

ZIJN HYDROLOGISCHE INGREPEN NOODZAKELIJK VOOR HET HERSTEL VAN VERZUURDE NATTE SCHRAALLANDEN?

A.J.M. Jansen¹, A.Th.W. Eijssink², A.P. Grootjans³, E.J. Lammers³ & F. P. Sival³

¹ KIWA N.V., Postbus 1072, 3430 BB Nieuwegein

² Staatsbosbeheer Overijssel, Holtweg 8a, 7588 PC Beuningen

³ Lab. voor Plantenecologie, R.U. Groningen, Postbus 14, 9750 AA Groningen

Inleiding

Natte schraallanden zijn grondwaterafhankelijk. De standplaatscondities van deze graslanden worden in belangrijke mate bepaald door hoge grondwaterstanden en de chemische samenstelling van het grond- en/of oppervlaktewater (Grootjans, 1985; Kemmers en Van Wirdum, 1988; Van Wirdum, 1991).

Ontginning, verdroging, verzuring, eutrofiëring en versnippering hebben geleid tot verlies aan areaal en kwaliteit van natte schraallanden (Westhoff en Weeda, 1984).

Het is algemeen bekend dat verzuring optreedt door zure depositie. Maar natte schraallanden raken ook verzuurd door daling van de grondwaterstand of door afname van de toestroming van basenrijk grond- en/of oppervlaktewater (Bakker et al., 1987). Om de gevolgen van de verzuring in natte schraallanden, trilvenen en natte duinvalleien te bestrijden werd door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij in 1990 het deskundigenteam Natte Schraallanden ingesteld. Het doel is het ontwikkelen van algemeen toepasbare methoden voor het herstel van zuurgraad en mineralenhuishouding in de bodem van natte schraallanden. In 1991 rapporteerde het deskundigenteam (Jansen, 1991a) en adviseerde twee typen maatregelen: herstel van de invloed van basenrijk grond- of oppervlaktewater in de wortelzone en/of verwijdering van de verzuurde organische toplaag. Deze herstelmaatregelen dienen te worden gevolgd door een op de vegetatie toegesneden beheer. Kennis van de relatie vegetatie-waterhuishouding is dan ook noodzakelijk om doeltreffende maatregelen te kunnen nemen tegen verzuring van natte schraallanden.

In de onder auspiciën van het deskundigenteam uitgevoerde voorbeeldprojecten worden de effecten van de toegepaste maatregelen gemonitord. Enkele van deze voorbeeldprojecten zijn Blauwgraslanden. Blauwgraslanden zijn gekenmerkt door natte, zwak zure tot neutrale, mesotrofe standplaatscondities (Grootjans, 1985; Westhoff en Den Held, 1975). In het ver-

volg van dit artikel zullen de hydrologische processen verantwoordelijk voor het ontstaan van deze standplaatscondities worden besproken aan de hand van drie Blauwgraslandreservaten (Punthuizen en de Lemselermaten in Overijssel, De Wyldlanden in Friesland) alsmede twee duinvalleien op de Waddeneilanden (Kapenglop, Schiermonnikoog en de Koegelwieck, Terschelling).

Blauwgraslanden en grondwaterstanden

Bovengenoemde reservaten vertegenwoordigen een belangrijk deel van de variatie in Blauwgraslandtypen die er in Nederland nog voorhanden is. Het reservaat Punthuizen herbergt o.a. een goed ontwikkelde vorm van het orchideerijke Blauwgrasland (*Cirsio-Molinietum orchietosum*). In de Lemselermaten vinden we een beekdalblauwgrasland (hier: *Cirsio-Molinietum typicum* en *orchietosum*). Het reservaat de Wyldlanden is een boezemblauwgrasland (*Cirsio-Molinietum agrostietosum*), terwijl het Kapenglop op Schiermonnikoog nog restanten van een duinblauwgrasland bezit. De Koegelwieck op Terschelling hoort in dit rijtje eigenlijk niet thuis. Weliswaar komen hier enkele Blauwgraslandsoorten voor (Spaanse ruiter, Blauwe zegge), maar het gebied ontleent zijn waarde toch vooral aan zijn kalkminnende Knopbiesvegetaties (*Junco-baltici-Schoenetum nigricantis*) met *Parnassia* en orchideeën. Deze vegetaties kunnen echter onder bepaalde omstandigheden de voorloper van een duinblauwgrasland zijn.

De verschillende Blauwgraslandtypen zijn onderscheiden op basis van verschillen in soortensamenstelling. Liggen aan deze verschillen nu ook verschillen in hydrologische processen ten grondslag? Om dit na te gaan gaan we enkele kenmerken van het grondwaterstandsverloop in deze reservaten met elkaar vergelijken.

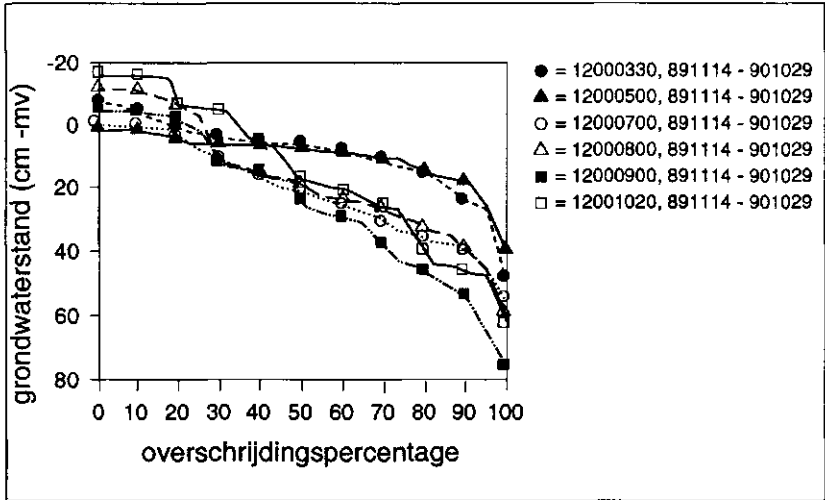
Het verloop van de grondwaterstand kan worden weergegeven met duurlijnen. In een duurlijn is de duur (tijd in procenten) dat een bepaalde grondwaterstand wordt overschreden weergegeven. De duurlijnpatronen van de subassociaties van het Blauwgrasland zijn echter verschillend.

De duurlijnen van de subassociatie *agrostietosum* (figuur 1) van de Wyldlanden zijn kenmerkend voor een Blauwgrasland (Grootjans, 1985): hoge standen komen zeer langdurig voor, er treedt een vrij langdurige inundatie op en de laagste standen bedragen zelfs in droge jaren niet meer dan 60 tot 75 cm.

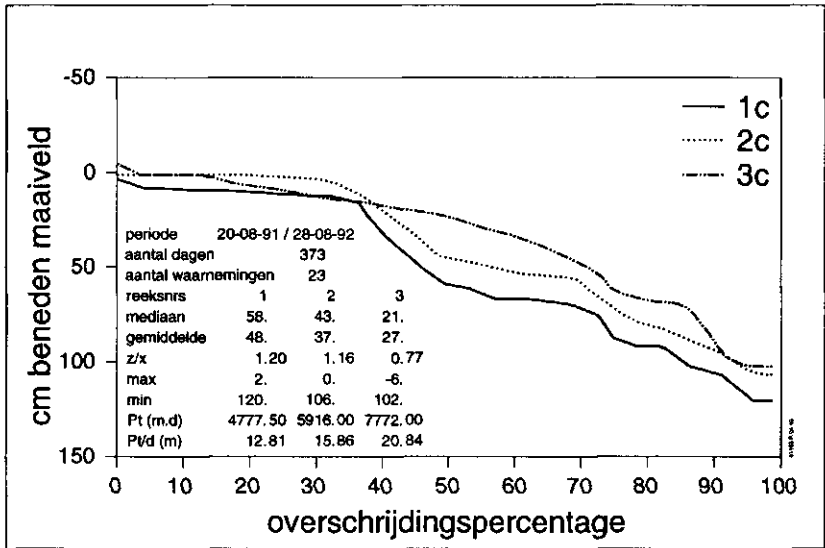
De duurlijnen van de subassociaties *typicum* en *orchietosum* van de Lemselermaten (figuur 2 en 3) zijn in veel opzichten overeenkomstig met die van de Wyldlanden. In de Lemselermaten zakken de laagste standen in

Figuur 1

Duurlijnen van
het *Cirsio-Molinietum agrostetosum* van de
Wyldlanden (De
Haan, 1992)

**Figuur 2**

Duurlijnen van
het Blauwgras-
land van de
Lemseleermaten
in de peilbuizen
1c, 2c en 3c

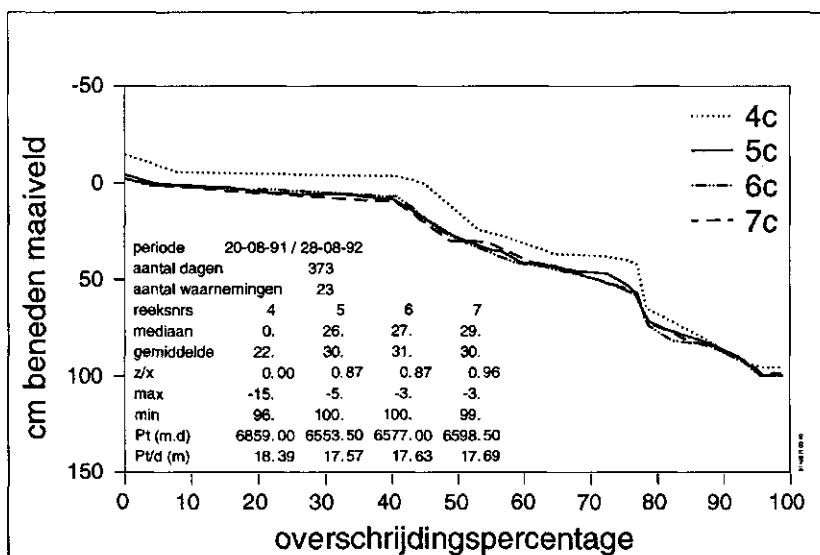


droge zomers echter dieper weg dan in de Wyldlanden. Dit hangt samen met het verschil in bodems. Het Blauwgrasland van de Wyldlanden komt voor op veen, dat van de Lemseleermaten op lemig zand met een humeuze bovenlaag van 15-25 cm. Ondanks dit verschil behoren de Lemseleermaten behoren tot de best ontwikkelde Blauwgraslanden van Nederland.

Het duurlijnenpatroon van het duinblauwgrasland uit het Kapenglop (Engelmoer & Hendriksma, 1979) (figuur 4) lijkt hier weinig op; de lijnen zijn S-vormig. De diepste standen zijn redelijk vergelijkbaar met de eerder

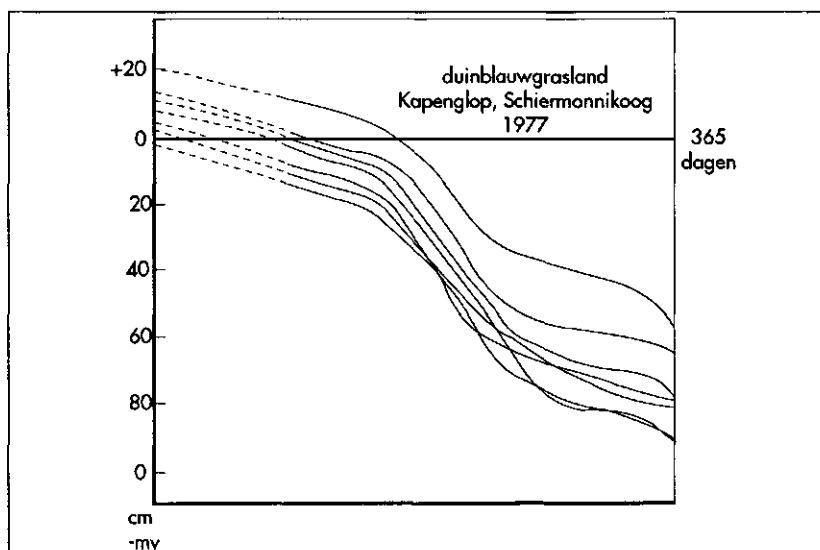
Figuur 3

Duurlijnen van het Blauwgrasland van de Lemselermaten in de peilbuizen 4c, 5c, 6c en 7c



Figuur 4

Duurlijnen van het Blauwgrasland van het Kapenglop (Engelmoer & Hendriksma, 1979)

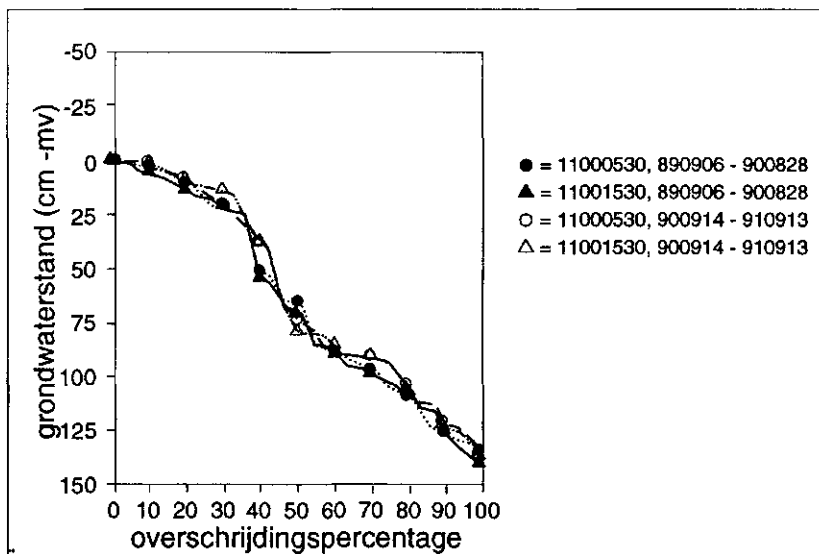


gepresenteerde Blauwgraslandtypen en zakken weg tot ca 70 cm, in extreem droge zomers oplopend tot maximaal 100 cm.

De duurlijnen van het orchideeënrijke Blauwgrasland (figuur 5) van Punthuizen zijn ook S-vormig en lijken nog minder op die van de boezemen beekdalblauwgraslanden. De periode met hoge grondwaterstanden is zeer kort en de laagste standen zakken in droge zomers maar liefst naar 130-140 cm onder maaiveld.

Figuur 5

Duurlijnen van
het *Cirsio-Molinietum* orchietosum van Punthuizen (De Haan, 1992)



De reservaten nader bekeken

Het onderzoek in de verschillende gebieden is niet steeds op dezelfde wijze uitgevoerd. De informatie over de verschillende gebieden heeft ondanks eenzelfde opzet dan ook telkens een wat andere inhoud.

Punthuizen

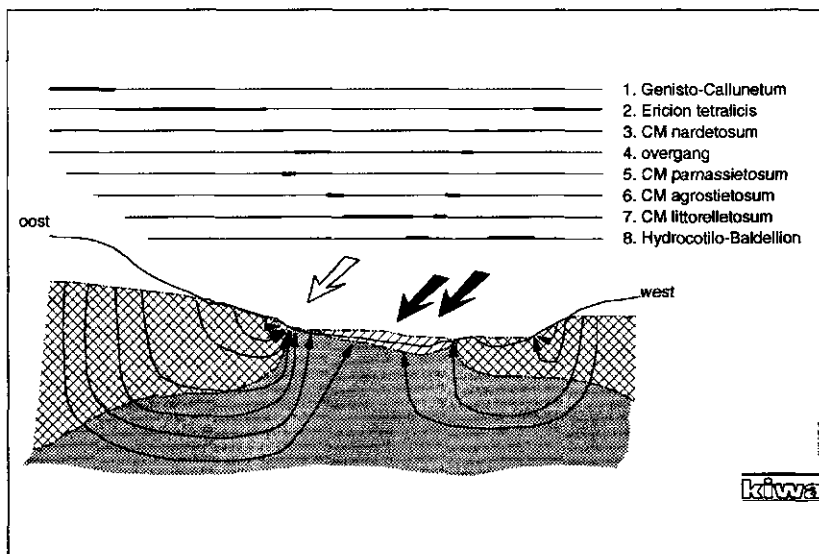
Vegetatiezonering en hydrologisch systeem

Uit een vergelijking van oude vegetatieopnamen (Van der Ven, 1958; Van der Steeg, 1965) met recent materiaal, blijkt dat alle soorten hogere planten nog steeds aanwezig zijn (Jansen, 1991b).

In Punthuizen (figuur 6) zijn de hoge delen van de dekzandruggen begroeid met een droge heide (*Genisto pilosae-Callunetum*) en de lagere delen met een vochtige heide (*Ericetum tetralicis typicum*). De dekzandruggen gaan geleidelijk over in laagten. Op de flanken van deze laagten is het heischrale grasland (*Nardo-Gentianetum pneumonanthes*) en/of de heischrale subassociatie van het Blauwgrasland (*Cirsio-Molinietum nardetosum*) ontwikkeld. Deze gemeenschappen worden lager op de gradiënt gevolgd door subassociaties van het Blauwgrasland: orchietosum of parnasietosum (rijk aan orchideeën en/of *Parnassia*), *typicum* (typische), *agrostietosum* (met veel soorten van de Kleine zeggen), *littorelletosum* (met soorten van Oeverkruidgemeenschappen) en tenslotte de associatie van Veelstengelige waterbies (*Eleocharitetum multicaulis*). In Punthuizen komt

Figuur 6

Het voorkomen van vegetatietypen in relatie tot de chemische samenstelling van het grondwater, de waterstand en het hydrologisch proces in het vroege voorjaar in Punthuizen (Jansen, 1991b)



de meest basenminnende plantengemeenschap, het C-M parnassietosum, dus voor op hogere delen van de gradiënt. In zeer veel andere terreinen zijn deze plantengemeenschappen juist beperkt tot de laagste delen.

Ondanks de lage grondwaterstanden in de zomer behoort dit Blauwgrasland tot de mooisten van Nederland. Hoe is het dan mogelijk dat onder dergelijke omstandigheden een zeer soortenrijk en basenminnend Blauwgrasland duurzaam standhoudt? Het antwoord op deze vraag ligt besloten in de werking van het hydrologisch systeem.

In Punthuizen liggen de gebieden waar regenwater inziigt en grondwater uittreedt dicht bij elkaar. De dikte van het watervoerende pakket is gering (Hoogendoorn, 1991). Deze factoren maken het dan ook onwaarschijnlijk dat in dit gebied ooit grondwater opkwelde, dat afkomstig is uit een groot watersysteem.

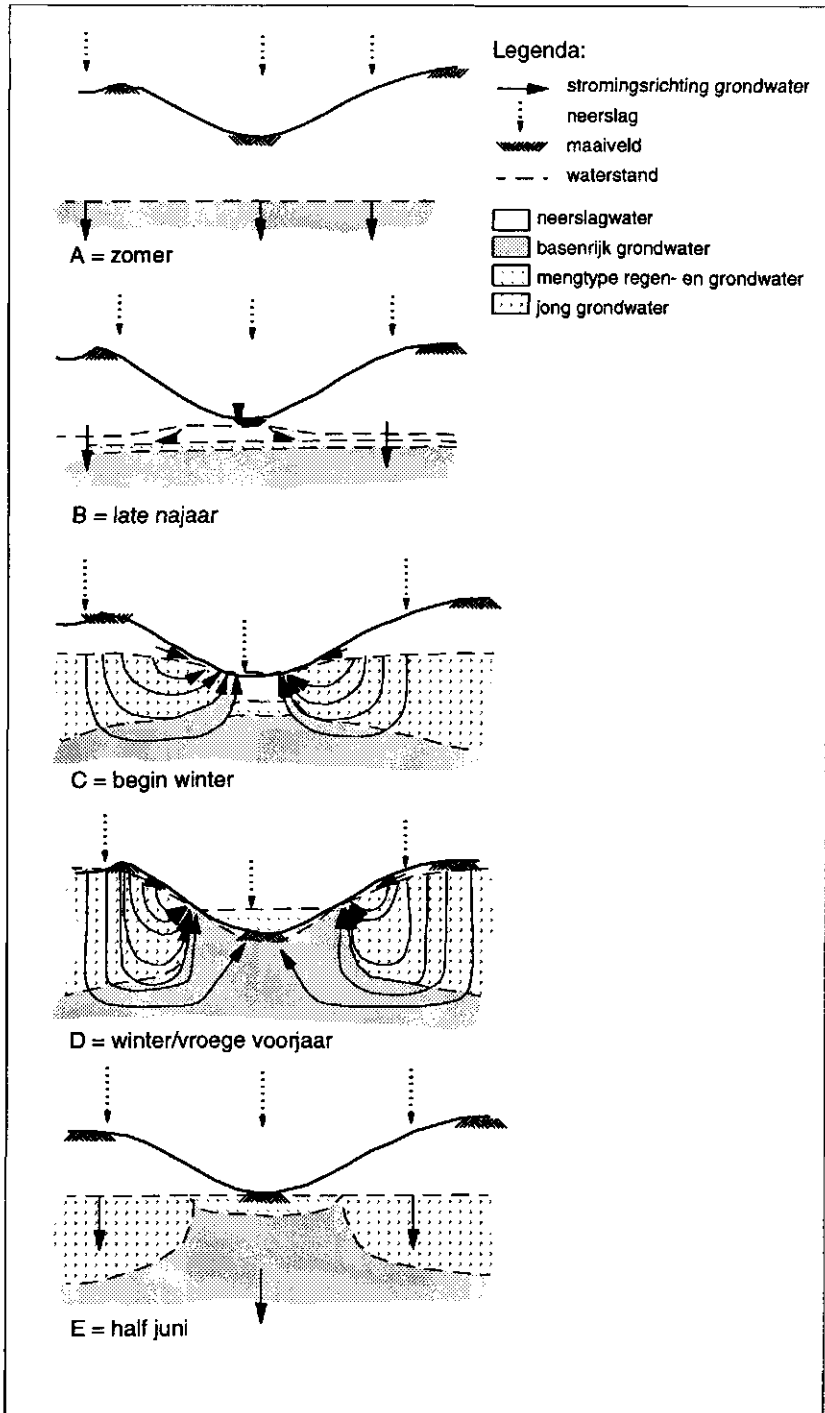
In figuur 7 zijn de belangrijkste hydrologische processen in de loop van een jaar weergegeven. In de zomer en het vroege najaar is het gehele gebied een inzijsgebied. De waterstand ligt op ongeveer 1.20-1.30 meter onder het maaiveld van de slenk. Dit grondwater is basenrijk.

In het late najaar begint de grondwaterstand te stijgen. Onder de slenk treedt een opbolling van de waterspiegel op. Bovenop het basenrijke water ontstaat een neerslaglens.

In het begin van de winter ontstaat een lokaal watersysteem. Door de stroming van lokaal grondwater wordt het basenrijke grondwater opgeperst. Dit water treedt uit op de hoger gelegen flanken, die niet geïnundeerd zijn. In de laagte zelf komt hoofdzakelijk regenwater en jong basen-

Figuur 7

Hydrologische processen in Punthuisen (Jansen, 1991b). Schematische weergave van de grondwaterstand, de chemische samenstelling en de stromingsrichting van het grondwater gedurende het jaar. Voor verdere toelichting zie tekst



arm grondwater voor. Het lokale systeem ontstaat omdat de laagte, die een zeer beperkte afvoer heeft, overstroomt. Door deze inundatie bolt de waterspiegel in dekzandruggen op en wordt het basenrijke grondwater opgeperst.

De oppersing en het uittreden van het basenrijke grondwater is in het vroege voorjaar sterker dan in het begin van de winter. Dit wordt veroorzaakt doordat het verschil in waterstanden tussen dekzandruggen en slenk toeneemt. Het basenrijke grondwater treedt hoger op de flanken uit en komt dicht onder het maaiveld van de laagte te staan. In de slenk is voornamelijk basenarm water aanwezig.

Vanaf eind mei-begin juni wordt het hele gebied weer inzijsgebied. De waterspiegel zakt snel: het neerslagoverschot verdwijnt en de diepe sloten in het omringende cultuurland gaan draineren.

De standplaatsomstandigheden van het Blauwgrasland in Punthuizen ontstaan dus door een lokaal hydrologisch systeem. De inundatie van de laagte met neerslagachtig water leidt tot opbolling van de grondwaterstand in de dekzandruggen, waardoor basenrijk grondwater wordt opgeperst. Dit grondwater treedt uit op de grens van wel en niet overstroomde delen, die hoger op de gradiënt liggen. Daar komt dan ook de meest basenminnende vorm van het Blauwgrasland voor.

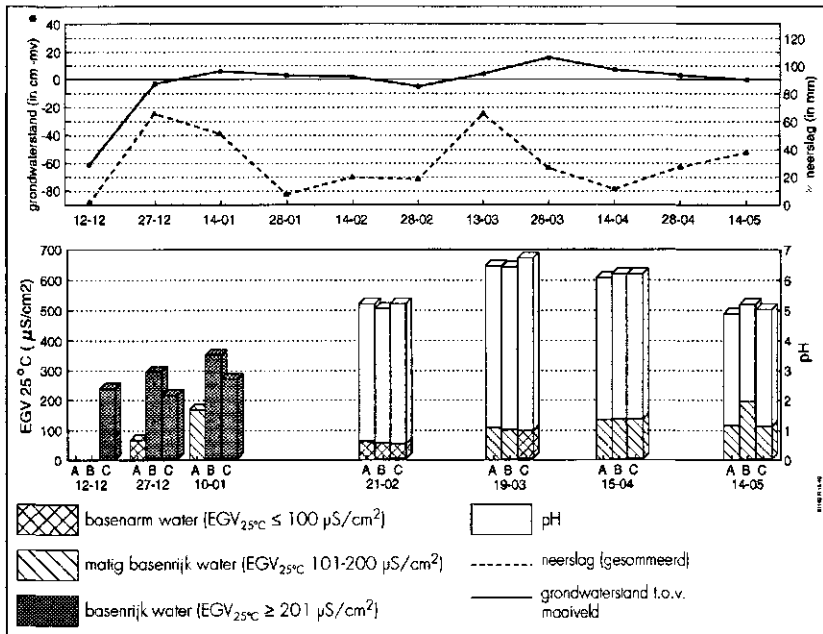
Standplaatscondities

Welke plantengemeenschap tot ontwikkeling komt hangt nauw samen met de waterstand, de pH en de basenverzadiging. De pH en de basenverzadiging van de wortelzone worden in belangrijke mate bepaald door de chemische samenstelling van het grondwater. Kleine verschillen in deze standplaatsfactoren zorgen voor een grote vegetatiekundige variatie (zie figuur 6) (Eijsink en Jansen, 1992 concept). Dit wordt geïllustreerd aan de hand van twee subassociaties van het Blauwgrasland, het C-M parnassietosum en het C-M littorelletosum, en één gemeenschap van het Oeverkruidverbond (*Eleocharitetum multicaulis*).

Bij elk van de vegetatietypen staan steeds drie buizen, namelijk een A, B en C buis, met een diepte van respectievelijk van ongeveer 40, 80 en 120 cm. In de periode december 1991 tot juni 1992 werden maandelijks de pH en het Elektrisch Geleidings Vermogen (EGV) bij 25 °C gemeten. Voor grondwater kan de pH beschouwd worden als een indirecte maat voor de buffercapaciteit. Grondwater met een pH tussen 6 en 8 levert een goede buffering tegen verzuring, grondwater met een pH tussen 4 en 5 weinig tot niet. Onder niet-geëutrofeerde omstandigheden betekent een hoog EGV dat het water veel basen bevat, met name calcium. Voor de overzichtelijk-

Figuur 8

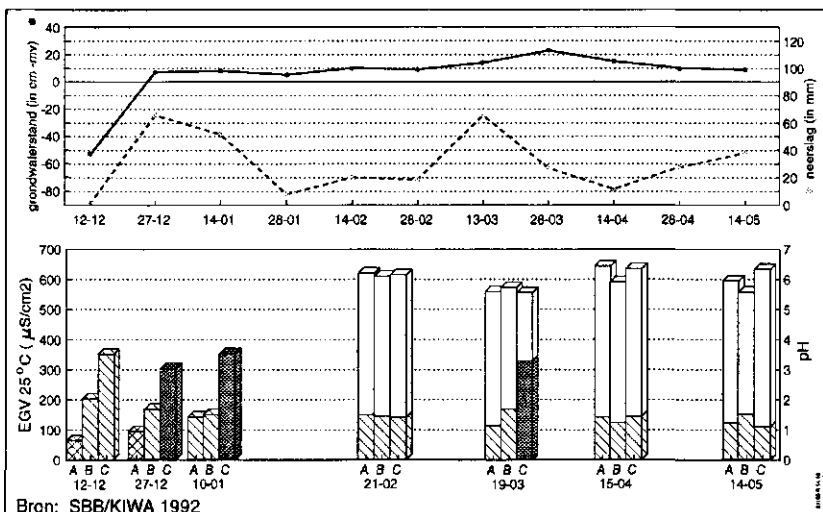
Het verloop van de pH, het EGV, de neerslag en de waterstand in peilbuis 13 (*Cirsio-Molinietum littorelletosum*) in Punthuizen



heid zijn drie watertypen onderscheiden: regenwater met een EGV tot $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ (basenarm); mengwater met een EGV van 100 tot $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ (matig basenrijk) en grondwater met een EGV groter dan $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ (basenrijk). In de figuren 8, 9 en 10 zijn voor de peilbuizen A, B en C de pH en EGV weergegeven. Bovenin deze figuren zijn de neerslag en de waterstand opgenomen.

Figuur 9

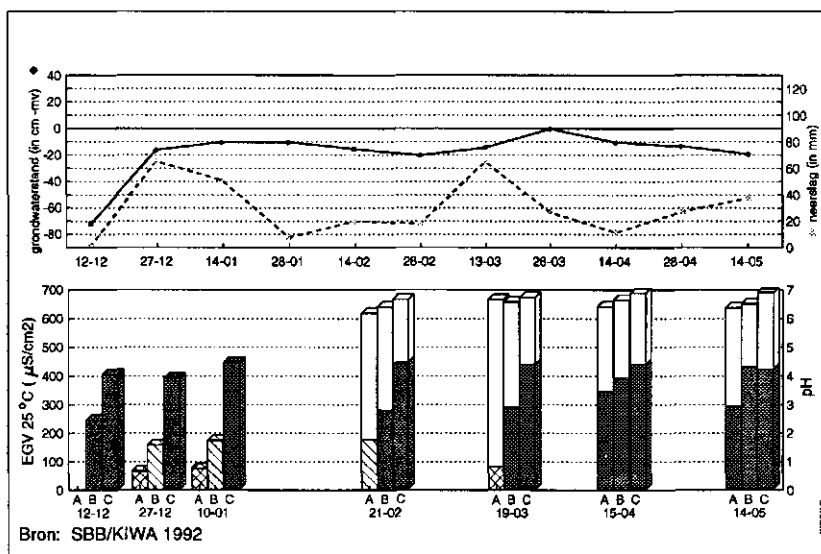
Het verloop van de pH, het EGV, de neerslag en de waterstand in peilbuis 12 (*Eleocharitetum multicaulis*) in Punthuizen



Bron: SBB/KIWA 1992

Figuur 10

Het verloop van de pH, het EGV, de neerslag en de waterstand in peilbuis 15 (*Cirsio-Molinietum parnassietosum*) in Punt-huizen



De hoogteverschillen binnen het Blauwgrasland zijn gering; ongeveer 30 cm. Het micro-reliëf bepaalt in belangrijke mate het inundatiepatroon in de winter (zie figuur 8, 9 en 10). Het hoogst gelegen blauwgrasland (*Cirsio-Molinietum parnassietosum*) is niet geïnundeerd; het lager gelegen Blauwgrasland (*Cirsio-Molinietum littorelletosum*) is af en toe overstroomd. Het *Eleocharitetum multicaulis*, dat het laagst gelegen is, is langdurig overstroomd.

Naast de inundatieduur levert het EGV een andere basis voor een vergelijking. De EGV-waarden in de peilbuizen die model staan voor deze gemeenschappen illustreren het eerder beschreven hydrologische proces op fraaie wijze. Het C-M littorelletosum heeft nooit basenrijk EGV > 200 µS/cm) grondwater in de wortelzone. Hetzelfde geldt voor het *Eleocharitetum multicaulis*. Het mengwatertype (EGV 100-200 µS/cm) komt veel langer voor in de wortelzone van deze gemeenschap dan in die van het C-M littorelletosum. Het basenrijke grondwater bereikt wel de wortelzone van het C-M parnassietosum. Dit gebeurt in de maanden april en mei. Het EGV van het grondwater onder het C-M parnassietosum reageert sterk op pieken in de neerslag. Bij veel neerslag (en hoge grondwaterstanden) is in de wortelzone steeds regenwater aanwezig; bij minder neerslag steeds mengwater of basenrijk grondwater.

Er is een duidelijke relatie tussen het verloop van de pH en het voorkomen van deze drie gemeenschappen. De pH van het C-M parnassietosum, *Eleocharitetum multicaulis* en C-M littorelletosum neemt in deze volgorde af. Die van het C-M parnassietosum ligt tussen 6 en 7, waarbij de C-buis

steeds de hoogste waarde bezit. De pH van het C-M littorelletosum schommelt tussen de 5 en 7, waarbij lagere waarden domineren. De pH van het *Eleocharitetum multicaulis* ligt tussen die van de twee andere gemeenschappen in.

De standplaatsfactoren overstromingsduur, pH en basenverzadiging verklaren het voorkomen en de positie van de plantengemeenschappen. Het hydrologisch proces bepaalt waar de geschikte standplaatscondities ontstaan.

Effecten van plaggen

In het westelijke deel van het Blauwgrasland werd in 1991 geplagd. De vegetatie was hier vrijwel volledig vergrast. Hennegras en Pijpestrootje domineerden; hier en daar kwam nog Kruipwilg voor. Het plaggen leidde tot de terugkeer van diverse bijzondere soorten: Spaanse ruiter, Moerassmele, Oeverkruid, *Parnassia*, Alpenrus, Bleekgele droogbloem, Pilvaren, Oermos (*Archidium alterniflorum*) en Eendagsmos (*Ephemerum serratum*). De terugkeer van dergelijke bijzondere soorten is geen doel op zich, maar geeft aan dat de standplaatscondities van deze soorten zijn hersteld en van de gemeenschappen waarin ze thuishoren. Op andere vergraste plekken, waar in de winter basenrijk water wordt uitgeperst, verschenen na plaggen bijzonderheden als Vetblad, Sierlijk vetmuur, Wijdbloeiende rus, Draadgentiaan. Na enkele jaren ook Moeraswespenorchis en *Parnassia*. De ephemere soorten van het Dwergbiezenverbond zijn dan verdwenen, terwijl pioniers van het Blauwgrasland in de verdrukking raken. Plaggen gevolgd door maaien leidt hier veelal tot duurzaam herstel van het Blauwgrasland.

Lemselermaten

Vegetatieontwikkeling en hydrologisch proces

Het Blauwgrasland van de Lemselermaten (Overijssel) is een fraai voorbeeld van een beekdalblauwgrasland. Het ligt op de zuidflank van het beekdal. Naar de beek toe loopt het terrein geleidelijk af, waarbij in het midden van het schraalland een laagte ligt. Deze laagte is gekenmerkt door het *Cirsio-Molinietum orchietosum*, een gemeenschap met soorten van de kalkmoerassen (*Caricion davallianae*). De overige delen zijn begroeid met een *Cirsio-Molinietum typicum*. De Lemselermaten zijn befaamd vanwege hun zeer hoge soortenrijkdom (Westhoff, 1945). Tot in de jaren zestig kwamen voor: Grote muggenorchis, Moeraswespenorchis, Vetblad, *Parnassia*, Rondbladig wintergroen, Groenknolorchis, Goudsterremos (*Campyllum stellatum*) en Vetmos (*Riccardia pinguis*).

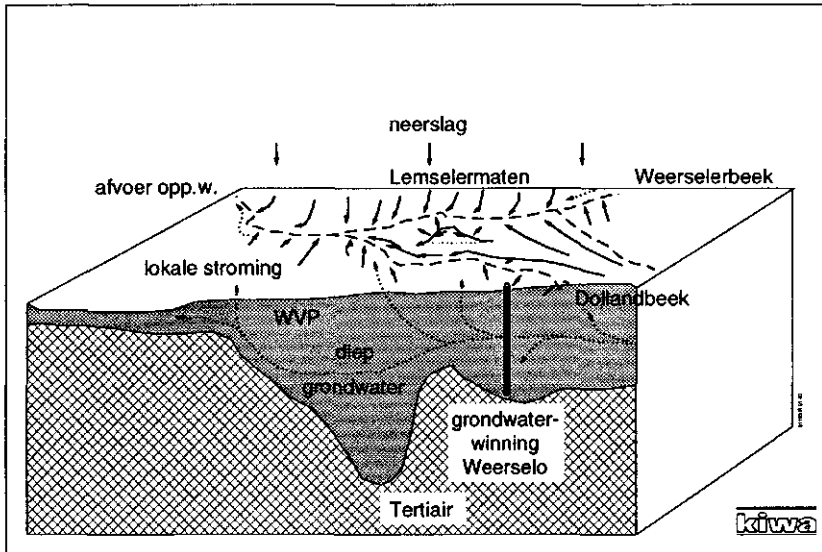
De opnamen van Westhoff uit 1944 (Westhoff en Jansen, 1990) hebben we vergeleken met een niet gepubliceerde opname van Westhoff uit 1973. Tevens werden drie niet gepubliceerde pq-reeksen uit de periode 1967-1989 geanalyseerd. Deze gegevens werden verzameld door J.J. Kleuver (Staatsbosbeheer Overijssel). De volgende veranderingen in de soorten-samenstelling van het Blauwgrasland zijn opgetreden (Jansen, 1991d):

- veel soorten afhankelijk van basenrijk, mesotroof grondwater zijn verdwenen of sterk achteruit gegaan. Het gaat om hogere planten en mossen, die kenmerkend zijn voor het orchideeënrijke Blauwgrasland (*Cirsio-Molinietum orchietosum*) en de kalkmoerassen (*Caricion davallianae*);
- de meeste soorten van vochtige, zwak zure oligo-mesotrofe omstandigheden zijn achteruit gegaan of verdwenen. Dit zijn soorten met een optimum in het heischrale grasland (*Violion caninae*);
- diverse soorten indicatief voor drogere en voedselrijke(re) milieus zijn toegenomen of verschenen. Het betreft algemene graslandsoorten (*Molinio-Arrhenatheretea* en de *Molinietalia*), soorten van ruigten (*Filipendulion*) en het Dotterbloemhooiland (*Calthion*);
- diverse soorten indicatief voor stagnerend regenwater en/of matig tot zwak zure omstandigheden zijn toegenomen of verschenen. Het gaat dan om *Zomprus* en *Moeraswalstro* en om kensoorten van de Kleine zeggen gemeenschappen (*Parvocaricetea*);
- de bedekkingen van de kensoorten van het typische Blauwgrasland (*Cirsio-Molinietum typicum*) zijn gelijk gebleven of iets toegenomen. De bedekkingen van *Pijpestrootje* en *Blauwe knoop*, kensoorten van het *Biezeknoppen-Pijpestrootjes-verbond* (*Junco-Molinion*), nemen sterk af.

In de Lemselermaten is het orchideeënrijke Blauwgrasland dan ook grotendeels vervangen door het typische Blauwgrasland. De oorspronkelijke zeer natte, basenrijke en matig voedselrijke omstandigheden bestaan nog maar op een klein oppervlak. Voor het overige is het Blauwgrasland gekenmerkt door meer zure en veel voedselrijkere omstandigheden dan voorheen. Tevens is de gemiddelde grondwaterstand gedaald en zijn de schommelingen van de grondwaterstand groter.

De standplaatscondities van het Blauwgrasland van de Lemselermaten ontstaan onder invloed van een groot watersysteem (figuur 11). Het in de Lemselermaten opkwellende basenrijke grondwater is afkomstig uit oostelijke richting. Ter hoogte van de Lemselermaten wordt het watervoerend pakket veel dunner en neemt de doorlatendheid af. Het grondwater stroomt als het ware in een trechter, hetgeen gepaard gaat met opwaartse stroming

Figuur 11
Hydrologische
processen in en
rondom de
Lemselermaten
(Croese, 1992
concept)



en kwel. Vroeger tradt deze kwelstroom grotendeels uit in het maaiveld van het Blauwgrasland. Deze opwaartse stroom wordt thans voornamelijk door de verdiepte beek afgevangen, die grenst aan het terrein (Jansen, 1991d). De invloed van de grondwaterwinning Weerselo is veel minder groot (Croese, 1992).

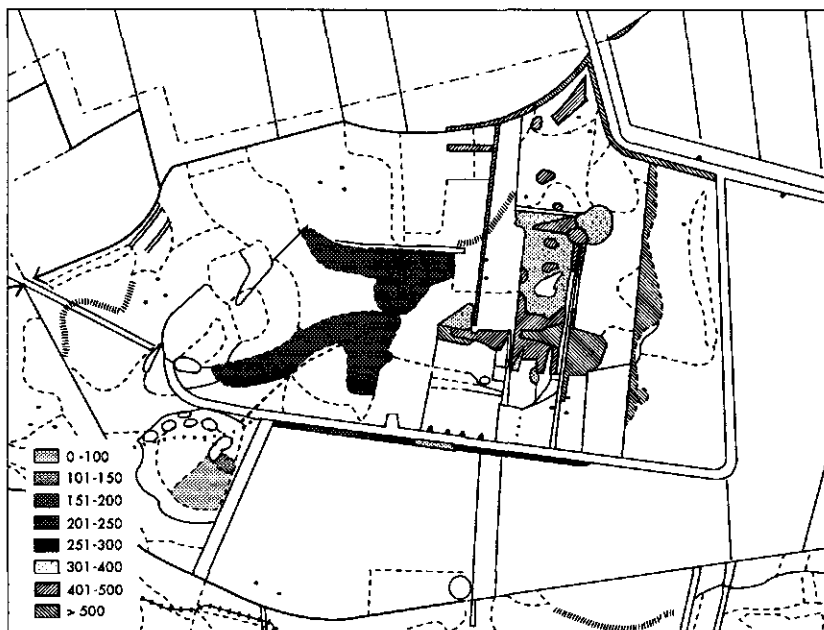
Hydrologische veranderingen

Wat zijn de oorzaken van de geconstateerde veranderingen? Voor het oplossen van deze vraag worden de abiotische omstandigheden in beschouwing genomen.

In de figuren 2 en 3 zijn de duurlijnen van het Blauwgrasland in de Lemselermaten gepresenteerd. Uit de duurlijnen blijkt dat hoge standen nog steeds langdurig voorkomen, maar dat deze snel wegzakken tot ongeveer 1 meter beneden maaiveld. Op grond van de oude vegetatiegegevens lijkt het waarschijnlijk dat de periode met hoge standen korter is geworden en de laagste grondwaterstanden gedaald zijn. Dit betekent dat het basenrijke grondwater de wortelzone van de vegetatie korter kan bereiken.

De daling van de grondwaterstand leidt tot een afname van de invloed van het basenrijke grondwater uit het grote watersysteem, terwijl die van regenwater en jong grondwater, dat zijdelings afstroomt, toenemen. De vergrote invloed van jong grondwater, dat zijdelings afstroomt, blijkt uit de sterke toename van Veldrus op de flanken van de gradiënt (Jalink en Jansen, 1989). De gedaalde grondwaterstanden resulteren eveneens in een versterkte mineralisatie van organisch materiaal in droge perioden. Vanwege

Figuur 12
EGV van het
oppervlakte-
water in de
Lemselermaten
op 9 april 1992

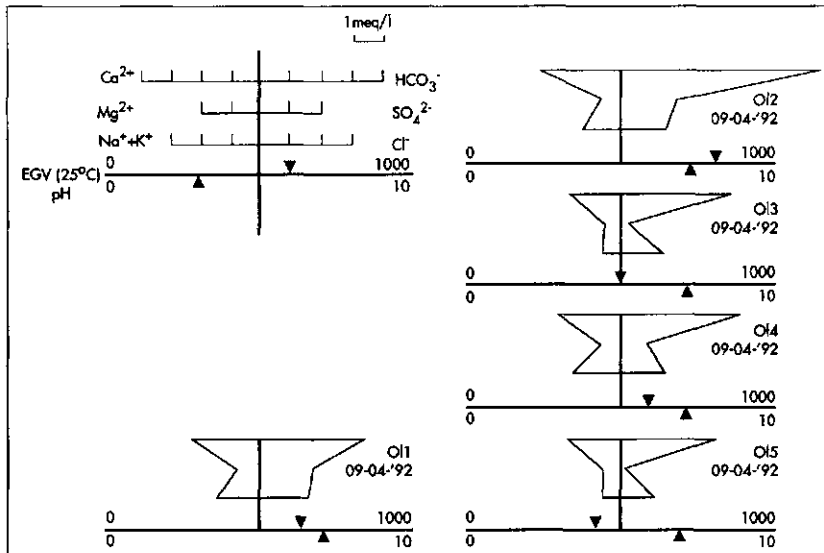


de veronderstelde daling van de grondwaterstand zijn dus meer zure en voedselrijkere omstandigheden ontstaan, zodat de beschreven veranderingen in de vegetatie van de Lemselermaten kunnen worden verklaard. Deze veronderstelling behoeft nog nadere onderbouwing.

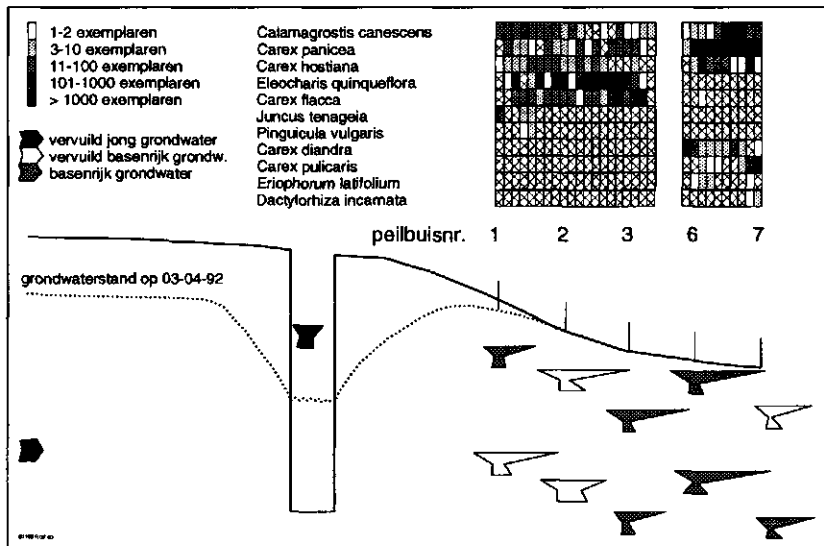
De eutrofiëring van het Blauwgrasland wordt in ieder geval (ook) veroorzaakt door de toestroming van voedselrijk landbouwwater. Dit wordt afgeleid uit de chemische samenstelling van het oppervlaktewater en het grondwater.

In het vroege voorjaar van 1992 is het EGV van het oppervlaktewater gemeten (figuur 12) en zijn watermonsters genomen. In het rechterdeel van de figuur liggen drie percelen. In deze percelen ligt het EGV over een grote oppervlakte tussen de 301 en 400. Deze EGV is hier karakteristiek voor basenrijk water (figuur 12). In de rechter percelen komen echter ook vlakken voor met EGV-waarden hoger dan 401. In deze zones is steeds sprake van vervuild basenrijk water. Dit blijkt uit de chloride-concentraties, die groter zijn dan 0.7 meq/l (Grootjans, 1985), en de verhoogde natrium- en kaliumwaarden (figuur 13). De oorzaak van deze vervuiling is zowel bovengrondse afstroming als ondergrondse toestroming van respectievelijk oppervlaktewater en grondwater vanaf de direkt aangrenzende cultuurgronden, die het Blauwgrasland van verrijkt landbouwwater voorzien (zie figuur 14). De toename van eutrafente soorten wordt hierdoor dan ook verklaard.

Figuur 13
Enkele Stiff-diagrammen van het oppervlaktewater in de Lemselermaten op 9 april 1992. De calciumconcentraties zijn te laag



Figuur 14
De relatie tussen grondwaterstand, chemische samenstelling van het grondwater en het voorkomen van enkele soorten van het Blauwgrasland. De calciumconcentraties van de watermonsters met een grondwaterachtige samenstelling zijn te laag



Effecten van plaggen

Het Blauwgrasland van de Lemselermaten is aan het vergrassen. Rood zwenkgras, Hennegrass en Gestreepte witbol nemen sluipend toe. In 1988 worden voor het eerst maatregelen tegen die vergrassing genomen. Er is geplagd op een gradiënt. Op de hoogste delen van de gradiënt wordt geoxideerd ijzer aangetroffen, hetgeen een gevolg is van de gedaalde grondwaterstanden. Iets lager op de gradiënt, waar geen geoxideerd ijzer meer wordt

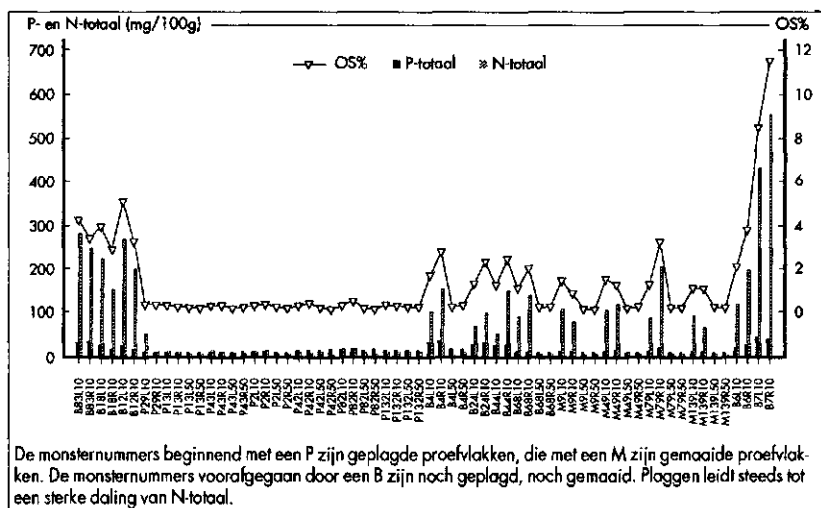
aangetroffen, ontstond een vegetatie met o.a. Vlozegge, Kleine valeriaan, Boompjesmos (*Climacium dendroides*) in plaats van dominant Hennegras.

In het kader van EGM zijn meer uitgebreide plagstroken gelegd. De gekozen lokaties vertegenwoordigen een zo groot mogelijk spectrum aan milieugradiënten van hoog naar laag. Zowel binnen als buiten het Blauwgrasland zijn hierbij transecten gelegd. Deze zijn onderverdeeld in cellen, waarin het voorkomen van soorten wordt opgenomen (figuur 14). In de eerste twintig cellen (peilbuizen 1 t/m 3) werd de organische laag verwijderd in 1990. De tweede tien cellen (peilbuizen 6 en 7) zijn een niet geplagd *Cirsio-Molinietum orchietosum*. Het plaggen leidt tot herstel van soortenrijke gemeenschappen met diverse zeldzame soorten, die gebonden zijn aan basenrijke omstandigheden: Wijdbloeiende rus (*Juncus tenageia*), Vetblad (*Pinguicula vulgaris*) en Armbloemige waterbies (*Eleocharis quinqueflora*). De specialiteiten van het orchideeënrijke Blauwgrasland, Vleeskleurige orchis (*Dactylorhiza incarnata*), Ronde zegge (*Carex diandra*) en Breedbladig wollegras (*Eriophorum latifolium*) hebben zich tot nu toe niet gevestigd. Ook de Vlozegge (*Carex pulicaris*) is nog niet gevonden. Hennegras (*Calamagrostis canescens*) daarentegen is twee jaar na plaggen al weer algemeen in de geplagde strook. Hoewel plaggen leidt tot een forse afname van de hoeveelheid stikstof (zie figuur 15) zorgt de de hernieuwde toevoer van voedingsstoffen via oppervlakte- en grondwater voor nieuwe kansen voor eutrafente soorten. Plaggen leidt dan ook tot voorlopig herstel van de vegetatie.

Voor duurzaam herstel zijn dus andere maatregelen nodig dan plaggen. De toevoer van voedselrijk water zal moeten worden gestopt c.q. gemini-

Figuur 15

De hoeveelheden N- en P-totaal in relatie tot het organisch stofgehalte (%OS) van geplagde en niet geplagde proefvlakken in Reggers Sandersvlak, Middelduinen, en Lemseler-maten



maliseerd. Dit kan alleen door de aankoop van aangrenzende landbouwpercelen. Daarmee zijn de effecten van grondwaterstandsaling en verminderde toestroom van basenrijk grondwater nog niet tenietgedaan. Deze kunnen slechts worden opgelost via ingrijpende maatregelen in de waterhuishouding.

Wyldlanden

Vegetatieontwikkeling

Het reservaat de Wyldlanden is een voorbeeld van een boezemblauwgrasland. Van der Kloet (1939) omschrijft de Wyldlanden als volgt: 'Vrij goed ontwikkeld Molinietum van het type van de Friese boezem, met veel *Cirsium dissectum* als enige karaktersoort en zonder Orchideeën, Parnassia e.d.'. Ook Vlozegge en Blonde zegge, die door Van der Kloet niet genoemd worden, waren toentertijd al aanwezig (Hosper, 1984). Met uitzondering van Holpijp en Kleine valeriaan, die afhankelijk zijn van basenrijke omstandigheden, zijn alle uit 1939 bekende soorten nog aanwezig (Hosper, 1984). Er zijn echter ook tal van nieuwe soorten verschenen. Deze soorten zijn in te delen in vijf categorieën (Westhoff en Den Held, 1975; Jalink en Jansen, 1989):

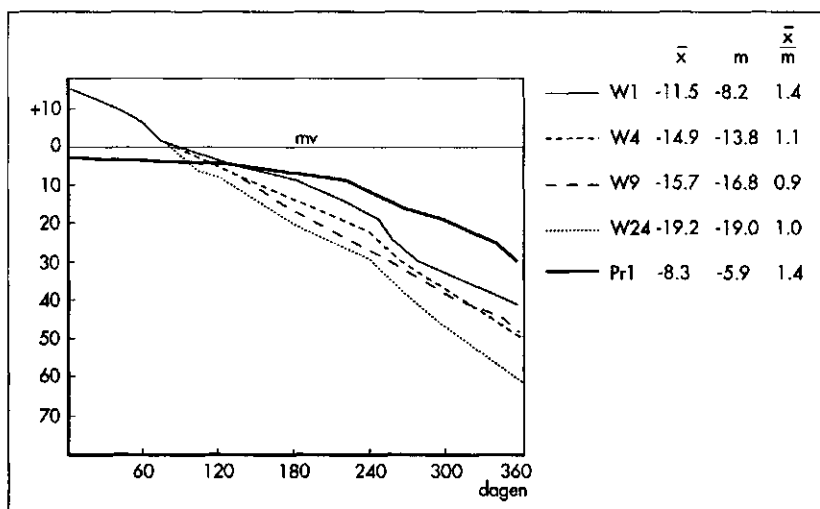
- samenhangend met een grote invloed van hard, eutroof boezemwater (soorten van rietlanden en gestoorde milieus);
- indicatief voor gedaalde en sterker fluctuerende grondwaterstanden (algemene graslandsoorten en ruigtekruiden);
- kenmerkend voor een vergrote invloed van langdurig stagnerend regenwater (soorten van de Kleine zeggen);
- duidend op zwak vochtige, schrale omstandigheden (soorten van het Heischrale grasland);
- samenhangend met kortstondige overstroming met eutroof water (soorten van het Dotterbloemhooiland).

Vegetatiezonering en hydrologisch systeem

De kensoorten Spaanse ruiter en Blauwe zegge zijn nog steeds aanwezig (Hosper, 1984; Everts en Bijkerk, 1992 concept). Binnen het Blauwgrasland is de vegetatie gezoneerd. Dicht langs de boezem groeien allerlei eutrafente soorten, zoals Oeverzegge, Tweerijige zegge, Dotterbloem en Waterkruiskruid. Verder van de boezem af, waar de invloed van neerslagwater toeneemt, bereiken soorten van de Kleine zeggen, zoals Kruipend struisgras, Veenpluis en Zwarte zegge, een hoge bedekking. Op de iets hogere plek-

Figuur 16

Duurlijnen uit de Wyldlanden uit de periode voor de maatregelen in de waterhuishouding (Hosper, 1984).
x=gemiddelde,
m=mediaan



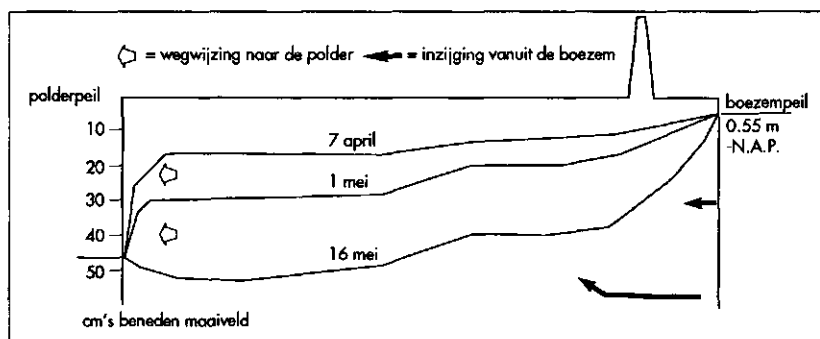
ken komen soorten voor met een optimum in het Heischrale grasland (*Viola caninae*), zoals Kruipwilg, Borstelgras en Tandjesgras.

Het reservaat de Wyldlanden is een inzijsgebied (Jansen, 1991e). De duurlijnen hebben dan ook een vrijwel rechtlijnige vorm (figuur 16). De inzijsing ontstaat door lage polderpeilen (figuur 17). De vroegere overstroming met grondwaterachtig boezemwater in de winter, dat zorgde voor de aanvoer van basen, is vervangen door overstroming met neerslagwater en zeewaterachtig boezemwater. Op korte termijn zal de kwaliteit van dit boezemwater niet verbeteren.

Uit figuur 17 blijkt eveneens dat door verschillen in boezem- en polderpeil een stroming van 'boezemwater' plaatsvindt onder het maaiveld van de Wyldlanden. Op grotere afstand van de boezem vindt deze stroming op grotere diepte plaats. De invloed van neerslagwater wordt dus groter naarmate de afstand tot de boezem toeneemt. Het handhaven van niet verzuur-

Figuur 17

Het verloop van de grondwaterstand in de Wyldlanden in het voorjaar van 1980 (Hosper, 1984)



de Blauwgraslanden van de Friese boezem vereist dan ook een subtiel evenwicht tussen de invloeden van neerslagwater en boezemwater. Het peilbeheer is de sleutelfactor voor de handhaving danwel het ontstaan van dit evenwicht.

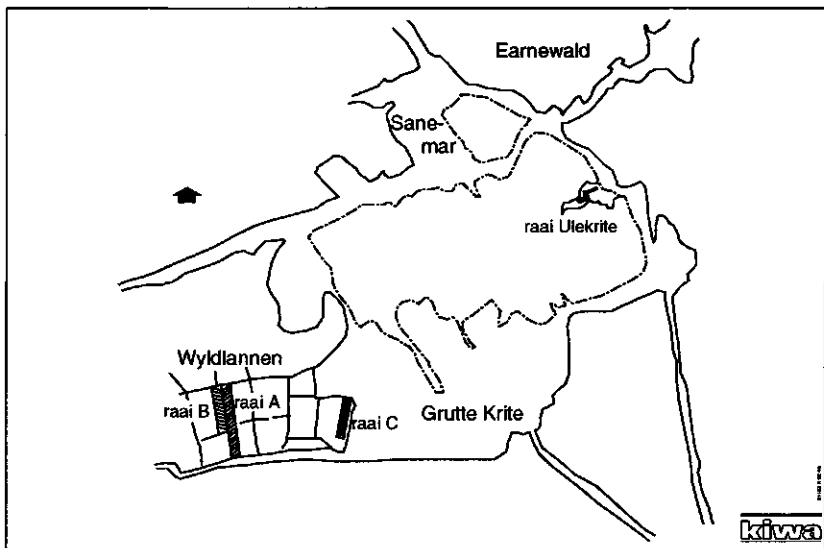
Te lage boezem- en polderpeilen in de zomer zorgen voor een versterkte inzijging van het in de winter gevallen neerslagwater. Het in de winter onvoldoende oppervlakkig afvoeren van neerslagwater leidt eveneens tot verzuring. Om het diep wegzakken van de grondwaterstand te voorkomen zijn in 1985 de zomerpeilen in de Wyldlanden opgezet. Deze bedragen nu ongeveer 45 cm -mv.

Vegetatie en waterkwaliteit

De beschreven vegetatiezonering hangt dus samen met de afstand tot de boezem. De verspreiding van vegetatietypen en soorten is onderzocht in enkele raaien (figuur 18) (Everts en Bijkerk, 1992 concept). In raai A (figuur 19) komt de eutrafente soort Oeverzegge (*Carex riparia*) alleen voor dicht bij de boezem. De kensoorten van het Blauwgrasland Blauwe zegge (*Carex panicea*) en Spaanse ruiter (*Cirsium dissectum*), alsook de heischrale soort Tandjesgras (*Danthonia decumbens*) zijn alleen aanwezig op grotere afstand van de boezem. Hetzelfde geldt voor de zure omstandigheden minnende soorten Wateraardbei (*Potentilla palustris*) en Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*).

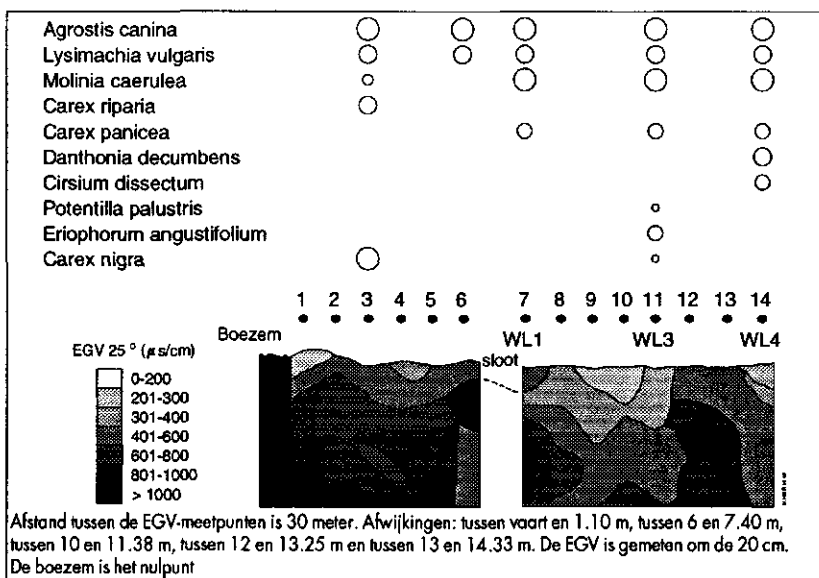
In raai A is de verspreiding van soorten te relateren aan de mate van ionenrijkdom van het grondwater (figuur 19). In augustus 1991 werd met

Figuur 18
Ligging van de onderzoeksraai en in de Wyldlanden (Everts en Bijkerk, 1992 concept)



Figuur 19

De relatie tussen de verpreiding van enkele soorten en EGV-waarden in raai A in de Wyldlanden op 28 augustus 1991 (gewijzigd naar Everts en Bijkerk, 1992 concept). Hoe groter de stippen hoe meer een soort voorkomt.



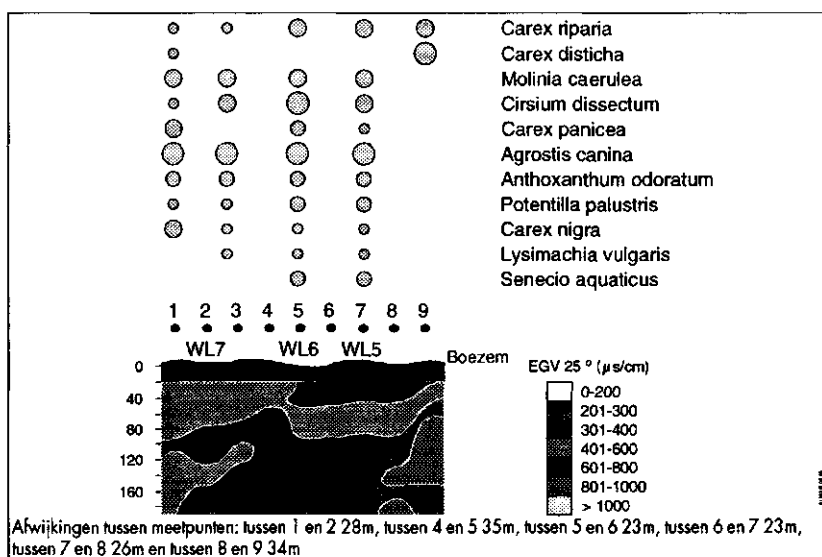
een prikstok het EGV van het grondwater gemeten. De waarden werden naderhand ingedeeld in zeven klassen. Dichtbij de boezem komt op enige diepte een aaneengesloten laag voor van zeer ionenrijk water met een EGV van 601-800 µS/cm (figuur 19). Tussen de boezem en de sloot ligt vrijwel steeds ionenrijk water (EGV van 401-600 µS/cm) aan of dicht onder maaiveld. Voorbij de sloot vormt het zeer ionenrijke water geen aaneengesloten laag meer en ligt gemiddeld ook minder dicht onder maaiveld. Het ionenrijke water is over grote oppervlakten vervangen door water met EGV's van 200 tot 400 µS/cm. Tussen boezem en sloot vormt het water met EGV's hoger dan 800 µS/cm aaneengesloten, dikke lagen; rechts van de sloot is dit patroon verbrokkeld.

Raai C is aan drie zijden omsloten door de boezem (figuur 18). In deze raai is een met raai A overeenkomstig beeld zichtbaar, zij het dat de in raai A presente soorten in raai C frequenter voorkomen (figuur 20). De eutrafente soorten Oeverzegge en Tweerijige zegge (*Carex disticha*) worden dichtbij de boezem niet vergezeld van andere soorten. Het Waterkruiskruid (*Senecio aquaticus*) heeft zich op enige afstand van de boezem gevestigd in de laagten, waaronder zich grondwater bevindt met een EGV van 300 tot 400 µS/cm. Deze laagten zijn in de winter geïnundeerd met regenwater. De soorten van het Blauwgrasland komen in de hele raai voor m.u.v. de zone direct langs de boezem, waar het ionenrijke water dicht onder maaiveld staat.

Is de invloed van boezemwater zeer groot dan ontbreken dus de soorten van het Blauwgrasland. Als de invloed van neerslagwater groot is ver-

Figuur 20

De relatie tussen de verpreiding van enkele soorten en EGV-waarden in raai C in de Wyldlanden op 28 augustus 1991 (gewijzigd naar Everts en Bijkerk, 1992 concept). Voor toelichting zie figuur 19.



schijnen zuurminnende soorten van de Kleine zeggen in het Blauwgrasland. Onder wat drogere omstandigheden soorten vestigen zich soorten van de Heischrale graslanden in het Blauwgrasland. Door langdurige overstroming met regenwater in de winter ontstaat een zeer soortenarme vegetatie van de Kleine zeggen, die wordt gedomineerd door Kruipend struisgras (*Agrostis canina*) (zie figuur 19; punt WL3).

Effecten van plaggen

Na het opzetten van het waterpeil in 1985 zijn de waterstanden hoog genoeg voor regeneratie en handhaving van de oorspronkelijke boezemblauwgraslanden. Toen is de voedselrijke, zure toplaag echter niet verwijderd. Tevens ontbreken de mogelijkheden voor de oppervlakkige afvoer van regenwater. De invloed van zuur regenwater blijft daardoor hoog. Daarom werd in het kader van de EGM de zure toplaag afgeplagd. Dit moet leiden tot het bovenbrengen van een minder basenarme bodem. Omdat door plaggen maaiveldverlaging plaatsvindt, kan de invloed van het basenrijke boezemwater ook groter worden. De geplagde delen werden ondiep begreppeld om de afvoer van regenwater mogelijk te maken. Tevens werd een dam opgeworpen om in de winter overstroming met boezemwater te voorkomen. Ter verdere beperking van peilfluctuaties in de zomer wordt nu via een helofytenfilter voorgezuiverd boezemwater ingelaten in de sloten.

Wat heeft de uitvoering van deze maatregelen opgeleverd? Na plaggen ontstaat over grote oppervlakten opnieuw een soortenarme gemeenschap

van Kruipend struisgras, Pijpestrootje en Gewone wederik (Everts en Bijkerk, 1992 concept). Langs een sloot heeft zich echter een smalle strook soortenrijk boezemblauwgrasland ontwikkeld, waarin ook het Veen-melk-viooltje is gevonden. Deze strook wordt beïnvloed door het voorgezuiverde boezemwater in de naastgelegen sloot.

Het Kapenglop, Schiermonnikoog

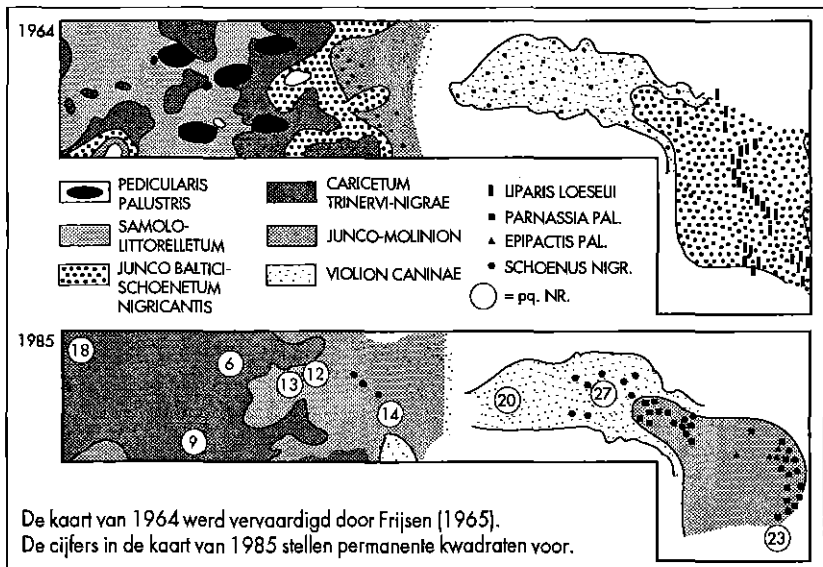
Vegetatieontwikkeling

Het Kapenglop is een 400 jaar oude afgesnoerde strandvlakte die momenteel in het centrum van Schiermonnikoog ligt. Van de vroege vegetatieontwikkeling is ons niets bekend. De eerste beschrijvingen dateren van ca. 1950. De vallei was toen uiteraard reeds begroeid, maar niet overal. 'Overal zijn stukken afgeplagd', schrijft Den Hartog (1952), 'sommige eerder, andere later, waardoor we een eigenaardig mozaïek krijgen van allerlei vlakken, die opvallen door de dominantie van één soort'. Eén van die soorten was de Spaanse ruiter. Den Hartog geeft een hele serie opnamen van het duinblauwgrasland op Schiermonnikoog. De opnamen uit de grote valleien (Kapenglop en Hertenbosvallei) hadden een sterke inslag van de kalkminnende Knopbiesvegetaties, met Knopbies, Moeraswespenorchis, Parnassia en Moeraskartelblad. Eén opname uit de binnenduintrand was zuurder, miste de Spaanse ruiter, maar had veel Vlozegge, alsmede ook Biezeknoppen, Veenpluis en Veelbloemige veldbies. Pijpestrootje kwam in geen van de opnamen voor. Nu komt het duinblauwgrasland, zoals beschreven door Den Hartog eigenlijk alléén nog in het Kapenglop voor, maar het mist vrijwel alle soorten van het Knopbiesverbond, terwijl soorten als Pijpestrootje, Blauwe zegge, en Biezeknoppen vrijwel steeds voorkomen, niet zelden samen met Veenpluis en Wataardbei (Grootjans et al., 1991). Dit wijst op een sterke verzuring van het duinblauwgrasland in het Kapenglop (Esselink et al., 1989). De ontwikkeling van deze vegetaties is sinds 1964 vrij nauwkeurig beschreven. We weten daarom ook dat een Blauwgraslandvegetatie zich kan ontwikkelen uit een Knopbiesvegetatie, tot in de jaren zeventig zelfs zonder dat frequent werd gemaaid. De laatste jaren maait men iedere zomer, maar desondanks verkeren de Blauwgraslandplanten in een zeer slechte conditie; de rosetten van de Spaanse ruiter blijven wel aanwezig, maar de planten komen maar zelden tot bloei. En als ze bloeien worden ze slechts enkele decimeters hoog. Het maaien heeft het Blauwgrasland wel gevrijwaard van verzuuring, maar niet van verzuring.

Vegetatiezonering en hydrologisch systeem

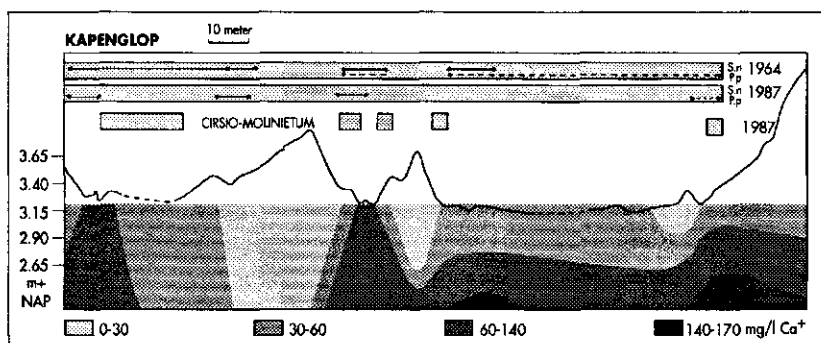
De ontwikkeling en zonering van het Blauwgraslandtype hangt nauw samen met de werking van het hydrologische systeem rond het Kapenglop. Het Kapenglop ligt nog geen 500 meter van de top van de zoetwaterbel van het eiland af en moet dus vanuit de regionale schaal als een infiltratiegebied worden aangemerkt. Het is dan ook bijzonder dat in zo'n oud, en dus vrij diep ontkalkt, gebied zeer veel kalkminnende plantensoorten voorkwamen. Het geheim schuilt in de aanwezigheid van kleilagen die hier en daar in en om het Kapenglop voorkomen en er voor zorgen dat lokale opbolling van de waterspiegel kan plaats vinden. Vandaaruit gaan ondiepe stroombanen, die onderweg calcium en bicarbonaat opnemen uit de ondergrond, naar de valleien (Stuyfzand & Lüers, 1992). Tegenwoordig komt de zone met Spaanse Ruiter en Blauwe zegge min of meer overeen met de hoogwaterlijn. Overal rond kleine duintjes en valleiranden kan men de rozetten van Spaanse ruiters aantreffen, soms met minuscule Knopbiesjes en Moeraswespenorchissen, plaatselijk ook met Moeraskartelblad. In de jaren 60 en in het begin van de jaren 70 was de hoog-laaggradiënt langs de vallei veel uitgesprokener (Frijlink, 1965; Grootjans et al., 1988). Gaande van boven naar beneden trof men aan (figuur 21); Heischraalgrasland met Hondsviooltje en Rozenkransje (*Violion caninae*), Blauwgrasland (*Cirsio-Molinietum*) met veel kalkminnende soorten zoals Knopbies en Vleeskleurige orchis, hieronder vaak een zone gedomineerd door Knopbies, gevolgd door Kleine zeggen met Moeraskartelblad en tenslotte een vrijwel kale bodem met Oever-

Figuur 21
Veranderingen in de vegetatie op een hoogtegradiënt in het oostelijk deel van het Kapenglop. Duidelijk is te zien dat het Blauwgrasland gedeeltelijk uit een Knopbiesgemeenschap is ontstaan en dat de kalkminnende plantensoorten in 1985 naar de randen van de vallei uitwijken (naar Grootjans et al. 1988)



Figuur 22

De relatie tussen calciumgehalten van het ondiepe grondwater en het voorkomen van het Blauwgrasland en enige kalkminnende soorten in een transect over de hoogtegadiënt van figuur 21. Bovenaan in de figuur is het voorkomen in 1964 van Knopbies (*S.n.* = *Schoenus nigricans*) en Moeraskartelblad (*P.p.* = *Pedicularis palustris*) aangegeven, in vergelijking met hun voorkomen in 1987. Duidelijk is te zien dat beide soorten in 1964 in grote delen van de gradiënt voorkwamen en nu beperkt zijn tot de randen van de vallei



kruid en Waterpunge. Deze gradiënt zal niet overal zo mooi ontwikkeld zijn geweest.

De hier geschetste vegetatie zonering lijkt sterk op die van Punthuizen; de meest basenminnende vegetatietypen staan in het midden van de gradiënt. Het hydrologisch regime, weerspiegeld in de samenstelling van het grondwater in het profiel, is ook zeer vergelijkbaar. Figuur 22 laat hiervan een voorbeeld zien (Esselink et al., 1989; Van Dijk & Grootjans, 1993). Het profiel ligt over de gradiënt van figuur 21 in het oostelijk deel van het Kapenglop. Net als in Punthuizen is calciumrijk grondwater vooral langs de randen van de vallei aanwezig. De gegevens stammen uit 1987. Dat we de werking van dit hydrologische systeem hier kunnen aanschouwen is een toevalstreffer. Het jaar 1987 was extreem nat en de vallei stond het hele jaar onder water, iets wat tegenwoordig vrijwel niet meer plaats vindt. Onder die condities wordt het kalkrijke grondwater hoog in de gradiënten opgeperst en houdt daar een basenminnende vegetatie in stand, ondanks het feit dat de valleibodem hier tot meer dan 150 cm diepte is ontkalkt. Momenteel functioneert dit hydrologische mechanisme vrijwel niet meer en verzuren de gradiënten sterk als gevolg van het ontbreken van een buffermechanisme en versnelde stapeling van organische stof.

Effecten van plaggen

In 1990 is in de rand van een kleine vallei naast het Kapenglop, waar Knopbies vroeger dominant voorkwam, geplagd om te kijken of de kalkminnende vegetaties zich hier opnieuw konden ontwikkelen. Dit bleek inderdaad het geval; binnen een paar jaren verschenen Knopbies en zelfs Slanke duingentiaan, maar ook veel opslag van Berken, welke de Knopbiezen vermoedelijk binnen een paar jaar zullen overvleugelen. Kennelijk is het hier inmiddels veel te droog geworden. Meer perspectieven voor hoge natuurwaarden liggen er in de lagere delen van het Kapenglop, deze zijn natter en de vegetatie bevat vrijwel geen zeldzame plantesoorten meer. Op open

plekken vestigen zich echter wel weer Oeverkruid en Kleine waterweegbree. Deze soorten nemen met veel minder basenrijke omstandigheden genoegen en vragen 'slechts' om het verwijderen van de organische laag.

De Koegelwieck, Terschelling

Vegetatieontwikkeling

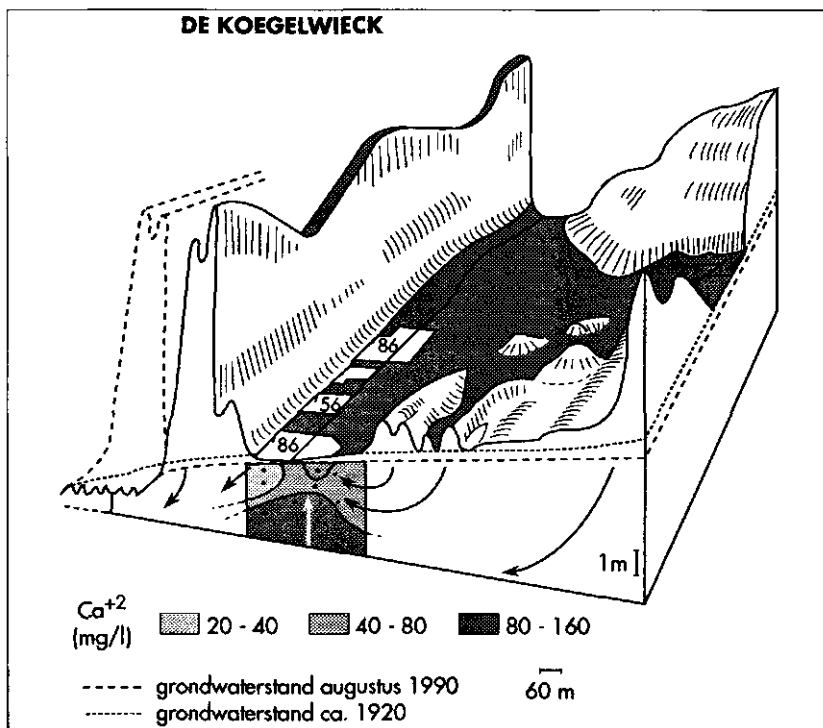
De Koegelwieck is een grote secundaire vallei gelegen ten noordwesten van Hoorn, die zich enkele kilometers uitstrekt achter de eerste duinenrij. De vallei raakte ongeveer 75 jaar geleden begroeid en we weten alleen uit overlevering dat de eilanders er toen Duinzendguldenkruid verzamelden voor geneeskundige doeleinden (Westhoff & van Oosten, 1991). Het reservaat is echter vooral bekend geworden om zijn fraaie Knopbiesvegetaties met *Parnassia*, Vleeskleurige en Moeraswespenorchis en Moeraskartelblad die er in de jaren dertig en veertig massaal voorkwamen, met name in het noordelijke laagste deel (Westhoff, 1947). In de jaren vijftig waren de Knopbiesvegetaties verdwenen en was de hele vlakte begroeid met Duinriet, Kruipwilg en Cranberry, met hier en daar nog enkele kalkminnende soorten, zoals *Galigaan*. In 1956 werd besloten om op bescheiden schaal te plaggen in het meest noordelijke deel. De Knopbiesvegetatie bleek zich goed te regenereren en ook veel andere zeldzame soorten keerden terug. In 1959, 1986 en 1990 werd wederom geplagd, zodat nu verschillende plagstadia met elkaar vergeleken kunnen worden. Daarvan zijn vooral de plagproeven van 1986 begroeid met kalkminnende vegetaties. De veel grotere plagproef van 1990, uitgevoerd in het kader van de effectgerichte maatregelen verzuring, is nog spaarzaam begroeid, maar de eerste zeldzame pioniersoorten, zoals Strandduizendguldenkruid en *Krielparnassia* staan er al weer evenals jonge Knopbiezen.

Vegetatiezonering en hydrologisch systeem

De vegetatiezonering in de vallei is overzichtelijk. Het meest noordelijke deel is of begroeid met Kruipwilgen of, indien er recentelijk is geplagd, met kalkminnende vegetatietypen. Meer naar het zuiden komen, ook vanouds veel zuurdere vegetatietypen voor (Visser, 1973; Westhoff & van Oosten, 1991). Bij plaggen verschijnen in dit gebied wel zeldzame pioniersoorten, zoals Moeraswolfsklauw, Oeverkruid en Veelstengelige waterbies, maar geen kalkminnende soorten. Het noordelijk deel ligt ook aan de rand van de zoetwaterbel van het eiland, of beter gezegd, het ligt tussen twee waterbellen in (Visser, 1973). De Koegelwieck ligt als een soort delta tussen twee duinmassieven (figuur 23). Beide voorzien de laaggelegen vlakte van water

Figuur 23

Landschappelijke positie van de Koegelwieck met de ligging van de plagproeven. Tevens is aangegeven het calciumgehalte van het grondwater (augustus 1990), alsmede het veronderstelde stromingspatroon in een transect richting Formerum. Ter vergelijking met de huidige situatie is de veronderstelde grondwaterstand in de 20er jaren aangegeven toen de duinvoet verder naar zee lag

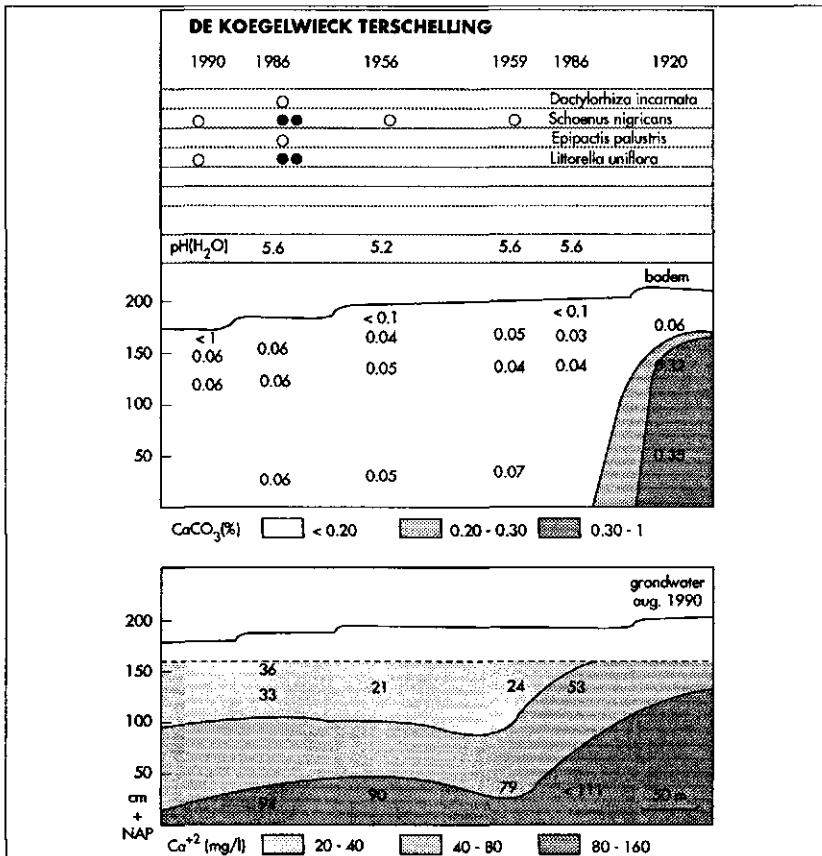


en grote delen staan 's winters onder water. Het massief bij Formerum lijkt het belangrijkste voedingsgebied voor de Koegelwieck (Beukeboom, 1978). De grondwaterstanden bollen hier in natte perioden het hoogst op. Uit het onderzoek van Bakker e.a. (1979) kan men afleiden dat het gebied van de Koegelwieck over de periode 1968-1977 gemiddeld hydrologische neutraal is; infiltratie noch kwel domineren. Het onmiddellijk aan de kustduinen grenzende noordelijke deel is gemiddeld zelfs een infiltratiegebied. Toch werden hier in de periode 1937-1948 goed ontwikkelde kalkminnende vegetatietypen aangetroffen (Westhoff, 1947). De grondwaterstanden zijn tussen 1928 en 1950 in het gehele gebied met ca. 50 cm gedaald; in het noordelijk deel voornamelijk als gevolg van kustafslag en het graven van greppels, in het zuidelijk deel vooral door ontwateringsgreppels, aanplant van dennenbossen en polderpeilverlagingen (Bakker e.a., 1979). Mede hierdoor was er in de jaren vijftig van de Knopbiesvegetaties niet veel meer over. Toch konden in latere jaren de kalkminnende vegetaties door plaggen opnieuw ontwikkeld worden.

Het eerste wat opvalt na onderzoek aan de waterhuishouding is dat een groot deel van die kalkminnende vegetaties zich nu bevinden in een zone waar gedurende de zomer basenarm grondwater in de ondergrond aanwe-

Figuur 24

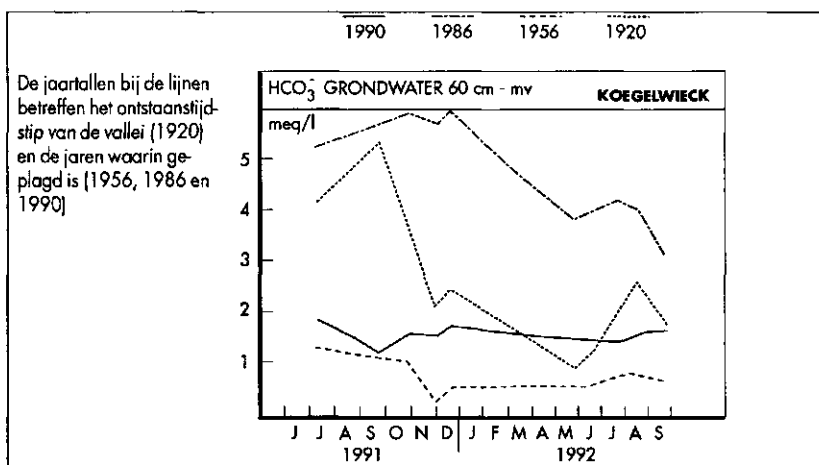
Kalkgehalten en grondwatersamenstelling in relatie tot zuurgraad en het voorkomen van enkele plantensoorten in een transect door het noordelijk deel van de Koegelwieck evenwijdig aan de kust



zig is (figuur 23). De bodem is hier tot meer dan 150 cm geheel ontkalkt (figuur 24). Een ander deel van de kalkminnende vegetaties vinden we in het oostelijk deel waar vlak onder de toplaag nog kalkrijk zand aanwezig is. Basenrijk grondwater is overal in de ondergrond op ca 150 cm minus maaiveld aanwezig. Een periodieke analyse van de watersamenstelling in ondiepe filters (60 cm beneden maaiveld; figuur 25) laat zien dat op plaatsen in de nabijheid van het achterliggende duinmassief de bicarbonaatgehalten in de winter toenemen, om in de zomer weer te dalen. Dichter bij de kust is deze HCO₃⁻ stijging niet waargenomen. Kennelijk stroomt het basenrijke grondwater in een deel van de Koegelwieck periodiek ondiep in het profiel omhoog, als gevolg van de opbolling van de waterspiegel in de duinmassieven. Bij overstroming treedt dit water uit en infiltreert weer in het meest noordelijke deel. Dit gebied ontvangt dus maar gedurende een zeer korte tijd van het jaar basenrijk water, vermoedelijk via het oppervlak. De rest van het jaar wordt de toplaag door neerslagwater beïnvloed.

Figuur 25

Het verloop van het bicarbonaat gehalte van het grondwater in 1991 en 1992 in ondiepe filters in de Koegelwieck. Hoge waarden worden in de winterperiode gemeten in buizen die het verst van de zeereep afliggen



Standplaatscondities

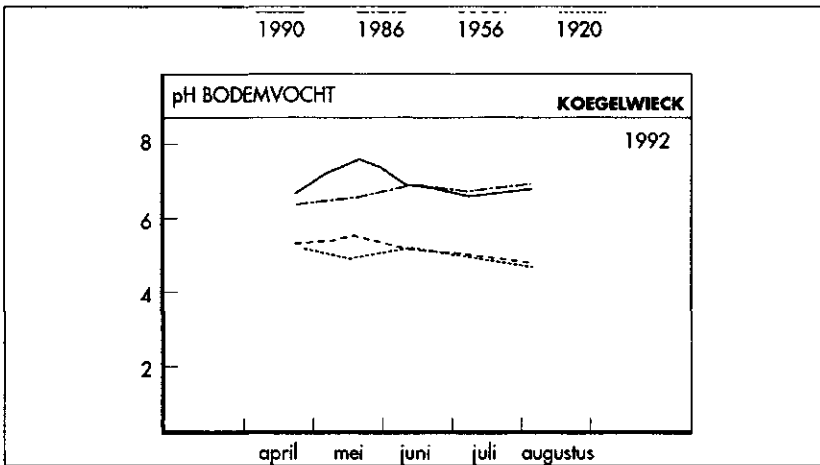
Men zou dus verwachten dat er in de wortelzone grote verschillen in zuurgraad optreden. Dit is niet het geval. De pH van het bodemvocht is in de recente plagproeven (1986 en 1990) constant hoog in de zomer en in de oudere stadia (1956 en 1920) constant laag (figuur 26). In de jonge stadia wordt de zuurgraad dus gebufferd op basis van de incidentele aanwezigheid van kalkrijk water. In de oudere stadia, met veel meer organische stof in de bodem, overheersen kennelijk verzurende processen. Het is aannemelijk dat de veel intensievere mineralisatie (met name de nitrificatie) in de oudere stadia verantwoordelijk is voor deze verzuring in de zomer.

Effecten van plaggen

Het plaggen in de Koegelwieck is dus zeer succesvol voor de kalkminnende pioniervegetaties. Door het weghalen van de organische laag worden niet alleen condities geschapen voor zeldzame pioniers zoals Strandduizendguldenkruid, Krielparnassia en Oeverkruid, maar belangrijk is ook dat de verzurende werking van het organisch materiaal in de bodem wordt tegengegaan. Hierdoor komt de invloed van het aanwezige basenrijke grondwater meer tot zijn recht en wordt de pH het hele vegetatie seizoen op een hoog niveau gebufferd en ontstaan nieuwe mogelijkheden voor echte kalkminnende soorten zoals Knopbies, Moeraswespenorchis en Vleeskleurige orchis. Het hier geschetste systeem is evenwel kwetsbaar voor verzurende invloeden. De aanvoer van basenrijk grondwater naar het oppervlak is beperkt en lijkt de opbouwsnelheid van organische stof in de bodem maar nauwelijks te vertragen. Naarmate de verzuring de overhand krijgt gaat de stapeling van organisch materiaal ook steeds sneller. Precieze cijfers

Figuur 26

Het verloop van de zuurgraad in het bodemvocht van de top laag van de verschillende plagstadia (Koegelwieck, zomer 1992)



zijn hierover nog niet beschikbaar, maar duidelijk is dat de toename van het percentage organische stof in de plagproef van 1986 zeer hoog is. Over vijf jaar gerekend is de toename per jaar 1,5 %. Nu heeft men toen vrij ondiep geplagd, waardoor er waarschijnlijk wel een paar procenten organische stof is blijven zitten. Maar een toename van 1% organische stof per jaar is in vergelijking met andere valleien op de Waddeneilanden (met twee tot tien maal lagere waarden) toch wel zeer hoog. Voor de plagproef van 1986 geldt vermoedelijk 'zo gewonnen, zo geronnen'. Met name op de hogere delen heeft Duinriet al weer een belangrijk aandeel in de vegetatie en op veel plekken nemen Cranberry en Kruiwilg het heft weer in handen.

In 1990 is er veel dieper geplagd. Er is beslist geen organisch materiaal blijven zitten. Bovendien is het maaiveld dichter naar het grondwater gebracht, hetgeen gunstig is te noemen. Het is te vroeg om dit experiment te evalueren, maar de jonge Knopbiezen, het Oeverkruid en wellicht ook het Duizendguldenkruid konden hier wel eens een langer leven beschoren zijn.

Met de resultaten van de plagexperimenten in het achterhoofd en gelet op het (matig) functioneren van het hydrologische systeem hoeft het niet te verbazen waarom de Knopbiesvegetaties niet opgevolg worden door het duinblauwgrasland. Hoewel de meeste Blauwgraslandsoorten wel in de buurt zijn, gaat de verzuring dermate snel dat ze geen voet aan de grond krijgen in de vegetatie van Duinriet, Kruiwilg en Cranberry. Nu wordt een Blauwgrasland met name door een maairegime in stand gehouden. Blijft dit achterwege dan heeft het Blauwgrasland geen kans. Of omgekeerd een maairegime een voorwaarde is voor de vestiging van een duinblauwgrasland blijft zeer de vraag; in het Kapenglop op Schiermonnikoog lijkt dit niet zo te zijn geweest. Nader (experimenteel) onderzoek zal dit moeten bevestigen.

Conclusies en discussie

Waterhuishouding

De waterhuishouding van Blauwgraslanden is niet uniform. Zeer verschillende hydrologische processen bepalen waar de basenminnende vormen c.q. subassociaties van deze plantengemeenschap kunnen voorkomen. De aard van het hydrologisch proces bepaalt eveneens de gevoeligheid van het Blauwgrasland voor verschillende ingrepen in de waterhuishouding en daarmee de gevoeligheid voor verzuring.

In dit artikel zijn op grond van de vegetatiezonering drie typen Blauwgraslandterreinen onderscheiden:

1. Blauwgraslanden en duinvalleien met basenminnende soorten hoog in de gradiënt en met basenarme omstandigheden minnende soorten in de lage delen, zoals Punthuizen, Kapenglob en Koegelwieck. De basenrijke omstandigheden worden veroorzaakt door lokale watersystemen, die zorgen voor oppersing van in de ondergrond aanwezig basenrijk grondwater dat op de grens van wel en niet geïnundeerde, relatief hooggelegen delen uittreedt. De hoge basenverzadiging, die noodzakelijk is voor de basenminnende vormen van het Blauwgrasland, ontstaat gedurende een korte periode. De grondwaterstanden van dit type Blauwgraslanden bezitten van nature vrij grote fluctuaties in de waterstanden. Dit soort Blauwgraslanden is zeer gevoelig voor ingrepen in het lokale drainagestelsel en minder gevoelig voor kleine dalingen van de stijghoogte van het diepe grondwater.
2. Blauwgraslanden met basenminnende soorten in de lage delen van de gradiënt, zoals de Lemselermaten. De basenrijke omstandigheden ontstaan door het rechtstreeks uittreden van basenrijk grondwater uit een groot (regionaal) watersysteem. De kenmerkende hoge basenverzadiging ontstaat gedurende een lange periode. De schommelingen in de grondwaterstanden van deze Blauwgraslanden zijn van nature gering. Deze Blauwgraslanden zijn zeer gevoelig voor zowel ingrepen in het lokale drainage stelsel als voor kleine dalingen van de stijghoogte van het diepe grondwater.
3. Blauwgraslanden gelegen langs Holocene boezemwateren. Hier heersen relatief basenrijke omstandigheden, echter nooit in dien mate als in beide voorgaande typen. Het boesemblauwgrasland ontstaat door een subtiel evenwicht tussen de invloeden van inzijgend boezem- en neerslagwater. Vroeger zorgde de overstroming met grondwaterachtig boezemwater

voor een hoge basenverzadiging in de top laag. Het in stand houden van een hoge basenverzadiging gebeurt vermoedelijk gedurende een korte periode, waarbij capillaire nalevering in de zomer een (belangrijke?) rol kan spelen. Dit type Blauwgraslanden is zeer gevoelig voor ingrepen in het lokale drainagestelsel. Verdere daling van de stijghoogte van het diepe grondwater leidt tot een grotere invloed van neerslagwater.

Het voor Punthuizen beschreven hydrologische proces is niet uniek. Tal van andere Blauwgraslandterreinen danken hieraan hun hoge natuurwaarden. Dergelijke terreinen zijn dichtbij het inzijsgebied gelegen, kennen grote hoogteverschillen over korte afstand en bezitten dunne watervoerende pakketten. De wellicht meest cruciale eigenschap is een zeer beperkte afvoer, waardoor langdurige inundatie van de lage delen kan optreden. Diverse andere Pleistocene Blauwgraslanden worden waarschijnlijk gestuurd door eenzelfde hydrologisch proces, zoals wordt afgeleid uit de geomorfologie en de vegetatiepatronen. Het gaat dan om o.a. Brecklenkampse Veld, Fayersheide, Stelkamps Veld, Luttenbergerven en Boetelerveld. Ook in de duinen treden vergelijkbare hydrologische processen op, zoals in dit artikel beschreven is voor het Kapenglop en de Koegelwieck. Lang niet altijd ontstaan daarbij Blauwgraslanden. Door de snelle successie van kalkminnende pioniervegetaties naar zuurdere heidetypen of bos, krijgen de Blauwgraslandplanten geen kans om zich duurzaam te vestigen, zeker niet indien maaaien achterwege blijft.

Perspectieven en maatregelen

Wat zijn nu de perspectieven voor herstel van de onderscheiden typen Blauwgraslanden en duinvaleien?

Voor duurzaam herstel van de waterhuishouding van Blauwgraslanden, die door grote watersystemen worden gestuurd, zijn ingrijpende maatregelen nodig. Naast ingrepen in het lokale drainagestelsel betreft het meestal maatregelen, die de toevoer van basenrijk diep grondwater in het maaiveld moeten herstellen, zoals forse verhoging van beekpeilen en/of sluiten van diepe grondwaterwinningen. Zulke maatregelen zijn niet eenvoudig te realiseren. De perspectieven voor duurzaam behoud en herstel van deze Blauwgraslanden zijn daarom (vooralsnog?) gering.

Duurzaam herstel van relatief basenminnende Blauwgraslanden in Holocene boezemgebieden vereist eveneens grote ingrepen in de regionale waterhuishouding. Het gaat dan om, ook al niet eenvoudig te realiseren, aanpassingen van boezem- en polderpeilen. Maatregelen gericht op hogere

waterstanden en de afvoer van regenwater bieden wellicht enig perspectief. Dit verdient nader onderzoek.

In Blauwgraslanden waar basenrijke omstandigheden ontstaan door de werking van lokale systemen zijn de perspectieven voor duurzaam behoud goed. De noodzakelijke waterhuishoudkundige maatregelen zijn relatief eenvoudig te realiseren omdat ze overwegend lokaal van karakter zijn.

De effecten van plaggen van verzuurde en geëutrofiëerde Blauwgraslanden als effectgerichte maatregel hangt samen met de aard van het sturende hydrologisch proces. In Punthuizen leidt plaggen, gevolgd door maaien, tot langdurig herstel. In de Lemselermaten lijkt het positieve effect van deze beheersmaatregelen vooralsnog tijdelijk. In de Wyldlanden resulteren deze beheersmaatregelen tot op heden nog nauwelijks in het herstel van meer basenminnende Blauwgraslanden, ondanks de combinatie met maatregelen in de waterhuishouding. In het Kapenglop leidt plaggen van de hoge delen van de gradiënt slechts tot tijdelijk vestiging van kalkminnende soorten omdat de verdroging hier inmiddels te groot is. In de lage delen zijn de perspectieven voor soorten van Oeverkruidgemeenschappen gunstig. In de Koegelwieck is plaggen zeer succesvol voor kalkminnende pioniervegetaties. De invloed van basenrijk grondwater aan het maaiveld is echter beperkt, waardoor de opbouw van een verzurende organische toplaag nauwelijks wordt vertraagd.

Hoewel plaggen in lokaal gestuurde systemen effect sorteert, is duurzaam herstel en behoud van veel andere Blauwgraslanden en duinvalleien pas mogelijk als maatregelen in de waterhuishouding worden genomen. De geconstateerde verzuring en eutrofiëring van de meeste hier beschreven terreinen wordt namelijk veroorzaakt door wat tegenwoordig 'verdroging' wordt genoemd. Herstel van de waterhuishouding van deze terreinen leidt tot een grotere invloed van basen in de wortelzone. Deze grotere basenrijkdom zorgt in Blauwgraslanden voor een adequate buffering tegen zure depositie. Pas dan hebben maatregelen als plaggen, maaien, begrazen of een combinatie daarvan hun hoogste rendement.

Zeer verschillende hydrologische processen resulteren in basenminnende plantengemeenschappen van natte schraallanden. Kennis van deze processen is noodzakelijk voor het succesvol uitvoeren van effectgerichte maatregelen of van ingrepen in de waterhuishouding. Confectionatuur bestaat in dit land al genoeg; Blauwgraslanden en andere natte schraallanden vragen echter om maatwerk.

Literatuur

- Bakker, J.P., Brouwer, C., Hof, van den, C. & A.J.M. Jansen, 1987. Vegetational succession, management and hydrology in a brookland (the Netherlands). *Acta Botanica Neerlandica* 36 (1), p.39-58.
- Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. & F.J. Van Zadelhoff, 1979. Duinen en duinvalleien. Een landschapsoecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc, Wageningen.
- Beukeboom, T.H.J., 1976. The Hydrology of the Frisian Islands. Free University, Amsterdam.
- Groese, Th., 1992 concept: De vegetatiekartering Gammelke 1991. SWO 92.331, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Dijk van H.W.J. & A.P. Grootjans, 1993. Wet dune slacks: decline and new opportunities? *Hydrobiologia* (in press).
- Eijssink, A.Th. W., & A.J.M. Jansen, 1992 concept. Punthuizen, een Twents Blauwgrasland: waterhuishouding, vegetatie en beheer. K.N.N.V.-mededeling.
- Engelmoer, M. & P. Hendriksma, 1979. Grondwaterstandsdeling en vegetatie in een vochtige duinvallei. Rapport Lab. voor Plantenecologie, Haren.
- Esselink, H., A.P. Grootjans, P. Hartog & T. Jager, 1989. Kalkrijke vegetaties in een duinvallei op Schiermonnikoog. *Duin* 2: 75-79.
- Everts, F.H. & W. Bijkerk, 1992 concept. Monitoring effectgerichte maatregelen Wyldlannen-Ule Krite en de Barten 1991, 1992 en 1993. Tussentijdsrapport 1992. Everts & De Vries e.a. -oecologisch advies en onderzoeksbureau, Groningen.
- Frijlink, H.J., 1965. De vegetatie van het Kapenglop. Intern rapport Lab. voor Plantenecologie, Haren.
- Giesen, Th. & M. Geurts, 1992. Grond- en grondwateranalyses uit de Lemselermaten, Middelduinen en Reggers-Sandersvlak 1991/1992. Giesen & Geurts Biologische Projecten, Gaanderen.
- Grootjans, A.P., 1985. Changes of groundwaterregime in wet meadows. Dissertatie, R.U. Groningen.
- Grootjans, A.P., P. Hendriksma, M. Engelmoer & V. Westhoff, 1988. Vegetation dynamics in a wet dune slack I: rare species decline on the Waddenisland of Schiermonnikoog in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 37(2) p.265-p.278.
- Grootjans, A.P., P.S. Hartog, L.F.M. Fresco & H. Esselink, 1991. Succession and fluctuation in a wet dune slack in relation to hydrological changes. *J. of Veg. Science* 2: 545-554.
- Haan, M.W.A. de, 1992. De karakteristieken van duurlijnen van enige grondwaterafhankelijke vegetatietypen; het Junco-Molinion, *Violion caninae*, *Callunogenistion pilosae*, *Caricion curto-nigrae* en *Caricion lasiocarpae*. SWE 92.030, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Hartog den, K., 1952. Plantensociologische waarnemingen op Schiermonnikoog. In: Smittenberg (1973): Plantengroei in enkele Nederlandse landschappen, 286-314.
- Hoogendoorn, J.H., 1992. Hydrologische systeemanalyse Dinkeldal/Bornse beek. IGG-TNO, Oosterwolde.

- Hosper, U.G., 1984. Wat zijn Blauwgraslanden? In: Fokkema, J., U.G. Hosper & J. Wiltenburg. Blauwgraslanden in Friesland. Vanellus (37)5.
- Jalink, M.H. & A.J.M. Jansen, 1989. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuringen en eutrofiëring van grondwaterafhankelijke beekdalvegetaties. SWE 89.029, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M., 1991a. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring van natte schraallanden. SWO 90.224, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M., 1991b. Hydro-ecologische analyse van Punthuizen (Noordoost-Twente). SWE 91.038, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M., 1991c. Het speurwerkproject Ecologische Aspecten van Grondwaterwinning; een tussenstand, in Maas et al.: Waterwinning en Verdroging, mededeling 115, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M., 1991d. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring van natte schraallanden. Prae-advies Lemselermaten. SWO 91.251, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M., 1991e. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring van natte schraallanden. Prae-advies Wyldlanden. SWO 91.254, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Kemmers, R.H. & G. van Wirdum, 1988. De betekenis van de chemische samenstelling van het grondwater voor het milieu van wilde planten. Biovisie Magazine 2.
- Kloet, W.G. van der, 1939. De Blauwgraslanden in Nederland (*Molinietum caeruleae*), hun verspreiding en mogelijkheden tot behoud van de belangrijkste terreinen. Contactcommissie in zake Natuurbescherming, Den Haag.
- Steeg, H. van der, 1965: Excursie van de K.J.N. naar Punthuizen. Natuurwetenschappelijk Archief. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Stuyfzand, P.J. & F. Lüers, 1992. Hydrochemie en hydrologie van het Kapenglop, een natte duinvallei op Schiermonnikoog. SWE 92-038, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Ven, J. van der, 1958. Het Beuningerachterveld (en terrein ten zuiden daarvan). Natuurwetenschappelijk Archief. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Visser, G., 1973. Chemische samenstelling, flora, en fauna van binnendijks water op Terschelling, speciaal met betrekking tot duinplassen. Rapport RIN Leersum.
- Westhoff, V., 1945. Lemselermaten en Kloppersblok. Natuurwetenschappelijk Archief. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Westhoff, V., 1947. The vegetation of the Frisian islands of Texel, Vlieland and Terschelling. Proefschrift, Utrecht.
- Westhoff, V. & A.J. den Held, 1975. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme & Cie, Zutphen.
- Westhoff, V. & A.J.M. Jansen, 1990. Vegetatiegegevens uit de jaren veertig van Noordoost-Twente. SWE 90.025, KIWA N.V., Nieuwegein.
- Westhoff, V. & M.F. van Oosten, 1991. De Plantengroei van de Waddeneilanden. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV.
- Westhoff, V. & E.J. Weeda, 1984. De achteruitgang van de Nederlandse flora sinds het begin van deze eeuw. Natuur en Milieu 8(7-8) p.8-17.
- Wirdum, G. van, 1991: Vegetation and hydrology of floating rich fens. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.