



Waterkwaliteit en biodiversiteit in het laagveenlandschap

beheer
biodiversiteit
laagveen
paludicultuur
waterkwaliteit

Tussen 1960 en 1990 is de kwaliteit van laagveenwateren sterk verslechterd met grote gevolgen voor de biodiversiteit. Gerichte maatregelen hebben veel verbetering opgeleverd, maar in veel gebieden zijn de problemen nog steeds aanzienlijk. Dit artikel geeft een overzicht van de huidige stand van zaken met betrekking tot laagveenwateren en herstelmaatregelen. Deze laatste zijn gebaseerd op onderzoek, onder andere binnen het nationale programma OBN (Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit).

De levensgemeenschappen in laagvenen zijn aangepast aan pH-neutrale omstandigheden door voldoende aanvoer van mineraalrijk oppervlakte- en/of grondwater (Lamers *et al.*, 2015). De habitatkwaliteit hangt sterk samen met de geohydrologische omstandigheden, waardoor er verschillen voorkomen in concentraties van bicarbonaat, calcium en magnesium (zuurbufferend vermogen), ijzer, en natriumchloride (zout). In het Vechtplassengebied is er door de stuwwal een grotere invloed van uittreidend, ijzerrijk grondwater. In de Weerribben-Wieden en in de Nieuwkoopse Plassen ontbreekt kwel grotendeels. In delen die in het verleden beïnvloed werden door de zee is het water brakker, en daarmee rijker aan sulfaat en natriumchloride. In ieder gebied komen gradiënten in nutriëntenbeschikbaarheid voor. Dit alles leidt tot een hoge biodiversiteit in het laagveenlandschap (Verhoeven & Bobbink, 2001; Barendregt *et al.*, 2012). In een weinig door mensen verstoord veenlandschap lopen laag- en hoogveen, en brakke en zoete moerassen vaak in elkaar over, iets wat in ons land vrijwel niet meer voorkomt. In het verleden veranderde het landschap continu, waarbij open water, moerassen, natte bossen en hoogveenkernen elkaar opvolgden, en door hogere dynamiek op veel plaatsen ook opnieuw gevormd werden.

De mens creëert landbouw en biodiversiteit

De laatste duizend jaar is het karakter van het laagveenlandschap sterk door de mens bepaald. Vanaf de middeleeuwen is turf gewonnen, wat leidde tot het in

Nederland karakteristieke laagveenlandschap met parallelle ondiepe (1-3 m) wateren (petgaten) en tussenliggende legakkers. Op veel plaatsen sloegen legakkers geleidelijk af, waardoor veenplassen ontstonden. Venen zijn omgevormd naar akkers door drainage, met name sinds de uitvinding van windmolens. Door de landschapsingrepen vanaf de 16e eeuw, maar vooral in vorige eeuw, is de hydrologische heterogeniteit sterk verminderd. Tegelijkertijd nam juist door het turfwinnen zowel de ruimtelijke structuur als de dynamiek sterk toe. De successie is op veel locaties telkens teruggezet, waardoor de biodiversiteit op landschapsniveau hoog was, bovenop de diversiteit door geohydrologische verschillen (Van Wirdum *et al.*, 1992; Verhoeven & Bobbink 2001). Petgaten verlandden in vroegere eeuwen in 30 tot 60 jaar (Loeb *et al.*, 2016) en werden vervolgens gemaaid en gehooïd, of extensief begraaïd. Bovendien werd er riet geoogst. Door deze activiteiten werden twee belangrijke versterkers van biodiversiteit ingebracht in het landschap: habitatdiversiteit en (intermediaire) verstoring.

Achteruitgang

Verdroging en nutriëntenaanvoer

Anders was het in de niet-verveende, uitgestrekte veenweidegebieden, waar het waterpeil op grote schaal verlaagd werd door de aanleg van polders. Deze intensieve drooglegging zorgde niet alleen voor bodemdaling, maar vereiste ook een steeds lager peil om deze daling (gemiddeld een meter per eeuw)

Prof. Dr. L.P.M. (Leon) Lamers

Aquatische Ecologie en Milieubiologie, Radboud Universiteit (AE&M) & Onderzoekcentrum B-WARE, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen.
L.Lamers@science.ru.nl

Dr. J.G.M. (Jeroen) Geurts

Afdeling AE&M

Ing. J.M. (Martijn) van Schie

Vereniging Natuurmonumenten

Dr. G. (Gijs) van Dijk

Onderzoekcentrum B-WARE & AE&M

Dr. A. (Aat) Barendregt

Milieukunde, Universiteit Utrecht

Dr. I.S. (Ivan) Mettrop

Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek

L. (Laura) Moria, M.Sc.

Waternet/Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en de gemeente Amsterdam

Dr. C. (Christian) Fritz

AE&M

Prof. Dr. J.G.M. (Jan) Roelofs

Onderzoekcentrum B-WARE & AE&M

Prof. Dr. A.J.P. (Alfons) Smolders

Onderzoekcentrum B-WARE & AE&M

Dr. W.J. (Winnie) Rip

Waternet/Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en de gemeente Amsterdam

Foto Martijn van Schie
Laagveensloot (mesotroof)
in de Nieuwkoopse Plassen.

bij te houden. Door bodemdaling in omliggende landbouwgebieden kwamen veel natuurgebieden buiten de polders relatief hoog te liggen. Om hier verdroging te voorkomen, moest het water noodgedwongen op peil gehouden worden met vervuild water.

In Nederland grenzen restanten laagveencultuurlandschap direct aan zwaar bemest agrarisch land (Hendriks *et al.*, 2004). Overbemesting, maar vooral ook het vrijkomen van meststoffen door veenafbraak in veenweiden, heeft gezorgd voor een zeer hoge belasting van nutriënten en sulfaat (Smolders *et al.*, 2013; Vermaat *et al.*, 2013). Het oppervlaktewater bevat vaak fosfaatconcentraties ver boven 0,06 mg PO₄-P/l waarbij algen, of zelfs cyanobacteriën (blauwalgen), dominant worden (Gulati *et al.*, 2008). Vooral van 1960 tot 1990 was de waterkwaliteit zeer slecht (Roelofs & Bloemendaal, 1988). De fosforbelasting van veenplassen was toen erg hoog, tot wel 30-60 mg P/m²/dag (Van der Molen & Boers, 1994). Dit is veel hoger dan de voorgestelde kritische waarde van 1 mg P/m²/dag (omslag helder naar troebel) en 0,5 mg P/m²/dag (herstel naar helder) (Janse, 2005; Jaarsma *et al.*, 2008). In veel laagveenwateren is de externe belasting nog steeds hoger dan 2 mg P/m²/dag, oplopend tot wel 12 mg (Lamers *et al.*, 2006; 2010). Het is dus niet verwonderlijk dat dit heeft geleid tot sterke achteruitgang van de biodiversiteit. Tegelijkertijd was de aanvoer van stikstof (nitraat en ammonium) hoog, wat voor extra eutrofiëring zorgde op plaatsen waar fosfor niet (meer) limiterend was. Voor verschillende waterplanten zijn hoge ammoniumconcentraties bovendien giftig. Door sterke eutrofiëring veranderde ook het karakter van oevervegetaties en werden snelgroeiende, grote soorten als grote lisdodde (*Typha latifolia*), pluimzegge (*Carex paniculata*) en riet (*Phragmites australis*) dominant. Dit ging ten koste van licht en ruimte voor mesotrafente soorten, die via kraggevorming een belangrijke bijdrage leveren aan

trilveenvorming (Loeb *et al.*, 2016). Bovendien werd verlanding via waterplanten als krabbenscheer (*Stratiotes aloides*), maar ook kranswieren (*Characeae*), gehinderd door troebelheid van het water. Die troebelheid is niet alleen het gevolg van algenbloei, maar ook van resuspensie van organische deeltjes door windwerking of bodemwoelende vis (Ter Heerdt & Hootsmans, 2007).

Interne eutrofiëring

De hoge aanvoer van nutriënten uit agrarische gebieden en vanuit rivieren en kanalen was niet de enige oorzaak voor afname van de diversiteit (Roelofs & Bloemendaal, 1988; Koerselman & Verhoeven, 1993; Smolders *et al.*, 2006). Op veel plaatsen trad ook sterke nutriëntenmobilisatie uit waterbodem en oevers op (Boers, 1986; Roelofs & Bloemendaal, 1988) door versnelde veenafbraak na verandering van de samenstelling van de macro-ionen in het water. Zuurstofconcentraties in de waterlaag dalen hierdoor, maar de veenafbraak gaat desondanks gewoon door onder invloed van nitraat en sulfaat. Nitraatuitspoeling en de aanvoer van sulfaatrijk water kunnen dus zorgen voor extra eutrofiëring. Hierbij worden de broeikasgassen kooldioxide en methaan gevormd. Daarnaast komen ook stikstofgas, lachgas en voedingsstoffen vrij. Sulfaat heeft de bijkomende eigenschap dat er bij omzetting sulfide gevormd wordt. Dit is niet alleen giftig voor dieren en planten, maar verstoort op de overgang van waterbodem en water ook de binding van fosfaat aan ijzer (de 'ijzerval'; Smolders *et al.*, 2006). Hierdoor kan er, bij een lage ijzer-fosforverhouding in het poriewater van de bodem (< 1 mol/mol; Geurts *et al.*, 2008), extra fosfaat vrijkomen in de waterlaag, vooral bij hogere temperatuur.

Aangezien laagveenwateren weinig watervolume per oppervlakte bevatten, is zowel het effect van nutriënten-

aanvoer als van interne eutrofiëring groot. Bovendien wordt het water continu gemengd tot op de bodem. Hierdoor is de biodiversiteit in laagveenwateren extra hard achteruitgegaan (Lamers et al., 2010). De verwachting is dat klimaatverandering (hogere temperaturen, extreme regenval) tot extra eutrofiëring leidt (Lamers et al., 2013).

Toekomstperspectieven

Hersteldoelen

Voor het herstel van laagveenwateren gelden zowel aquatische als semi-terrestrische doelen, ingegeven door Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water (KRW), die vaak onvoldoende op elkaar aansluiten (Beltman et al., 2008). Specifieke habitattypen met aquatische sturing zijn kranswierwateren, meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, galigaanmoerassen, maar ook trilvenen en overgangsvennen zoals veenmosrietlanden. Daarnaast is een groot aantal diersoorten, waaronder vogels, als Natura 2000-doel aangewezen (Antheunisse et al., 2008). Het herstelbeheer van waternatuur kan niet los gezien worden van dat van trilvenen en veenmosrietlanden (Barendregt et al., 2012; Mettrop et al., 2015; Cusell et al., 2013; Kooijman et al., dit nummer) en van hoogveenkernen waaronder hoogveenbossen. Laagveenbeheer zal dus altijd op landschapniveau moeten plaatsvinden, alleen al vanwege de hydrologische voorwaarden en gerelateerde waterkwaliteit. Voor beheer van trilvenen moet het water bijvoorbeeld niet alleen fosfaatarm zijn, maar ook voldoende buffering leveren (Cusell et al., 2013; Kooijman et al., dit nummer).

Als verschillende habitattypen om verschillend beheer of herstel vragen, moeten er keuzes gemaakt worden. Beheer van weidevogelhabitats vraagt om een lager waterpeil dan dat van moerasvogelgebieden. En naast maatregelen gericht op botanische diversiteit is ook her-

stel van goed ontwikkelde eutrofe rietmoerassen nodig, gericht op moerasvogelsoorten als de grote karekiet (*Acrocephalus arundinaceus*).

Eutrofiëringsbestrijding

Voor laagveenwateren is, na areaalafname en habitatfragmentatie, eutrofiëring (vaak door verdroging) de belangrijkste oorzaak van achteruitgang. Verlaging van de nutriëntenbelasting naar mesotroof niveau is dus noodzakelijk. De meest voor de hand liggende maatregel is vermindering van de aanvoer van landbouwwater en beter vasthouden van regenwater. Belangrijk hierbij is dat het water voldoende gebufferd blijft.

De verschillen in aanvoerbronnen en -hoeveelheden kunnen tot grote verschillen in waterkwaliteit leiden. In de zuidelijke Vechtplassen wordt sinds 1983 gedefosfateerd water ingelaten uit het Amsterdam-Rijnkanaal en uit de Bethunepolder. De Natura 2000-gebieden in het Noorderpark ontvangen water uit de Loosdrechtse Plassen. De noordelijke Vechtplassen worden bij waterbehoefte gevoed met onbehandeld Vechtwater. Als gevolg hiervan lopen de KRW-scores voor de wateren sterk uiteen. Hoewel de waterkwaliteit in een aantal deelgebieden verbeterd is, zijn er ook deelgebieden waar geen verbetering optreedt (Kortenhoefse Plassen), of de situatie zelfs verslechtert (Het Hol en Molenpolder). De fosfaatbelasting in de oostelijke Vechtplassen is nog steeds te hoog.

Ook in de Nieuwkoopse Plassen wordt gedefosfateerd water ingelaten. Sinds deze ingreep is de totaal-fosforconcentratie bij het inlaatpunt verlaagd van 0,4 naar 0,1 mg/l (Soomers & Van Schie, 2013). Er is een duidelijke afname van fosfor, stikstof en zwavel vanaf dit punt, door toenemende regenwaterinvloed, wat tot uitdrukking komt in de vegetatie (Den Held et al., 2007; Damm & Van 't Veer, 2009). Diep in het gebied is de verbetering

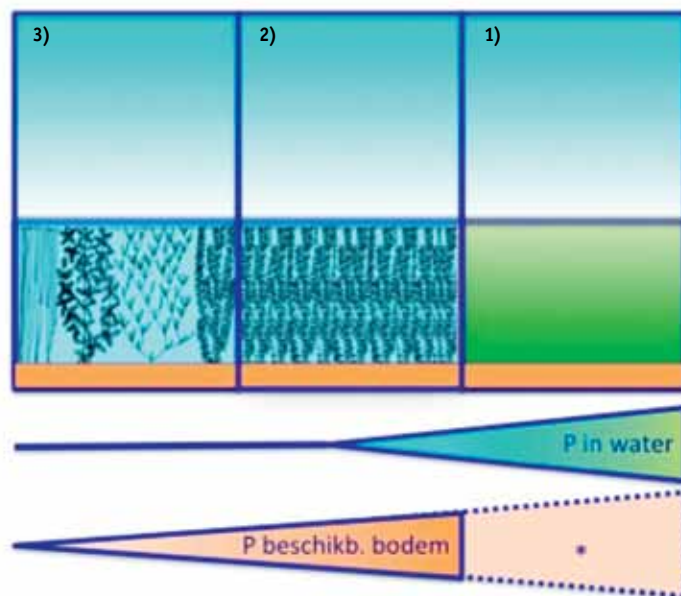
Figuur 1 drie toestanden van laagveenwateren: (1) troebel water door algen gedomineerd (rechts) door hoge P-beschikbaarheid in waterlaag, (2) helder water en woekering van één soort waterplant (midden) door lage P-beschikbaarheid in waterlaag en hoge P-beschikbaarheid in de bodem, (3) hoge biodiversiteit (links) door lage P-beschikbaarheid in water en bodem.
 * = P-beschikbaarheid bodem kan variëren.
 Aangepast naar Roelofs & Bloemendaal (1988) en Lamers *et al.* (2012).

Figure 1 three different states of peat lakes: (1) turbid water dominated by algae (right) by high P-availability in surface water, (2) clear water and dominance of one submerged plant species (middle) by low P-availability in surface water and high P-availability in peat sediment, (3) high biodiversity (left) by low P-availability in water and sediment.
 * = P-availability in sediment may vary.
 Adapted after Roelofs & Bloemendaal (1988) and Lamers *et al.* (2012).

van de waterkwaliteit het grootst, wat zichtbaar is aan doelsoorten als groenknol- en veenmosorchis (*Liparis loeselii*, *Hammarbya paludosa*). Na alle inspanningen is op 60 ha de waterkwaliteit mesotroof (P-totaal 0,01-0,04 mg/l), zie de openingsfoto bij dit artikel. Eenzelfde patroon is zichtbaar in de Weerribben-Wieden, waar de periferie een filter vormt voor het centrum met de hoogste biodiversiteit (Cusell *et al.*, dit nummer). Het aandeel regenwater is hier, met name in de winter, hoger. Verandering van de wateraanvoer en het afkoppelen van verschillende inlaatpunten heeft de waterkwaliteit in de Weerribben-Wieden verbeterd, waardoor allerlei soorten die afwezig of zeer schaars waren (Roelofs & Bloemendaal, 1988), zoals plat en spits fonteinkruid

(*Potamogeton compressus* en *P. acutifolius*), weer teruggekeerd zijn.

Aanvoer van water van buiten het natuurgebied is tegenwoordig niet per se slecht. De kwaliteit bepaalt het effect. Zo was de kwaliteit van het inlaatwater in De Delen vroeger slechter dan dat van het interne water (Claassen, 1994). Tegenwoordig is dat andersom. De slechte interne kwaliteit hangt in veel gebieden samen met de in de waterbodem opgeslagen erfenis uit het verleden (Geurts *et al.*, 2008; Lamers *et al.*, 2012). In veenweidegebieden is de belangrijkste bron van eutrofiëring tegenwoordig binnen het gebied gelegen, en heeft het weren van inlaatwater meestal geen effect. Naarmate het water verder het veenweidegebied in komt, wordt de kwaliteit



ervan meestal slechter door lokale veenafbraak en bemesting (Smolders et al., 2013).

Intern beheer

In de Loenderveense Plas is aangetoond dat het toedienen van ijzerchloride kan leiden tot omslag naar helder water met onderwatervegetatie (Ter Heerd et al., 2012). Hierbij kan visstandsbeheer helpen (Ter Heerd & Hootsmans, 2007), maar alleen als nutriëntenaanvoer en interne eutrofiëring voldoende laag zijn. Op het moment dat de waterkwaliteit voldoende verbetert voor goede lichtcondities, leidt de fosfaaterfenis in de bodem echter op veel plaatsen tot woekering van grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*), smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) of aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), zie figuur 1 en Lamers et al. (2012), met anaerobe omstandigheden door plantenafbraak. Hierdoor, en door het lekken van voedingsstoffen uit de vegetatie, kunnen drijfslagen van algen ontstaan. Baggeren kan een optie zijn, indien de vrijkomende veenlaag niet even slecht of slechter van kwaliteit is. Dit moet dus vooraf vastgesteld worden. In de Molenpolder heeft baggeren lokaal geleid tot herstel, ook van macrofaunasoorten waarvan dit niet verwacht werd. In veensloten rond de Reeuwijkse Plassen had baggeren echter geen effect, doordat de waterkwaliteit slecht bleef (Verberk & Esselink, 2007). De ervaring leert dat baggeren in laagveenwateren vaak weinig oplevert door de kwaliteit van de vrijkomende bodem, de snelle aanwas van bagger door sterke veenafbraak, of de aanvoer van water met een slechte kwaliteit (Lamers et al., 2015). Mogelijk biedt, naast maaibeheer, het inbrengen van snelgroeiende doelsoorten, zoals een grote populatie krabbenscheer, een effectief alternatief.

Overbegrazing is een belangrijk knelpunt voor het herstel van Nederlandse laagveenwateren (Gulati et al.,



Foto Mark van Veen glanzig fonteinkruid Weerribben.

2008). In de Stichts-Ankeveense Plas belemmert vraat door vogels groei van onderwatervegetatie (Dorenbosch et al., 2017). Ook voor verlanding blijkt, naast de afwezigheid van sleutelsoorten (biobouwers), overbegrazing een belangrijke belemmerende factor en kan alleen uitrastering helpen (Sarneel et al., 2014; Loeb et al., 2016). In de Molenpolder is de natuur- en waterkwaliteit waarschijnlijk ook achteruitgegaan door de invasieve Amerikaanse rode rivierkreeft (*Procambarus clarkii*), zie Van Dobben et al. (2017). Hoewel op een aantal locaties, zoals in de Wieden en in de Molenpolder, verlanding in beperkte mate weer op gang komt (Loeb et al., 2016), is de vraag naar beheermaatregelen om de ontwikkeling naar nieuw trilveen te stimuleren groot (Kooijman et al., dit nummer). Daarom wordt in OBN-kader de komende

Foto J. Geurts.

Paludicultuur, natte landbouw op opnieuw vernatte veengrond, stopt bodemdaling en kan als hydrologische buffer en nutriëntenbuffer ingezet worden in een duurzamer laagveenlandschap.

Photo J. Geurts.

Paludiculture, agriculture on rewetted peat, brings a halt to land subsidence and can be used as a hydrological buffer and nutrient buffer in a more sustainable peat landscape



jaren verder onderzoek uitgevoerd naar de rol van bio-bouwers en vraat hierbij.

Brakwatervenen

Gezien hun zeldzaamheid en de internationale verantwoordelijkheid voor behoud en herstel, zijn de herstelkansen voor brakwatervenen in Noord-Holland onderzocht (Van Dijk *et al.*, 2013). Her-verbrakking blijkt zowel op korte als lange termijn de nutriëntenbeschikbaarheid en methaanuitstoot te kunnen verlagen. Het

effect is echter afhankelijk van de lokale bodemgesteldheid. Zo leidt verbrakking in Botshol niet tot lagere fosfaatwaarden (metingen Waternet). Momenteel wordt onderzocht of deze maatregel opgeschaald kan worden.

Herstel van het laagveenlandschap

De biodiversiteit in laagveenwateren is in een aantal gebieden sterk verbeterd door beheermaatregelen, maar verslechtert nog steeds in andere gebieden. Het waterbeheer kan onmogelijk los gezien worden van processen

op landschapsschaal. Eutrofiëring, verdroging, kwelafname, veenafbraak, bodemdaling en broeikasgasuitstoot zijn sterk gekoppeld. Daarom is het urgent om het huidige landgebruik in het laagveenlandschap ter discussie te stellen en na te denken over alternatieven. Hierbij moeten keuzen gemaakt worden, aangezien intensieve landbouw in laagveengebieden, tegengaan van bodemdaling, en herstel van biodiversiteit moeilijk samengaan. Een interessant nieuw perspectief biedt paludicultuur, landbouw op opnieuw vernat veen (figuur 2; Fritz *et al.*, 2014; Wichtmann *et al.*, 2016; Geurts *et al.*, 2017). Door bijvoorbeeld lisdodde of riet te telen kan bodemdaling gestopt worden en de overmaat aan nutriënten omgezet worden in bruikbare producten zoals isolatiemateriaal. Paludicultuur kan ook interessant zijn als tussenfase in natuurontwikkeling, of als buffer- en verbindingszone van natte natuur in landbouwgebieden (Van de Riet *et al.*, 2014). Het is ook mogelijk om, na plagen, opnieuw schraalgrasland of veenmosrietland

met nieuwe veenvorming te ontwikkelen (Van Mullekom *et al.*, 2014; Van de Riet *et al.*, 2017).

Kiezen voor een duurzamere variant van het laagveenlandschap is essentieel voor herstel van laagveennatuur, zeker met een snel veranderend klimaat waarbij eutrofiëringsrisico's toenemen (Van Dijk *et al.*, 2012). De visie dat dit schadelijk is voor de economie is vertoebeld doordat de werkelijke kosten van het huidige landgebruik ook bestaan uit onzichtbare, maar zeer hoge, maatschappelijke kosten (Van de Riet *et al.*, 2014; Van den Born *et al.*, 2016): verzakkende dijken, wegen en woningen, overstromingsrisico's, hoge nutriëntenbelasting van laagveenwateren, koolstofuitstoot en natschade. Voor de ontwikkeling van nieuwe, meer duurzame beleids- en beheerplannen voor het Nederlandse laagveenlandschap is koppeling van onderzoek, beleid en beheer essentieel.

Summary

Deterioration and restoration of minerotrophic waters in the Dutch peat landscape

Leon Lamers, Jeroen Geurts, Martijn van Schie, Gijs van Dijk, Aat Barendregt, Ivan Mettrop, Laura Moria, Christian Fritz, Jan Roelofs, Alfons Smolders & Winnie Rip

management, biodiversity, peatland, paludiculture, water quality

As a result of altered land use, water shortage and eutrophication, aquatic and semi-aquatic biodiversity in minerotrophic peatlands has severely declined in The Netherlands. After the improvement of surface water quality following hydrological and other measures, biodiversity is now increasing again in many re-

serves including former peat extraction areas, but not in all. In large peatland meadow areas, eutrophication is still a major problem and tightly linked to land subsidence. This paper reviews the current state of fen waters in relation to different restoration measures based on applied research, including projects sponsored by the Knowledge Network for Restoration and Management of Nature in The Netherlands. We also plead for more sustainable future land use and management of Dutch peatland areas, including marsh restoration and paludiculture, aimed at stopping land subsidence or at the regrowth of peat, and improvement of water quality.

Literatuur

- Antheunisse, A.M., W.C.E.P. Verberk, J.M. Schouwenars, J. Limpens & J.T.A. Verhoeven, 2008.** OBN Onderzoek: Preadvies laagveen- en zeekeilandschap. Den Haag. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Barendregt, A., B. Beltman, G. Kooijman & G. ter Heerdt, 2012.** Gradiëntendocument Laagveenlandschap. In: Programmatische Aanpak Stikstof – Natura 2000 Documenten EL&I. Herstelstrategieën op landschapsniveau deel III: 352-388.
- Beltman B., W.A. Weijs & J.M. Sarneel, 2008.** Werken de KRW- en Natura 2000-criteria voor sloten en veenplassen? H2O 8: 25-27.
- Boers P.C.M., 1986.** Studying the phosphorus release from the Loosdrecht Lakes sediments, using a continuous flow system. *Aquatic Ecology* 20: 51-60.
- Born, G.J. van den, F. Kragt, D. Henkens, B. Rijken, B. van Bommel, S. van der Sluis, N. Polman, E.J. Bos, T. Kuhlman, C. Kwakernaak, J. van den Akker, V. Diogo, E. Koomen, G. de Lange, J. van Bakel & W.B.M. ten Brinke, 2016.** Dalende bodems, stijgende kosten. Den Haag. PBL.
- Claassen T.H.L., 1994.** Eutrophication and restoration of a peat ponds area, De Deelen, in the northern Netherlands. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 1329-1334.
- Cusell C., L.P.M. Lamers, G. van Wirdum & A.M. Kooijman, 2013.** Impacts of water level fluctuation on meso-trophic rich fens: acidification versus eutrophication. *Journal of Applied Ecology* 50: 998–1009.
- Cusell, C., B. de Haan, G. Kooijman, G. van Dijk, J.M.H. van Diggelen & A.M. Kooijman 2018.** Roadmap voor herstel Weerribben-Wieden. Effecten laag-dynamisch water- en natuurbeheer. *Landschap* 35/2: 111-117.
- Damm, T. & R. van 't Veer, 2009.** Vegetatie- en soortkartering Nieuwkoopse Plassen & De Haeck 2009. Alkmaar. Van der Goes en Groot.
- Dijk, J. van, B.J.M. Robroek, I. Kardel & M.J. Wassen, 2012.** Gecombineerde atmosferische depositie en klimaatverandering. Mogelijke effecten op laagveenmoerassen. *Landschap* 29/4: 197-206.
- Dijk, G. van, P.J. Westendorp, R. Loeb, A. Smolders, L. Lamers, M. Klinge & H. van Kleef, 2013.** Verbrakking in het laagveen- en zeekeilandschap, van bedreiging naar kans? Rapport nr. 2013/OBN170-LZ, Den Haag.
- Dobben, H. van, J. Lamsma & H. Kampf, 2017.** Is de rode Amerikaanse rivierkreeft een ernstige bedreiging voor het veenweidegebied? *De Levende Natuur* 118: 154-158.
- Dorenbosch M., A. Bak, L.N. de Senerpont Domis, E.S. Bakker, R. Loeb, A. Smolders, R. Temmink & T. van der Heide, 2017.** Sleutelfactoren voor de groei en overleving van submerse waterplanten. Bureau Waardenburg, AKWA/NI00, B-WARE, Radboud Universiteit.
- Fritz, C., G. van Dijk, L. Lamers, F. Smolders & H. Joosten, 2014.** Paludicultuur - kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden. *Vakblad Natuur Bos en Landschap* 105, mei: 4-9.
- Geurts J.J.M., A.J.P. Smolders, J.T.A. Verhoeven, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers, 2008.** Sediment Fe:P04 ratio as a diagnostic and prognostic tool for the restoration of macrophyte biodiversity in fen waters. *Freshwater Biology* 53: 2101-2116.
- Geurts, J., C. Fritz, L. Lamers, A. Grootjans & H. Joosten, 2017.** Paludicultuur houdt de polder schoon. H2O-Online 23 augustus 2017.
- Gulati, R.D., L.M.D. Pires & E. van Donk, 2008.** Lake restoration studies: Failures, bottlenecks and prospects of new ecotechnological measures. *Limnologica* 38: 233-247.
- Heerdt, G. ter & M. Hootsmans, 2007.** Why biomanipulation can be effective in peaty lakes. *Hydrobiologia* 584: 305-316.
- Heerdt, G. ter, J. Geurts, A. Immers, M. Colin, P. Olijhoek, E. Yedema, E. Baars & J.W. Voort, 2012.** IJzersuppletie in laagveenplassen, de resultaten. Amersfoort, STOWA.
- Held, A.J. den, S.H. Luijten, M. Schmitz & B.J. Vreeken, 2007.** Waterplanten in de Nieuwkoopse Plassen 2007. Leiden. Stichting Floron.
- Hendriks R.F.A., R. Kruijne, J. Roelsma, K. Oostindie, H.P. Oosterom & O.F. Schoumans, 2004.** Berekening van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden in vier poldergebieden. Wageningen. Alterra.
- Jaarsma N., M. Klinge & L. Lamers, 2008.** Van helder naar troebel.... en weer terug. Utrecht. STOWA.
- Janse J.H., 2005.** Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Koerselman W. & J. Verhoeven, 1993.** Eutrofiëring van laagvenen: interne of externe oorzaken? *Landschap* 10/1: 31-44.
- Kooijman, A.M., C. Cusell, R. Loeb & J.M.H. van Diggelen, 2018.** Mesotrofe verlanding en behoud van trilvenen. *Landschap* 35/2: 83-91.

- Lamers L. (red.), J. Geurts, B. Bontes, J. Sarneel, H. Pijnappel, H. Boonstra, J. Schouwenars, M. Klinge, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, B. Kuijper, H. Esselink & J. Roelofs, 2006. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2003-2006. Ede. DK-LNV.
- Lamers, L. (red.), J. Sarneel, J. Geurts, M. Dionisio Pires, E. Remke, H. van Kleef, M. Christianen, L. Bakker, G. Mulderij, J. Schouwenars, M. Klinge, N. Jaarsma, S. van der Wielen, M. Soons, J. Verhoeven, B. Ibelings, E. van Donk, W. Verberk, H. Esselink & J. Roelofs, 2010. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2006-2009 (fase 2). 's-Gravenhage. LNV.
- Lamers, L.P.M., S. Schep, J. Geurts & A.J.P. Smolders, 2012. Erfenis fosfaatrijk verleden: helder water met woekerende waterplanten. H2O 45: 29-31.
- Lamers, L., M. Poelen, L. van den Berg, J. Geurts, J. Roelofs & F. Smolders, 2013. Waternatuur in een veranderend klimaat. De Levende Natuur 114: 152-156.
- Lamers, L.P.M., M.A. Vile, A.B. Grootjans, M.C. Acreman, R. van Diggelen, M.G. Evans, C.J. Richardson, L. Rochfort, A.M. Kooijman, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders, 2015. Ecological restoration of rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biological Reviews* 90: 182-203.
- Loeb R, J. Geurts, L. Bakker, R. van Leeuwen, J. van Belle, J. van Diggelen, A. Faber, A. Kooijman, O. Brinkkemper, B. van Geel, W. Weijs, G. van Dijk, J. Loermans, C. Cusell, W. Rip & L. Lamers, 2016. Verlanding in laagveenpetgaten: Speerpunt voor natuurherstel in laagvenen. Rapport 2016/OBN208-LZ. Driebergen. VBNE.
- Mettrop, I.S., C. Cusell, A.M. Kooijman, & L.P.M. Lamers, 2015. Short-Term Summer Inundation as a Measure to Counteract Acidification in Rich Fens. *PLoS One*, 10(2), [e0144006].
- Molen, D.T. van der & P.C.M. Boers, 1994. Influence of internal loading on phosphorus concentration in shallow lakes before and after reduction of the external loading. *Hydrobiologia* 275/276: 379-389.
- Mullekom, M. van, H. Tomassen, M. Krol & A. Smolders, 2014. Kansen voor veenvorming en koolstoffixatie in het Zuidlaardermeergebied. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 11: 4-7.
- Riet, B. van de, R. van Gerwen, H. Griffioen & N. Hogeweg, 2014. Vernatting voor veenbehoud. Carbon credits & kansen voor paludicultuur en natte natuur in Noord-Holland. *Landschap Noord-Holland*.
- Riet B. van de, E. van den Elzen, N. Hogeweg, A. Smolders & L. Lamers, 2017. Herstel van veenvormende natuur op landbouwgrond. Onderzoeksproject Omhoog met het Veen. *Bodem* 2017: 32-34.
- Roelofs J.G.M. & F.H.J.L. Bloemendaal, 1988. Trofie. In F.H.J.L. Bloemendaal & J.G.M. Roelofs (red.). *Waterplanten en waterkwaliteit*. Utrecht. KNNV. Universiteit Nijmegen, pp. 113-126.
- Sarneel, J.M., N. Huig, G.F. Veen, W. Rip, & E.S. Bakker, 2014. Herbivores enforce sharp boundaries between terrestrial and aquatic ecosystems. *Ecosystems*, 17: 1426-1438.
- Smolders A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen & J.G.M. Roelofs, 2006. Internal eutrophication: how it works and what to do about it - a review. *Chemistry & Ecology* 22: 93-111.
- Smolders A.J.P., J.H.M. van Diggelen, J.J.M. Geurts, M.D.M. Poelen, J.G.M. Roelofs, E.C.H.E.T. Lucassen & L.P.M. Lamers, 2013. Waterkwaliteit in het veenweidegebied; de complexe interacties tussen oever, waterbodem en oppervlaktewater. *Landschap* 30/3: 145-153.
- Soomers, H. & J.M. van Schie, 2013. Kwaliteitstoets Nieuwkoopse Plassen. 's Gravenland. Natuurmonumenten.
- Verberk W.C.E.P. & H. Esselink, 2007. Onderzoeksmonitoring effecten van baggeren in laagveenwateren op watermacrofauna. OBN Eindrapportage 2007/082-0. DK-LNV.
- Verhoeven, J.T.A. & R. Bobbink, 2001. Plant diversity of fen landscapes in the Netherlands. In: B. Gopal, W.J. Junk & J.A. Davis (eds.). *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*. Volume 2. Leiden. Backhuys Publishers.
- Vermaat, J., J. Harmsen, F. Hellmann, H. van der Geest, J. de Klein, S. Kosten, F. Smolders, J. Verhoeven & R. Mes, 2013. Sulfaatbronnen in het Hollandse veenlandschap. *Landschap* 30/1: 5-14.
- Wichtmann, W., C. Schröder & H. Joosten (eds.), 2016. *Paludiculture – productive use of wet peatlands: climate protection - biodiversity - regional economic benefits*. Stuttgart. Schweizerbart Science Publishers.
- Wirdum G. van, A.J. den Held & M. Schmitz, 1992. Terrestrializing fen vegetation in former turbaries in the Netherlands. In: J.T.A. Verhoeven (ed.). *Fens and bogs in the Netherlands: vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*. Dordrecht. Kluwer, pp. 323-360.