

Advies waterplanten Paterswoldsemeer



R. Bijkerk
H. Schepp



Advies waterplanten Paterswoldsemeer



Advies waterplanten Paterswoldsemeer

R. Bijkerk, H. Schepp

Status uitgave: definitief

Rapportnummer: 19-131
Projectnummer: 19-0472
Datum uitgave: 31 oktober 2019
Foto omslag: Het Paterswoldsemeer vanuit het zuidwesten. Bron foto: Dagblad van het Noorden 13 april 2016
Projectleider: Ir. G.H. Bonhof
Tweede lezer: Ir. G.H. Bonhof
Naam en adres opdrachtgever: Waterschap Noorderzijlvest
Stedumermaar 1, 9735 AC Groningen
Referentie opdrachtgever: Verplichtingennr. 201901853
Akkoord voor uitgave: Ir. G.H. Bonhof
Paraaf:

Graag citeren als: Bijkerk R & Schepp H (2019) Advies waterplanten Paterswoldsemeer. Bureau Waardenburg Rapportnr. 19-131. Bureau Waardenburg, Vestiging Noord, Haren. 40 pp.

Trefwoorden: Paterswoldsemeer, Hoornsemeer, waterplanten, waterkwaliteit, recreatie

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

© Bureau Waardenburg bv / Waterschap Noorderzijlvest

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.



Bureau Waardenburg, Postbus 365 4100 AJ Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl



Inhoud

Voorwoord	4
1 Inleiding	5
1.1 Waterkwaliteit is zorg	5
1.2 Meer in balans	5
1.3 Waarom dit rapport	5
1.4 Leeswijzer	5
2 Het Paterswoldsemeer	7
2.1 Ontstaan	7
2.2 Beschrijving	7
3 Waterplanten, zegen of zorg	9
3.1 Ondergang en opkomst	9
3.2 Welke rol spelen waterplanten	9
3.3 Wat hebben waterplanten nodig	10
3.4 Waterplanten in het Paterswoldsemeer	11
3.5 Overlast door waterplanten	11
3.6 Hoe kan men omgaan met waterplanten	13
4 Waterplanten, waar kunnen we ze verwachten	15
4.1 Drie scenario's	15
4.2 Waar komen waterplanten	17
4.3 Welke soorten kunnen we verwachten	20
Literatuurverwijzingen	24
Bijlagen inhoudsopgave	25
Bijlage I Waterplanten en licht	26
Bijlage II Ontwikkeling waterkwaliteit Paterswoldsemeer	29



Voorwoord

Het Paterswoldsemeer vervult een belangrijke functie voor de recreatievaart en als zwemwater. Door de Provincie Groningen is het meer aangewezen als essentieel natuurgebied, dat onderdeel is van het Natuur Netwerk Nederland. Wat is er nodig om de kwaliteit van die functies te vergroten? En hoe verenigen we deze functies zodat omwonenden en gebruikers optimaal kunnen genieten van een 'meer in balans'?

Onder deze titel 'Meer in balans' werken het Waterschap Noorderzijlvest, het Meerschop Paterswolde en de Provincie Groningen de komende jaren aan voorzieningen voor recreatie en natuur en aan de kwaliteit van het water. Dat laatste is nodig om te zorgen voor goed (zwem)water, helder water zonder een overmatige hoeveelheid blauwalgen. En ook de natuurwaarde van het meer is gebaat bij een verbetering van de waterkwaliteit.

Maar wat betekent een betere waterkwaliteit voor de vaarrecreatie? In hoeverre zal een toename van de helderheid leiden tot een overmatige groei van waterplanten? Om zich hiervan een beeld te kunnen vormen, heeft het Waterschap Noorderzijlvest laten uitrekenen welke delen van het meer begroeid kunnen raken met waterplanten, voor drie scenario's van helderheid. De resultaten presenteren we in dit rapport in de vorm van drie waterplantenkaarten. Met deze kaarten wil het Waterschap de gebruikers van het meer informeren en betrekken in een gemeenschappelijk streven naar een meer in balans.

De waterplantenkaarten zijn gemaakt door Helen Schepp en de rapportage is samengesteld door Ronald Bijkerk. Projectleider namens Bureau Waardenburg was Gerwin Bonhof. Vanuit het Waterschap Noorderzijlvest is het project geleid door Ruurd van der Berg en begeleid door een commissie bestaande uit Jan Wanink, Roy van Hezel, Marion Meijer en Ilse Russcher van het Waterschap Noorderzijlvest en Henk Hazelhorst van Arcadis. Wij danken allen voor de prettige samenwerking en hun commentaar op een eerdere versie van dit rapport.

Haren, 31 oktober 2019

Ronald Bijkerk
Helen Schepp



1 Inleiding

1.1 Waterkwaliteit is zorg

Het Waterschap Noorderzijlvest wil zorgen voor een verbetering van de waterkwaliteit van het Paterswoldsemeer. Dat is nodig omdat de huidige ecologische kwaliteit van het meer niet voldoet aan de normen: de visstand is te eenzijdig, waterplanten zijn in het meer zèlf nauwelijks te vinden, er zijn teveel blauwalgen in het water en alleen de ongewervelde waterdieren doen het goed. Bloeien van blauwalgen komen elke zomer voor en leiden dan tot een negatief zwemadvies voor de zwemlocatie De Lijte. Om de ecologische kwaliteit te verbeteren wil men de hoeveelheid voedingsstoffen dat op het meer komt, verminderen en de inrichting van het meer natuurlijker maken¹.

1.2 Meer in balans

Maatregelen om de ecologische kwaliteit te verbeteren willen Waterschap Noorderzijlvest, Meerschop Paterswolde en Provincie Groningen uitvoeren in samenspraak met omwonenden en gebruikers van het meer. Het doel hiervan is om de verschillende functies van het meer, vaarrecreatie, zwemrecreatie, natuur en natuurbeleving, optimaal te verweven. Of zoals verwoord in de tweede Nieuwsbrief Meer in Balans: ruimte voor het ene belang mag niet ten koste gaan van het andere belang.

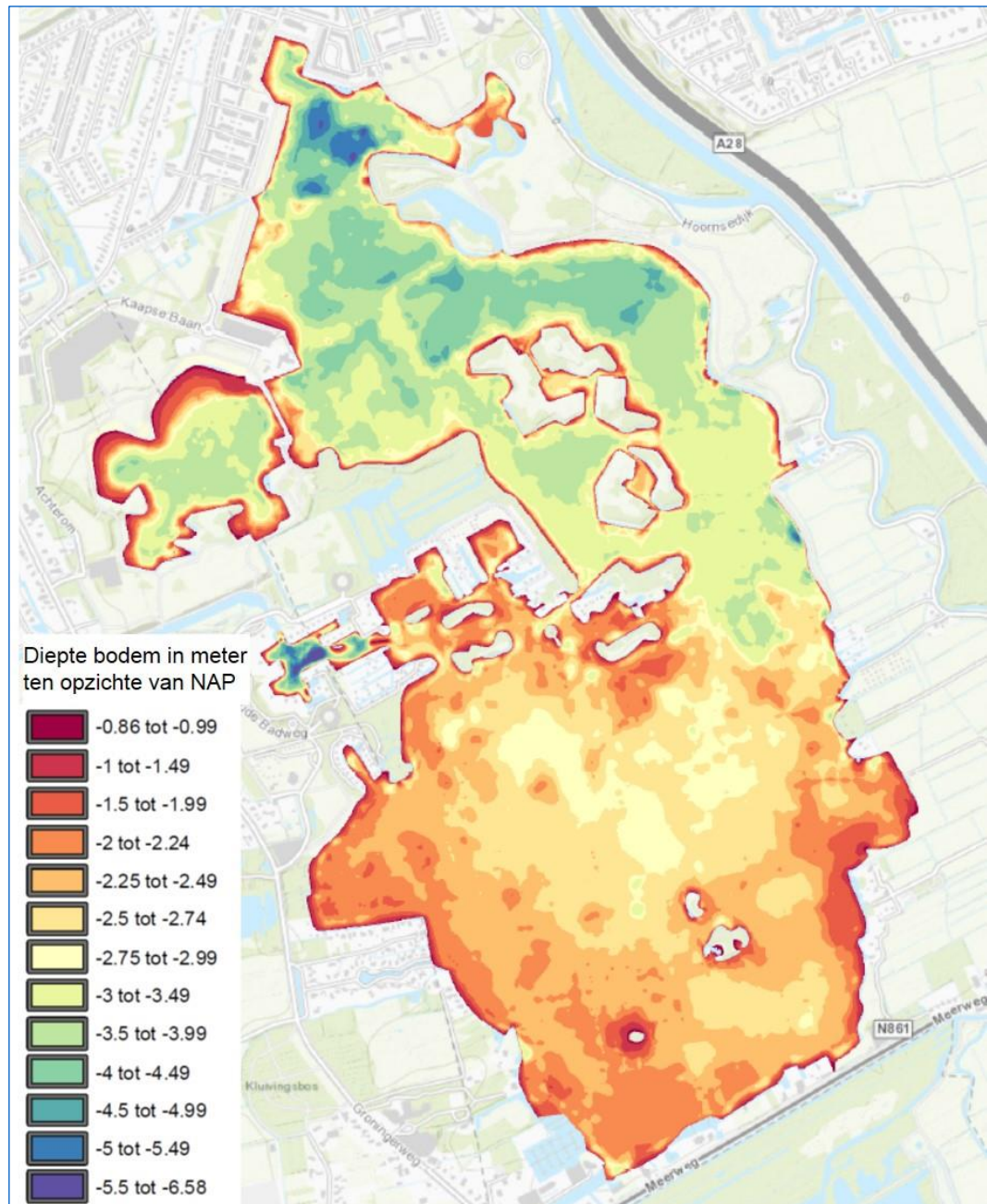
1.3 Waarom dit rapport

Met dit rapport wil het Waterschap Noorderzijlvest omwonenden en gebruikers van het meer informeren over één van de mogelijke gevolgen van de maatregelen: een toename van de hoeveelheid waterplanten. In welke delen van het meer kunnen we een toename verwachten en hoe kunnen we hier mee omgaan?

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 geven we een korte beschrijving van het Paterswoldsemeer, hoe is het ontstaan, hoe zien de diepteverdeling en bodem eruit en hoe werkt het peilbeheer. Hoofdstuk 3 geeft informatie over waterplanten, welke rol spelen ze in het ecosysteem en hoe gaan we om met waterplantenoverlast. In hoofdstuk 4 presenteren we drie kaarten met de mogelijke verspreiding van waterplanten over het meer, voor drie scenario's van helderheid. Daarna noemen we een aantal waterplanten die in het meer voor grotere begroeiingen zouden kunnen zorgen. In de bijlagen geven we technische informatie over de achtergrond van de scenario's en de ontwikkeling van de waterkwaliteit in het meer in de afgelopen veertig jaar.

¹ Achtergrond en doelen van het waterbeheer in het Paterswoldsemeer zijn te vinden in documenten van het Waterschap Noorderzijlvest (2014 en 2017).



Figuur 1 Dieptekaart van het Paterswoldsemeer, het Hoornsemeer en de Hoornseplas in 2017. Gemeten is de ligging van de bovenkant van de onderwaterbodem (sliblaag) in meter ten opzichte van NAP. Omdat het waterpeil een niveau heeft van circa -0,9 meter ten opzichte van NAP, is de waterdiepte gelijk aan de diepteligging van de onderwaterbodem min -0,9 meter (bron kaart: Medusa Explorations BV).



2 Het Paterswoldsemeer

2.1 Ontstaan

Het zuidelijke deel van het Paterswoldsemeer is ontstaan in de periode 1740-1835, door het afgraven van het laagveengebied Neerwold, een gebied met dichte moerasbossen in het dal van de Drentsche Aa. Op de topografische kaart van rond 1853 zijn in het meer nog de legakkers te zien, waarop de turven te drogen werden gelegd. Deze legakkers zijn in de loop der tijd door het water weggeslagen. Tussen 1972 en 1981 zijn eerst de Hoornseplas en daarna het Hoornsemeer uitgegraven. Het zand dat zich hier onder het veenpakket bevond, werd gebruikt voor de aanleg van de rijksweg A7 en voor de aanleg van Corpus den Hoorn-Zuid. In 1982 werd het Hoornsemeer verbonden met het Paterswoldsemeer, door afgraving van het laatste stuk grond tussen beide meren.

2.2 Beschrijving

Oppervlak en diepte

Het Paterswoldsemeer en het Hoornsemeer hebben een gezamenlijke oppervlakte van 274 hectare. De gemiddelde waterdiepte in het Paterswoldsemeer is 1,7 meter en in het Hoornsemeer 2,6 meter¹. In het noordelijke deel van het Hoornsemeer liggen enkele putten waar de diepte oploopt tot 5,7 meter (Figuur 1).

Bodem

De bodem is overwegend zandig. Vooral in het westelijke deel van het Paterswoldsemeer vinden we nog restanten van de oorspronkelijke veenbodem. En in het midden van het Hoornsemeer zit klei in de bodem. Op de bodem ligt een sliblaag waarvan de dikte varieert (Figuur 2). In het oosten van het Paterswoldsemeer is weinig slib aanwezig. Dit komt door de overheersend westelijke winden. Deze stuwen het water oostwaarts op, waarna het slib met de terugkerende onderstroom in westelijke richting getransporteerd wordt. Daar is de sliblaag zo'n tien tot veertig centimeter dik. In het Hoornsemeer is alleen langs de oever geen slib aanwezig en verder uit de kant een laag van veertig tot tachtig centimeter. De dikste sliblagen, tot honderd centimeter dik, vinden we op de overgang tussen het Hoornsemeer en Paterswoldsemeer.

Waterhuishouding

Het water in het Paterswoldsemeer en Hoornsemeer is afkomstig van neerslag, van polderwater uitgeslagen door het gemaal Hoornsedijk en van grondwater dat vooral in het zuidoosten opkwelt. Het waterpeil van beide meren wordt gehandhaafd op een niveau van NAP -0.85 meter in de zomer en NAP -0.93 meter in de winter. Overtollig water voert men af via de stuw in de Woldslot. Bij droogte laat men water in vanuit het Noord-Willemskanaal, via de Nijveensterskolk. Deze schutsluis werd gebouwd in 1927 en zorgt voor de vaarverbinding met het Hoornsediep en Noord-Willemskanaal. In 2011 is de

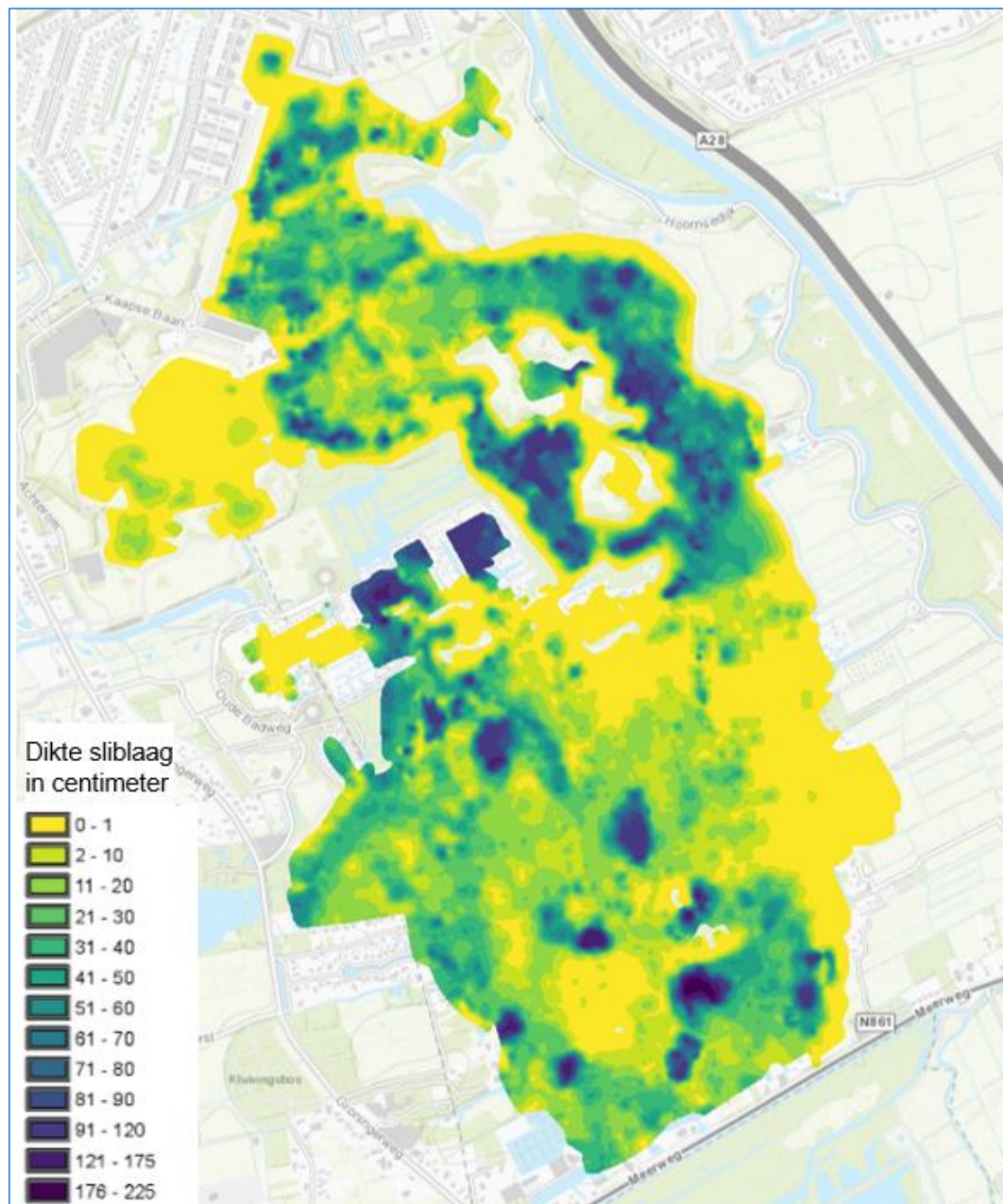
¹ Medusa heeft in 2017 onderzoek gedaan naar de diepte en samenstelling van de waterbodem in het Paterswoldsemeer en Hoornsemeer. Daarop zijn deze gegevens gebaseerd (zie de Vries & Ceulemans 2018).



vaarroute naar de nieuwe wijk Ter Borch aangelegd. Ook in deze vaarweg is een sluis aangelegd, omdat het waterpeil in het meer hoger is dan in de watergangen in deze wijk.

Oevers

Een groot deel van de oevers is beschoeid of verstevigd met stortsteen. Samen met het onnatuurlijke peilbeheer ('s zomers hoog en 's winters laag in plaats van andersom), zorgt dit voor een spaarzaam ontwikkelde oeverbegroeiing.



Figuur 2 Dikte van de sliblaag in het Paterswoldsemeer, het Hoornsemeer en de Hoornseplas, gemeten door Medusa in de nazomer van 2017 (bron kaart: Medusa Explorations BV).



3 Waterplanten, zegen of zorg

3.1 Ondergang en opkomst

Waterplanten horen van nature thuis in ondiepe meren zoals het Paterswoldsemeer. Hoeveel waterplanten er vroeger in het meer voorkwamen, weten we niet. Wel weten we dat in haast alle Nederlandse meren de ondergedoken waterplanten verdwenen in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw. De oorzaak was een verslechtering van de waterkwaliteit. Heldere meren werden troebel door een overmatige groei van algen en de visstand 'verbrasemde'¹. Maatregelen om de waterkwaliteit weer te verbeteren, hebben sinds 1996 in veel wateren geleid tot de terugkeer van waterplanten. Daarmee is ook een probleem ontstaan voor de recreatievaart. Op tal van plaatsen doen de waterplanten het zo goed, dat ze het varen belemmeren.

Waterplanten zijn er in drie groeivormen. **Ondergedoken waterplanten** blijven met hun stengels en bladeren onder water, maar kunnen wel tot aan het wateroppervlak doorgroeien. Van sommige soorten komen alleen de bloeiwijzen boven het wateroppervlak uit. Voorbeelden zijn Smalle waterpest, Gedoornd hoornblad en de meeste fonteinkruiden. **Drijvende waterplanten** vormen bladeren die op het wateroppervlak drijven, zoals Gele plomp, Witte waterlelie en Kikkerbeet. Alleen hun bloemen steken boven het water uit. Kroos drijft ook op het water, maar wortelt niet in de bodem, zoals Gele plomp en Witte waterlelie wel doen. **Emergente waterplanten** zijn planten die wortelen onder water, maar waarvan de stengels en bladeren boven het wateroppervlak uitgroeien. Deze planten groeien dicht langs de oever. Voorbeelden zijn Riet, Lisdodde en Mattenbies.

3.2 Welke rol spelen waterplanten

Waterplanten zorgen voor een goede waterkwaliteit en bevorderen de verscheidenheid aan leven, de biodiversiteit. Daarom vervullen zij een sleutelrol in het moderne waterkwaliteitsbeheer. 'De terugkeer van ondergedoken waterplanten is voor veel wateren de eerste stap naar herstel van de waterkwaliteit en de ecologische kwaliteit in bredere zin'². Waterplanten zijn onmisbaar voor het biologisch evenwicht in het water.

Waterkwaliteit

Waterplanten en dan vooral de ondergedoken soorten, houden het water helder. Ze nemen voedingsstoffen op, zodat deze in de zomer niet meer beschikbaar zijn voor algen. Daarmee verminderen ze de kans op bloeien van blauwalgen. En waterplanten houden het slib vast, zodat dit niet meer opgewerveld wordt. In de nazomer en herfst sterven de waterplanten grotendeels af. Door afbraak van de plantenresten komen voedingsstoffen vrij, die vervolgens de groei van algen in het water kunnen bevorderen.

¹ Dit betekent dat de visstand gedomineerd wordt door Brasem en plantminnende vissoorten verdwijnen.

² Citaat uit het boekje Ecologische sleutelfactoren van de STOWA (2014). Aan de terugkeer van waterplanten is vaak al een verbetering van de waterkwaliteit vooraf gegaan. Waterplanten zorgen voor een duurzaam herstel.



Ook door maaien en vraat door watervogels kunnen stoffen uit waterplanten weglekken en ten goede komen aan algen en andere micro-organismen.¹

Biodiversiteit

Waterplanten bieden leefruimte aan allerlei soorten dieren waardoor de soortenrijkdom binnen waterplantbegroeiingen hoger is dan in het open water. Slakken en tal van andere, kleine ongewervelde dieren, voeden zich met de algen die op de waterplanten groeien, met de ingevangen slibdeeltjes en soms met de planten zelf. En ze gebruiken de planten om hun eieren op af te zetten. Op hun beurt worden deze dieren gegeten door platwormen, bloedzuigers, waterkevers en andere insecten en vis. Waterplantvegetaties zijn belangrijk als paaiplaats en kraamkamer voor vis. Ze bieden jonge vis bescherming tegen roofvis en tegelijkertijd een rijk gedekte tafel met allerlei diertjes die als voedsel kunnen dienen. Sommige vissen, zoals Bittervoorn, Ruisvoorn, Kroeskarper en Zeelt, geven de voorkeur aan water met waterplanten. En jonge Snoek is sterk afhankelijk van water- en oeverplanten om voorspoedig op te kunnen groeien. Er zijn maar weinig vissen die zich alleen met waterplanten voeden. De Ruisvoorn doet dit. Blankvoorn, Bittervoorn, Kroeskarper en Zeelt doen dit alleen in aanvulling op hun dieet van kleine, ongewervelde dieren. Waterplanten worden veel gegeten door Meerkoet, Wilde eend en Knobbelzwaan.

3.3 Wat hebben waterplanten nodig

Voldoende licht en voedingsstoffen

Waterplanten vragen voldoende licht. In het algemeen groeien zij op plaatsen waar nog minstens tien procent van het zonlicht op de waterbodem doordringt. In water van een meter diep betekent dat een doorzicht² van minstens tachtig centimeter. Daarnaast hebben zij voedingsstoffen nodig: koolstof, stikstof, fosfaat en tal van sporenelementen. Koolstof halen ze uit de lucht, het water of de waterbodem, de overige stoffen uit het water of de bodem. Omdat de waterbodem en vaak ook het water nog erg voedselrijk zijn, kunnen waterplanten gaan woekeren en dichte vegetaties vormen.

Goede bodem en rustig water

De bodem moet verder geschikt zijn om in te wortelen, dat betekent geen dikke, slappe en zuurstofloze sliblaag. En er moet niet teveel stroming en golfslag staan, waar de meeste waterplanten onvoldoende aan zijn aangepast.

Niet teveel bodemwoelende vis

Karper, Brasem en ook wel Blankvoorn, woelen de bodem om op zoek naar voedsel. Daardoor kunnen waterplanten ontworteld raken en verdwijnen. Het voortdurende omwoelen van de bodem zorgt ook voor het vrijkomen van slibdeeltjes en voedingsstoffen uit de bodem. De voedingsstoffen bevorderen weer de groei van algen in het water. Het water vertroebelt door de overmatige algengroei en het opgewoelde slib. Hierdoor kunnen de waterplanten niet terugkeren.

¹ Het boekje Waterplanten en waterkwaliteit (Bloemendaal & Roelofs 1988) geeft veel informatie over waterplanten, hun rol in het ecosysteem en hun beheer.

² Het doorzicht geeft aan hoe ver men in het water kan kijken en noemt men ook wel zichtdiepte (Bijlage I).



3.4 Waterplanten in het Paterswoldsemeer

Twintig jaar geleden

In 1998 waren waterplanten nauwelijks aanwezig en werden maar drie soorten ondergedoken planten in het meer gevonden: Doorgroeid fonteinkruid, Schedefonteinkruid en Zannichellia ¹.

Tien jaar geleden

Ook in 2009 vond men in het Paterswoldsemeer opvallend weinig ondergedoken planten. In het zuidelijke deel werd slechts één exemplaar van een kranswier (*Chara*) aangetroffen. In het Hoornsemeer was op enkele plekken wat meer begroeiing in het water aanwezig en vond men ook meer soorten. In het haventje aan de Gasthuiskade kwamen Gekroesd fonteinkruid, Schedefonteinkruid, Doorgroeid fonteinkruid en Smalle waterpest voor. Iets meer naar het oosten langs het Hoornsepad bevond zich een gebied met Smalle waterpest en een beetje hoornblad.

Tegenwoordig

De hoeveelheid waterplanten in de meest ondiepe en beschutte delen van beide meren is toegenomen. Ondergedoken waterplanten komen in het Paterswoldsemeer voor langs de oevers, in de watergangen tussen de complexen met recreatiewoningen en tussen de eilanden. Ook in het Hoornsemeer vinden we ze in de ondiepe delen van het haventje en elders langs de oevers. De omvang van de begroeiingen in de meren zelf is gering. De meest voorkomende soorten zijn Smalle waterpest en Doorgroeid fonteinkruid.

3.5 Overlast door waterplanten

Recreatievaart

Dichte velden van waterplanten die tot aan het wateroppervlak groeien, geven overlast voor de recreatievaart. Hierbij gaat het vooral om waterpest, vederkruid en fonteinkruiden (Doorgroeid fonteinkruid, Schedefonteinkruid, Tenger fonteinkruid). De planten gaan om de schroef van motorboten zitten, waardoor schade kan ontstaan aan schroef, schroefas en motor. Waterplanten blijven aan het roer en de kiel van zeilboten hangen, waardoor deze onbestuurbaar worden. Roeiers en kanovaarders lopen vast in dichte begroeiingen.

Zwemmers

Ook zwemmers hebben last van velden met waterplanten, bij het zwemmen zelf en omdat plantendelen aan het lichaam blijven plakken en jeuk veroorzaken. Losgeraakte waterplanten hopen zich op langs de zwemstranden en zorgen voor stank.

Visserij

Voor de beroeps- en sportvisserij betekent een overmatige groei van waterplanten, dat het water minder goed bevisbaar wordt. En daarnaast, dat de visstand verandert: het aantal soorten neemt toe en de hoeveelheid vis (gemeten als biomassa) neemt af.

¹ In 2009 is een watersysteemanalyse uitgevoerd van het Paterswoldsemeer, waarin veel gegevens zoals deze bijeen zijn gebracht (zie Verbeek *et al.* 2010).



Fauna

In een dichte begroeiing van ondergedoken waterplanten treden over een etmaal grotere fluctuaties op in het zuurstofgehalte en de zuurgraad, dan in een minder dichte begroeiing. Deze fluctuaties kunnen voor sommige dieren te groot zijn. In het ergste geval kan een nachtelijke daling van het zuurstofgehalte tot vissterfte leiden, vooral als de watertemperatuur hoog is. Onder velden van drijvende waterplanten komen dergelijke fluctuaties niet voor. Dit soort begroeiingen belemmert wel de uitwisseling van zuurstof tussen water en atmosfeer.

Overlast in het Paterswoldsemeer

In 2017 ontving het Meerschapp Paterswolde voor het eerst klachten over waterplanten in het Paterswoldsemeer. Daarop heeft het meerschapp op een aantal plekken waterplanten gemaaid. Dit is ook in 2018 en 2019 gebeurd. Omdat het maaien een structureel karakter lijkt te krijgen, bracht het meerschapp in 2018 een visie op zijn maai beleid uit. Hierin staat dat waterplanten op bepaalde trajecten gemaaid zullen blijven worden in de komende jaren, waarbij men het maaisel verwijdert. De te maaien trajecten bevinden zich langs de oevers van het meer en tussen de eilanden (Figuur 3)

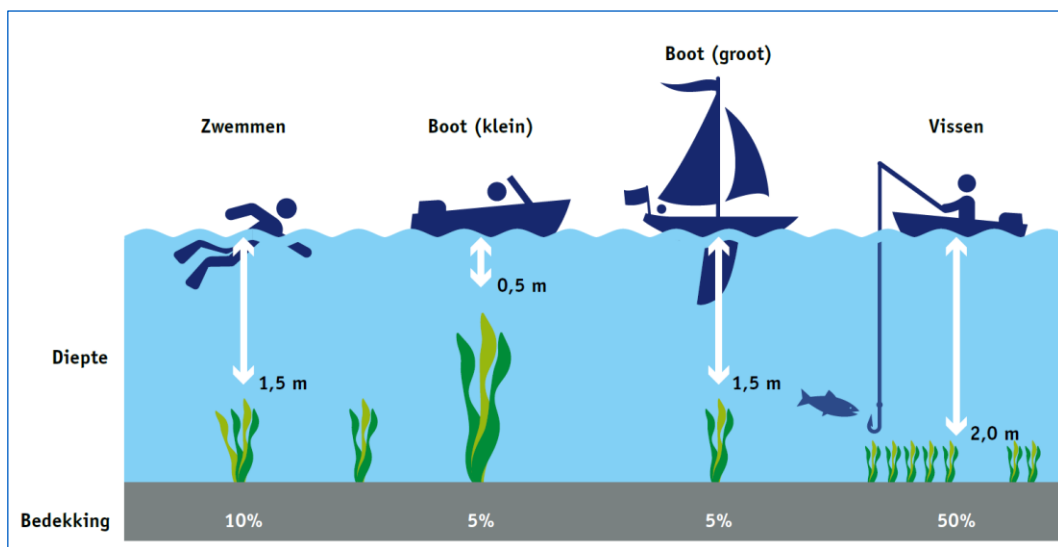


Figuur 3 In oranje: de trajecten waarop waterplanten gemaaid worden volgens het maai beleid van het Meerschapp Paterswolde (figuur overgenomen uit: Meerschapp Paterswolde 2018).



Waar ligt de grens

Waterplanten zijn prima, maar om overlast te voorkomen wil men ze op enige diepte onder het wateroppervlak hebben. Op welke diepte, is afhankelijk van het type gebruik (Figuur 4). Als algemene wens voor zwemmers en boten met een kiel wordt wel een diepte van 1,5 meter gehanteerd en voor kleine boten een diepte van 0,5 meter, gecombineerd met een lage bedekking aan planten (5 à 10% van het bodemoppervlak). Voor de sportvisserij zou een bedekking van 50% aan laagblijvende planten ideaal zijn.



Figuur 4 Op welke diepte en bij welke bedekking waterplanten geen hinder veroorzaken, is afhankelijk van het soort recreatief gebruik (figuur overgenomen uit: STOWA 2017).

3.6 Hoe kan men omgaan met waterplanten

Tegengaan van overlast

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer heeft een stappenplan ontwikkeld om de overlast van waterplanten op een duurzame en verantwoorde wijze aan te pakken.¹ Men onderscheidt vier categorieën maatregelen:

- 1) Verminderen van de woekering van waterplanten; dit zijn maatregelen om de voedselrijkdom van water en waterbodem te verminderen;
- 2) Verwijderen van waterplanten; dit betreft een maai-beheer dat afgestemd is op de situatie, dat de waterbodem onberoerd laat en dat het maaisel direct afvoert om zuurstofloosheid en verrijking met voedingsstoffen tegen te gaan;
- 3) Terugdringen van de groei van waterplanten; hier gaat het om inrichtingsmaatregelen zoals verdieping, om de beschikbaarheid van licht voor waterplanten te verkleinen;
- 4) Verminderen van overlast door samen te zoeken naar oplossingen; waterplanten geven niet alleen overlast en zoals het Meerschapp Paterswolde (2018) stelt: 'het te maaien areaal blijft een compromis tussen bevaarbaarheid en waterkwaliteit.'

¹ Dit rapport (zie STOWA 2017) is te downloaden op de site www.stowa.nl



Omgaan met waterplanten

In het verlengde van de laatstgenoemde categorie maatregelen, liggen de vijf tips van het samenwerkingsverband 'Varen doe je samen'¹, om overlast van waterplanten te verminderen en te vermijden:

- 1) Bereid je voor, door de gebieden waar waterplanten zijn gesignaleerd in kaart te brengen zodat je deze kunt vermijden;
- 2) Vaar om de velden met waterplanten heen; vaak zijn de velden van afstand zichtbaar en kan er, als er voldoende ruimte is, omheen gevaren worden;
- 3) Geef vooral niet teveel gas als er waterplanten om de schroef of het roer zitten, maar probeer door zachtjes achteruit en dan weer vooruit te varen, de waterplanten uit de schroef of het roer te krijgen. Wees je bewust van de risico's om zelf het water in te gaan om de waterplanten uit de schroef te verwijderen;
- 4) Overweg het installeren van een schroefas-touwsnijder (weed cutter), als je vaak in gebieden met waterplanten vaart;
- 5) Installeer de KNRM-Helpt App, om hulp in te kunnen roepen als je echt verstrikt raakt en er zelf niet meer uitkomt; met de app is ook je positie direct bekend.

Verschuiving naar kranswieren

In het Veluwemeer lijkt sinds 2017 een verschuiving van fonteinkruiden naar kranswieren plaats te vinden en recent is dit ook in het Wolderwijd waargenomen. Een vermoedelijke oorzaak is het helderder worden van het water. Kranswieren groeien niet naar het wateroppervlak en hun stengels zijn veel teerder. Daardoor leveren zij geen overlast op voor de recreatievaart. In de meren in De Wieden bedekken kranswieren tegenwoordig een groot deel van het bodemoppervlak. Ook in de Hoornseplas bestaat een groot deel van de onderwaterbegroeiing uit kranswieren.

Kranswieren groeien niet op slibrijke bodems en het water moet van meet af aan helder zijn. Dat zijn voor veel meren nog knelpunten. Dat geldt ook voor het Paterswoldsemeer. Daarom verwachten we niet dat kranswieren hier in de komende jaren uitgestrekte begroeiingen zullen gaan vormen.

¹ 'Varen doe je samen' is een samenwerkingsverband van de volgende organisaties: Rijkswaterstaat, Unie van Waterschappen, Port of Amsterdam, Port of Rotterdam, HISWA, Netwerk WaterRecreatie, Waterrecreatie Nederland, Watersportverband, ANWB, de KNRM, de Reddingsbrigade, de Politie en Sportvisserij Nederland.



4 Waterplanten, waar kunnen we ze verwachten

4.1 Drie scenario's

Voor hun ontwikkeling hebben waterplanten op de eerste plaats licht nodig. Als vuistregel kunnen we stellen dat waterplanten groeien tot op een diepte die gelijk is aan 1,25 maal de zichtdiepte (zie Bijlage I). De zichtdiepte is de diepte waarop we een voorwerp dat we in het water laten zakken nog net kunnen zien. Als we weten wat de diepteverdeling in het meer is, kunnen we met deze vuistregel voor elke zichtdiepte bepalen waar in het meer we waterplanten kunnen verwachten. Dit hebben we gedaan voor drie scenario's: (1) de huidige situatie, (2) de gewenste situatie en (3) een extreme, voorsnog onwaarschijnlijke situatie. De verwachte verspreiding van ondergedoken waterplanten hebben we ingetekend op een kaart, waarbij we zijn uitgegaan van een zomerwaterpeil van -0,85 meter ten opzichte van NAP. Of op die plaatsen daadwerkelijk waterplanten zullen gaan groeien, is ook afhankelijk van de waterbodem (ligt er een dikke sliblaag of niet), van de golfslag en van de hoeveelheid bodemwoelende vis. In de waterplantenkaarten hebben we met deze factoren geen rekening gehouden. Wel geven we in de toelichting bij de kaarten onze visie op de effecten hiervan.

Scenario 1: zichtdiepte 0,7 meter

In het voorjaar komt de groei van waterplanten op gang en moet voldoende licht tot op de bodem doordringen. De huidige zichtdiepte van het Paterswoldsemeer in het voorjaar is gemiddeld 0,7 meter, volgens de meetgegevens bij De Lijte (zie Bijlage II). Volgens onze vuistregel kunnen waterplanten zich onder deze omstandigheid ontwikkelen tot op een diepte van 0,8 à 0,9 meter.

Dit scenario weerspiegelt de huidige situatie in het Paterswoldsemeer. In de watergangen tussen de complexen met recreatiewoningen en in het Hoornsemeer kan de zichtdiepte nu al hoger zijn en de begroeiing met ondergedoken waterplanten uitgebreider.

Scenario 2: zichtdiepte 0,9 meter

Het Waterschap Noorderzijlvest heeft als doel een zichtdiepte van 0,9 meter, gemiddeld over het zomerhalfjaar (april-september). Dit doel is gesteld om te kunnen voldoen aan de eisen van de Europese Kaderrichtlijn Water, die voor dit soort meren een zomergemiddelde zichtdiepte vraagt van minstens 0,9 meter¹. Bij deze zichtdiepte kunnen we waterplanten verwachten tot op 1,1 meter diepte.

Dit scenario is het streefbeeld dat het Waterschap Noorderzijlvest hanteert en dat zij wil realiseren door het uitvoeren van een aantal maatregelen (zie het intermezzo op de volgende pagina). Het is voor ons de vraag of dit met de huidige maatregelen zal lukken. In de afgelopen 25 jaar is de zomergemiddelde zichtdiepte eerder gedaald dan gestegen,

¹ Dit geldt voor het natuurlijke watertype (zie van der Molen *et al.* 2012). Op grond van de inrichting en het kunstmatige peilbeheer kan het Paterswoldsemeer beschouwd worden als 'sterk veranderd'. Voor een dergelijk meer kan de waterbeheerder zelf een doel stellen, dat beargumenteerd is afgeleid van het doel voor het natuurlijke type.



ondanks een sterke afname van het gehalte voedingsstoffen in het water (zie Bijlage II). De belangrijkste oorzaak is een stijging van de hoeveelheid planktonalgen (vooral blauwalgen) in de zomer, sinds 1998. Deze algen lijken tegenwoordig gedeeltelijk gebruik te kunnen maken van voedingsstoffen (fosfaat) die in de bodem zitten. De huidige maatregelen zijn niet gericht op een afdoende vermindering van deze voedingsstofrijke bodem. Daarom verwachten we geen grote daling in de hoeveelheid algen en daardoor evenmin een grote toename van de zichtdiepte.

Scenario 3: zichtdiepte 1,3 meter

Een zichtdiepte van 1,3 meter is gelijk aan het huidige achtergronddoorzicht in mei, dat is de zichtdiepte zonder algen en andere zwevende deeltjes (zie Figuur 22 in Bijlage II). Deze situatie is in het Paterswoldsemeer nog niet voorgekomen en met de huidige maatregelen ook niet te verwachten. De hoogste zichtdiepte die ooit bij De Lijte is gemeten, bedraagt 1,2 meter. Dat was op meerdere momenten in de jaren 1994-1996.

Dit scenario is alleen voorstelbaar bij een drastische vermindering van de hoeveelheid planktonalgen in de zomer. Zoals we hierboven schreven, vraagt dit naar ons idee een grondige verwijdering van de voedselrijke sliblaag in het meer. Een alternatieve maatregel om de blauwalgen die verantwoordelijk zijn voor de algenpiek in de zomer te doen verdwijnen, is het verhogen van de doorspoeling tot een verblijftijd¹ van minder dan drie weken. Dit is niet te realiseren door de beperkte beschikbaarheid van water.

De Kaderrichtlijn Water (KRW) verplicht de lidstaten van de Europese Unie (EU) tot een duurzaam gebruik van grond- en oppervlaktewater en het realiseren van een goede ecologische toestand van dit water. Dit doel moet in 2027 behaald zijn.

Het Waterschap Noorderzijlvest is verantwoordelijk voor de waterkwaliteit en ecologische toestand van het Paterswoldsemeer en Hoornsemeer. Naar de EU toe moet het waterschap haar KRW-doelen en de maatregelen die zij neemt om deze te realiseren, verantwoorden. Om de KRW-doelen te bereiken voert het waterschap in de periode 2016-2021 het Gebiedsprogramma Paterswoldsemeer uit. Dit programma omvat de volgende maatregelen:

- 1) aanpak vismigratieknelpunt (vispasseerbaar maken van kunstwerken);
- 2) afkoppelen polderwater (omleiden/scheiden waterstromen);
- 3) baggeren (verwijderen nutriëntrijke waterbodem, drie hectare);
- 4) beperken effecten recreatie (overige bronmaatregelen);
- 5) beperken inlaat gebiedsvreemd water (omleiden/scheiden waterstromen);
- 6) inrichten moeraszone (aanleg zuiveringsmoeras, drie hectare);
- 7) verbeteren waterafvoer (overige inrichtingsmaatregelen).

Het volledige 'Uitvoeringsprogramma maatregelen KRW 2016-2021' omvat verder nog maatregelen in het kader van het 'Deltaplan Agrarisch Waterbeheer', zoals een vermindering van de emissie van voedingsstoffen en gewasbeschermingsmiddelen, en de uitvoering van het provinciale project 'Structuurvisie Meerweg, deelplan Oost'.

¹ De verblijftijd geeft aan hoe lang een waterdeeltje gemiddeld in het meer verblijft; hoe meer water het meer in en uit gaat, hoe korter de verblijftijd.

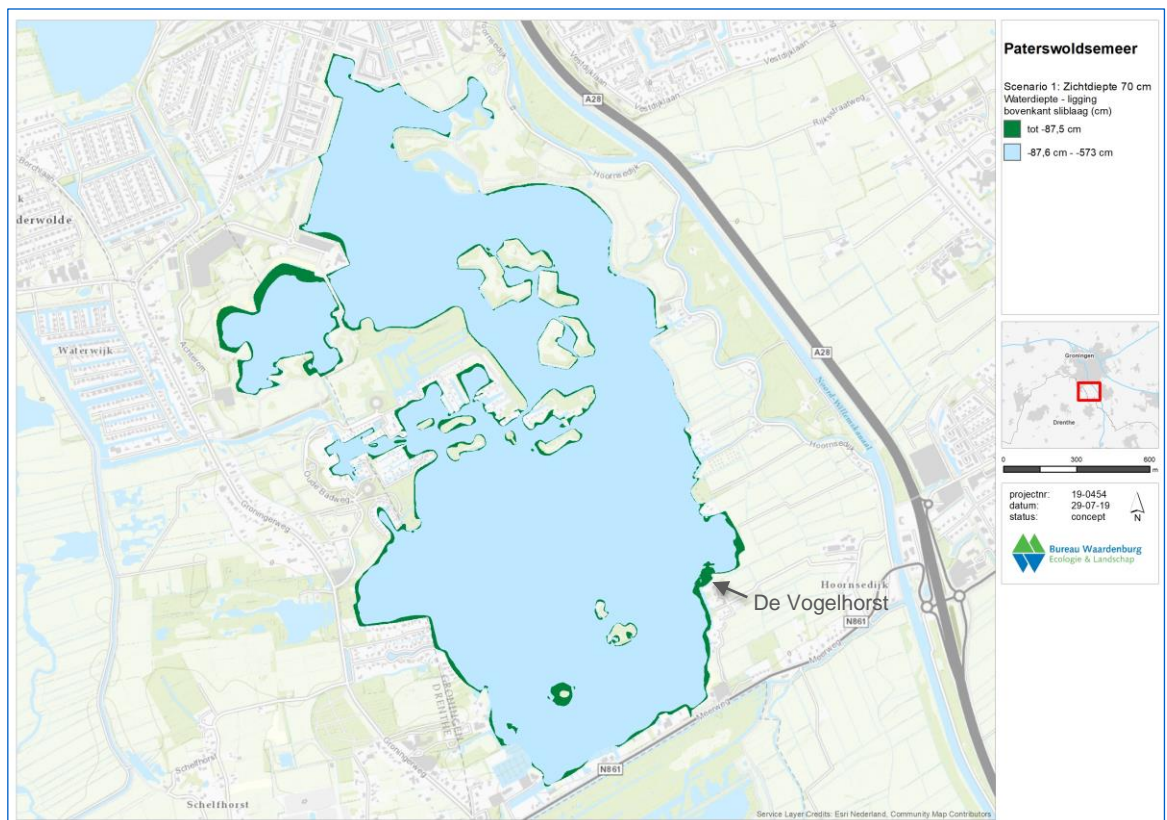


4.2 Waar komen waterplanten

Zichtdiepte 0,7 meter

Ondergedoken waterplanten komen voor in een smalle zone langs een groot deel van de oever van het meer en rond de eilandjes, tot op een diepte van 0,9 meter. De meeste zones zijn niet breder dan vijf meter. Alleen in de zuidoosthoek van het Paterswoldsemeer, bij De Vogelhorst, kan een veld ontstaan van een meter of veertig breed (Figuur 5).

Door golfslag zou de ontwikkeling van ondergedoken begroeiingen in de zuidoosthoek van het Paterswoldsemeer (bij De Vogelhorst) minder kunnen worden. Hier en daar zou de vestiging en ontwikkeling van waterplanten bemoeilijkt kunnen worden door de aanwezigheid van een dikke sliblaag. Dit geldt voor enkele trajecten langs de zuidwestelijke oever van het Paterswoldsemeer en voor de wateren binnen het complex van recreatiewoningen aan het noordelijke deel van de Oude Badweg. Op deze plaatsen zullen zich waarschijnlijk geen fonteinkruiden ontwikkelen en alleen waterpest en op beschutte plaatsen hoornblad.



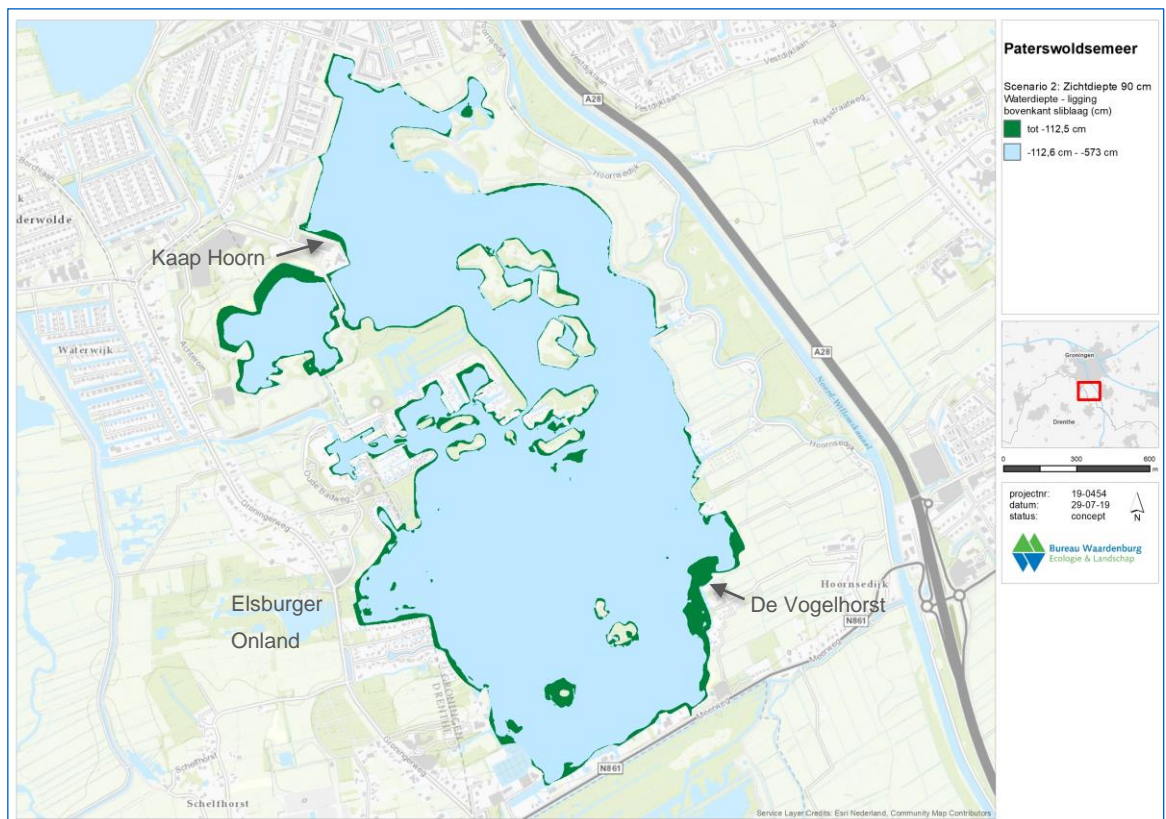
Figuur 5 In groen de gebieden waar we waterplanten kunnen verwachten bij een zichtdiepte van 0,7 meter in het Paterswoldsemeer, het Hoornsemeer en de Hoornseplas.



Zichtdiepte 0,9 meter

Ondergedoken waterplanten komen voor in een smalle zone langs een groot deel van de oevers van het meer en rond de eilandjes, tot op een diepte van 1,2 meter. De breedte van de zone met waterplanten is langs de meeste oevers smaller dan twintig meter. Bij de jachthaven Kaap Hoorn kunnen velden ontstaan tot dertig meter breed. Ten noorden van De Lijte, bij De Vogelhorst kan zich een begroeiing ontwikkelen met een breedte tot negentig meter. Op enkele plaatsen zouden kleine velden met waterplanten kunnen opkomen op enige afstand van de oever, bijvoorbeeld in de baai ter hoogte van het Elsburger Onland (Figuur 6).

Golfslag zou de ontwikkeling van uitgebreidere, ondergedoken begroeiingen in de zuidoosthoek van het Paterswoldsemeer (bij De Vogelhorst) kunnen verhinderen. Hier en daar zou de vestiging en ontwikkeling van waterplanten bemoeilijkt kunnen worden door de aanwezigheid van een dikke sliblaag. Dit geldt voor enkele trajecten langs de zuidwestelijke oever van het Paterswoldsemeer en voor de wateren binnen het complex van recreatiewoningen aan het noordelijke deel van de Oude Badweg. Op deze plaatsen zullen zich waarschijnlijk geen fonteinkruiden ontwikkelen en alleen waterpest en op beschutte plaatsen hoornblad.



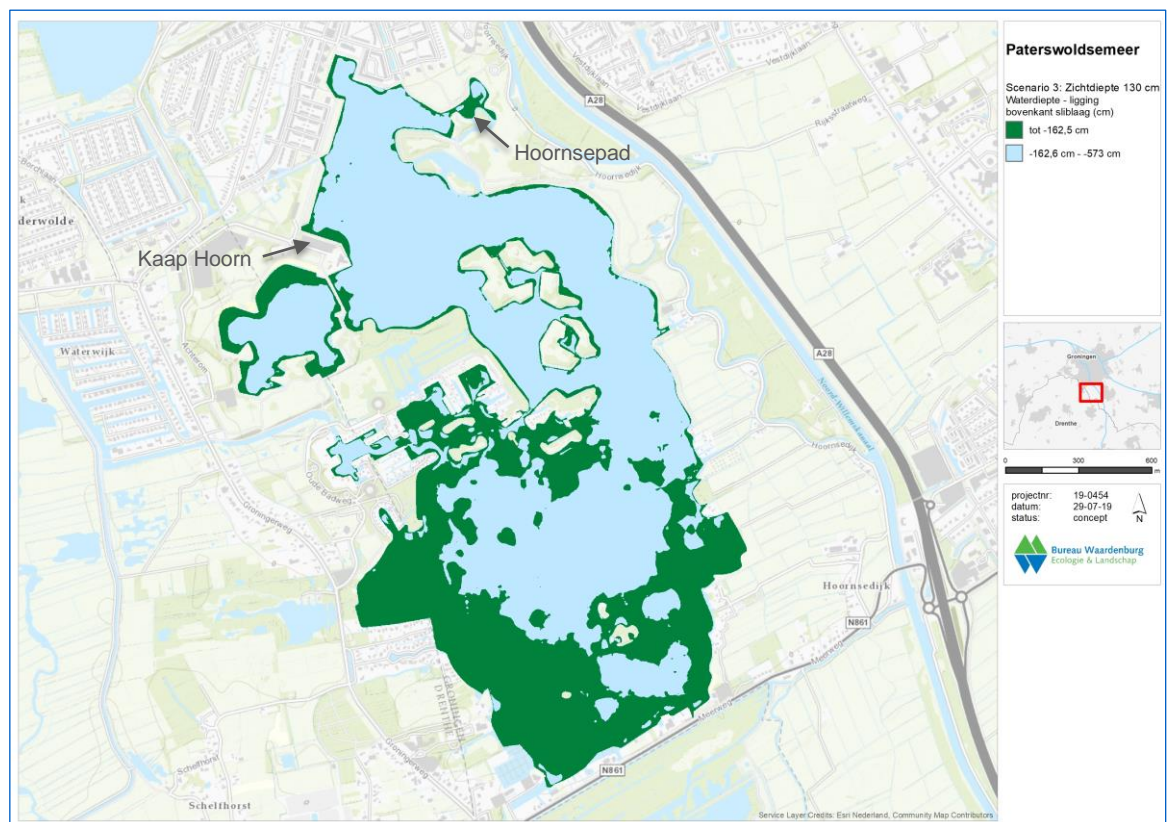
Figuur 6 In groen de gebieden waar we waterplanten kunnen verwachten bij een zichtdiepte van 0,9 meter in het Paterswoldsemeer, het Hoornsemeer en de Hoornseplas.



Zichtdiepte 1,3 meter

In het Paterswoldsemeer is omstreeks veertig procent van het oppervlak begroeid met ondergedoken waterplanten, tot op een diepte van 1,6 meter. Het centrale deel van het meer blijft onbegroeid, evenals gebieden in de zuidoosthoek van het meer en de overgang naar het Hoornsemeer. In het Hoornsemeer zelf blijft de begroeiing grotendeels beperkt tot een smalle zone langs de oevers. Alleen bij Kaap Hoorn en in het water bij het Hoornsepad ontwikkelen zich grotere velden met waterplanten (Figuur 7).

Golfwerking kan de ontwikkeling van uitgebreide begroeiingen van ondergedoken waterplanten in de zuidoosthoek bemoeilijken. Een sliblaag van meerdere decimeters dik, kan de vestiging en groei van ondergedoken watervegetaties belemmeren. Bij welke slibdikte dit optreedt, kan niet met een hard getal worden aangegeven; het gaat ook om de samenstelling van het slib, de zuurstofhuishouding en de invloed van golfwerking en bodemwoelende vis. Wij verwachten geen vestiging van fonteinkruiden en Aarvederkruid bij slibdikten van meer dan dertig centimeter. Dergelijke sliblagen komen voor in grote delen van het westelijke Paterswoldsemeer (Figuur 2). In deze hoek is het ook troebeler dan bij De Lijte (Figuur 18). Daarom verwachten wij dat de uitbreiding van ondergedoken waterplanten in de westelijke hoek van het Paterswoldsemeer minder sterk zal zijn dan op grond van de gemiddelde zichtdiepte in Figuur 7 is voorspeld.



Figuur 7 In groen de gebieden waar we waterplanten kunnen verwachten bij een zichtdiepte van 1,3 meter in het Paterswoldsemeer, het Hoornsemeer en de Hoornseplas; door de aanwezigheid van dikke sliblagen verwachten wij een minder sterke uitbreiding in de westhoek.



4.3 Welke soorten kunnen we verwachten

De hieronder genoemde soorten kunnen allemaal dichte onderwatervegetaties vormen. Sommige komen al voor in de meren, andere kunnen hier verwacht worden¹.

Doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*)

Komt in kleine begroeiingen voor langs de oever van het Hoornsemeer en Paterswoldsemeer. Doorgroeid fonteinkruid (Figuur 8) groeit in matig voedselrijk tot voedselrijk, en redelijk helder water, op allerlei bodemsoorten, maar niet op ondiepe plekken. De plant wortelt in de bodem met wortelstokken en is goed bestand tegen golfbeweging en enige troebelheid. De stengels kunnen enkele meters lang worden. In het IJsselmeer en in de randmeren groeit dit fonteinkruid tot op diepten van vier meter.



Doorgroeid fonteinkruid vormde vroeger uitgebreide velden in de Friese, Utrechtse en Hollandse meren. Deze fonteinkruidvelden verdwenen door waterverontreiniging. Door verbetering van de waterkwaliteit tegenwoordig weer veel aanwezig in de randmeren waar hij zorgt voor overlast voor de pleziervaart.

Figuur 8 Doorgroeid fonteinkruid (foto: Christian Fischer; CC BY-SA 3.0).

Gekroesd fonteinkruid (*Potamogeton crispus*)

Komt hier en daar voor langs de oever van het Hoornsemeer en Paterswoldsemeer en in de watergangen tussen de complexen met recreatiewoningen. Meestal gaat het om een enkele plant. Gekroesd fonteinkruid (Figuur 9) groeit in ondiep, tot enkele meters diep,



voedselrijk water, op een zandige, lemige of kleiige bodem, met weinig slib en humeus materiaal. De plant verdwijnt wanneer zich organisch afbraakmateriaal ophoopt. De plant wortelt in de bodem met een vertakte wortelstok en de stengels kunnen een meter lang worden.

¹ Informatie over het op naam brengen van waterplanten en over hun ecologie kan men vinden in de veldgids van Roelf Pot (2003) en op de website van FLORON. De opgenomen foto's zijn afkomstig van de website Wilde Planten in Nederland en België van K.M. Dijkstra (<https://wilde-planten.nl/>).



Figuur 9 Gekroesd fonteinkruid (foto: Augustin Roche; CC BY-SA 2.0 FR).

Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*)

Deze plant groeit niet in het Paterswoldsemeer, maar kwam hier in het verleden waarschijnlijk wel voor. Glanzig fonteinkruid (Figuur 10) is een forse plant, die velden vormt langs de rand en in het midden van grote tot twee à drie meter diepe laagveenplassen, maar ook in plassen met een kleibodem, in weinig bevaarde kanalen en in ondiepe sloten. Hij groeit in vrij voedselrijk water en is achteruitgegaan door



waterverontreiniging. In veenplassen ook door de inlaat van basenrijk (gebiedsvreemd) water, dat heeft geleid tot afbraak van veen en vertroebeling. De plant groeit bij voorkeur in plassen die ook gevoed worden door kwelwater.

Figuur 10 Glanzig fonteinkruid (foto: Christian Fischer - CC BY-SA 3.0).

Schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*)

Schedefonteinkruid is in de afgelopen tijd enkele keren in het Hoornsemeer gevonden. In troebele, Groninger maren is het vaak de enige waterplant die langs de oever aanwezig is. De soort is beter dan andere waterplanten bestand tegen watervervuiling en komt ook in zeer voedselrijk water voor. Hij groeit het meest op kleibodems met een modderige bovenlaag, waarin hij wortelt met een lange vertakte wortelstok. Op venige bodems is de soort weinig algemeen. De wortelstok vormt knolletjes, waarin voedsel wordt opgeslagen



waaruit de plant in het voorjaar enkele decimeters kan opgroeien, zonder licht nodig te hebben. De knolletjes worden gegeten door zwanen. Langs de randen van meren kan de soort uitgestrekte, dichte velden vormen met veel drijvende bladeren en daar overlast veroorzaken voor zwemmers en recreatievaart.

Figuur 11 Schedefonteinkruid (foto: Christian Fischer; CC BY-SA 3.0).

Tenger fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*)

Dit is een plant die vooral veel voorkomt in ondiepe, voedselrijke sloten, op zand- klei- of veenbodems. Hij is beter dan veel andere planten bestand tegen de inlaat van



gebiedsvreemd water¹, vooral wanneer dit rijk is aan carbonaat en sulfaat. In meren groeit hij alleen op luwe plekken langs de oever en in het Paterswoldsemeer is hij spaarzaam aanwezig in watergangen tussen de complexen met recreatiewoningen. De plant wortelt in de bodem maar vormt geen wortelstok. De stengels worden twintig tot honderd centimeter lang.

Figuur 12 Tenger fonteinkruid (foto: Andrea Moro; CC BY-SA 4.0).

Smalle waterpest (*Elodea nuttallii*)

Dit is de meest voorkomende waterplant in het Paterswoldsemeer en Hoornsemeer. Smalle waterpest (Figuur 13) groeit in allerlei voedselrijke tot zeer voedselrijke wateren, in ondiepe sloten, maar ook in één à twee meter diepe plassen of kanalen. Net als Tenger fonteinkruid is deze waterplant goed bestand tegen het inlaten van gebiedsvreemd water. Dat is één van de oorzaken dat deze plant zich zo sterk heeft kunnen verspreiden over de Nederlandse wateren. Wanneer andere planten door schoning vroeg in het jaar worden verwijderd, kan Smalle waterpest zich zeer snel uitbreiden en hele watergangen opvullen. De plant zorgt eerder voor een stagnerende doorstroming, dan voor overlast voor de recreatievaart. De plant wortelt in de bodem, maar afgebroken stengels kunnen doorgroeien en elders weer wortelen.



Figuur 13 Smalle waterpest (foto: Christian Fischer; CC BY-SA 3.0).

Gedoornd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*)

Een waterplant die in het water zweeft en niet in de bodem wortelt. De planten bereiken meestal een lengte van zestig tot negentig centimeter, maar soms van enkele meters.

¹ Gebiedsvreemd water is water dat door de mens van elders wordt aangevoerd om het waterpeil te handhaven. In vrijwel alle gevallen, ook in het geval van het Paterswoldsemeer, is dit water uiteindelijk afkomstig uit de Rijn. Dit water heeft doorgaans een andere chemische samenstelling dan het gebiedseigen water, wat tot effecten op het ecosysteem kan leiden, in het bijzonder de versnelde afbraak van veen door de rijkdom aan carbonaat.



In het Paterswoldsemeer komt Gedoornnd hoornblad vooral voor in de kleinere watergangen tussen de zomerhuisjes. Hij groeit meestal in zeer voedselrijk tot vrij troebel water met een modderbodem en bij voorkeur in kleinere, beschutte wateren, omdat hij niet tegen windwerking kan. In laagveenplassen groeit hij daarom alleen in de luwere plekken, dichtbij de oever. Hoornblad heeft een gunstige invloed op het dierlijke waterleven, niet alleen omdat het een dichte schuilplaats biedt, ook omdat het zwevende

deeltjes invangt en het schadelijke ammoniak uit het water opneemt. Deze waterplant levert doorgaans geen hinder op voor de recreatievaart.



Figuur 14 Gedoornnd hoornblad noemt men ook wel Grof hoornblad (foto: Radio Tonreg; CC BY 2.0).

Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*)

Aarvederkruid (Figuur 15) is één van de drie soorten waterplanten die in het randmerengebied tegenwoordig voor veel overlast zorgt. De plant groeit in matig voedselrijk tot voedselrijk water van meestal 0,5 tot 3,5 meter diep, op allerlei bodemsoorten maar het meest op klei, als er maar geen dikke, organische sliblaag aanwezig is. In sloten met een modderbodem legt hij het af tegen Gedoornnd hoornblad. Aarvederkruid heeft een goed ontwikkeld wortelstelsel, vooral in minder voedselrijk water. De soort is goed bestand tegen enige golfslag en de planten kunnen 2,5 meter lang worden.



Figuur 15 Aarvederkruid (foto: Andrea Moro; CC BY-SA 4.0).

Andere soorten

Naast ondergedoken waterplanten komen langs de oevers van de meren ook de drijfbladplanten Gele plomp, Kikkerbeet en Witte waterlelie voor. Deze zorgen niet voor overlast voor de pleziervaart. Verder kunnen verschillende waterplanten verwacht worden die geen dichte vegetaties vormen, zoals Pijlkruid, Stompbladig fonteinkruid, Stijve waterranonkel en Smalle waterweegbree. En ten slotte zouden zich in de toekomst wellicht laagblijvende kranswieren kunnen vestigen, zoals Breekbaar kransblad, Teer kransblad en Sterkranswier.



Literatuurverwijzingen

- Bloemendaal FHJL & Roelofs JGM (red) (1988) Waterplanten en waterkwaliteit. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht. 189 pp.
- de Vries S & Ceulemans S (2018) Paterswoldsemeer, fysisch en chemisch waterbodemonderzoek. Medusa rapport 2017-P-620, Medusa Explorations BV, Groningen.
- Meerschap Paterswolde (2018) Maaibeleid 2018-2022. Meerschap Paterswolde, Groningen 14 pp.
- Pot R (2003) Veldgids water- en oeverplanten. KNN Uitgeverij, Utrecht. 352 pp.
- STOWA (2014) Ecologische sleutelfactoren. Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. Rapport 2014-19, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. 44 pp.
- STOWA (2017) Stappenplan aanpak waterplantenoverlast. Rapport 2017-08, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. 72 pp.
- van der Molen DT, Pot, R, Evers CHM & van Nieuwerburgh LLJ (red) (2012) Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. Rapport 2012-31, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. 378 pp.
- Verbeek S, Bonhof GH, Bijkerk R & Wanink JH (2010) Watersysteemonderzoek Paterswoldsemeer: toestand, werking, potenties. Rapport 2010-087, Koeman en Bijkerk bv, Haren/Waterschap Noorderzijlvest, Groningen. 46 pp.
- Waterschap Noorderzijlvest (2014) Documenten oppervlaktewaterlichamen. 15. Paterswoldsemeer NL34M114. Waterschap Noorderzijlvest, Groningen. 30 pp.
- Waterschap Noorderzijlvest (2017) Factsheet NL34M114 Paterswoldsemeer. Tussentijdse versie dd 09-02-2017, 8:40. Waterschap Noorderzijlvest, Groningen. 9 pp.



Bijlagen inhoudsopgave

Bijlage I Waterplanten en licht

Waterplanten en doorzicht	26
Zichtdiepte	26
Relatie tussen zichtdiepte en lichtuitdoving	26
Waar groeien waterplanten	27
Waar is de zichtdiepte van afhankelijk	27
Achtergronddoorzicht	27
Fytoplankton	28
Literatuur	28

Bijlage II Ontwikkeling waterkwaliteit Paterswoldsemeer

Vooronderzoek	29
Meetgegevens zichtdiepte	29
Ontwikkeling zichtdiepte	30
Meetgegevens chlorofyl-a	32
Achtergronddoorzicht	32
Zwevende stof	35
Voedingsstoffen	36
Fosfaat	36
Stikstof	36
Opbrengst aan algen	37
Prognose bij autonome ontwikkeling	39
Prognose bij uitvoeren maatregelen	39
Zichtdiepte-scenario's	40
Literatuur	40



Bijlage I Waterplanten en licht

Waterplanten en doorzicht

Waterplanten hebben licht nodig om te groeien. Uit een analyse van een groot aantal gegevens uit Nederland en andere Europese landen (Phillips 2006), blijkt dat ondergedoken waterplanten gemiddeld vóórkomen tot op een diepte waar nog 10% van het zonlicht dat op het wateroppervlak valt, doordringt. Waar ligt deze diepte in het Paterswoldsemeer en waar is hij van afhankelijk? En hoe kunnen we deze diepte afleiden uit de metingen van de zichtdiepte die in het meer worden gedaan?

Zichtdiepte

De zichtdiepte, ook wel doorzicht of Secchidiepte genoemd, is een maat voor de troebelheid van oppervlaktewater. De zichtdiepte wordt routinematig gemeten door een witte schijf in het water te laten zakken tot op een diepte waarop de schijf net niet meer zichtbaar is (Figuur 16). Deze diepte is de zichtdiepte. In het Paterswoldsemeer wordt de zichtdiepte met ingang van 1992 maandelijks gemeten.



Figuur 16 Een Secchi schijf om het doorzicht te meten. Het doorzicht is de diepte waarop de schijf net niet meer te zien is. Deze diepte kan afgelezen worden aan de kraaltjes die op een onderlinge afstand van 20 centimeter vast zitten aan de kabel waaraan men de schijf laat zakken. Bron figuur: Eijkelkamp Soil & Water).

Relatie tussen zichtdiepte en lichtuitdoving

Met de zichtdiepte hebben we een benadering voor de uitdoving van licht, de extinctie, in de waterkolom (Ebben 1992). Door uitdoving neemt de hoeveelheid licht die door het wateroppervlak dringt, I_0 , exponentieel af met de diepte, D , volgens:

$$I = I_0 e^{-\varepsilon D} \quad (\text{Wet van Lambert-Beer}),$$

waarin I de lichtintensiteit is op diepte D en ε de extinctiecoëfficiënt. De diepte waarop nog 1% van het licht aanwezig is, is dan gelijk aan $4,6/\varepsilon$ en kan geschat worden op gemiddeld 2,5 maal de zichtdiepte (Moss 1980, p. 8). Door beide relaties te combineren, komen we tot een verband tussen extinctiecoëfficiënt en zichtdiepte, S :

$$\varepsilon = 1,84 / S$$

Wanneer de zichtdiepte S , bekend is, weten we nu ook de extinctiecoëfficiënt en kunnen we met de wet van Lambert-Beer voor elke diepte uitrekenen welk percentage van het invallende zonlicht nog aanwezig is.



Waar groeien waterplanten

In onze benadering is de maximale diepte waarop waterplanten voorkomen, de diepte waarop nog 10% van het zonlicht aanwezig is, $I = 10\% I_0$. Deze diepte, D_{max} , kunnen we nu berekenen uit de gemeten zichtdiepte, S , en is bij benadering:

$$D_{max} = 1,25 S \quad (\text{Bijkerk 2015}).$$

De uitersten voor D_{max} zijn 1,00 S voor de ondergrens en 1,67 S voor de bovengrens. Het huidige doorzicht in het Paterswoldsemeer bedraagt, gemiddeld over het zomerhalfjaar over de jaren 2009-2018, 0,64 meter (zie Bijlage II). Dat houdt in dat vegetaties van ondergedoken waterplanten verwacht kunnen worden tot op een diepte van 0,8 meter. Of zich waterplanten zullen kunnen vestigen en ontwikkelen, hangt verder af van de bodemgesteldheid, de invloed van golven, begrazing door vogels en ontworteling door bodemwoelende vis.

Waar is de zichtdiepte van afhankelijk

In Nederlandse ondiepe meren is de lichtuitdoving vooral afhankelijk van de volgende drie processen:

- (1) absorptie van licht door het chlorofyl-a in fytoplankton;
- (2) absorptie van licht door opgeloste kleurstoffen (*i.c.* humuszuren);
- (3) verstrooiing van licht door minerale zwevende stof (zand, lutum) en organische zwevende stof (algen, detritus). Verstrooiing doet het licht niet echt uitdoven, maar belemmert het verticale transport van licht naar de diepte en vergroot de weglengte waardoor de kans op absorptie door opgeloste stoffen toeneemt (Kirk 1994, p. 85).

De hoeveelheid fytoplankton is in de meeste meren de belangrijkste veroorzaker van langdurige troebelheid. Humuszuren spelen een rol in meren die water ontvangen uit hoogveengebieden en opwerveling van zand, lutum en detritus kan tijdelijk optreden tijdens harde wind of langdurig door grote bestanden van bodemwoelende vis.

De relatie tussen doorzicht, S , en de concentratie van chlorofyl-a, $[Chla]$, kan beschreven worden door de relatie

$$1/S = 1/S_0 + \alpha [Chla] \quad (\text{Portielje \& van der Molen 1998}).$$

Hierin weerspiegelt de factor α de optische eigenschappen van het fytoplankton en wordt de constante S_0 het achtergronddoorzicht genoemd.

Achtergronddoorzicht

Het achtergronddoorzicht is de zichtdiepte in afwezigheid van fytoplankton. Dit achtergronddoorzicht wordt dus bepaald door humuszuren, minerale zwevende stof en detritus (dood organisch materiaal waaronder veendeeltjes). Het achtergronddoorzicht is een belangrijke grootheid om te kennen wanneer men maatregelen wil ontwikkelen om de helderheid van een meer te vergroten. Zoals de bovenstaande vergelijking laat zien, kan men de hoogte van het achtergronddoorzicht afleiden uit een plot van de reciproke zichtdiepte tegen het gehalte chlorofyl-a.



Fytoplankton

De hoeveelheid fytoplankton is afhankelijk van de beschikbaarheid van de voedingsstoffen fosfaat, nitraat en ammonium. De ontwikkeling van de gehalten van deze voedingsstoffen in het Paterswoldsemeer en de daarmee verband houdende ontwikkeling van fytoplankton, worden besproken in Bijlage II.

Literatuur

- Bijkerk R (2015) Berekening gewenste verhouding zichtdiepte/waterdiepte voor ondergedoken waterplanten. Interne notitie 19 november 2015, Koeman en Bijkerk bv, Haren. 1 p.
- Ebben MHM (1992) Optica onder water: troebelheid, doorzicht en extinctie. H2O 25(23): 634-637.
- Kirk JTO (1994) Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Second edition. Cambridge University Press. 509 pp.
- Moss B (1980) Ecology of fresh waters. Blackwell Scientific Publications. 332 pp.
- Phillips G (2006) Derivation of chlorophyll-a boundaries based on changes to maximum depth distribution of submerged macrophytes. In: Van den Berg MS (ed) Good-Moderate boundary setting procedure. Annex C to Milestone 6 Report, September version, lake GIGs, Institute of Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission, Ispra. pp 16-23.
- Portielje R & van der Molen DT (1998) Relatie tussen eutrofiëringsvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen. RIZA rapport 98.007, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad. 98 pp.
- van der Molen DT, Pot R, Evers CHM & van Nieuwerburgh LLJ (red) (2012) referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. Rapport 2012-31, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. 378 pp.



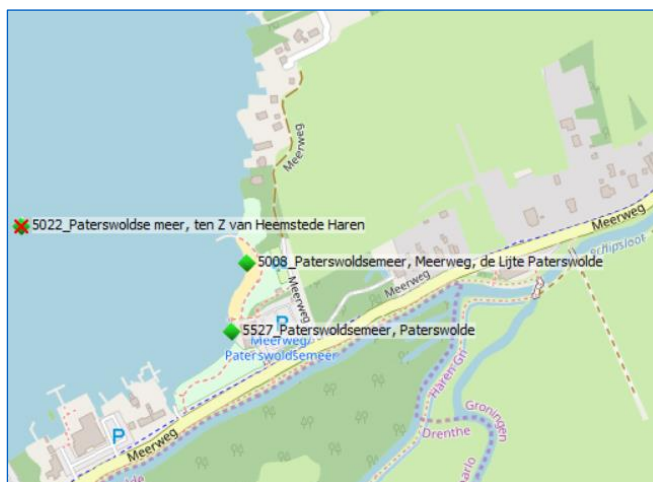
Bijlage II Ontwikkeling waterkwaliteit Paterswoldsemeer

Vooronderzoek

Om de keuze voor de drie doorzichtscenario's te onderbouwen is een vooronderzoek uitgevoerd naar de ontwikkeling van de waterkwaliteit in het Paterswoldsemeer. De drie hoofdvragen hierbij zijn:

- (1) hoe is heeft de zichtdiepte zich ontwikkeld?
- (2) wat is de invloed van algen, nutriënten en zwevende stof op de zichtdiepte?
- (3) welke ontwikkeling kunnen we in de komende jaren verwachten, autonoom en rekening houdend met te nemen maatregelen?

Gebruikt zijn waterkwaliteitsgegevens vanaf 1979, beschikbaar gesteld door het Waterschap Noorderzijlvest en aangeleverd door dr. Jan Wanink. Alle metingen zijn afkomstig van het meetpunt Paterswoldsemeer (meetpuntcode 5527, RD x 234620, y 575810; Figuur 17). Gehalten van nutriënten en chlorofyl-a beneden de rapportagelimiet zijn gesteld op de helft van deze limiet. Ontbrekende waarden zijn geschat door intrapolatie, tenzij het tijdvak langer was dan één maand; in dat geval zijn de ontbrekende waarden niet geschat. De figuren zijn gemaakt met het programma Sigmaplot versie 12.5, de statistische analyses zijn uitgevoerd met dit programma of met Past versie 2.10.



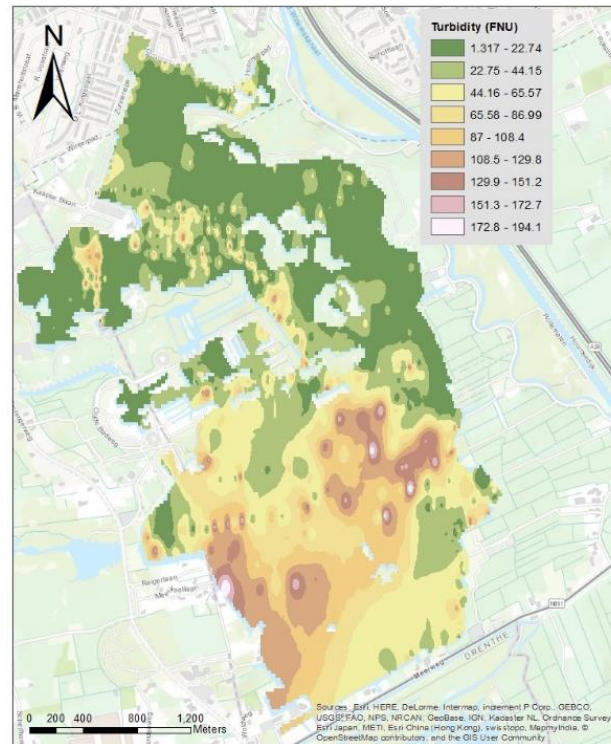
Figuur 17 Ligging van het meetpunt 5527 in de zuidoostelijke hoek van het Paterswoldsemeer.

Meetgegevens zichtdiepte

De zichtdiepte wordt in het Paterswoldsemeer sinds 1992 gemeten, maandelijks in het zomerhalfjaar (april-september) en eens per één of twee maanden in het winterhalfjaar. De metingen worden uitgevoerd vanaf de kant bij De Lijte. Op grond van bepalingen van de troebelheid (turbidity) in augustus 2017 geven deze metingen een redelijk beeld van de gemiddelde situatie in het zuidelijke deel van het meer, maar lijkt het noordelijke deel, het Hoornsemeer helderder (Figuur 18). Daarnaast lijken zichtdiepten groter dan omstreeks 0,7 à 0,8 meter de laatste twee jaar niet precies gemeten te kunnen worden vanaf deze oever. Dat komt dan omdat de Secchi schijf hier de bodem raakt voor hij uit



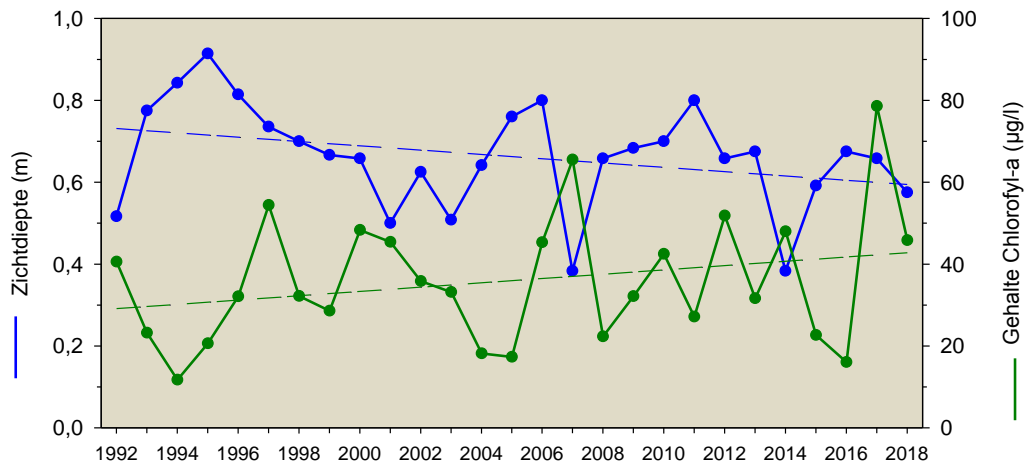
het zicht verdwijnt. In het databestand staan alleen in de jaren 2017 en 2018 zichtdiepten vermeld als > 0,7 tot > 0,85 meter, op respectievelijk drie en vier meettijdstippen. In eerdere jaren komen deze 'bodemzichtwaarden' niet voor en zijn maxima gemeten van 0,9 tot 1,2 meter. Om er mee te kunnen rekenen zijn de bodemzichtwaarden omgezet naar waarden afgeleid uit het gemiddelde van de zichtdiepten bij het gemeten chlorofyl-a-gehalte, mits die zichtdiepten groter waren dan de waarde achter het > teken.



Figuur 18 Metingen van de troebelheid in het Paterswoldsemeer en Hoornsemeer, in augustus 2017. In het Hoornsemeer is de troebelheid duidelijk lager (groen), dan in het Paterswoldsemeer (geel tot bruin). De troebelheidsmetingen zijn uitgevoerd door INDYMO in samenwerking met de Hanzehogeschool in Groningen (kaart overgenomen uit Medusa 2017).

Ontwikkeling zichtdiepte

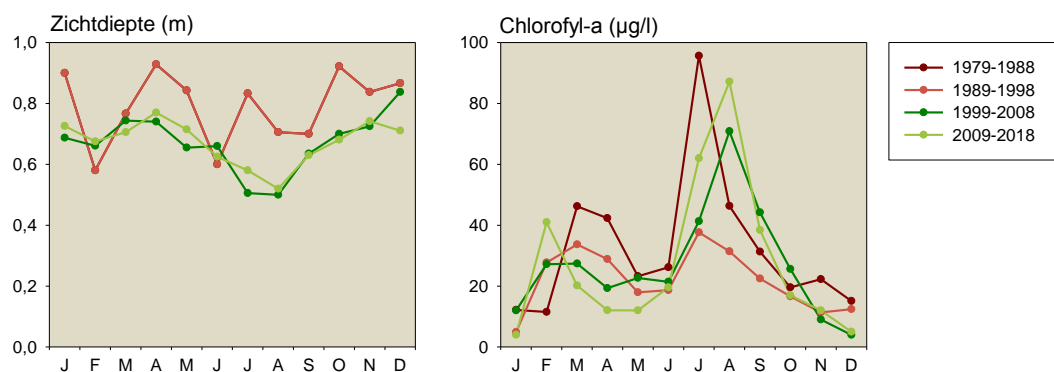
De zomergemiddelde zichtdiepte laat een afnemende trend zien over de periode 1992-2018 van 0,73 tot 0,59 meter (Figuur 19), maar de regressie is niet significant ($p = 0,068$). De zomergemiddelde zichtdiepte is significant negatief gecorreleerd met het zomergemiddelde chlorofyl-a-gehalte (Spearman, $r = -0,45$, $p < 0,001$); over de gehele periode 1992-2018 wordt zo'n 45% van de variatie in de zichtdiepte verklaard door het chlorofyl-a-gehalte. Het zomergemiddelde chlorofyl-a-gehalte vertoont een stijgende trend van 29 tot 43 $\mu\text{g/l}$ (Figuur 19), maar ook deze regressie is niet significant ($p = 0,185$).



Figuur 19 Ontwikkeling van de zomergemiddelde zichtdiepte en het zomergemiddelde chlorofyl-gehalte in het Paterswoldsemeer over de jaren 1992-2018.

Gemiddeld per decade is de zichtdiepte sinds 1999 niet duidelijk veranderd (Figuur 20; van 1979-1991 ontbreken zichtdiepte-gegevens). Bekijken we de ontwikkeling per maand over het tijdvak 1999-2018, dan is de zichtdiepte in april, als de waterplanten beginnen te groeien, 0,72 meter. In de loop van de zomer daalt het doorzicht tot een minimale waarde van 0,51 meter in augustus. Dit minimum correspondeert met een piek in het gehalte chlorofyl-a en de relatief hoge doorzichten in april gaan samen met lage chlorofyl-a-gehalten (Figuur 20). Deze figuur laat ook zien dat:

- de voorjaarspiek van het fytoplankton in de loop van de afgelopen dertig jaar naar voren geschoven is, van maart naar februari;
- de chlorofyl-a-gehalten in maart-mei trendmatig zijn gedaald na 1988;
- de zomerpieken van het fytoplankton na een daling in de periode 1989-1998, in de daarop volgende twee decaden zijn gestegen en verschoven van juli naar augustus.



Figuur 20 Maandgemiddelde waarden van zichtdiepte en chlorofyl-a-gehalte per decade.



Deze verschuivingen in de voorjaars- en zomerpieken zijn ook gevonden voor meren in Friesland en daar in verband gebracht met klimaatverandering (Wanink *et al.* 2008). Verderop in deze bijlage onderzoeken we de relatie tussen de ontwikkelingen van het fytoplankton en die van de nutriëntengehalten.

Meetgegevens chlorofyl-a

Het chlorofyl-a-gehalte wordt in het Paterswoldsemeer sinds 1979 gemeten (alleen van 1980 ontbreken gegevens). In het zomerhalfjaar maandelijks, in het winterhalfjaar op onregelmatige basis (in 30% van de jaren niet, in 40% van de jaren maandelijks of met uitzondering van januari en/of december en in de overige alleen in maart en oktober; in elke decade zijn wel één of meer metingen maandelijks over het gehele jaar gedaan).

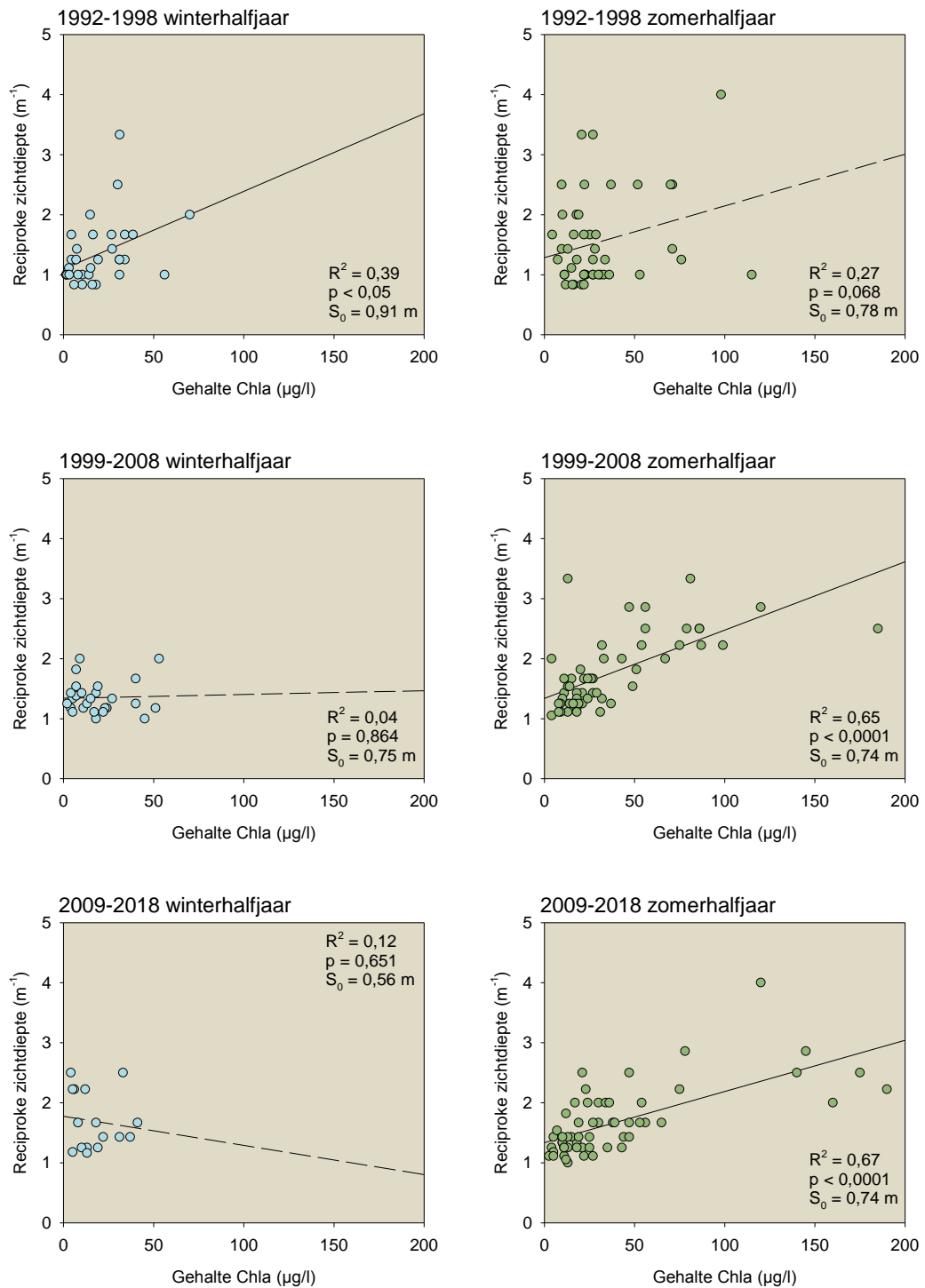
Achtergrondoverzicht

Zoals beschreven in Bijlage I kunnen we het achtergronddoorzicht, de zichtdiepte in afwezigheid van algen, inschatten uit een plot van het reciproke doorzicht tegen het gehalte chlorofyl-a door middel van een lineaire regressie. Deze plotjes zijn gemaakt per decade vanaf 1992 (het eerste jaar waarin zichtdiepte werd gemeten), voor het winter- en zomerhalfjaar afzonderlijk. Dat is gedaan omdat de situatie in de zomermaanden (april-september) het meest relevant is voor waterplanten en de situatie in het winterhalfjaar informatie geeft over de invloed van kleurstoffen en opgewerkte bodemdeeltjes op het doorzicht. Deze plotjes met het resultaat van de regressie staan in Figuur 21. In de gegevens van 1999-2008 en 2009-2018 zijn één respectievelijk twee uitbijters verwijderd: zeer lage gemeten doorzichten (0,20 en 0,25 m) bij lage chlorofyl-a-gehalten (15-22 µg/l).

Tabel 1 Schattingen van het achtergronddoorzicht in het Paterswoldsemeer in meters per seizoen en decade. Toelichting: het 'gemiddelde' is het snijpunt van de regressielijn met de y-as; het minimum is de laagste meetwaarde van de zichtdiepte bij chlorofyl-gehalten < 5 µg/l, het maximum in de zomer is de hoogste berekende waarde van het achtergronddoorzicht uit de maandelijkse plotjes (Figuur 22) en in de winter de hoogst gemeten waarde van het doorzicht; wanneer deze gepaard gaat met een chlorofyl-gehalte > 5 µg/l is het teken > ervoor gezet.

	Winterhalfjaar			Zomerhalfjaar		
	1992-1998	1999-2008	2009-2018	1992-1998	1999-2008	2009-2018
Gemiddeld	0,91	0,75	0,56	0,78	0,74	0,74
Minimum	0,90	0,70	0,40	0,60	0,50	0,66
Maximum	1,20	> 1,00	0,85	1,33	1,61	1,37

Het gemiddelde achtergronddoorzicht in het Paterswoldsemeer is in het zomerhalfjaar in de afgelopen twintig jaar gelijk gebleven, maar in het winterhalfjaar sterk afgenomen van 0,91 naar 0,56 meter (Tabel 1). In het winterhalfjaar zijn ook de maximale en minimale waarden gedaald, terwijl deze in de zomer niet aantoonbaar veranderd zijn, afgezien van het feit dat zichtdiepten van één meter of meer sinds 1999 nog slechts twee keer zijn gemeten en daarvoor gemiddeld vijf keer per jaar (wel zijn met ingang van 2017 drie tot vier keer per jaar waarnemingen gerapporteerd van > 0,70 tot > 0,85 meter). In de winter wordt sinds 1999 slechts 4-12% van de variatie in de zichtdiepte verklaard door het chlorofyl-a-gehalte en in de zomer 65-67% (Figuur 21).

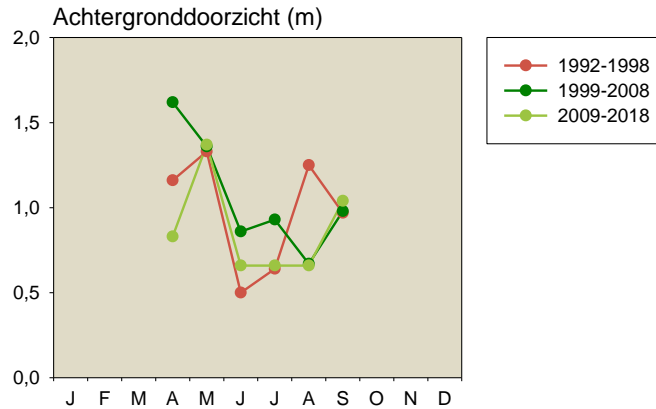


Figuur 21 Schatting van het gemiddelde achtergronddoorzicht, S_0 , in het Paterswoldsemeer per decade in het winter- en het zomerhalfjaar.

Uit plotjes van de zichtdiepte versus het chlorofyl-gehalte per maand kunnen we afleiden dat het achtergronddoorzicht sterk varieert over het zomerhalfjaar, tussen omstreeks 0,6 en 1,3 meter (Figuur 22). In alle drie decaden vertoont het achtergronddoorzicht een piek

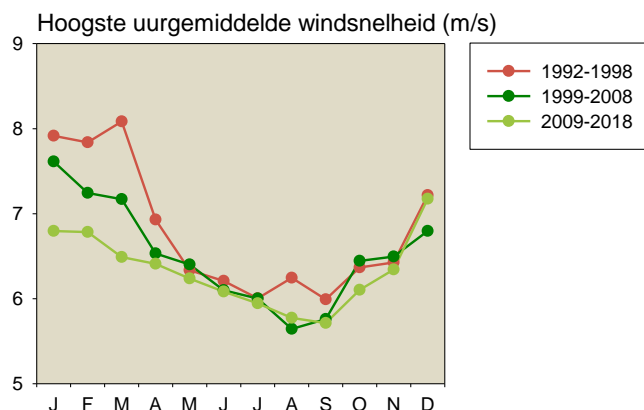


in april/mei van 1,3 tot 1,6 meter. Minimale waarden treden op in de periode juni-augustus, met in 2009-2018 langdurig een waarde van niet meer dan 0,66 meter.



Figuur 22 Maandgemiddelde achtergronddoorzicht in het Paterswoldsemeer in het zomerhalfjaar over de laatste drie decaden.

Waardoor het achtergronddoorzicht zo sterk fluctueert over het zomerhalfjaar kunnen we niet precies zeggen. Eén van de mogelijke oorzaken is dat de concentratie aan kleurstoffen toeneemt met de productiviteit en biologische activiteit in het systeem (fytoplankton, zoöplankton, vis, vogels) en mogelijk ook door de recreatiedruk; de hoge waarde in mei valt in een periode met relatief lage chlorofyl-a-gehalten, de lage waarden in juni-augustus vallen in de periode waarin veel gebruik wordt gemaakt van het zwemstrandje bij De Lijte. Een andere mogelijke oorzaak is de opwerveling van bodemdeeltjes als gevolg van de waterbeweging die ontstaat door krachtige wind. In juni-augustus zou opwerveling ook gestimuleerd kunnen worden door de recreatievaart en door badgasten, resulterend in een verhoging van het gehalte zwevende stof.



Figuur 23 Maandgemiddelde windsnelheid in het Paterswoldsemeer over de laatste drie decaden; de maandgemiddelden zijn gebaseerd op de hoogste uurgemiddelde windsnelheid per dag voor het meetstation Eelde (Bron gegevens: KNMI).



De rol van de wind op de opwerveling van bodemdeeltjes is over de afgelopen drie decaden niet groter geworden; het lijkt er eerder op dat deze in de maanden januari-april is afgenomen na 1998 (Figuur 23). De figuur toont ook dat de hoogste uurgemiddelde windsnelheid in de zomer lager is dan in de wintermaanden.

Zwevende stof

Het gehalte zwevende stof in het Paterswoldsemeer is gemeten in de periode 1993-2012, één keer in 1993 en 1994, van 1995-1998 acht tot twaalf keer per jaar en daarna vier keer per jaar tot en met 2012. Op veel tijdstippen is echter geen gelijktijdige bepaling gedaan van het chlorofyl-gehalte, zodat niet alle zwevende stofgegevens voor onze analyse gebruikt kunnen worden; voor sommige jaren zijn maar twee waarnemingen beschikbaar. Het totale gehalte zwevende stof is significant positief gecorreleerd met de hoeveelheid fytoplankton, uitgedrukt in het gehalte chlorofyl-a, maar niet heel sterk (Spearman, $r = 0,34$, $p < 0,005$).

Om het aandeel fytoplankton in het zwevende stof te kunnen bepalen, is uit het chlorofyl-a-gehalte in microgram per liter eerst het biovolume van het fytoplankton in kubieke millimeter per liter berekend met behulp van de regressie

$$\log [\text{Chla}] = 0,825 + 0,679 \log [\text{Biovolume}] \quad \text{Bijkerk (ongepubl.)}$$

Uit het biovolume in kubieke micrometer is vervolgens het drooggewicht van het fytoplankton, DW_{FP} , berekend met behulp van de vergelijking

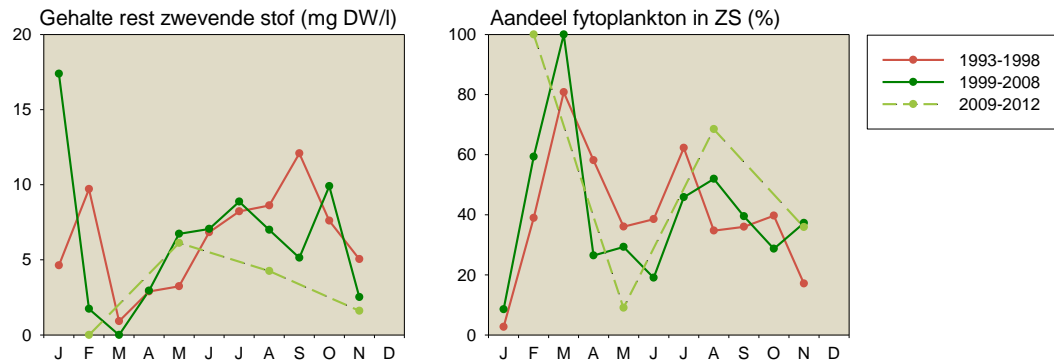
$$DW_{FP} = 0,47 \text{ Biovolume}^{0,99} \quad \text{Reynolds (1984, Figuur 8).}$$

De fractie van het zwevende stof die vooral bestaat uit opgewervelde bodemdeeltjes (zand, lutum, detritus, waaronder veendeeltjes) en dierlijk plankton, kan nu berekend worden door het drooggewicht van het fytoplankton af te trekken van het totale gehalte zwevende stof. Dit aandeel kunnen we in de zomermaanden schatten op 30-60% en in de wintermaanden op 5-30%. In maart is het aandeel fytoplankton in het totale gehalte zwevende stof het hoogst (Figuur 24). Vergelijken we het verloop tussen de drie decaden dan lijkt de bijdrage in de voorzomer wat gedaald te zijn en die in de nazomer wat gestegen. Van de rest van het zwevende stof zal in het zomerhalfjaar vermoedelijk 0,5 à 1 mg DW/l kunnen worden toegeschreven aan zoöplankton (Patoine *et al.* 2006; eigen gegevens), zodat 50 tot 90% zal bestaan uit opgewervelde bodemdeeltjes.

Het gehalte van deze restfractie zwevende stof is in de loop van de periode 1993-2012 niet duidelijk veranderd en ligt meestal in de range van 2 tot 10,0 mg DW/l (Figuur 24). Minimale gehalten worden gemeten in februari-maart. De hoogste gehalten van opgewervelde bodemdeeltjes lijken op te treden in juli-oktober en mogelijk incidenteel in de winter (de hoge waarde van 18 mg DW/l berust op één waarneming op 11 januari 1999, er is slechts één andere waarneming uit deze maand, < 9 mg DW/l op 28 januari 1998; de maximale uurgemiddelde windsnelheid op deze dagen was vergelijkbaar, 3, respectievelijk 3 m/s op de dag ervoor en 5 respectievelijk 4 m/s op de dag zelf; Bron: KNMI daggegevens Eelde). Het hoge achtergronddoorzicht in mei kan dus niet worden verklaard uit een laag gehalte opgewervelde bodemdeeltjes en moet dus worden



teruggevoerd op een laag gehalte aan kleurstoffen en afbraakproducten, in een periode met weinig fytoplankton. Het lage achtergronddoorzicht in juni-augustus lijkt zowel een gevolg van opwerveling als van een hoge fytoplanktonproductie, waarbij de concentratie kleurstoffen en dood organisch materiaal, door uitscheiding en afsterving toeneemt.



Figuur 24 Maandgemiddelde gehalte van zwevende stof exclusief fytoplankton en het aandeel van fytoplankton in het totale gehalte zwevende stof, gemiddeld over de drie laatste decaden in het Paterswoldsemeer.

Voedingsstoffen

In het voorgaande hebben we gezien dat de zomergemiddelde zichtdiepte in het Paterswoldsemeer na 1998 is afgenomen, dat de variatie in deze zichtdiepte sindsdien voor zo'n 65% wordt verklaard door de wisselende hoeveelheden fytoplankton en dat de hoeveelheid fytoplankton na 1998 in het voorjaar is gedaald, maar in de zomer is gestegen. Dat laatste is een opmerkelijke constatering, aangezien de gehalten van de nutriënten fosfaat en stikstof (nitraat, nitriet en ammonium) na 1988 sterk zijn gedaald (Figuur 25) en fosfaat in zoet oppervlaktewater geldt als de groeilimiterende voedingsstof voor fytoplankton.

Fosfaat

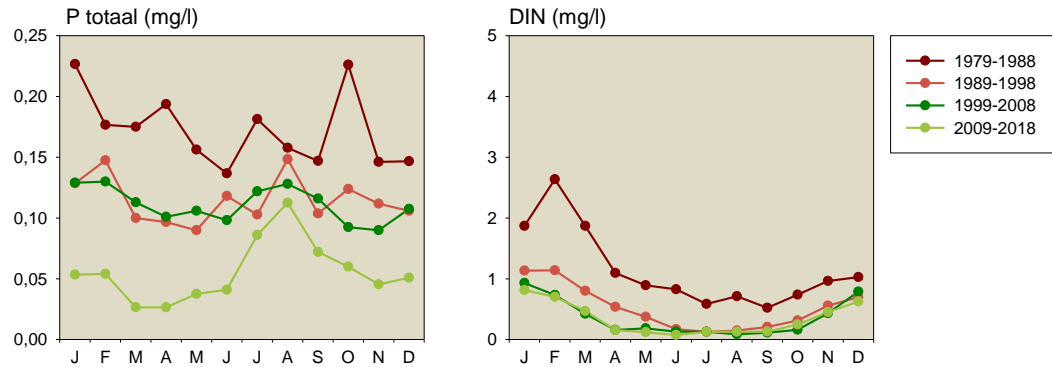
Het fosfaat is sterk gedaald in twee stappen: van 1979-1988 op 1989-1998 en van 1999-2008 op 2009-2018; het zomergemiddelde gehalte, 0,06 mg P/l, ligt momenteel ruimschoots onder de KRW-grenswaarde voor de goede ecologische toestand van 0,09 mg P/l (van der Molen *et al.* 2010). In het jaarverloop zien we dat tegenwoordig de hoogste gehalten gemeten worden in de maanden juli-augustus en de laagste in maart-april. Deze piekwaarden in de zomer kunnen het gevolg zijn van de inlaat van nutriëntenrijk water, of van de transfer van fosfaat vanuit de bodem naar de waterkolom door fytoplankton.

Stikstof

Het gehalte stikstof is gedaald van 1979-1988 tot 1999. Het zomergemiddelde gehalte totaal stikstof, 1,15 mg N/l, ligt tegenwoordig ook onder de KRW-grenswaarde voor de goede ecologische toestand van 1,3 mg N/l. Omdat totaal stikstof een voor algen niet opneembare fractie van wisselende omvang bezit, baseren we onze analyse op het somgehalte van de stikstofcomponenten die wel opneembaar zijn: DIN. Het verloop van



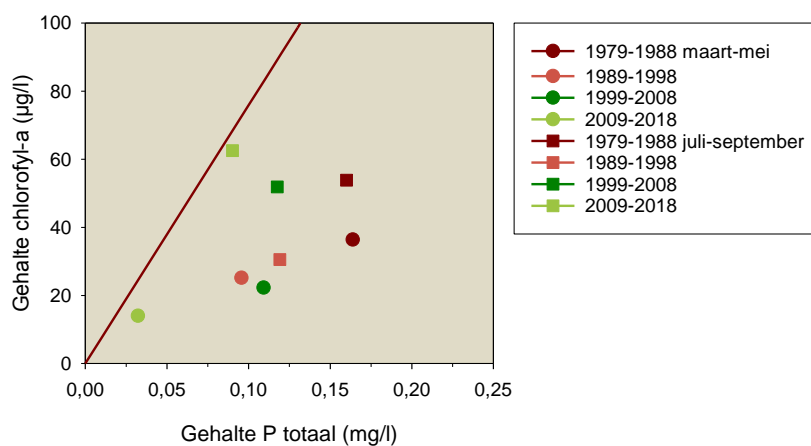
het gehalte DIN over het jaar, vertoont zoals gebruikelijk de laagste gehalten in de zomer. Dit kan het gevolg zijn van opname door waterplanten en bodemalgen, maar is in het algemeen het gevolg van denitrificatie.



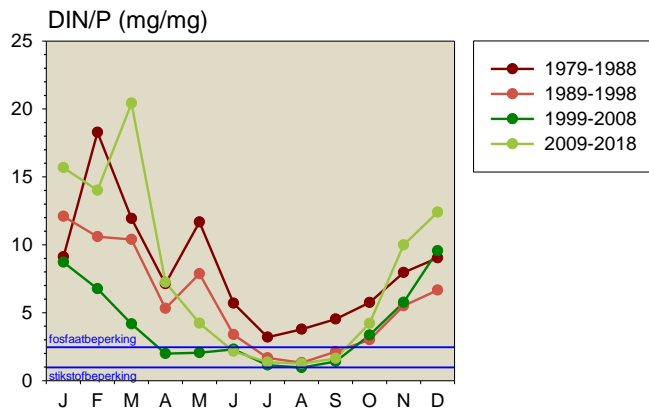
Figuur 25 Maandgemiddelde gehalten van totaal fosfaat en opgeloste anorganische stikstof (DIN) per decade in het Paterswoldsemeer.

Opbrengst aan algen

De toename van de hoeveelheid fytoplankton bij dalende fosfaatgehalten, kan worden verklaard uit een stijging van de opbrengst aan algen per eenheid fosfaat (Figuur 26). Gemiddeld over 2009-2018 is de opbrengst vrijwel maximaal en dit geldt voor zowel het voorjaars- als het zomerfytoplankton. Dat de opbrengst in voorgaande decaden ver verwijderd bleef van dit maximum, kan in theorie veroorzaakt zijn door lichtbeperking of stikstofbeperking. Lichtbeperking zou een rol kunnen hebben gespeeld in 1979-1992. Sinds 1998 is het doorzicht eerder gedaald dan toegenomen, dus lijkt een afnemende lichtbeperking geen aannemelijke oorzaak.



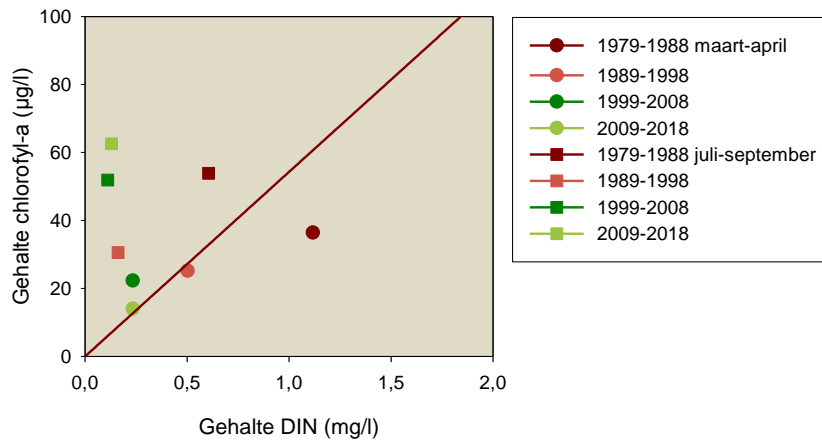
Figuur 26 Opbrengst aan chlorofyl-a per eenheid fosfaat in het Paterswoldsemeer, gemiddeld over de tijdvakken maart-mei en juli-september, per decade; de lijn geeft het 95-percentiel van de Chla:P-verhouding uit de Vierde Eutrofiëringseenquête (Portielje & van der Molen 1998).



Figuur 27 Ontwikkeling van de maandgemiddelde verhouding tussen stikstof (DIN) en fosfaat (P totaal) in het Paterswoldsemeer per decade.

Het optreden van stikstofbeperking in het Paterswoldsemeer is sinds 1999 reëel als we kijken naar de verhouding tussen stikstof en fosfaat (Figuur 27). Volgens Ptacnik *et al.* 2010 is stikstoflimitatie aannemelijk bij een DIN:P_{totaal}-verhouding lager dan 0,9 mg/mg en fosfaatlimitatie bij een verhouding hoger dan 2,3 mg/mg. In het Paterswoldsemeer ligt de waarde van deze parameter sinds 1999 in het zomerhalfjaar langdurig onder 2 mg/mg en soms onder 1 mg/mg. Mogelijk lag de werkelijke waarde nog lager, aangezien de gehalten van de DIN-componenten vóór 2016 veelvuldig lager waren dan de rapportagemet. De laatste twee jaar stijgen de gehalten van DIN weer.

Figuur 28 toont dat de opbrengst aan fytoplankton per eenheid DIN in de maanden juli-september sterk is gestegen over de afgelopen drie decaden en ver boven de 95-percentielijn ligt voor de chlorofyl-a:N_{totaal-minus-inerte-fractie}-verhouding. In het voorjaar ligt de opbrengst rond deze lijn. Dit suggereert dat een potentiële groei-beperking door DIN in de zomer opgeheven wordt door stikstoffixerend fytoplankton. Uit fytoplankton-analyses uit de afgelopen jaren, blijken de stikstoffixerende blauwalgen inderdaad in hoge dichtheden in het meer voor te komen tijdens de zomermaanden. Aanvankelijk vooral *Aphanizomenon flos-aquae*, de laatste jaren vooral *Anabaena circinales* en andere soorten uit dit geslacht. *Aphanizomenon* kan onder minder goede lichtcondities beter in staat zijn tot stikstoffixatie; Bradburn *et al.* 2012), maar *Anabaena* is bij lage fosfaatgehalten beter in staat tot groei dan *Aphanizomenon* (de Nobel *et al.* 1997) en kan zodoende een hogere opbrengst per eenheid fosfaat realiseren. Omdat beide soorten zich ontwikkelen vanuit sporen die overwinteren op het sediment, zouden deze ook de mobilisatie van sedimentgebonden fosfaat kunnen bewerkstelligen, leidend tot hoge fosfaatgehalten in de zomermaanden.



Figuur 28 Opbrengst aan chlorofyl-a per eenheid DIN in het Paterswoldsemeer, gemiddeld over de tijdvakken maart-mei en juli-september, per decade; de lijn geeft het 95-percentiel van de Chla:N _{totaal} verhouding (exclusief inerte fractie) uit de Vierde Eutrofiëringsonquête (Portielje & van der Molen 1998).

Prognose bij autonome ontwikkeling

Op grond van de ontwikkelingen in de afgelopen vier decaden verwachten bij autonome ontwikkeling geen toename van de zichtdiepte in het Paterswoldsemeer. Mogelijk zal het fosfaatgehalte nog iets dalen in de komende jaren, maar dit zal waarschijnlijk niet leiden tot een belangrijke afname van de hoeveelheid fytoplankton in de zomer.

Prognose bij uitvoeren maatregelen

Om de KRW-doelen te kunnen behalen wil het Waterschap Noorderzijlvest in de komende jaren onder meer de volgende maatregelen uitvoeren:

- aanpassen peilbesluit om in de zomer een tien centimeter verder uitzakken mogelijk te maken, van de huidige -0,85 m NAP tot maximaal -0,95 m NAP (voor het definitieve peilbesluit wordt nog onderzocht welke peilaanpassing haalbaar is);
- het verwijderen van 30 000 m³ slib uit het meer door baggeren;
- het aanleggen van drie hectare moeraszone;
- het aanpassen van de aan- en afvoer van oppervlaktewater op het meer.

Verlaging van het peil in de zomer zal de waterdiepte mogelijk met tien centimeter verminderen, waardoor het oppervlak geschikt voor waterplantengroei groter zal worden. Door concurrentie met fytoplankton en door vermindering van de inlaat van water vanuit het Noord-Willemskanaal, zal de in de waterkolom beschikbare hoeveelheid fosfaat afnemen en daarmee kan een reductie van de hoeveelheid fytoplankton in het voorjaar worden verwacht. Een reductie in de zomer lijkt ons niet waarschijnlijk, omdat het er naar uitziet dat blauwalgen in deze periode in staat zijn om fosfaat uit de bodem te mobiliseren. Door het baggeren zal de opwerveling van slib wellicht iets kunnen verminderen, maar er blijft nog veel slib in het systeem achter. Door beide factoren verwachten wij geen grote toename van het zomergemiddelde doorzicht. De aanleg van drie hectare moeraszone heeft naar ons idee niet zo veel effect op de retentie van slib en nutriënten.



Zichtdiepte-scenario's

Op grond van het voorgaande stellen wij drie zichtdiepte-scenario's voor, om de groei van waterplanten te prognostiseren:

- (1) een scenario bij autonome ontwikkeling: zichtdiepte = 0,7 meter; dat is de huidige situatie in maart-mei, de periode dat ondergedoken vegetatie zich ontwikkelt;
- (2) een scenario conform het huidige KRW-doel: zichtdiepte = 0,9 meter; dit is 0,3 meter meer dan het huidige zomergemiddelde doorzicht en kan wellicht niet bereikt worden met het huidige pakket maatregelen;
- (3) een scenario dat verder gaat dan het doel: zichtdiepte = 1,3 meter; dit is gelijk aan het huidige achtergronddoorzicht in mei en zou alleen bereikt kunnen worden wanneer reductie van nutriënten en verwijdering van alle bodemslib leidt tot een veel lagere productiviteit van fytoplankton in het zomerhalfjaar en een lagere hoeveelheid zwevende stof.

Literatuur

- Bradburn MJ, Lewis Jr WM & McCutchan Jr JH (2012) Comparative adaptations of *Aphanizomenon* and *Anabaena* for nitrogen fixation under weak irradiance. *Freshwater Biology* 57: 1042–1049.
- de Nobel WT, Huisman J, Snoep JL & Mur LR (1997) Competition for phosphorus between the N-fixing cyanobacteria *Anabaena* and *Aphanizomenon*. *FEMS Microbiology Ecology* 24: 259–267.
- Medusa (2017) Comparison water quality and sediment data, Paterswoldsemeer August 2017. Power Point presentatie. Medusa Explorations BV, Groningen.
- Patoine A, Pinel-Alloul B, Méthot G & Leblanc M-J (2006) Correspondence among methods of zooplankton biomass measurement in lakes: effect of community composition on optical plankton counter and size-fractionated seston data. *J Plankton Res* 28: 695–705.
- Portielje R & van der Molen DT (1998) Relaties tussen eutrofiëringsvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse plassen en meren. RIZA rapport 98.007, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad. 98 pp.
- Ptacinik R, Andersen T & Tamminen T (2010) Performance of the Redfield Ratio and a family of nutrient limitation indicators as thresholds for phytoplankton N vs. P limitation. *Ecosystems* 13: 1201–1214.
- Reynolds CS (1984) *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press. 384 pp.
- van der Molen DT, Pot R, Evers CHM & van Nieuwerburgh LLJ (red) (2012) referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. Rapport 2012-31, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. 378 pp.
- Wanink J, van Dam H, Grijpstra F & Claassen T (2008) Invloed van klimaatverandering op fytoplankton van de Friese meren. *H2O* 23: 32–35.



Bureau Waardenburg bv

Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849

E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl