuuste verbindingzone voor de EHS, slechts een kleine invloed zal hebben op de kritische grenzen. De andere alternatieven laten grotere veranderingen zien. De Kp-oligo, de grens die bereikt moet worden om het meer spontaan van troebel naar helder te laten omslaan, is in geen van de gevallen in zicht. De fosfaatbelasting van het meer moet dus omlaag.



Figuur 11 Uitkomsten van het metamodel PCLake. Het traject tussen Kp-oligo en Kp-eut wordt weergegeven door respectievelijk de onderkant en de bovenkant van de blauwe balk. De groene horizontale lijn is de huidige Fosfaatbelasting.

Met de huidige belasting lijkt ingrijpen in de morfologie van het meer geen zin te hebben. In alle gevallen blijft de belasting tussen beide kritische grenzen en kan het meer dus niet in een stabiel heldere toestand verkeren. Om de huidige situatie te verbeteren moet dus

allereerst de fosfaatbelasting teruggebracht worden. Dit houdt in dat de groene lijn in Figuur 10 lager komt te liggen waardoor de grenzen voor de omslag van troebel naar helder dichterbij komen. Indien de belasting verlaagd wordt tot 0,100 g fosfaat/m²/jaar in combinatie met de maatregelen uit variant 'moeras', zal dit leiden tot een stabiel helder Paterswoldsemeer.

4 Discussie

De algen in het Paterswoldsemeer kunnen zeer efficiënt zijn in hun fosfaatopname. De klasse 'matig' voor chlorofyl loopt van 20-50 µg/l. Om er zeker van te zijn dat de chlorofylconcentratie hier niet boven stijgt (zonder top-down-controle), zou de totaal fosfaatconcentratie maximaal 0,03 mg/l mogen bedragen. Voor de klasse 'goed' moet de concentratie nog lager zijn. Er zijn veel metingen waaruit blijkt dat de algen op dat moment niet gelimiteerd worden door fosfaat. Er is op dat moment dus sprake van een top-down controle. Dit kan graasdruk van bijvoorbeeld watervlooien of driehoeksmosselen zijn.

Een beter doorzicht en hogere watertemperaturen kunnen leiden tot een hogere primaire productie, waardoor het chlorofyl-a-gehalte zal toenemen. Hierdoor zou de bovengenoemde grens van 50 µg/l kunnen worden overschreden. Hoewel dit weer een negatief effect op het doorzicht tot gevolg heeft, is de bijdrage van het chlorofyl-a-gehalte aan het doorzicht momenteel veel minder dan die van het door wind opgewerveld slib. Door de met klimaatverandering samenhangende toename in windsnelheid, die met name in de zomer wordt verwacht, zal daarom waarschijnlijk het doorzicht minder toenemen dan verwacht. Wanneer de aanwezige sliblaag niet wordt verwijderd, zou zelfs een afname in het doorzicht plaats kunnen vinden. Overigens zorgt het hogere achtergronddoorzicht nu voor betere groeiomstandigheden voor potentiële stikstoffixerende blauwalgen, zoals *Aphanizomenon flos-aquae* en soorten uit het geslacht *Anabaena*. Voor watervlooien zijn deze blauwalgen nauwelijks eetbaar.

Vooraf aan het eind van de jaren 80 en het begin van de jaren 90 van de 20^e eeuw werden er hoge sulfaatconcentraties gemeten. Het is goed mogelijk dat de dikke sliblaag in het meer het gevolg is van veenafbraak door deze hoge sulfaatgehalten. In hoog productieve systemen wordt ook veel slib gevormd.

Wat betreft het voorkomen van watervegetatie zijn er enkele opvallende verschillen tussen locaties waar wél en locaties waar geen waterplanten voorkomen. Onder de plantenrijke zones in het Hoornsemeer is geen sliblaag aangetroffen. Het water is ondiep en de bodem is bedekt met kiezels, waarop redelijke aantallen driehoeksmosselen zijn waargenomen. Het is verleidelijk aan te nemen dat de combinatie van het graasgedrag van de mosselen en de afwezigheid van slib de reden is dat het water hier helderder is en er meer vegetatie voorkomt dan in de rest van het meer. Deze aanname wordt versterkt door de waarneming dat aan de parkachtige oostkant van het Hoornsemeer het water ook ondiep is, maar hier wel een dikke sliblaag voorkomt en dus geen driehoeksmosselen. In het voorjaar werd hier een hoge bedekking met ondergedoken waterplanten gevonden, die twee weken later overwoekerd was met een drijfslag van blauwalg, terwijl het water in de haven nog helder was.

Het klein blijven van Baars en de onevenwichtige leeftijdsopbouw van Blankvoorn en Brasem in het Paterswoldsemeer is vooral toe te schrijven aan een voedseltekort. Voor Baars gaat het hierbij met name om kleine vis, maar voor Blankvoorn en Brasem waarschijnlijk vooral om zoöplankton, muggenlarven, slakjes en (driehoeks)mosselen. De

relatief lage dichtheid van volwassen Snoek is toegeschreven aan de beperkte aanwezigheid van brede ondiepe en begroeide oeverzones.

Vrijwel iedere zomer is er een piek in het totaal fosfaat te zien. Het is bekend dat 's-winters tijdens regenval fosfaat uitspoelt naar oppervlaktewateren en op de waterbodem terecht komt. In de zomerperiode worden bodems vaak zuurstofloos, waardoor het gebonden fosfaat vrijkomt (Ouboter 2010). Het heeft er schijn van dat dit fenomeen ook in het Paterswoldsemeer optreedt.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Diagnose

Er zijn meerdere oorzaken voor de lage ecologische waarde van het Paterswoldsemeer. In eerdere rapportages wordt vaak vermeld dat de chemische toestand geen beperking zou zijn. Recente inzichten geven echter aan dat absolute concentraties van stoffen weinig inzicht geven. De draagkracht van een systeem is afhankelijk van meerdere factoren. Voor een meer zijn onder andere van belang:

- Strijklengte: hoe groter de strijklengte, hoe lager de kritische belasting.
- Diepte: hoe dieper het meer, hoe lager de kritische belasting.
- Areaal moeraszone: hoe meer areaal moeras, hoe hoger de kritische belasting.
- Verblijftijd: hoe langer de verblijftijd, des te lager de kritische belasting.
- Bodemtype: zandbodem heeft de hoogste kritische belasting, daarna klei, daarna veen.

Het Paterswoldsemeer heeft een grote strijklengte, is relatief diep, heeft een zeer laag areaal moeras, kent een hoge verblijftijd en de bodem bestaat voornamelijk uit veen. Allemaal factoren die de kritische belasting van het systeem verlagen. Dit is de verklaring dat het meer ondanks de relatief lage concentraties aan voedingsstoffen, toch in een slechte toestand verkeert. Uit de analyse met PCLake komt duidelijk naar voren dat de fosfaatbelasting te hoog is voor de huidige inrichting. Het met de helft terugbrengen van de belasting zal in combinatie met enkele aanpassingen aan de morfologie een stabiel helder meer tot gevolg hebben.

Door de stijgende watertemperatuur ten gevolge van klimaatverandering zullen problemen met blauwalgbloei verder verergeren als er geen maatregelen genomen worden om het ecologisch systeem van het Paterswoldsemeer te verbeteren. Deze verandering moet ook meegenomen worden in de keuze voor mogelijk uit te voeren maatregelen.

5.2 Aanbevelingen

Het is van belang om als eerste de te hoge fosfaatbelasting aan te pakken en pas daarna maatregelen te nemen om de kritische grenzen te verhogen. De aanbevelingen hieronder zijn daarom opgedeeld in 'behorend bij bronmaatregelen' en 'behorend bij systeemmaatregelen'.

5.2.1 Bronmaatregelen

- Waterinlaat kan in de toekomst beter via de benedenloop van de Drentse Aa plaatsvinden dan vanuit het Noord-Willemskanaal. Om de fosfaatconcentratie in het meer te verlagen, moet onder andere de aanvoer beperkt worden. Als aanvoerwater is de Oude Aa te prefereren boven het Noord-Willemskanaal. Het water in de Oude Aa is twee keer zo rijk aan ijzer als het water uit het Noord-

Willemskanaal. IJzer bindt fosfaat, waardoor het onbereikbaar wordt voor groei van organismen. Tevens is de fosfaatconcentratie in de Oude Aa meer dan twee keer zo laag, waardoor de directe belasting sterk verlaagd wordt.

- Géén water inlaten vóór 1 mei. Nutriënten worden vóór die datum voornamelijk gebruikt door algen. Daarnaast worden begrazers van algen (zoöplankton) pas actiever als het water wat warmer wordt. Tevens zit er teveel sulfaat in het meer, afkomstig van inlaatwater. Sulfaat leidt tot fosfaatmobilisatie. Ook de gehalten aan bicarbonaat in het aanvoerwater zijn dermate hoog, dat mineralisatie van organisch materiaal plaatsvindt, wat ook leidt tot fosfaatmobilisatie.
- De lozing door recreanten dient verminderd te worden.
- Er kan getracht worden het fosfaatgehalte in het water dat via gemaaltjes op het Paterswoldsemeer geloosd wordt te verlagen.

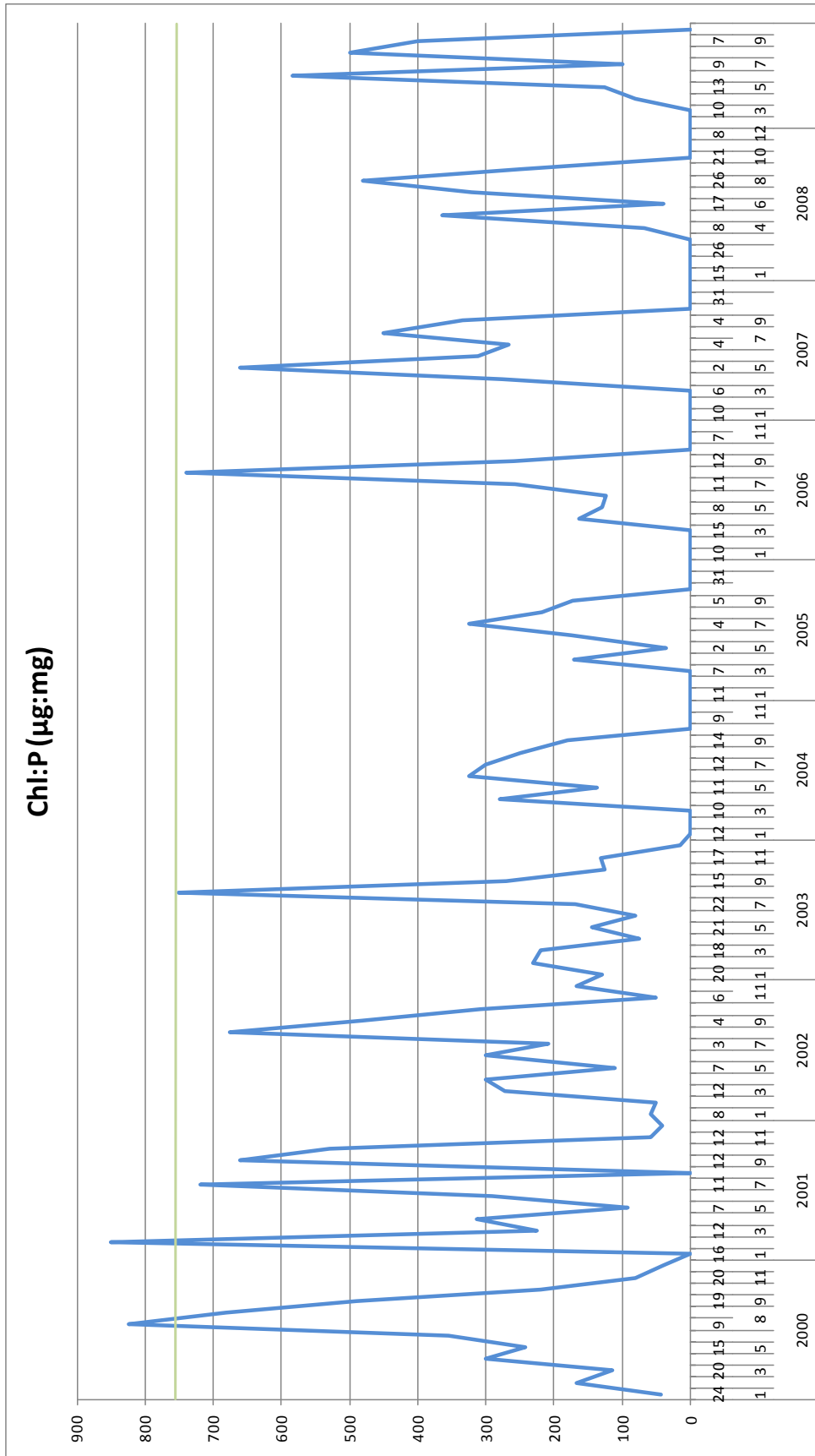
5.2.2 Systemmaatregelen

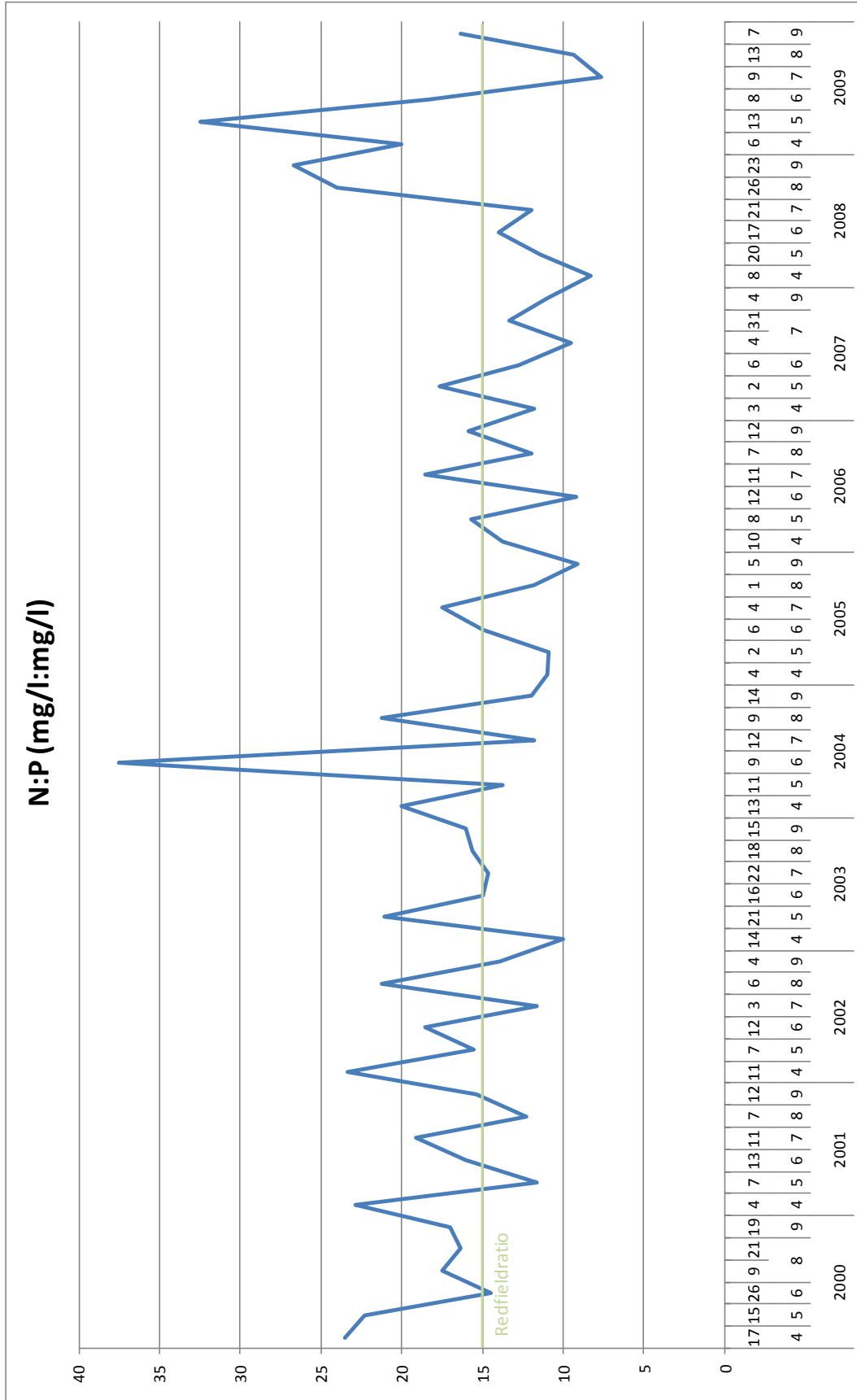
- Creëer meer ruimte voor moeras. Dit kan in de vorm van natuurvriendelijke oevers en door het realiseren van een groot oppervlakte moeras dat aan het Paterswoldsemeer aangekoppeld wordt. Moeras ontwikkelt zich bij het best bij een natuurlijk peilverloop.
- Maak een redelijk groot oppervlak aan ondiep water. Hier kan vegetatie zich makkelijker ontwikkelen dan in diep water. Tevens dienen dergelijke plekken als paaiplaats voor vis. Wellicht leent de hoek bij 'Dubbeltjesland' (x234750 y576450) zich hier goed voor.
- De hoeveelheid slib moet verminderd worden om opwerveling ervan te voorkomen. Er kan gebaggerd worden om de laag te verwijderen. Er moet wel zekerheid zijn dat door interne processen (bijvoorbeeld mineralisatie van veen) niet snel een nieuwe sliblaag ontstaat.
- Verminder eventueel de strijklengte door de aanleg van een langgerekt smal eiland, strekkend van noordwest naar zuidoost.
- Er kan overwogen worden om de zuidoosthoek (de Lijte) door een dam af te sluiten van de rest van het meer en de bodem af te dekken met zand. Hierdoor wordt de kans op blauwalgbloei op de zwemlocatie sterk verkleind.
- Top-down controle introduceren of verbeteren door bijvoorbeeld de groei van (driehoeks)mosselen en/of watervlooien te stimuleren. Er kan geëxperimenteerd worden met de aanleg van stevige bodems om de populaties van grote mosselen te vergroten.

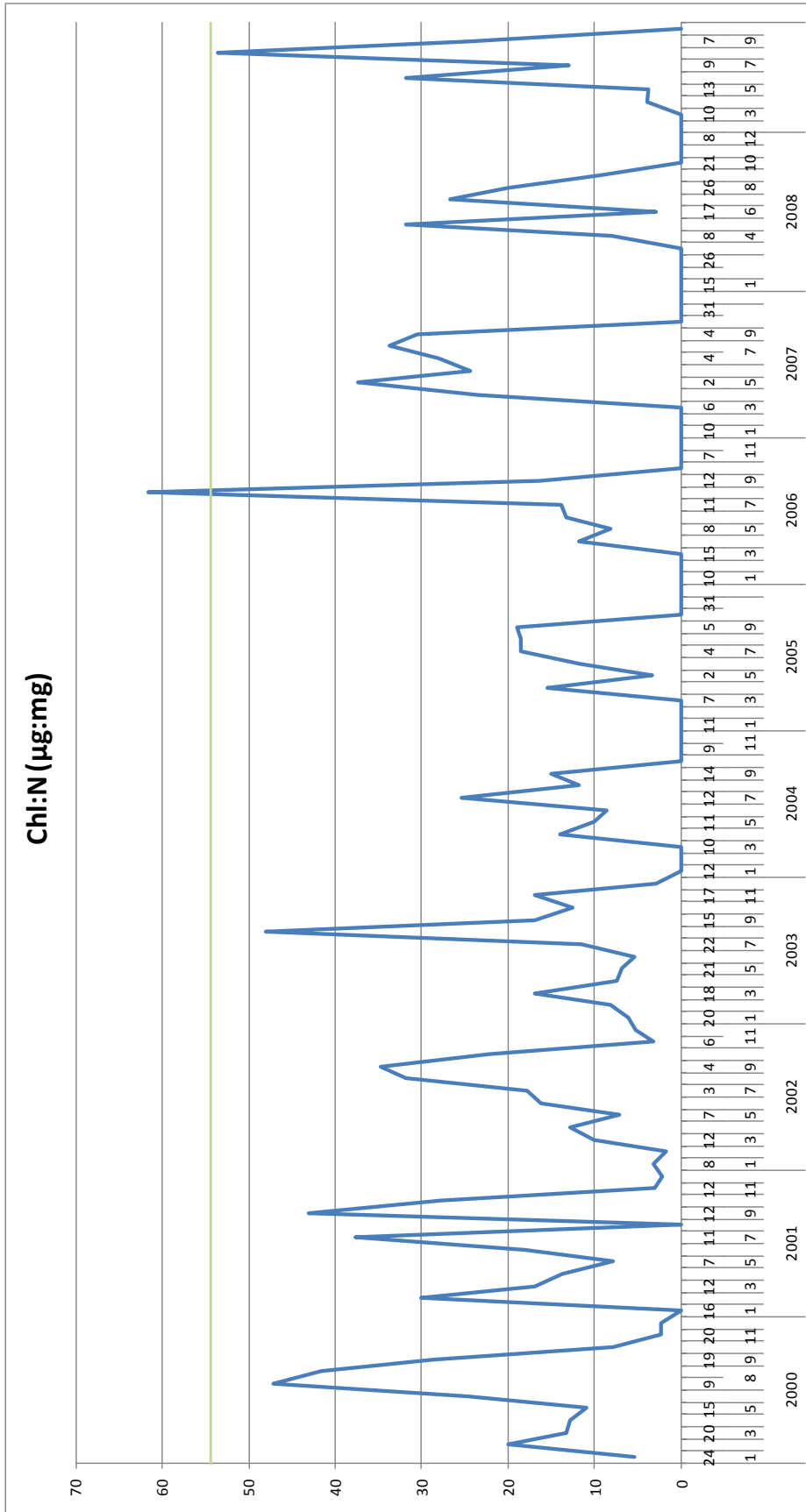
6 Literatuur

- Bijkerk, R. 2009. *Is de productiviteit van het Zuidlaardermeer gedaald? Een verkennende analyse van veranderingen in de waterkwaliteit en fytoplanktonbiomassa van het Zuidlaardermeer, met een prognose en aanbevelingen voor monitoring*. Rapport 2009-133. Koeman en Bijkerk bv, Haren. In opdracht van Waterschap Hunze en Aa's.
- Bijkerk, R. & G.J. Berg. 2005. *Zicht in meren, een ecologisch statusrapport van de vier meren in het beheergebied van het Waterschap Hunze en Aa's*. Rapport 2004-118. Bureau Koeman en Bijkerk, Haren. In opdracht van Waterschap Hunze en Aa's.
- Bijkerk, R., G.H. Bonhof, G. Mulderij, R. Torenbeek & G. Wolters. 2009. *Bestrijding blauwalgoverlast recreatiepark Borgerswold te Veendam*. Rapport 2009-004. Koeman en Bijkerk bv, Haren / Torenbeek Consultant, Apeldoorn.
- Jaarsma, N., M. Klinge & L. Lamers. 2008. *Van helder naar troebel en weer terug*. Rapport 2008-04. STOWA, Utrecht.
- Klinge, M., G. Hensens, A. Brenninkmeijer & L. Nagelkerke. 2003. *Handboek Visstandbemonstering: voorbereiding, bemonstering, beoordeling*. Rapport 2002-07. STOWA, Utrecht.
- Kosten, S. & T. Claassen. 2010. *Klimaatverandering en waterkwaliteit, wat staat ons te wachten?* Voordracht Watermozaïek Klimaatsymposium 28-02-2010. http://www.STOWA.nl/uploads/filmpjes/watermozaiek/pdf/100128_presentatie_5.pdf
- Lamers, L (red). 2006. *Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren, eindrapportage 2003-2006*. Rapport DK nr. 2006/057-O. Ministerie van Landbouw, natuur en voedselkwaliteit.
- Lurling, M. & H. Ruiters. 2010. *Klimaatverandering, blauwalgen en recreatie*. Voordracht Watermozaïek Klimaatsymposium 28-02-2010. http://www.STOWA.nl/uploads/filmpjes/watermozaiek/pdf/100128_presentatie_2.pdf
- Meerschap Paterswolde. *Geschiedenis van het Paterswoldsemeer en het Hoornsemeer*. http://www.meerschap-paterswolde.nl/gebied/geschiedenis_4.html
- Molen, D.T. van der & R. Pot (red.). 2007. *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water*. Rapport 2007-32. STOWA, Utrecht.
- Ouboter, M. 2010. *Klimaatgestuurde veranderingen in aquatische gemeenschappen*. Voordracht Watermozaïek Klimaatsymposium 28-02-2010. http://www.STOWA.nl/uploads/filmpjes/watermozaiek/pdf/100128_presentatie_7.pdf
- Padisak, J, L.O. Crossetti & L. Naselli-Flores. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621: 1-19.
- Portielje, R. en D.T. van der Molen. 1998. *Relaties tussen eutrofiëringsvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen*. RIZA rapport 98.007. RIZA, Lelystad.
- Provincie Groningen. *Provinciaal Omgevingsplan*. <http://www.provinciegroningen.nl/pop/>
- Reynolds, C.S. 2006. *Ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Reynolds, C.S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.
- van Slageren, A.H. 1989. *Het Paterswoldsemeer, ontstaan en ontwikkeling*. Harener Historische Commissie.
- van Splunder, I., T.A.H.M. Pelsma & A. Bak (red.). 2006. *Richtlijnen monitoring oppervlaktewater. Europese Kaderrichtlijn Water. Versie 1.3, augustus 2006*. Landelijk Bestuurlijk Overleg Water.
- Waterschap Noorderzijlvest. 2008. *Schoon en gezond water in Noorderzijlvest*. KRW gebiedsgroepdocument. Waterschap Noorderzijlvest.

Bijlage 1 Grafieken verhoudingen chlorofyl, stikstof en fosfaat







Bijlage II Analyse bodemmonsters

Meetpuntomschrijving	Datum	Ca		DS	Fe	KjN		Totaal P
		mg/kg ds	ds			mg/kg ds	ds	
Paterswoldsemeer Waterbodem pnt 1	15-12-2009	14820	15,2	23700	8430	807		
Paterswoldsemeer Waterbodem pnt 2	15-12-2009	7060	28,2	12400	3150	353		
Paterswoldsemeer Waterbodem pnt 3	15-12-2009	20400	11,9	27400	8250	679		
Paterswoldsemeer Waterbodem pnt 4	15-12-2009	13590	14,3	22600	6610	878		
Paterswoldsemeer Waterbodem pnt 5	15-12-2009	11560	13,2	26700	7130	1630		
Paterswoldsemeer Waterbodem pnt 6	15-12-2009	5520	26,9	13700	2130	417		

Meetpuntomschrijving	Datum	Ca	Fe	HCO3	NH4	KjN	NO2	NO3	PO4	Totaal N	Totaal P
Paterswoldsemeer Bodemwater pnt 1	15-12-2009	30	5,6	100	1,6	6,3	0,02	<0,03	0,02	6,3	0,64
Paterswoldsemeer Bodemwater pnt 2	15-12-2009	28	5,4	102	1,4	5,1	0,01	<0,03	0,01	5,1	0,57
Paterswoldsemeer Bodemwater pnt 3	15-12-2009	26	4,5	89	0,9	4,9	<0,01	<0,03	0,01	4,9	0,48
Paterswoldsemeer Bodemwater pnt 4	15-12-2009	25	6,7	nb	0,8	4,9	0,01	0,04	0,02	4,9	0,66
Paterswoldsemeer Bodemwater pnt 5	15-12-2009	36	22,0	64	0,8	11,0	<0,01	<0,03	0,01	11,0	2,70
Paterswoldsemeer Bodemwater pnt 6	15-12-2009	27	8,0	81	0,6	4,8	<0,01	<0,03	0,02	4,8	1,00

Bijlage III Gebruikte gegevens PCLake

VARIABELE	WAARDE	BEPaald DOOR
Actuele belasting	0,214	berekend
Verblijftijd winter	200	berekend
Verblijftijd zomer	400	berekend
Waterdiepte	2,5 m	gemiddelde van metingen
Oppervlakte moeras	10.500 m ²	GIS-bepaling + oeverinventarisatie *
Oppervlakte meer (excl. moeras)	270 ha	GIS-bepaling topografische kaart
Strijklengte	1500 m	GIS-bepaling topografische kaart **
Bodemtype	veen	bemonstering en bodemkaart
Fractie opgelost P	0,5	standaard PCLake
Visserijdruk	~0	schatting

* Oppervlakte moeras is 0.4% van het meer.

** De strijklengte kan ook verkregen worden door de wortel van het wateroppervlak (m²) te berekenen. Het resultaat is dan 1640 m. Het meer is echter niet eenduidig van vorm, waardoor er voor de uitkomst van de GIS-bepaling is gekozen.

Bijlage IV Berekening P-belasting

Overnachtingen: 4000 per jaar; 80% aan de eilanden, 20% in de jachthaven.

Dag recreanten aan het meer: 200.000 per jaar.

Uitscheiding N en P door mensen (g/dag):

	urine	faeces	totaal
tot-P	1,0	0,5	1,5
tot-N	11,0	1,5	12,5

