

Teloorgang én ontwikkeling van trilveen in de Nieuwkoopse Plassen

In de afgelopen jaren is een van de laatste stukjes goed ontwikkelde trilveenvegetatie in West-Nederland verdwenen. Tegelijkertijd leidde herstelbeheer in hetzelfde gebied op kleine schaal tot de ontwikkeling van nieuwe trilveenvegetaties. In dit artikel bespreken we deze beide ontwikkelingen, de achterliggende oorzaken en kansen voor toekomstig behoud en herstel van dit gebied.

Gijs van Dijk, Sija Stofberg, Jeroen Mandemakers, Martijn van Schie, Casper Cusell, Annemieke Kooijman & Fons Smolders

De laagveenmoerassen van laag-Nederland zijn belangrijke gebieden voor basenrijke trilveenvegetaties met kleine zeggen en slaapmossen en de overgangen naar zuurdere, door veenmossen gedomineerde veenmosrietlanden. Het areaal van goed ontwikkelde trilvenen en veenmosrietlanden is de laatste decennia hard achteruitgegaan (Van Diggelen et al., 2018; Kooijman et al., dit nummer).

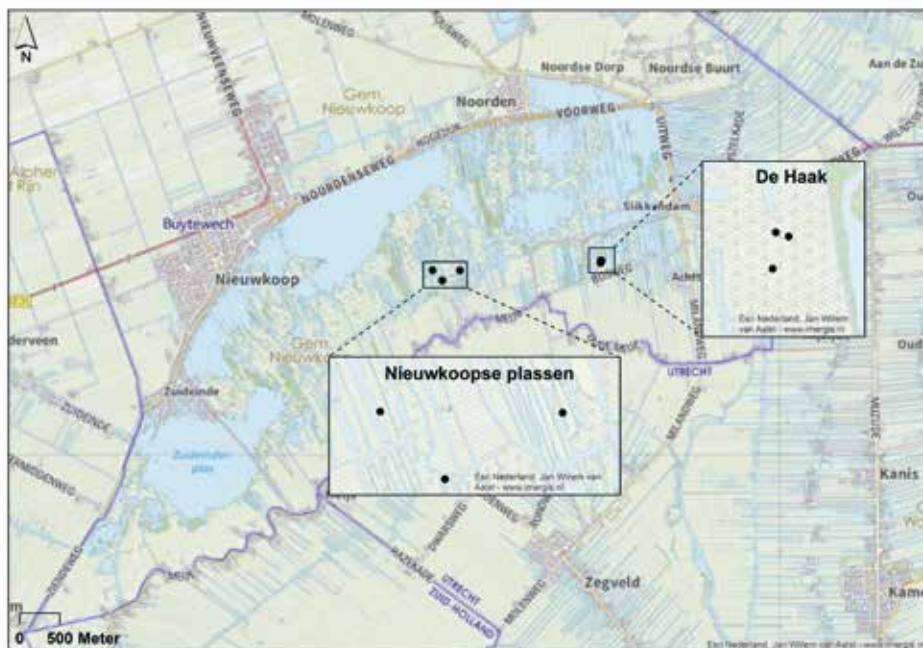
Zowel landelijk als in de Provincie Zuid-Holland zijn doelen gesteld om de achteruit-

gang in kwaliteit tegen te gaan en het areaal aan trilveen uit te breiden (Provincie Zuid-Holland, 2015). Een van de weinige locaties in westelijk laag-Nederland waar recent nog goed ontwikkelde basenrijke trilveenvegetaties voorkwamen is De Haak, grenzend aan de Nieuwkoopse Plassen (fig. 1). Rond 2010 was hier nog een perceel met een relatief natte en basenrijke trilveenvegetatie aanwezig, met belangrijke kensoorten, zoals rood schorpioenmos, groenknolorchis en sterregoudmos. Om

de langzame verzuring van deze vegetatie tegen te gaan, is het afgelopen decennium actief beheer toegepast in de vorm van bevoeiing met nabijgelegen oppervlaktewater, met behulp van een waterpomp en begreppeling. In eerste instantie leek dit beheer een positief effect te hebben op het behoud van de trilveenvegetaties. Maar gedurende de uitvoering van deze maatregelen ontstond er echter ook algenbloei in de greppels, waarna dit bevoeiingsbeheer is gestopt om potentiële eutrofiëring te



Foto 1. Klein blaasjeskruid. (Foto: Martijn van Schie)



Figuur 1. Kaart van de Nieuwkoopse Plassen en De Haak met uitsneden waarop in meer detail de verschillende onderzoekslocaties zijn aangegeven in beide deelgebieden.

voorkomen. Daarna is de trilveenvegetatie verder verzuurd, waardoor de vegetatie van het trilveen sterk achteruit is gegaan. Ook de algenbloei in de greppels hield aan. De achteruitgang van trilveen in De Haak staat in schril contrast met het doel van instandhouding van een klein stukje trilveen en ontwikkeling van nieuwe trilveenvegetaties in de aangrenzende Nieuwkoopse Plassen. In deze studie zijn drie gedegradeerde trilveenlocaties in De Haak bestudeerd en twee referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen, waaronder een relict trilveen en een locatie waar in de afgelopen jaren nieuw trilveen is ontwikkeld na oppervlakkig afplaggen en de introductie van kenmerkende plantensoorten. Naast het onderzoek aan de water- en bodemchemie op en nabij de trilveenvegetaties, is er een watersysteemanalyse van beide laagveengebieden uitgevoerd om te achterhalen hoe deze gebieden hydrologisch gevoed worden en wat de waterkwaliteit is.

Teloorgang in De Haak versus nieuwe ontwikkeling in de Nieuwkoopse Plassen

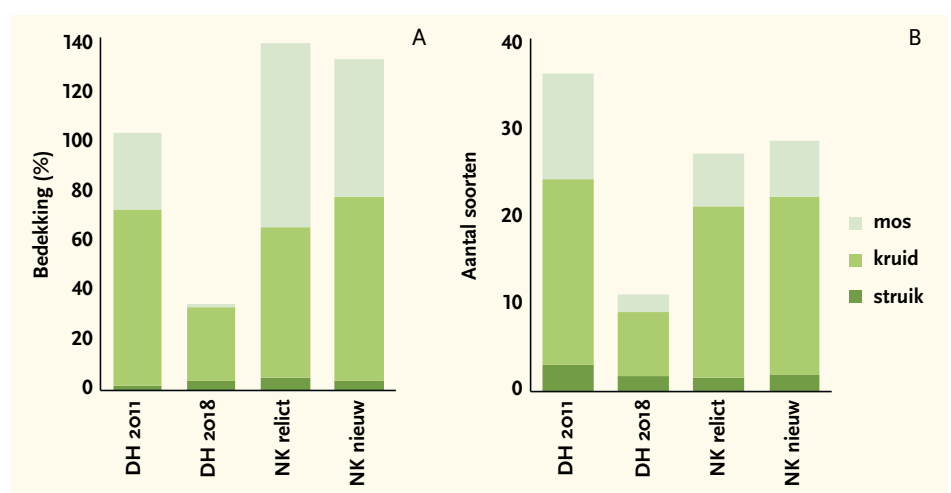
In 2011 was het trilveen in De Haak nog een van de laatste kwalitatief goed ontwikkelde trilvenen van West-Nederland (Mettrop et al., 2018; Kooijman et al., 2020). Uit een vergelijking tussen de abiotische standplaatsfactoren in 2011 en 2018 blijkt dat deze zijn verslechterd. Het bodemvocht is in het afgelopen decennium zuurder en basenarmer geworden, de invloed van

oppervlaktewater is afgenomen, de percelen zijn droger geworden en er is een lichte stijging van de fosforconcentraties in het bodemvocht opgetreden, wat zorgelijk is voor een fosfor-gelimiteerd vegetatietype als trilveen.

Deze ongewenste trend uit zich ook in de vegetatiesamenstelling. De bedekking van de kruidlaag, de moslaag en van doelsoorten is tussen 2011 en 2018 sterk afgenomen. De afname aan kruidbedekking is bijna 60 % en de afname aan mosbedekking

95 %. Daarbij was een deel van de bodem in 2018 helemaal kaal. Ook zijn er veertien soorten vaatplanten en tien soorten mos verdwenen (fig. 2). Zo waren er in 2011 nog veel voor trilveen karakteristieke mossen aanwezig als sterrengoudmos, rood schorpioenmos (in 2011 10 % bedekking), veenknikmos, reuzenpuntmos en moerasbuidelmos. Deze zijn in de periode tussen 2011 en 2018 verdwenen. Twee veenmossen van relatief basenrijke habitats hebben zich nog weten te handhaven, namelijk trilveenveenmos en glanzend veenmos. Ook is op de oever van het nabijgelegen petgat nog een klein plukje rood schorpioenmos aangetroffen. Van de karakteristieke vaatplanten is de groenknolorchis verdwenen. Daarnaast zijn soorten als wateraardbei, moerasvaren en klein blaasjeskruid (foto 1) sterk in bedekking achteruitgegaan. De bedekking van soorten van zuurdere condities, zoals gewone dophei, ronde zonnedauw en kamvaren zijn sterk toegenomen. De meest voorkomende soorten in het voormalige stuk trilveen zijn nu paddenrus, riet, ronde zonnedauw, wilde gagel en pijpenstrootje. De moslaag bestaat met name uit gewoon veenmos en glanzend veenmos.

In het aangrenzende gebied de Nieuwkoopse Plassen is het echter mogelijk gebleken om in dezelfde periode een klein relict met trilveenvegetatie langs een greppel in stand te houden, door deze vegetatie via de aanleg van een lange greppel aan het oppervlaktewater aan te sluiten. Hier groeien nog soorten



Figuur 2. A: De gemiddelde bedekking van de moslaag, kruidlaag en struiklaag. B: Het gemiddeld aantal soorten mossen, kruiden en stuiken. In het figuur zijn opgenomen de opname van De Haak in 2011 (n = 1, nog goed ontwikkeld trilveen; DH 2011), de gemiddelde bedekking in het voormalige trilveen in De Haak in 2018 (n = 3), en gemiddelde opname van een relict trilveen en een nieuw ontwikkeld trilveen in de Nieuwkoopse plassen (gemiddelde opname van 2015 & 2018); data: Mettrop et al., 2015; Van Diggelen et al., 2018; Stofberg et al., 2019).



Foto 2. Rood schorpioenmos (l) en veenknikmos (r). Beide foto's zijn genomen op het nieuw ontwikkelde trilveen in de Nieuwkoopse Plassen. (Foto's: Gijs van Dijk)

als rood schorpioenmos (40 %), ronde zegge, moeraskartelblad, wateraardbei en klein blaasjeskruid. Daarnaast heeft in de Nieuwkoopse Plassen actief beheer door middel van oppervlakkig plaggen in combinatie met de introductie van doelsoorten geleid tot een verhoogde invloed van basenrijk oppervlaktewater en succesvolle ontwikkeling van nieuw trilveen. De trilveenvegetatie is hier in 2013 ontstaan na introductie van doelsoorten (onder andere rood schorpioenmos) en handhaaft zich sindsdien; het is momenteel het grootste stuk trilveen in het gebied. Hier zijn onder andere ronde zegge, groenknolorchis, rood schorpioenmos, sterrengoudmos, veenknikmos en kleine valerian aangetroffen (foto 2). De chemische condities op de trilveenlocaties in de Nieuwkoopse Plassen zijn in 2018 duidelijk beter dan die in het voormalige trilveen in De Haak. Zo zijn hier de pH, de basenrijkdom, bicarbonaatconcentratie en de calciumconcentratie hoger (fig. 3). De nutriëntconcentraties zijn vergelijkbaar. In vergelijking met de vegetatiesamenstelling van het trilveen in De Haak in 2011 zijn de zones met trilveen in de Nieuwkoopse Plassen wel soortenarmer en

hebben deze gemiddeld een hogere bedekking aan veenmossen (fig. 2).

Hydrologisch functioneren

De trilveenlocaties in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen zijn, net al het merendeel van de nog goed ontwikkelde trilvenen in andere Nederlandse laagvenen, sterk afhankelijk van de invloed van basenrijk en nutriëntenarm oppervlaktewater (Cusell et al., 2013; Van Diggelen et al., 2018). Inzicht in (eco-) hydrologisch functioneren van beide gebieden, zowel wat betreft oppervlaktewaterkwaliteit als -kwaliteit, kan hiermee van grote waarde zijn voor behoud van de geschikte standplaatsfactoren. Het is van groot belang dat het trilveen niet te droog, basenrijk en nutriëntarm genoeg is. Daarom is met behulp van water- en stofbalansberekeningen en langjarige waterkwaliteitsmetingen bekeken in hoeverre recente hydrologische wijzigingen de teloorgang van trilveen in De Haak en de ontwikkeling van nieuw trilveen in de Nieuwkoopse Plassen verklaren. Voor De Haak is de afsluiting van de aanvoer route vanuit de Meije in 2012 belangrijk, waardoor het gebied meer door de centrale

plassen van de Nieuwkoopse Plassen gevoed wordt. Er is niet significant meer of minder water ingelaten in De Haak, maar deze afsluiting heeft wel geleid tot veranderingen in de aanvoer van stoffen via het inlaatwater. Zo daalde de aanvoer van sulfaat, stikstof en fosfor. De fosforaanvoer nam met zelfs 73 % af, wat positief is voor de instandhouding en ontwikkeling van trilvenen. Maar tegelijkertijd nam de aanvoer van calcium en bicarbonaat ook met 10 à 20 % af. Dat zorgde voor een daling van de basenrijkdom van het oppervlaktewater, wat nadelig is voor trilveen, zeker als het water al relatief basenarm is. Voor de Nieuwkoopse Plassen is een analyse verricht naar de effecten van twee recente veranderingen in de waterhuishouding (vergroten van het wateroppervlak door het graven van nieuwe petgaten en het afkoppelen van de Meije en Meijegraslanden) in de afgelopen tien jaar. Hieruit blijkt dat het afkoppelen van de Meije vooral de aanvoer van fosfor heeft verlaagd met 30 à 50 %, wat positief is voor de instandhouding en ontwikkeling van trilveen. Ook hier nam echter de calciumaanvoer af, met circa 5 %, wat minder gunstig is. De aanvoer van

bicarbonaat naar de trilveenlocaties in de Nieuwkoopse Plassen echter nagenoeg niet veranderd.

Deze verlaging van de calciumaanvoer is overigens niet alleen een gevolg van de hydrologische maatregelen, maar hangt samen met een afname van de calciumconcentratie in het aanvoerende water (dus ook in de Rijn) en een afname van de waterinlaat. De verminderde waterinlaat heeft als positief effect dat de inlaat van sulfaat, fosfaat en stikstof verlaagd wordt, maar heeft ook dalende calciumconcentraties als nadelig neveneffect.

Oorzaken teloorgang en kansen voor herstel

Om meer inzicht te krijgen in de mogelijke oorzaken van de teloorgang van het trilveen in De Haak en de kansen voor toekomstig herstel en ontwikkeling van trilveen in De Haak en Nieuwkoopse Plassen, zijn de condities in de wortelzone van beide gebieden vergeleken met referentiegegevens uit trilvenen in andere Nederlandse laagveen-gebieden (foto 4).

In het voormalige trilveen in De Haak zijn de basenrijkdom (onder andere calcium- en bicarbonaatconcentraties) en de pH lager dan in de goed ontwikkelde trilveenlocaties in de Nieuwkoopse Plassen, en beduidend lager dan in andere goed ontwikkelde mesotrofe trilvenen in Nederlandse laagvenen (fig. 3). Het perceel in De Haak is geheel verzuurd en op de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen is dit maar voor een deel van de locatie het geval. In andere Nederlandse laagvenen

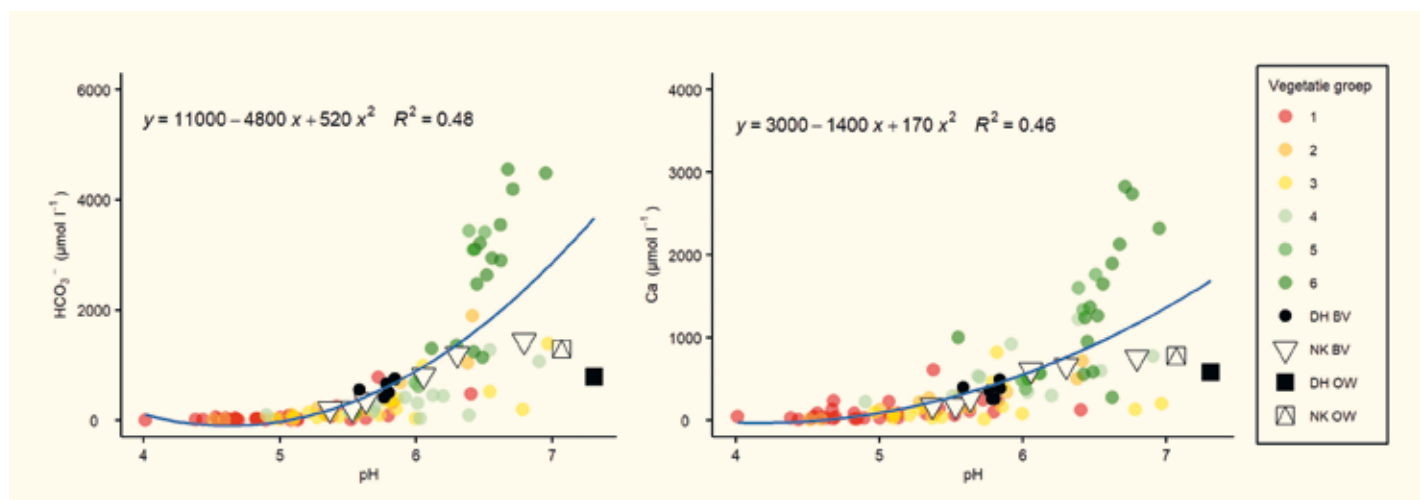
		Oppervlaktewater				Bodemporiewater (0-15 cm – m.v.)			
		pH	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	P _(tot)	pH	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	P _(tot)
			μmol/l	μmol/l	μmol/l		μmol/l	μmol/l	μmol/l
De Haak	2011	-	-	-	-	6,2	623	-	0,2
De Haak	2018	7,4	631	939	0,9	5,8	359	603	1,8
Nieuwkoopse Plassen	2018	7,2	865	1.477	1,3	5,9	443	704	1,9

Tabel 1. De gemiddelde chemische samenstelling (pH, calcium-, bicarbonaat- en totale fosforconcentratie in μmol/l) in het oppervlaktewater en het bodemporiewater op 0-15 cm beneden maaiveld nabij en op de locaties met trilveenvegetatie in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen. Voor zover beschikbaar zijn zowel de gegevens van 2011 als 2018 opgenomen.

hebben de nog aanwezige goed ontwikkelde trilvenen een hogere pH van gemiddeld 6,5 en ze zijn basenrijker, met hogere concentraties aan bicarbonaat en calcium in het bodemvocht (Kooijman & Paulissen, 2006; Cusell et al., 2013; Van Diggelen et al., 2018). De huidige condities in De Haak komen overeen met die in verzuurd overgangsvveen, basenarm overgangsvveen en basenarm veenmosrietland. De condities in het best ontwikkelde trilveen in de Nieuwkoopse Plassen komen overeen met het meer basenrijke eutrofe en mesotrofe trilveen. De minder goed ontwikkelde trilvenen in de Nieuwkoopse Plassen zijn ook aan de basenarme kant van het spectrum en vertonen dezelfde overlap als de locaties in De Haak.

Ook het oppervlaktewater heeft in zowel De Haak als in de Nieuwkoopse Plassen lage calcium- en bicarbonaatconcentraties (fig. 3). Deze lage en nog steeds afne-

mende basenrijkdom van het oppervlaktewater is een belangrijke oorzaak van de teloorgang van het trilveen in De Haak. Verdergaande successie en isolatie van het trilveen ten opzichte van het oppervlaktewater ter plekke heeft waarschijnlijk ook een rol gespeeld, maar bevoeiing met het relatief basenarm oppervlaktewater kon dit niet verhelpen. De praktijk bewijst dat de condities in de Nieuwkoopse Plassen de ontwikkeling van nieuw trilveen nog mogelijk maken indien de invloed van oppervlaktewater groot genoeg is in de ruimte en tijd, maar dit komt heel nauw (zie Van Dijk et al., dit nummer). Ook hier is het oppervlaktewater relatief basenarm in vergelijking met andere laagveengebieden met goed ontwikkelde trilvenen. Een grote invloed van basenrijk, bicarbonaatrijk oppervlaktewater blijkt de vitaliteit van veenmossen sterk te remmen (Koks et al., 2019; Aggenbach et al., dit nummer; Koks



Figuur 3. Links de pH uitgezet tegen de bicarbonaatconcentratie. Rechts de pH uitgezet tegen de calciumconcentratie. In beide figuren zijn metingen in 2018 van de onderzochte locaties in De Haak (DH) en de referentielocaties in de Nieuwkoopse Plassen (NK) weergegeven, met onderscheid voor bodemvocht (BV) en oppervlaktewater (OW). Als referentie zijn metingen van Diggelen et al. 2018 weergegeven (zie ook Van Dijk et al., dit nummer). De referentiegegevens zijn ingedeeld in verschillende successiestadia van trilvenen naar veenmosrietland: groep 1 (verzuurd veenmosrietland), groep 2 (verzuurd overgangsvveen), groep 3 (basenarm veenmosrietland), groep 4 (basenarm overgangsvveen), groep 5 (eutroof trilveen) en groep 6 (mesotroof trilveen).

et al., dit nummer; foto 3). Verhoogde invloed van basenrijk oppervlaktewater kan hiermee de concurrentiekracht en het verzurende vermogen van veenmossen verlagen, waardoor de voor trilveen kenmerkende basenrijke condities langer in stand blijven.

De nutriëntenconcentraties lijken een minder groot probleem te zijn. Na vergelijking met referentiegebieden van Nederlandse trilveren blijken deze in de wortelzone en het oppervlaktewater van De Haak en de Nieuwkoopse Plassen niet te hoog voor behoud en ontwikkeling van trilveren. Het porievocht van trilveren is in principe fosforarm ($< 1 \mu\text{mol/l}$), en fosfor is hier een limiterende nutriënt voor de plantengroei, waardoor de vegetatie laag blijft (Kooijman et al., 2016; Cusell et al., 2014; Van Diggelen et al., 2018). De hydrologische maatregelen, die de fosfoeraanvoer in beide gebieden hebben verlaagd, hebben wat dat betreft dus een positieve bijdrage geleverd aan de instandhouding van trilveren. De hydrologische maatregelen hebben dus enerzijds een positief effect op de nutriëntenhuishouding, maar anderzijds, vooral voor De Haak, een negatief effect op de basenhuishouding, waardoor behoud en ontwikkeling van trilveren alsnog worden bemoeilijkt. Dit is een dilemma waar steeds meer Nederlandse laagveengebieden mee te maken hebben (onder andere Cusell et al., 2013; Mettrop et al., 2015). Ondanks de beperktere fosfoeraanvoer in De Haak, is er in het gedegradeerde trilveren van De Haak een stijging van de



Foto 3. Afgestorven (verbleekt) gewoon veenmos naast vitaal groen veenmos aan de rand van een petgat in de Nieuwkoopse Plassen, als gevolg van invloed van bicarbonaatrijk oppervlaktewater. (Foto: Gijs van Dijk)

fosforconcentratie in het porievocht opgetreden. Het is niet helemaal duidelijk hoe dit komt, maar mogelijk spelen versterkte mineralisatie na wisselende en dalende waterstanden en de daling van de pH een rol. Ondanks deze stijging blijkt uit chemische analyses dat de vegetatie in het voormalige trilveren nog steeds fosfor-gelimiteerd is. Deze P-limitatie wordt echter ten dele veroorzaakt door de te hoge aanvoer van stikstof in De Haak vanuit atmosferische stikstofdepositie (Van Diggelen et al., 2018). In zowel De Haak als de Nieuwkoopse Plassen overschrijdt de stikstofdepositie de kritische depositiewaarde voor trilveren en veenmosrietland. Daarnaast blijkt uit recente metingen van het RIVM in 2018 en 2019 dat de ammoniakconcentratie van de lucht in De Haak 35 % hoger is dan in het centrale deel van de Nieuwkoopse Plassen (bron: man.rivm.

nl), wat mogelijk een extra verklaring is voor de versnelde achteruitgang van het trilveren in De Haak door versnelde verzuring. De combinatie van verdroging en of wisselende grondwaterstanden, een te hoge stikstofdepositie en dalende invloed van basenrijk oppervlaktewater leidt in veel systemen tot de achteruitgang van trilveren (Van Diggelen et al., 2018).

Hoe nu verder

De teloorgang van het trilveren in De Haak is ernstig te noemen en komt helaas overeen met de achteruitgang die in veel trilveren in het Nederlandse laagveengebied gevonden wordt. De ontwikkeling van nieuw trilveren in de Nieuwkoopse Plassen wekt echter hoop voor het behoud en herstel van trilveren, hoewel de calcium- en bicarbonaatconcentraties in het oppervlaktewater aan de lage kant zijn. We zien dat her en der in de Nieuwkoopse Plassen veenmossen verdwijnen ten faveure van de voor trilveren kenmerkende schorpioenmossen, als gevolg van contact met dit oppervlaktewater. Mogelijkheden voor herstel van het trilveren in De Haak zullen in de toekomst nader onderzocht moeten worden. Versnelde successie naar door veenmossen gedomineerde vegetaties en verzuring ligt door de lage basenrijkdom van het oppervlaktewater echter zowel in De Haak als in de Nieuwkoopse Plassen op de loer. Dit risico wordt versterkt in gebieden die te maken hebben met een nog steeds hoge atmosferische stikstofdepositie die verzurend werkt (onder andere Van Diggelen et al., 2018; Van Dijk et al., dit nummer). In veel laagveengebieden in laag-Nederland is herstel en ontwikkeling van trilveren alleen haalbaar indien de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater laag worden of blijven, zonder dat de



Foto 4. Onderzoekers bezig met het uitvoeren van metingen van het elektrisch geleidend vermogen en het bemonsteren van bodemporiewater in de wortelzone van een trilverenvegetatie in de Nieuwkoopse Plassen. (Foto: Gijs van Dijk)

basenaanvoer daarmee beperkend wordt. In veel gevallen betekent dit dat de invloed van het oppervlaktewater zo groot mogelijk gemaakt dient te worden, maar dat dit dan wel echt fosforarm dient te zijn. Het vergroten van de invloed van dit oppervlaktewater biedt dan ook kansen om verzuring, verdroging en eutrofiëring tegen te gaan en herstel en ontwikkeling van trilveen mogelijk te maken. Het oppervlaktewater in De Haak, en in iets mindere mate in de Nieuwkoopse Plassen, is momenteel zwak gebufferd en is daarmee niet echt ideaal, waardoor het vergoten van de invloed ervan des te belangrijker is. Het is wellicht mogelijk de calcium- en bicarbonaatconcentraties van het oppervlaktewater actief te verhogen door middel van een kalkdosering, maar dit moet eerst op kleine schaal experimenteel uitgetest worden. Op dit moment kan de ongewenste invloed van verzurende processen worden verlaagd door middel van het slim aanleggen van greppels op korte afstand van de hoofdwatertgang en door lokaal kleine stukken aangrenzend aan de greppels af te plaggen, waardoor de vegetatie met oppervlaktewater wordt bevoeid. Hierdoor zijn er ook in De Haak en de Nieuwkoopse Plassen onder de huidige condities nog kansen voor instandhouding en ontwikkeling van trilveen en overgangen naar basenrijk veenmosrietland. In de Nieuwkoopse Plassen wordt hier momenteel al mee geëxperimenteerd met plaggen in visgraatstructuur (Van Dijk et al., dit nummer). Op langere termijn zullen de (nog te herstellen en te ontwikkelen) trilvenen echter kwetsbare systemen blijven, aangezien de kans op verzuring en eutrofiëring in deze gebieden aanwezig blijft, zeker wanneer de te hoge stikstofdepositie niet wordt tegengegaan. Actief beheer en monitoring zullen hierom nodig zijn, om duurzame instandhouding te waarborgen.

Literatuur

Aggenbach, C., G. Cirkel, C. Cusell, G. van Dijk & A. Kooijman, 2021. Trilveenvegetatie herstellen met oppervlaktewaterbevoeding. DLN (122): 96-101.

Cusell, C., A.M. Kooijman, L.P.M. Lamers & I. Mettrop, 2013. Natura 2000 Kennislacunes in de Wieden en de Weerribben. 2013/OBN171-LZ. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken.

Cusell, C., A.M. Kooijman & L.P.M. Lamers, 2014. Nitrogen or phosphorus limitation in rich fens? Edaphic differences explain contrasting

results in vegetation development after fertilization. *Plant and Soil* 384: 153-168.

Diggelen, J.M.H. van, G. van Dijk, C. Cusell, J. van Belle, A.M. Kooijman, T. van den Broek, R. Bobbink, L.P.M. Lamers & A.J.P. Smolders, 2018. Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen, ten behoeve van het behoud en herstel van habitatype H7140 (Natura 2000). 2018/OBN000-LZ. VBNE, Driebergen.

Dijk, G. van, J.M.H. van Diggelen, C. Cusell, J. van Belle, A. Kooijman, T. van den Broek, R. Bobbink, I. Mettrop, L.P.M. Lamers & A.J.P. Smolders, 2021. Chemische condities in trilveen en effecten van stikstofdepositie. DLN 122: 84-87.

Koks, A.H.W., G. Van Dijk, A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & C. Fritz, 2019. The effects of alkalinity and cations on the vitality of *Sphagnum palustre* L. Mires and peat, 24, 1-14.

Kooijman, A.M. & M.P.C.P. Paulissen, 2006. Acidification rates in wetlands with different types of Nutrient limitation. *Applied Vegetation Science* 9: 205-212.

Kooijman, A.M., C. Cusell, L. Hedenäs, L.P.M. Lamers, I.S. Mettrop & T. Neijmeijer, 2020. Re-assessment of phosphorus availability in fens with varying contents of iron and calcium. *Plant and Soil*, 447(1): 219-239.

Kooijman A.M., C. Cusell, C. Aggenbach & G. van Dijk, 2021. Risico's en kansen bij behoud en herstel van basenrijke trilvenen. DLN 122: 80-83.

Mettrop, I.S., A.M. Kooijman, L.P.M. Lamers & C. Cusell, 2015. Peilfluctuaties in het laagveenlandschap: relaties tussen hydrologie, ecosystemedynamiek en Natura 2000-habitattypen, rapport fase 2. Vereniging van Bos- en Natuureigenaren, Driebergen.

Mettrop, I.S., T. Neijmeijer, C. Cusell, L.P.M. Lamers, L. Hedenäs & A.M. Kooijman, 2018. Calcium and iron as key drivers of brown moss composition through differential effects on phosphorus availability. *Journal of Bryology*, 40(4): 350-357.

Stofberg, S., G. van Dijk, J. Mandemakers, C. Cusell, T. Muijen & A. Kooijman, 2019. Verzuring en ontwikkeling van trilveenvegetaties in De Haak, KWR 2019.038.

Provincie Zuid-Holland, 2015. Beheerplan Natura 2000-gebied. Nieuwkoopse plassen en De Haak, periode 2015 - 2021.

Summary

Loss and new development of rich fens in the Nieuwkoopse Plassen

The habitat type rich fens (H7140A) has become a rarity in the Netherlands and is under pressure of acidification and eutrophica-

tion. The natural area De Haak harboured the last well developed rich fen vegetation in the west of the Netherlands. This rich fen vegetation seemed to have disappeared, while in the neighboring area, the Nieuwkoopse Plassen, management measures seemed to be able to restore and develop rich fen vegetation. This study aimed at finding the causes for decreasing quality of the rich fen vegetation in De Haak. Site conditions in De Haak were compared with the restored and newly developed rich fen vegetations in the Nieuwkoopse Plassen and reference vegetations in other Dutch fens. The results showed that the soil moisture in De Haak, and to a lesser extent in the Nieuwkoopse Plassen, are too weakly buffered. Former water management measures showed both positive effects (decreased phosphorus loads) and negative effects (decreased calcium loads). The present well developed rich fen vegetation shows that restoration and development of rich fen vegetation is possible within the area. However, it was also shown that the surface water is very weakly buffered. Future restoration and development of rich fen vegetation is therefore only possible when the vegetation stays in contact with the (nutrient poor and weakly buffered) surface water to counteract acidification, ecological succession, and atmospheric nitrogen deposition.

Dankwoord

Wij danken Provincie Zuid-Holland voor de financiering van deze studie. Tevens danken we Nikki Dijkstra van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en Bruce Michielsen van Hoogheemraadschap van Rijnland voor hun medewerking aan deze studie en het ter beschikking stellen van gegevens. Wij danken Adam Koks en Moni Poelen voor hulp met het opstellen van figuren.

Gijs van Dijk, Fons Smolders
Onderzoekcentrum B-WARE,
Radboud Universiteit
g.vandijk@b-ware.eu

Sija Stofberg
KWR Water Research Institute

Jeroen Mandemakers, Casper Cusell
Witteveen+Bos

Martijn van Schie
Natuurmonumenten

Annemieke Kooijman
Universiteit van Amsterdam