



Experiment / pilot

> Natte teelten

IDEA/EXPLORATION



PROOF OF CONCEPT



EXPERIMENT/PILOT



IMPLEMENTATION/IN OPERATION

INHOUD

INLEIDING
GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
STRATEGIE: VASTHOUDEN, BERGEN, AANVOEREN
WERKING
KOSTEN EN BATEN
RANDVOORWAARDEN EN KANSRIJKE LOCATIES
GOVERNANCE
PRAKTIJKERVARINGEN (NATIONAAL EN INTERNATIONAAL)
LOPENDE INITIATIEVEN EN KENNISLEEMTEN
LITERATUUR
DISCLAIMER

INLEIDING

Het huidige (agrarisch) landgebruik heeft de afgelopen decennia voor diverse watergerelateerde problemen gezorgd: eutrofiëring van oppervlaktewater, bodemdaling in veenweide gebieden, overstromingen en verdroging. Daarnaast voorspellen de klimatologen dat als gevolg van de toenemende uitstoot van broeikasgassen het klimaat langzaam zal veranderen: nattere voorjaren, een grilliger neerslagpatroon en drogere zomers.

Naast deze klimatologische veranderingen zal de wereldbevolking met enkele miljarden toenemen, zal de welvaart per capita toenemen en daarmee de vraag naar voedsel en energie en andere aardolieproducten, zoals bijvoorbeeld plastics. Onze aardoliereserves zijn niet oneindig, en diverse studies hebben aangegeven dat een **elementaire voedingstof als fosfor** binnen enkele eeuwen zal zijn uitgeput (Cordell et al. 2009; Cordell et al., 2018). STOWA heeft onlangs op een rijtje gezet welke terugwin mogelijkheden er zijn bij afvalwaterzuivering voor fosfor (Schemen, 2017).

In deze factsheet wordt de (economische) mogelijkheid verkend van het toepassen van de teelt van natte gewassen, die simultaan zorgt voor zuivering van oppervlaktewater, tijdelijke berging van oppervlaktewater ter voorkoming van overstromingen, productie van energie en groene grondstoffen voor de biobased economy en verminderen van de bodemdaling in veengebieden.

GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Trefwoorden: waterplanten, waterkwaliteit, waterberging, biobased economy

Deltafacts: **Blauwe diensten**, **Effecten klimaatverandering op de landbouw**, **Zouttolerante teelten**

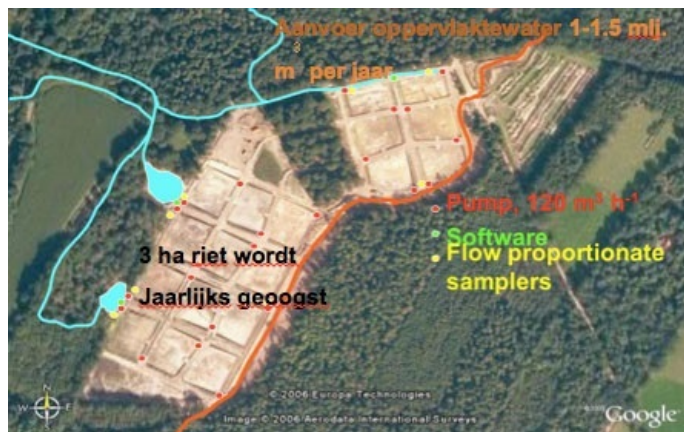
STRATEGIE: VASTHOUDEN, BERGEN, AANVOEREN

Het telen van natte gewassen op oppervlaktewater levert naast diverse economisch interessante producten zoals bijvoorbeeld eiwitten en lipiden tevens een aantal maatschappelijke diensten, te weten zuivering van oppervlaktewater en

tijdelijke berging van oppervlaktewater tijdens heftige neerslag. Daarnaast kunnen opgenomen nutriënten, zoals het straks schaarser wordende fosfor, uit het plantenmateriaal worden geëxtraheerd en worden teruggevoerd in de nutriëntencyclus.

WERKING

Het algemeen principe van de teelt van natte gewassen is experimenteel toegepast op 5 hectare nabij Haaksbergen (zie Figuur 1). Nutriëntenrijk oppervlaktewater wordt in grote bassins ingelaten met een verblijftijd die afhankelijk is van de opnamecapaciteit van de geteelde gewassen en fysieke eigenschappen van de bodem. Na een zekere verblijftijd wordt het gezuiverde water weer teruggebracht naar de rivier of beek, dan wel ingezet om verdroogde natuur weer te vernatten met gezuiverd water. De geogoste biomassa kan dan vervolgens gebruikt worden voor diverse doeleinden: directe energiebron, eiwitten, lipiden en andere grondstoffen voor een scala aan bio-based producten. Afhankelijk van de economische haalbaarheid kan gekozen worden voor single product of een cascadering van producten, waarbij de restbiomassa ingezet wordt als energiebron.



Figuur 1. Een multifunctioneel geconstrueerd helofytenveld van 5 ha op landgoed *Het Lankheet* nabij Haaksbergen. Aanvullende **youtube** filmpjes: *Uitleg over het gebied* (Landgoedbeheerder), *Uitleg over de werking van het helofytenfilter* (Plant Research International, Wageningen UR).

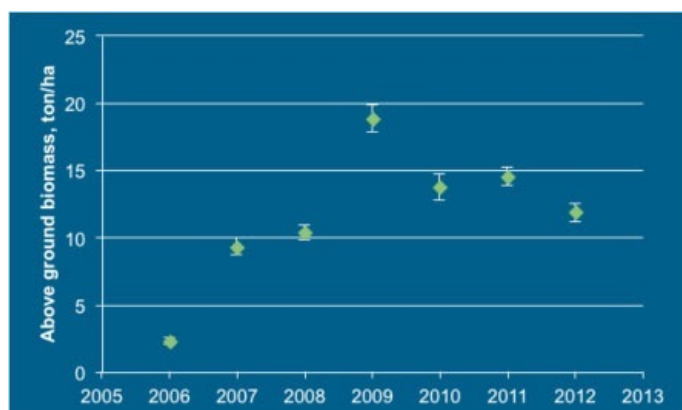
Bovenstaand systeemvoorbeeld is toepasbaar op de zandgronden in Hoog-Nederland maar ook in de veenweidegebieden. In de veenweidegebieden kan het systeem bodemdaling remmen of stoppen omdat biomassa productie van natte teelten gerealiseerd kan worden bij hogere waterpeilen. Fosfor wordt door de natte teelten wordt vastgelegd waardoor de uitspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater sterk verminderd wordt, gecombineerd met de teelt van producten uit natte teelten.

Hieronder worden de voorlopige resultaten en mogelijkheden van twee teeltsystemen nader onder de loep genomen, te weten rietteelt en teelt van drijvende waterplanten.

Het multifunctionele geconstrueerd helofytenveld.

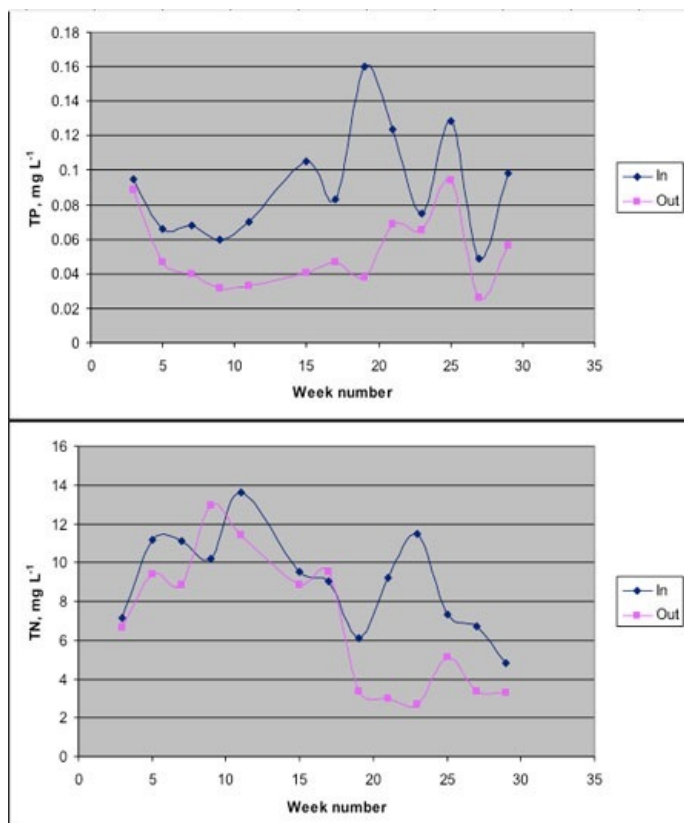
Dit systeem (Waterpark het Lankheet) is in samenwerking met de provincie Overijssel, Waterschap Rijn & IJssel, landgoed het Lankheet en Wageningen UR in 2005 aangelegd op 5 ha voormalig maisland. Ten behoeve van het onderzoek is de 5 ha opgedeeld in 6 velden, ieder bestaande uit 3 compartimenten en voorzien van 54 pompen, en 8 debiet proportionele meters en besturingssoftware. Alle compartimenten werden voorzien 6 rietstekken per m². Vanaf 2006 tot en met 2012 is de jaarlijkse rietproductie gemeten. Daarnaast werd het inkomende en uitgaande water ieder uur gesampled en later geanalyseerd op totaal- en nitraat-N en totaal- en ortho-P. Er is geëxperimenteerd met diverse verblijfstijden van het oppervlaktewater in de rietvelden (Meerburg et al. 2010).

Rietproductie. Met betrekking tot de biomassa productie kan gesteld worden dat dit soort helofytenvelden in evenwichtssituatie tussen de 10 en 15 ton bovengrondse droge stof per hectare per jaar kunnen produceren (geoogst in de winter).



Verloop van de jaarlijks afge oogste bovengrondse biomassa (winterperiode) over de periode 2006-2012 op Waterpark het Lankheet

Waterzuivering. In 2009 is intensief naar het zuiveringseffect gekeken. Stikstof wordt voornamelijk in de zomer gezuiverd, terwijl fosfor zowel in de zomer als de winter gezuiverd wordt. Gemiddelde zuiveringsefficiënties tijdens het groeiseizoen van riet bedroegen 40-60% en 60-80% voor respectievelijk fosfor en stikstof.



Verloop van de concentraties aan fosfor en stikstof in het oppervlaktewater voor de inlaat en de uitlaat bij een verblijfstijd van 2 dagen in de helofytenvelden

Drijvende waterplanten in combinatie met waterzuivering.

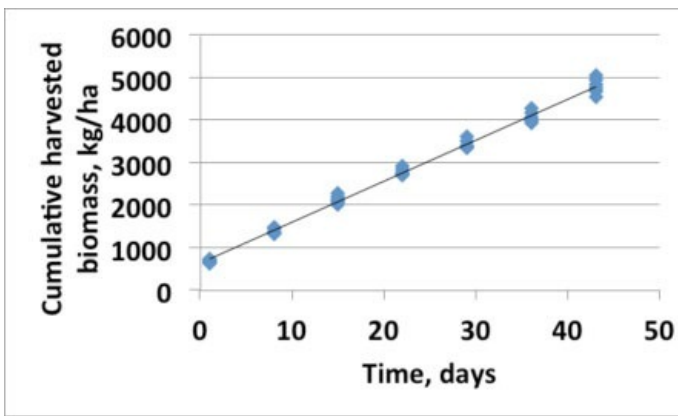
Drijvende waterplanten hebben onder nutriëntenrijke een hoge productiviteit, met vaak hoge concentraties aan stikstof (eiwit) en fosfor (Ziegler et al. 2015 en referenties daarin). Dit maakt dit soort type waterplanten uitermate geschikt als zuiveraar van oppervlaktewater. In deze factsheet komen 2 typen waterplanten aan de orde, te weten kroosvarens (*Azolla* soorten) en eendenkroos (*Lemna* soorten). De kroosvarens zijn sporenvormers, terwijl eendenkroos zaden maakt. Daarnaast is er nog zeer karakteristiek verschil tussen beide soorten: kroosvarens leven samen met bacteriën die stikstof uit de lucht fixeren en omzetten in een voor de plant opneembare vorm. Eendenkroos daarentegen neemt stikstof rechtstreeks op uit het water. Gezien deze verschillen kunnen kroosvarens ingezet worden om stikstofarme, maar fosforrijke wateren te zuiveren. Op dit type wateren zou eendenkroos minder geschikt zijn aangezien de lage stikstofconcentraties de groei zullen remmen, en daarmee de opname van fosfor. Op stikstof- en fosforrijke wateren is eendenkroos een juiste keuze.

Aquatische landbouwsystemen staan nog in de kinderschoenen. Vandaar dat in de onderstaande alinea's ingegaan wordt op resultaten op laboratorium/kleine praktijkschaal. Met de nodige voorzichtigheid zullen deze gegevens worden opgeschaald naar hectareschaal.

Aquatische landbouw met drijvende waterplanten.

In het voorjaar van 2015 zal het 5 ha helofytenstelsel op landgoed het Lankheet omgezet worden in een experimenteel aquatisch landbouwsysteem gebaseerd op kroosvarens en eendenkroos. De landgoedeigenaar richt zich in eerste instantie op de productie en verkoop van biomassa en ABC-Kroos en richt zich op de extractie en verkoop van de eiwitten uit deze waterplanten. Naast deze economische activiteit worden tevens een aantal ecosystemediensten geleverd in dit aquatisch landbouwsysteem, te weten zuivering van oppervlaktewater en tijdelijke waterberging.

Productie. Kroosvarens staan bekend om hun fenomenale productiesnelheden en het accumuleren van hoge concentraties fosfor in de biomassa (<https://www.youtube.com/watch?v=O34gTsxyDq8>). In de periode 2012-2014 zijn in Wageningen groei- en oogstproeven uitgevoerd in klimaatkamers. Twee keer per week werd 33% van het oppervlak afge oogst. Gedurende 150 dagen bleef de standing crop voor en na afoogsten constant. Onder deze condities is de afoogst gelijk aan de productie, ca. 100 kg droge stof per ha per dag. Op kleine schaal in 6 m² bassins is de productie van Kroosvarens (*Azolla filiculoides*) in de periode mei-augustus 2014 getest in de open lucht. Iedere week werd 40% van het met Kroosvarens bedekte wateroppervlak afge oogst. Gedurende deze periode bleef ook onder deze buitencondities de standing crop voor en na afoogst constant, met een dagelijkse productie van 100 kg droge stof per ha (=hellingshoek in onderstaande figuur). Uitgaande van een afoogstperiode van minimaal 200 dagen (april-oktober) komen we uit op een jaarlijkse productie van minimaal 20 ton droge stof per ha per jaar.



Cumulatieve afge oogste hoeveelheid biomassa bij een afoogst percentage van 40% van het oppervlak

Waterzuivering. De productiviteit op semi-praktijkschaal bedroeg ca. 20 ton droge stof per ha op jaarbasis. Bij een ongelimiteerd fosforaanbod variëren de fosforconcentraties in de biomassa tussen de 1-1.3% (Reddy & Debusk 1985, Kushari & Watanabe 1991, Lourdes Costa et al. 1999). Met andere woorden, bij het wekelijks afoogsten van 40% van het oppervlak wordt geëxtrapoleerd naar jaarbasis tevens 200-260 kg fosfor afge oogst en dus gezuiverd uit het eutrofe oppervlaktewater (zie ook Zhao et al. 2015). Dit is een veelvoud van het helofytensysteem met riet.

Producten uit drijvende waterplanten. De eiwitconcentraties in kroosvarens variëren tussen de 20-30% (eigen data en data uit literatuur), met een kwalitatief zeer goede aminozuursamenstelling die lijkt op die van soja-eiwit. Wageningen UR werkt aan een optimalisatie van de extractieprocedure voor eiwit samen met private partner ABC-Kroos (Van Duursen et al, 2016). Theoretisch zou dus een opbrengst van 4-6 ton eiwit per ha verwacht worden. Dit is een veelvoud van de hoeveelheid die uit soja gewonnen wordt. Naast eiwit richt het wetenschappelijke deel van het *Azolla consortium* (Wageningen UR, Universiteit Utrecht) zich op de verdere verwaarding van de kroosvarenbiomassa. Hierbij wordt nu voornamelijk gekeken naar de polyfenolen. De concentraties van deze polyfenolen kunnen oplopen tot enkele procenten in droge stof, met andere woorden bij een 100% efficiënte extractie kunnen honderden kilo's polyfenolen geëxtraheerd worden. Polyfenolen kunnen dienen als basisstof voor de productie van onder andere hoge temperatuur-resistente bioplastics of worden ingezet als medicijn tegen de bestrijding van kanker. De zoektocht naar andere interessante inhoudsstoffen is volop gaande. Naast deze inhoudsstoffen worden aanzienlijke hoeveelheden fosfor afge oogst. In hoeverre, naast eiwit / polyfenol (of in cascade), de fosfor teruggewonnen kan worden uit de biomassa en weer worden teruggebracht in de nutriëntencyclus wordt op dit moment op verschillende plekken in de wereld nader onderzocht.

Eendenkroos bevat iets hogere concentraties aan eiwit (30-40%; zie ook Zhao et al. 2015) en een min of meer zelfde verhaal kan worden gehouden als voor kroosvarens. Minder is bekend over de polyfenolen. Wel is duidelijk dat juist voor eendenkroos gekozen moet worden als we te maken met zowel N- als P-rijke wateren en zuivering van oppervlaktewater een belangrijke doelstelling is.

KOSTEN EN BATEN

In het geval van waterzuivering met behulp van riet kunnen de investeringen en jaarlijkse exploitatiekosten alleen terugverdiend worden indien er een aanzienlijke vergoeding staat tegenover de geleverde diensten (zuivering en tijdelijke berging bij dreigende overstromingen). Tijdens de pilot op landgoed het Lankheet varieerden de inkomsten uit de biomassa tussen de 20-100 € per ton drogestof, terwijl de jaarlijkse exploitatiekosten per ton geproduceerde droge stof op een veelvoud lagen.

Voor aquatische landbouwsystemen met drijvende waterplanten zijn we minder afhankelijk van de vergoeding voor de geleverde diensten. Voorlopige berekeningen welke nu in de komende pilot getest gaan worden, laten zien dat de jaarlijkse exploitatiekosten op < 300 € per ton uitkomen. Op basis van de concentraties aan interessante hoogwaardige inhoudsstoffen ligt de verwachte waarde van de biomassa op meer dan 1000 € per ton. De komende pilot moet dan ook inzicht geven in de uiteindelijke extractiekosten en additionele kosten zodat een beter inzicht in de marge verkregen kan worden.

RANDVOORWAARDEN EN KANSRIJKE LOCATIES

Laag Nederland. Om bodemdaling tegen te gaan in veenweidegebieden wordt onder andere gedacht aan (tijdelijke) inundatie van de graslanden. Een bijkomend dilemma bij deze beheersstrategie is het vrijkomen van in de bodem opgeslagen fosfor. Afhankelijk van het stikstofaanbod kunnen of kroosvarens of eendenkroos ingezet worden voor opname van grote hoeveelheden fosfor en tevens zorgen voor een scala aan waardevolle biobased producten.

Hoog Nederland. de primaire activiteit is hier aquatische landbouw, met als nevenfuncties zuivering van oppervlaktewater en in geval van zeer natte periodes tijdelijke berging van oppervlaktewater om zodoende overstromingen te voorkomen. Voor beide gevallen geldt dan wel dat het nutriëntenaanbod vanuit het oppervlaktewater voldoende moet zijn om hoge opbrengsten mogelijk te kunnen maken.

In Europa en Nederland is wetgeving opgesteld waaraan producten, levensmiddelen en veevoer moeten voldoen wil het geschikt zijn voor menselijke en/of dierlijke consumptie. De overheid heeft met betrekking tot levensmiddelen wettelijke eisen gesteld voor de gehele keten van boerderij tot bord. (Verordening 178 (EG) nr. 852/2004, 2004). Kroosvarens en eendenkroos vallen (nog) niet onder de definitie van een levensmiddel, vermeld in verordening 178/2002 en mogen dus niet als levensmiddel op de markt gebracht te worden.

De grote kroosvaren *Azolla filiculoides*, komt sinds mensenheugenis voor in Nederland en wordt door sommigen als exoot bestempeld terwijl anderen dit in twijfel trekken. Op internet zijn hierover vele meningen en discussies terug te vinden, in 2013 verscheen er [een interessant artikel over het Azolla project](#) in Trouw dat hier ook op in ging.



PRAKTIJKERVARINGEN (NATIONAAL EN INTERNATIONAAL)

Nationaal

Aquatische landbouw staat nog in de kinderschoenen maar recentelijk zijn een aantal initiatieven opgestart op kleine en wat grotere schaal.

Project Better Wetter (Noordoost Friesland)

In 2015 zijn er in Friesland lisdoddeteeltsystemen aangelegd in het kader van project [Better Wetter](#). De gedachte hierachter is dat landgebruik zich in deze regio op termijn rekening moet houden met nattere omstandigheden door klimaatverandering en bodemdaling. Natte teelten, zoals Lisdoddeteeltsystemen zijn daarbij een oplossingsrichting. De geogste lisdodde wordt samen met aardappelvezels ingezet voor de productie van bio-laminaten. Meer informatie kan worden ingewonnen bij Eddy Wymenga (e.wymenga@altwym.nl), de [projectbrochure](#), de [kenniswerkplaats Noord-Oost Friesland](#) en [uitgevoerde studentopdrachten](#).

Project Omhoog met het Veen

In het IJperveld is Landschap Noord-Holland in samenwerking met de Radboud Universiteit onderzoeksproject [Omhoog met het Veen](#) gestart. De belangrijkste doelstellingen in dit project: herstel van veengroei op voormalige landbouwgrond en herstel van ecosysteemdiensten (waterzuivering en koolstof vastlegging). Op veldschaal wordt onderzocht de relatie tussen meststoffen uit bodem en atmosfeer (stikstofdepositie) en de groei van veenmossen en de broeikasgassenbalans. Dit wordt toegelicht in een [youtube filmpje](#) (Landschap Noord-Holland, 2015) en nader omschreven door [Van de Riet et al. \(2013\)](#) en [Van de Riet et al. \(2014\)](#). De resultaten zijn niet alleen van belang voor natuurherstel, maar ook voor de ontwikkeling van Sphagnum farming als duurzaam alternatief landgebruik. Voor nadere informatie kunt u contact opnemen met Bas van de Riet, B.vandeRiet@landschapnoordholland.nl.

Projecten Aquatische landbouw vanuit Veenweide Innovatie Centrum

Het [Veenweiden Innovatie Centrum](#) experimenteert met [de teelt van natte gewassen \(o.a. cranberries\)](#) en onderzoekt welke teelten in het veenweidegebied haalbaar zijn, zowel economisch als qua effecten op de omgeving (bodemdaling, emissies, etc.), en hoopt hiermee inzicht te krijgen hoe de economie van het gebied verbreed en de duurzaamheid vergroot kan worden.

Innovatieprogramma Veen

Met het [Innovatieprogramma Veen](#) proberen agrarisch natuurvereniging Water, Land & Dijken en natuurbeheerorganisatie Landschap Noord-Holland de bodemdaling in het veenweidegebied tegen te gaan. Met een praktische aanpak, gestoeld op een economische basis voor de landbouw, vinden experimenten plaats met nieuwe typen van bedrijfsvoering.

Project Richt Water World

[RichWaterWorld](#) is een publiek-privaat consortium dat kijkt naar innovatieve oplossingen ten aanzien van wateroverlast, watertekort en waterkwaliteit op gebiedsniveau. Het programma onderzoekt of de combinatie van waterbergen, vasthouden en water zuiveren mogelijk is binnen één gebied. Het project kijkt naar de mogelijkheden voor natuurlijke biocascade waterzuivering, vergelijkbaar met landgoed Lankheet. Voor de specifieke situatie in het Rivierengebied is het van belang om te weten of de inzet van helophyten filters ook mogelijk is in combinatie met (tijdelijke) berging en retentie van rivierwater, op zo'n manier dat het veilig kan worden hergebruikt in droge perioden ([Kwakernaak et al., 2016](#)). Daarnaast levert de biocascade mogelijkheden voor de productie van biomassa voor bio-based toepassingen. Dit alles wordt onderzocht in [park Lingezen](#).

Aquafarm

In het [project Aquafarm](#) wordt gekeken hoe je met zowel flora (azolla, eendenkroos) en macrofauna in een gecascadeerd systeem nutriënten en afvalstoffen uit het afvalwater kunt halen met het doel om deze her te gebruiken.

Internationaal

Internationaal worden helofytenvelden met riet al decennia ingezet voor de verwerking van grijs huishoudelijk afvalwater en in mindere mate de zuivering van oppervlaktewater. Voor de aquatische landbouw is dit niet altijd even systematisch beschreven, maar er is redelijk wat praktijkervaring met diverse toepassingen opgedaan met kroosvarens en eendenkroos met name in Zuidoost Azië. Hierbij kan gedacht worden aan voer voor vissen, eenden, varkens etc. Tevens worden watervarens al eeuwenlang ingezet als gratis stikstofbemester in de rijstbouw.

De [universiteit Greifswald](#) experimenteert al jaren met plantensoorten zoals riet en veenmos in relatie tot vernatting en

natuurherstel. De biomassa wordt ingezet voor de productie van o.a. bouwmaterialen en energie.

LOPENDE INITIATIEVEN EN KENNISLEEMTEN

Er is nog weinig bekend van plagen en ziekten bij drijvende waterplanten wanneer deze in commerciële monocultures worden gekweekt. Daarnaast is de teelt nog niet geoptimaliseerd op commerciële schaal. Er zijn verschillende successen geboekt waarbij nutriënten (N,P) uit het oppervlaktewater zijn gehaald door waterplanten. Een belangrijke vervolgvraag is hoe uit de waterplanten met name de fosfor op rendabele wijze kan worden teruggewonnen.

LITERATUUR

- Cordell D, Drangert O-F & White S 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19, 292–305
- Duursen (van) J. et al., 2016. Marktverkenning Paludicultuur - Kansen voor de landbouw in veenweidegebieden met behoud van veen. Holland Biodiversity B.V. & Quivertree
- Kushari DP & Watanabe I 1991. Differential responses of *Azolla* to phosphorous deficiency. I. Screening methods in quantity controlled-condition. *Soil Science and Plant Nutrition* 37(2), 271-282
- Kwakernaak C., Jansen P., van Kempen M., Smolders F., van Rheenen H., 2015. Slimme oplossing voor te weinig, te veel en te vuil water, *Water Matters* (kenniskatern in Vakblad H2O).
- Lourdes Costa M, Conceicao Santos M & Carrapico F 1999. Biomass characterisation of *Azolla filiculoides* grown in natural ecosystems and wastewater. *Hydrobiologia* 415, 323-327.
- Meerburg BG, Vereijken PH, de Visser W., Verhagen J, Korevaar H, Querner EP, de Blaeij AT & van der Werf A. 2010. Surface water sanitation and biomass production in a large constructed wetland in the Netherlands. *Wetlands Ecol Manage* 18, 463–470
- Riet van de, B., Eva van den Elzen, Leon Lamers, Niels Hogeweg, 2013. Werk in uitvoering Omhoog met het Veen: herstel van veengroei in het IJperveld, *De Levende Natuur* - jaargang 114 - nummer 4, p.134-137.
- Riet, van de, B., Roel van Gerwen, Hartger Griffioen, Niels Hogeweg, 2014. Vernatting voor Veenbehoud. - carbon credits & kansen voor paludicultuur en natte natuur in Noord-Holland. Landschap Noord-Holland, Rapportnummer 14015
- Reddy KR & Debusk WF 1985. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. *Journal of Environmental Quality* 14, 459-472
- Schemen, R., 2017. Fosfor, de kansen en uitdagingen voor de waterschappen. Feiten, cijfers en achtergronden. STOWA | 2017-19 | ISBN | 978.90.5773.743.5, Amersfoort
- Zhao Y, Fang Y, Jin Y, Huang J, Bao S, Fu T, He Z, Wang F & Zhao H. 2015. Pilot-scale comparison of four duckweed strains from different genera for potential application in nutrient recovery from waste water and valuable biomass production. *Plant Biology* 17, 82-90.
- Ziegler P, Adelman K, Zimmer S, Schmidt C & Appenroth K-J 2015. Relative in vitro growth rates of duckweeds (Lemnaceae) – the most rapidly growing higher plants. *Plant Biology* 17, 33-41.

Deze deltafact is opgesteld door Wageningen Plant Research, juni 2015 en in januari 2018 geactualiseerd door Wageningen Environmental Research.

Auteur: Adrie van der Werf

DISCLAIMER

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.