

Leidt bevoeiing van schraallanden tot eutrofiëring?

**Rolf Kemmers,
Ab Grootjans,
Mirjam Bakker,
Gert Jan Baaijens,
Jelmer Nijp &
Gijs van Dijk**

In het Reestdal is een experiment uitgevoerd om te onderzoeken of de oude praktijk van kunstmatige bevoeiing in aanmerking kan komen als effect-gerichte maatregel tegen verdroging en verzuring van Dotterbloemhooilanden door het wegvallen van kwel. Bevoeiing zou de functie van kwel met de aanvoer van bufferende stoffen (kalium, calcium, ijzer) kunnen overnemen. Hierdoor zouden de zuurgraad en de nutriëntenhuishouding weer kunnen herstellen. Een belangrijke randvoorwaarde is dat bevoeiing niet tot eutrofiëring mag leiden. Is het mogelijk om door bevoeiing met oppervlaktewater kwetsbare schrale natuurgebieden te behouden en te herstellen?

In veel natte schraallanden neemt de verzuring van bodem en vegetatie snel toe, omdat ontwatering van omliggende landbouwgebieden de toevoer van basenrijk grondwater naar de natuurgebieden heeft verminderd. Op de langere termijn zijn er vaak wel mogelijkheden om die landbouwontwatering weer ongedaan te maken door de aangrenzende landbouwgebieden aan te kopen, maar op de korte termijn is er grote behoefte om de verdere achteruitgang van bestaande natuurwaarden af te remmen door aangepaste hydrologische maatregelen. Combinatie van waterberging en vernatting is één van de opties. Bevoeien van grasland is een praktijk die door boeren vroeger op grote schaal werd toegepast in Europa (Burny, 1999; Baaijens et al., 2001) en zelfs nu nog in en rond het Alpengebied plaatsvindt. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen bevoeiingsystemen van vóór en na de 19e eeuw. De oudste zijn zg. 'boerenbevoeiingen', waarbij de boeren relatief veel in de inrichting investeerden, maar daarna hoefden ze gewoonlijk alleen te maaien en/of te weiden. De latere constructies vroegen voortdurend onderhoud. De bedenkers van die latere constructies hadden weinig oog voor de oudere boerenwerken en waren ook slecht op de hoogte van de boerenpraktijk. Ze klaagden over een gebrek aan waterbeschaving bij de boeren die 'wilde bevoeiingen' of overstromingen toelieten op hun land (van Heek, 1897). Zo onbeschaaft waren die Middeleeuwse boeren overigens niet: er is aanzienlijk meer vernuft geïnvesteerd in die 'wilde bevoeiingen' dan in de 19e eeuwse bevoeiingsconstructies. Zo werden er al heel vroeger allerlei structuren gemaakt die het water vasthielden in het landschap (houtwallen, tijdelijke stuwen) en er werd zelfs een

soort spaarbekkens gemaakt die het water zuiverden voor het gebruik. Zo schiep men waterbeheersingsstelsels in een eindeloze variatie, aangepast aan de eigenaardigheden van de omgeving en in wisselwerking met het landbouwbedrijf ter plekke. In berggebieden is de belangrijkste reden van bevoeien het vorstvrij houden van de zode. Bij onderzoek rond de Haler Leek bij Assen bleek dat daarin ook voor Nederland een belangrijk motief moet hebben gelegen (Baaijens, 1997). In deze door vochtige heide en hoogveen omgeven bovenloop van de Drentsche Aa kwamen omvangrijke bevoeiingswerken voor, terwijl daar van slibaanvoer geen sprake was. Omdat Drentse madeveengronden als notoir vorstgevoelig te boek staan, is bevoeiing dus een slimme en effectieve techniek: de zode kan daardoor niet opvriezen en afsterven. Het beeld vanuit het landbouwkundig onderzoek (Staring, 1856) dat het enige nut van jaarlijkse 'overstromingen' was dat er voedselrijk slib werd afgezet, behoeft dus nuancering. Niet alleen wordt door bevoeiing vorstschade voorkomen en wordt in beperkte mate 'bemest' met beekslib en zwevend organisch materiaal, maar tevens wordt in beperkte mate geoxideerd ijzer afgezet, hetgeen belangrijk is om de fosfaatbeschikbaarheid te beperken. Bevoeiing wordt tegenwoordig op beperkte schaal toegepast in het natuurbeheer. Het bekendste voorbeeld waarbij door Natuurmonumenten bevoeiing wordt toegepast is het reservaat Pelterheggen (Plateaux, gelegen langs het riviertje de Dommel op de helling van het Kempens Plateau; van der Ploeg, dit nummer). De zure heidevelden werden hier na de aanleg van het Maas-Scheldekanaal (gerekend in 1855) bevoeid met kalkrijk Maaswater. Ze sloten aan op soortgelijke werken in Belgisch

Limburg (Mertens & Simons, 1984). De Belgische vloeiveiden zijn uiteindelijk ook in verval geraakt, maar vrijwilligers zijn ongeveer 25 jaar geleden begonnen met het herstel ervan. De Nederlandse vloeiveiden werden deels hersteld in de tachtiger jaren. In de herstelde delen kon een hogere basenverzadiging en een hoger ijzergehalte worden aangetoond dan in de bodem van niet bevoeide delen. (Kemmers & van Delft, 2003). De ontstane vegetatie, met o.a. Herfststijloos (*Colchicum autumnale*), is verwant met het Dotterbloemhooiland. Bevoeiing met oppervlaktewater als maatregel om een verzuurd Blauwgrasland te bufferen is door het Zuid-Hollands Landschap tussen 1996 en 2004 toegepast in het Reservaat Zijdebrug nabij Streefkerk in de Ablasserwaard. In bevoeide delen kon een zwak significant hogere pH en basenverzadiging dan in niet-bevoeide percelen worden vastgesteld, maar ook lagere ijzergehalten in combinatie met pyrietvorming. Langs de Reest, nabij Oud Avereest is in 1999 een voormalig vloeiveld hersteld en ingericht voor veldexperimenten om te onderzoeken of bevoeien met Reestwater de verzuring van de madelandsen langs de Reest zou kunnen stoppen (Bakker et al., 2004; Kemmers et al., in voorb.). Dit bevoeiingsveld heeft gefunctioneerd van 2000-2006. In de volgende paragrafen beschrijven we de effecten van dit experiment.

Landschapsecologische positie Reest

De Reest, wel eens 'de Grootvorstin van Drenthe's stroom' genoemd, heeft net als veel beken in Twente en de Achterhoek veel onnatuurlijke kenmerken. Dit blijkt onder meer uit het afkalven van oevers op verkeerde plaatsen, nl. in binnen- in plaats van in buitenbochten. In deze bochten snijdt de Reest kwelplekken aan, waardoor veraard veen en zand uit de oever door het grondwater wordt meegesleept naar het Reestwater. Vooral de laatste decennia komen veel te lage waterstanden in de Reest voor. Die



Foto 1. Winterbeeld van de bevoeiing met het bevoeide veld op de voorgrond en de aanvoersloot voor vloeewater rechts (foto: Mirjam Bakker).

Links: Met een pomp wordt water uit de Reest in het vloeiveld gepompt (foto: Ab Grootjans).

lage standen, met name in de winter, worden gehandhaafd om water snel af te kunnen voeren voor landbouwkundig gebruik, terwijl het areaal natuurbeschermingsgronden langs de Reest aanzienlijk groter is. Aan de Drentse kant speelt verder nog de aanwezigheid van een in de zestiger jaren gegraven sloot (de Reestvervangende leiding) die veel water, ook grondwater, afvangt dat anders aan de madelanden ten goede zou komen. Bij de aanleg van die leiding werd toentertijd als voorwaarde gesteld, dat de oeverlanden van de Reest tenminste 1 x per jaar zouden inunderen. Die doelstelling is in de middenloop zelden of nooit gehaald, zodat inundaties daar schaars zijn geworden. Overigens zijn in de middenloop veel van de overstromingen uit het verleden waarschijnlijk niet natuurlijk. Zij werden via speciaal aangelegde structuren door boeren georganiseerd en in de hand gehouden; er werd op vele plaatsen gestuwd en op die wijze werden ondiepe greppels gevoed, die blind eindigden hoog langs de flanken van het beekdal. Vanuit deze greppels stroomde het beekwater over het grasland. Iets meer stroomafwaarts nabij het landgoed de Havikshorst in de buurt van De Wijk lopen de madelanden nog elk jaar zonder directe menselijke tussenkomst onder water en kan men tegenwoordig nog mooi ontwikkelde grote-zeggevegetaties met Blaaszegge (*Carex vesicaria*) en Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) aantreffen. De meeste madelanden in de middenloop van de Reest hebben echter door de bovengenoemde hydrologische ingrepen te kampen met ernstige verzuring en verdroging. Er komt nog slechts plaatselijk kwel voor. Op veel plaatsen wordt de kwelstroom afgebogen naar de beek door de lage beekpeilen. In de huidige situatie zakken de grondwaterstanden rond half maart

onder het maaiveld en bereiken in de zomer een diepte van ca 50 cm -mv. De waterkwaliteit wijst op een mengvorm van grondwater en regenwater (Bakker et al., 2004). De oorspronkelijke Dotterbloemhooilanden en kleine-zeggevegetaties zijn sterk gedegeneerd, met name aan de Drentse kant van de Reest. Dotterbloemen (*Caltha palustris*), Waterkruiskruid (*Jacoba aquaticus*), Echte koekoeksbloem (*Silene flos-cuculi*) en Noordse zegge (*Carex aquatilis*) komen nog wel voor, maar zijn spaarsaam geworden. Grassoorten zoals Witbol (*Holcus lanatus*), Kruidend gras (*Agrostis canina*) en Pitrus (*Juncus effusus*) daarentegen zijn op veel plaatsen dominant geworden. Snavelzegge (*Carex rostrata*) en Draadrus (*Juncus filiformis*) komen nog wel veelvuldig voor, maar komen niet meer tot bloei.

Bevoeiingsexperiment

Op initiatief van de Stichting Het Drentse Landschap werd eind 1999 met OBN financiering een experimenteel bevoeiingsveld ingericht nabij Oud Avereest langs de reliëfrijke middenloop van de Reest met sterk verdroogde en verzuurde Dotterbloemhooilanden.

Het experiment omvatte twee percelen (gezamenlijk $\approx 1,5$ ha), die gescheiden zijn door een afwateringsgreppel en een dam. Eén van beide percelen werd aanvankelijk bevoeid via een windmolen, maar later via een pomp met generator (foto 1). Bevoeiing vond alleen plaats in de winterperiode (begin oktober tot eind maart) met water uit de Reest zelf. Het perceel werd gedurende gemiddeld een dag bevoeid totdat het blank stond. Beide percelen werden jaarlijks gemaaid. Het verwachte ecologische effect van bevoeien is, naast het voorkómen van mogelijke vorstschade, 'bemesting' met basenrijk slib en zwevend

organisch materiaal en afzetting van geoxideerd ijzer (Kemmers et al., 2003). Om deze gecombineerde effecten te ontrafelen is ook een blokkenproef ingezet waarbij kalk, ijzer en mest afzonderlijk zijn toegevoegd. Om het effect van de maatregelen op een aantal doelsoorten te meten zijn jonge planten van Waterkruiskruid en Echte koekoeksbloem in 2002 uitgezet binnen de blokkenproef. In het eerste jaar 2000 werd ook een bemestingsproef uitgevoerd om vast te stellen of stikstof, fosfaat dan wel kalium de groei van het gewas beperkte.

Aan de Overijsselse kant is een goed ontwikkeld Dotterbloemhooiland geselecteerd als referentie. Dit perceel ontvangt nog permanent ijzerrijk en basenrijk grondwater, en wordt dus niet bevoeid.

Redelijk succes na zes jaar

Uit de bemestingsproef kwam naar voren dat de productie van de vegetatie in het onbevoeide perceel door stikstof en kalium werd beperkt (Grootjans et al., 2001). Bevoeiing in de winter van 1999 leidde meteen tot het opheffen van de kaliumlimitatie, maar niet van de stikstoflimitatie. Na 1 jaar bevoeien werd geen effect van bevoeiing op de productie van de vegetatie vastgesteld. Toevoegen van ruwe stalmest, kalk en ijzer hadden ook geen effect. Een paar jaar later (2003) had bevoeiing een duidelijk positief effect op de bovengrondse biomassa (Bakker et al., 2004). Toevoeging van stalmest had ook een duidelijk positief effect in zowel het bevoeide als het onbevoeide veld, maar de groei van Pitrus werd ook sterk gestimuleerd. Toevoegen van kalk had een duidelijk effect op de soortensamenstelling in het onbevoeide veld. Met name Pinksterbloem (*Cardamine pratensis*) en Kruidende boterbloem (*Ranunculus repens*) werden erdoor gestimuleerd. In het bevoeide veld had dit geen effect. Toevoeging van ijzer had geen effect. Na zes jaar was het effect van bevoeien nog veel duidelijker. De bovengrondse biomassa was door bevoeien sterk gestegen en er had zich een fraai kleine-zeggenmoeras ontwikkeld met Gewone zegge (*Carex nigra*), Noordse zegge (*Carex aquatilis*) en ook hybriden, ten koste van de grassen (foto 2). Ook Dotterbloemen gingen vooruit en zelfs bijzonderheden als Draadrus en Moeraskartelblad namen toe in bedekking. Het effect van bevoeiing op de vegetatiesamenstelling wordt geïllustreerd in figuur 1 waarbij alle opnamen van het experiment

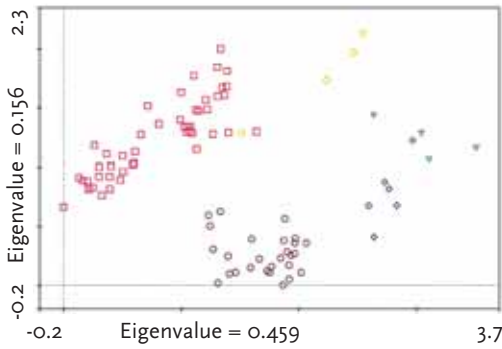


Fig. 1. Ordinatie diagram van alle vegetatieopnamen in het bevoeide en onbevoeide perceel en van opnamen in referentiehooilanden langs de Reest en elders in Drenthe en Overijssel. Opnamen in onbevoeide, bevoeide en referentie percelen onderscheiden zich als duidelijke groepen.

Variabele	Dimensie	Parameter	Vloevelden (n=6)	Referentie (n=5)
Organische stof	%	Gem. se	64,9 18	34,8 1
pH-KCl		Gem. se	4,1 0,3	5,1* 0,1
Uitwisselbaar Ca	cmol+/kg	Gem. se	15,3 1,5	29,4* 2,7
Actief Fe ¹	mg/kg	Gem. se	15749 1073	43921* 3144
P gebonden aan actief Fe	mg/kg	Gem. se	1392 92,5	1197 106,3
Fosfaatverzadigingsindex	mol/mol	Gem. se	0,13 0	0,05* 0
N-totaal	g/kg	Gem. se	21,7 3,6	12,5 0,6
P-totaal	mg/kg	Gem. se	2918 537	2644 310,5

¹Actief Fe bestaat uit amorfe ijzeroxiden.

van 2006 zijn uitgezet in een ordinatiediagram. Duidelijk is te zien dat alle opnamen uit het onbevoeide veld bij elkaar zitten in één als een gedegraderd Dotterbloemhooiland te karakteriseren groep. De groep opnamen van het bevoeide veld zijn te typeren als kleine-zeggenvegetaties en die van de referentie als een Dotterboemhooiland. Bevloeien had bovendien een positief effect op de overleving van de geïntroduceerde Echte koekoeksbloemen, maar niet op het geïntroduceerde Waterkruiskruid. Deze laatste soort overleefde maar nauwelijks in de dichte kleine-zeggenvegetatie. Deze soort moet het vooral hebben van open plaatsen in sterk geïmundeerde Dotterbloemhooilanden of grote-zeggenvegetaties.

Ijzeraanvoer en zuurbuffering

Bodemanalyses gaven aan dat het niet-bevoeide perceel ernstig verzuurd is. Tabel 1 geeft voor een aantal bodemvariabelen een vergelijking met de niet-verzuurde referentie aan de overzijde van de Reest waar nog kwel voorkomt. Uit deze vergelij-

Tabel 1. Gemiddelde waarden en standaardfouten van bodemvariabelen in het verzuurde Dotterbloem vloeveld en in een referentie van een niet-verzuurd Dotterbloemhooiland. Significante verschillen (P<0,01) zijn met een * aangegeven.

king blijkt dat het verzuurde onderzoeksgebied aanzienlijk zuurder en calcium- en ijzerarmer is en een hogere fosfaatverzadigingsindex (de verhouding tussen geadsorbeerd P en de som van amorfe ijzer- en aluminiumoxiden) heeft. Uit deze vergelijking kan worden geconcludeerd dat zowel bekalking als ijzertoevoeging gerechtvaardigde maatregelen lijken om de verschillen te overbruggen. Na één winter bevloeien was er nog geen

verschil in bodemzuurgraad te meten in het bevoeide en het onbevoeide perceel (Grootjans et al., 2001). Maar na vijf jaar bevloeien was het bevoeide perceel in het voorjaar duidelijk minder zuur (pH hoger!) dan het niet bevoeide perceel (van Dijk & Nijp, 2006). Door bevloeiing bleken de hoeveelheid ijzeroxiden en de pH significant te zijn gestegen (fig. 2 & 3). De pH stijging moet worden toegeschreven aan een gecombineerd effect van ijzeraanvoer (capaciteit) in combinatie met periodiek natte (reducerende en zuurconsumerende) terreincondities. In de zomer waren de verschillen veel minder groot. Dit werd vooral duidelijk in 2006 toen studenten van het Van Hall Instituut te Leeuwarden iedere twee weken de pH hebben gemeten. In het vroege voorjaar zijn er nauwelijks verschillen tussen de referentie en de bevoeide en onbevoeide percelen. Het grondwater staat dan overal in het maaiveld, er heersen reducerende omstandigheden en er worden nauwelijks verzurende stoffen in de bodem geproduceerd. Als de temperaturen stijgen, de waterstanden zakken en door oxidatieprocessen de zuurproductie op gang komt, behoudt de referentie veruit de hoogste pH van net onder de 6. Het bicarbonaat in het opwellende grondwater kan hier de verzuring grotendeels neutraliseren. In het onbevoeide perceel, waar



Foto 2. Effect van zes jaar bevloeien (2005) in het Reestdal. De glimmende bladen van de Noordse zegge (*Carex aquatilis*) illustreren het succes van het bevloeien (winter en vroege voorjaar). Vóór het bevloeien kwam de Noordse zegge wel voor, maar in geringe aantallen en heel weinig vitaal. **Rechts:** Zelfs Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) verscheen na 6 jaar bevloeien in het bevoeide deel van het experiment (foto's: Ab Grootjans).



kwelinvloed ontbreekt, zakt de pH tot net boven de 4. De verzuring wordt hier in de zomer vooral veroorzaakt door oxidatie van pyriet in de bovenste bodemlagen, met name in de laag van 15 – 35 cm (van Delft et al., 2005). Zodra de waterstand onder die diepte zakt en zuurstof de bodem binnendringt, oxideert de pyriet en komt er veel zuur vrij. In het bevoeide perceel blijft de pH altijd een halve eenheid hoger. Bevloeiing buffert hier de verzuring enigszins, doordat het aangevoerde ijzer de zuurneutralisatiecapaciteit heeft vergroot (Kemmers et al., 2003). In de referentie kan het bicarbonaat in het grondwater deze verzuring grotendeels neutraliseren. Bevloeiing gaat de verzuring ook tegen, maar bij al te lage zomergrondwaterstanden lukt dit niet meer.

Een bijkomend gunstig effect van de ijzeraanvoer in het bevoeide perceel was dat de fosfaatverzadigingsindex en de fosfaatbeschikbaarheid significant daalden door de vergroting van de fosfaatadsorptiecapaciteit (fig. 4). Bevloeiing leidde ondanks vernatting niet tot een versterkte maar juist verminderde fosfaatmobilisatie.

Oppervlaktewaterkwaliteit en slibaanvoer

In het onderzoeksgebied bleek het Reestwater vooral zwevend organische stof, stikstof, ijzer en kalium aan te voeren en in mindere mate calcium. Door bevloeiing werd 225 kg.ha⁻¹ droge stof naar het perceel aangevoerd over de periode november tot eind maart. Via dit 'slib' werd per hectare 178 kg organische stof, 4,7 kg Fe, 4 kg N, 0,8 kg Ca en 0,55 kg K aangevoerd. Het zwevend organisch stof in vloeiwater blijkt de belangrijkste bron van ijzeraanvoer te zijn. Stikstof en kalium komen hoofdzakelijk in opgeloste vorm voor.

Fosfaat bleek echter niet of nauwelijks door het vloeiwater te worden aangevoerd. Fosfaat blijkt bij natuurlijke overstromingen vooral via leemafzetting (i.e. leem: deeltjes < 50 µ) aangevoerd te worden (Runhaar & Jansen, 2004). In het kunstmatige bevloeiingsexperiment bij de Reest wordt vrijwel geen beekleem in de vegetatie afgezet. Het water wordt eerst opgepompt en door een aanvoersloot geleid. Voordat het water over het maaiveld vloeit is de leemfractie al uit het water verdwenen door bezinking.

Verder blijkt sulfaat slechts in lage concentraties in het Reestwater voor te komen (< 25 mg.l⁻¹; Bakker et al., 2004). Aanvoer van sulfaathoudend water kan leiden tot interne eutrofiëring door mobilisatie van

stikstof en vooral fosfaat in de bodem (Lamers et al., 1998). Het risico van fosfaatmobilisatie is echter alleen aanwezig indien de verhouding tussen ijzer en sulfaat (Fe/S ratio) zeer laag is (Lucassen et al., 2004). Door bevloeiing is deze ratio zelfs gestegen.

Bodems van Dotterbloemhooilanden zijn over het algemeen veraard (Kemmers & van Delft, 2003) en zeer rijk aan ijzeroxiden (40-600 mMol Fe.kg⁻¹). Uit onderzoek van Van Delft et al. (2005) blijkt dat bij dergelijk hoge Fe-gehalten het risico van fosfaatmobilisatie door interne eutrofiëring uiterst gering is. Het effect van bevloeiing op bodemzuurgraad, versterkte fosfaatadsorptie en opheffing van kaliumlimitatie zou daarom moeten worden toegeschreven aan de aanvoer van organische stof, ijzer en kalium.

Evaluatie

Uit ons onderzoek is gebleken dat bevloeiing een groot effect heeft gehad op de vegetatiesamenstelling. In plaats van een beoogd Dotterbloemhooiland heeft zich echter een zwakzure kleine-zeggenvegetatie ontwikkeld, met een beperkte hoeveelheid kenmerkende soorten van het Dotterbloemhooiland. Sommige bedreigde soorten breiden zich weer uit. Een compleet herstel van een Dotterbloemhooiland heeft nog niet plaatsgevonden, waarschijnlijk omdat de grondwater toevoer nog niet hersteld is en de Reest te lage waterstanden heeft. In ieder geval is het wel gelukt de achteruitgang te stabiliseren en de ontwikkeling ten goede te keren.

De oppervlaktewaterkwaliteit van de Reest blijkt, strikt genomen, vooral de kaliumhuishouding en via de afzetting van zwevend organisch stof de ijzerhuishouding van vloeivelden te beïnvloeden. De toename van de ijzervoorraad heeft geleid tot een verhoging van de zuurbuftercapaciteit en de pH en een verminderde fosfaatbeschikbaarheid. De hoge concentraties kalium in het Reestwater hebben geleid tot opheffing van kaliumbeperking. De gunstige werking van bevloeiing op de fosfaatbeschikbaarheid lijkt alleen op te treden, indien het vloeislib vooral uit zwevend materiaal met veel organische stof bestaat en weinig leem en zand bevat. Dit kan worden gerealiseerd door vloeiwater eerst door een bezinkbassin (aanvoersloot) te leiden, waar mineraal sediment kan bezinken.

Winterbevloeiing met oppervlakte water blijkt een effectieve maatregel te kunnen

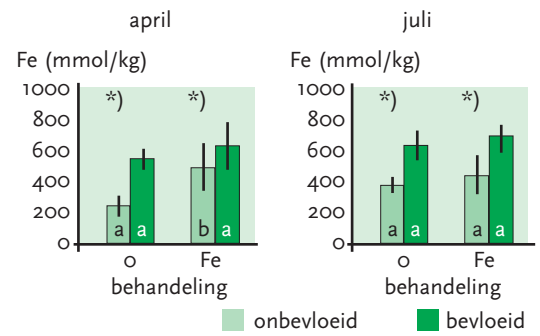


Fig. 2. Gehalten actief ijzeroxide zonder (o) en met (Fe) ijzerbemesting van het bevoeide en onbevoeide perceel in april en juli 2005. *) = significant verschil tussen bevoeid en onbevoeid bij een bepaalde mestbehandeling ($P < 0,01$); verschillende letters in de staven geven een significant verschil aan tussen de o- en de Fe-behandeling in het bevoeide of onbevoeide perceel ($P < 0,01$).

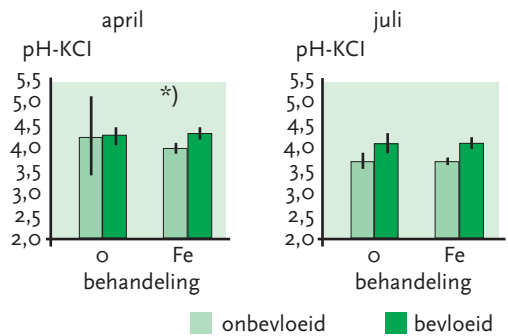


Fig. 3. De bodemzuurgraad (pH-KCl) zonder (o) en met (Fe) ijzerbemesting van het bevoeide en onbevoeide perceel in april en juli 2005. *) = significant verschil tussen onbevoeid en bevoeid bij een bepaalde mestbehandeling ($P < 0,01$).

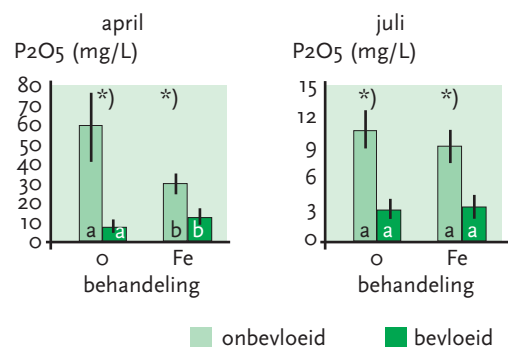


Fig. 4. Gehalten van in water oplosbaar fosfaat (P₂O₅) zonder (o) en met (Fe) ijzerbemesting van het bevoeide en onbevoeide perceel in april en juli. *) = significant verschil tussen bevoeid en onbevoeid bij een bepaalde mestbehandeling ($P < 0,01$); verschillende letters in de staven geven een significant verschil aan tussen de o- en de Fe-behandeling in het bevoeide of onbevoeide perceel ($P < 0,01$).

zijn om verdere verzuring van Dotterbloemhooidanden tegen te gaan, mits het vloeewater veel zwevend organische stof en ijzer, maar weinig leem, fosfaat en sulfaat bevat. Hoge kaliumconcentraties lijken niet bezwaarlijk. Het blijft niettemin noodzakelijk de lokale situatie vooraf te analyseren.

Literatuur

Baaijens, G.J., 1997. Waterbeheersing rond de Haler Leek. In: N. Havelaar, A. Hazekamp & B. Sijtsma. Systeemanalyse van toekomstig militair oefenterrein 'De Haar'. DGW&T Directie Noord-Oost Nederland/ IKC Natuurbeheer. Meppel/Wageningen: 113 - 136.

Baaijens, G.J., F.H. Everts & A.P. Grootjans, 2001. Traditionele bevoeiing van grasland; een studie naar vroegere bevoeiing van reservaten in Pleistoceen Nederland, alsmede enkele boezemlanden. Wageningen, Expertisecentrum LNV. OBN-rapport 18.

Bakker, M., A. Grootjans, A. Boerwinkel & A. Verschoor, 2004. Traditionele bevoeiing als beheersmaatregel; mogelijkheden voor herstel van verzuurde beekdalgraslanden. Groningen. Royal Haskoning. Rapport 24351.

Burny, J., 1999. Bijdrage tot de historische ecologie van de Limburgse Kempen (1910-1950). Natuurhistorisch Genootschap Limburg, reeks 42, afl.1.

Delft, S.P.J. van, R.H. Kemmers & A.G. Jongmans, 2005. Pyrietvorming in relatie tot interne eutrofiëring en verzuring. Alterra-rapport 1161. Alterra, Wageningen.

Dijk, G. van & J. Nijp, 2006. Effecten van herstelmaatregelen op de voorkomende vegetatie en verzuringsprocessen in het aangetaste beekdalsysteem van de Reest. Afstudeerrapport Van Hall Larenstein/Community and Conservation Ecology group Universiteit Groningen.

Grootjans, A.P., P. Vrielink, M. Bakker, B. Beltman, A.C. Zuidhof & R.H. Kemmers, 2001. Bevoeiing als beheersmaatregel; mogelijkheden voor herstel van verzuurde en verdroogde graslanden. Eindrapport fase 2. Rapport EC-LNV nr. 2001/052 OBN. Ede/Wageningen.

Heek, G.J. van, 1897. Verslag der Staatscommissie benoemd bij Koninklijk Besluit van 5 mei 1893 No. 16 tot het instellen van een onderzoek omtrent bevoeiingen. Gebroeders van Cleef. Den Haag.

Kemmers, R.H. & S.P.J. van Delft, 2003. Bodemkundige aspecten van bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden in De Plateaux en Zijdebrug. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-Rapport 585.

Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft & P.C. Jansen,

2003. Iron and sulphate as possible key factors in the restoration ecology of rich fens in discharge areas. *Wetlands Ecology and Management* 11: 367 - 381.

Kemmers, R.H., A.P. Grootjans, J. Nijp, S.P.J. van Delft, G. van Dijk, in voorbereiding. Continuering experimenteel bevoeiingsonderzoek langs de Reest OBN-Eindrapport 2006.

Lamers, L.P.M., H.B.M. Thomassen & J.G.M. Roelofs, 1998. Sulphate-induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. *Envir. Sci. Techn.* 32: 199 - 205.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders, A.L. van der Salm & J.G.M. Roelofs, 2004. High groundwater nitrate concentrations inhibit eutrophication of sulphate-rich freshwater wetlands. *Biogeochemistry* 67 (2): 249 - 267.

Mertens, A. & L. Simons, 1984. De vloeiveiden te Lommel-Kolonie (2e dr.) Limburg Natuurlijk 3. Hoeselt.

Runhaar, J. & P.C. Jansen, 2004. Overstroming en vegetatie; Vergelijkend onderzoek in vijf beekdalallocaties. Alterra rapport 1079. Alterra, Wageningen.

Staring, W.C.H., 1856. De bodem van Nederland. De samenstelling en het ontstaan der gronden in Nederland ten behoeve van het algemeen beschreven. Deel 1. Haarlem

Summary

Does surface water spill over trigger eutrophication of fen meadows ?

In The Netherlands many fen meadows are seriously affected by drainage and subsequent acidification. A field experiment was conducted to investigate whether the old farmer's practice of meadow irrigation could be an effective restoration measure to rehabilitate the threatened Calthion communities of these meadows. The main aim of irrigation was to restore the base saturation of the meadow without triggering internal eutrophication by reductive dissolution of iron oxides and phosphorus mobilization. Over a period of six years several short periods of water inlet to a sink was facilitated by an electric pump during winter. The water deposited its silt in the sink and superficially flooded the meadow. A control section was present, which was kept unflooded. In both the flooded and unflooded sections we measured the deposition of silt and organic matter, including some element contents. To unravel the combined effects of lime, iron and organic debris supplied by the inundation water we also conducted a full factorial block experiment. Prior to the inundation experiment crop productivity appeared to be co-limited by potassium and nitrogen. After six years regular winter flooding appeared to have a very positive effect on the vegetation. However, instead

of the rehabilitation of a Calthion community a weakly acid small sedge community developed, with only a few characteristic species of the Calthion. The crop productivity increased by supply of dissolved potassium in the flood water and subsequent elevation of the potassium limitation. In the flooded section 178 kg more organic debris was brought in per hectare during a winter period. Significantly more iron oxides, probably originating from iron bound to organic matter deposited in the flooded section. Flooding resulted in an increased proton neutralization capacity and a slightly better pH buffering by import of iron oxides, consuming protons upon anaerobic conditions. Increased levels of iron oxides probably are a key factor in understanding an observed decrease of P mobilization by an increased phosphate adsorption capacity upon flooding. We concluded that prospects exist to apply artificial irrigation as an effort to prevent further acidification of Calthion communities without triggering internal eutrophication.

Drs. R.H. Kemmers
Wageningen Universiteit en Researchcentrum
Departement Omgevingswetenschappen,
Centrum Bodem (Alterra BV)
Postbus 47
6700 AA Wageningen
e-mail: rolf.kemmers@wur.nl

Dr. A.P. Grootjans
Rijksuniversiteit Groningen
Community and Ecology Conservation Group
Postbus 14
9750 AA Haren
e-mail: a.p.grootjans@rug.nl

Drs. M. Bakker
Royal Haskoning
Postbus 8064
9702 KB Groningen
e-mail: m.bakker@royalhaskoning.com

Drs. G.J. Baaijens
Leggelo 41
7991 PZ Dwingelo
e-mail: gertjan.baaijens@hetnet.nl

J. Nijp
Feddemastrate 20
8925 HE Leeuwarden
e-mail: jelmer.nijp@gmail.com

G. van Dijk
Anserweg 8
7975 PB Uffelte
e-mail: gijsvdijk@gmail.com