

Hierna volgend artikel is afkomstig uit:

De Levende Natuur

Doelstelling van 'De Levende Natuur' Het informeren over ontwikkelingen in onderzoek, beheer en beleid op het gebied van natuurbehoud en natuurbeheer, die van belang zijn voor Nederland en België.

De artikelen zijn vooral gebaseerd op eigen ecologisch onderzoek, ervaring of waarneming van de auteurs. De Levende Natuur verschijnt 6x per jaar, waaronder tenminste 1 themanummer. **Meer informatie op:**



www.delevendenatuur.nl

JA ik wil graag een abonnement op *De Levende Natuur*

naam: _____

adres: _____

postcode: _____ woonplaats: _____

e-mail: _____ tel.: _____

Ik machtig *De Levende Natuur* om het totale aangekruiste bedrag van mijn rekening af te schrijven:

bank/giro: _____

datum: _____ handtekening: _____

Graag aankruisen:

- ☐ **proefabonnement** – € 9,90 (drie nummers)
- ☐ **particulier** – € 29,50 (NL + B) – overige landen € 35,-
- ☐ **instelling/bedrijf** – € 50,-
- ☐ **student/promovendus** – € 9,90* * (max. vier jaar; graag kopie college- of PhD kaart bijvoegen)

Na vier jaar gaat dit abonnement automatisch over in een regulier abonnement.

De prijsontwikkeling kan het stichtingsbestuur dwingen de tarieven aan te passen.

Tevens bent u gerechtigd om uw bank opdracht te geven het bedrag binnen 30 dagen terug te boeken.

**U kunt zich
abonneren via
onze website**

U kunt ook bijgaande bon uitprinten
en ingevuld opsturen naar:

Abonnementenadministratie
De Levende Natuur,
Antwoordnummer 134
6700 VB Wageningen.

Tel. 0317 - 46 64 39
administratie@delevendenatuur.nl

www.delevendenatuur.nl





Alfons Smolders
José van Diggelen
Johan Loermans
Gijs van Dijk
Mark van Mullekom
Leon Lamers

Het veen- weidegebied: pompen en verzuipen?

In de veenweidegebieden is als gevolg van ontwatering ten behoeve van landbouwkundig gebruik het veen vrijwel overal sterk ingeklonken. Om verdere daling te voorkomen, de waterkwaliteit te verbeteren en liefst veenvormende processen weer te herstellen is onderzoek gedaan naar de precieze bodem- en waterchemieprocessen in deze gebieden. Met deze kennis wordt een aantal nieuwe oplossingsrichtingen besproken.



Ontwatering en verzoeting

Na de ijstijden ontwikkelden zich in West-Nederland dikke pakketten hoog- en laagveen; in die periode lag de zeespiegel veel lager dan nu. De ontginning van dit veenlandschap begon zo'n duizend jaar geleden door het graven van greppeltjes en sloten die afwaterden op de al bestaande veenstroompjes. De bomen werden gerooid en de vegetatie werd verbrand. Op de zo ontgonnen veengronden kon veeteelt en akkerbouw worden bedreven. Als gevolg van de ontwatering begon het veen echter ook in te klinken. Het land begon te dalen, terwijl de zeespiegel langzaam rees. Deze daling werd versterkt doordat er nu zuurstof in de toplaag van het veen door kon dringen, waardoor het geaccumuleerde organische materiaal versneld begon af te breken. Het veen wordt hierbij omgezet in kooldioxide-gas dat naar



Foto 1. Het Hollandse veenweidegebied (onder). In het midden een impressie van het oorspronkelijke (hoog)veenlandschap (foto's: Leon Lamers (boven), Hilde Tomassen (midden) en José van Diggelen (onder).

de atmosfeer verdwijnt. Als gevolg van de maaiveldvaling traden steeds vaker overstromingen op. Om dit te lijf te gaan werden vanaf de 11de eeuw dijken aangelegd. De afwatering van de venen gebeurde via sluizen die bij eb opengingen en water afvoerden. Door de voortschrijdende bodemdaling werd dit echter steeds moeilijker. Bemaling, in eerste instantie met windmolens en later met gemalen, gaf een nieuwe impuls aan de landbouw, maar leidde tevens tot een versnelling van de maaiveldvaling. De totaalbalans is dat in de afgelopen duizend jaar het veenlandschap 3 tot 4 meter is gezakt, terwijl de zeespiegel met 1,5 meter is gestegen. Het landschap is onherkenbaar veranderd en heeft ons de unieke veenweidegebieden opgeleverd (Meulenkamp et al., 2007; foto 1).

Een groot deel van de West-Nederlandse veengebieden werd vroeger regelmatig overstroomd door de Zuiderzee, hetgeen uiteindelijk leidde tot de uitvoering van de Zuiderzeewerken. Na het gereedkomen van de Afsluitdijk in 1932 zijn het hierdoor ontstane IJsselmeer en de hieraan grenzende waterlichamen snel verzoet. Sinds 1932 is de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater van laag Nederland met ruim een factor 10 gedaald naar waardes (ver) onder de 1000 mg Cl.L⁻¹. Tegelijk met de zoutconcentratie zijn ook de bijzondere brakwatergerelateerde natuurwaarden afgenomen (van Dijk et al., 2012, 2013).

Problemen met de water- en bodemkwaliteit: interne processen

Als gevolg van de nog steeds voortschrijdende veenaafbraak hebben we in het Nederlandse laagveenlandschap te maken met ernstige waterkwaliteitsproblemen. Zo leidt de snelle veenaafbraak tot de vorming van bagger die ophoopt in de sloten. Als gevolg van windwerking, stroming en vaarbewegingen wordt de fijne baggerlaag opgewerveld, waardoor het water troebel wordt (van Diggelen et al., 2013). Daarnaast leidt de oxidatie van het veen tot het vrijkomen van veel sulfaat (Vermaat et al., 2013). Het West-Nederlandse veen is vaak rijk aan gereduceerd zwavel als gevolg van de voormalige invloed van de zee. Een deel van het gereduceerde zwavel is gebonden aan gereduceerd ijzer in de vorm van pyriet. Dit gereduceerde zwavel wordt geoxideerd wanneer het in aanraking komt met zuurstof, waarbij het wordt omgevormd tot sulfaat. Dit sulfaat is, in tegenstelling tot het gereduceerde zwavel,

mobiel en kan gemakkelijk uitspoelen naar de sloten. In de slootbodems reageert het sulfaat met organisch materiaal (veen) waardoor het wordt omgevormd tot sulfide. Ook komen bij deze afbraak van het veen nutriënten vrij in de vorm van ammonium en fosfaat. Dit wordt versterkt doordat het sulfide bindt aan ijzer waarbij ijzersulfiden (waaronder pyriet) worden gevormd en waardoor aan ijzer gebonden fosfaat vrijkomt (Smolders et al., 2006). Uiteindelijk kan er in de onderwaterbodems ook vrij sulfide ophopen. In hoge concentraties is dit toxisch voor wortelende waterplanten en bodemfauna. Al met al leidt de uitspoeling van sulfaat uit de oxiderende veenbodems tot een verslechtering van de waterkwaliteit (van Diggelen et al., 2013).

Bij de afbraak van het veen verdwijnt de koolstof naar de atmosfeer en blijven de geoxideerde mineralen achter. Het ijzer dat vrijkomt bij de oxidatie van het veen blijft als ijzer(hydr)oxide ('roest') in de toplaag van de bodem achter (Smolders et al., 2012; van Diggelen et al., 2013). Deze verbindingen zijn zeer slecht oplosbaar zolang de bodem geoxideerd blijft. Ook het fosfaat dat bij de veenaafbraak vrijkomt blijft grotendeels achter in de toplaag van de bodem, doordat het wordt gebonden aan geoxideerd ijzer. Bemesting van de weilanden leidt tot een verdere toename van de fosforconcentratie in de toplaag van de veenweidebodems. Metingen in het Wormer- en Jisperveld laten zien dat met name de toplaag van de veenweidebodems

(overwegend de bovenste 20 tot 50 cm) rijk zijn aan ijzer en fosfor (van Diggelen et al., 2013). De fosforrijkdom heeft als consequentie dat hoge waterstanden in de percelen leiden tot de mobilisatie van fosfaat. Wanneer de zuurstof uit de bodem verdwijnt, wordt het geoxideerde ijzer namelijk weer gereduceerd. Hierdoor lost het deels op, waardoor fosfaat dat gebonden was aan het ijzer vrij kan komen (van Diggelen et al., 2013). Dit fosfaat kan vervolgens uitspoelen naar de diepere veenbodems waar het in oplossing blijft. Dit is de reden waarom we dieper in de veenweidebodems vaak een hoge fosfaatconcentratie meten. Daarnaast kan het fosfaat ook uitspoelen naar het oppervlaktewater, waardoor eutrofiëring van sloten optreedt. Er is dus duidelijk sprake van een dilemma. Hoge waterstanden kunnen leiden tot de mobilisatie van fosfor, terwijl lage waterstanden leiden tot veenoxidatie, bodemdaling en het vrijkomen van sulfaat (fig. 1). Beide kunnen tot een slechte waterkwaliteit leiden.

(Flexibel) Peilbeheer

Behalve deze interne processen speelt ook het waterpeilbeheer een zeer grote rol. Dankzij de zeer efficiënte gemalen, de goed onderhouden afwateringssysteem en de kundigheid van de waterschappen kan het waterpeil in laag Nederland bijna tot op de centimeter nauwkeurig worden gereguleerd. Kenmerkend voor een gereguleerd peilbeheer is dat de toegestane marge klein is. In veenweidegebieden is

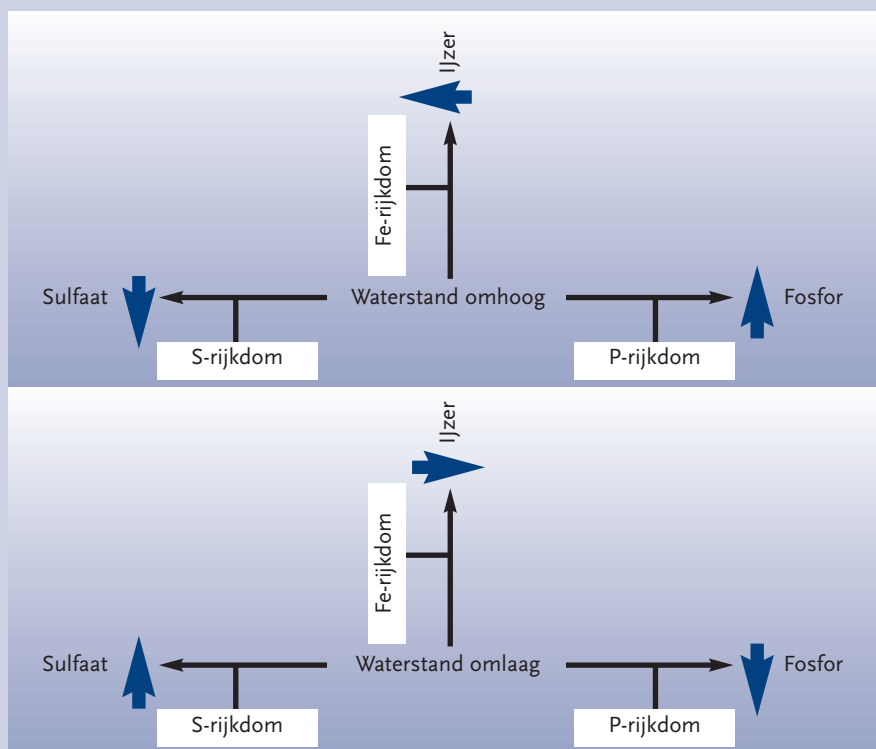


Fig. 1. Schematische voorstelling van de effecten van een hogere (bovenste deel) en lagere (onderste deel) grondwaterstand op de beschikbaarheid van zwavel, fosfor en ijzer.

vaak sprake van een vast zomer- en winterpeil, waarbij het zomerpeil meestal hoger is dan het winterpeil. Dit omgekeerde peilbeheer wordt ingegeven door de wens om in het voorjaar vroeg op het land te kunnen en de percelen sneller te laten opwarmen, zodat het gras eerder gaat groeien. Dit betekent dat er in de wintermaanden, wanneer er sprake is van een regenwateroverschot, veel water wordt uitgelaten. In de zomer is er echter sprake van een regenwatertekort en dreigen de percelen te verdrogen. Daarom worden in de zomermaanden de waterstanden in de sloten hoger gehouden, zodat het water uit de sloten kan infiltreren. Er is dus sprake van een geforceerd, tegennatuurlijk waterpeilregime.

De grote hoeveelheden water die in de zomer nodig zijn, moeten worden ingelaten vanuit de boezem. De waterkwaliteit van de boezem wordt bepaald door het hierop uitgepompte water, dus ook het water dat in de winter uit de oxiderende en bemeste veenweidegebieden is weggepompt. Het boezemwater is hierdoor van een relatief slechte kwaliteit. In tegenstelling tot regenwater is het erg hard, heeft het hoge chloride- en sulfaatconcentraties en is het rijk aan nutriënten (fosfor en stikstof). In het kader van het project 'Flexibel peilbeheer, van denken naar doen!' is tussen 2010 en 2012 geëxperimenteerd met een zogenaamd flexibel waterpeilbeheer waarbij er meer ruimte wordt gegeven aan peilfluctuaties (Schep et al., 2012). Dit is ingegeven door de Kaderrichtlijn Water die waterbeheerders verplicht hun wateren vanaf 2015 van een goede kwaliteit te laten zijn. Het binnen de huidige randvoorwaarden gecontroleerd herstellen van de natuurlijke dynamiek (flexibel peilbeheer) kan hieraan een belangrijke bijdrage leveren. Bovendien brengt een flexibel peilbeheer aanzienlijke kostenbesparingen met zich mee, omdat er minder geslept hoeft te worden met water.

Het onderzoek in de Ronde Hoep (kader 1) laat zien dat een flexibel peilbeheer waarbij het waterpeil in de winter hoger mag stijgen en het ook in de zomer natter wordt, leidt tot veel minder inlaat van 'gebiedsvreemd' oppervlaktewater. Een aantal waterkwaliteitsparameters, zoals waterhardheid, sulfaat- en chlorideconcentraties, verbeteren hierdoor aanzienlijk. Helaas namen de fosfor- en de stikstofconcentraties van het oppervlaktewater in de Ronde Hoep niet af. Het water bleef extreem eutroof. In 2012 was er in het flexpeilge-

Kader 1. Ronde Hoep

In het centrale deel van het veenweidegebied de Ronde Hoep is een flexibel peilbeheer ingesteld. Binnen het flexpeilgebied is een maximum- en een minimumpeil vastgesteld van respectievelijk -2,45 en -2,80 m t.o.v. NAP, waarbinnen het peil in principe vrij mag fluctueren. Daarbuiten wordt het traditionele omgekeerde waterpeilbeheer gehandhaafd. We zien dat de waterkwaliteit onder invloed van het flexibel peilbeheer spectaculair is veranderd (fig. 2; Smolders et al., 2012). In het controlegebied gaat de inlaat van boezemwater gepaard met een zeer forse toename van de chlorideconcentraties. In juni 2011 nam ook in het flexpeilgebied de chlorideconcentratie tijdelijk fors toe, omdat er vanwege de extreme droogte van dat jaar ook hier tijdelijk boezemwater moest worden ingelaten. In 2012 was dit niet het geval en zijn de verschillen in waterkwaliteit dan ook zeer groot. Binnen het flexpeilgebied komt de chlorideconcentratie niet boven de 2200 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ (80 mg.L^{-1}), terwijl deze buiten het flexpeilgebied oploopt tot bijna 15.000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ (530 mg.L^{-1}). Ook de waterhardheid is 3 tot 4 maal lager in het flexpeilgebied dan daarbuiten (fig. 2). De grote schommelingen worden veroorzaakt door verdunning als gevolg van regen en door de inlaat van chloriderijk en hard boezemwater. Ook sulfaat komt binnen via het inlaatwater, maar daarnaast speelt ook afspoeling van de percelen een belangrijke rol, met name buiten het flexpeilgebied (gebruikelijke peilbeheer). In de wintermaanden loopt de sulfaatconcentratie in dit gebied hoog op, doordat de waterstand in de sloten dan kunstmatig laag wordt gehouden. Hierdoor worden percelen ontwaterd waardoor sulfaat dat als gevolg van de in de tekst beschreven oxidatieprocessen in de percelen vrijkomt, in de sloten terecht komt. In de zomermaanden wordt het sulfaat gereduceerd in de onderwaterbodem waardoor de concentraties weer dalen.

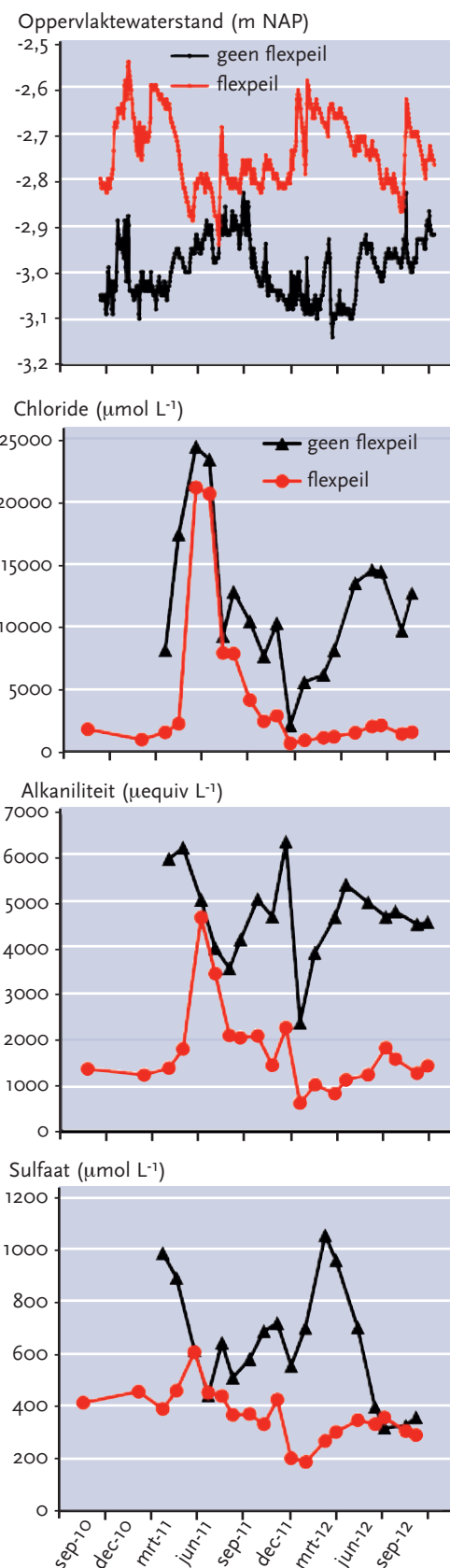


Fig. 2. Flexibel peilbeheer. Effecten van een flexibel peilbeheer op de oppervlaktewaterstanden, en op de chloride- en sulfaatconcentraties en alkaliniteit van het oppervlaktewater in de Ronde Hoep (naar Smolders et al., 2012).

Foto 2. Veenvormende vegetaties in de Oosterpolder nabij Groningen. Hier werd in 1999 de bouwvoor verwijderd (foto's: Mark van Mullekom).

bied zelfs sprake van een toename van de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater. Dit hangt samen met het feit dat als gevolg van de hoge waterstanden in delen van het gebied percelen onder water kwamen te staan. Hierdoor vond er veel mobilisatie plaats van nutriënten vanuit de omliggende voedselrijke percelen. Daarnaast vindt er als gevolg van de verminderde doorstroming ook minder afvoer van nutriënten plaats, terwijl de zeer rijke onderwaterbodems wel fosfor en stikstof naleveren naar de waterlaag. We kunnen dus concluderen dat een meer natuurlijk peilbeheer kan leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit in veenweidegebieden (minder sulfaat en chloride en een lagere alkaliniteit), maar dat de erfenis uit het verleden, in ieder geval op de korte termijn, een afname van de voedselrijkdom van het water in de weg staat. Overigens is een flexibel peilbeheer waarbij het waterpeil in de zomer daalt waarschijnlijk veel minder gunstig, zeker voor bestaande hoogwaardige natuur. In de Wieden bleek dat bij een experimenteel hoger winterpeil en een lager zomerpeil door veranderingen in waterchemie bestaande trilvenen juist achteruit kunnen gaan, omdat er verdroging en verzuring kan optreden (Cusell et al., 2013).

Herstel van veenvormende vegetaties

Om de daling van het maaiveld te stoppen is het onvermijdelijk dat er in de veenweidegebieden meer aandacht komt voor het herstel van veenvormende vegetaties. De zeer voedselrijke toplaag van de weilanden staat echter herstel van veenvormende vegetaties in de weg. Om de veenvormende veenmossen een kans te geven moet verzuivering door hoog opgroeiende vegetaties worden voorkomen. In de Oosterpolder is door het Groninger Landschap een eerste succesvolle stap gezet naar het herstel van veenvorming. Het bijzondere van de Oosterpolder is dat hier in 1999 in een deel van het gebied de bouwvoor is verwijderd. Vanaf 2007 heeft het Groninger Landschap het herstelde terrein in zomer-maaibeheer genomen, waarbij jaarlijks wordt gemaaid en het maaisel wordt afgevoerd. In de Oosterpolder ontwikkelt zich nu een minerotrofe moerasvegetatie met



Kader 2. Azolla-boeren?

Grote kroosvaren is een watervaren uit de vlotvarenfamilie die al sinds de 19e eeuw in Nederlandse oppervlaktewateren voorkomt. Hier kan hij dikke tapijten vormen op met name fosfaatrijk water. De kroosvaren leeft in symbiose met de bacterie *Anabaena azollae*. Deze bacterie bindt stikstof uit de lucht, waardoor de kroosvaren nooit gebrek heeft aan deze voedingsstof. De symbiose zorgt ervoor dat kroosvaren in water kan groeien dat relatief rijk is aan fosfor, ongeacht het stikstofgehalte van het water. Uit experimenten is gebleken dat kroosvaren tot 90 kg fosfor per hectare per jaar kan onttrekken uit geïnundeerde landbouwbodems. Deze grond wordt op deze wijze 'gereinigd' van de nutriënten die erin aanwezig zijn. Nadat de kroosvaren de nutriënten uit de bodem heeft verwijderd, kan de grond op termijn (enkele decennia) worden gebruikt voor de ontwikkeling van nieuwe veenvormende natuur. De kweek van kroosvaren biedt dus goede kansen om landbouwgronden op termijn om te vormen tot natuur, terwijl tegelijkertijd het fosfor uit de bodem gewonnen wordt. Omdat Azolla een waterplant is, kan op deze wijze het verschralen van de grond samengaan met waterberging. Met name voor veenbodems is dit van groot belang, omdat door inundatie de veenoxidatie, en daarmee maaiveld daling, onmiddellijk tot stilstand komt. Wil zuivering door Azolla op grotere schaal mogelijk zijn, dan is het natuurlijk belangrijk dat er een afzetmarkt is voor de kroosvaren. Azolla is rijk aan fosfor en stikstof en is een uitstekende groenbemester voor gewassen. Deze vorm van bemesten wordt al decennia lang gebruikt in Aziatische rijstvelden. In de rest van de wereld is deze bemestingsmethode echter nog weinig bekend. Ook de verhoudingen tussen de nutriënten en eiwitten in de kroosvaren zijn gunstig, zodat de gekweekte Azolla ook prima gebruikt kan worden als veevoer.

soorten als Haakveenmos (*Sphagnum squarrosum*), Draadzegge (*Carex lasiocarpa*), Kale jonker (*Cirsium palustre*) en Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) (foto 2). Op termijn, wanneer het contact met de gebufferde bodem zal afnemen, kunnen onder meer zure omstandigheden hoogveenvegetaties tot ontwikkeling komen. Ook in het IJperveld is kort geleden een project gestart waarin geprobeerd wordt om veenvorming op gang te brengen. Er zal worden geëxperimenteerd met combinaties van plaggen, vernatten en het inbrengen van verschillende veenmossoorten (van de Riet et al., dit nummer). Veenvormende vegetaties leggen nutriënten vast in tegenstelling tot de huidige weilanden waar veenaafbraak alleen maar leidt tot het vrijkomen van grote hoeveelheden nutriënten en broeikasgassen. Het herstel van veenvormende vegetaties zal dan ook automatisch leiden tot een sterke verbetering van de waterkwaliteit. Er zijn ontwikkelingen gaande met betrekking tot milieuvriendelijke methoden om fosfaat terug te winnen uit voormalige landbouwbodems. Eén van deze methodes is de kweek van Grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*) op voormalige, nu geïnnundeerde landbouwgrond (kader 2).

Verbrakking

De voormalige invloed van de Zuiderzee heeft de Noord-Hollandse venen een – op wereldschaal – uniek karakter gegeven, met brakwatersoorten in een veenland-schap. Het gaat hierbij om waterplantengemeenschappen met Groot nimfkruid (*Najas marina*), Gebogen kransblad (*Chara connivens*), Stekelharig kransblad (*Chara hispida*) en Snavelruppia (*Ruppia maritima*), maar ook om moerasruigten met Echt lepelblad (*Cochlearia officinalis*) en Heemst (*Althaea officinalis*). Ook zijn er brakke graslanden met Schorrezoutgras (*Triglochin maritimum*), Aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*), Zilte rus (*Juncus gerardii*) en Zilte schijnspurrie (*Spergularia salina*). Als gevolg van de Zuiderzeewerken zijn de venen echter sterk verzoet, wat natuurlijk negatieve gevolgen heeft voor de aan brakwater gerelateerde natuurwaarden. Binnen het natuurbeheer en -beleid speelt al decennia lang het vraagstuk over het opnieuw verbrakken van voormalig brakke natuur. Definitieve besluiten worden niet genomen, mede vanwege de aanwezige kennisleemtes en onzekerheden over de potentiële effecten van verbrakking op de huidige natuurwaarden en de landbouw.

Om meer te weten te komen over de effecten van verbrakking op de waterkwaliteit onder veldcondities is er daarom een enclosure-experiment opgezet in het voormalig brakke veengebied IJperveld (van Dijk et al., 2012, 2013). Hiervoor zijn in 2010 enclosures geplaatst in de waterbodem, waarin verschillende zoutconcentraties gehandhaafd worden door het oplossen van zeezout in de waterkolom. Verbrakking van de waterlaag blijkt de nutriëntconcentraties in het poriewater van de onderwaterbodem te verlagen (fig. 3). Verbrakking kan dus leiden tot een afname van de nalevering van nutriënten naar de waterlaag, en daarmee tot een verbetering van de waterkwaliteit. De lagere fosforconcentraties in het poriewater zijn het gevolg van een sterke toename van de calciumconcentratie in het poriewater, waardoor slecht oplosbare calciumfosfaatverbindingen worden gevormd. De calciumconcentraties in het poriewater zijn verhoogd, doordat calciumionen van het bodem-adsorptiecomplex worden verdrongen door natriumionen uit het zeezout (fig. 4). Verbrakking van het oppervlaktewater zal dus niet alleen direct een positief effect hebben op brakwatersoorten in de sloten en op de oevers, maar heeft potentieel ook een positieve invloed op de waterkwaliteit. Veldexperimenten op veldschaal zullen moeten

uitwijzen of her-verbrakking van veenweidegebieden ook daadwerkelijk haalbaar is. Het meest voor de hand ligt dat hiervoor relatief schoon water uit het Noordzeekanaal wordt gebruikt. Het brakke grondwater is meestal te slecht van kwaliteit vanwege de hoge nutriëntenconcentraties en de zeer lage zuurstofconcentraties.

Verminderen opwerveling

Uit experimenten die zijn uitgevoerd in het Wormer- en Jisperveld (van Diggelen et al., 2013) bleek dat de opwerveling van bodemdeeltjes de belangrijkste factor was voor de afwezigheid van ondergedoken waterplanten. Het aanbrengen van 'enclosures' die de opwerveling compleet tegengaan, leidde namelijk tot het ontstaan van kraakhelder water. Dit betekent dat, ondanks de hoge nutriëntenconcentraties van het water, de groei van ondergedoken waterplanten in eerste instantie wordt belemmerd door de opwerveling van bodemdeeltjes. Met name in de ondiepe 'enclosures' (20 cm waterdiepte) kiemde massaal Lisdodde (*Typha latifolia*) die vervolgens dominant werd. Van de diepere enclosures (70 cm waterdiepte) groeide ongeveer de helft dicht met draadalg (FLAB) en de andere helft met kranswieren (vooral *Chara globularis*). Er was hierbij duidelijk sprake van een toevalsfactor wie van de

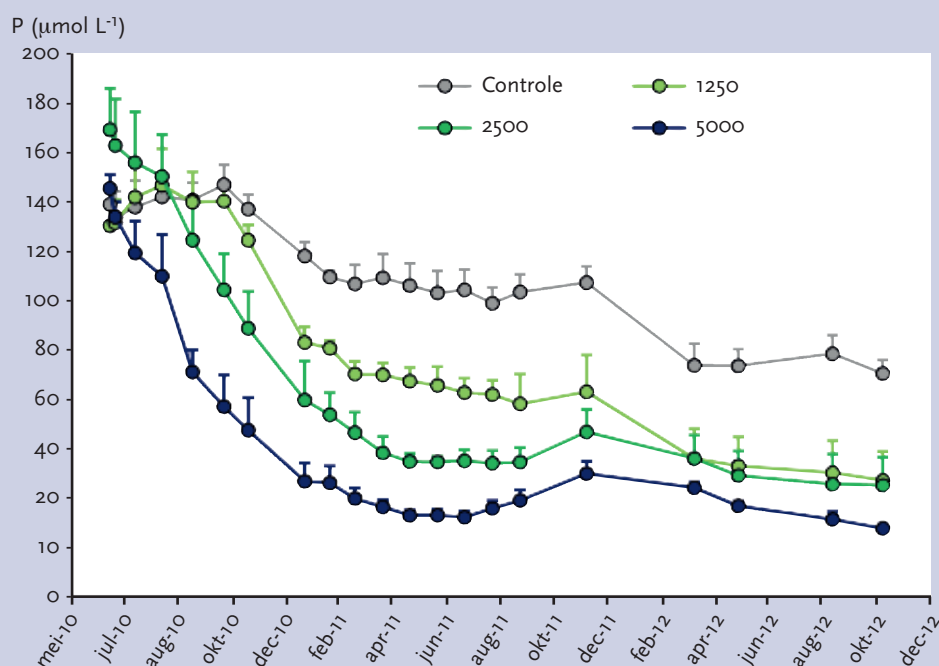


Fig. 3. Verbrakkingsexperiment in het IJperveld. Effecten van verschillende zoutconcentraties in de waterlaag (controle en respectievelijk 1250, 2500 en 5000 mg Cl.L⁻¹) op de fosforconcentratie van het bodemwater (naar van Dijk et al., 2013).

twee de competitie won, aangezien de waterbodem overall erg rijk was aan fosfor en stikstof. De concentraties in de waterlaag waren ook dusdanig hoog dat algen goed tot ontwikkeling zouden moeten kunnen komen. Dit bleek dan ook het geval te zijn, tenzij de kranswieren de concurrentiestrijd wonnen.

Met name voor veenweidegebieden waarvan de waterlaag niet extreem rijk is aan nutriënten biedt dit perspectieven voor een verbetering van de waterkwaliteit. Door het plaatsen van windbrekers en baggerschotten zou de opwerveling van bodemdeeltjes sterk kunnen worden verminderd. Hierdoor ontstaat een heldere waterlaag waarna, eventueel door introductie van kranswieren, een door kranswieren gedomineerd systeem tot ontwikkeling kan komen. Kranswieren stabiliseren de bodem, waardoor de opwerveling van bodemdeeltjes sterk verminderd wordt. Bovendien leggen ze veel nutriënten vast waardoor ze de nutriëntenconcentraties in de waterlaag verlagen, en scheiden ze stoffen uit die de groei van algen remmen. Op deze wijze ontstaat als het ware een nieuwe stabiele toestand van helder water met kranswieren, in plaats van de huidige situatie met troebel water zonder planten.

Ijzersuppletie

Opgelost gereduceerd ijzer kan op de overgang van de onderwaterbodem naar de waterlaag worden geoxideerd (fig. 4). Aan de gevormde ijzer(hydr)oxides kan fosfaat binden, waardoor de nalevering van fosfaat naar het oppervlaktewater wordt geremd. In veel veenweidegebieden is het overgrote deel van het ijzer in de onderwaterbodems gebonden aan gereduceerd zwavel in de vorm van ijzersulfides (fig. 4). De eeuwenlange belasting van het oppervlaktewater met sulfaat is hier debet aan. Dit betekent tevens dat er maar weinig ijzer in het poriewater in oplossing is. Er is in het verleden een onbalans ontstaan in de verhouding tussen ijzer en zwavel in de top laag van het sediment. Deze zou kunnen worden hersteld door de toediening van ijzer, waardoor de fosfaatbinding in de top laag van het sediment wordt hersteld en de interne nalevering van nutriënten uit de waterbodem flink afneemt. Tevens leidt ijzersuppletie in het sediment tot de binding van het giftige sulfide, waardoor het sediment ook minder giftig wordt voor wortelende waterplanten (Smolders et al., 1995). Het kan met name een kansrijke maatregel zijn, wanneer ijzer-

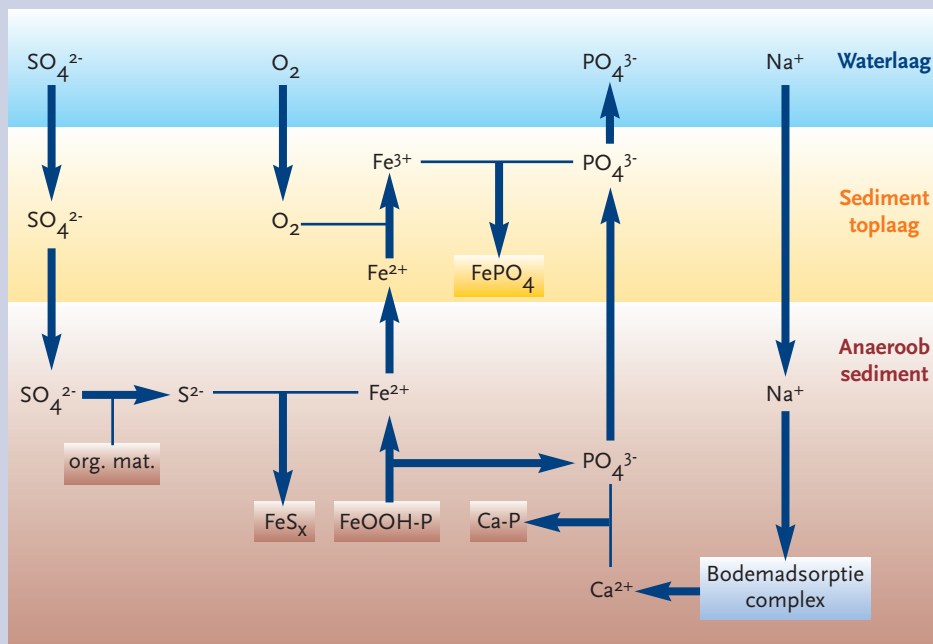


Fig. 4. Schematische voorstelling van de interacties tussen ijzer, fosfor, zwavel, natrium en calcium in de onderwaterbodem van veenweidegebieden en de effecten van verbrakking.

Anaeroob sediment: Sulfaatreductie in de onderwaterbodems leidt tot de vorming van sulfide dat bindt aan ijzer waardoor de beschikbaarheid van opgelost ijzer afneemt. Fosfaat wordt hierdoor ook minder goed in de bodem gebonden en de concentratie van fosfaat in het bodemwater neemt toe. Onder meer brakke condities wordt calcium door natrium verdrongen van het bodemadsorptiecomplex. Het calcium kan met fosfaat neerslaan waardoor de concentratie opgelost fosfaat in het bodemwater weer afneemt en indirect ook de nalevering van fosfor naar de waterlaag.

Sediment top laag: In het top laagje van de onderwaterbodem dringt zuurstof door waardoor hier het goed oplosbare tweewaardig ijzer wordt geoxideerd tot driewaardig ijzer. Dit is slecht oplosbaar en slaat neer met fosfor. Wanneer er meer ijzer dan fosfor in oplossing is in het anaeroob sediment zal dit leiden tot een beperkte nalevering van fosfaat naar de waterlaag, en andersom.

suppletie gepaard gaat met maatregelen die de influx van sulfaat en fosfaat verminderen. Recent is ijzersuppletie met groot succes toegepast in de laagveenplas Terra Nova (ter Heerdt et al., 2012).

Kiezen of verliezen

Het huidige veenweidebeheer resulteert in een steeds verdergaande maaiveldsdaling door veenoxidatie en ontwatering en bovendien in een slechte waterkwaliteit. Maatregelen als het tegengaan van de opwerveling van bodemdeeltjes, ijzersuppletie, het invoeren van een flexibel peilbeheer waarbij het ook in de zomer natter wordt en her-verbrakken kunnen weliswaar leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit, maar hebben wel het karakter van symptoombestrijding. De maaiveldsdaling gaat door, terwijl de zeespiegel steeds verder stijgt. In principe is het veenweidelandschap zoals we dat kennen op de lange termijn ook niet overeind te houden, simpelweg omdat het veen langzaam zal verdwijnen.

In de toekomst zullen we genooddaakt zijn om duidelijke keuzes te maken. Daar waar

voor landbouw wordt gekozen zal 'pappen en nathouden' het devies zijn. Nathouden kan soms door het aanleggen van onderwaterdrains, waardoor de grondwaterstanden in het perceel in de zomermaanden minder ver uitzakken (van den Akker et al., 2010). Dit zal de maaiveldsdaling vertragen, maar zeker niet stoppen. Daar waar voor natuur wordt gekozen zal men ook moeten durven kiezen voor het herstel van veenvormende vegetaties, waardoor het landschap drastisch zal veranderen. Op de meeste plekken staat de fosfaatrijkdom van de percelen echter de ontwikkeling van veenvormende vegetaties in de weg. Verschraling van de bodems middels het kweken van kroosvaren (Azolla) kan een tussenfase zijn, waarin de bodem wordt verschaald zonder dat er nog verdere maaiveldsdaling plaatsvindt. Herstel van veenvormende vegetaties leidt niet alleen tot het omkeren van het proces van maaiveldsdaling, maar ook tot prachtige nieuwe natuur. Eigenlijk herstellen we dan weer de natuur zoals die bestond voordat de mens zo'n duizend jaar geleden zijn intrede deed.

Literatuur

Akker, J.J.H. van den, R. Hendriks, I. Hoving & M. Pleijter, 2010. Toepassing van onderwater-drains in veenweidegebieden. Effecten op maaiveldalage, broeikasgasemissies en het water. *Landschap* 27: 137-149.

Cusell, C., L. P. M. Lamers, G. van Wirdum & A. Kooijman, 2013. Impacts of water level fluctuation on mesotrophic rich fens: acidification vs. eutrophication. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/1365-2664.12096.

Diggelen, J. van, A. Smolders, L. Lamers, R. Hendriks, D. Kleijn & L. Turlings, 2013. Onderzoek naar een duurzaam beheer van het Wormer- en Jisperveld, Eindrapportage. Rapport 2013.4. Onderzoekcentrum B-Ware, Nijmegen.

Dijk, G. van, R. Loeb, L. Lamers, P.J. Westendorp, A. Smolders & B. van de Riet, 2012. Verbrakking: Bedreiging of kans? Tussen Duin en Dijk 11(4): 21-24.

Dijk, G. van, R. Loeb, A. Smolders & P.J. Westendorp, 2013. Verbrakking in voormalig brak laag Nederland: bedreiging of kans? *H₂O-online* 28 maart 2013: 1-6.

Heerdt, G. ter, J. Geurts, A. Immers, M. Colin, P. Olihoek, E. Yedema, E. Baars & J.W. Voort, 2012. IJzersuppletie in laagveenplassen, de resultaten. STOWA-rapport 2012-43.

Meulenkamp, W.J.H., C.H.M. de Bont, P.J. Hofman, O. de Jong, J.R. Mulder, R.J.W. Olde Loohuis & W.A. Rienks, 2007. Veenweide: remmen of doorstarten?; vanuit cultuurhistorie naar de toekomst. Alterra-rapport 1535. Alterra, Wageningen.

Schep, S., N. von Meijenfildt & W. Rip, 2012. Flexibel peil, van denken naar doen. Flexibel peilbeheer als maatregel ter verbetering van de waterkwaliteit en bevordering van de oevervegetatie en verlandings. STOWA-rapport 2012-41.

Smolders, A.J.P., R.C. Nijboer & J.G.M. Roelofs, 1995. Prevention of sulphide accumulation and phosphate mobilization by the addition of iron(II) chloride to a reduced sediment: an enclosure experiment. *Freshwater Biology* 34: 559-568.

Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen, G. van der Velde & J.G.M. Roelofs, 2006. Internal eutrophication: 'How it works and what to do about it', a review. *Chemistry and Ecology* 22: 93-111.

Smolders, A.J.P., J. Loermans & L. Lamers, 2012. Effecten van flexibel peilbeheer op bodemprocessen en waterkwaliteit. Rapport 2012-51. Onderzoekcentrum B-Ware, Nijmegen.

Vermaat, J., J. Harmsen, F. Hellman, H. van der Geest, J. de Klein, S. Kosten, A. Smolders, J. Verhoeven, R. Mes & M. Ouboter, 2013. Sulfaatbronnen in het Hollandse veenlandschap. *Landschap* 30: 5-13.

Summary

Water quality in Dutch peat meadow areas

Over the last 1000 years anthropogenic activities have completely changed the landscape of the western lowland parts of the Netherlands. Once dominated by peat marshes, the landscape is nowadays dominated by the typically Dutch peat meadows. Due to former inundation by the sea, these peatlands are rich in reduced sulphur, although most of the brackish characteristics have been lost due to the isolation of the former Zuiderzee from seawater entrance.

Oxidation of the peat layer, owing to drainage, results in strong sulphate mobilization because of the oxidation of reduced sulphur compounds. Sulphate may provoke the mobilization of phosphate from peat sediments indirectly leading to eutrophication of the surface waters. The oxidized top layers of the peat soils are rich in iron, and also show high phosphorus concentrations due to the immobilization by oxidized iron. During high water levels, however, iron becomes reduced and phosphorus becomes mobilized at the same time, leading to eutrophication of the surface waters. In this article, several measures that may allow an improvement of the water quality, amongst which restoring the brackish nature of the systems, are discussed. In general, however, many

of these measures do not tackle the basic problem, which is the ongoing subsidence of the land due to drainage and the resulting peat oxidation. Eventually the peat meadow landscape is bound to vanish if radical changes are evaded. The restoration of peat forming marsh vegetation is a sustainable solution that will not only bring an end to land subsidence, but will also create valuable nature and strongly improve surface water quality. High concentrations of phosphorus in peats, however, will hamper the development of peat forming vegetation. In order to create phosphorus limited conditions, stripping of mobilized phosphorus after inundation by growing *Azolla filiculoides* might provide an innovative alternative to top-soil removal.

Dankwoord

De auteurs danken Jan Roelofs, Emiel Brouwer, Jeroen Geurts, Hilde Tomassen, Monique van Kempen en Moni Poelen voor hun bijdragen aan de kennisontwikkeling over veenweidegebieden binnen B-Ware.

Dr. A.J.P. Smolders, Drs. J. van Diggelen,
Drs. J. Loermans, Drs. G. van Dijk &
Drs. M. van Mullekom
Onderzoekcentrum B-Ware
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

A.Smolders@science.ru.nl
J.vanDiggelen@B-Ware.eu
skaldjohansson@gmail.com
G.vandijk@B-Ware.eu
M.vanmullekom@B-Ware.eu

Dr. L.P.M. Lamers
Radboud Universiteit Nijmegen,
Institute for Water and Wetland Research,
Afdeling Aquatische Ecologie en Milieubiologie,
Heyendaalseweg 135
6525 AJ Nijmegen
L.Lamers@science.ru.nl



U kunt zich abonneren via...

www.delevendenatuur.nl