



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Ondergedoken waterplanten in het Markermeer

Vragen en antwoorden

Vonk, A.; Verhofstad, M.; van der Geest, H.

Publication date

2019

Document Version

Final published version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Vonk, A., Verhofstad, M., & van der Geest, H. (2019). *Ondergedoken waterplanten in het Markermeer: Vragen en antwoorden*. Universiteit van Amsterdam.
<https://markermeeronderzoek.files.wordpress.com/2019/11/waterplanten-markermeer-uva-rapport-2019.pdf>

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.



Ondergedoken waterplanten in het Markermeer

vragen en antwoorden

Arie Vonk, Michiel Verhofstad, Harm van der Geest



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM
Faculteit der Natuurwetenschappen,
Wiskunde en Informatica

Colofon

Rapport titel

Ondergedoken waterplanten in het Markermeer: vragen en antwoorden

Uitgave

Universiteit van Amsterdam, 1 november 2019

Auteurs

J. Arie Vonk	Department of Freshwater and Marine Ecology (FAME), Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED), Universiteit van Amsterdam (UvA)
Michiel J.J.M. Verhofstad	Floron
Harm G. van der Geest	Department of Freshwater and Marine Ecology (FAME), Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED), Universiteit van Amsterdam (UvA)

Dit rapport is tot stand gekomen met medewerking van Rijkswaterstaat (Ton Garritsen) en Coalitie Blauwe Hart Natuurlijk (Flos Fleischer).

Fotografie

Voorkant: Sentinel satelliet opname van de kust voor Edam waarop de ringen met doorgroeid fonteinkruid te zien zijn.

Alle foto's in deze rapportage zijn gemaakt door Harm van der Geest tenzij anders vermeld

Gebruik en bronvermelding:

Alles uit dit rapport mag openbaar gebruikt worden onder vermelding van: Vonk, Verhofstad en van der Geest. Ondergedoken waterplanten in het Markermeer: vragen en antwoorden. Rapport Universiteit van Amsterdam, november 2019.

Voorwoord

In de afgelopen decennia is de hoeveelheid waterplanten, met name fonteinkruid, in het Markermeer toegenomen. Fonteinkruid is een waterplantensoort die vanaf de bodem tot vlak boven het wateroppervlakte groeit. Daardoor heeft de recreatievaart 's zomers last van dit fonteinkruid, omdat deze waterplanten in de schroef verstrikt kunnen raken en de snelheid van de boten hindert. De roep om waterplanten op grote schaal structureel te maaien wordt steeds sterker. Aan de andere kant vormen de waterplanten een onderdeel van het ecosysteem in een beschermd Natura2000 natuurgebied. De overlast en de natuurwaarden lijken met elkaar in conflict en zorgen de laatste jaren voor (soms heftige) discussies over de vraag hoe om te gaan met deze waterplanten in het gebied. Wij hebben gemerkt dat in deze discussie niet altijd de juiste feiten op tafel liggen.

Om het ecosysteem en de ontwikkelingen van waterplanten in het IJsselmeergebied beter te begrijpen is inzicht nodig om belangrijke vragen te beantwoorden: Welke rol spelen waterplanten in het ecosysteem? Welke planten groeien er en waar? Is er een relatie tussen de KRW-maatregelen en de groei van waterplanten? Welke rol spelen waterplanten in het voedsel web? Hoe groot is het gebied met overlast? Wat zijn de ecologische gevolgen van maai beleid? Wat kunnen we verwachten in de toekomst? Antwoorden op tal van dit soort deze vragen op basis van beschikbare kennis zouden de basis moeten vormen waarop beleid wordt gemaakt.

Dit document beoogt de beschikbare kennis met betrekking tot waterplanten in het Markermeer bijeen te brengen. Er is bij verschillende betrokken partijen geïnventariseerd welke vragen spelen, en hier is geprobeerd om op basis van wetenschappelijke literatuur en beschikbare monitoringsgegevens antwoorden te formuleren op deze vragen. Dit document vorm daarbij een basis voor een gedeelde werkelijkheid ten aanzien van waterplanten in het Markermeer, en poogt daarmee een bijdrage te leveren aan een gezamenlijk gedragen, goed onderbouwde set aan (toekomstige) beheersmaatregelen in het gebied.

Arie Vonk, Michiel Verhofstad, Harm van der Geest

overzicht van de vragen die behandeld worden in dit rapport

1. Ecologie van waterplanten

1.1. KENMERKEN EN KARAKTERISTIEKEN VAN WATERPLANTEN

- 1.1.1. Wat zijn waterplanten en welke hoofdgroepen waterplanten bestaan er?
- 1.1.2. Uit welke delen bestaat een waterplant?
- 1.1.3. Waar kunnen waterplanten zich vestigen in aquatische ecosystemen / waar groeien waterplanten?
- 1.1.4. Hoe verspreiden waterplanten zich binnen en tussen aquatische ecosystemen?
- 1.1.5. Wat bepaalt het groeiseizoen van waterplanten in de gematigde klimaatzone?

1.2. ROL VAN WATERPLANTEN IN HET ECOSYSTEEM

- 1.2.1. Wat is de invloed van waterplanten op hun directe omgeving en hoe beïnvloeden waterplanten de waterkwaliteit?
- 1.2.2. Wat zijn de interacties tussen waterplanten en de waterbodem?
- 1.2.3. Door welke dieren worden waterplanten gegeten en hoe beïnvloedt begrazing waterplanten?
- 1.2.4. Welke organismen leven tussen of op waterplanten en gebruiken de vegetatie als habitat?
- 1.2.5. Welke factoren bepalen interacties (competitie) tussen verschillende soorten waterplanten?
- 1.2.6. Welke factoren bepalen de competitie tussen waterplanten en fytoplankton?

2. Waterplanten in het Markermeer

2.1. AANTAL EN BEDEKKING

- 2.1.1. Welke soorten waterplanten komen voor in het Markermeer en zijn dit inheemse of geïntroduceerde soorten?
- 2.1.2. Hoe wordt de waterplant vegetatie in het Markermeer bepaald en hoe betrouwbaar zijn de inschattingen?
- 2.1.3. Wat is de historische ontwikkeling en wat zijn de voornaamste plaatsen waar de waterplanten nu groeien in het Markermeer?
- 2.1.4. In welke seizoenen groeien er voornamelijk waterplanten in het Markermeer?
- 2.1.5. Hoeveel waterplanten groeien er in het Markermeer en wat is de totale productiviteit van deze waterplanten?

2.2. ROL VAN WATERPLANTEN IN HET ECOSYSTEEM MARKERMEER

- 2.2.1. Wat betekenen waterplanten voor de waterkwaliteit van het Markermeer?
- 2.2.2. Wat gebeurt er met de waterplanten van het Markermeer als ze afsterven in het najaar?
- 2.2.3. Wat betekenen waterplanten voor de nutriënten cycli in het Markermeer?
- 2.2.4. Voor welke soorten van het Markermeer vormen planten een habitat?
- 2.2.5. Wat is de rol van de waterplanten in het voedselweb van het Markermeer en hoe groot is het aandeel van waterplanten in dit voedselweb?
- 2.2.6. Wat is de betekenis van waterplanten voor de natuurdoelen in het Markermeer?

2.3. OVERLAST DOOR WATERPLANTEN IN HET MARKERMEER

- 2.3.1. Welke gebruikers hebben vooral last van waterplanten in het Markermeer?
- 2.3.2. Welke soorten waterplanten geven overlast in het Markermeer?
- 2.3.3. Waar wordt die overlast door waterplanten vooral ervaren in het Markermeer?
- 2.3.4. Hoe groot is het gebied met overlast door waterplanten?
- 2.3.5. In welke periode treedt er vooral overlast door waterplanten op?
- 2.3.6. Wat is de economische schade van de overlast door waterplanten?

2.4. TOEKOMST VOOR WATERPLANTEN IN HET MARKERMEER

- 2.4.1. Wat is te verwachten voor de toekomstige bedekking van waterplanten in het Markermeer en kan bijvoorbeeld het hele meer dichtgroeien met fonteinkruid?
- 2.4.2. Waarom worden kranswieren (Charofyten) door gebruikers gezien als de ideale waterplantgemeenschap voor het Markermeer?
- 2.4.3. Wat is de verwachte lange termijn ontwikkeling van verschillende soorten waterplanten in het Markermeer en gaat het fonteinkruid vervangen worden door kranswier?
- 2.4.4. Welke effecten van voorspelde lange termijn klimaat-veranderingen zijn te verwachten op de waterplanten ontwikkeling in het Markermeer?
- 2.4.5. Bieden waterplanten in het Markermeer kansen voor (nieuwe) gebruikers van het meer?

3. Beheer van waterplanten

3.1. ECOSYSTEEDIENSTEN VAN WATERPLANTEN IN GROTE, ONDIEPE MEREN

- 3.1.1. Welke ecosystemediensten worden gestimuleerd door waterplanten in grote, ondiepe meren en hoe kunnen waterplanten gebruikt worden?
- 3.1.2. Wat is de invloed van het verwijderen van waterplanten op belangrijke ecosystemediensten van grote, ondiepe meren?
- 3.1.3. Hoe kan de balans tussen natuur en recreatie met betrekking tot de bedekking van waterplanten gevonden worden in het Markermeer/IJmeer?
- 3.2. VERWIJDERING VAN WATERPLANTEN IN GROTE, ONDIEPE MEREN
- 3.2.1. Op welke manieren kan je overlast van waterplanten verminderen in grote, ondiepe meren?
- 3.2.2. Wat is de efficiëntie van het maaien op het verminderen van de overlast door waterplanten?
- 3.2.3. Wat zijn de effecten van maaien op competitie tussen verschillende soorten waterplanten?
- 3.2.4. Zijn er andere alternatieven voor het duurzaam oplossen van lokale overlast door waterplanten?

4. Beheer van waterplanten in het Markermeer

4.1. LOKAAL VERWIJDEREN VAN WATERPLANTEN IN HET MARKERMEER

- 4.1.1. Wat is het huidige (maai)beleid voor waterplanten in het Markermeer?
- 4.1.2. Kan verdiepen een duurzaam alternatief zijn tegen overlast van waterplanten in het Markermeer?
- 4.1.3. Hoe kan de impact van het verwijderen van waterplanten op de ecologie van het Markermeer gekwantificeerd worden?

4.2. STIMULEREN VAN WATERPLANTEN IN HET MARKERMEER

- 4.2.1. Hoe kan ontwikkeling van waterplanten lokaal gestimuleerd worden in het Markermeer, bijvoorbeeld als mitigerende maatregel?
- 4.2.2. Wat is het effect van verondiepen van delen van het Markermeer voor de ontwikkeling van waterplanten?
- 4.2.3. Hoe verwachten we dat de waterplanten zich gaan ontwikkelen rond de Marker Wadden en welke plantensoorten kunnen zich gaan vestigen in dit nieuwe gebied?
- 4.2.4. Hoe gaat de aanleg van vooroevers de ontwikkeling van waterplanten beïnvloeden in het Markermeer?

5. Bronverwijzingen

1. Ecologie van waterplanten

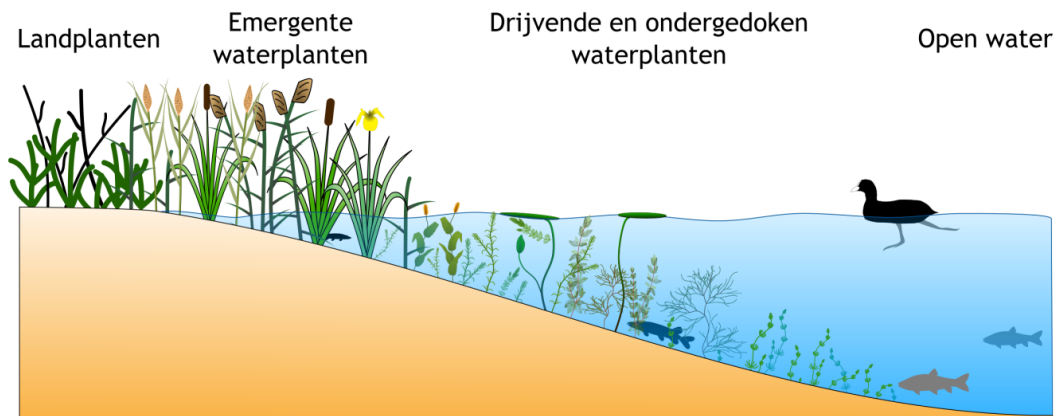


1.1 KENMERKEN EN KARAKTERISTIEKEN VAN WATERPLANTEN

1.1.1 Wat zijn waterplanten en welke hoofdgroepen waterplanten bestaan er?

Waterplanten zijn planten die zijn aangepast aan een tijdelijk of continu bestaan in of onder water. Ze hebben morfologische aanpassingen waardoor ze kunnen overleven in het water. Binnen de waterplanten wordt er onderscheid gemaakt tussen de moerasplanten (helofyten) en de 'echte' waterplanten (hydrofyten). Typerend voor vele moerasplanten is dat ze zich hebben aangepast aan een droge periode en een periode van gedeeltelijke of volledige onderdompeling. Voor sommige soorten is deze afwisseling noodzakelijk voor het bestaan. De 'echte waterplanten' of hydrofyten komen voor in stilstaande of traag stromende permanente wateren, zoals meren, rivieren, sloten en kanalen. Deze planten zijn aangepast aan het leven onderwater. Indien het biotoop uitdroogt wordt het voortbestaan van deze planten bedreigd (Bron: Wikipedia).

Classificatie van de hoofdgroepen waterplanten is gebaseerd op hun groeivorm en ze zijn daaraan ook te herkennen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drijvende, emergente en submerse planten waarbij de planten vast aan de bodem kunnen zitten (wortelend) of los in het water voorkomen, zoals kroos [042]. De vragen in dit rapport gaan over de ondergedoken waterplanten: planten die wortelen in de bodem en tot aan het wateroppervlak kunnen groeien. Een uitgebreide beschrijving en indeling in hoofdgroepen van de waterplanten in Nederland staat in Den Hartog & Segal [011] en Den Hartog & Van der Velde [063]. Ook macroalgen zoals kranswieren (Characeae) worden beschouwd als waterplanten.



Overzicht van de hoofdgroepen waterplanten (figuur Michiel Verhofstad)

1.1.2 Uit welke delen bestaat een waterplant?

Bij waterplanten wordt onderscheidt gemaakt tussen vaatplanten en macroalgen. Vaatplanten hebben gedifferentieerde structuren en bestaan uit stengels, bladeren, bloemen, wortels, wortelstokken of stolonen, zaden en propagules. Macroalgen bestaan uit een thallus en kunnen rhizoiden hebben in het sediment. Macroalgen planten zich geslachtelijk voort met sporen (oospore). Ze lijken wel wat op vaatplanten, maar hebben kranstakken in plaats van bladeren.



Links: voorbeeld van een vaatplant met duidelijke stengel en bladeren (Potamogeton perfoliatus). Rechts: voorbeeld van een macroalg met kranstakken (Chara). Foto's: Michiel Verhofstad

1.1.3 Waar kunnen waterplanten zich vestigen in aquatische ecosystemen / waar groeien waterplanten?

De vestiging van waterplanten is afhankelijk van de lokale condities en eigenschappen van de plant [071]. Omdat planten licht nodig hebben om te kunnen groeien zijn ondergedoken waterplanten sterk afhankelijk van de lichtdoordringing in het water [055]. Afhankelijk van de troebelheid van het water is er een maximale diepte waar ze nog groeien [002,101]. Voor wortelende waterplanten moet ook het sediment genoeg stabiliteit bieden om zich te kunnen handhaven. Sterke waterbeweging (stroming en golfslag) kan de vestiging en ontwikkeling van waterplanten beperken. Emergente waterplanten kunnen zich vaak vanuit de oeverzone door middel van wortelstokken uitbreiden richting het open water. Naast licht en bodemstabiliteit kunnen ook nog andere factoren (zoals kwaliteit van het water en het sediment [055] of de invloed van herbivoren [004]) een rol spelen bij de vestiging en handhaving van waterplanten.

1.1.4 Hoe verspreiden waterplanten zich binnen en tussen aquatische ecosystemen?

Binnen aquatische ecosystemen kunnen planten zich verspreiden door middel van seksuele (bloemen en zaden; gameten) en asexuele (klonale) voortplanting (wortelstokken, fragmenten, propagules). Waterbeweging zorgt voor de verspreiding van deze verschillende plantendelen. Verspreiding tussen watersystemen (stroomgebieden) vindt voornamelijk plaats door watervogels [041]. Watervogels kunnen propagules van waterplanten meevoeren als delen van de plant die aan de vogels blijven hangen. Maar ook het uitscheiden van levensvatbare propagules met de faeces van watervogels na consumptie is een belangrijke vector voor de verspreiding van waterplanten tussen verschillende watersystemen [040].

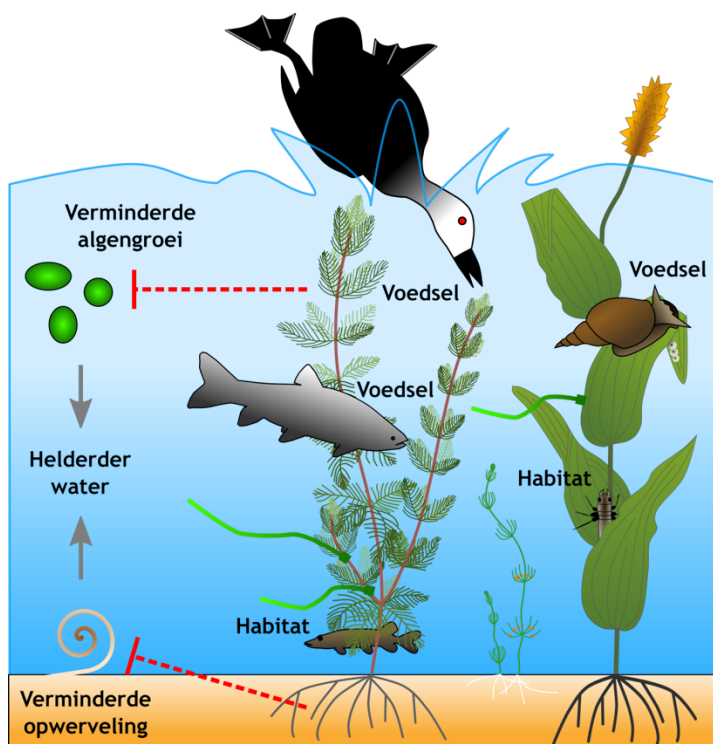
1.1.5 Wat bepaalt het groeiseizoen van waterplanten in de gematigde klimaatzone?

In permanente aquatische ecosystemen wordt de groei van ondergedoken waterplanten vooral bepaald door watertemperatuur en lichtdoordringing. De optimale temperatuur voor fotosynthese ligt tussen de 20°C and 35°C [065]. De minimale hoeveelheid licht op de bodem van een meer die een waterplant nodig heeft om te groeien ligt tussen de 2 en 15% van de hoeveelheid licht aan het oppervlakte [068].

1.2 ROL VAN WATERPLANTEN IN HET ECOSYSTEEM

1.2.1 Wat is de invloed van waterplanten op hun directe omgeving en hoe beïnvloeden waterplanten de waterkwaliteit?

Ondergedoken waterplanten hebben een grote invloed op de omgeving, bijvoorbeeld op de zuurstofconcentraties in het water, de zuurgraad, de waterbewegingen en de hoeveelheid licht in het water. De invloed van waterplanten op hun omgeving staat uitgebreid beschreven in het boek 'Waterplanten en waterkwaliteit' [071]. In onderstaande figuur en de tekst daaronder staat een beknopte beschrijving van de invloed van waterplanten op de belangrijkste factoren in hun omgeving.



Een beknopt overzicht van de functies van waterplanten (figuur: Michiel Verhofstad)

Anorganische koolstof

Het koolstofmetabolisme van ondergedoken waterplanten heeft een sterke invloed op de dynamiek van anorganische koolstof (bijvoorbeeld CO_2) in het water. Overdag overheerst de fotosynthese activiteit bij planten waarbij anorganische koolstof (CO_2 en/of CO_3^{2-}) wordt opgenomen en de concentraties in het water dalen. 's Nachts stijgen de anorganische koolstof concentraties door ademhaling van de planten [071].

Zuurstofconcentraties

Overdag komt bij fotosynthese zuurstof vrij waardoor de zuurstofconcentraties in het water rond ondergedoken waterplanten toeneemt. Bij emergente en drijvende soorten is deze toename kleiner omdat deze planten direct in contact staan met de atmosfeer. In het donker overheerst ademhaling, waardoor zuurstofconcentraties dalen in het water. Met name in dichte vegetaties van ondergedoken waterplanten kunnen zo grote schommelingen ontstaan in zuurstofconcentraties [071]. Genoeg zuurstof in het water is essentieel voor ander waterleven zoals bijvoorbeeld vissen.

Zuurgraad

Het koolstofmetabolisme veroorzaakt ook schommelingen in zuurgraad (pH): overdag stijgt de pH en 's nachts daalt de pH weer [071]. Bij hoge pH kan calciumcarbonaat neerslaan op de planten [072]. Sterke schommelingen in pH kunnen een negatief effect hebben op andere organismen die voorkomen tussen de planten [073].

Voedingsstoffen

Alle waterplanten nemen mineralen zoals stikstof, fosfor, kalium en natrium op uit de waterkolom, maar wortelende waterplanten kunnen deze mineralen ook uit het sediment (de waterbodem) water onttrekken [071]. De verhouding waarin dit gebeurt, kan sterk wisselen en is afhankelijk van de verhouding van bovengrondse- en ondergrondse biomassa, de snelheid waarmee water rond de plant wordt ververst, en de beschikbaarheid van mineralen in beide compartimenten [074, 075, 076]. Waterplanten kunnen voedingsstoffen in de waterkolom uitputten gedurende het groeiseizoen [077]. Wortelende waterplanten kunnen mineralen uit het sediment/bodem water opnemen en hebben een kleine invloed op de concentraties in dit compartiment. De planten transporteren deze naar bovengrondse delen, waar een deel van de opgenomen mineralen weer uitgescheiden kunnen worden in het water tijdens de groei [078]. Vraat en beschadigingen kunnen ook leiden tot verlies van mineralen naar de waterkolom [079]. Het grootste deel van de opgenomen mineralen komt echter vrij tijdens de afbraak van het plantmateriaal. Vooral tijdens het massaal afsterven van waterplanten in de herfst kan dit de concentraties van mineralen sterk doen stijgen. Waterplanten kunnen op deze manier fungeren als pomp voor stikstof en fosfor van het sediment naar de waterkolom [080, 081]

Waterbewegingen

Wortelende waterplanten kunnen een matigende invloed hebben op waterbewegingen. De mate waarin waterplanten de waterbewegingen beïnvloeden hangt af van de biomassa van de vegetatie en de morfologie en flexibiliteit van de planten [086, 087]. Hogere biomassa, grotere morfologie en stuggere flexibiliteit leidt tot grotere demping van waterbewegingen. Beperken van waterbeweging tussen dichte vegetaties en open water kan leiden tot sterkere schommelingen in zuurstof- en temperatuurgradiënten tussen waterplanten [071].

Organische stof in sediment

Dode delen van waterplanten kunnen ophopen op de waterbodem en daarmee de samenstelling van het sediment beïnvloeden. De structuur van de bovengrondse delen van waterplanten zorgt ook voor een afname in de stroomsnelheid van het water door de waterplanten vegetatie. Door het verminderen van waterbeweging binnen vegetaties kan er ook meer bezinking optreden van fijn organisch materiaal. Ook grof organisch materiaal (bladeren etc.) kan worden ingevangen tussen de waterplanten. Hierdoor kan de samenstelling van het sediment veranderen door waterplanten [071, 082].

Zuurstofhuishouding in het sediment/rhizosfeer

Waterplanten hebben diverse aanpassingen ontwikkeld om hun wortels te voorzien van voldoende zuurstof [071]. Een voorbeeld daarvan is het transporteren van zuurstof van bovengrondse delen naar hun wortels [083]. De afgifte van zuurstof verandert condities in het sediment rond de wortels, ook wel de rhizosfeer genoemd. De afgifte van zuurstof door de wortels heeft invloed op de redox-potentiaal in het sediment en daarmee ook op de beschikbaarheid van verschillende stoffen die aanwezig zijn in het sediment, waaronder voor planten giftige stoffen [084].

Lichtklimaat in het water

Het licht klimaat bepaalt voor een belangrijk deel het voorkomen van (ondergedoken) waterplanten, maar de planten die groeien hebben direct ook een sterke invloed op het lichtklimaat in het water. Planten hoog in de waterkolom absorberen het licht, waardoor er minder licht en van een andere kwaliteit (spectrum) doordringt naar diepere lagen van de waterkolom. Door het verminderen van troebelheid, door het vastleggen van sediment met wortels en het stimuleren van bezinking van deeltjes, kunnen waterplanten ook een positief effect hebben op het lichtklimaat [071, 085].

1.2.2 Wat zijn de interacties tussen waterplanten en de waterbodem?

Ontwikkeling en kieming van ondergedoken waterplanten wordt sterk beïnvloed door de resuspensie (opwerveling) van het sediment. De bodemsoort bepaalt in belangrijke mate de opwerveling, waarbij fijne veendeeltjes of losse klei makkelijk opgewoeld worden, terwijl grof zand direct weer uitzakt in de waterkolom. Resuspensie onderdrukt de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten [007], waarbij een helder-water fase in het voorjaar belangrijk is voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten [056].

Wortelende waterplanten kunnen in sterke mate het sediment stabiliseren en resuspensie voorkomen [085]. De beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem heeft ook invloed op de ontwikkeling van de plant. Wortelende waterplanten kunnen via hun wortels deze voedingsstoffen direct opnemen, de andere aquatische primaire producenten (zoals algen) zijn afhankelijk van sediment verstoring (resuspensie, bioturbatie) voordat ze de voedingsstoffen die daarbij vrijkomen in de waterkolom kunnen opnemen [091].

1.2.3 Door welke dieren worden waterplanten gegeten en hoe beïnvloedt begrazing de waterplanten?

Waterplanten worden door evertebraten (bijvoorbeeld insecten, slakken of kreeftachtigen), vissen, vogels en zoogdieren gegeten. Grazers verwijderen gemiddeld 40–48% van de biomassa van waterplanten in zoetwater en mariene ecosystemen [004]. Dit is 5 tot 10 keer meer dan in terrestrische ecosystemen [004]. Afhankelijk van de intensiteit kan begrazing leiden tot veranderingen in chemische samenstelling van de waterplantendichtheid van de bedekking, verandering in soortensamenstelling van de waterplantengemeenschap, of het verdwijnen van de waterplanten [088].

1.2.4 Welke organismen leven tussen of op waterplanten en gebruiken de vegetatie als habitat?

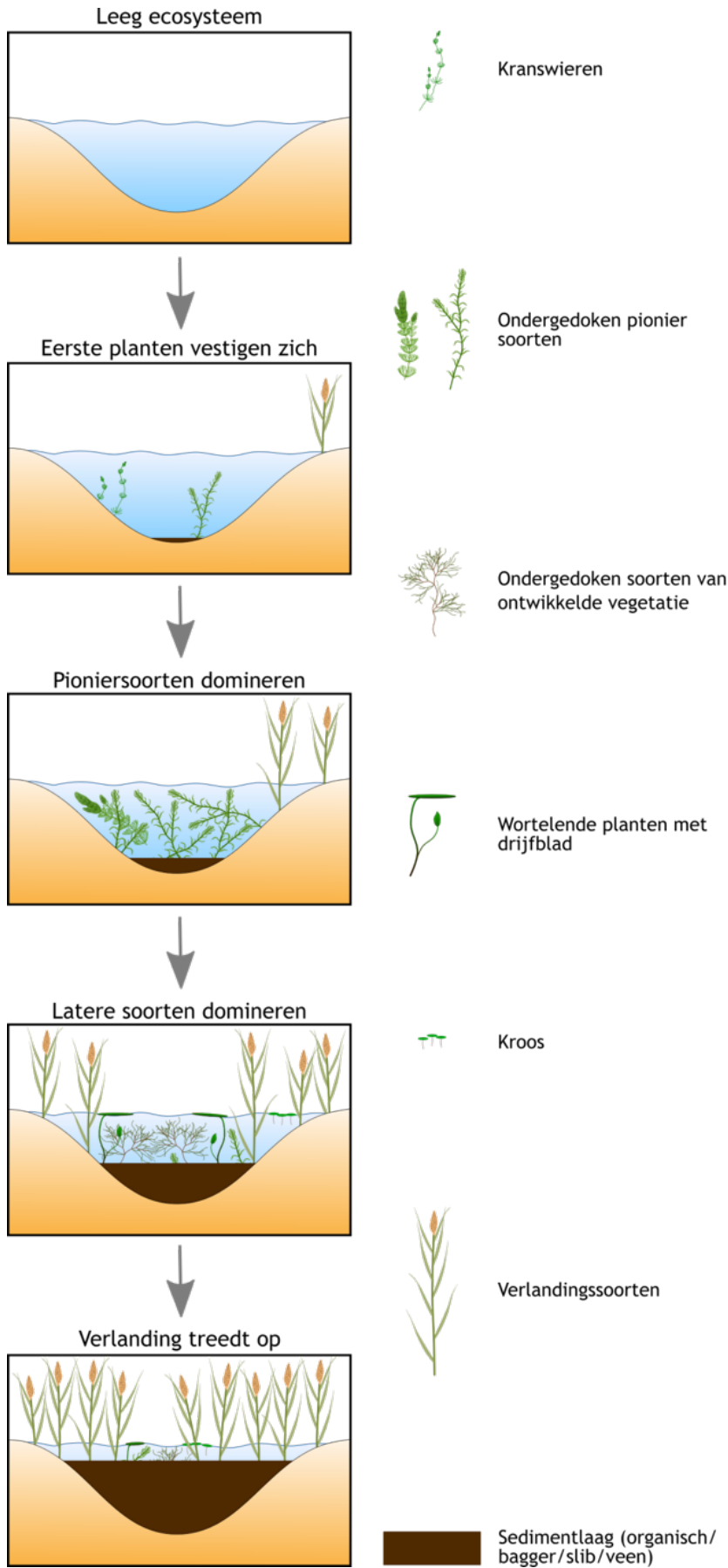
Waterplanten vormen substraat en structuur onder water. Dit trekt veel verschillende soorten fauna aan van macro-evertebraten tot aan (juvenile) vissen. Organismen gebruiken de structuur van planten als habitat en een achteruitgang van waterplanten vegetatie leidt tot vermindering van aquatische fauna [064]. Waterplanten kunnen ook als substraat dienen waarop biofilms (gemeenschap van verschillende micro-organismen), epifyten (vaak algen), of zelfs macro-fauna (bijvoorbeeld quagga mossels) zich vestigen.

1.2.5 Welke factoren bepalen interacties (competitie) tussen verschillende soorten waterplanten?

Interacties tussen waterplanten op een bepaalde locatie worden gedreven door competitie voor licht, ruimte, en voedingsstoffen (met name stikstof en fosfor), allelopathie (uitscheiden van stoffen om groei van andere planten te verstoren) en hun vatbaarheid voor herbivoren (begrazing) en ziekteverwekkers (micro-organismen) [002; 003]. Ook kunnen waterplanten de omgeving voor andere soorten geschikter maken doordat ze de bodem stabiliseren of beschutting bieden tegen waterstroming. Gezamenlijk bepalen al deze factoren de samenstelling van de waterplantengemeenschap. De samenstelling van de waterplantengemeenschap kan daarom ook veranderen over tijd. Door successie van soorten en ophoping van organisch materiaal kan een ondiep meer dichtgroeien [102; inclusief figuur op de volgende pagina].

1.2.6 Welke factoren bepalen de competitie tussen waterplanten en fytoplankton?

De competitie tussen waterplanten en fytoplankton wordt grotendeels door dezelfde factoren bepaald als competitie binnen waterplanten (zie 1.2.5.). De competitie tussen ondergedoken waterplanten en fytoplankton wordt vooral bepaald door de hoeveelheid voedingsstoffen en de licht doordringing in het water. Bij hoge concentraties voedingsstoffen in de waterkolom (eutrofe omstandigheden) wint fytoplankton meestal de competitie [049]. Bij hoge voedingsstoffen beschikbaarheid in de bodem, kunnen wortelende waterplanten deze eerder opnemen en de competitie winnen. Fytoplanktonbloei of veel resuspensie van de bodem kan leiden tot lage licht doordringing. Onder lage lichtdoordringing winnen drijvende planten en fytoplankton soorten de competitie van ondergedoken waterplanten. Grotere biomassa van ondergedoken waterplanten in het voorjaar (>100 g drooggewicht/m²) leidt tot minder fytoplankton bloei later in het seizoen [046]. Dit komt mede door allelopathische effecten, het uitscheiden van stoffen waardoor de groei van fytoplankton wordt verminderd, door waterplanten [092]. Ook het relatieve belang van grazers (eten waterplanten) en filterfeeders (eten fytoplankton) heeft invloed op de competitie [093].



Figuur behorend bij vraag 1

2. Waterplanten in het Markermeer



2.1 AANTAL EN BEDEKING

2.1.1 Welke soorten waterplanten komen voor in het Markermeer en zijn dit inheemse of geïntroduceerde soorten?

Binnen de waterplanten wordt er onderscheid gemaakt tussen de moerasplanten of helofyten, en de 'echte' waterplanten, of hydrofyten. Typisch voor vele moerasplanten is dat ze zich hebben aangepast aan zowel een droge periode en een periode van gedeeltelijke of volledige onderdompeling (zie hoofdstuk 1). Sinds er op dit moment bijna geen ondiepe droogvallende moeraszones in het Markermeer voorkomen, laten we deze groep verder buiten beschouwing in deze rapportage. De 'echte waterplanten' of hydrofyten komen voor in stilstaande of traag stromende permanente wateren, zoals het Markermeer. Deze planten zijn aangepast aan een ondergedoken leven. Indien het biotoop uitdroogt wordt het voortbestaan van deze planten bedreigd (Wikipedia).

De volgende ondergedoken waterplanten komen voor in het Markermeer rond 2010 [008]:

Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*)
 Doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*)
 Gedoornrd hoornblad (*Cerathophyllum demersum*)
 Klein kroos (*Lemna minor*)
 Schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*)
 Smalle waterpest (*Elodea nuttalli*)
 Tenger fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*)
 Veelwortelig kroos (*Spirodela polyrrhiza*)
 Zittende zannichellia (*Zannichellia palustris* subsp. *palustris*)
 Kranswier (*Chara aspera*; *Chara contraria*; *Chara globularis*)
 Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*)
 Rotswier (*Cladophora glomerata*)

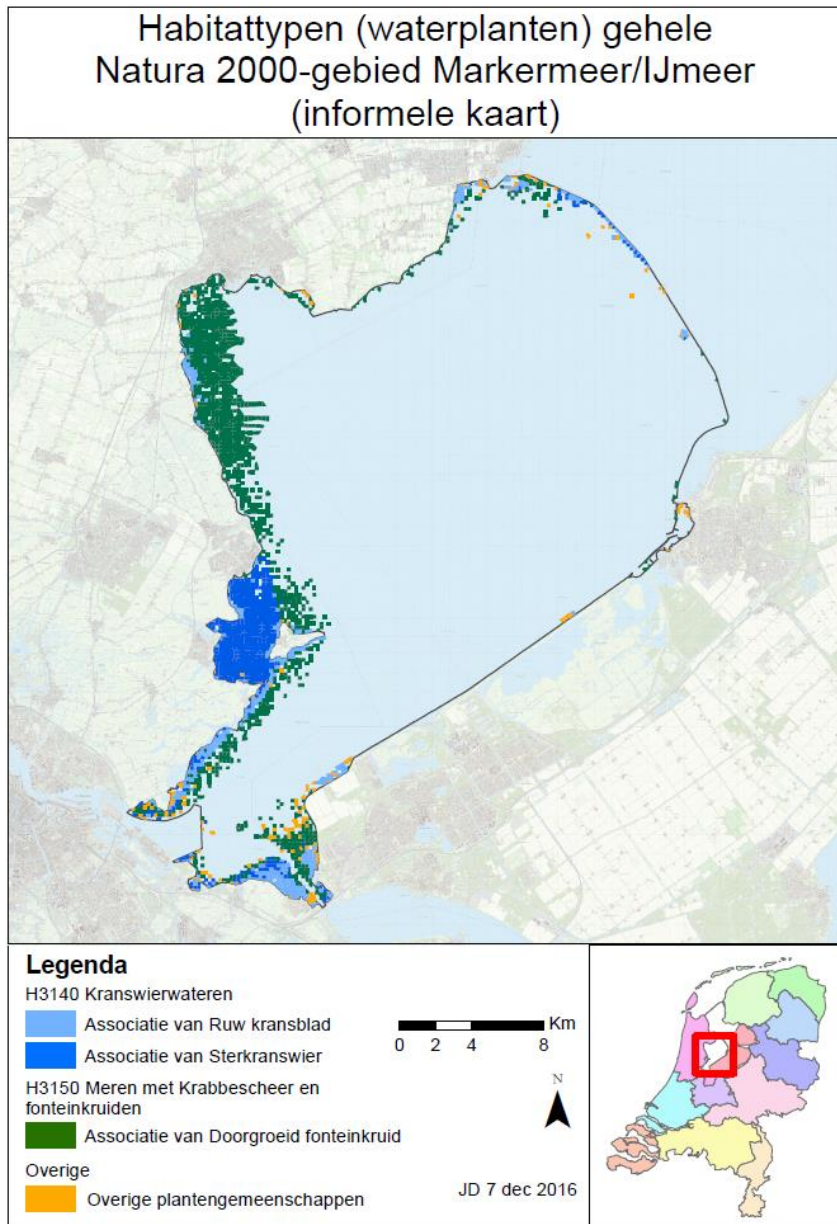
Behalve smalle waterpest zijn alle soorten inheemse waterplanten [008]. Een overzicht van het voorkomen van waterplanten in Nederland staat op:

<https://www.verspreidingsatlas.nl/>

Kranswieren zijn in het IJsselmeergebied beschermd onder habitatype "Kalkhoudende oligo-mesotrofe wateren met benthische *Chara* spp. Vegetaties". Het gaat hier om de vegetaties in het IJmeer en de Gouwzee [008]. Kranswiervegetaties vormen binnen de vegetaties van Nederland één afzonderlijke botanische klasse: het "Charetea fragilis". Deze klasse is weer onderverdeeld in resp. orden, verbonden en associaties. In het IJsselmeergebied gaat het om twee associaties uit het verbond van Stekelharig Kransblad (*Charion fragilis*) [008]:

- 1) De associatie van Sterkranswier, het "Nitellopsidetum obtusae" met als kensoort het Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*)
- 2) De associatie van Ruw Kransblad "Charetum asperae" met als kensoort Ruw Kransblad (*Chara aspera*).

De fonteinkruiden in de grote Nederlandse wateren worden beschermd onder het habitatype "Van nature eutrofe meren met vegetatie van het type Magnopotamion of Hydrocharition" [008]. Voor het Markermeer is de associatie relevant van Doorgroeid Fonteinkruid (*Ranunculo fluitantis* – *Potametum perfoliati*) met als veel voorkomende soort Schedefonteinkruid [008].



(figuur uit [103])

2.1.2

Hoe wordt de waterplant vegetatie in het Markermeer bepaald en hoe betrouwbaar zijn de inschattingen?

Sinds 1992 wordt door Rijkswaterstaat zowel voor de totale bedekking als voor de bedekking van de individuele soorten de volgende klassenindeling gehanteerd:

Klasse	Bedekkingsgraad
0	0% (niet aangetroffen)
1	< 1%
2	1 – 5%
3	> 5 – 15%
4	>15 – 25%
5	>25 – 50%
6	>50 – 75%
7	>75 – 100%

Tabel met indeling van de bedekkingsgraadklassen, en kaart met de door Rijkswaterstaat gekarteerde gebieden met waterplanten in het IJsselmeergebied.

Veldwerk

De karteringen zijn uitgevoerd door middel van het varen met ondiep stekende boten voorzien van een laptop en plaatsbepalingsapparatuur. Voor het bepalen van de coördinaten van de meetlocaties is gebruik gemaakt van een dGPS (=differential Global Positioning System). Voor ieder meer worden verschillende tracks ingevoerd (twee punten waartussen een denkbeeldige lijn is getrokken) en hierop kunnen raaien worden gevaren. De display geeft hierbij zowel de loodrechte afstand tot de track, als de afstand in de raai aan in meters. Tot 2011 is tussen de raaien en tussen de meetpunten in de raaien een afstand van 100 meter aangehouden. Sinds 2012 is die afstand 200 meter geworden. Incidenteel zijn op zeer ondiepe plaatsen de raaien te voet afgelegd. Daarnaast zijn het merendeel van de velden waterplanten, indien ze buiten de raai vielen, extra ingemeten.

Voor de invoer van de vegetatie waarnemingen is gebruik gemaakt van een inwin-programma. Dit programma is gekoppeld aan de plaatsbepalingsapparatuur wat het mogelijk maakt om de posities van de waarnemingspunten rechtstreeks op te slaan. De coördinaten en gegevens van de waterplanten zijn opgeslagen in een dBASE-bestand. Met de dBASE-applicatie zijn de numerieke invoerfouten zoveel mogelijk ondervangen. Per meetlocatie zijn de volgende handelingen verricht:

- 1) Varen naar positie (een "(twee-)honderd-meterpunt")
- 2) Boot stilleggen (eventueel m.b.v. spudpaal)
- 3) Positie opslaan
- 4) Harken van watervegetatie (zie hieronder).
- 5) Schatten totale bedekkinggraad (in geval van helder water door te kijken op de bodem, anders aan de hand van de opgeharkte hoeveelheid vegetatie)

- 6) Determineren van watervegetatie en de bedekkinggraad per soort schatten
- 7) Schatten bedekkinggraad perifyton
- 8) Gegevens invoeren in programma
- 9) Varen naar volgende positie
- 10) Controle meetgegevens

Voor het harken wordt een 28-tandige, 35 cm brede tweezijdige werphark aan een lang touw gebruikt, die minimaal 5 m over de waterbodem kan worden getrokken. Op locaties van ca. 3 m en dieper zijn een verzwaarde hark en een extra lang touw noodzakelijk om een trek van minimaal 5 m over de bodem te kunnen maken. In diepere delen is het toegestaan om tijdens het harken een stukje over het punt heen te varen om op die manier te zorgen dat voldoende oppervlak wordt bemonsterd. Op locaties waar de werphark niet te gebruiken is wordt een 14-tandige, 35 cm brede enkelzijdige hark met lange steel (minimaal 2 meter) voor locaties waar de werphark niet te gebruiken is. Bij deze werkwijze zijn de resultaten dus niet absoluut. De gevonden vegetatie geeft een *indicatie* van de situatie in een groter gebied.

Gegevensverwerking

De meetgegevens zijn verwerkt met behulp van de applicatie FYTOGIS versie 4.1, ontwikkeld voor het GIS-pakket ArcInfo. Als standaard verwerkingsmethode is hierbij de ArcInfo IDW (Inverse Distance Weighting) interpolatiemethode gebruikt met een gridcel grootte van 10 x 10 meter en een inverse distance zoekstraal van 250 meter voor alle soorten waterplanten. Voor de gebieden tussen de meetpunten is er geïnterpoleerd om de bedekking in deze gebieden te benaderen.

In- en uitwendige bedekking

De waterplantenkartheringen resulteren in oppervlaktes bedekkingen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de *inwendige* bedekking en *uitwendige* bedekking. Deze methode maakt het vergelijken van resultaten tussen verschillende jaren mogelijk. Met *inwendige bedekking* wordt bedoeld het totale oppervlak dat binnen de meetpunten is bedekt door watervegetatie (dichtheid). Bij *uitwendige bedekking* wordt gekeken naar het voorkomen van een soort in het meetpunt, ongeacht de dichtheid van de vegetatie. De berekening van oppervlaktes gaat als volgt: De *inwendige bedekking* wordt berekend door het oppervlak van de soort in hectare (ha) te vermenigvuldigen met het percentage van de bedekkingklasse. Voorbeeld: de soort x komt voor in 40 ha met bedekkingklasse 1. De inwendige bedekking is dan $40 \text{ ha} * 0,5\%$ (het gemiddelde van bedekkingsklasse 1) = 0,2 ha van soort x. In de berekeningen en diagrammen is gebruik gemaakt van de totale inwendige bedekkingen per soort. De *Uitwendige bedekking* is gelijk aan het gemeten begreide oppervlak.

2.1.3 Wat is de historische ontwikkeling en wat zijn de voornaamste plaatsen waar de waterplanten nu groeien in het Markermeer?

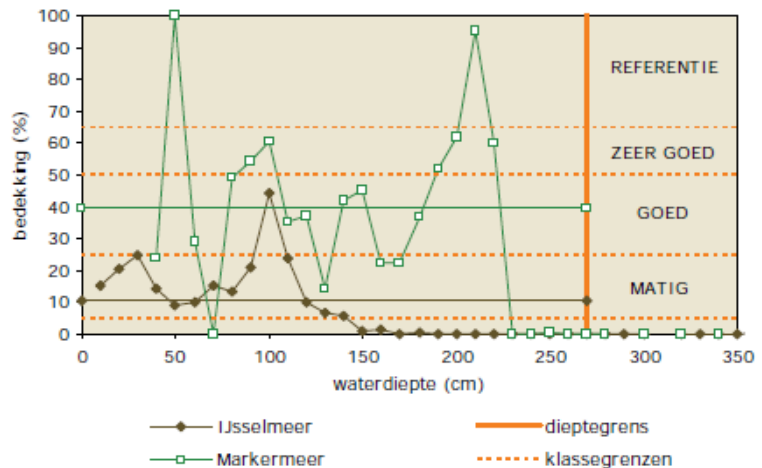
Na een periode met weinig waterplanten - in samenhang met eutrofiëring en daarmee een slecht doorzicht - zijn de waterplanten in het IJsselmeergebied sinds de jaren tachtig weer toegenomen [008]. De waterplanten namen vooral toe in het IJmeer, Gouwee, Hoornsche Hop in het Markermeer [008]. Over de waterplanten van het IJsselmeergebied zijn twee datasets beschikbaar die elkaar goed aanvullen: 1) Gedetailleerde ruimtelijke kartheringen van RWS Dienst IJsselmeergebied die ongeveer eens per drie jaar worden uitgevoerd (jaarlijks in de Veluwerandmeren van 1987-2001) en 2) jaarlijkse raaiopnamen uit het MWTL programma Biologische Monitoring [008, 013,

014, 015, 016, 017, 018, 019, 020, 021, 022, 023, 024, 026, 028, 031, 034, 035, 036]. Zie 2.1.2. voor uitleg over de methode van waterplanten monitoring in het Markermeer

Soorten van dieper water (Doorgroeid Fonteinkruid, Sterkranswier) domineren in het westen van het Markermeersysteem [008, 033]. In het Markermeer is de bezetting van het beschikbare areaal relatief goed door de dichte kranswiervelden van de Gouwzee en het IJmeer. De bedekking neemt abrupt af tot verwaarloosbare waarden op dieptes van meer dan 2,2 meter (zie onderstaand figuur uit [008]), maar dit verloop is sterk bepaald door de waterdiepte van het kranswierveld in de Gouwzee, die rond de 2 meter ligt. Toch ligt bijna de helft van het begroeide areaal van het Markermeer/IJmeer in de Hoornsche Hop (ca. 2000 ha), op een diepte van omstreeks drie meter. De gemiddelde bedekking is hier echter laag (6% van de bodem is bedekt op deze diepte), het betreft hier vrijwel uitsluitend Doorgroeid Fonteinkruid. Kranswieren vormen tegenwoordig vaak weer de bulk van de watervegetatie in het IJsselmeergebied; met twee derde van de totale bedekking zijn ze verantwoordelijk voor de hoge bedekkingsscores volgens de KRW abundantie maatlat van het Markermeer/IJmeer [008].

Figuur 5.2.2

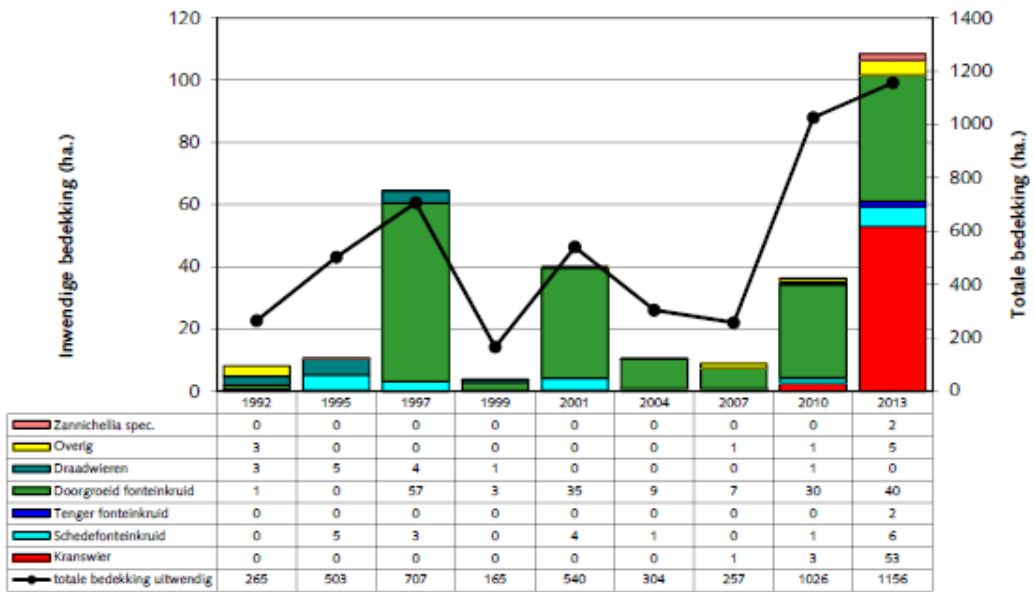
Relatie tussen diepte en de bedekking van het totaal aan ondergedoken waterplanten in het IJsselmeer en het Markermeer in 2006 (MWTL). De KRW klassegrenzen die betrekking hebben op de gemiddelde waarde tot aan de dieptegrens, zijn d.m.v. horizontale lijnen weergegeven.



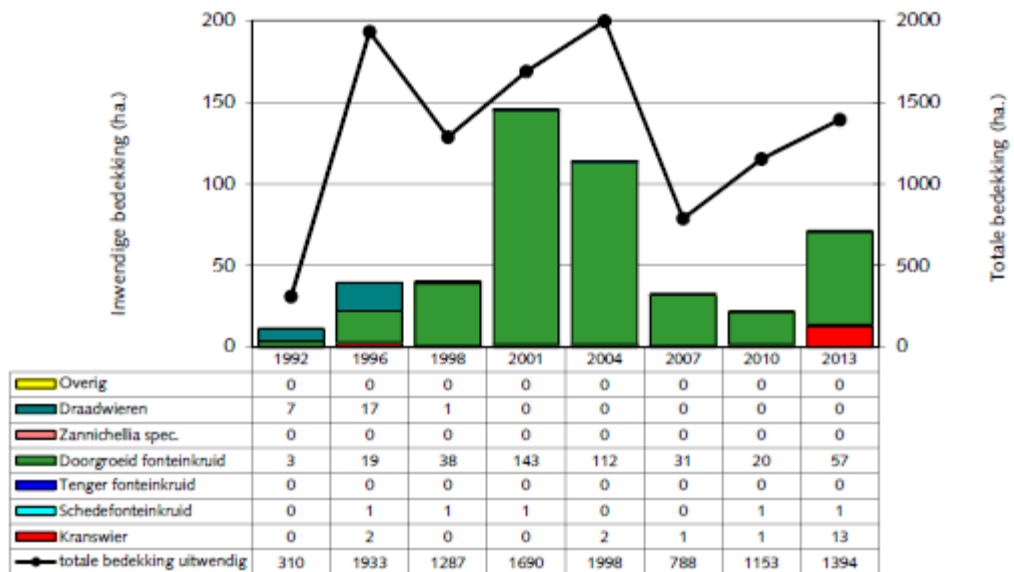
Er is in de jaren 2005 – 2014 jaarlijks gemonitord, maar in 2015 zijn er geen opnames gemaakt. De vegetatiebedekking lijkt in 2016 vergelijkbaar met die in 2014 en is veel hoger dan in de daaraan voorafgaande jaren. De draadwierbedekking is wel sterk gestegen ten opzichte van eerdere jaren. Hoge bedekkingen komen vooral voor in de Gouwzee en langs de zuidrand van het IJmeer. In water dieper dan 2,9 m is de waterplantenbedekking verwaarloosbaar. De meest recente opname van de soortensamenstelling in het Markermeer (in 2016) vertoont weinig verschil met de vorige opname in 2014. De toenemende trend van Grof hoornblad *Ceratophyllum demersum*, Smalle waterpest *Elodea nuttallii*, Zannichellia *Zannichellia palustris* en Groot nimfkruid *Najas marina* zet zich voort. Sterkranswier *Nitellopsis obtusa* breidt zich enigszins uit, en op bestaande groeiplaatsen neemt de bedekking toe. In 2016 is voor het eerst Stomp fonteinkruid (*Potamogeton obtusifolius*) op 2 plaatsen aangetroffen.

De meest recente analyse van de ontwikkeling van de waterplanten in de verschillende deelgebieden van het Markermeer bevat helaas nog niet de meest recente monitoring. De trend is zichtbaar in de volgende figuren uit de monitoring (samengesteld door Rijkswaterstaat).

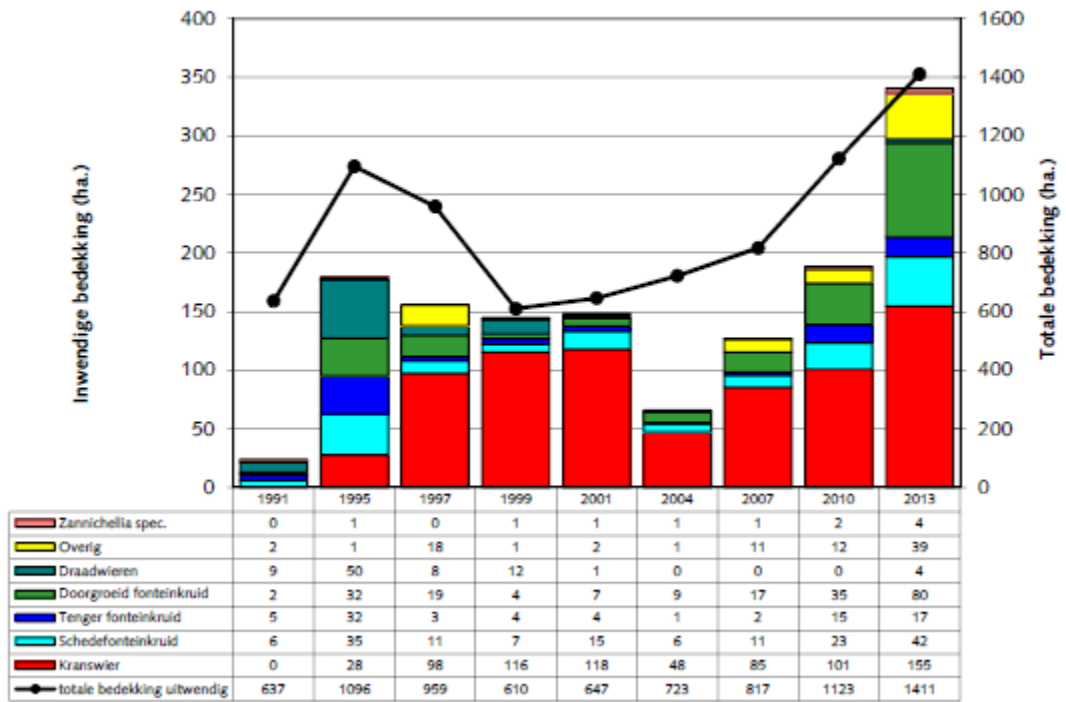
Buiten IJ - Marken (oppervlak: 1525 ha.)



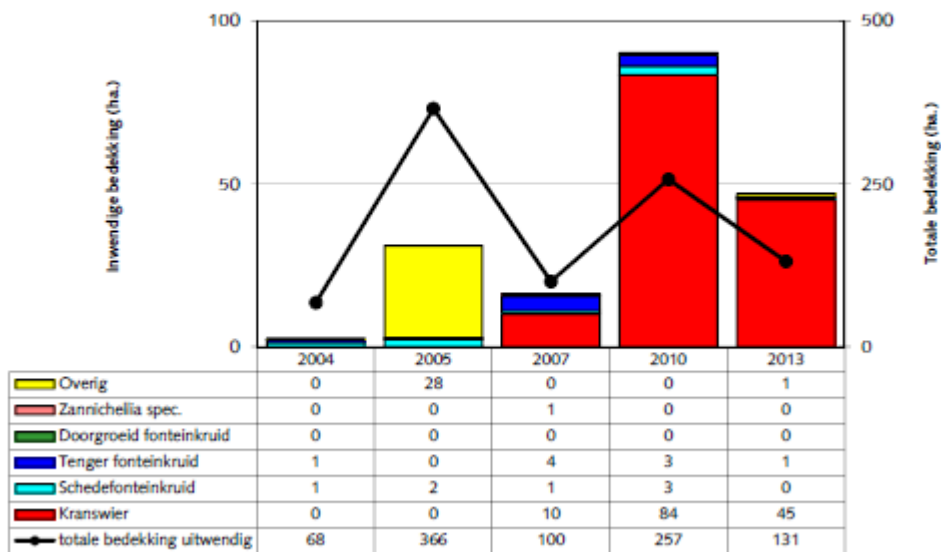
Edam Hoorn (oppervlak: 4551 ha.)



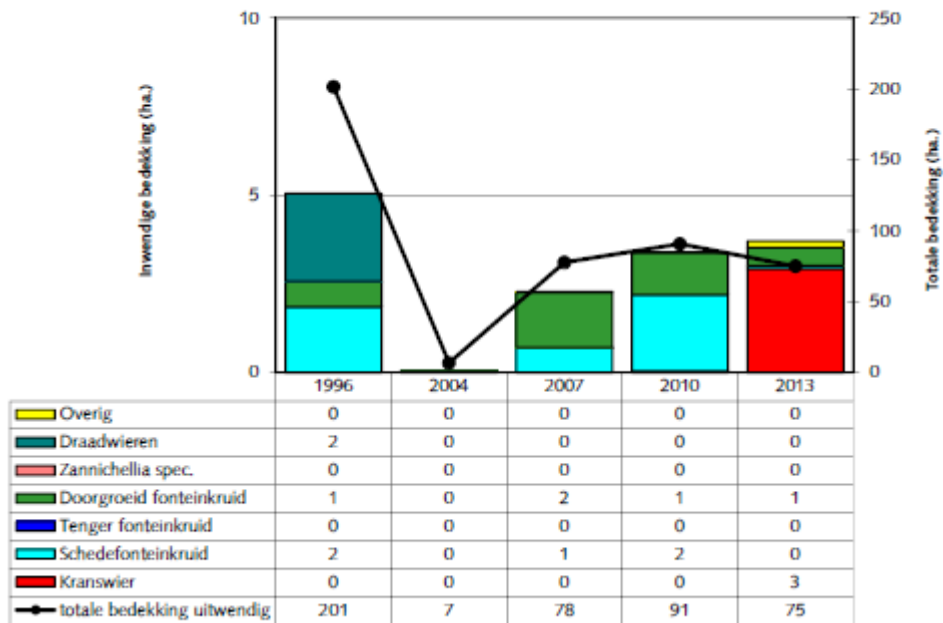
IJmeer (oppervlak: 1861 ha.)



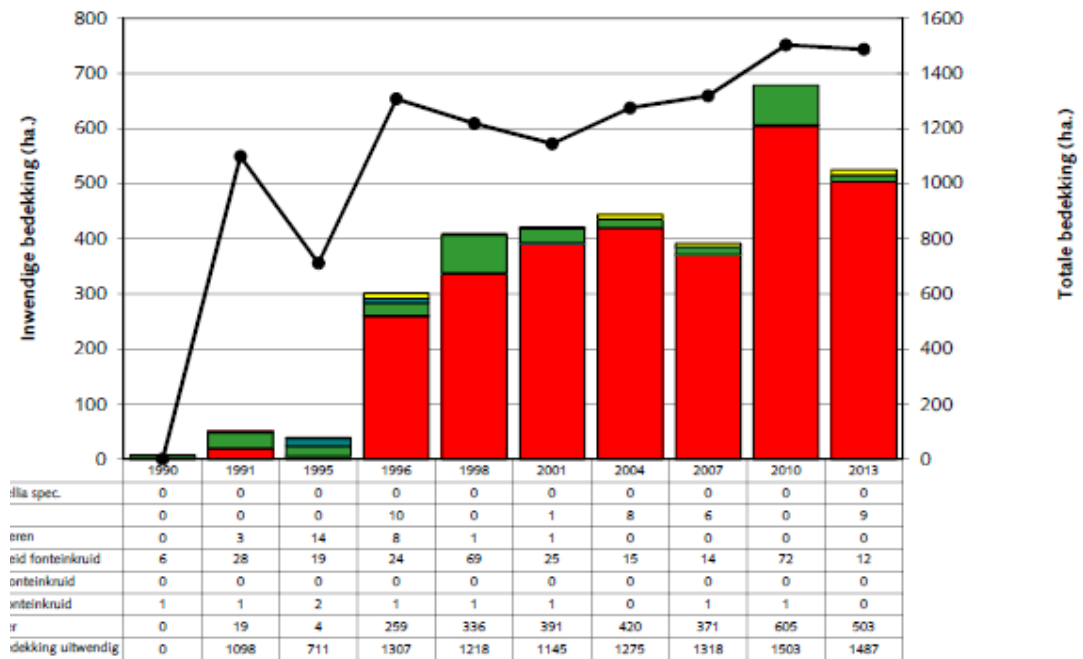
Enkhuizen - Trintelhaven (oppervlak: 127 ha.)



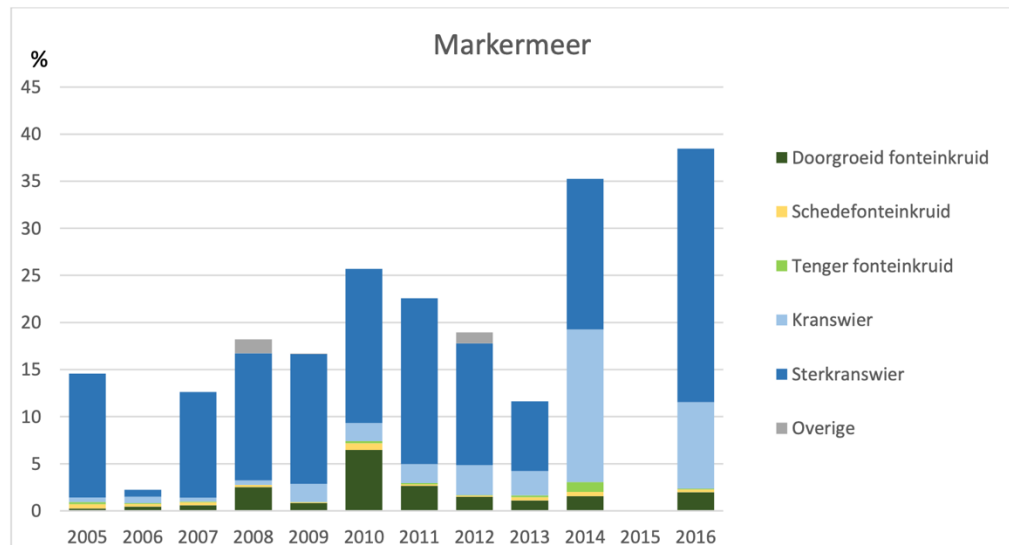
Hoorn - Enkhuizen (oppervlak 704 ha.)



Gouwee (oppervlak: 1976 ha.)



Figuur 3.1.2 Bedekking (% bedekking van de dieptezone 0-3 m) van soorten waterplanten in het KRW-waterlichaam Markermeer 2005-2016



Meest recent overzicht van de ontwikkelingen in bedekkingspercentage van waterplanten in het Markermeer [103]

2.1.4 In welke seizoenen groeien er voornamelijk waterplanten in het Markermeer?

De waterplanten ontwikkelen zich in mei en groeien de hele zomer door totdat de planten weer afsterven in september. De precieze periode waarin waterplanten aanwezig zijn hangen af van de temperatuursontwikkeling binnen het seizoen (eigen metingen UvA). Zie ook 1.1.5.

2.1.5 Hoeveel waterplanten groeien er in het Markermeer en wat is de totale productiviteit van deze waterplanten?

De beste inschattingen van de hoeveelheid planten die in het Markermeer groeien zijn gepresenteerd in vraag 2.1.3. Rijkswaterstaat maakt iedere drie jaar een nieuwe inschatting van de waterplanten die in het Markermeer groeien. De totale productiviteit van de waterplanten in het Markermeer is niet bekend.

2.2 ROL VAN WATERPLANTEN IN HET ECOSYSTEEM MARKERMEER

2.2.1 Wat betekenen waterplanten voor de waterkwaliteit van het Markermeer?

Waterplanten aan de westkust van het Markermeer zorgen voor een verlaging van de turbiditeit (meer lichtdoorval) en beschikbare nutriënten tijdens het groeiseizoen (eigen metingen UvA). In algemene zin geldt voor de waterplanten in het Markermeer hetzelfde als voor voor waterplanten in het algemeen: ondergedoken waterplanten hebben een grote invloed om de omgeving, bijvoorbeeld op de zuurstofconcentraties in het water, de zuurgraad, de waterbewegingen en de hoeveelheid licht in het water. (zie 1.2.1)

2.2.2 Wat gebeurt er met de waterplanten van het Markermeer als ze afsterven in het najaar?

De waterplanten sterven (bovengronds) af in het najaar. Dit materiaal spoelt gedeeltelijk aan op de kust. Organisch materiaal van de dominante soort Doorgroeid Fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*) is na ongeveer 100 dagen bijna volledig afgebroken [089]. Dit betekent dat de vastgelegde nutriënten snel vrijkomen [090] en kunnen bijdragen aan een verhoogde beschikbaarheid in het najaar en winter.

2.2.3 Wat betekenen waterplanten voor de nutriënten cycli in het Markermeer?

Waterplanten kunnen een hoge dichtheid bereiken langs de westkust van het Markermeer en in het IJmeer en de Gouwee. De planten nemen voor een deel nutriënten op uit het water, waarmee ze de beschikbaarheid van nutriënten voor fytoplankton (zoals algen) verminderen, en het andere deel nemen ze op uit de bodem. Tijdens het groeiseizoen zal dit leiden tot vermindering van beschikbare nutriënten en een verhoging van vastgelegde nutriënten als organische stof (biomassa). Tijdens het groeiseizoen komen nutriënten weer vrij door begrazing van de waterplanten of het afbreken en afsterven van losse delen. Tijdens afbraak van het plantmateriaal aan het einde van het groeiseizoen komen een groot deel van de vastgelegde nutriënten weer vrij. Ook kunnen in het plantmateriaal vastgelegde nutriënten zich ophopen in het sediment. Het is op dit moment niet mogelijk om de rol van waterplanten voor de nutriënten cycli in het Markermeer te kwantificeren, vanwege te weinig beschikbare kennis over de plantengroei, de hoeveelheid nutriënten die opgenomen worden door de planten uit de bodem en het water, welk deel van de planten direct begraaasd wordt, en hoeveel plantmateriaal er getransporteerd wordt door het meer.

2.2.4 Voor welke soorten van het Markermeer vormen planten een habitat?

Ondergedoken waterplanten vormen een habitat voor verschillende soorten vissen en macro-evertibraten in het Markermeer (eigen metingen UvA).

2.2.5 Wat is de rol van de waterplanten in het voedselweb van het Markermeer en hoe groot is het aandeel van waterplanten in dit voedselweb?

Een deel van de “mosseletende” vogelsoorten (benthoseters) die neergaande trends vertoonden blijkt te profiteren van autonome ontwikkelingen verbonden aan toename van doorzicht en waterplanten (met geassocieerde fauna). Dit betreft de Kuifeend en vooral de Tafeleend, soorten die relatief vroeg in het (winter)seizoen aanwezig zijn (september/oktober), als de waterplanten nog aanwezig zijn [069]. Verder worden waterplanten gebruikt als het voedsel voor Gammariden (o.a. vlokreeften) en de Duikermot (*Acentria ephemerella*) (eigen metingen UvA).

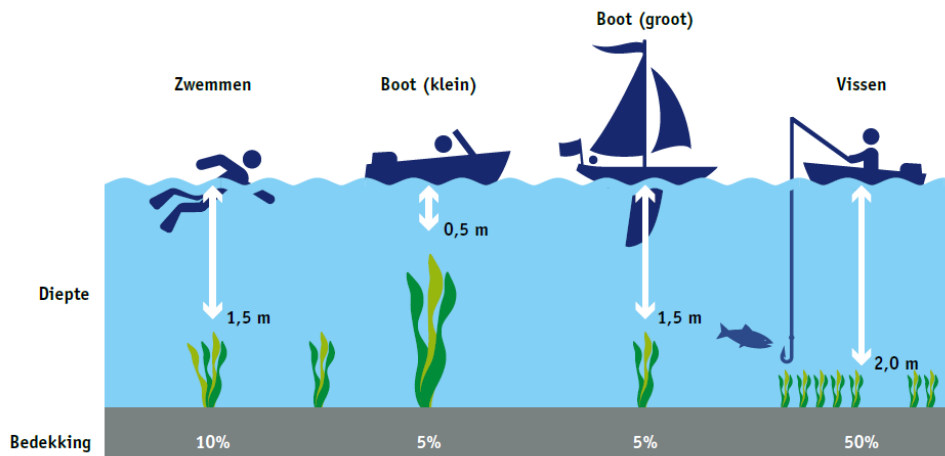
2.2.6 Wat is de betekenis van waterplanten voor de natuurdoelen in het Markermeer?

In het Markermeer liggen verschillende natuurdoelen, met name vanuit Natura 2000 en de KaderrichtlijnWater (KRW). Natura 2000: De belangrijkste vogels die waterplanten consumeren in het Markermeer zijn de krooneend, tafeleend, en meerkoet waarbij de laatste soort een sterke stijging laat zien in de periode 2010-2017 [067]. Verder worden waterplanten gebruikt als habitat voor verschillende macro-evertibraten en vormen het voedsel voor Gammariden en de Duikermot (*Acentria ephemerella*) (eigen metingen UvA).

2.3 OVERLAST DOOR WATERPLANTEN IN HET MARKERMEER

2.3.1 Welke gebruikers hebben vooral last van waterplanten in het Markermeer?

Waterplanten leiden in toenemende mate tot overlast voor recreanten zoals zwemmers, vissers en recreatievaarders [039, 006]. Een overzicht van verschillende gebruikers die last hebben van waterplanten in het Markermeer staan in “Te verwachten overlast waterplanten IJsselmeergebied” [012]. Een overzicht van de wensen die verschillende vormen van recreatie hebben met betrekking tot waterplanten (in termen van diepte en bedekking) staan in [039], (gebaseerd op [006]).



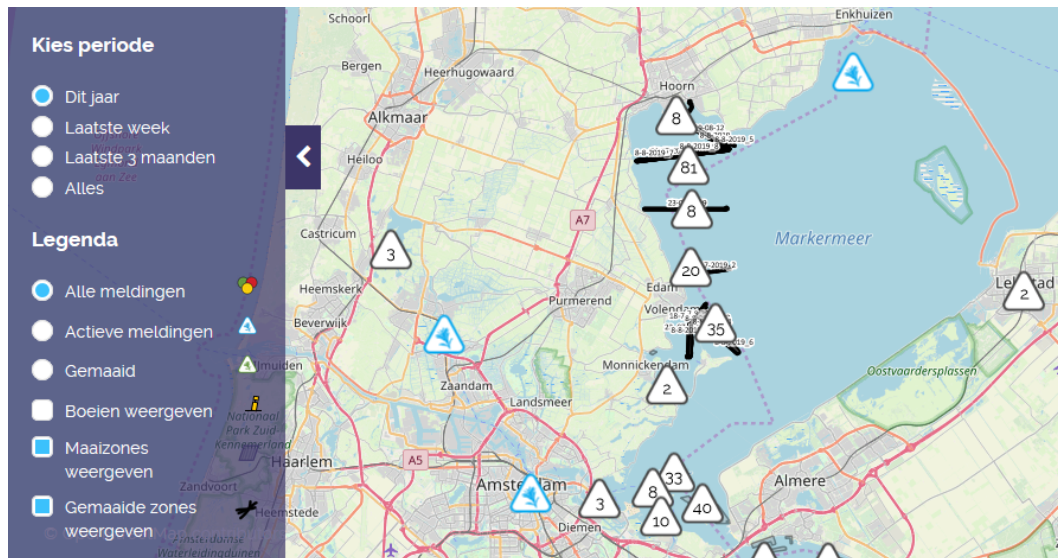
De waterdiepte in de figuur is 2m.

2.3.2 Welke soorten waterplanten geven overlast in het Markermeer?

Internationaal bekeken zijn er meer dan 30 soorten onderwaterplanten bekend die overlast veroorzaken, waarvan het overgrote deel ook in Nederland groeit [005, 006]. Planten die vaak tot overlast leiden zijn over het algemeen lange soorten die breed uitwaaiëren aan het wateroppervlak [005]. Voorbeelden in Nederland zijn: schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*), aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), smalle waterpest (*Elodea nuttallii*), doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*), waterwaaier (*Cabomba carolina*), witte waterlelie (*Nymphaea alba*), krabbenscheer (*Stratiotes aloides*), grote waternavel (*Hydrocotyle ranunculoides*) en grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*) [006]. Voor het Markermeer geeft vooral doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*) overlast [012].

2.3.3 Waar wordt die overlast door waterplanten vooral ervaren in het Markermeer?

In de gebieden die het drukst gebruikt worden door recreanten en scheepvaart: Hoornsche Hop, IJmeer en Gouwzee. Een overzicht van recente meldingen is beschikbaar op <https://www.waterplantmelder.nl/>



Waterplanten overlast meldingen op waterplantmelder.nl voor het Markermeer-IJmeer in 2019

2.3.4 Hoe groot is het gebied met overlast door waterplanten?

De grootte van het gebied waar overlast wordt ervaren is niet precies in te schatten en zal over de jaren variëren, o.a. afhankelijk van de mate van waterplantengroei en recreatie. Het overlastgebied beperkt zich op dit moment tot de randen, met name de westkust van het Markermeer en het IJmeer. Het overgrote deel van het Markermeer is bevaarbaar zonder overlast. In 2019 heeft de Stichting Maaien Waterplanten IJmeer Markermeer opdracht gegeven voor het maaien van een stuk ter grootte van meer dan 400 voetbalvelden bij Hoorn, Edam-Volendam, Waterland, Gooise Meren en Almere. (<https://www.nhnieuws.nl/nieuws/249300/woekerende-waterplanten-op-ijmeer-en-markermeer-nog-voor-zomervakantie-weg>).

2.3.5 In welke periode treedt er vooral overlast door waterplanten op?

De meeste ervaren overlast wordt veroorzaakt door doorgroeid fonteinkruid. Deze plant bereikt het oppervlakte van het water in juni en zinkt pas weer in september naar de bodem. De meeste overlast voor de recreatievaart wordt ervaren in de zomermaanden. In deze zelfde periode zijn ook watersporters het meest actief, waardoor de overlast ook het meest wordt ervaren [012].

2.3.6 Wat is de economische schade van de overlast door waterplanten?

Een economische analyse van de schade van overlast door waterplanten in het Markermeer valt buiten onze expertise. Er worden verschillende en uiteenlopende getallen genoemd, zoals door de Hiswa en andere partijen [012], maar wij kunnen deze getallen niet onafhankelijk beoordelen.

2.4 TOEKOMST VOOR WATERPLANTEN IN HET MARKERMEER

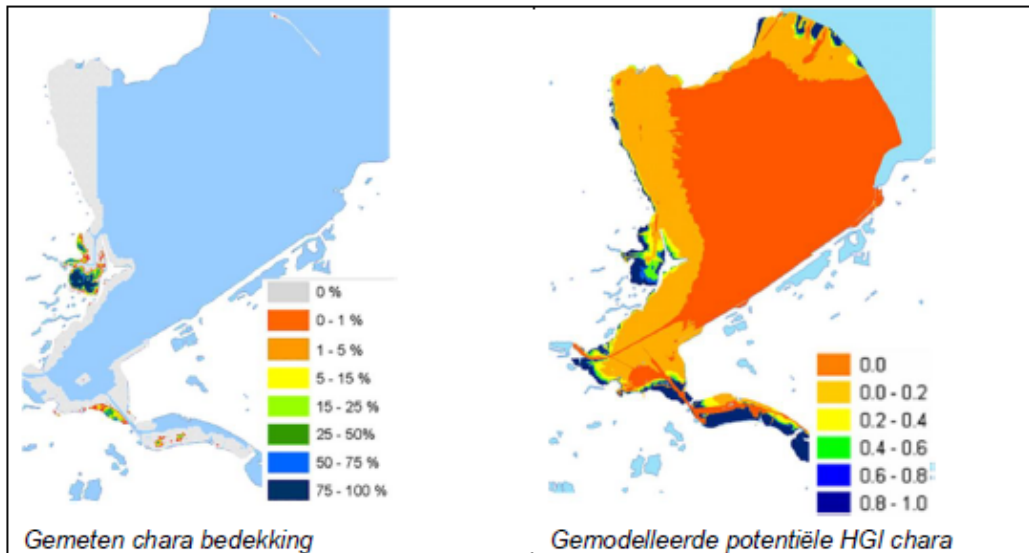
2.4.1 Wat is te verwachten voor de toekomstige bedekking van waterplanten in het Markermeer en kan bijvoorbeeld het hele meer dichtgroeien met fonteinkruid?

Herstel van helder water in ondiepe meren (zowel troebelheid veroorzaakt door opwerveling van sediment als door met name algen in brede zin neemt af) leidt meestal tot een herstel of toename van ondergedoken waterplantgemeenschappen doordat de abiotische condities voldoen aan hun eisen om te kunnen vestigen en groeien [bijvoorbeeld 045]. Succesvolle kolonisatie hangt af van tenminste drie karakteristieken van de waterplanten: 1) mogelijkheid om te verspreiden vanuit bronpopulaties en nieuwe gebieden te koloniseren, 2) mogelijkheid zich uit te breiden in het gekoloniseerde gebieden, 3) mogelijkheid om succesvol de competitie aan te gaan met bestaande soorten, indien aanwezig [057, 058]. Competitie tussen waterplanten soorten hangt ook af van de begrazing door de aanwezige grazers (vogels, vissen en macro-evertebraten).

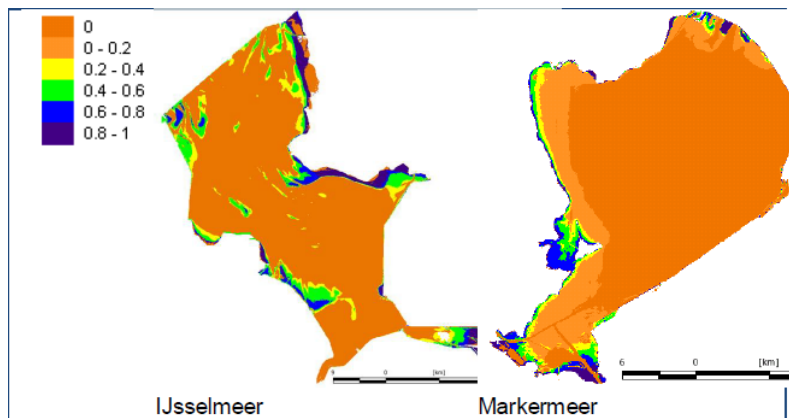
De lokale verschillen in de soortensamenstelling van de watervegetatie zijn in de eerste plaats gekoppeld aan verschillen in diepte en doorzicht. Onder slechte lichtomstandigheden zijn drijfbladplanten en waterplanten met boven in de waterkolom uitgroeiende bladeren ("canopy"-vormend) in het voordeel. Dat zijn planten die vanaf de bodem tot aan het wateroppervlak groeien en zich daar uitspreiden, zoals Schedefonteinkruid, Tenger en Doorgroeid Fonteinkruid en Aarvederkruid [008]. Hun groeistrategie is vergelijkbaar met het kronendak in een bos. Schedefonteinkruid is in troebel water nog eens extra in het voordeel, omdat hij met behulp van reservevoedsel uit de wortelknollen zo'n 40 cm hoogte kan bereiken zonder licht [043]. De ontwikkeling van deze planten is mede afhankelijk van de omstandigheden waaronder ze groeien, zoals langere stengels in diep water en groter bij hogere beschikbaarheid van voedingsstoffen [037].

Onder betere lichtomstandigheden en bij lagere beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem worden Schedefonteinkruid, Tenger en Doorgroeid Fonteinkruid en Aarvederkruid deels verdrongen door soorten die meer licht nodig hebben en beter aangepast zijn aan voedselarmere condities, zoals Zannichellia of kranwier, die niet naar het oppervlak groeien. Kranwier gaat efficiënter om met koolstof dan fonteinkruiden [043, 047]. In glooiende kustgebieden ontstaat dan een zonering met eerst een zone smalbladige fonteinkruiden en zannichellia langs de oever, dan een zone met kranwier en vervolgens een strook langstengelige soorten als Doorgroeid Fonteinkruid en Aarvederkruid [008]. Zo'n zonering werd al in 1939, vóór de aanleg van de polders voor de Veluwekust, beschreven [050], en heeft zich tijdens het ecologisch herstel in de Veluwerandmeren opnieuw ingesteld [008].

Behalve de fysiologie van de planten kunnen ook effecten van consumptie door vogels en vissen, van bioturbatie door macrofauna, en van het maaien van fonteinkruiden ten behoeve van de watersport een rol spelen in de successie van waterplanten [008]. Volgens de studies voor de Kaderrichtlijn Water zijn ondiepe meren van het type als de randmeren in potentie begroeid tot een waterdiepte van ca. 2,7 meter, met een referentie dichtheid van gemiddeld 65% bodembedekking [008]. Dit zou betekenen dat het Markermeer niet volledig dicht zal groeien. De verschillende bodemtypes in het Markermeer kunnen ook leiden tot verschillen in ondergedoken vegetatie ontwikkeling. Een overzicht van de geschiktheid van het Markermeer als habitat voor waterplanten is berekend met modellen door Deltares [094]. Onderstaande figuren uit dit rapport geven de habitatgeschiktheid aan voor kranwieren en ondergedoken waterplanten (fonteinkruiden).



Figuur 3.7 Gemeten chara bedekking in 2004 (links) en gemodelleerde potentiële HGI chara.



Figuur 3.8 Resultaten van de berekening van de habitatgeschiktheid voor waterplanten in het IJsselmeer en Markermeer.

2.4.2 Waarom worden kranswieren (Charofyten) door gebruikers gezien als de ideale waterplantgemeenschap voor het Markermeer?

Charofyten worden gezien als de gouden standaard in het open water omdat deze macrofyten dicht op de bodem groeien en de capaciteit bezitten om nutriënten vast te leggen [052] en ze door hun lage groeiwijze in het algemeen niet verstoring zijn voor menselijke activiteiten en gebruik van meren [051]. Dit betekent echter niet dat een waterplantengemeenschap bestaande uit alleen Charofyten ook de hoogste ecologische waarde heeft wat betreft habitat, voedselbeschikbaarheid, en de biodiversiteit.

Charofyten hebben een positieve invloed op het laag houden van nutriënt concentraties in het water. Neerslag van kristallen (waaronder calciet), gemedieerd door fotosynthetische activiteit, bij charofyten is een belangrijk mechanisme voor de verwijdering van Ca en P in hard-water meren [060]. Dit proces treedt ook op bij ondergedoken vaatplanten bij kalkafzetting op de bladeren, maar in mindere mate [059]. Kranswieren kunnen bij hoge pH (8.5) blijven fotosynthetiseren en vormen dichte, bodembedekkende vegetatie in oligotrofe, hard-water meren [048] waardoor verstoring van het sediment in het groeiseizoen minder makkelijk op kan treden. Het is echter nog niet volledig duidelijk welke factoren bijdragen aan het herstel van Charofyten na her-oligotrofiëring van aquatische ecosystemen [001]. Ontwikkeling van charofyten kan

tenslotte gelimiteerd worden door de toxiciteit van sulfide in het poriewater (bij concentraties >2mM) [062]

2.4.3 Wat is de verwachte lange termijn ontwikkeling van verschillende soorten waterplanten in het Markermeer en gaat het fonteinkruid vervangen worden door kranswier?

Door de veelheid aan factoren die een rol spelen bij de ontwikkeling van waterplanten (abiotiek, interacties tussen soorten, menselijke ingrepen), is het moeilijk te voorspellen hoe de ontwikkeling van verschillende soorten waterplanten in het Markermeer in de toekomst zijn. Uit studies van andere meren kunnen we wel patronen beschrijven van ontwikkelingen van waterplantensoorten, maar of deze ook gaan plaatsvinden in het Markermeer is niet direct te voorspellen.

Kranswieren (Charofyten) gedijen onder oligotrofe omstandigheden (lage nutriënten beschikbaarheid). Eutrofiëring leidt ertoe dat kranswieren worden verdreven door snelgroeïende vaatplanten door de verschuiving van voedingsstoffen beperking naar beperking in lichtcondities, zoals is aangetoond in verschillende studies [044, 054]. Sterk verminderen van de nutriënten beschikbaarheid (re-oligotrofiëring) kan in bepaalde gevallen resulteren in omstandigheden waaronder kranswieren weer dominant kunnen worden over snelgroeïende vaatplanten [044]. Dit is bijvoorbeeld is aangetoond in Lower Lake Constance (Duitsland) waar aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*) sterk wordt gereduceerd door kranswieren onder lage beschikbaarheid van fosfaat en goed doorzicht [001]. Onder lage nutriëntenbelasting in ondiepe oligotrofe meren hebben vaatplanten een voordeel ten opzichte van kranswieren doordat vaatplanten beter bestand zijn tegen de mechanische schade/stress door golven in ondiep water [095]. Echter bij een toename in doorzicht (Secchi diepte) en in dieper water (>2 m) krijgen kranswieren de overhand [053]. Dit kan leiden tot meer kranswieren in diep water.

Beide planttypen kunnen elkaar dus vervangen onder bepaalde omstandigheden. Omdat er gradiënten in de dominante omstandigheden (troebelheid, nutriënten beschikbaarheid) zullen blijven in het Markermeer is het niet waarschijnlijk dat één soort de andere volledig zal gaan vervangen.

2.4.4 Welke effecten van voorspelde lange termijn klimaat-veranderingen zijn te verwachten op de waterplanten ontwikkeling in het Markermeer?

De effecten van voorspelde lange termijn veranderingen (klimaatverandering) zijn voor waterplanten onder te verdelen in de verwachte effecten op temperatuur, toename van CO₂ en veranderingen in wind (stormen). Verwachte veranderingen in neerslagpatronen over het jaar door klimaat-veranderingen hebben maar gering effect op de waterplanten in het Markermeer door het waterpeilregime in het meer.

Toename van de temperatuur kan leiden tot snellere groei van waterplanten en een verlenging van het groeiseizoen voor waterplanten [096]. Toename van CO₂ in de atmosfeer leidt tot een hogere beschikbaarheid van CO₂ in het water en kan leiden tot vermindering van groei limitatie door koolstof beschikbaarheid bij ondergedoken waterplanten. Vooral ondergedoken waterplanten die voornamelijk CO₂ opnemen, en hiervoor afhankelijk zijn van de hoeveelheid CO₂ in het water, kunnen hierdoor sneller gaan groeien [070]. Dit zou een voordeel kunnen opleveren voor fonteinkruiden ten opzichte van kranswieren. Door hogere concentraties CO₂ in de lucht kan er namelijk ook meer CO₂ oplossen in het water. Klimaat-veranderingen leiden ook tot veranderingen in windcondities, vooral het voorkomen van meer extreme weersomstandigheden. Veranderingen in windcondities hebben sterke invloed op de troebelheid van het meer

en kan de ontwikkeling van de ondergedoken waterplant gemeenschap sterk beïnvloeden, afhankelijk van het seizoen waarin deze veranderingen zullen optreden.

2.4.5 Bieden waterplanten in het Markermeer kansen voor (nieuwe) gebruikers van het meer?

Er kan gekeken worden naar de mogelijkheden van een verdienmodel zoals ook in andere gebieden in de wereld waar uitgestrekte gebieden met waterplanten voorkomen (denk hierbij aan glasbodemboten, kanoen of snorkelen of uitkijkposten in natuurgebieden). Kleine eigenaren van recreatieplassen zijn hier al mee bezig in Noord-Brabant. Het vermarkten van de waterplanten geeft een meerwaarde voor recreatiegebieden, als alternatief voor zwemmen met zicht op blauwe tegels van een gewoon buitenbad.

3. Beheer van waterplanten



3.1 ECOSYSTEEDIENSTEN VAN WATERPLANTEN IN GROTE, ONDIEPE MEREN

3.1.1 Welke ecosystemediensten worden gestimuleerd door waterplanten in grote, ondiepe meren en hoe kunnen waterplanten gebruikt worden?

Ondergedoken waterplanten vervullen een aantal ecosysteem functies die essentieel zijn voor een breed scala aan ecosystemediensten [006]. Ondergedoken waterplanten verbeteren de waterkwaliteit en bevorderen helder water, zijn een habitat voor veel andere aquatisch organismen, en vormen voedsel voor vogels, vissen en ongewervelden. Hierdoor bevorderen waterplanten de biodiversiteit in zoetwater ecosystemen.

De meest gewaardeerde ecosystemediensten die waterplanten verzorgen zijn hun rol als habitat en voedsel voor verschillende organismen, hun vermogen om de helderheid van het water te verbeteren en opslag van koolstof en nutriënten [061]. Waterplanten kunnen een belangrijke voedselbron zijn voor vogels, vissen en ongewervelden [004]. De dichtheid en biomassa van de waterplanten bepaalt voor een belangrijk deel hoe de vegetatie door verschillende soorten fauna wordt gebruikt [025]. Andere ecosystemediensten zijn gerelateerd aan de wijze waarop ondergedoken waterplanten hun omgeving beïnvloeden, zoals beschreven in **1.2.1**.

3.1.2 Wat is de invloed van het verwijderen van waterplanten op belangrijke ecosystemediensten van grote, ondiepe meren?

Bij het volledig verwijderen van waterplanten uit het Markermeer, vallen alle ecosystemediensten die beschreven staan in **3.1.1** weg. Het is echter lastig om de invloed van het gedeeltelijk verwijderen van waterplanten op belangrijke ecosystemediensten te kwantificeren. De invloed van het verwijderen van waterplanten in kleinere meren is beter bekend en kan met goede zekerheid worden gekwantificeerd met het model PC-lake [097]. De grote en ondiepe ruimtelijk schaal van het Markermeer en de invloed van sediment resuspensie, maakt het niet direct mogelijk om voor dit meer een passend model te maken om de invloed van het verwijderen van waterplanten op de ecosystemediensten te bepalen. Echter, op basis van onderzoek die de invloed van waterplanten op hun omgeving hebben (zie hoofdstuk 1) is te verwachten dat een verwijdering van waterplanten invloed heeft op de nutriëntenhuishouding van het Markermeer, en daarmee ook op bijvoorbeeld de algengemeenschap en de biodiversiteit. De mate waarin is echter niet op voorhand te kwantificeren.

3.1.3 Hoe kan de balans tussen natuur en recreatie met betrekking tot de bedekking van waterplanten gevonden worden in het Markermeer/IJmeer?

Het belangrijkste proces om een balans tussen natuur en recreatie te vinden in deze meren is om in gesprek te blijven tussen de verschillende partijen. Voor een deel kan het aanwijzen van gebieden waar de recreatie of de natuur prioriteit krijgt leiden tot minder spanningen. Ook zouden natuur en recreatie beter geïntegreerd kunnen worden, zoals beschreven in **2.4.5**.

3.2 VERWIJDERING VAN WATERPLANTEN IN GROTE, ONDIEPE MEREN

3.2.1 Op welke manieren kan je overlast van waterplanten verminderen in grote, ondiepe meren?

Een overzicht van maatregelen om waterplanten te verminderen in aquatische ecosystemen staat beschreven in het STOWA rapport 'Stappenplan waterplanten overlast' [039]. De genoemde maatregelen vallen in vier categorieën:

- 1) verminderen nutriëntenbelasting en/of weghalen of afdekken van de voedingsrijke bodem
- 2) verwijderen waterplanten door maaien of introduceren van grazers
- 3) verduisteren door vergroten van de waterdiepte of beschaduwten
- 4) samen zoeken naar oplossingen, hierbij staan de vraag, de doelen, de belasting, de draagkracht en de toestand van het watersysteem centraal

De maatregelen moeten volgen op een watersysteemanalyse met inachtneming van de ecologische sleutelfactoren [066] en hebben als doel het verminderen van plantengroei. Een beschrijving van de mogelijkheden die deze maatregelen kunnen bieden in het Markermeer/IJmeer staat beschreven in sectie 4 (Beheer waterplanten Markermeer).

3.2.2 Wat is de efficiëntie van het maaien op het verminderen van de overlast door waterplanten?

De efficiëntie van het maaien van waterplanten is sterk gebiedsafhankelijk en variabel. Een uitgebreide tabel uit het proefschrift van Michiel Verhofstad [098] is hierna opgenomen, waarin de gemeten effecten van het maaien van waterplanten staan beschreven uit enkele tientallen gepubliceerde onderzoeken. De effecten van het maaien van waterplanten varieert van langjarig positieve effecten tot het snel terug keren van de dominante soort die weggemaaid was.

3.2.3 Wat zijn de effecten van maaien op competitie tussen verschillende soorten waterplanten?

Zoals aangegeven in 3.2.2. is het effect van maaien op de waterplanten en de competitie tussen waterplanten sterk gebiedsafhankelijk. Selectief maaien van doorgroeid fonteinkruid (*P. perfoliatus*) in een ondergroei van kranswier (Characeae) is mogelijk en kan de bedekking van doorgroeid fonteinkruid sterk doen afnemen, afhankelijk van de lokale groeicondities [029]. Ook het maaien van aarvederkruid (*M. spicatum*) kan leiden tot vermindering van deze vegetatie met mogelijk gevolg een toename in kranswier vegetatie [038]. Om zeker te zijn dat deze effecten van maaien op de samenstelling van de waterplantengemeenschap in het Markermeer vergelijkbaar zijn, moet dit lokaal bestudeerd worden.

Table B2.1: Effects of cutting and / or harvesting nuisance submerged plants. 'Target species' refers to the nuisance species on which management is targeted. Symbols indicate: '0' = no effect; 'y' = short-lived effect observed within year of management; 'yy' = effect observed in subsequent years; '+' = increase/positive effect; '-' = decrease/negative effect, and 'Fast' in the 'general regrowth' column indicates the authors reported fast regrowth of the dominant species. If only a 'y' is given in the first column, plant species composition was affected, but not overall diversity (i.e. species are replaced by other species).

Plant species number / diversity	Target species cover	Target species length	Target species standing biomass	Target species general regrowth	Period described (years)	Reference
y-	0				20+	Baatrup-Pedersen et al., 2002
				y-	2	Bailey & Calhoun, 2008
			y-		1	Dall'Armellina et al., 1996
	y-	y-	y-		1	David et al., 2006
0		0	y-		1	DiNino et al., 2005
y			y-	Fast	5	Engel, 1990
y+			y-		1	Garbey et al., 2003
y		y-		y-	2 to 3	Howard-Williams et al., 1996
0		y-	y-		2	Johnson et al., 1979
			y-		1	Keanel et al., 1998
			y-		1	Keanel & Uehlinger, 1999
			y-		1	Madsen et al., 1988
			y-		2	Monahan & Caffrey, 1996
y-	y+				2	Nielsen et al., 2006
	y-	0	yy-		4	Painter, 1988
y					1	Sabbatini & Murphy, 1996
	y-				2	Van den Berg et al., 2001
		y-	y-		1	Morris et al., 2006
y- yy-					1	Pedersen et al., 2006
		y- & yy-			4	Unmuth et al., 1998
y- & yy	yy-			yy-	2	Boylen et al., 1996
0 y	0 & y-		y-		2	Schwartz & Snelder, 1999
			y-	y+	1	Crowell et al., 1994
0 y+			0 y+		22	Nichols & Lanthrop, 1994
	y-		y-		1	Bickel and Closs, 2009
0 & y+					5	Palmik et al., 2013
y	y-				1	Pedersen et al., 2011
			y-	Fast	1	Bal and Meire, 2009
			y-	Fast	1	Bal et al., 2006
0 yy					4	Baatrup-Pedersen and Riis, 2004
		y- & yy-		Fast	3	Olson et al., 1998
			y+	Fast	1	Serafy et al., 1994
yy+	00 & yy-		yy-		2	Eichler et al., 1993
0				0 & y-	1	Fox & Murphy, 1990
00 yy+	00 yy+	y-		Fast	5	Verhofstad et al. Oldambtmeer
0	y-	y-		Fast	3	Verhofstad et al. De Munt

Tabel behorend bij 3.2.2 (uit proefschrift M. Verhofstad).

3.2.4 Zijn er andere alternatieven voor het duurzaam oplossen van lokale overlast door waterplanten?

Waterplanten komen van nature voor in ondiepe meren in delta regio's zoals Nederland. Door de verbetering van de waterkwaliteit hebben de waterplanten weer een kans gekregen om zich te vestigen en uit te breiden. De voedingsstoffen die zich het afgelopen halve decennia in de bodem hebben opgehoopt, kunnen deze ontwikkeling ook nog stimuleren. Voor het oplossen van lokale overlast door waterplanten kan naast het maaien dus gekeken worden naar veranderingen in het sediment, waarbij de duurzaamheid van de oplossing erg locatie specifiek is.

Naast de maatregelen beschreven in het STOWA rapport 'Stappenplan waterplanten overlast' [039; zie 3.2.1.], zijn er mogelijke alternatieven. Dit kan allereerst door het verwijderen van de ondergrondse plantdelen. Hiervoor moet echter het sediment

worden verstoord (graven om omwoelen met luchtbellen), wat grote gevolgen heeft voor de sediment stabiliteit. Verstoorde sedimenten zijn gevoelig voor erosie en zorgen daarmee voor een toename van de troebelheid. Bovendien kunnen losse ondergrondse fragmenten van waterplanten zich makkelijk vestigen op nieuwe lokaties nadat ze zijn losgemaakt uit het sediment. Hiermee kan dus de natuurlijke verspreiding van waterplanten worden gestimuleerd (zie ook 1.1.4.) en kunnen lokaties die zijn schoongemaakt weer snel gekoloniseerd worden. Verstoring van het sediment kan ook effecten hebben op de bodemchemie en andere organismen die in de bodem leven.

In havens kan een harde bodem of afgedekte bodem worden aangelegd. Hier kunnen wortelende waterplanten zich niet vestigen en blijven het sediment in ieder geval kaal/kaler en de doorvaart goed. Echter kunnen die effecten ook van korte duur zijn als er veel sedimentatie optreedt en zich snel een nieuwe laag sediment vormt op de harde of afgedekte bodem. Ook het aanbrengen van een laag los en schoon zand kan de ontwikkeling van waterplanten tijdelijk remmen, omdat er dan weinig mogelijkheden zijn om zich te vestigen in het losliggende zand

Behalve het verwijderen van gehele bodemlagen (zoals gebeurt in sloten en vaargeulen) of het aanbrengen van een dikke nieuwe toplaag op het sediment [099], is er weinig ervaring met het lokaal aanpassen van sedimentlagen met als doel het (tijdelijk) oplossen van problemen met ondergedoken waterplanten.

4. Beheer van waterplanten in het Markermeer



4.1 LOKAAL VERWIJDEREN VAN WATERPLANTEN IN HET MARKERMEER

4.1.1 Wat is het huidige (maai)beleid voor waterplanten in het Markermeer?

Het huidige beheer van waterplanten in het Markermeer is gebaseerd op het maaien van planten op plaatsen waar deze veel overlast veroorzaken voor gebruikers van het gebied. Onder bepaalde voorwaarden mogen gebruikers van rijkswateren, als zij hinder ondervinden, tot een vastgesteld areaal zelf de waterplanten maaien en mits zij ook zorgen voor het verantwoord afvoeren van het maaisel [009, 010]. Afgelopen jaren werden er jaarlijks enkele honderden hectares aan waterplanten weggemaaid rond de jachthavens langs de westkust en in het IJmeer, zie ook **2.3.4**.

4.1.2 Kan verdiepen een duurzaam alternatief zijn tegen overlast van waterplanten in het Markermeer?

Lokaal verdiepen van de bodem kan de ontwikkeling van waterplanten sterk beperken. Of verdiepen ook een duurzaam alternatief is om de overlast van waterplanten tegen te gaan, hangt sterk af van de lokale sedimentatie en erosie processen. Kwantificering van de aanvoer van sediment waardoor er sedimentatie en opvulling plaatsvindt van de lokale verdieping is essentieel om te bepalen hoe lang er mogelijk effect kan zijn van de verdieping. Voor het Markermeer is er een 3D sediment model beschikbaar [100] waarmee de impact en de verwachte levensduur van het verdiepen bepaald kunnen worden.

4.1.3 Hoe kan de impact van het verwijderen van waterplanten op de ecologie van het Markermeer gekwantificeerd worden?

Zie antwoord **3.1.2**.

4.2 STIMULEREN VAN WATERPLANTEN IN HET MARKERMEER

4.2.1 Hoe kan ontwikkeling van waterplanten lokaal gestimuleerd worden in het Markermeer, bijvoorbeeld als mitigerende maatregel?

Waterplanten ontwikkeling in het Markermeer wordt op dit moment vooral beperkt door de uniforme diepte van het meer (weinig ondiepe zones, grootste deel van het meer tussen 3-5m diepte) en de hoge fysieke stress en lage lichtdoorval door windgeïnduceerde golven en resuspensie van het sediment. Sterke golfslag kan de ontwikkeling van macrofyten in ondiepe, grote meren zoals het Markermeer sterk beperken [007]. Maatregelen om de golfbewegingen te beperken kunnen daarom potentieel leiden tot verbeterde ontwikkeling van waterplanten in het Markermeer. Voorbeelden van ontwikkelingen in het Markermeer die de golfslag beperken en het diepteprofiel van het meer aanpassen zijn de vooroevers bij de Houtribdijk en langs de Noord-Hollandse kust [030, 032] en de aanleg van de Marker Wadden. Veranderingen in het peilbeheer, met name hogere waterstand in het voorjaar welke afloopt naar de zomer, kan de ontwikkeling van oevervegetatie in het Markermeer stimuleren [027].

4.2.2 Wat is het effect van verondiepen van delen van het Markermeer voor de ontwikkeling van waterplanten?

Als er delen van het Markermeer ondieper worden gemaakt, zou dit kunnen leiden tot een verbetering van het klimaat op de bodem. Dit kan mogelijk de ontwikkeling van waterplanten stimuleren. Echter betekent verondiepen niet direct dat ook alle andere limiterende factoren voor waterplant ontwikkeling opgeheven worden. Zoals beschreven in **1.1.3.** en **Sectie 1.2.** spelen ook andere abiotische factoren een rol, in het bijzonder de fysische stress door golven en stroming en de sediment stabiliteit.

Een ondiepe zone in het meer zal blootgesteld worden aan hogere fysische stress doordat de wind-geïnduceerde golfslag sneller tot op de bodem doordringt [042]. Dit zal leiden tot andere waterplanten ontwikkeling en mogelijk zelfs tot het wegspoelen van planten die zich gaan vestigen. Golfslag heeft ook grote effecten op de sediment-stabiliteit en juist in ondiepe zones kan dit leiden tot een verhoogde troebelheid van het water (eigen metingen Universiteit van Amsterdam).

Bovendien moet er gekeken worden naar de stabiliteit van de verondiepte gebieden. In de afgelopen 40 jaar na de aanleg van de Houtribdijk zijn er weinig natuurlijke ondieptes gevormd in het meer. Alleen langs de Noord-Hollandse treedt er invang van slib op in de toegangsgeulen die daarom af en toe uitgediept worden en er is een experimenteel slib ingevangen. De stabiliteit van kunstmatig aangelegde ondieptes moet dus onderzocht worden, anders kunnen de ingrepen mogelijk slechts van korte duur zijn en zal het opgehoogde sediment zich weer verspreiden door de rest van het Markermeer.

4.2.3 Hoe verwachten we dat de waterplanten zich gaan ontwikkelen rond de Marker Wadden en welke plantensoorten kunnen zich gaan vestigen in dit nieuwe gebied?

In en rond de Marker Wadden ontstaan er grote gradiënten in waterdiepte (0-5m diepte) en in de blootstelling aan golven. Dit zal leiden tot een hoge diversiteit aan beschikbare habitats voor ondergedoken waterplanten. Verspreiding van zaden en/of plantmateriaal door waterbewegingen of dieren (bijvoorbeeld vogels) naar de Marker Wadden zal mede met de gecreëerde abiotische omstandigheden bepalen welke plantensoorten zich gaan vestigen in dit nieuwe gebied. Hierbij zullen de soorten die al aanwezig zijn in het Markermeer (zie **2.1.1.**) een voordeel hebben.

Naast de ondergedoken waterplanten biedt de Marker Wadden ook veel ruimte voor emergente waterplanten. De dras-plas omstandigheden en ontwikkelde moeraszones op de eilanden bieden plaats voor emergente waterplanten, die verder alleen in kleine buitendijkse gebieden geschikt habitat hebben in het Markermeer.

4.2.4 Hoe gaat de aanleg van vooroevers de ontwikkeling van waterplanten beïnvloeden in het Markermeer?

De aanleg van vooroevers aan de westkust van het Markermeer zal in eerste instantie leiden tot een afname van de ondergedoken waterplantvelden die daar nu aanwezig zijn. Het uitgraven van vaargeulen en aanleggen van vooroevers in de huidige waterplantvelden kan leiden tot lokaal verdwijnen van dit habitat. De mate waarin waterplanten worden beïnvloed is afhankelijk van de grootte van de vooroevers ten opzichte van de aanwezige waterplantvelden. Ook zullen werkzaamheden leiden tot een tijdelijke maar sterke verandering in de waterkwaliteit, met name de troebelheid van het water. Als deze werkzaamheden en bijbehorende troebele omstandigheden plaatsvinden tijdens het groeiseizoen, zullen ook de waterplantvelden buiten de directe gebieden waar de werkzaamheden plaatsvinden worden gehinderd in hun ontwikkeling.

Na de aanleg van de vooroevers kunnen deze mogelijk leiden tot een stimulans van de waterplanten in het gebied. Dit ligt echter vooral aan het ontwerp en de bijbehorende abiotische omstandigheden die gecreëerd worden. Ondieptes en littorale zones kunnen leiden tot meer waterplanten, al kan er bij een lage doorstroom in deze gebieden ook algenbloei optreden. Hierdoor wordt de lichtinval sterk beperkt en daarmee ook de ontwikkeling van waterplanten. Er dient nauwkeurig gekeken te worden naar de verwachte en gerealiseerde omstandigheden die iedere maatregel en ingreep in het gebied heeft, omdat deze omstandigheden direct bepalen welke biologische ontwikkelingen kunnen plaatsvinden.

5. Bronverwijzingen

- [001] Richter & Gross, 2013; Aquat Sci doi:10.1007/s00027-013-0292-9
- [002] Bornette and Puijalon, 2011; Aquat Sci doi:10.1007/s00027-010-0162-7
- [003] Le Bagousse-Pinguet et al., 2012; Oikos doi: 10.1111/j.1600-0706.2011.19778.x
- [004] Bakker et al. 2016 AqBot doi:10.1016/j.aquabot.2016.04.008
- [005] Verhofstad et al. H2O 5, 2018;
https://www.h2owaternetwerk.nl/images/2018/DEF_Verhofstad_e.a._waterplanten_b_eheer_in_meren_definitief_red2.pdf
- [006] Verhofstad & Bakker 2019 Limnol doi:10.1007/s10201-017-0525-z
- [007] Van Zuidam & Peeters 2015 doi: 10.1002/lno.10115
- [008] Noordhuis (red.); RWS rapport iijg0910td061;
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/ecosysteem-ijssemeergebied-nog-altijd-in-ontwikkeling-trends-en>
- [009] Handreiking Waterplanten maaibeheer (2012).
https://staticresources.rijkswaterstaat.nl/binaries/Handreiking%20waterplanten%20maaibeheer_tcm174-322838_tcm21-16836.pdf
- [010] Onderbouwing Handreiking Waterplanten maaibeheer (2012).
https://staticresources.rijkswaterstaat.nl/binaries/Onderbouwing%20Handreiking%20waterplanten%20maaibeheer_tcm174-322524_tcm21-16837.pdf
- [011] Den Hartog & Segal (1964) Acta Botanica Neerlandica 13:367-393
- [012] Te verwachten overlast waterplanten IJsselmeergebied - Waterrecreatie advies.
<https://www.lelystad.nl/Documenten/Vrije%20tijd%20en%20toerisme/Natuur/Te%20verwachten%20overlast%20waterplanten%2009082017.pdf>
- [013] Kartering waterplanten IJsselmeergebied : opzet en methodiek. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland (RWS, FL), door L.H.C.A. Hector, E.R.F. van der Goes en G.D. Butijn 1993
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/kartering-waterplanten-ijssemeergebied-opzet-en-methodiek>
- [014] Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ) B.J. de Witte, M.L. Streekstra en A.D. Grul, 1995 <http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-in-het-ijssemeergebied-1995>
- [015] Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied in het kader van het regionaal meetnet (1990-1994). Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, door B.J. de Witte [et al.] 1995
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-in-het-ijssemeergebied-in-het-kader>
- [016] Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied 1999 B.J. de Witte, G. Bongertman en J. Postema, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ) 1999
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-in-het-ijssemeergebied-1999>
- [017] Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied 1998 B.J. de Witte, C.H.M. Koenjer en J. Postema, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ) 1998
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-in-het-ijssemeergebied-1998>
- [018] Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied 1996 Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, door B.J. de Witte, M.L. Streekstra, C.H.M. Koenjer en A.D. Grul 1996

- <http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-in-het-ijsselmeergebied-1996>
- [019] Monitoring van waterplanten en perifyton in het IJsselmeergebied 2000 B.J. de Witte, L. van Pelt en J. Postema, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ) 2000
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-en-perifyton-in-het-ijsselmeergebied>
- [020] Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied 1997 Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, door B.J. de Witte, M.L. Streekstra, C.H.M. Koenjer en A.D. Grul 1997
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-in-het-ijsselmeergebied-1997>
- [021] Monitoring van waterplanten en perifyton in het IJsselmeergebied 2001 C.H.M. Koenjer, W.H. Hulsegge en J. Postma, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ) 2001
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-en-perifyton-in-het-ijsselmeergebied-5>
- [022] Evaluatie van de karteringsmethodiek van waterplanten in het IJsselmeergebied 1987-1998 J. Postema en B.J. de Witte, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied 1988
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/evaluatie-van-de-karteringsmethodiek-van-waterplanten-in-het-ijss>
- [023] Waterplanten langs de Waterlandse kust : inventarisatie augustus 1998. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ), R.W. Doef, B.J. de Witte en M.S. van den Berg. 1998
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/waterplanten-langs-de-waterlandse-kust-inventarisatie-augustus-1>
- [024] Monitoring van waterplanten en perifyton in het IJsselmeergebied 2004 : Markermeer. J.B. Smits, J. Postema en H. Hootsen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat IJsselmeergebied (RWS, IJG) 2004
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-en-perifyton-in-het-ijsselmeergebied-6>
- [025] Biomassarelaties van waterplanten in het IJsselmeergebied. I. de Boois, H. Coops, M. van den Berg ...[et al.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RWS, RIZA) 1998
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/biomassarelaties-van-waterplanten-in-het-ijsselmeergebied>
- [026] Monitoring van waterplanten in het IJsselmeergebied I: advies monitoring waterplanten in het IJsselmeergebied. M. van Oirschot, C. Meulstee, E.C.L. Marteiijn, G.N.M. Stokman. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren (RWS, DBW) 1989
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-in-het-ijsselmeergebied-i-advies-monitoring-waterplanten-in-het-ijsselmeergebied>
- [027] Ontwikkeling van moerasvegetaties in het IJsselmeergebied bij het huidige peilbeheer en bij natuurlijker scenario's : toepassing van het model WAVEG. E.J.M. van Deursen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied. 1994
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/ontwikkeling-van-moerasvegetaties-in-het-ijsselmeergebied-bij-he>
- [028] Monitoring van waterplanten en perifyton in het IJsselmeergebied 2002. J. Smits, K.D. Oostinga en J. Postema, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ) 2002

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/monitoring-van-waterplanten-en-perifyton-in-het-ijsselmeergebi-4>

[029] Maaien van waterplanten in het Veluwemeer : onderzoek naar methoden en effecten. M. van den Berg, M. Kolen, H. Coops, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RWS, RIZA) 2000.

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/maaien-van-waterplanten-in-het-veluwemeer-onderzoek-naar-metho-1>

[030] Vooroevers Houtribdijk : toestand ecologie en waterkwaliteit 2006 : inventarisatie van waterplanten, watervogels, driehoeksmosselen, fysische en chemische parameters. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RWS, RIZA), R. Noordhuis, J. van Schie 2007

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/vooroevers-houtribdijk-toestand-ecologie-en-waterkwaliteit-2006>

[031] Enige aspecten van de hydrobiologie van het IJmeer. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders (RIJP), door A. bij de Vaate. 1984

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/enige-aspecten-van-de-hydrobiologie-van-het-ijmeer>

[032] Vooroeverproject Houtribdijk : inventarisatie juli 2000. I.K. de Vries, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (RWS, RDIJ) 2000

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/vooroeverproject-houtribdijk-inventarisatie-juli-2000>

[033] Sturen op watervegetaties. G. van Geest, R. Noordhuis ; Deltares 2014

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/sturen-op-watervegetaties>

[034] Watervegetatie in het IJsselmeer, Markermeer, Gouwee en IJmeer 1981, 1983, 1985, 1987 en 1989 (inclusief Randmeren 1987 en 1989). Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RWS, RIZA) 1991

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/watervegetatie-in-het-ijsselmeer-markermeer-gouwzee-en-ijmeer-19>

[035] Inventarisatie water- en oevervegetatie IJsselmeer en Randmeren 1994 De Groene Ruimte, bureau voor ecologisch onderzoek en beheerplanning, N. Jeurink. 1994

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/inventarisatie-water-en-oevervegetatie-ijsselmeer-en-randmeren-1>

[036] Charophytes and turbidity: the impact of *Nitellopsis obtusa* vegetation on water clarity in the Gouwee. L. Brouwer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RWS, RIZA)

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/charophytes-and-turbidity-the-impact-of-nitellopsis-obtusa-veget>

[037] Vári et al. 2010 doi: 10.1051/limn/2010012

[038] Verhofstad et al. 2017 Ecol. Eng. doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.06.012

[039] Van der Kamp & Princen 2017 STOWA ISBN 978.90.5773.725.1

[040] Van Leeuwen et al. 2012 doi:10.1111/jbi.12004

[041] Figuerola & Green 2002 doi: 10.1046/j.1365-2427.2002.00829.x

[042] Dodds & Whiles 2010 Freshwater Ecology 2nd Edition. ISBN: 9780123747242

[043] Van den Berg et al. 1998 Aquatic Botany doi: 10.1016/S0304-3770(97)00099-5

[044] Murphy et al. 2018 Aquatic Botany doi: 10.1016/j.aquabot.2017.10.006

[045] Tang et al.2018 STOTEN doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.008

[046] Bakker et al. 2010 ABE doi: 10.1016/j.baee.2010.06.005

- [047] Van den Berg et al. 2002 *Aquat Bot* doi: 10.1016/S0304-3770(01)00202-9
- [048] Sand-Jensen et al. 2018 *Aquat Bot* doi: 10.1016/j.aquabot.2018.05.005
- [049] Sand-Jensen et al. 2000 *JoE* doi: 10.1046/j.1365-2745.2000.00519.x
- [050] Brouwer & Tinbergen 1939 <http://edepot.wur.nl/397445>
- [051] Van Nes et al. 2002 *Aq Bot* doi: 10.1016/S0304-3770(01)00212-1
- [052] Kufel & Kufel 2002 *Aq Bot* doi: 10.1016/S0304-3770(01)00204-2
- [053] Van den Berg et al. 1998 *J Phycol* doi: 10.1046/j.1529-8817.1998.340750.x
- [054] Ozimek & Kowalczewski 1984 *Aq Bot* doi: 10.1016/0304-3770(84)90002-0
- [055] Verhofstad et al. 2017 *Aq Bot* doi: 10.1016/j.aquabot.2017.04.004
- [056] Phillips et al. 2016 *Aq Bot* doi: 10.1016/j.aquabot.2016.04.004
- [057] Barrat-Segretain 1996 <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00044885>
- [058] Keddy 1976 *Ecology* doi: 10.2307/1934824
- [059] Ostrofsky & Miller 2017 *AqBot* doi:10.1016/j.aquabot.2017.09.002
- [060] Kufel et al. 2013. *Aq Bot* doi: 10.1016/j.aquabot.2013.04.002
- [061] Schneider et al. 2015 *Aq Bot* doi: 10.1016/j.aquabot.2014.10.001
- [062] Sederias & Coleman 2009 *Aq Bot* doi:10.1016/j.aquabot.2009.07.006
- [063] Den Hartog, C & Van der Velde, G. (1988) Structural aspects of aquatic plant communities. In: Symoens, J.J. (ed.) *Vegetation of inland waters. Handbook of Vegetation Science*, 113-153 ISBN 9061931967
- [064] Whatley et al. 2014 *Freshw Biol.* doi:10.1111/fwb.12252
- [065] Santamaria & Van Vierssen 1997 *AqBot* doi:10.1016/S0304-3770(97)00015-6
- [066] STOWA 2018 Sleutelfactoren waterplanten
<http://watermozaiek.stowa.nl/Upload/Publicaties%202018/STOWA%202018-28%20Tussenrapportage%20Bufferzone%20en%20waterplanten.pdf>
- [067] Van Rijn et al. 2018 Recente watervogeltellingen van het Markermeer 2016-2017 Productie en voedsel. Rijkswaterstaat rapportnummer BM 18.22
- [068] Middelboe 2003 doi:10.1046/j.1365-2427.1997.00183.x
- [069] Noordhuis et al. 2014 ANT rapport
<https://www.deltares.nl/app/uploads/2014/12/Wetenschappelijk-eindadvies-ANT-IJsselmeergebied-26maart2014.pdf>
- [070] Liu et al. 2018 *EnvSciPollRes* doi:10.1007/s11356-017-0560-7
- [071] Bloemendaal & Roelofs (eds) 1988 *Waterplanten en waterkwaliteit* ISSN 0169-5355
- [072] Cattaneo & Kalff 1978 doi:10.1007/BF00163179
- [073] Brammer 1979 doi:10.1111/j.1365-2427.1979.tb01506.x
- [074] Best & Mantai 1978 doi:10.2307/1938561
- [075] Carignan & Kalff 1980 doi:10.1126/science.207.4434.987
- [076] Barko & Smart 1980 doi:10.1111/j.1365-2427.1980.tb01198.x
- [077] Ozimek et al. 1990 doi:10.1007/BF02530357
- [078] Carignan & Kalff 1982 doi:10.4319/lo.1982.27.3.0419
- [079] Pinowska 2002 doi:10.1023/A:1021070616130
- [080] Kröger et al. 2007 doi:10.1016/j.envpol.2006.06.005
- [081] Shilla et al. 2006 doi:10.1007/s11273-006-6294-9
- [082] Brenner et al. 2006 doi:10.1007/s10933-005-7881-0
- [083] Sand-Jensen et al. 1982 doi:10.2307/3544675
- [084] Kemp & Murray 1986 doi:10.1016/0304-3770(86)90027-6
- [085] Hilt et al. 2010 doi:10.2134/jeq2009.0122
- [086] Schoelinck et al. 2015 doi:10.3389/fpls.2015.00043
- [087] Paul et al. 2012 doi:10.3354/meps09489
- [088] Bakker et al. 2012 doi:10.1007/s10750-012-1142-9
- [089] Twilley et al. 1986 doi:10.2307/3566045
- [090] Wang et al. 2018 doi:10.1007/s10201-018-0538-2

- [091] Chao et al. 2017 doi:10.1371/journal.pone.0173477
- [092] Hilt 2015 doi:10.23818/limn.34.35
- [093] Muylaert et al. 2010 doi:10.1007/s10750-010-0345-1
- [094] Maarse 2014 HABITAT gebiedsmodel IJsselmeer en Markermeer - Modelopzet en validatie. Deltares Rapport 1207726-000
- [095] Van Wijk 1988 doi:10.1016/0304-3770(88)90015-0
- [096] Velthuis et al. 2018 doi:10.1111/gcb.14387
- [097] Jansen et al. 2019 doi:10.1016/j.ecolmodel.2019.01.006
- [098] Verhofstad 2017 To Mow or Not to Mow : An ecological and societal perspective on submerged aquatic plant growth. PhD-Thesis.
<https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/358317/Verhofstad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [099] Deltares (2012) Capping sediment - Water quality improvement through capping the sediment with sand and additives. Rapport nr 1201913-000.
- [100] Kelderman et al. 2012 doi:10.2166/wst.2012.325
- [101] Lacoul & Freedman 2006 doi:10.1139/a06-001
- [102] Teurlincx et al. 2018 doi: 10.3389/fpls.2018.01013
- [103] MWTL jaarrapportage 2016, Hugo Koops Scirpus Ecologisch Advies.