

# Chemische condities in trilveen en effecten van stikstofdepositie

Nederlandse laagveengebieden vormen voor het habitatype overgangs- en trilvenen een zwaartepunt in Noordwest-Europa. In veel van deze gebieden wordt een negatieve trend van verzuring, verdroging en vermessing waargenomen. Hoe deze systemen precies functioneren en welke bijdrage een verhoogde atmosferische stikstofdepositie heeft op de vegetatiesuccessie in kraggenverlandingen, is echter onbekend. In een OBN-onderzoek zijn 110 locaties met overgangs- en trilvenen in 21 Nederlandse laagvenen bemonsterd voor standplaatsfactoren en vegetatiesamenstelling.

**Gijs van Dijk, José van Diggelen, Casper Cusell, Jasper van Belle, Annemieke Kooijman, Tom van den Broek, Roland Bobbink, Ivan Mettrop, Leon Lamers & Fons Smolders**

Nederlandse laagvenen kennen een grote verscheidenheid aan plant- en diersoorten. Veel van de grotere Nederlandse laagvenen zijn dan ook aangewezen als Natura 2000-gebied, onder andere voor de subhabitattypen trilvenen en veenmosrietlanden. Voor veel gebieden dreigt een verslechtering als gevolg van verzuring, verdroging en vermessing. Ook de hoge atmosferische stikstofdepositie in Nederland draagt daar aan bij, maar de manier waarop en de mate waarin zijn niet precies bekend. Inzicht in deze processen is echter noodzakelijk voor het uitvoeren

van adequate behoud- en herstelmaatregelen.

In het OBN-onderzoek *Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen, ten behoeve van het behoud en herstel van habitatype H7140 (Natura 2000)* zijn 110 verschillende locaties onderzocht in overgangs- en trilveen, verspreid over 21 laagvenen (foto 1). De meeste daarvan liggen in Laag-Nederland en een kleiner deel in grondwatergevoede laagten (fig. 1). Het merendeel van de locaties betreft kraggenverlandingen. Bij de selectie is er naar gestreefd om binnen elk gebied zowel

trilveen als veenmosrietland mee te nemen, van zowel goede als matige kwaliteit en met verschillende stikstofdepositieniveaus (de locatie specifieke stikstofdepositie is bepaald met de AERIUS-Monitor in 2015). In 2015 en 2016 zijn alle 110 locaties eenmalig bezocht en bemonsterd in de periode mei t/m augustus. Op elke locatie is een homogeen representatief proefvlak van 2x2 m geselecteerd, waarvan een vegetatieopname (vaatplanten en mossen) gemaakt werd. Daarna zijn monsters van de bodem en van het bodemporiewater verzameld voor chemische analyses. De resultaten zijn gebruikt om een classificatie te maken op basis van vegetatiesamenstelling en correlaties te zoeken met belangrijke factoren, waaronder de stikstofdepositie, nutriëntenhuishouding (stikstof én fosfor) en de basenhuishouding.

## De vegetatiesamenstelling

Met behulp van een TWINSPAN clusteranalyse zijn de onderzochte locaties ingedeeld in zes vegetatiegroepen. Deze vallen uiteen in twee slaapmosgedomineerde groepen van jonge successiestadia, behorend tot het subhabitatype Trilveen (groep 5 en 6), en vier veenmosgedomineerde groepen van oudere successiestadia, behorend tot het subhabitatype Veenmosrietland (groep 1 t/m 4; fig. 2).

De trilveengroep met de beste ecologische kwaliteit (groep 6; mesotroof trilveen) wordt gekenmerkt door veenknikmos, sterrengoudmos, reuzenpuntmos, rood en groen schorpioenmos en gewoon puntmos, en vele zeggensoorten waaronder ronde zegge. De andere trilveengroep met een meer eutrofe vegetatie (groep 5; eutroof trilveen) wordt vooral getypeerd door een dominantie van gewoon puntmos en het ontbreken van schorpioenmossen.

De veenmosgedomineerde vegetaties vallen uiteen in vier vegetatiegroepen. Groep 1 is de meest zure groep (verzuurd veenmosrietland), die wordt gedomineerd wordt door riet, gewoon veenmos en fraai veenmos. Groep 3 betreft basenarm



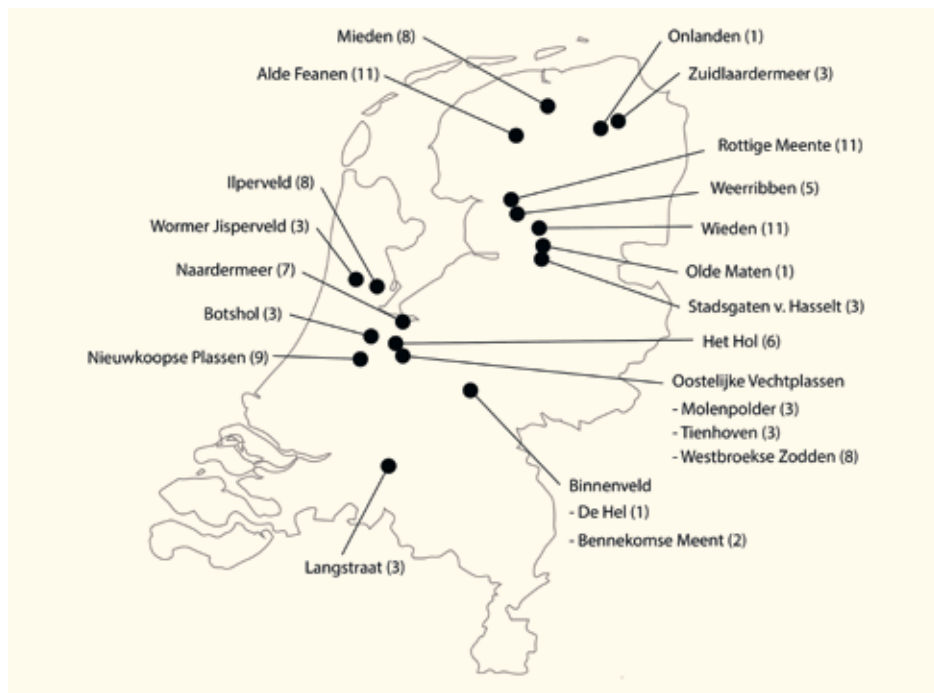
**Foto 1.** Trilveenvegetatie in de Mieden (Friesland) met onder andere waterdriëblad, ronde zegge en rood schorpioenmos waarin met keramische cups bodemporiewater op verschillende diepte verzameld werd. (Foto: Gijs van Dijk)

veenmosrietland, dat wordt gekenmerkt door de soorten van groep 1 in combinatie met een aantal basenminnende, eutrafente soorten zoals koninginnenkruid, moeraszegge en wolfspoot. De laatste twee groepen zijn tussenvormen, met vooral verzurende trilvenen. Groep 2 (verzuurd overgangsveen) wordt getypeerd door gewoon veenmos, moerasstruisgras en gewone waternavel en groep 4 (basenarm overgangsveen) door een hoge bedekking van fraai veenmos samen met gewoon veenmos en riet, in combinatie met meer basenrijke soorten zoals wateraardbei en watermunt. Zie ook het kader in het inleidende artikel (Kooijman et al., dit nummer) voor een beschrijving van de vegetatieve successie in kraggenverlandingen in het Nederlandse laagveenlandschap.

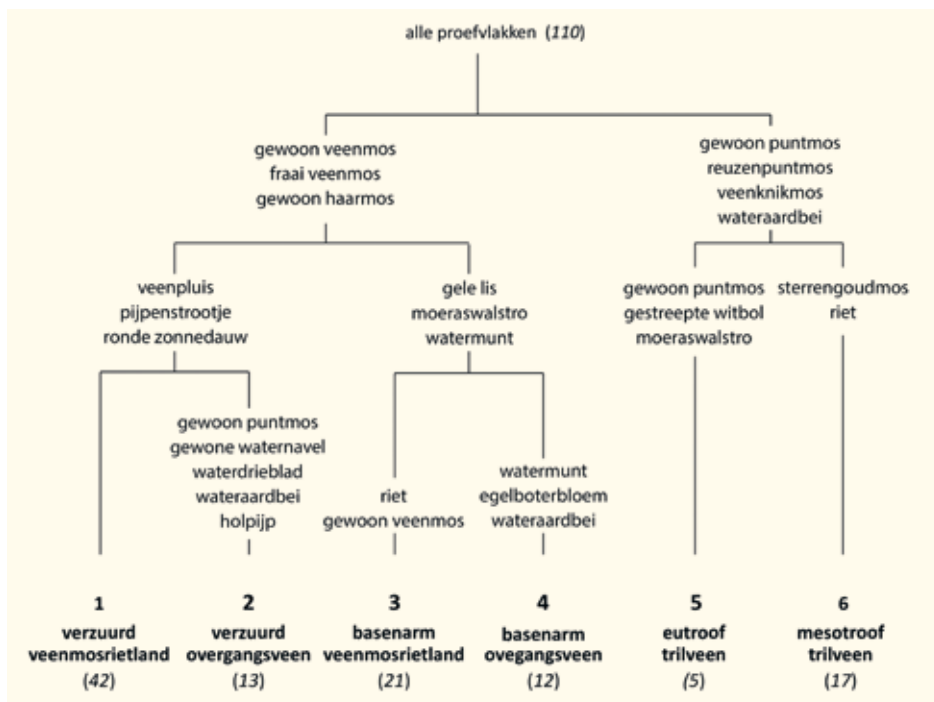
Grof samengevat is de gemiddelde biomassa van mossen hoger in veenmosrietland (groep 1 en 3) en zuur overgangsveen (2) dan in trilveen (5 en 6) en basenarm overgangsveen (4). Er is een duidelijke dominantie van slaapmosses in de trilvenen, een dominantie van veenmosses in de basenarme vegetaties en een groter aandeel van haarmosses in de meest zure groepen. De totale vaatplantenbedekking neemt toe van verzuurd veenmosrietland tot eutroof trilveen (groep 1 t/m 5), en is in mesotroof trilveen (6) weer iets lager. Bij de grasachtigen verschilt het aandeel grassen en cypergrassen tussen de groepen: trilveen en basenarm overgangsveen kennen een hogere bedekking van cypergrassen, terwijl veenmosrietland en beide groepen overgangsveen een hogere bedekking van grassen kennen. Het basenarm veenmosrietland wordt gekenschetst door een hogere bedekking van grassen dan alle andere groepen. De bedekking van russen verschilt niet tussen de groepen.

### Standplaatsfactoren

De standplaatsfactoren van alle proefvlakken zijn onderzocht door middel van het bemonsteren en analyseren van de chemische samenstelling van de bodem en het bodemporiewater op 10 cm diepte in de bodem. Bicarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ) blijkt een veel hogere concentratie te hebben in mesotroof trilveen dan in de andere groepen (fig. 3), daarnaast zijn de pH, grondwaterstand, de zuurbuftercapaciteit van de bodem en de Ca-concentratie in het bodemvocht belangrijke differentië-



**Figuur 1.** De in het onderzoek onderzochte laagveengebieden met tussen haakjes het aantal bemonsterde proefvlakken.



**Figuur 2.** Cluster dendrogram waarin de 110 proefvlakken op basis van de vegetatiesamenstelling zijn ingedeeld in zes verschillende successiestadia, van trilvenen naar veenmosrietlanden; groep 1 t/m 6, met het aantal proefvlakken per groep tussen haakjes. Tevens zijn hier de soorten waar de groepen zich door onderscheiden opgenomen bij de desbetreffende tak van een splitsing.

rende factoren voor de vegetatiegroepen. Trilvenen hebben een relatief hoge pH en zuurbuftercapaciteit en veenmosrietlanden een lagere pH en lagere zuurbuftercapaciteit. Daarnaast speelt ook de toename van veenmosses een belangrijke rol vanwege de actieve bijdrage aan verzuring (Kooijman & Bakker, 1994).

### Effecten van stikstofdepositie

De atmosferische stikstofdepositie in Nederland is sinds de jaren negentig flink

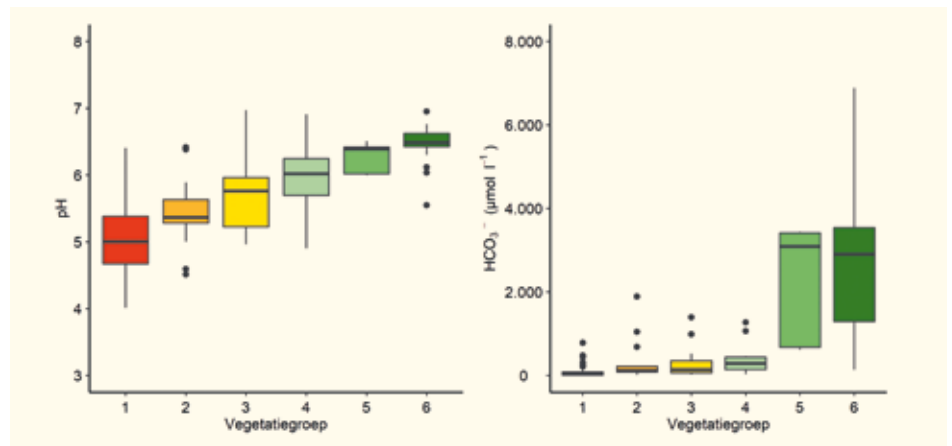
gedaald. Op dit moment neemt deze echter niet meer verder af, terwijl het huidige niveau nog steeds (fors) te hoog is voor veel gevoelige habitattypen. De kritische depositiewaarden (KDW) die voor de subhabitattypen trilveen en veenmosrietland zijn vastgesteld (respectievelijk 17 kg N/ha/jaar (1.214 mol N/ha/j) en 10 kg N/ha/j (714 mol N/ha/j)) worden nog ruimschoots overschreden, met name voor veenmosrietland (Bobink, 2021). De negatieve effecten van

atmosferische stikstofdepositie kunnen zich op verschillende manieren manifesteren. Direct of indirect kan de depositie leiden tot verzuring van de bodem, maar ook tot vermisting door de verhoogde beschikbaarheid van ammonium en zelfs tot ammonium-toxiciteit voor de vegetatie (Paulissen et al., 2016).

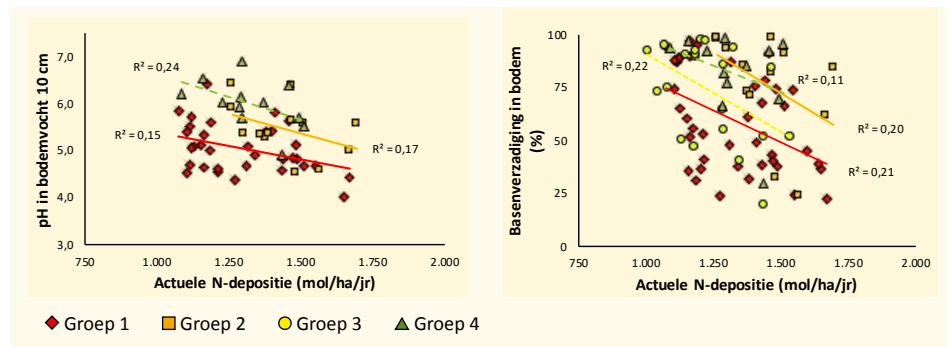
De basenrijkdom van de bodem en hiermee de gevoeligheid voor verzuring wordt door meerdere factoren beïnvloed. Eén van de belangrijke factoren is de grondwaterstand: een lagere grondwaterstand leidt tot verzuring. Voldoende aanvoer van basenrijk grond- of oppervlaktewater is cruciaal voor de instandhouding van basenrijke condities. Naast de grondwaterstand beïnvloedt ook de verzurende werking van een hoge stikstofdepositie op termijn de basenrijkdom van de bodem. In basenrijke trilvenen is de zuurbuffercapaciteit (de concentratie  $\text{HCO}_3^-$ ) (nog) hoog genoeg om een hoge zuurlast te compenseren. Een hogere stikstofdepositie leidt hierdoor niet direct tot een meetbaar lagere pH in trilveen, terwijl dit in de overgangsvenen met een lagere zuurbuffercapaciteit wel het geval is (fig. 4). In figuur 4 zijn alleen de overgangsvenen en veenmosrietlanden (groep 1 t/m 4) weergegeven, omdat hier significante correlaties zijn aangetroffen met lagere pH en basenverzadiging bij hogere stikstofdepositie. In de trilveengroepen (groep 5 en 6) is geen verband aangetroffen. Ook neemt bij een hogere stikstofdepositie de gemiddelde veenmosbedekking toe, wat vervolgens weer een versterkend effect heeft op de verzuring van het systeem. In vergelijking met buitenlandse trilvenen hebben Nederlandse trilvenen bij een vergelijkbare basenverzadiging wel een lagere pH. Dit wijst op een verzuring

### Nederlandse trilvenen en overgangsvenen in Europees perspectief

De vegetatiesamenstelling van de onderzoeklocaties in Nederland is ook vergeleken met Europese referentievegetaties (kraggenverlandingen en grondwatergevoede venen). Vergeleken met venen in Polen, Zweden en Ierland blijken ook de 'goede' Nederlandse trilvenen (groep 6, mesotroof trilveen) van relatief mindere kwaliteit. Dit wordt vooral veroorzaakt door de relatief hoge bedekkingen van gewoon puntmos en een lagere bedekking van karakteristieke soorten als geel en groen schorpioenmos, schubzegge en armbloemige waterbies. In buitenlandse referentiegebieden met rood schorpioenmos en een lage stikstofdepositie ligt de pH rond de 7 bij een calciumgehalte van 40 mg/l. In Nederland is de pH bij 40 mg/l calcium maar 6,3 (Kooijman, 2012). Voor pH 7 is in de Nederlandse trilvenen een calciumgehalte nodig van 60 mg/l, wat betekent dat in Nederland de aanvoer van bufferstoffen aanmerkelijk hoger moet zijn. Voor veenmosrietlanden kon geen goede vergelijking met buitenlandse referenties worden gemaakt, omdat die daar vrijwel niet voorkomen.



**Figuur 3.** Boxplots van links de pH en rechts de bicarbonaatconcentratie ( $\text{HCO}_3^-$ ) in het bodemporiewater op 10 cm diepte in de bodem. De proefvlakken zijn ingedeeld in vegetatiegroepen op basis van figuur 2. Per groep zijn de resultaten weergegeven in een blok, het blok geeft de range weer waarin 50 % van de waarnemingen vallen. De zwarte lijn is de mediane waarde, uitschieters zijn opgenomen met zwarte punten. Links is een duidelijke patroon zichtbaar met een toenemende pH van de veenmosrietlanden en overgangsvenen (groep 1 t/m 4) tot de trilvenen (groep 5 en 6). In het figuur rechts is duidelijk te zien dat vooral in de beide trilveengroepen (groep 5 en 6) hogere bicarbonaatconcentraties voorkomen. Die zijn daardoor beter gebufferd tegen verzuring.



**Figuur 4.** De relatie tussen de actuele stikstofdepositie in Nederland (in mol/hectare/jaar) en de pH (links) en de basenverzadiging (rechts) in de toplaag van de bodem met correlatiecoëfficiënten ( $R^2$ ) per groep. De proefvlakken zijn ingedeeld in groepen op basis van figuur 2, groep 1 in rood, groep 2 in oranje, groep 3 in geel en groep 4 in licht groen. De figuren laten zien dat in veenmosrietlanden en overgangsvenen de pH en basenverzadiging lager zijn bij hogere N-depositie niveaus.

en een grote noodzaak voor de aanvoer en bodeminfiltratie van (fosfor-arm) basenrijk water in Nederlandse trilvenen. Omdat Nederland een hoog aandeel aan verzuurde trilvenen en overgangsvenen heeft in vergelijking met andere Europese landen, is het zeer aannemelijk dat de successie versneld is door de hoge atmosferische stikstofdepositie. Omdat

de nog bestaande trilvenen goed gebufferd zijn tegen verzuring, leidt hoge stikstofdepositie hier niet direct tot een meetbaar lagere pH. In de overgangsvenen en veenmosrietland is de zuurbuffercapaciteit laag. Hierdoor leidt de verzuring daar wel tot een directe afname van de pH. Per 100 mol N/ha/jaar (1,4 kg N/ha/jaar) vindt er een gemiddelde afname van 6 % van de basenverzadiging in de overgangsvenen plaats (fig. 4). De beschikbaarheid van nutriënten blijkt sterk bepalend voor de kwaliteit van de aanwezige vegetatiegroepen (Van Diggelen et al., 2018). De trilvenen van goede kwaliteit, met karakteristieke slaapmossen, worden gekenmerkt door een lage fosforbeschikbaarheid met fosfor als limiterende voedingsstof voor de productie (Cusell et al., 2013). Doordat fosfor limiterend is voor de vaatplantengroei in de Nederlandse mesotrofe trilvenen, zijn ze minder gevoelig voor het eutrofiërende effect van een hoge stikstofdepositie. Dit betekent echter niet dat de verhoogde

stikstofdepositie geen effect heeft op mesotroof trilveen. Een essentiële voorwaarde is dat de lage fosforbeschikbaarheid in stand wordt gehouden door (1) fosforconcentraties (en vrachten) in aan te voeren oppervlaktewater laag te houden en (2) de mineralisatie van veenmateriaal te beperken door waterstanden tot in maaiveld te houden (Mettrop et al., 2014). Ook stimuleert de aanvoer van calciumrijk en fosforarm water de fosforlimitatie in laagvenen (Kooijman et al., 2020). Het verzurende effect van een hoge N-depositie speelt wel een rol in Nederlandse trilvenen en verhoogde stikstofbeschikbaarheid kan tot ammoniumtoxiciteit leiden (fig. 4; Van Diggelen et al., 2018; Paulissen et al., 2016). In de overgangsvenen (groep 1 t/m 4) is fosfor over het algemeen niet meer beperkend, waardoor naast het verzurende effect, ook het eutrofiërende aspect van een hoge N-depositie een rol gaat spelen in de productiviteit van de vegetatie (Van Diggelen et al., 2018). Dit leidt tot een hoge biomassa van veenmossen en meer eutrafente vaatplanten.

### Conclusies

De Nederlandse trilvenen en overgangsvenen in kraggenverlandingen zijn op basis van vegetatiesamenstelling in te delen in zes verschillen groepen. De bicarbonaatconcentratie, pH, grondwaterstand, de zuurbuffercapaciteit van de bodem en de Ca-concentratie in het bodemvocht zijn belangrijke differentiërende factoren voor de vegetatiegroepen. Het is zeer aannemelijk dat in de Nederlandse situatie bij onvoldoende aanvoer van basenrijk en fosforarm oppervlakte- of grondwater de successie van trilveen naar (verzuurd)veenmosrietland wordt versneld door een verhoogde atmosferische stikstofdepositie, verzuring en verdroging. Een versnelde successie in kraggenverlandingen is niet alleen een bedreiging voor behoud en ontwikkeling van goede kwaliteit jonge successiestadia van trilveen maar ook voor het behoud van de oudere successiestadia zoals de overgangsvenen (waarvan het zwaartepunt van West-Europa voor wat betreft veenmosrietland, in Nederland ligt). Het is dan ook belangrijk dat de huidige te hoge atmosferische stikstofdepositieniveaus in Nederland op korte termijn verder worden gereduceerd door brongerichte maatregelen in combinatie met duurzaam hydrolo-

gisch herstel van de Nederlandse laagveengebieden.

Voor behoud van slaapmosgedomineerd mesotroof trilveen (groep 6) in Nederland is het, zeker bij de huidige hoge N-depositie, essentieel dat de hydrologische omstandigheden goed zijn of geoptimaliseerd worden, zodat er voldoende aanvoer en infiltratie van gebufferd (Ca- en HCO<sub>3</sub>-rijk) en fosforarm oppervlakte- of grondwater is en verdroging wordt voorkomen. Trilveenvegetaties hebben een continue aanvoer van basen nodig om duurzaam voor te komen en door de extra verzuring door N-depositie is extra aanvoer nodig.

### Literatuur

- Bobbink, R., 2021.** Effecten van stikstofdepositie nu en in 2030: een analyse. RP-20.135.21.35. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- 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 Agro-kennis, Ministerie van Economische Zaken, 356 pp.
- Diggelen, J.M.H. van, G. van Dijk, C. Cusell, J. van Belle, A.M. Kooijman, T. van den Broek, R. Bobbink, I.S. Mettrop, L.P.M. Lamers & A.J.P. Smolders, 2018.** Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangsvenen, ten behoeve van het behoud en herstel van habitatype H7140 (Natura 2000). 2018/OBN000-LZ. VBNE, Driebergen.
- Kooijman, A.M. & C. Bakker, 1994.** The acidification capacity of wetland bryophytes as influenced by clean and polluted rain. *Aquatic Botany* 48: 133-144.
- Kooijman, A.M. 2012.** 'Poor rich fen mosses': atmospheric N-deposition and P-eutrophication in base-rich fens. *Lindbergia* 35: 42-52
- 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.
- Mettrop, I.S., C. Cusell, A.M. Kooijman & L.P.M. Lamers, 2014.** Nutrient and carbon dynamics in peat from rich fens and Sphagnum-fens during different gradations of drought. *Soil Biology and Biochemistry* 68: 317-328.
- Paulissen, M.P., R. Bobbink, S.A. Robat & J.T. Verhoeven, 2016.** Effects of reduced and oxidised nitrogen on rich-fen mosses: a 4-year field experiment. *Water, Air, & Soil Pollution* 227(1): 1-14.

### Summary

#### Chemical characteristics of Dutch poor and rich fens and effects of atmospheric nitrogen deposition

The vegetation composition of Dutch poor and rich fens of terrestrialization peatlands can be divided into six groups, from mesotrophic brownmoss dominated rich fens to acidic sphagnum moss dominated poor fens. The porewater bicarbonate concentration, pH, calcium concentration, groundwater level, and the acid buffering capacity in the soil are important differentiating factors for the vegetation groups. It is very likely that in the Dutch situation, with insufficient supply of base-rich and low-phosphorus surface or groundwater, the succession of rich fens to poor fens is accelerated by increased atmospheric nitrogen deposition, acidification, and desiccation. Accelerated succession is not only a threat to the preservation and development of good quality young succession stages of rich fens, but also to the preservation of the older succession stages such as the (acidified) poor fens and transitional fens. It is therefore important that the current high atmospheric nitrogen deposition levels in the Netherlands are further reduced in the short term.

### Dankwoord

Onze dank gaat uit naar de beheerders van alle onderzoeksgebieden voor de mogelijkheid om onderzoek te verrichten en gebiedskennis, naar OBN en de VBNE voor de financiering en naar Adam Koks voor hulp met een figuur.

Gijs van Dijk, José M.H. van Diggelen, Roland Bobbink, Leon P.M. Lamers, Alfons J.P. Smolders  
Onderzoekcentrum B-WARE/Radboud Universiteit  
g.vandijk@b-ware.eu

Casper Cusell  
Witteveen + Bos

Jasper van Belle  
Van Hall Larenstein

Annemieke M. Kooijman  
Universiteit van Amsterdam

Tom van den Broek  
Royal HaskoningDHV

Ivan Mettrop  
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek