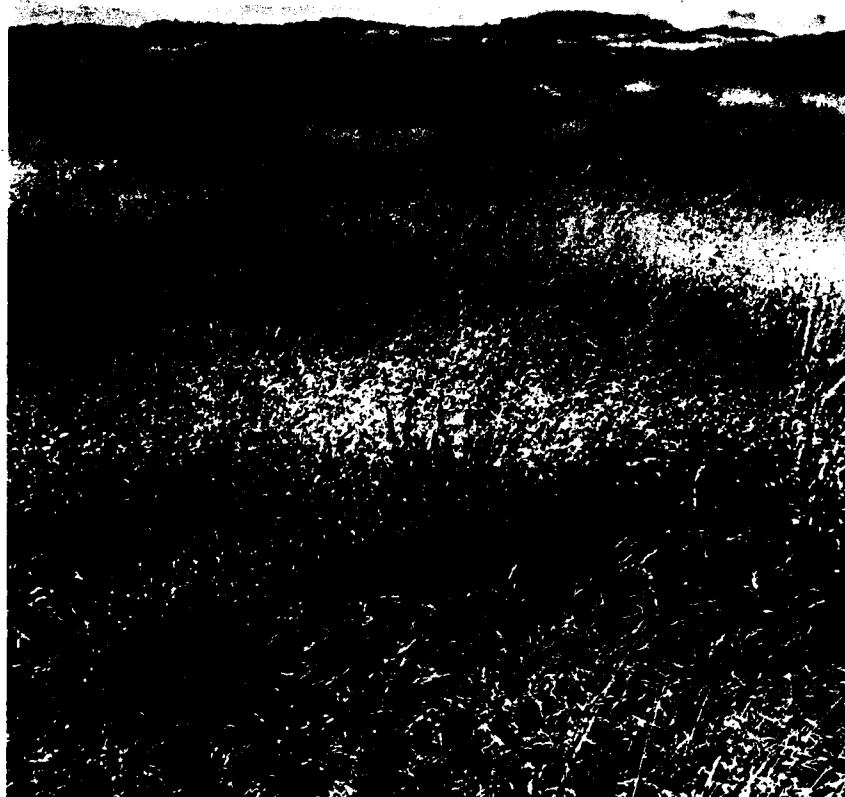


17 Heiden, vennen en stuifzanden



H.M. Beijer, H. van Dam & S. van der Werf, 1994. Heiden, vennen en stuifzanden. In: H.M. Beijer, L.W.G. Högler, P.F.M. Opdam, T.A.W. van Rossum & H.J.P.A. Verkaar (red.) *Bos- en Natuurbeheer in Nederland. Deel 1. Levensgemeenschappen*, 3e druk. Backhuys Publishers, Leiden. pp. 217-272.

Kenmerken

Algemeen

Heiden, vennen, stuifzanden en jeneverbesvegetaties zijn in historisch, landschappelijk en ecologisch opzicht ten nauwste met elkaar verbonden. Nadat de mens de oorspronkelijke bossen had gekapt, kwamen er heidevelden voor in de plaats. Te midden hiervan lagen vennen en veentjes, die alsnog in vennen veranderden, nadat het veen was weggegraven. Door een intensief gebruik van de heide ontstond op droge plaatsen veelal stuifzand. De jeneverbes, die al eerder voorkwam in open bossen en in de heide, kon zich in sommige stuifzanden sterk uitbreiden tot struwelen, vooral toen de begrazing sterk terugviel omstreeks de laatste eeuwwisseling. De genoemde levensgemeenschappen vormen ook nu nog vaak complexen waarin veel overgangen (gradiënten) voorkomen. Deze gradiënten zijn vroeger veel omvangrijker geweest. Zo vormde natte hei vloeiende overgangen tussen droge hei enerzijds en hoogveen of beekdalgrasland of -moeras anderzijds.

Al deze levensgemeenschappen zijn in zekere zin afhankelijk van elkaar, terwijl ook op soortniveau veel organismen opereren tussen of in het grensgebied van de afzonderlijke levensgemeenschappen. De genoemde afhankelijkheid blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat heide kan overgaan in vennen en stuifzand in heide of jeneverbesstruweel. Zeer interessant zijn soms ook oudere dennenbossen op stuifzandbodems en hoogveenvegetaties op opgestoven bodems met een schijngrondwaterstand. Veel plante- en diersoorten in deze gebieden zijn kenmerkend voor een bepaald successiestadium. Wat de ruimtelijke relaties betreft, kunnen vennen alleen voedselarm blijven als ook de omgeving voedselarm is, d.w.z. liefst ook uit heide of stuifzand bestaat. Tegenwoordig zijn veel vroegere vennen omringd geraakt door gronden die na ontginning voedselrijk zijn geworden. Door toestroming of inwaaiing van voedingsstoffen verliezen deze vennen daardoor vroeg of laat hun oorspronkelijke karakter. Heide of stuifzand is verder een goede omgeving voor vennen vanwege de openheid van een dergelijk landschap. Daardoor ondervindt een ven windwerking. Sommige begroeiingstypen in het water zijn daarvan afhankelijk. In een volgende paragraaf komen we hierop terug.

Actief stuifzand heeft vrijwel geen begroeiing. Ook het dierenleven is er vrij schaars, zij het dat verschillende soorten specifiek zijn voor kleine of grotere

plekken open zand. De variatie aan levensvormen in stuifzand kan zich pas sterk ontwikkelen indien verstuing ruimtelijk wordt afgewisseld met plekken waar zich een begroeiing vestigt en ontwikkelt.

Het woord heide duidde oorspronkelijk op een gebruiksvorm, nl. een weidegrond in gemeenschappelijk bezit, te vergelijken met een soort meent maar dan op schrale zandgrond. Later werd met heide een landschapstype bedoeld waarbij dwergstruiksoorten (dophei, struikhei, kraaihei) het aspect bepalen in de begroeiing. In de vegetatiekunde is het woord overgenomen om altijdgroene dwergstruikformaties met slechts weinig bomen of struiken aan te duiden. In deze betekenis kan heide ook vegetaties omvatten waarin (in Noordwest-Europa) rode bosbes domineert, of blauwe bosbes die in tegenstelling tot de andere dwergstruiksoorten in de winter geen blad draagt. Recent zijn op veel plaatsen voormalige heidevegetaties veranderd in begroeiingen waarin grassen zijn gaan domineren. In dit hoofdstuk wordt in dergelijke gevallen over vergraste heide gesproken.

Vennen zijn van oorsprong voedsel- en kalkarme wateren. Doordat ze geheel of grotendeels door regenwater worden gevoed wisselt de waterstand. Door de geringe toevoer van voedingsstoffen is de plantaardige productie gering en is de dichtheid van de consumenten laag. Aan het einde van de voedselketen staan in beginsel geen gewervelde, maar ongewervelde dieren, vooral (larven van) insecten. De planten vertonen aanpassingen aan de armoede aan voedingsstoffen (stikstof-, fosfor- en anorganische koolstofverbindingen). Door de vaak sterk zure omgeving zijn de bacteriële afbraakprocessen geremd en treedt ophoping van organische stof op (detritus, hoogveen). Het water is daarom vaak bruin gekleurd door de aanwezigheid van humusstoffen. Door de ophoping van organisch materiaal komen de voedingsstoffen niet meer voor de plantengroei beschikbaar en treedt een verdere voedselverarming op.

Het ven-ecosysteem vertoont geen grote extremen in fysisch-chemische omstandigheden, behalve door droogvallen bij uitzonderlijke droogte, waardoor tijdelijk concentratieverhoging van mineralen en voedingsstoffen optreedt. Ditzelfde treedt jaarlijks in mindere mate op in de zomer door het droogvallen van oevergedeelten. Door de armoede aan kalk en bicarbonaten is de buffercapaciteit laag. Soorten die vrij koolzuur opnemen, zoals waterlobelia en biesvaren, mossen en sommige draadalg, komen hierdoor voor (CUWVO 1988).

Klimaat: verspreiding in Europa

Het vegetatietype waartoe de Nederlandse heidebegroeiingen behoren — en de daarmee verbonden levensgemeenschappen van vennen en stuifzand — vindt men in streken met een atlantisch tot subatlantisch klimaat. De jeneverbes heeft een veel ruimer verspreidingsgebied maar bereikt in Nederland de zuidgrens van het areaal waarin hij nog in het laagland voorkomt.

In het (sub)atlantisch klimaat zijn de zomers vrij koel en de winters zacht, terwijl er een jaarlijks neerslagoverschot is en slechts korte perioden van droogte optreden. Veel soorten, vooral van de vochtige hei, hebben dan ook een

duidelijk atlantisch verspreidingsgebied, zoals dophei. Heidevelden waarin struik- en/of gewone dophei domineren, komen voor op de Britse eilanden, Bretagne, België, Nederland, het noorden van Duitsland, Jutland, het zuiden van Zweden en van Noorwegen. Het klimatologisch optimum voor de ontwikkeling van dit type heide ligt in Bretagne en Zuidwest-Engeland. Meer naar het zuiden komen nog heidevegetaties voor in een betrekkelijk smalle strook langs de atlantische kust van Frankrijk, Spanje en het noorden van Portugal. Daar overheersen echter andere (meestal dophei) soorten dan bij ons. Buiten de genoemde gebieden worden de omstandigheden minder gunstig voor heide:

— Naar het zuiden: te droge zomers. De heide wordt hier vervangen door garrigue of maquis; in de gebergten komen nog wel heiden voor maar deze zijn grotendeels uit andere soorten samengesteld.

— Naar het oosten: te droge zomers en te koude winters. De heide wordt hier vervangen door grassteppen; heideplanten komen slechts voor in de naaldbossen.

— Naar het noorden: langdurige bedekking met sneeuw. De heide wordt hier vervangen door toendravegetatie.

— Naar het westen: te hoge neerslag waardoor er zich spreihogvenen ('blanket bogs') ontwikkelen; heideplanten komen er voor op steile hellingen, sterk doorlatende gronden en ook op kalkbodems.

Vennen komen behalve in Nederland veel voor in de aangrenzende gebieden van België en Duitsland. Naar het oosten toe komen ze voor tot in Polen, maar de dichtheid wordt steeds geringer. In Frankrijk worden vennen vooral aangetroffen in de voormalige heidegebieden van Les Landes, aan de zuidwestkust.

Bodem: verspreiding in Nederland

Heide, vennen en stuifzanden komen voor op voedselarme, zure zand- en leemgronden in het oosten, midden en zuiden van ons land. Heide komt verder nog voor in de kalkarme duinen van het Waddendistrict en sporadisch op ontcalcite gronden in het Renodunaal district. Plaatsen met stuivend zand in de duinen zijn hier niet tot stuifzand gerekend en worden besproken in hoofdstuk 13 Duinen.

De locatie van de heideterreinen en stuifzanden in Nederland (behalve zeer kleine terreinen) is aangegeven in figuur 17.1. In 1991 bedroeg de totale oppervlakte heide in ons land 42 000 ha waarvan de helft tot tweederde matig tot volledig vergrast was (Van Dobben 1991). Aan stuifzand is (1994) nog ca. 2500 ha aanwezig. Het verspreidingsgebied van de bestaande en voormalige stuifzanden in het binnenland laat zien dat deze zich voornamelijk bevinden aan de hoge randen van de rivierdalen en aan de zuidwestelijke randen van hogere zandplateaus die bedekt zijn met fijnkorrelige zanden. Behalve met de grond heeft dit te maken met het feit dat dergelijke plaatsen dichtbij oude woonkernen liggen, van waaruit de omgeving intensief werd geëxploiteerd. Naar schatting zijn er thans tussen 3000 en 4000 vennen in Nederland. De verspreiding van de voornaamste vennen is weergegeven in figuur 17.2. De dichtheid is het grootst in de provincie Drenthe (1 per 3 km²), daarop volgt Noord-Brabant (1 per 6 km²).



Figuur 17.1. Heideterreinen en stuifzanden in Nederland.

Kenmerkend voor heide en geconsolideerd stuifzand is het ontstaan van een podzolprofiel. Hiermee wordt een bodemtype bedoeld met bovenin een laag waar de mineralen uitspoelen, de zogenaamde A-horizont; daaronder bevindt zich een laag waarin de opgeloste mineralen inspoelen en vastgelegd worden doordat zij overgaan in minder oplosbare verbindingen, de B-horizont.

De heidevegetatie vormt een strooisellaag (A0) die naar beneden overgaat in een zwarte vette humus (A1). Deze humus is arm aan mineralen en rijk aan humuszuren. Onder invloed van het in de bodem dringende neerlagoverschot met de daarin opgeloste humuszuren worden de mineralen, vooral aluminium- en ijzerverbindingen, aangetast en omgezet. Hierdoor vormt zich een uitspoelingshorizont (A2) die in extreme gevallen grijswit gekleurd is en dan loodzandlaag wordt genoemd. Deze laag kan soms bijna geheel uit het zeer moeilijk oplosbare kwarts bestaan. Op enige diepte slaan de uitgespoelde mineralen, die inmiddels met de humuszuren complexe verbindingen hebben gevormd, weer neer waardoor een zwarte of bruine inspoelingslaag (B) ontstaat.



Figuur 17.2. Verspreiding van de 900 vennen, waarvan de vegetatie in 1957-1959 door medewerkers van de Stichting Onderzoek Levensgemeenschappen werd onderzocht.

Wanneer deze laag zich scherp aftekent, wordt zij oerbank of koffiebank genoemd. De duidelijkste vorm van een podzolgrond, de haarpodzol, is typisch voor doorlatende droge zandgronden die arm zijn aan leem, kalk en mineralen. Hieronder vallen grove dekzanden, grove oude rivierzanden en fluvioglaciale zanden.

Waar het zand lemiger en rijker aan mineralen is, verloopt de podzolering veel trager. Er ontstaat geen loodzand en de kleuren en hun grenzen zijn vaag. De humusvorm is ook veel milder als gevolg van een betere vertering. Dit bodemtype wordt holtpodzolgrond genoemd en is kenmerkend voor de meeste stuwwallen, lemig dekzand en arme lossleem.

In bodems waar het water 's winters tot dicht onder of zelfs boven het maaiveld komt, ontstaat meestal geen duidelijke loodzandlaag. Wel is er een zone die afwisselend droog en nat is, herkenbaar aan roestkleurige oxidatie- en

grijze reductievlekken, de zogenaamde gleyhorizont. De permanent natte zone is gebleekt. Dan hebben we te maken met veldpodzolgronden. Blijft het profiel tot dicht bij het maaiveld permanent nat, dan kan zich een venige ('moerige') bovenlaag (AO) ontwikkelen waardoor een moerpodzolgrond ontstaat. Veld- en moerpodzolgronden worden samengevat als hydropolzolgronden.

Een podzolprofiel heeft bij ons meestal duizenden jaren nodig om zich te ontwikkelen. In gebieden met lage temperaturen zoals in Scandinavië, is de humusafbraak geringer en het neerslagoverschot groter waardoor het podzoleringsproces zich sneller voltrekt. Ook in ons land is er verschil: in het koelere Drenthe zijn de heidebodems humusrijker dan verder zuidelijk. Ook het verschil in gebruik in het verleden heeft hier mogelijk aan bijgedragen.

De inspoelingslaag wordt op den duur vaak minder doorlatend voor water. Door humusverkitting of vorming van een zeer dun ijzerbandje kan de B-horizont zo ondoorlatend worden dat het water hierop tijdelijk of tenslotte permanent stagneert. Op deze wijze ontstonden veel natte heiden en vennen die dus onafhankelijk zijn van het grondwater. Het ondoorlatend worden van de B-horizont is dikwijls bevorderd door overstuiving van het profiel. Na de overstuiving heeft uitspoelend ijzer uit het stuifzanddek een dun hard ijzerbandje gevormd. Dat kan zeer snel gaan. Op de Veluwe zijn permanent waterbevattende vennen zo binnen enkele tientallen jaren ontstaan (Hoge Veluwe, Gerritsfles). Ook leemlagen of al dan niet overstoven lagen van zeer fijn organisch materiaal kunnen de oorzaak zijn van de aanwezigheid van vennen of natte heide. In het noorden van het land bestaan die leemlagen uitsluitend uit keileem, in het oosten vaak uit keileem maar ook wel uit tertiaire kleien, in het zuiden uit tertiaire kleien en meer recente leemafzettingen. Het bezinksel van dode organismen op de bodem van een ven, dat na gedeeltelijke ontbinding een harde substantie kan worden die water tegenhoudt, heet gyttja.

In vennen met een schijngrondwaterstand worden de hoogste waterstanden bepaald door de hoogteligging van de randen van de ondoorlatende laag. Als het water tot boven dat niveau stijgt, stroomt het weg. Soms wordt zo een periodiek droogvallend beekje gevoed, bijvoorbeeld bij de Kraloërplas in Drenthe of het Blanke Veen in de boswachterij Dwingeloo. In andere gevallen zakt het overlopende water weg naar het — soms meters diep liggende — grondwater. Niet alle vennen liggen hoger dan het gemiddelde grondwaterpeil. Er zijn ook vennen die in verbinding staan met het grondwater. In dergelijke gevallen is periodiek sprake van kwel. De waterstand is er gevoelig voor eventuele grondwaterstands-daling.

Zeer ondiepe vennen of terreindepressies zonder stagnerende bodem bevatten alleen in de winter water. Hoewel er een meer of minder open verbinding is met het grondwater, bevat zo'n ven voornamelijk regenwater. Er is sprake van grote waterstandsfluctuaties en een sterke wisseling tussen nat en droog.

Zandverstuivingen of stuifzanden zijn terreinen met een humusarme, meestal fijnkorrelige zandbodem, zonder of met een zwakke aanzet tot profielvorming ('vaaggronden'). Het zand is, of was althans in het zeer recente verleden, onderhevig aan verplaatsing door de wind.

In tegenstelling tot de dekzanden uit het Weichselien heeft het (sub)recente stuifzand een veelal grillig en plaatselijk steil reliëf. In principe ontstonden in de stuifzanden twee reliëftypen, nl. de uitgestoven laagten en de opgestoven heuvels. De uitgestoven laagten kunnen een zeer grote oppervlakte beslaan; soms zijn ze echter niet groter dan een of enkele hectaren. In veel gevallen zijn deze laagten vrij vlak. Dikwijls zijn ze bedekt met een dun keienvloetje dat verdere uitstuiving verhinderde. Op andere plaatsen verliep de uitstuiving tot op het grondwatervniveau. Zowel op deze uitgestoven laagten als op niet-verstoven bodems — op het oorspronkelijke profiel dus — kunnen stuifheuvels worden opgebouwd.

Opvallend is dat bij dit verstuivingsproces soms een omkering van het reliëf plaatsvindt. Terreingedeelten die voor de verstuiving laag waren, liggen dan nadat het zand van de omringende gedeelten is weggestoven, hoger in het terrein. Deze oorspronkelijk laaggelegen moerassige delen en vennen boden namelijk meer weerstand aan de verstuiving dan de droge omgeving. Op deze manier kan het voorkomen dat de vroeger hoger gelegen gronden zijn weggestoven en dat het ven of de moerassige laagte thans boven het door verstuiving verlaagde omringende terrein ligt. Dit is fraai te zien op bijvoorbeeld het Uddeler Buurtveld en in de boswachterij Dwingeloo.

De chemische samenstelling van het venwater wordt in sterke mate door de samenstelling van de neerslag bepaald. Evenals het regenwater is het venwater zuur, als het tenminste niet door toevoer van vreemd water wordt beïnvloed, en is het arm aan opgeloste stoffen. Sulfaat is meestal het belangrijkste anion. Calcium en ammonium zijn vaak belangrijke kationen (tabel 17.1). De alkaliniteit, in hoge mate bepaald door de aanwezigheid van bicarbonaten, is laag, waardoor vennen tot de niet gebufferde (alkaliniteit 0-0,1 mmol/l), zeer zwak gebufferde (alkaliniteit 0,1-0,5 mmol/l) of zwak gebufferde (alkaliniteit 0,5-1,0 mmol/l) wateren behoren. In voedselarme vennen is het fosfaatgehalte laag (< 0,02 mg P per l).

Tabel 17.1. Enkele chemische variabelen in het regenwater en drie groepen van in totaal totaal 187 Nederlandse vennen in 1983 en 1984 (Frantzen 1985, 1986, Leuven 1988).

Variabele	Eenheid	Regen gem.	Sterk zuur gem.*	Matig zuur gem.*	Alkalisch gem.*
pH	-	4,6	3,9 (3,3-4,5)	5,6 (4,6-4,9)	7,8 (7,0-9,6)
alkaliniteit	mmol/l	0,002	0,01 (0-0,07)	0,2 (0-0,7)	0,8 (0,1-1,9)
chloride	mg/l	2,9	10 (5-26)	17 (6-64)	32 (7-89)
sulfaat	mg/l	5,5	25 (0-123)	33 (5-113)	44 (6-152)
calcium	mg/l	0,5	3,7 (0,4-29)	9,7 (0,7-42)	23 (6,0-69)
kalium	mg/l	0,2	2,0 (0,6-5,5)	4,9 (1,0-29)	7,1 (1,6-18)
ammonium (N)	mg/l	1,5	1,3 (0,1-5,5)	1,3 (0,1-5,7)	0,4 (0,1-2,7)
orthofosfaat (P)	mg/l	0,02	0,02 (0,003-0,9)	0,06 (0,006-0,9)	0,03 (0,003-0,14)

* Minimum- tot maximumwaarde tussen haken.

Ze zijn daardoor zeer gevoelig voor verstoringen zoals verrijking met voedingsstoffen, mineralen en verzuring door de neerslag. Meestal zijn vennen met een chloridegehalte boven 20 mg/l en/of een pH-waarde boven 6,5 en/of een fosfaatgehalte boven 0,02 mg P per l in meerdere of mindere mate beïnvloed door verrijking met mineralen en nutriënten, bijvoorbeeld landbouwwater of meeuwenkolonies.

Vegetatie

Hierna worden de lokale variaties in de vegetatie besproken van achtereenvolgens stuifzand, droge heide, vochtige en natte heide en vennen. Een uitweiding hierover wordt gegeven omdat de beheerder rekening moet houden met:

- de aard en de schaal van de variatie binnen een heidegebied in vegetatie en milieu,
- de kwetsbare of zeldzame vegetaties,
- de vegetatietypen die een relatief lange tijd zonder verandering van beheer nodig hebben om tot optimale ontwikkeling te komen.

De plantesoort die naar verhouding het meest is aangepast aan het extreme stuifzandmilieu, is helm. De soort is in de binnenlandse zure stuifzanden echter veel minder vitaal dan in de kalkrijke duinen langs de kust. Helm is in het verleden ook in het binnenland veel aangeplant, maar het is niet duidelijk in hoeverre de huidige populaties daar nog restanten van zijn.

Waar de aanvoer van stuivend zand afneemt, kunnen zich vooral zandzegge, heidespurrie, buntgras en moerasstruisgras vestigen. Doordat zij een zekere mate van overstuiving verdragen, beschermen ze het nieuw aangevoerde zand tegen opnieuw verstuiven. De geleidelijke uitbreiding van de plantengroei 'verzacht' het extreme microklimaat, waardoor ook andere plantesoorten gelegenheid krijgen zich te vestigen, met name ruig haarmos. Als de aanvoer van zand vrijwel tot stilstand is gekomen, ontstaan er min of meer gesloten vegetaties die uitmonden in korstmosbegrøeiingen die zo kenmerkend zijn voor tot rust gekomen stuifzand.

In de zandverstuivingen komen veel soorten korstmos voor. Ze groeien op het open zand, deels ook onder (aangeplante) dennen en sommige soorten tevens in heide. Op stuifzand kan men een aantal zeldzame tot zeer zeldzame soorten vinden zoals *Cladonia cornuta*, *C. phyllophora* en *Stereocaulon condensatum*.

Zandverstuivingen die mineralogisch rijker zijn en die tot rust zijn gekomen, kunnen wat hogere planten betreft soortenrijker zijn dan voedselarme equivalenten. Er worden o.a. wilde tijm, zandblauwtje, grasklokje, muizeoor en klein tasjeskruid aangetroffen. Andere zeer zeldzaam geworden soorten, zoals diverse wolfsklauwsoorten, valkruid, kleine schorseneer, (kiemplanten van) jeneverbes en heidezegge, lijken niet zozeer gebonden te zijn aan een groter mineralenaanbod maar wel aan niet — door natuurlijke podzolering of door antropogene oorzaken — verzuurde, 'verse' zandgrond.

In sommige gevallen kan grondwater in diep uitgestoven laagten of een schijngrondwaterspiegel van invloed zijn op de vegetatie, waardoor vochtmin-

nende planten optreden. In zulke omstandigheden bepaalt pijpestrootje soms het aspect, zoals in de Loonse en Drunense Duinen.

De heidevegetaties die zich spontaan ontwikkelen op de 'jonge' zandgronden, waarin nog weinig of geen bodemvorming heeft plaatsgevonden, zijn voor een deel nog te rekenen tot overgangsvormen naar stuifzandvegetaties. Kenmerkend voor deze overgangen zijn de eerdergenoemde plantesoorten, te midden van een vegetatie waarin struik-, dop- en/of kraaihei domineren.

De eerdergenoemde duinheiden en de twee associaties van de droge binnenlandse heide liggen op gronden met een min of meer duidelijke profielontwikkeling. Binnen deze gemeenschappen vindt men een verscheidenheid van vegetaties die verband houdt met verschillen in bodemgesteldheid en waterhuishouding. Zo worden in duinheiden vier associaties onderscheiden (De Smidt 1981); zie hiervoor hoofdstuk 13 Duinen.

De droge binnenlandse heidevelden zijn plantensociologisch verdeeld in de Struikheide-Stekelbrem-associatie en de Struikheide-Bosbes-associatie. Het optreden van bosbessoorten in heide is hoofdzakelijk een kwestie van macro- en microklimaat, gedeeltelijk ook een kwestie van voldoende ouderdom van de heide. Beide associaties worden weer onderverdeeld in subassociaties en varianten, op grond van enkele nader te noemen factoren.

Op enigszins lemige iets rijkere zandgronden die meestal een holtpodzolprofiel hebben, komen de volgende soorten tot ontwikkeling:

- Stekelbrem, tandjesgras, tormentil, pilzegge en moerasstruisgras. Niet algemeen zijn ook kruipbrem en kleine wolfsklauw aan te treffen. Op vochtige gronden waar de invloed van het (schijn)grondwater merkbaar is of waar de grond sterk humeus is, bovendien dophei, pijpestrootje (gewoonlijk niet overheersend), blauwe zegge, trekruis en kussentjesmos.

- Overgangsvormen naar droog schraal grasland als gevolg van bijvoorbeeld lichte betreding. Kenmerkend voor deze overgangsvormen zijn o.a. schapegras, liggend walstro, borstelgras, bochtige smele, grasklokje en gewone veldbies. In gunstige gradiëntsituaties komen voor gewone vleugeltjesbloem, hondsviooltje, valkruid, guldenroede, fraai hertshooi, rozenkransje, wilde tijm en maanvaren. Op de keileem bij Havelte vindt men bovendien knollathyrus, bosanemoon en kleine bevernel.

Op de zeer arme zandgronden waarin een humuspodzolprofiel is ontwikkeld, komen vormen voor die rijk zijn aan bladmossen en korstmossen. Het aantal soorten is er groter dan het aantal hogere planten. Tandjesgras en tormentil ontbreken er. Algemeen zijn aan te treffen broedkelkje, peermos, zandhaarmos, *Campylopus fragilis*, *Cladonia coccifera* en *C. floerkeana*. In oude vegetatie kunnen veel korstmossen voorkomen:

- *Cladonia gracilis*, *C. macilenta* en *Cladina arbuscula* en het rendiermos *Cladina portentosa* (dominant).

- Op noordhellingen in de heide komen vormen voor met veel levermossen: *Diplophyllum albicans*, *Gymnocolea inflata*, *Lophocolea cuspidata*, *Lophozia ventricosa*, *Barbilophozia barbata* en *Scapania nemorosa*. Op noord- en oosthel-

lingen van de zuidelijke Veluwezoom ook de zeer zeldzame levermossen *Bazzania trilobata* en *Orthocaulis attenuatus*.

In natte heide wordt het aspect van de vegetatie voornamelijk bepaald door dophei. Kenmerkend zijn bovendien enkele veenmossoorten: *Sphagnum compactum*, *S. molle*, *S. tenellum* en veenbies *Scirpus cespitosus*. Vaak neemt daarnaast pijpestrootje een belangrijke plaats in. Voor de binnenlandse natte heide zijn enkele typen en varianten te onderscheiden:

— Veenmosarm type. Dit type onderscheidt zich vooral door het ontbreken of weinig voorkomen van de soorten die de andere typen kenmerken. Algemeen, maar niet ertoe beperkt, komen in dit type voor: veenbies, kussentjesmos, klauwtjesmos, broedkelkje en rendiermos *Cladina portentosa*.

— Veenmosrijk type. Op zeer natte venige plaatsen, vaak aansluitend bij hoogveen- en venoevervegetaties, komt het veenmosrijke type voor. Kenmerkend zijn beenbreek, eenarig wollegras, veenbes, bovendien de veenmossen *Sphagnum papillosum*, *S. apiculatum* en *S. cuspidatum* en hoogveenlevermossen (*Odontoschisma sphagni*, *Mylia anomala*, *Cephalozia connivens* en *Teleranea setacea*).

— Orchideeënrijk of heischraal type. Dit type komt voor op iets minder voedselarme, meestal leemhoudende grond en wordt gekenmerkt door blauwe knoop, gevlekte orchis, welriekende nachtorchis, liggende vleugeltjesbloem, vlozegge en tandjesgras.

— Pijpestrootje-type. Kenmerkend hiervoor zijn klokjesgentiaan, trekruis, kruipwilg, veenpluis, blauwe zegge, bruine snavelbies, broedkelkje, gekropt pluisjesmos, veenmossen (*Sphagnum apiculatum*, *S. subsecundum* en *S. cuspidatum*) en paddestoelen (*Lyophyllum palustre* en *Psylocybe udum*). Als de waterstand sterk wisselt en periodiek hoger is dan het maaiveld, verdwijnen veel soorten uit de natte heide en treedt een soortenarme vegetatie op waarin pijpestrootje overheerst. Deze soort vormt hier horsten die een aanzienlijke hoogte kunnen bereiken. Een en ander kan zowel door natuurlijke als door kunstmatige omstandigheden worden veroorzaakt.

Op plaatsen waar enige voedselverrijking of andersoortige storing is opgetreden, komen gewone zegge, moerasstruisgras, pitrus, het sikkemos *Drepanocladus fluitans* en gewoon haarmos voor. Men zou deze begroeiing als een pitrus-sikkemos-variant kunnen aanduiden. Als riet gaat optreden op plaatsen waar het niet eerder voorkwam of zich op bestaande groeiplaatsen sterk gaat uitbreiden, is er sprake van eutrofiëring. Ook het voorkomen van stijve zegge, waternavel, hennegras, wateraardbei, rood viltmos en de veenmossen *Sphagnum fimbriatum* en *S. palustre* wijst op enigerlei storing.

In aansluiting op beek-, bron- en kwelmilieus vindt men in de veenmos- en orchideeënrijke typen nog varianten met onder meer veldrus, sterzegge, klein glikdruif, parnassia, moerasviooltje, late zegge en gagel.

In natte heide komen op kale, min of meer dichtgeslagen bodem, zoals op paden en geplagde stukken, pioniervegetaties voor van een tijdelijk karakter. Vooral in het veenmosrijke type vindt men op dergelijke plaatsen de snavelbiegemeenschap met bruine en witte snavelbies, moeraswolfsklauw, heidekartel-

blad, trekruis, blauwe zegge, ronde en kleine zonnedauw en levermossen als *Nardia scalaris* en *Lophozia ventricosa*. Op paden en karresporen maar ook wel op geplagde, minder voedselarme plekken kan men de zeldzame draadgentiaangemeenschap aantreffen met dwergbies, draadgentiaan, geelhartje, dwergbloem en dwergvlas.

Jeneverbes komt in Nederland voornamelijk voor op droge, zure, humusarme tot humusloze stuifzanden. Het moeder materiaal kan zowel verstoven pleistoceen dekzand zijn als rivierduin. Elders komt jeneverbes ook op kalkrijke gronden voor, zoals vroeger bij ons in Zuid-Limburg. Solitaire struiken van deze soort zijn verder ook bekend van natte en humusrijke gronden.

De vegetatie van de natte heide gaat in veel gevallen geleidelijk over in die van vennen. De aard van de vegetatie is in sterke mate afhankelijk van de waterdiepte, de zuurgraad, de macro-ionensamenstelling van het water en de mate van voedselrijkdom. In vennen komen meestal plantengemeenschappen voor uit een of meer van de volgende klassen uit de Nederlandse vegetatie-indeling (Westhoff & Den Held 1969, Schaminée et al. 1988, 1992, 1994, Barkman 1992): Kranswieren-klasse, Fonteinkruiden-klasse, Oeverkruid-klasse, Dwergbiezen-klasse, Riet-klasse, Hoogveen-klasse en *Scheuchzeria*-klasse. De betrokken gemeenschappen zijn in zones of mozaïeken gerangschikt; op de belangrijkste hiervan wordt kort ingegaan.

In sterke mate karakteristiek voor vennen zijn een aantal associaties uit de Oeverkruid-klasse. De Biesvaren-Waterlobelia-associatie is gebonden aan vrij diepe, zelden droogvallende vennen, met voedsel- en humusarm, zeer zacht, zuur tot neutraal water. Noodzakelijk is tevens een minerale ondergrond (kale zandbodem), die door windwerking (meestal aan de noord- en oostoever) of af en toe pluggen vrij van organisch materiaal wordt gehouden. Door verzuring en eutrofiëring is dit vroeger waarschijnlijk vrij algemene vegetatietype sterk achteruitgegaan en thans uiterst zeldzaam geworden. Bij verzuring en verrijking met stikstof door atmosferische depositie is de afbraak van organisch materiaal geremd en verdwijnt de kale zandbodem. Dan ontwikkelen zich rompgemeenschappen van veelstengelige waterbies en veenmos of van knolrus en veenmos, die thans vrij algemeen voorkomen.

De associatie van Ongelijkbladig Fonteinkruid is (was) specifiek voor het open water van zogenaamde stroomvennen. Dit zijn matig voedselrijke tot bijna voedselarme, niet-vervuilde vennen, in of aan de rand van beekdalen. Behalve de naamgevende soort zijn soorten als drijvende waterweegbree, ondergedoken moerasscherm en witbloemige waterranonkel karakteristiek voor deze zeldzame associatie. Nauw verwant aan elkaar zijn een aantal associaties die gekenmerkt (en gedomineerd) worden door respectievelijk kleinste egelskop, pilvaren, vlot-tende bies, veelstengelige waterbies die karakteristiek zijn voor niet-verzuurde, voedselarme tot matig voedselarme wateren met, althans gedeeltelijk, een minerale bodem. Gemeenschappelijke soorten zijn moerashertshooi, vlottende bies en witbloemige waterranonkel. De Naaldwaterbies-associatie tenslotte heeft ten opzichte van de andere syntaxa uit de Oeverkruid-klasse een grote tolerantie

ten opzichte van voedingsstoffen. De naamgevende soort vestigt zich vaak massaal in periodiek droogvallende vennen met een relatief hoge pH en alkaliniteit.

Op organische bodems in de meeste voedselarme tot matig voedselarme, zure vennen komen een of meer eenheden uit de *Scheuchzeria*-klasse (klasse van hoogveenlenken en venoevers) voor. Kenmerkende soorten zijn o.a. *Sphagnum cuspidatum* en *S. denticulatum*. De Waterveenmos-associatie komt algemeen in het open water voor, met naast de naamgevende soort vaak knolrus. Bijzonder is de subassociatie met drijvende egelskop, die een zeer geringe voedselverrijking nodig heeft, bijvoorbeeld inwaaiend stuifzand. De Veenmos-Snavelbies-associatie (met o.a. zonnedauwsoorten), de *Scheuchzeria*-associatie en de associatie van Snavelzegge en Draadzegge ontstaan bij voortschrijdende verlanding vaak uit de voedselarme tot matig voedselrijke vennen. Ze zijn zeldzamer dan de Waterveenmos-associatie. Verscheidene soorten die kenmerkend zijn voor de *Scheuchzeria*-klasse kunnen tot op zekere hoogte onafhankelijk van elkaar voorkomen en soortenarme gemeenschappen vormen. Dergelijke soorten vormen romp- of derivaatgemeenschappen, die ten dele overeenkomen met vroeger beschreven sociaties. Algemeen komt de Snavelzegge-rompgemeenschap voor, vaak in mozaiek met de Waterveenmos-associatie. De Veenpluis-Veenmos-rompgemeenschap komt op iets drogere plaatsen dan de Veenmos-Snavelbies-rompgemeenschap voor in zeer voedselarme vennen en wordt bevorderd door lichte verstoringen, zoals het trekken van veenmos, wisselende waterstand of plotselinge veranderingen van de waterstand. De Pijpestrootje-Waterveenmos-derivaatgemeenschap vormt vaak brede zomen op vlakke, meestal enigszins gestoorde oevers van voedselarme vennen en kan elementen uit het oeverkruidverbond bevatten. De Pitrus-Veenmos-derivaatgemeenschap komt voor aan de oevers van verzuurde en licht met voedingsstoffen verrijkte vennen, op plaatsen die verstoord zijn, bijvoorbeeld door graafwerkzaamheden. Diverse gemeenschapsypen met pitrus zijn kenmerkend voor metatofe vennen en kunnen zich door toevoer van voedingsstoffen door landbouwwater of kokmeeuwenkolonies ontwikkelen. Soorten als kruipende boterbloem, egelboterbloem, waternavel, slanke waterbies, waterrus, moerasstruisgras, moerasmuur en zompvergeet-mij-nietje hebben een speciale affiniteit tot dergelijke vegetaties.

Microflora

Op droge tot vochtige, overigens onbegroeide, zand- en veengrond komen regelmatig de violette draden van het heideviltwier *Zygonium ericetorum* voor. Dezelfde soort kan ook, vaak bruin gekleurde, zwevende en drijvende plakken in zure vennen vormen.

Op de bodem van vennen komen ook nog andere draadwieren voor, zoals de groenwieren *Binuclearia*, *Microspora* en *Oedogonium*. De belangrijkste (vrij-zwevende) algen in het plankton hebben zweepdraden of flagellen, bijvoorbeeld de goudwieren *Synura*, *Dinobryon* en *Mallomonas* en het pantserwier *Peridinium*. Sommige geslachten, zoals de groenwieren *Asterococcus*, *Oocystis* en

Botryococcus, komen veel meer in de humeuze Drentse vennen voor dan in vennen elders in het land. Het goudwier *Rhipidodendron huxleyi* is vrijwel beperkt tot vennen. Door de grote voedselarmoede is de biomassa van al deze algen meestal gering. Wanneer vennen met voedingsstoffen worden verrijkt en de pH daardoor stijgt, worden deze soorten vervangen door algemeen voorkomende soorten blauw- en groenwieren, zoals *Oscillatoria*, *Pediastrum* en *Ankistrodesmus*. De biomassa van het plankton neemt daardoor toe.

Naar soortenaantal gerekend zijn de sialgen (jukwieren of desmidiaceeën), gevolgd door de kiezelwieren (diatomeeën), in vennen het belangrijkste (Van Dam & Buskens 1993). Beide groepen van wieren komen vooral voor op de bodem en al of niet vastgehecht aan en tussen waterplanten. De meest algemene geslachten sialgen zijn *Closterium*, *Cosmarium* en *Staurastrum*. Van de kiezelwieren zijn dat *Frustulia*, *Tabellaria*, *Eunotia* en *Pinnularia*. Voor het tot op de soort determineren van deze algen of wieren is specialistische kennis nodig. In die gevallen dat algenonderzoek gedaan is blijkt dat de sialgen en kiezelwieren zeer goede indicatoren zijn voor de toestand van het water.

De matig voedselarme vennen met een pH tussen 5 en 6 zijn het rijkst aan zeldzame sialgsoorten. Dergelijke vennen vinden we het meest in gradiëntsituaties, bijvoorbeeld langs beekdalen of in kwelsituaties aan de voet van stuwwallen. Behalve de zuurgraad en de voedselrijkdom is ook de mate van verstoring en interne ruimtelijke verscheidenheid belangrijk voor de sialgen. In vennen met een goed ontwikkelde verlandingsserie van het open water via trilveen tot hoogveen komen de hoogste soortenaantallen voor. Daar vinden we ook de grootste en fraaiste soorten. Vennen met de Biesvaren-Waterlobelia-associatie of met uitgestrekte veenmosvegetaties, verzuurde vennen en geëutrofiëerde vennen zijn meestal arm aan sialgen (Coesel 1975, 1983).

In verhouding tot andere, voedselrijkere wateren, is het aantal soorten kiezelwieren in vennen gering, maar de aangetroffen soorten zijn in hoge mate karakteristiek. De belangrijkste milieufactor voor de kiezelwieren is de pH. Daarnaast spelen o.a. waterdiepte (droogvallen), humusgehalte en mate van voedselrijkdom een rol. Het is mogelijk om uit de samenstelling van de kiezelwierengemeenschap de pH tot op een halve punt nauwkeurig te berekenen. Door studie van kiezelwieren uit oude planktonmonsters en fossiel materiaal uit de bodem van vennen is het mogelijk om de wordingsgeschiedenis en de invloed van de mens (o.a. verzuring en eutrofiëring) op de levensgemeenschappen in het ven na te gaan (Van Dam et al. 1988, Van Dam & Mertens 1990).

Fauna

Behalve de reeds genoemde voedselarmoede is een gemeenschappelijk kenmerk van heide, stuifzand en jeneverbesvegetaties dat er grote schommelingen zijn in het microklimaat. Extreem in dit opzicht is stuifzand. Op zomerse dagen kunnen aan het oppervlak van door de zon beschenen zuidhellingen temperaturen van boven 50 °C worden gemeten. De vochtigheid is op zulke dagen uiterst laag

aangezien het humusarme stuifzand zeer slecht water kan vasthouden. 's Nachts en na regenval kan de vochtigheid echter hoog oplopen.

De voedselarmoede en het extreme microklimaat, in combinatie met het evolutionair maar nog korte bestaan van grote oppervlakten heide en stuifzand, leiden ertoe dat de fauna er vrij arm is aan soorten in vergelijking met andere landschapstypen. In de winter zijn zelfs bijna alle soorten in rust of brengen ze die periode elders door. De fauna die in de overige jaargetijden aanwezig is mag vrij arm zijn, maar de soorten zijn voor een groot deel wel zeer specifiek. Sommige soorten zijn monofaag, d.w.z. gebonden aan een bepaalde voedselplant, bijvoorbeeld heidehaantje en heideblauwtje aan struikheide; andere soorten zijn afhankelijk van heide en geconsolideerd stuifzand vanwege het relatief warme microklimaat. In deze landschapstypen komen hogere temperaturen voor over een langere periode in het jaar, indien er althans een open vegetatiestructuur is, een donkere ondergrond met veel warmteabsorptie en een droge zandgrond. Aangezien het ook van belang is beschermd te worden tegen te hoge temperaturen, zijn heidevegetaties met veel horizontale en verticale structuurvariatie rijk aan warmteminnende diersoorten. Voorbeelden zijn zandhagedis, levendbarende hagedis, gladde slang en vele insectesoorten zoals blauwvleugelsprinkhaan, enkele bijzondere zandloopkevers en graafwespen, bijenwolf, harkwesp en gladde mierwesp.

In de pionierfase van de heide, de korstmossenrijke grassteppe van oude stuifzanden, treedt de kleine heidevlinder op. Thans (1994) komt deze soort nog slechts op enkele plaatsen op de Veluwe voor. Tot de kenmerkende dieren van de natte heide behoren heikikker, gentiaanblauwtje, veenhooibeestje en — in het noorden van ons land — veenbesparelmoervlinder en veenbesblauwtje; in het zuiden de blauwborst.

De fauna van vennen is rijk aan allerlei soorten van micro-organismen, die meestal door specialisten zijn te herkennen. Karakteristiek zijn bijvoorbeeld eencellige schaalmoeben uit de geslachten *Arcella*, *Assulina* en *Diffugia*. Dit zijn goede indicatoren voor het vochtgehalte van het terrein. Verder zijn de raderdieren *Lecane ligona*, *Keratella serrulata* en de roeipootkreeftjes (eenoogjes) *Diacyclops languidus* en *Elaphiodella gracilis* karakteristiek. Watervlooien die karakteristiek zijn voor vennen, zoals de bodembewonende *Acantholeberis curvirostris* en de planktonsoort *Bosmina longispina*, zijn echte detrituseters. De steeds zeldzamer voorkomende *Eurycercus glacialis* is vroeger wel als ijslijdrelict beschouwd. Sommige soorten watervlooien komen in veel verschillende watertypen voor, o.a. vennen. Dit zijn filtreerders van allerlei fijne deeltjes van dood en levend organisch materiaal, zoals *Chydorus sphaericus*.

De macrofauna van zure vennen bestaat vooral uit larven van muggen en andere tweevleugelige insecten, kevers en hun larven, wantsen en larven van libellen. In tijdelijk droogvallende vennen komen alleen soorten voor die snel een watertje kunnen koloniseren, waardoor hier libellen en wantsen weinig worden gevonden. Bloedzuigers, slakken, schelpdieren en hogere kreeften ontbreken in zure vennen. Waarschijnlijk doordat vissen meestal ontbreken is

het aantal vleesetende insecten en hun larven relatief hoog. Er komen soorten voor die erg karakteristiek zijn en in andere watertypen zeldzaam zijn, zoals de waterspin en de haft *Leptoblephia vespertina*. Sommige libellen zijn ook karakteristiek, vooral de witsnuitlibellen (*Leucorrhinia*) en de watersnuffel (*Enallagma cyathigerum*). Verder is de Laplandse watertor het vermelden waard, die slechts in enkele vennen voorkomt en vroeger wel als ijslijdrelict werd beschouwd. In vennen die met voedingsstoffen zijn verrijkt, en daardoor niet meer extreem zuur zijn, vinden we wel slakken, schelpdieren en bloedzuigers. In zulke vennen komen meer detritus- en planteneters voor dan in zure, voedselarme vennen. Het aantal karakteristieke en zeldzame soorten is hier veel minder dan in zure vennen, bijvoorbeeld de kever *Colymbetus fuscus* (Redeke 1948, Verdonschot 1990).

In sterk zure vennen (pH beneden 5) komen in het algemeen geen vissen voor. In sommige vennen in het zuiden van het land komt het hondsvijsje voor bij minimale pH-waarden van 3,1. In matig zure wateren (pH tussen 5 en 7) komen verschillende soorten voor, waarvan blankvoorn, rietvoorn, Amerikaanse dwergmeerval, baars en karper algemeen zijn. Deze soorten zijn ook in andere wateren niet ongewoon. Diverse amfibieën zetten hun eitjes af in vennen. De meest specifieke soort is wel de heikikker. De volwassen exemplaren zoeken hun voedsel voornamelijk in de aangrenzende heide. Enkele vennen in Limburg zijn van belang voor de larven van de in ons land zeldzame vinpootsalamander (Leuven 1988).

Ook onder de broedvogels komen verschillende soorten specifiek in heide en stuifzand voor, waardoor ze veelal zeldzaam zijn. Karakteristiek voor het open stuifzand is de duinpieper; andere soorten in heide en begroeid stuifzand zijn bijvoorbeeld klapekster, nachtzwaluw, korhoen en wulp. Er zijn geen broedvogels die specifiek zijn voor vennen, maar alleseters als waterhoen, meerkoet, wilde eend, wintertaling, kuifeend en tafeleend komen regelmatig voor. Insecteneters als geoorde fuut, dodaars en zwarte stern zijn veel zeldzamer. Meestal zijn er in grotere vennen meer soorten dan in kleinere vennen. Een goede ontwikkeling van de oeverbegroeiing bevordert het aantal broedvogelsoorten (Bekhuis et al. 1987, Schuurkes & Starmans 1987). Viseters, zoals de fuut, komen in sterk zure vennen niet voor, behalve daar waar ze hondsvijsjes kunnen vangen. Sommige vogelsoorten foerageren in vennen en broeden in de omgeving: de boomvalk wordt vaak jaged op libellen aangetroffen en de blauwe reiger vangt soms kikkers uit het ven.

In grotere, met voedingsstoffen verrijkte vennen, kan zich soms een min of meer uitgestrekte rietgordel ontwikkelen met de bijbehorende vogelwereld, inclusief roerdomp, visarend en zwarte wouw. In sommige vennen hebben zich broedkolonies van de kokmeeuw gevestigd, als gevolg van de ontginning van heidevelden en vennen in de omgeving. Het ontgonnen cultuurland, vuilnisbelten en nabije steden en dorpen zijn voedselbronnen voor de meeuwen, die de vennen met hun uitwerpselen sterk vervuilen. Hierdoor worden ontwikkeling van pitrusvelden en bloei van plankton bevorderd (Leentvaar 1967, Strijbosch

1976, Bekhuis et al. 1987).

Vanouds is de natte heide met vennen tevens van belang als foerageer- en rustgebied voor rietganzen (voornamelijk de zeldzame vorm *Anser fabalis fabalis*) en kraanvogels. Relicten van dit landschap in Oost- en Zuid-Nederland worden door deze soorten nog altijd als zodanig gebruikt. Meer algemeen zijn watersnip, wulp, regenwulp, grutto en andere steltlopers.

Variatie door regionale klimaatverschillen

De Nederlandse heiden en stuifzanden vertonen regionaal enkele systematische verschillen, die voor een deel berusten op klimaatverschillen. In de weinige overgebleven stuifzanden zijn deze verschillen nog betrekkelijk gering. Stoutjesdijk (1959) vond o.a. opmerkelijke patronen in de verspreiding van zandzegge op de Veluwe. Deze soort komt veel meer voor in de (voormalige) stuifzanden langs het IJsselmeer dan in de centrale delen van de Veluwe.

Regioverschillen zijn nadrukkelijk aanwezig in de heiden. In ieder geval worden duinheiden onderscheiden van binnenlandse heiden. Duinheiden komen voor in de kalkarme duinen van het Waddendistrict, alsmede op een enkele plaats in ontkalkte duinen van het Renodunaal district. Ze vallen op door o.a. de aanwezigheid van drienerfzand en eikvaren, die in het binnenland praktisch ontbreken in de heide. Er zijn ook plantesoorten die wel in binnenlandse en niet in duinheide voorkomen. Faunistisch zijn duinheiden in totaal wat armer, doordat bijvoorbeeld boomleuwerik, adder en vele libellesoorten er ontbreken.

Binnen de binnenlandse heide is sprake van nog een zekere regionale differentiatie. Zo is kraaihei een soort die alleen in de noordelijke helft van het land voorkomt. Enkele Zuidnederlandse heidevelden onderscheiden zich vroeger juist door het voorkomen van rode dophei. Andere soorten zoals diverse wolfsklauwsoorten, blauwborst, zandhagedis en bruine vuurvlinder zijn minder exclusief aan bepaalde regio's gebonden, terwijl het ook niet duidelijk is of klimaatverschillen daarbij een rol spelen.

Binnen de heiden in het noorden en midden van ons land komen nog plaatselijke verschillen voor. Op plaatsen met een relatief hoog neerslagoverschot, vaak boven 40 m NAP gelegen, kunnen namelijk rode en blauwe bosbes, soms ook hengel massaal in de heide voorkomen. Syntaxonomisch is dit de reden geweest om een aparte Struikheide-Bosbes-associatie te onderscheiden. De overige droge heiden in het binnenland behoren tot de Struikheide-Stekelbrem-associatie.

Overigens komt bosbes in de klimatologisch optimale oostelijke Veluwe en de Sallandse Heuvelrug niet verspreid in de heide voor, maar voornamelijk in de vorm van kleinere en grotere groeiplaatsen. Kennelijk zijn vestigingen van beide soorten uit zaad schaars of zijn de vestigingen betrekkelijk recent en hebben de planten zich daarna vegetatief uitgebreid. Aangenomen wordt dat het microklimaat voor de soorten beter is geworden na het wegvallen van het intensieve gebruik van de heide als bron van organisch materiaal. Nu zich elders

in het land ook een dikkere strooisellaag heeft ontwikkeld, zien we ook daar af en toe bosbes in de heide verschijnen, vooral op noordhellingen en -randen van bos.

Voor een deel is de variatie tussen vennen geografisch bepaald. Drenthe is natter dan Brabant door een grotere nuttige neerslag en door de aanwezigheid van een leemlaag. De vendichtheid was daardoor vroeger in Drenthe 4 per km², tegenover 0,6 per km² in Noord-Brabant (Barkman 1992). Mede hierdoor is in Brabant vroeger rigoureuzer ontveend en komen in Brabant meer vegetaties uit de Oeverkruid-klasse voor dan in Brabant. Ook zijn er verschillen in de micro-organismen. Opvallend is het ontbreken van de waterlelie in Drentse vennen, terwijl deze in Brabant veel voorkomt. De kokerjufferlarven van *Holocentropus insignis* en *Molanna albitans* komen wel in Drentse, maar niet in Brabantse vennen voor (Schroevens 1988).

Variatie door verschil in oppervlakte en ruimtelijke structuur

Kenmerkend voor veel diersoorten is dat ze ruimtelijk opereren. Ze stellen daardoor eisen aan de minimumoppervlakte van de heide, aan een bepaalde omgeving van de heide of aan een bepaalde configuratie van onderdelen binnen het heideterrein. Deze eisen houden verband met de fysieke ruimte die als leefgebied nodig is voor individuen of populaties, met hun behoefte aan verschillende biotopen voor foerageren resp. broeden e.d. In tabel 17.2 is aangegeven wat in dit verband de eisen zijn van een aantal vogel-, reptiel- en dagvlindersoorten die kenmerkend zijn voor heide en stuifzand. Opvallend is dat bijna iedere soort een andere combinatie van eisen stelt. Dit geeft het belang van een grote oppervlakte en van variatie in ruimtelijke structuur en vegetatiebeheer aan. Voor afzonderlijke terreinen betekent het dat men via het beheersplan zich bewust moet zijn van de specifieke potenties van het terrein en dat men doelbewust een keuze moet doen ten aanzien van beheer en inrichting. In het uiterste geval sluiten bepaalde soorten elkaar uit en wordt men gedwongen een soort te kiezen ten koste van een andere. Vooral in de droge heide blijken een aantal soorten voor te komen die grote oppervlakten nodig hebben met een kritische landschaps- en vegetatiestructuur. Duinpieper en gladde slang bijvoorbeeld kunnen er beide een bestaan vinden, maar ruimtelijk zeer gescheiden van elkaar leven. De eerste verlangt een zeer open landschap en hoogstens een korte vegetatie, de tweede daarentegen een heide afgewisseld met bos en een (deels) ruige vegetatie.

Het aantal soorten karakteristieke venplanten neemt toe met de oppervlakte van vennen, speciaal in die vennen welke ver van andere vennen af liggen. Bij gelijkblijvende oppervlakte neemt het aantal soorten karakteristieke venplanten af met toenemende isolatie. Ruimtelijke factoren als oppervlakte en isolatie zijn voor het voorkomen van venplanten echter van minder belang dan fysisch-chemische factoren, zoals calcium- en chloridegehalte (Biere et al. 1983). Het aantal soorten vogels neemt duidelijk toe met de oppervlakte van het ven. Alleen de wilde eend komt nog vaak in vennen met een kleinere oppervlakte dan 1 ha voor. Met toenemende afstand tot andere wateren neemt de frequentie van het

voorkomen van vogels, met name van meerkoet, kuifeend en tafeleend sterk af. Toenemende afstand tot bebouwing, en daardoor minder intensieve verstoring door recreatie heeft een positieve invloed op het aantal vogelsoorten. Ook komen verschillende soorten (o.a. kuifeend, dodaars en wintertaling) meer voor in vennen in open heide dan in vennen die door bos of cultuurland zijn omgeven (Schuurkes & Starmans 1987).

Tabel 17.2. Soorten vogels, reptielen en dagvlinders die tegelijkertijd eisen stellen aan de oppervlakte, de inrichting en het beheer van heide- en/of stuifzandterreinen. *r = ruige, a = afwisselende en k = korte landschapvegetatie.*

Soorten per minimum-oppervlakte	Droge heide	Voch- heide	Stuif- zand	Omgeving		Inrichting en beheer van:				
				hei + landbg.	hei + venne	landschap		vegetatie		
						opslag	open	r	a	k
500 ha										
grauwe kiekendief	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
velduil	-	x	-	-	-	-	x	x	-	-
grutto	x	x	-	x	-	-	x	-	-	-
korhoen	x	x	-	x	-	x	-	x	x	x
250 ha										
klapekster	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-
duinpieper	x	-	x	-	-	-	x	-	-	-
kl. heidevlinder	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-
gladde slang	x	-	-	-	-	x	-	x	x	-
nachtzwaluw	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-
patrijs	x	x	-	x	-	-	-	-	x	-
50 ha										
boomleeuwerik	x	-	x	-	-	x	-	-	-	x
tapuit	x	-	x	-	-	-	x	-	-	x
kievit	x	x	-	-	-	-	x	-	-	x
gr. parelmoervl.	x	x	-	x	-	-	-	x	-	x
adder	x	x	-	-	-	x	-	x	x	-
5 ha										
zandhagedis	x	-	x	-	-	-	-	-	x	-
levendb. hagedis	x	x	-	-	-	x	-	-	x	-
veldleeuwerik	x	x	x	-	-	-	x	-	x	-
heidevlinder	x	-	x	-	-	-	-	-	x	x
diverse libellen	x	x	-	-	x	-	-	-	-	-
slobeend	x	x	-	-	x	-	-	x	-	-

Ontstaan en beheer in het verleden

Ontstaan

De levensgemeenschappen van heide, vennen en stuifzand zijn als zodanig oorspronkelijk in ons land. Droge heide en vooral stuifzand kwam echter op slechts zeer kleine schaal voor, op de meest voedselarme zandgronden. We nemen aan dat ook op dergelijke plaatsen een ijle begroeiing met bomen aanwezig was. Een deel van de natte heide is mogelijk op natuurlijke wijze ontstaan op plaatsen waar bosontwikkeling door drassigheid en voedselarmoede geremd werden en de omstandigheden voor hoogveenvorming niet gunstig genoeg waren.

Vennen zijn in beginsel eveneens natuurlijk. Ze zijn o.a. op de volgende wijzen ontstaan:

— door wind- of gletsjerwerking in pleistocene zandgronden tijdens de voorlaatste of laatste ijstijd, zoals de Kraloërplas (Drenthe);

— door uitwaaiing tijdens de postglaciale periode (sommige Oisterwijkse Vennen);

— als 'pingoruïne', die is gevormd door het smelten van grote brokken landijs in het postglaciaal, zoals de vennen van Zuidoost-Friesland ('dobben');

— als restant van oude rivierlopen die door verstuiving van de omgeving afgesneden zijn (soms ook als meanders van grote rivieren op zandgrond), zoals de Malpievennen;

— door stagnatie van regenwater als gevolg van keileem, oerbank of gyttjalaag in de bodem (Gerritsfles bij Kootwijk).

Enkele 'vennen' zijn door menselijke bedrijvigheid ontstaan, bijvoorbeeld door uitgraving in historische tijd, zoals het Karregat bij Rosmalen en het Nonnenvan bij Winterswijk.

Op iets grotere schaal komen van oudsher natuurlijke heidevegetaties voor op drogere plekken in het hoogveen. Het gaat hier om zowel dop- als struikheide, in het noorden van het land ook kraaiheide. Verder vinden we natuurlijke heide in het kalkarme duinlandschap langs de kust, waar de heide grotendeels eerst kon ontstaan na recente vastlegging van de duinen door het staken van de vroegere intensieve beweiding. De heidevegetaties in gestabiliseerde binnenlandse stuifzandgebieden zijn ook spontaan, maar hieraan is in de regel een periode met menselijke ingrepen voorafgegaan.

Het ontstaan van uitgestrekte heidevelden buiten deze gebieden is het gevolg van menselijke invloeden op het landschap. Branden, kappen en beweiden in het oorspronkelijke bosrijke landschap leidden reeds in prehistorische tijden tot ontbossing. Na de laatste ijstijd ontwikkelde de toen aanwezige heideachtige begroeiing van de toendra zich tot een berken- en dennenbos en later (tijdens het Atlanticum, 5500-3000 v. Chr.) tot een loofbos van eik, iep, linde en hazelaar. Na het Neolithicum (jonge steentijd) waren de dragers van de bandkeramische cultuur de eersten die in ons land landbouw bedreven, hetgeen gepaard ging met het op beperkte schaal ontginnen van bos op de lössgronden (vanaf 4400 v. Chr.). Op de zandgronden in het noorden en midden van ons land treft men

vanaf 2700 v. Chr. de hunebedbouwers aan met hun trechterbekercultuur. Voor hun landbouw ontgonnen zij relatief kleine oppervlakten eiken-berkenbos; het vee werd mede gevoed met bebladerde takken van o.a. de iep. Vooral tijdens de standvoetbekercultuur (2400-1900 v. Chr.) zijn in de zandgebieden grote oppervlakten bos ontgonnen waarbij men het land, na enkele jaren akkerbouw, gebruikte als weidegrond voor het vee; daardoor kon zich hierop heide ontwikkelen. Ook in de laat-neolithische periode (2100-1700 v. Chr.; klokbeercultuur) is bos ontgonnen voor de akkerbouw. Onder de grafheuvels uit deze periode bevond zich nog geen humuspodzolprofiel.

Aan het begin van de bronstijd (1700 v. Chr.) moet men zich in de zandgebieden een landschap voorstellen dat nog in belangrijke mate loofbos droeg, met hier en daar kleine nederzettingen omgeven door bouwland en heidevelden. De grafheuvels waarvoor heideplaggen werden gebruikt, werden in deze periode aangelegd op bodems met een humuspodzolprofiel. Hieruit blijkt dat er toen al plaatsen geweest zijn waar, vermoedelijk al enige eeuwen lang, heidevelden in stand zijn gebleven. Stuifmeelonderzoek heeft aangetoond dat de oudste heidevelden rijker aan grassen en kruiden waren dan de tegenwoordige. De vegetaties behoorden voornamelijk tot die van het borstelgrasverbond. Ook in de bronstijd gaat de ontginning van het bos gestaag door. Uit de ijzertijd (700 tot begin van onze jaartelling) dateren de zogenaamde raatakkers (Celtic fields), complexen van kleine akkers omgeven door walletjes. Door hun systematische aanleg vertonen zij eigenschappen van het meerslagstelsel, terwijl daarvoor toch in hoofdzaak sprake was van voortdurende verplaatsing van het akkerland.

Ook na het begin van onze jaartelling is de ontbossing op de zandgronden doorgegaan waarbij het areaal aan heidevelden zich vergrootte. Dit betekent niet dat de uitbreiding van heide (en stuifzand) een in de tijd continu proces is geweest. Vooral in de prehistorische tijd wisselden perioden van ontbossing af met perioden waarin de menselijke invloed op het landschap afnam (o.a. Van Mourik 1988). We bevinden ons dan nog in de periode van plaggenlandbouw. Vanaf de vroege middeleeuwen gaat dit landbouwsysteem een belangrijke rol spelen en wordt de exploitatie van de heide intensiever. Dit intensieve gebruik duurt tot het midden van de 19e eeuw. In deze tijd bereikten zowel heide als bouwland een maximale uitbreiding ten koste van het oorspronkelijke loofbos. Op de resterende bossen werd op grote schaal rooibouw gepleegd, zowel door overbeweiding als door houtwinning ten behoeve van kolenbranders, zoutziederijen en ijzersmeltovens.

Ten gevolge van overbeweiding van de heide, te frequent branden of te diep en veelvuldig plaggen steken, kreeg vooral in de tweede helft van de middeleeuwen de wind vat op het zand. Wanneer dit proces eenmaal op gang was gekomen, greep het snel om zich heen, en op de overstoven gronden stierf de vegetatie af. Door de heersende zuidwestelijke winden verplaatste het zand zich in hoofdzaak in noordoostelijke richting. Hoewel de onderstoven gebieden hoofdzakelijk heidevelden waren, zijn ook nederzettingen door stuifzand bedolven. Ook braakliggende, oude bouwlanden konden gemakkelijk aanleiding geven tot het ontstaan van verstuingen. De door de mens veroorzaakte zandverstuingen

traden sinds de middeleeuwen meer en meer op. Ondanks de pogingen die men al vanaf de 16e eeuw in het werk stelde om het stuiven van het zand te beteugelen, namen de stuifzanden gestaag in omvang toe. Op plaatsen waar de vegetatie kans zag zich te ontwikkelen, werd het stuiven tot staan gebracht. Herhaaldelijk werd het plantendeck echter opnieuw beschadigd, hetgeen aanleiding gaf tot nieuwe verstuingen. Hiervan getuigen de profielen, waarin humeuze lagen en stuifzandpakketten elkaar afwisselen. De grootste uitbreiding kregen de zandverstuingen in de 19e eeuw. Pas toen Staatsbosbeheer in 1899 de bebossing van zandverstuingen ter hand nam, kwam aan hun uitbreiding een eind. Sindsdien is het areaal van de stuifzanden sterk ingekrompen; op de Veluwe bijvoorbeeld is het areaal van open stuifzand in de afgelopen honderd jaar met 85% afgenomen. Het moet vrijwel zeker worden geacht dat in het landschap van stuifzand en meer of minder door stuifzand beïnvloede heide, alsmede op sommige rivierduinen, 'altijd' jeneverbesstruiken hebben gegroeid.

Er zijn in ons land aanwijzingen dat jeneverbesstruwelen ontstaan zijn in de periode van zeer extensieve begrazing. Een doelbewust beheer tot instandhouding van jeneverbes(bossen) om economische redenen is nooit toegepast. Incidenteel werden bessen geoogst (keukenkruiden) en takken of bomen gekapt ter opluistering van folkloristische feesten. Ook werden jeneverbestakken gebruikt bij het roken van vlees, bijvoorbeeld in Twente.

Landbouwkundig gebruik

Het complex van heide, vennen en stuifzand vormt merendeels een halfnatuurlijk landschap. De levensgemeenschappen zijn spontaan ontstaan en hebben vele jaren de tijd gehad zich te ontwikkelen. Nadat het oorspronkelijke bos was verdwenen, heeft de mens het halfnatuurlijke landschap dat daaruit ontstond eeuwenlang gebruikt als bron van nutriënten, strooisel, brandstof e.d.

Een zeer essentieel onderdeel van de oude landbouwsystemen op zandgrond vormde de heide. Het uit de voor-Romeinse ijzertijd bekende raatakkerlandbouwsysteem geeft een aanwijzing dat de veeteelt toen reeds voor de mestwinning werd gebruikt. In de 8e eeuw zijn in ons land de eerste esdorpen gesticht. Het rooibouwsysteem uit de bronstijd, waarbij de akker telkens naar een nieuw stuk heide of bos werd gebracht, is dan geëvolueerd tot de kringlooplandbouw van de esdorpen. Nutriënten uit de heide worden dan naar de akker gebracht, via begrazen, plaggen en maaien. De mest werd in de potstal vermengd met heideplaggen en -maaisel.

De bouwlanden die in die tijd ontstonden, zijn eeuwenlang in gebruik gebleven. Soms zijn akkers die meer dan tien eeuwen lang van plaggemest werden voorzien, daardoor een meter of zelfs meer opgehoogd. Deze enkeerdgronden zijn grotendeels aangelegd op heidegrond met een nog ongestoord heidepodzolprofiel.

Het plaggenlandbouwsysteem was beperkt tot de Noordwesteuropese Laagvlakte. De enkeerdgronden bevinden zich ten westen van de lijn Antwerpen-Hamburg. Nederland vormde dus het centrum van dit heidelandbouwsysteem,

dat zijn grootste omvang ruim een eeuw geleden bereikte.

In de late middeleeuwen, d.w.z. na het midden van de 13e eeuw, werd de schapenhouderij sterk uitgebreid om de plaggenbemesting van de enk- en esgronden op te voeren. Zo had een gemiddeld boerenbedrijf van een esdorp in de 18e eeuw ongeveer 5 ha esgrond, maar een veelvoud daarvan was nodig als heidegrond. Immers voor 5 ha bouwland moest 5 ha heide worden geplagd, terwijl bovendien 40-60 schapen geweid moesten worden op 30-50 ha heide. Al naar gelang de plaatselijke omstandigheden kon men eens in de zeven tot dertig jaar op dezelfde plaats plaggen steken. Om voldoende mest te krijgen moest de oppervlakte aan heide vijf tot dertig keer zo groot zijn als de akker.

Daarnaast zorgden sociaal-economische en demografische verschillen ervoor dat het gebruik van de heide per regio lang niet overal gelijk was. Het landbouwsysteem van de Vlaamse bouw in Zuid-Nederland betekende waarschijnlijk dat de heide daar intensiever werd gebruikt dan in de rest van Nederland. Het ligt voor de hand dat dit effect heeft gehad op de soortenrijkdom van de heide. Bijvoorbeeld valt het vrijwel ontbreken van het korhoen in Brabant tot 1900 hiermee te verklaren. Voor een heidegebied zoals de Meijweg is het waarschijnlijk dat dit juist buiten het plaggenlandbouwsysteem viel. Er werd wel vee geweid maar er werd niet uitgebreid plaggen gestoken. Dit is een aanwijzing dat er vroeger ook heide in stand bleef zonder dat er plaggen werden gestoken.

Door de ontbinding van de marken, waarbij de heide als gemeenschappelijke weidegrond onder particuliere eigenaren werd verdeeld, raakte de esdorpcultuur in verval. Dit werd mede in de hand gewerkt door de concurrentie van geïmporteerde wol uit Australië. Tenslotte vindt landbouwkundige exploitatie van de heide in het begin van de 20e eeuw al spoedig een eind door de verbreiding van de toepassing van kunstmest en groenbemesting met lupine. Dientengevolge neemt het oppervlak aan heide in Nederland snel af.

Tot het begin van de 20e eeuw was de struikheide leverancier van mest, wol, vlees en honing (bijenteelt), terwijl de dophei een belangrijke brandstofleverancier was door zijn vorming van veenachtige humus, die in de vorm van brandplaggen werd gewonnen. De vele exploitatievormen van de heide waren soms moeilijk met elkaar te verenigen, zodat het gebruik van de heide gereguleerd moest worden. De belangen van schapenteelt en bijenteelt werden meestal in de eerste plaats veiliggesteld door verbodsbepalingen. Veel bepalingen hebben betrekking op het plaggen en maaien, handelingen die slechts gedurende korte tijd per jaar werden toegestaan. Er zijn reeds bepalingen bekend over het maaien van de heide uit 1349 en over het branden uit 1432.

Waarschijnlijk is het grootste deel van onze vennen reeds in de middeleeuwen ontveend ten behoeve van de turfwinning. In latere eeuwen werd met tussenpozen van vele jaren het nieuw ontstane veen regelmatig verwijderd. Dit werd klunen of klotten genoemd. Bij sommige van deze vennen waren zelfs speciale kluunplaatsen, waar de zware bonken veen werden vermengd met water en door ossen of paarden werden fijngetrapt tot een zware brei. In de vorige eeuw werden in sommige vennen (veen)mossen verzameld voor de productie van mospapier. Talrijke vennen werden bovendien gebruikt om schapen te wassen,

vlas te roten of werden geschikt gemaakt voor visteelt en zodoende met voedingsstoffen verrijkt, hetgeen grote invloed had op de samenstelling van de levensgemeenschappen (Van Dam et al. 1988, Van den Munckhof 1988). De namen van veel vennen herinneren nog aan deze oude gebruikswijzen: Klunven, Klotven, Ossenkolk, Schaapsven, Vlasroot, Wasmeer.

Betekenis en bedreiging

Betekenis

Heide, vennen en stuifzand zijn van algemeen belang als voedselarme componenten in het pleistocene zandgebied en in het kustgebied. Aangezien de natuurlijke diversiteit vooral bepaald wordt door het aandeel van de voedselarme en de menselijke bedrijvigheid in de eerste plaats een eutrofiërende is, is het behoud van deze component van grote betekenis voor de verscheidenheid van planten en dieren.

Het Kootwijkerzand, het Hulshorsterzand, het Harskamperzand en de Loonse en Drunense Duinen zijn de enige in Noordwest-Europa overgebleven stuifzandgebieden van enige omvang.

De invloed van voedselarme gebieden strekt zich vaak uit tot buiten die gebieden zelf. Via kwel kunnen laaggelegen gebieden afhankelijk zijn van gebieden met een hogere ligging. Voedselarm kwelwater verhindert daarbij dikwijls dat het lage gebied geëutrofiëerd wordt.

Ook voor gradiënten in de voedselrijkdom is uiteraard de aanwezigheid van een voedselarme component vereist. Hoe geleidelijker en hoe 'langer' deze gradiënt is, vooral in de voedselarme richting, des te meer kansen zijn er voor de verschillende soorten.

Daarnaast hebben de voedselarme gebieden zelf een bijzondere vegetatie en fauna. Floristisch gezien komen er veel zeldzame soorten voor, zowel hogere planten als mossen en korstmossen, die in het voorafgaande reeds zijn genoemd. Zeer bijzondere korstmosvegetaties treft men vaak aan in primair vastgelegde stuifzanden. Wat de terrestrische korstmossen betreft, zijn heidevelden en stuifzanden samen met de kalkarme kustduinen de rijkste gebieden van het Europese laagland. Dichte jeneverbesstruwelen zijn rijk aan mossen en bijzondere paddestoelen. Ook op faunistisch gebied zijn reeds de vele bijzondere soorten genoemd, o.a. de broedvogels duinpieper, tapuit, korhoen, vier van de zes in Nederland voorkomende reptielsoorten, diverse soorten vlinders, sprinkhanen, mieren, spinnen e.d. In jeneverbesvegetaties is een speciale insectenfauna aangetroffen. Het belang van heide, stuifzand e.d. voor de meeste van deze soorten is extra toegenomen door het vrijwel geheel verdwijnen van andere voedselarme vegetatietypen, vooral schrale graslanden en struwelen.

Onder de plantesoorten waarvoor Nederland een centrale ligging heeft in het areaal zijn soorten van voedselarm, zuur en zwak gebufferd, zwak zuur, nat milieu oververtegenwoordigd. Dit betreft met name rode-lijstsoorten uit het oeverkruidverbond, zoals oeverkruid, moerassmele en ondergedoken moerasscherm.

De verspreiding van kruipende moerasweegbree is zelfs grotendeels tot Nederland en Vlaanderen beperkt (Verkaar et al. 1992). Daardoor zijn de Nederlandse vennen ook van internationale betekenis, ook doordat de vennen in het aangrenzende buitenland er vaak veel slechter aan toe zijn dan bij ons.

Veel vennen zijn van betekenis als slaappleaats van watervogels. Soms ontlenen vennen hun betekenis aan het voorkomen van soorten met een bijzonder verspreidingspatroon zoals de libel *Leucorrhina dubia* of de watervlo *Eurycercus glacialis*. Veel soorten micro-organismen zijn karakteristiek voor vennen. Vennen zijn in Nederland het belangrijkste watertype waarin sieraalgen voorkomen.

Plantengeografisch vormen de Nederlandse heiden, ook door de relatief grote oppervlakten die ze nog innamen voor de vergrassing massaal toesloeg, zeer belangrijke voorbeelden van de Westeuropese laaglandheide, die is ontstaan onder menselijke invloed. Onze natte heiden, vennen en stuifzanden zijn van internationale betekenis, o.a. omdat er in het buitenland nog minder van bewaard is gebleven. Door hun geringe omvang en grote kwetsbaarheid, onder andere door eutrofiëring en verzuring, is te verwachten dat hun zeldzaamheid nog zal toenemen.

De landschappelijke betekenis van heide, vennen en stuifzand wordt algemeen onderkend. Ze behoren tot de drukst bezochte landschapstypen en worden door het publiek vaak als het toppunt van 'natuur' beschouwd. Dit geldt ook voor zowel solitaire jeneverbessen als struwelen en bossen van deze soort.

Cultuurhistorisch zijn de gebieden van betekenis wegens de essentiële rol die ze hebben gespeeld bij de ontwikkeling van de landbouw op de zandgronden. Het heidelandbouwsysteem duurde meer dan tien eeuwen, waarbij (bodemkundig) enkeerdgronden ontstonden, ter plaatse van (geografisch) enken of essen. Bijzondere waarde zou men kunnen hechten aan situaties waar de oude configuratie van heide c.s. en (voormalige) akkers nog aanwezig is. Archeologisch zijn heideterreinen van belang, omdat de bodem veel oude cultuurresten bevat, o.a. artefacten, grafheuvels en raatakkers. Voormalige paden en trekwegen zijn in velerlei vorm in heidevelden herkenbaar. Heide, vennen en stuifzand bieden verder een bijzondere gelegenheid voor de studie van onderwerpen uit de biologie, bodemkunde, geologie en geomorfologie, vanwege bijvoorbeeld het extreme milieu en de aanwezigheid van een ongestoord reliëf en profiel.

Bedreiging

Door ontginning en door bebossing is het overgrote deel van de vroegere heidevelden, stuifzanden en jeneverbesvegetaties verdwenen. Veel vennen zijn bovendien ontwaterd en geëgaliseerd door ruilverkavelingen. Van de oorspronkelijk ongeveer 10 000 vennen zijn er nu nog ongeveer 3500 over.

De volgende cijfers laten zien dat de oppervlakte heide voorheen veel groter is geweest in ons land:

1833	600 000 ha
1907	450 000 ha
1940	100 000 ha
1970	61 000 ha
1988	42 000 ha

Van de naar schatting 95 000 ha die ooit in ons land is verstoven, is thans hooguit 2500 ha over.

Hoewel ontginningen formeel reeds sinds het begin van de jaren zestig tot het verleden behoren, worden verschillende gebieden bedreigd door verandering van bestemming, zoals ontgroning (Bergerheide).

Alle overgebleven voedselarme gebieden worden thans bedreigd door eutrofiëring en verzuring vanwege luchtverontreiniging. De belangrijkste bronnen hiervan zijn ammoniak uit de veehouderij alsmede zwaveldioxide en stikstof-oxiden uit de verbranding van fossiele brandstoffen. Zwaveldioxide en stikstof-oxiden worden in de atmosfeer omgezet tot zwavelzuur resp. salpeterzuur. Ammoniak is een base die in de atmosfeer door de daar aanwezige zuren wordt geneutraliseerd. Het ammonium dat hierbij ontstaat, kan in de bodem door bacteriën worden omgezet tot salpeterzuur. Deze zogenaamde nitrificatie treedt in zwak zure tot neutrale bodem (landbouwgrond) altijd op, in zure bodem niet altijd, maar in heiden waarschijnlijk meestal wel. De zuren die op de bodem terecht komen, worden daar geneutraliseerd en spoelen vervolgens naar diepere lagen uit. Op deze wijze wordt de bodem blijvend verzuurd. De stikstofverbindingen ammoniak en stikstofoxiden werken bovendien eutrofiërend.

Over de algemene verzuring van heide en stuifzand is onvoldoende bekend. Wel is het zeker dat lokale plekken met een hogere pH, waar de meer bijzondere soorten van heidemilieus van afhankelijk zijn, als gevolg van verzuring zijn verdwenen (o.a. Quené-Boterenbrood 1988).

De verlaging van de zuurgraad in vennen is goed onderzocht; er zijn pH-dalingen geconstateerd van 5,5 naar 3,5 die voornamelijk op rekening van de luchtverontreiniging moeten worden geschreven. Omdat de pH in een logaritmische schaal wordt uitgedrukt, betekent een dergelijke daling dat de hoeveelheid zuur-ionen honderdvoudig is toegenomen! Meer dan de helft van de vennen is aangetast door verzuring (Leuven 1988).

Door de verzuring verandert vooral de voedingsstoffenbalans voor de levensgemeenschappen. Ook de aanwezigheid van oplosbare aluminiumverbindingen neemt sterk toe, maar het is onduidelijk of daarbij toxische grenzen worden overschreden. Andere elementen zoals calcium, kalium en magnesium spoelen in versterkte mate uit. Het is echter niet waarschijnlijk dat daardoor minder nutriënten beschikbaar komen voor de vegetatie.

Behalve veranderende ionenconcentraties als gevolg van verzuring zorgen ammoniak en stikstofoxiden voor een directe toename van de beschikbare N in de bodem. Ammoniak (NH₃) wordt bovendien gemakkelijk bovengronds (via de huidmondjes) opgenomen. Stikstof was in heide, vennen en stuifzand altijd een beperkende factor voor de groei van planten. Er zijn door de toename van de

stikstofbeschikbaarheid dan ook grote veranderingen opgetreden.

De veranderingen in de levensgemeenschappen van heide, vennen en stuifzand als gevolg van verzuring en daarmee gepaard gaande eutrofiëring zijn groot. In de eerste plaats zijn vele soorten planten en dieren sterk achteruitgegaan of zelfs verdwenen uit Nederland. De achteruitgang is het eerst vastgesteld in vennen, die als het ware verzamelbekkens zijn van regenwater en dus ook van vervuilingstoffen. Veel soorten wieren en hogere planten (vooral uit het oeverkruidverbond), zoals waterlobelia, biesvaren en oeverkruid zijn er uiterst zeldzaam geworden. Ook in de fauna hebben zich grote verschuivingen voorgedaan. Zo wordt het voortplantingssucces van de heikikker ernstig bedreigd door verzuring (Van Dam 1987, Leuven 1988, Arts 1990). In heide geldt hetzelfde voor bijvoorbeeld wolverlei, rozenkransje en wolfsklauwsoorten en mossen en korstmossen in het algemeen. Veel soorten zijn zeer sterk in bedekking en in vitaliteit afgenomen.

Op vegetatieniveau hebben zich eveneens opvallende veranderingen voorgedaan. De achteruitgang van de meeste korstmossen en mossen en de gelijktijdige toename van een uitheemse mossoort *Campylopus introflexus* heeft een grote nivellering in de onderste vegetatielaag teweeggebracht. Vooral in vastgelegde stuifzanden is de uitbreiding van de laatstgenoemde mossoort enorm, waardoor de eertijds zeer geleidelijke grenzen tussen open en vastgelegd stuifzand veel scherper zijn geworden. Het meest bekend is de vergrassing van heide, doordat de concurrentieverhouding tussen dop- en struikhei enerzijds en pijpestrootje en bochtige smele anderzijds voor de laatste soorten is verbeterd, ten nadele van de heidesoorten. Uit een inventarisatie in 1987 bleek dat een derde deel van de Nederlandse heide niet vergrast was, een derde deel was matig vergrast en een derde deel sterk tot volledig vergrast (Van Dobben 1991). De vergrassing als gevolg van atmosferische depositie levert op veel plaatsen een zeer soorten- en structuurarme vegetatie op, die voorlopig ook zeer persistent lijkt indien geen beheersmaatregelen worden genomen. Dit in tegenstelling tot de tijdelijke toename van grassen, die vroeger geconstateerd werd na bijvoorbeeld branden. Toen was in het algemeen sprake van cyclische processen. Pijpestrootje is een soort die van oudsher lokaal in heidevelden, voornamelijk op vochtige plaatsen, voorkomt. Plekken waar de grondwaterstand jaarlijks sterk schommelt van juist boven tot diep beneden het maaiveld, kunnen zelfs 'van nature' een eenvormige pijpestrovegetatie hebben. Bochtige smele is in onze streken oorspronkelijk voornamelijk een bosplant. In heidevelden was de soort tot voor kort beperkt tot de voedselrijkere, droge gronden, maar met een slechts zeer geringe bedekking.

Ook zonder vergrassing zijn de heischrale soorten al sterk achteruitgegaan door verzuring. Faunistisch kan enige verrijking optreden, omdat de aanwezigheid van grassen de structuurvariatie en voor sommige soorten ook het voedselaanbod vergroot. In vegetaties die bijna of geheel uit pijpestro en/of bochtige smele bestaan, komen meestal weinig andere soorten planten en dieren voor. De rijke samenstelling van mossen en korstmossen die we meestal in heide aantreffen, ontbreekt in vergraste heide. Sommige vegetaties van pijpestro of bochtige smele echter hebben een meer gevarieerde structuur en herbergen zeldzame

diersoorten, waaronder adder, gladde slang of veenmier.

De luchtverontreiniging zorgt ervoor dat naast stikstof ook zware metalen op de heide terecht komen. Met name lood en cadmium hebben zich in de strooisellaag opgehoopt (Doelman 1991). Het is niet bekend of dit al tot belangrijke ecotoxicologische effecten heeft geleid. Het voornaamste probleem lijkt voorlopig dat de concentraties van deze stoffen zo hoog geworden zijn, dat de afzet van plaggenmateriaal hierdoor zeer is bemoeilijkt, met name in het zuiden van ons land.

Na verzuring is eutrofiëring, aanvoer van voedingsstoffen, de belangrijkste bedreiging voor vennen. Meestal betreft het toevoer van landbouwwater door greppels, sloten of beken. Soms is er ook directe invloed van vuilstortplaatsen. In veel vennen zijn kokmeeuwenkolonies, die zich hebben gevestigd na de grootscheepse ontginningen van de heidevelden. Zij vinden hun voedsel op het nieuwe cultuurland, in nabije steden en dorpen en op vuilstortplaatsen. Ook kan toevoer van voedingsstoffen plaatsvinden door sportvissers: de vaak toegepaste bekalking bevordert de mineralisatie van de in de bodem opgeslagen voedingsstoffen, terwijl het strooien van visvoer ook een eutrofiërende werking heeft. De oorspronkelijke plantengroei maakt dan plaats voor meer algemene soorten, vaak uit de Riet-klasse, en in het plankton gaan groen- en blauwwieren domineren. Speciaal in kokmeeuvenvennen ontstaan vaak uitgestrekte velden met pitrus.

Een wijd verbreide bedreiging voor natte heide en vennen is verlaging van het grondwaterpeil. In de heide leidt dit tot soortgelijke vergrassing met pijpestrootje zoals hierboven is beschreven. In vennen kan de oorspronkelijke vegetatie hierdoor geheel verloren gaan. Ook versterkt verdroging de verzuring, doordat de in de bodem opgeslagen gereduceerde zwavelverbindingen mineraliseren en omgezet worden in zwavelzuur. De pH kan hierdoor sterk dalen en een soort als knolrus kan bijna gesloten vegetaties gaan ontwikkelen.

Het effect van verlaging van de grondwaterstand is mede afhankelijk van de mate van doorlatendheid van de venbodem. In een aantal gevallen is de slecht doorlatende ijzer-humuslaag slechts enkele centimeters dik. Doorgraving van deze laag kan het einde van het ven betekenen.

Als het beheer onvoldoende is, groeien de meeste heiden, stuifzanden en jeneverbesvegetaties dicht met bos, waardoor hun specifieke levensgemeenschappen verdwijnen. Het ontstaan van bosopslag wordt bevorderd door directe eutrofiëring of verlaging van de grondwaterstand. In stuifzand neemt door opslag van vliegdennen de windwerking en daarmee ook de verstuiwingsactiviteit af. Daardoor kunnen steeds vroeger in de successie vliegdennen optreden en in deze versnelde successie naar bos is geen ruimte voor de zich langzaam ontwikkelende stadia van korstmossteppe en heidevegetatie. Wanneer stuifzanden en heide dichtgroeien, zullen er steeds meer soorten bosvogels verschijnen. De vogelrijkdom neemt dan toe, maar de specifieke soorten van open terrein, waarvan de duinpieper wel de zeldzaamste is, zullen verdwijnen.

Ook vennen ondervinden nadeel van een beboste omgeving. De bomen vangen de atmosferische depositie beter op dan heide en stuifzand. Ze versterken daardoor, via het grondwater, de verzuring van het venwater. De bomen

hebben ook een relatief grote verdamping, waardoor de grond- en oppervlakte-waterstanden dalen. Bovendien wordt de grondwaterstand vaak kunstmatig verlaagd voor het planten van het bos. Stuifmeelkorrels en naalden van dennen die in het ven terechtkomen, hebben een eutrofiërende werking. De bomen vangen het licht weg dat nodig is voor een goede ontwikkeling van de oevervegetatie, waartussen ook de zeldzame algen groeien. Heel belangrijk is ook dat de wind minder vat krijgt op het ven. De fijne organische deeltjes worden nu niet meer weggespoeld van de noordoostelijke venoever, waardoor de kale zandbodem wordt begraven. Hierdoor verdwijnen de waterplanten uit het oeverkruidverbond en een aantal karakteristieke soorten insectelarven en kiezelwieren, die een dergelijke bodem nodig hebben.

Verwaarlozing of achterwege laten van beheer ('niets doen') leidt in sommige gevallen tot ongewenste veranderingen. Eeuwenlang heeft het actieve beheer van de voedselarme ('woeste') gebieden verschraling toegepast door afvoer van vegetatie, strooisel en turf. Vooral in vennen vond ook wel voedselverrijking plaats (b.v. door het wassen van schapen en ten behoeve van het kweken van vis), maar altijd zodanig dat de voedselarme component in tijd en ruimte als het ware dominant was. Evenals winderosie bevorderde het steken van turf en plaggen langs venoevers het ontstaan van een kale zandbodem. Afvoer van mineralen blijft in onze tijd noodzakelijk, in ieder geval van stikstof. De noodzaak om andere mineralen af te voeren is beperkt.

Heide, venoevers en korstmosvegetaties in stuifzand verdragen geen intensieve betreding of berijding. De vegetatie wordt hierdoor vernield. Dit gaat veelal samen met bodembeschadiging en bodemverdichting. Ook als de struikheide de gelegenheid krijgt zich te herstellen, treden er in dergelijke gevallen veranderingen op, waardoor de gevoeligste hogere planten, mossen en korstmossen verdwijnen. Recreatie brengt bijna altijd ook vervuiling van de bodem met zich mee. Onbegroeid stuifzand en pioniervegetaties zijn in zekere zin weinig kwetsbaar, maar de specifieke successiereeks zal er nooit komen als de storing van blijvende aard is. Beschadiging van het dunne vegetatiedek als gevolg van graven, betreden of berijden met paarden of voertuigen is vooral een bedreiging voor de korstmosfase die op zulke gestoorde plaatsen verdwijnt. Door intensieve recreatie en het gebruik voor militaire oefeningen zullen ook zeldzame insectesoorten van onbegroeid en ijl begroeid zand niet kunnen voorkomen in te druk belopen stuifzand. Verder werkt een en ander ongunstig op kwetsbare vogelsoorten zoals boomvalk, wulp, boomleeuwerik, houtsnip, nachtzwaluw en klapdekster. Zeer gevoelig voor verstoring zijn reptielen, omdat deze voor hun lichaamsfuncties en voortplanting afhankelijk zijn van een voldoende som van zonnewarmte (thermoregulatie).

Brand hoeft niet a priori een bedreiging van de heide te vormen; bij heidekeverplagen is dat wel het geval. Doordat er plotseling een grote hoeveelheid mineralen en licht beschikbaar komt, is de kans op vergrassing groot, zeker nu tegenwoordig grassen reeds aanwezig zijn en er een continue aanvoer van stikstof plaatsvindt. Kraaihei en jeneverbes gaan bij brand wel verloren. Waar deze soorten nog optreden, betekent brand een verarming van vegetatie en landschap.

Beheer

Algemeen

Een van de consequenties van de hoofddoelstelling van het natuurbehoud — behoud van en garantie voor een zo groot mogelijke diversiteit — is dat we graag alle dingen overal anders willen, met andere woorden: een algemene handleiding voor 'het' beheer van natuurgebieden bestaat niet. Men zal bij iedere heide, ven of stuifzand de maatregelen moeten aanpassen aan de omstandigheden en aan de doelstellingen van het terrein. De doelstellingen worden meestal gekozen in nauwe samenhang met de omstandigheden. Bij de keuze van deze doelstellingen is het belangrijk om zoveel mogelijk kennis te hebben van de, meestal beter ontwikkelde, levensgemeenschappen in het verleden. Daartoe kunnen o.a. oude inventarisatiegegevens of gegevens uit geologisch en paleo-ecologisch onderzoek worden gebruikt (Van Dam 1987, Dirx et al. 1992). Wat hier volgt, is — net als in de andere hoofdstukken — een aantal overwegingen waarmee de beheerder in zijn omstandigheden uit de voeten kan.

Behoud van oligotrofie en trofiegradiënten kan als een van de belangrijkste opgaven gezien worden voor het natuurbehoud. Dit geldt in het bijzonder voor de levensgemeenschappen van dit hoofdstuk. Voor het beheer is dan ook de afweer van schadelijke uitwendige invloeden een steeds terugkerende zorg. Een andere opgave die kenmerkend is voor het beheer van heide, vennen, stuifzand en jeneverbesvegetaties, vormt het bestrijden van bosvorming. De genoemde terreintypen zijn immers typische vertegenwoordigers van het zogenaamde half-natuurlijke landschap; hun huidige waarde wordt goeddeels ontleend aan de (zeer) beperkte aanwezigheid van bomen. Daarnaast zijn er uiteraard factoren die van algemeen belang zijn voor natuurbeheer, zoals waterhuishouding, rust en migratiemogelijkheden voor organismen. Hierna zullen de bedoelde factoren achtereenvolgens worden besproken, gevolgd door een korte uiteenzetting van de beheersmaatregelen kappen, branden, maaien, plaggen, baggeren en begraven.

De beheersmaatregelen kappen, branden en maaien alsmede plaggen zijn in de eerste plaats bedoeld voor de levensgemeenschap ter plaatse van de handeling. Als zodanig werden ze tot nu toe hoofdzakelijk uitgevoerd om de diverse levensgemeenschappen op ruimtelijk gescheiden plaatsen in stand te houden. Ook in de toekomst blijft men gebruik maken van dergelijke beheersdoelen en -methodieken, bijvoorbeeld op plaatsen waar cultuurhistorische motieven een hoofdrol spelen of juist vanwege de natuurwaarden die van oudsher het gevolg zijn van de bedoelde beheersvormen. Daarnaast is de voortdurende afvoer van voedingsstoffen thans meer dan ooit noodzakelijk om de negatieve gevolgen van atmosferische depositie enigszins te kunnen tegengaan. Met de mechanische maatregelen kappen, maaien en plaggen alsmede met branden heeft men ook mogelijkheden voor zogenaamd integraal beheer. Door bijvoorbeeld bosopslag op een heide te kappen, beïnvloedt men de nutriëntenhuishouding en de windwerking in een naastgelegen ven. Ook kan men door te plaggen in een vastge-

legd stuifzand een reeks van verstuuingsmilieus en successiestadia herstellen. De meeste mogelijkheden voor integraal beheer biedt begrazing. Behalve de hier bedoelde levensgemeenschappen kan men eventueel ook nog bossen, graslanden, enz. in dezelfde begrazingseenheid opnemen. Begrazing als integrale beheersvorm heeft o.a. als kenmerk (zonder dit a priori als voor- of nadelig te waarderen) dat de grazers een eigen en veelal subtiele selectie uitvoeren met betrekking tot eet- en rustgebieden. Voordelig is dat men begrazing desgewenst permanent werkzaam kan laten zijn. Een ander voordeel van integrale begrazing — althans voor veel organismen — is de kleinschalige variatie die ontstaat in de vegetatiestructuur. Een dergelijke variatie is niet of nauwelijks met andere middelen te realiseren. De belangrijkste randvoorwaarde bij de bedoelde begrazing is de lage intensiteit ervan. Op een en ander wordt hierna nader ingegaan.

De belangrijkste zorg bij het beheer van vennen is het tegengaan van verzuring. Zolang de atmosferische depositie nog niet gedaald is tot de in de volgende paragraaf genoemde niveaus, moet aanvoer van bufferstoffen overwogen worden, hetzij door toevoer van gebufferd water, hetzij door directe bekalking. Daar bij de aanvoer van dergelijke stoffen voedingsstoffen uit de venbodem kunnen vrijkomen, bestaat het gevaar van eutrofiëring, met alle ongewenste gevolgen vandien. Het wegbaggeren van de voorraad voedingsstoffen is in dit opzicht een belangrijke beheersmogelijkheid. Tevens is door baggeren, schonen (zoals het verwijderen van de moslaag), plaggen en schaven (afschrapen van organisch materiaal) herstel van vroegere successiestadia mogelijk, bijvoorbeeld voor het oeverkruidverbond. Overigens zijn dergelijke maatregelen vooralsnog weinig zinvol en effectief in vennen die van oudsher al zuur zijn (vegetatie vroeger ook al behorende tot de Scheuchzerietea, met uitsluitend veenmossen, zonnedauw, veenpluis, klein blaasjeskruid, knolrus en snavelzegge). In vennen waar blijkens historische gegevens levensgemeenschappen van (zeer) zwak gebufferde wateren aanwezig zijn geweest, kan gepoogd worden een ontwikkeling in de richting hiervan op gang te brengen door het verwijderen van voedingsstoffen en het toevoegen van bufferstoffen.

Uitwendig beheer

Atmosferische depositie

De atmosferische depositie is op dit moment (1994) de belangrijkste bedreiging voor de heiden, vennen en stuifzanden. De depositieniveaus zijn ver boven de natuurlijke niveaus en de toegestane niveaus, die zijn weergegeven in tabel 17.3. Deze tabel is samengesteld met behulp van diverse publikaties (Schuurkes 1987, Arts 1987, Van Dijk & Roelofs 1988, Roelofs 1988, Van Dobben, 1990, 1991, Erisman 1992), waarvan de getallen steeds wel in dezelfde orde van grootte liggen, maar niet altijd exact met elkaar overeenstemmen. De opgegeven getallen moeten dan ook meer als richtlijnen, dan als strikte normen worden gezien. De soortenrijke heide is een heide waarin niet alleen struik- en dopheide, maar ook de heischrale soorten van de wat rijkere plekken voorkomen.

Tabel 17.3. *Natuurlijke, huidige en toegestane atmosferische depositie.*

	Huidige depositie	Natuurlijke depositie	Toegestane depositie		
			ven	soortenrijke heide	soortenarme heide
Stikstofverbindingen (kg/ha per jr)	45	1,6	6	5	20
Zwavelverbindingen (kg/ha per jr)	20	1,6	4	*	*
Totaal zuur (kmol/ha per jr)	5	0,3	0,5	0,5	>5

* Geen gegevens bekend, is waarschijnlijk niet zo kritisch.

Deze ontbreken in de soortenarme heide. De soortenarme struik- en dopheide is met een intensief beheer ook bij hogere depositieniveaus dan 20 kg stikstof per ha per jaar in stand te houden. Door de plagfrequentie te verhogen van eens per vijftig naar eens per tien jaar kan een stikstofdepositie van 30 kg/ha per jaar nog worden getolereerd. Boven dit niveau treedt altijd vergrassing op.

Uit de cijfers blijkt dat er aanzienlijke reducties van de depositiewaarden noodzakelijk zijn om heiden, vennen en stuifzanden duurzaam te laten voortbestaan. De mogelijkheden om hier extern iets aan te doen zijn complex en worden hier niet besproken. Zolang droge en natte depositie op zo'n hoog niveau optreden in voedselarme natuurgebieden, kan men trachten via het inwendig beheer de effecten ervan ten hoogste af te zwakken. Dit is gerechtvaardigd, gelet op de plannen van de overheid om de luchtverontreiniging terug te dringen.

Afvoer van voedingsstoffen en organische stof is in Nederland noodzakelijk om heide in stand te houden. Dit geldt ook in een situatie zonder luchtverontreiniging, maar zowel qua effecten als qua maatregelen zou onvoldoende afvoer dan veel minder ingrijpend zijn. In de verwante terreintypen is deze afvoer minder intensief. Het effect van verhoogde depositieniveaus op jeneverbesvegetaties en op stuifzanden is, dat ze versneld dichtgroeien met bosopslag en met sommige grassen en mossen. Het inwendig beheer kan hierop alleen reageren door meer te kappen, te plaggen of te begrazen. De nadelen verbonden aan een verhoogde frequentie van beheersmaatregelen of de inzet van ingrijpendere maatregelen (plaggen, intensief begrazen) betekenen een toenemende instabiliteit. Organismen die lange tijd nodig hebben om levensvatbare populaties op te bouwen of afhankelijk zijn van zeer specifieke omstandigheden, lopen dan grote kans ter plaatse uit te sterven omdat ze onvoldoende gelegenheid krijgen hun populaties te herstellen.

Waterhuishouding

In de meeste terreinen heeft het grondwater invloed op de levensgemeenschap. Ook in sommige droge heide- en stuifzandterreinen kunnen periodiek hoge waterstanden een rol spelen. Deze treden met name op in natte winters, als

stagnerend regenwater of opstijgend grondwater tot omstreeks het maaiveld reikt. Een voorbeeld zijn de Loonse en Drunense Duinen, waar in de uitgestoven laagten periodiek uitgestrekte 'natte' vegetatie-elementen voorkomen.

In de meeste gevallen staat de waterstand onder invloed van die in de wijdere omgeving. Vooral kleine reservaten hebben daardoor geen goede uitwendige bescherming tegen waterstandsverlaging. Veranderingen in de grondwaterstand van de omgeving werken in zandgronden in sterke mate door. Dit komt niet alleen tot uiting in de achteruitgang van vochtminnende soorten, maar ook in een wijziging van het ontwikkelingsproces in terreindelen die slechts af en toe onder invloed staan van een hoge vochtigheid van de grond. Maatregelen tegen verdroging van buitenaf moet men in de eerste plaats zoeken buiten de grenzen van het reservaat.

Aangezien de waterstanden in natuurgebieden vaak in belangrijke mate worden bepaald door de omgeving, die meestal in landbouwkundig gebruik is, bestaat er behoefte aan een bufferzone. De breedte van een dergelijke zone hangt af van de hydrologische situatie ter plaatse. Het afdammen van greppels e.d. binnen het reservaat kan in het algemeen de gevolgen van een grootschalige grondwaterstandsverlaging niet compenseren. Met name moet men erop bedacht zijn dat in dat geval de waterstanden sterker gaan wisselen. Door het afdammen kan men in natte perioden wellicht het herstel benaderen van de oorspronkelijke, hoge waterstanden, maar men kan niet verhinderen dat de zomergrondwaterstanden lager blijven dan in de ongestoorde toestand. Een van de mogelijke gevolgen is het massaal optreden van hoge pollen van pijpestrootje. Een ander fenomeen waarmee men bij afdammen rekening moet houden, is een eventuele verzuring. Plekken die grondwater ontvangen met een zekere rijkdom aan tweewaardige ionen, zoals calcium, zullen verzuren indien men daar maatregelen treft om het regenwater langer vast te houden. Bijzondere organismen kunnen dan verdwijnen.

Uiteraard is een daling van de grondwaterstand bijzonder ongewenst bij natte heide en vennen. Behalve door een regionale verandering van de grondwaterstand of -beweging kan dit veroorzaakt worden door beschadiging van waterwerende lagen. Aanvulling met oppervlaktewater is, gezien de algemene verontreiniging in ons land, meestal niet toelaatbaar. Alleen wanneer het inlaatwater zwak gebufferd en voedselarm is, kan er een goede situatie ontstaan. Wanneer een keuze moet worden gemaakt tussen inlaat van verontreinigd water of periodiek droogvallen, is het laatste te verkiezen. Droogvallen remt namelijk de ontwikkeling van mossen, die soorten uit het oeverkruidverbond kunnen overwoekeren. In het algemeen kan men zeggen: hoe voedselarmer het ven van nature is, hoe sterker het versturende effect van waterinlaat. Zelfs indien men kans zou zien het watertekort aan te vullen met water van dezelfde samenstelling, bestaat grote kans op ongewenste effecten. Dit doet zich voor wanneer de combinatie van verhoogde aanvoer en grondwaterstandsverlaging leidt tot een sterke toeneming van de verticale wegzijging. Ook als het toegevoegde water een gelijke kwaliteit heeft, treedt bij voortdurende toevoer in principe eutrofiëring op.

In een aantal vennen met venige bodem en vegetaties uit de *Scheuchzeria*-klasse zijn de schadelijke gevolgen van verdroging met succes bestreden door het opzetten van de waterstand via afdamming van afvoersloten. Ook op de microflora had dit een gunstige uitwerking. Voor vegetaties uit het oeverkruidverbond (in vennen met minerale bodem) is in de huidige omstandigheden periodiek droogvallen gunstig, daar de groei van veenmossen hierdoor geremd wordt. Voor de microflora is dit echter ongunstig. Het droogvallen veroorzaakt oxidatie van de in de bodem opgeslagen sulfiden, hetgeen sterke verzuring tot gevolg heeft. Aan deze extreme omstandigheden zijn slechts weinig soorten algen aangepast. Daardoor zal per geval een keuze gemaakt moeten worden (Van Dam & Arts 1993).

Naarmate men meer met mesotrofe situaties te maken heeft en minder wegzijging optreedt, kan het gebruik van schoon, niet te voedselrijk water uit de omgeving overwogen worden. De kunstmatige toevoer van water dient dan ook meer het kwalitatieve dan het kwantitatieve aspect. Veel natte terreinen danken hun specifieke betekenis namelijk aan heel subtiele vormen van contact met hun omgeving. Zo is de toevoer van kleine hoeveelheden kalkrijk water in natte heidegebieden, zonder dat de dominante positie van het zure karakter ervan in gevaar komt, soms vaak reden voor het optreden van zeldzame soorten zoals echt duizendguldenkruid en het orchideetje *Malaxis* sp. In sommige vennen komen interessante algenvegetaties juist voor op die plaatsen waar geringe hoeveelheden percolatiewater van vuilstorten of andere vervuilingbronnen in het oppervlaktewater komen. Eventuele waterinlaat moet van geval tot geval beoordeeld worden. Maatgevend hiervoor zijn de voedselrijkdom van het terrein, de aard en stabiliteit van de omgeving, de hydrologische gesteldheid vroeger en nu, de beheersbaarheid van het contact en de doelstelling van het beheer. In ieder geval dient de voedselarme component de voedselrijke component te overheersen.

Sommige vennen, vooral zogenaamde stroomdalvennen, hebben van oudsher contact met relatief kalkrijk oppervlaktewater, dat door beken en slootjes wordt aangevoerd en hebben daardoor een rijk ontwikkelde vegetatie en microflora. Thans is dit oppervlaktewater meestal zodanig bezwangerd met voedingsstoffen (stikstofverbindingen en fosfaten), dat het niet zonder meer gebruikt kan worden voor de noodzakelijke buffering tegen verzuring. Bij de restauratie van het geëutrofiëerde Beuven is ervoor gekozen om de Peelrijt, die het ven tot 1985 vervuilde, om het ven te leiden en een deel van het Peelrijtwater via een voorbezinkingsbekken in te laten in het Beuven. In het moeras van het voorbezinkingsbekken bezinken organische verontreinigingen en fosfaten en denitrificeren nitraten, waarbij de buffercapaciteit van het water niet sterk verandert. De vegetatie en de microflora hebben zich door deze maatregelen en de voorafgaande baggeroperatie spectaculair hersteld. Nadelen van deze maatregelen kunnen zijn dat de hydrologische veranderingen vaak kostbaar zijn, de aanleg van een bezinkingsbekken niet altijd mogelijk is, het bezinkingsbekken regelmatig moet worden opgeschoond, het slib uit het bezinkingsbekken ergens moet worden

geborgen, de natuurbeheerder altijd afhankelijk blijft van de waterbeheerder ten aanzien van de waterkwaliteit en dat er in droge zomers — wanneer de nood het hoogst is — geen inlaatwater beschikbaar kan zijn (Buskens & Zingstra 1988, Cals & Roelofs 1990, Cals et al. 1993).

Vermoedelijk is het inlaten van opgepompt, relatief kalkrijk maar sulfaat- en fosfaatarm, grondwater een goede manier om vennen voldoende te bufferen. De kosten zijn relatief laag en de terreinbeheerder heeft volledige controle over het waterbeheer. Voor het geval deze optie overwogen wordt, dient de hoeveelheid benodigd grondwater te worden berekend en moet worden getracht de netto waterbalans niet te beïnvloeden. Doordat de waterstand iets hoger wordt, zal de inzijging toenemen en hoeft de grondwaterstand slechts weinig te veranderen. Er is in Nederland helaas nog geen praktijkervaring met deze techniek.

Als het grondwater is zo rijk aan ijzer is dat bij het oppompen hiervan de bodem en de vegetatie onder bruine vlekken bedolven raken, is het gebruik van dit water af te raden of dient ontijzering door bezinking plaats te vinden. Dit hangt af van de technische en financiële mogelijkheden, en van het vinden van een plaats waar dit kan gebeuren (geen fraai gezicht in een natuurgebied).

Sommige verzuringsgevoelige vennen worden in lichte mate gebufferd door toevoer van kwelwater. Door het ven uit te diepen kan de toevoer van kwelwater en daarmee de buffering tegen verzuring worden verhoogd (Arts et al. 1992).

Betreding, berijding en verontrusting

Aangezien heide, venoevers en stuifzandvegetatie geen intensieve betreding verdragen, dient het terrein slechts toegankelijk te zijn op wegen en paden. In de regel is dit ook daadwerkelijk het geval, maar met name in zandverstuivingen is een en ander niet gemakkelijk te realiseren. Hier heeft men bovendien te maken met graven en berijden met paarden of voertuigen. Vooral de korstmossteppe moet tegen beschadiging worden beschermd door deze niet open te stellen, tenzij uitsluitend via aangegeven wegen en paden. Ook buiten de korstmossteppen dienen er beperkt toegankelijke stuifzandgebieden te zijn om een ongestoorde voortgang van de jongere successiestadia te waarborgen. Indien een weloverwogen ontsluiting geen voldoende beveiliging geeft, kan overwogen worden het gehele gebied voor bezoek te sluiten.

Het rijden in voedselarme terreinen dient zoveel mogelijk te worden voorkomen, ook als het gaat om incidentele gevallen. Heidesoorten sterven reeds na een maal berijden goeddeels af. Op daarvoor gevoelige bodemtypen zoals duinvaaggronden, veldpodzolgronden en holtpodzolgronden kan gemakkelijk bodemverdichting optreden, waarvan nauwelijks herstel mogelijk lijkt. Het is opvallend dat de tegenwoordige vergrassing van de heide met pijpestrootje vaak het eerst begint op voormalige wegen en karresporen. In stuifzanden is waargenomen dat reeds twee jaar na de berijding een aanmerkelijke grotere bedekking van buntgras aanwezig was. De effecten van berijding zijn extra zorgwekkend, omdat het beheer steeds meer gebruik maakt en moet maken van machines, die in verband

met de toegenomen depositie van nutriënten steeds frequenter worden ingezet. Het is dan ook van groot belang dat bij het beheer gebruik gemaakt wordt van aangepaste apparatuur (brede banden, licht materiaal) en aangepaste methoden (zo weinig mogelijk werkgangen, niet rijden over geplagd terrein), dat alleen gereden wordt in een droge toestand van de grond en dat men zoveel mogelijk de aanwezigheid benut van reeds aanwezige (voormalige) wegen en paden.

Met het oog op de mogelijke verontrusting als gevolg van recreatie dient men ervoor te zorgen dat de plaats en de dichtheid van het wegen- en padennet is aangepast aan de terreingesteldheid. In een zeer open gebied kan reeds een geringe ontsluiting tot achteruitgang van bijvoorbeeld het aantal broedparen van de wulp leiden. Ter bescherming van broedvogels kan afsluiting van het gebied gedurende het broedseizoen van belang zijn. Indien rekening gehouden moet worden met bijzondere omstandigheden zoals geïsoleerde populaties van adders of hagedissen en het pleisteren van kraanvogels of ganzen, kan het wenselijk zijn deze gebieden langdurig of zelfs het gehele jaar voor het publiek te sluiten. Schaapskooien en andere attractiepunten dienen zo mogelijk buiten het eigenlijke heidegebied te worden geplaatst. Mocht een schaapskooi onverhoopt in de nabijheid van kwetsbare of zeldzame milieutypen liggen, dan dient ervoor te worden gezorgd dat deze voor het publiek alleen bereikbaar is via gebaande wegen.

Een lichte mate van betreding geeft aparte effecten in de vegetatie, indien de bodem enige rijkdom aan mineralen (met name calcium) bezit. In het heischrale grasland dat dan ontstaat, vinden soorten zoals wilde tijm, heidezegge, heidekartelblad en hondsviooltje een optimum. Mits dit niet ten koste gaat van een grote oppervlakte heide moeten dergelijke plaatsen positief worden gewaardeerd. De bestaande bermen van de wegen en de paden zijn hiervoor in de regel de aangewezen plekken, mits deze niet om vermeende redenen van netheid regelmatig met een wegschaaf worden onderhouden. Indien dergelijke plaatsen thans zijn vergrast, kan door kleinschalig plaggen worden gepoogd het heischrale grasland weer terug te krijgen mits de ondergrond voldoende gebufferd is (Cals et al. 1992).

Deze heischrale vegetaties zijn ook van grote betekenis voor de fauna, vooral de insecten. Diverse soorten die men typisch acht voor heideachtige landschappen, zoals de veldkrekkel, diverse sprinkhaansoorten en de aardbeivlinder, zijn strikt van dergelijke vegetaties afhankelijk. Voorheen kwamen heischrale graslanden op veel grotere schaal dan tegenwoordig voor, o.a. ter plaatse van de reeds genoemde verlaten wegen door de heide. De instandhouding ervan werd bevorderd door het feit dat herten, konijnen e.d. maar ook heideschappen hier bij voorkeur graasden. Thans zijn deze plekken meestal overgegaan in monotone vegetaties met pijpestro en/of bochtige smeie.

Enige betreding kan in grote stuifzanden ook nuttig zijn om het verstuivingsproces te bevorderen. Indien betreding (en berijding) echter de enige factor is die verhindert dat het stuifzand dichtgroeit vanwege een te gering geworden oppervlakte, dreigt het middel erger te worden dan de kwaal. De mogelijkheden voor een reeks van successiestadia in de levensgemeenschap zijn dan uiterst

beperkt. Voor kleine stuifzanden die dichtgroeien is een beheer nodig dat bestaat uit incidenteel verwijderen van organische stof en eventueel ploegen en is permanente storing door bijvoorbeeld berijding ongewenst.

Intensieve recreatie is schadelijk voor de venlevensgemeenschap, door te intensieve betreding en eutrofiëring. Extensieve recreatie kan echter bevorderlijk zijn voor de vegetaties van vennen. Venvegetaties met oeverkruid, waterlobelia en drijvende egelskop, die soms te danken zijn aan het feit dat het desbetreffende ven 's winters als ijsbaan wordt gebruikt, zijn daar een voorbeeld van. Dergelijke wateren hebben ook vaak een soortenrijke algenvegetatie. De opwerveling van het organisch materiaal door zwemmers heeft een gunstig effect op de vegetaties uit het oeverkruidverbond, die van minerale bodem afhankelijk zijn. Ook de buffering van verzuring door urine van de recreanten kan een gunstig effect hebben in vennen die als zwembad worden gebruikt (Arts et al. 1988). Vahle (1990) stelt voor om de noodzakelijke opwerveling van bodemmateriaal te veroorzaken door gereguleerde natuurexcursies te organiseren in bootjes met glazen bodem, zodat tegelijk de zeldzame waterplanten kunnen worden waargenomen.

Inwendig beheer

Doel van de maatregelen

Het terreinbeheer kan wat betreft doelstellingen grofweg worden verdeeld in enerzijds behoud en ontwikkeling van de 'klassieke' levensgemeenschappen zoals we die thans en in het recente verleden hebben gekend en anderzijds de ontwikkeling van levensgemeenschappen die een aantal nieuwe kenmerken in zich dragen. Hierna wordt eerst ingegaan op het eerstgenoemde beheer. Het zogenaamde ontwikkelingsbeheer wordt daarna in een aparte paragraaf besproken.

Beheersmaatregelen voor heide, vennen en stuifzanden moeten in de eerste plaats gericht zijn op het behoud van de voedselarmoede. Deze karakteristiek is bepalend voor de processen en de soorten in de levensgemeenschappen waar het hier om gaat. Zowel de voedingsstoffen die door uitwendige invloeden worden toegevoegd als die welke in het ecosysteem vrijkomen, dienen door periodieke afvoer van het organische materiaal aan het milieu te worden onttrokken. De kunstmatige afvoer is ook daarom zo belangrijk omdat de natuurlijke afvoer door uitloging op de meeste plaatsen waarschijnlijk zeer gering tot nihil is. Daarnaast behoort de biologische activiteit in de bodem gering te zijn. Voorkomen moet worden dat deze toeneemt, zoals gebeurt wanneer organische en minerale horizonten van het profiel vermengd worden.

Een ander, zeer belangrijk aspect voor de biologische waarde van de levensgemeenschappen is de ruimtelijke variatie. Deze wordt — voor zover het meer of minder natuurlijke processen betreft — in hoofdzaak bepaald door het abiotisch milieu, heidekevervraat en successie. De genoemde factoren worden hierna kort besproken. De wisselwerking van bodem, klimaat en plantengroei heeft een variatie in vegetatiestructuur tot gevolg. Deze variatie uit zich in verschillen in

dichtheid en hoogte van de overheersende soorten. Veel diersoorten zijn afhankelijk van een gevarieerde structuur, omdat zij daarmee keuzemogelijkheden krijgen ten aanzien van luchttemperatuur, beschutting, foerageermilieu, nestgelegenheid e.d. Ook sommige plantesoorten profiteren van een gevarieerde structuur van de dominante soorten omdat ze heel subtiele eisen stellen aan hun standplaats, vooral mossen en korstmossen. Het abiotisch milieu is in principe een vast gegeven. Het beheer heeft tot taak voorwaarden te scheppen zodat de variatie in het abiotisch milieu intact blijft.

De heidekever ontwikkelt zich in sommige jaren tot een plaag in vegetaties van struikhei. De laatste vijftien jaar zijn massale aantastingen veel vaker opgetreden dan voordien. De oorzaken hiervan zijn het toegenomen stikstofniveau in heide gecombineerd met de ruime aanwezigheid van oude heide met als gevolg een dikkere strooisellaag waarin de larven zich goed kunnen ontwikkelen. Na hevige aantastingen kunnen oude struikheivegetaties over grote oppervlakte doodgaan. Meestal echter, vooral in jonge heide, worden na de aantasting weer nieuwe loten gevormd vanuit de basale stamdelen. Binnen enkele jaren ontstaat dan een vegetatiestructuur die vaak gevarieerder is dan in de uitgangssituatie. Ook als de heidekevervraat zich beperkt tot pleksgewijze haarden, treedt structuurverrijking op. Bij de huidige niveaus van stikstofdepositie echter leidt heidekevervraat altijd tot vergrassing (Van Dobben 1991).

Het beeld dat ontstaat na heidekevervraat is moeilijk te onderscheiden van de 'normale' successie van een heidevegetatie. Successie is de ontwikkeling van de vegetatie, waarbij een plantengemeenschap ontstaat of overgaat in een andere. Als voorloper van een dergelijke successie van stuifzand of heide naar bos slaan berk en vliegden soms massaal op. In de duinheide doet de ontwikkeling naar bos zich veel geleidelijker en nog maar zeer plaatselijk voor. Binnen een heidegemeenschap kunnen zich ook vormen van successie, in verschillende varianten, voordoen. Deze zijn min of meer van cyclische aard. Een karakteristiek beeld van oudere successiestadia is een open heide met verspreide, breed uitgegroeide heidestruiken, vaak met liggende takken. Juist in de stadia van verval en van beginnende regeneratie is de structuurvariatie het grootst. Het beheer dient in beginsel dan ook de ontwikkeling van een gevarieerde vegetatiestructuur, hetzij door successie, hetzij door heidekevervraat, niet in de weg te staan. Het probleem daarbij is tegenwoordig echter dat zodra er open plekken ontstaan in een struikheivegetatie, pijpestrootje en/of bochtige smele de kans krijgen zich snel uit te breiden tot eenvormige grasvegetaties, vanwege de verhoogde voedingstoestand. Om deze reden kan men er noodgedwongen voor kiezen de dwergstruikvegetatie vroegtijdig te verjongen. In dopheivegetaties kan een massale invasie van pijpestrootje optreden zelfs voordat de dophei minder vitaal wordt. Overigens hebben dopheivegetaties — behalve als beginstadium na brand of na maaien van struikhei — een veel minder duidelijke successiecyclus.

Over de genoemde verjonging van heidevegetaties bestaat wel eens misverstand. Regelmatige verjonging was vroeger een doel op zich; veelal werd dit door branden bereikt. Verjongde heide biedt ruimer voedsel aan schapen en de rijkere bloei levert meer nectar voor de bijenteelt. Uit ecologisch standpunt

bezien is verjonging in de meeste gevallen meer een neveneffect van maatregelen, die in de eerste plaats verschraving door afvoer van mineralen beogen.

Kunstmatige verjonging is op zichzelf niet nodig om heidevegetaties te doen voortbestaan, zeker niet in het geval van dophei of kraaihei, voor duinheiden evenmin. Alleen indien de omstandigheden ter plaatse zonder kunstmatig ingrijpen weinig geschikt zijn voor spontane vegetatieve vermeerdering of voor vestiging en instandhouding van zaailingen, kan verjonging een doel op zich zijn. De verjonging vindt plaats door plaggen, maaien of branden. Meestal echter kan (struik)heide zich in principe — ook als ze over grote oppervlakte is afgestorven — na kortere of langere tijd goed herstellen, mits het aanbod van voedingsstoffen niet te hoog oploopt. Aan de laatste voorwaarde wordt tegenwoordig steeds minder voldaan.

Gelet op het dan aanwezige gevaar voor massale vergrassing, heeft men twee mogelijkheden om dit te voorkomen. De eerste mogelijkheid is de heide in een vitale conditie en zo voedselarm mogelijk te houden door regelmatig te maaien of te branden, al dan niet gecombineerd met begrazen. Dit verdient uit een oogpunt van natuurwaarden geen voorkeur, omdat organismen van oude en structuurrijke vegetaties dreigen te verdwijnen. Men kan de kans daarop enigszins beperken door zeer kleinschalig te werk te gaan.

De tweede mogelijkheid is de successie zoveel mogelijk haar gang te laten gaan en pas in te grijpen wanneer de vergrassing zo ver is voortgeschreden dat de belangrijke organismen in gevaar komen. Plaggen is dan de meest doelmatige herstelmaatregel. Dat is echter duur en ingrijpend, hetgeen men zal moeten afwegen tegen de betere perspectieven voor de meeste organismen en de mogelijkheid tot afzet van het plagsel (A-, B- en C-waarden van zware metalen; Doelman et al. 1992).

Algemene aspecten van beheersmaatregelen

Het branden, maaien of plaggen van de dwergstruiken struikhei, dophei en kraaihei heeft als gezamenlijk kenmerk dat de successie wordt teruggezet. Geleidelijk komen er meer beschaduwing, beschutting en een hogere luchtvochtigheid door de toenemende bedekking en het hoger worden van de dwergstruiken. In deze successie treden de grootste veranderingen op in de moslaag alsmede in de fauna. De bladmossen nemen in bedekking toe, terwijl levermossen en korstmossen elkaar in diverse stadia kunnen opvolgen. De karakteristieke soorten van de oudere successiestadia komen pas na verloop van tien tot twintig jaar terug. Het is moeilijk te zeggen hoe lang het duurt voordat de successie een stadium bereikt heeft dat volledig vergelijkbaar is met dat van voor het plaggen, mede omdat de omstandigheden met betrekking tot het voedingsstoffenaanbod tegenwoordig anders zijn dan vroeger. Jeneverbessen overleven de genoemde maatregelen in het geheel niet, zodat men alleen hun omgeving kan beheren.

Een ander kenmerk van de beheersmaatregelen is dat er een gelijkmatige vegetatie ontstaat met struiken of takken van gelijke leeftijd, vooral als de maatregel op grote oppervlakten wordt toegepast. Daarom dient men op terrei-

nen van bijvoorbeeld 100 ha niet meer dan 1 ha aaneengesloten te behandelen. Bovendien is het van belang de behandelde oppervlakten in de tijd zo goed mogelijk te spreiden. Vlakken die dit jaar zijn behandeld, dienen dus niet te grenzen aan vlakken die vorig jaar of het jaar daarvoor zijn geplagd, gemaaid of gebrand. Op welke schaal men de beheersmaatregelen het beste kan toepassen, dient ook te worden vastgesteld aan de hand van de oppervlakten van de verschillende vegetatietypen in een heide- of stuifzandgebied. De in een kleine oppervlakte voorkomende typen moeten niet in hun geheel worden geplagd, gemaaid of gebrand, want daardoor zou de variatie afnemen. Als stelregel voor de maatregelen geldt dus: bij kleine oppervlakten tegelijk en gespreid in de tijd. Dit is bijvoorbeeld van belang voor het behoud van het korhoen, maar in het algemeen ook voor veel andere soorten planten en dieren. Het belang van kleinschalig beheer neemt toe naarmate beheersmaatregelen noodgedwongen frequenter gaan plaatsvinden. Liefst zou de frequentie van beheersmaatregelen zoveel mogelijk moeten aansluiten op de duur van de interne successie, maar de toegenomen input van voedingsstoffen verhoogt de druk om eerder in te grijpen. Extensieve begrazing door vee of relatief intensieve begrazing door wilde herbivoren doet daarentegen de structuurverschillen toenemen en zorgt er bovendien voor dat de eerder genoemde maatregelen minder frequent behoeven te worden uitgevoerd. Dit laatste vindt zijn oorzaak in het feit dat de grazers in principe de grassen selectief wegvreten tussen de heide, waardoor de heide een gunstige relatieve concurrentiepositie behoudt en zich ook onder minder voedselarme omstandigheden nog kan handhaven.

Niets doen

Niets doen leidt tegenwoordig in vrijwel alle voedselarme situaties tot achteruitgang van de kenmerkende organismen. Alleen enkele heideterreinen op zeer arm zand (Holterberg), zeer grote eenheden stuifzand, jonge heidevegetaties op voormalig stuifzand alsmede vennen op venige ondergrond blijven langere tijd in stand zonder hulp van inwendige beheersmaatregelen. Dit geldt ook voor de duinheiden, waarvan tot voor kort nog werd aangenomen dat ze nauwelijks of geen beheer behoeften. Het overgrote deel van de heide, stuifzanden en jeneverbesstruwelen verdwijnt echter vroeg of laat indien het traditionele heidebeheer dan wel vervangende technieken achterwege worden gelaten (zie paragraaf Bedreiging).

Verwijderen van boom- en struikopslag

De in de heide, stuifzand en jeneverbesstruwelen optredende boomsoorten zijn vooral: grove den (vliegden), zachte en ruwe berk en zomereik. Lokaal zijn ook lijsterbes, ratelpopulier, geoorde wilg, grauwe wilg, sporkehout, krenteboompje en Amerikaanse vogelkers van belang, terwijl braam in de laatste jaren op sommige terreinen zich zeer snel uitbreidt. Gagel, brem en gaspeldoorn zijn ook houtige soorten die op heideterreinen voorkomen, maar worden meestal niet als

probleem ervaren. Het optreden van gaspeldoorn is een uitdrukking van atlantische invloed, terwijl massale aanwezigheid van brem wel kan worden beschouwd als een natuurlijk kenmerk van de zuidelijke, warmteminnende heidegemeenschap.

Waar de beheersmaatregelen, zoals plaggen en maaien tot een regelmatige afvoer van organische stof leiden, zal in het algemeen weinig opslag van houtgewas optreden. In natte heiden met een ongestoorde hydrologie treedt vaak slechts in geringe mate houtopslag op, ook al staan er zaaddragende bomen in de directe omgeving. Of en in welke mate men opslag van bomen en struiken wil handhaven, hangt af van de terreindoelstelling. Er zijn enkele specifieke soorten waarvoor een open landschap van bepaalde omvang vereist is (zie paragraaf Kenmerken). Voor veel andere soorten die van een afwisselende vegetatiestructuur profiteren, is het gunstig wanneer hier en daar een enkele boom of struik voorkomt. Het meest soortenrijk is uiteraard de situatie waarbij een open heide- en stuifzandgebied geleidelijk overgaat naar een meer gesloten bos. Vanuit cultuurhistorisch oogpunt is het van belang te weten dat de hier bedoelde landschappen vanaf de tweede helft van de middeleeuwen daarentegen zeer open waren.

Indien verwijdering van houtopslag noodzakelijk is, kunnen jonge struiken uitgetrokken of vlak boven de grond afgezaagd of afgestoken worden. Daarbij dient de bodem zo min mogelijk te worden beschadigd om te voorkomen dat een gunstig kiembed voor zaden van de ongewenste bomen en struiken ontstaat. Soorten waarvan de stobben weer uitlopen, moeten worden gekapt op een tijdstip dat het minst gunstig is voor het uitlopen. Voor de berk is dat in de zomer. Bedekking van stobben met heidemaaisel of een plag belemmert het opnieuw uitlopen. Bestrijding van houtopslag in heide of stuifzand met behulp van chemische middelen is af te raden. Alleen in ernstige gevallen kan men stobbebehandeling toepassen met glyfosaat (Roundup).

Om de meest directe nadelige invloeden, zoals lichtinterceptie en bladval, van boomgroei rond vennen tegen te gaan dient de boomvrije zone ten minste 25 m te bedragen. Om de wind op volle kracht werkzaam te laten zijn met het doel een kale zandbodem langs de noord- en oostoever te handhaven, is een boomvrije zone van ten minste twintig maal de boomhoogte langs de zuidwest-oever noodzakelijk (Vahle 1990). De overgang van het open water naar het bos dient zo geleidelijk mogelijk te zijn voor de ontwikkeling van een diverse moerasvegetatie en bijbehorende algengemeenschappen.

Indien veel bomen en struiken gekapt zijn, dient het materiaal te worden afgevoerd. Verwijdering van de strooisellaag, die onder (vlieg)dennen een aanzienlijke dikte kan bereiken, is ook uiterst zinvol zo niet noodzakelijk, wil men heide- en stuifzandmilieus herstellen.

Begrazing is een maatregel die onder andere tot onderdrukking van houtopslag leidt. Jonge boomopslag, uitlopers en struiken worden door vraat voor een aanzienlijk deel vernietigd. Jeneverbes wordt in de winter door schapen gevreten, voor zover de takken bereikbaar voor hen zijn. Oudere bomen van de genoemde soorten kunnen door begrazing meestal niet meer worden onderdrukt

en moeten worden gekapt. Hoewel braamstruiken wel door vee worden aangevreten, is het niet zeker dat de explosieve uitbreiding die op sommige plaatsen (de Hamert) optreedt, krachtig kan worden tegengegaan door begrazing. Mechanische maatregelen zijn evenmin effectief gebleken tegen 'verbraming'.

Begrazen

In de geschiedenis van onze heide, stuifzand, vennen en jeneverbesstruwelen heeft begrazing een belangrijke zo niet overwegende rol gespeeld. Of bij het beheer van de desbetreffende terreinen opnieuw gebruik wordt gemaakt van begrazing, hangt in de eerste plaats af van de oppervlakte van het terrein. Naarmate een terrein voedselarmer is en een geringere produktie heeft, ligt de ondergrens in oppervlakte hoger. Stuifzandachtige gebieden komen niet eerder voor (zeer extensieve) begrazing in aanmerking dan wanneer ze minimaal enige tientallen ha groot zijn. Grazige heide kan begraasd worden als de oppervlakte meer dan ca. 10 ha groot is. In kleinere terreinen kan men de vegetatiekundige effecten van begrazing in zekere zin nog wel regelen door bijvoorbeeld de graasperioden te reduceren, maar dit geldt niet in gunstige zin voor de fauna.

Indien voedselarme terreinen begraasd worden met grasland of braakliggende akkergrond, moeten de eerstgenoemde terreinen in oppervlakte sterk overheersen over de laatstgenoemde, anders zal eutrofiëring optreden.

De levensgemeenschappen van heide, stuifzand, vennen en jeneverbesstruwelen zijn in verschillende mate gebonden aan de afvoer of vastlegging van organisch materiaal en voedingsstoffen. Afvoer vindt plaats door abiotische oorzaken (uitspoeling, verwaaiing), biotische oorzaken (vraat) of antropogene oorzaken (maaien, plaggen, branden). Vooral van heide is bekend dat de niet-antropogene afvoer onvoldoende is om de levensgemeenschap in de gebruikelijke vorm in stand te houden, zeker nu via de atmosfeer grote hoeveelheden stikstof worden toegevoerd. Naast begrazing zijn dus in heidevegetaties aanvullende maatregelen noodzakelijk, wil men deze in stand houden.

De rol die begrazing speelt in jeneverbesvegetaties is erg specifiek. Op zichzelf worden zaailingen en jonge exemplaren van jeneverbes graag gegeten, zowel door vee als door kleine grazers (konijnen). De dichte struwelen van ongeveer gelijkjarige jeneverbesstruiken, alsook veel individuele exemplaren, zijn ontstaan in de tijd dat de intensieve begrazing van de 'woeste gronden' plotseling sterk terugviel. Jonge planten kregen toen natuurlijk een geringere kans afgevreten te worden, maar wat waarschijnlijk veel belangrijker was, was dat het abiotisch milieu even plotseling als kortstondig meer mogelijkheden bood voor de kieming en vestiging van jeneverbes. In het buitenland ziet men ook nu nog dat deze soort massaal verschijnt op bijvoorbeeld verlaten akkers, enkele jaren nadat de exploitatie gestopt is. Jeneverbesvegetaties moet men dan ook beschouwen als pioniervegetaties, die in ons land afhankelijk zijn van incidentele, maar sterke afvoer van organische stof. Gelet op het feit dat desondanks tegenwoordig bijna nergens in Nederland meer verjonging optreedt, moet daar waarschijnlijk aan worden toegevoegd dat ook de chemische kwaliteit van de

bodem aan bepaalde eisen moet voldoen, namelijk niet te zeer verzuurd.

Voor de begrazing van zeer voedselarme terreinen met alleen zuivere heide of stuifzandvegetaties was men tot voor kort aangewezen op heideschape. Het Drentse en het Veluwe heideschaap zijn in Nederland door doelbewust fokken voor uitsterven behoed. Het Kempense heideschaap moest worden teruggefokt, evenals het Mergellandschaap, dat door sommigen als een apart ras wordt beschouwd. Hoewel echte heideschape zeer sober van aard zijn, moet er wel enige variatie in voedsel zijn, vooral voor hoogdrachtige en zogende ooien. In de desbetreffende periode moet men voor bijvoeding zorgen of minder voedselarme grasvegetaties ter beschikking stellen van de dieren. Dit geldt in sterkere mate voor kruisingen van heide- en grasschape, zoals Texelaars en Schotse zwartkoppen. Dergelijke kruisingen houdt men om de exploitatie van schaapskudden te verbeteren. Het Schonebeker ras is wel raszuiver, maar stelt ook hogere eisen aan de voeding. Van al deze rassen zijn in Nederland thans (weer) op meer plaatsen grote of kleine kudden aanwezig, voor een deel ook buiten de traditionele verspreidingsgebieden. Op sommige plaatsen zijn schape-rassen aangevoerd die oorspronkelijk uit het buitenland afkomstig zijn (b.v. Moorschnucken in de Grootte Peel).

In de meeste terreinen met heide, stuifzand of jeneverbesstruweel komen tegenwoordig in meer of mindere mate pijpestrootje en/of bochtige smele voor en zijn de omstandigheden minder voedselarm geworden. Daardoor kan men de begrazing ook met runderen of paarden uitvoeren. Op veel plaatsen geven beheerders daaraan zelfs de voorkeur, omdat de grote grazers beter dan schape zijn aangepast aan het opnemen van hoog opgroeiend pijpestrootje. Daarnaast kan men met runderen (jongvee) beter inspelen op het feit dat pijpestro alleen 's zomers opneembaar is. Het ingeschaarde jongvee is in de regel eigendom van derden en behoeft tijdens de graasperiode van mei tot november weinig verzorging. In de winterperiode hoeft de beheerder zich dan evenmin te ontfemen over een eigen veestapel. Het bovenstaande gaat natuurlijk alleen op indien men seizoenbegrazing toepast.

Men moet niet alleen een standpunt innemen ten aanzien van de soort grazer maar ook wat betreft de begrazingsintensiteit; men heeft de keuze tussen begrazing binnen een raster en de hulp van een herder en er moet worden gekozen voor jaarrond- dan wel seizoenbegrazing.

Als richtlijn voor 'gemiddelde' heideterreinen wordt dikwijls 1 schaap per 1-2 ha aangehouden, ofwel 1 stuk jongvee per 5-10 ha. Als doelstelling heeft men daarbij een open landschap voor ogen, met plaats voor een verscheidenheid van karakteristieke planten en dieren. Voor bepaalde diersoorten echter, zoals korhoen en blauwe kiekendief, is een dergelijke intensiteit waarschijnlijk al snel te hoog. Ook heiden die regelmatig door een schaapskudde onder de hoede van een herder begraasd worden, zijn waarschijnlijk minder geschikt als broedterrein voor dergelijke soorten, vanwege de onrust die de kudde veroorzaakt. De onrust wordt nog vergroot door het publiek dat door een schaapskudde wordt agetrokken, althans wanneer dat publiek de heide mag betreden. Voor begrazing door een kudde heideschape met herder komen in verband met de kosten alleen

terreinen van meer dan 500 ha in aanmerking. De kosten zijn immers het laagst, indien de kudde een maximale grootte heeft, dat wil zeggen doorgaans 300-500 dieren. Bij het vaststellen van de gewenste begrazingsdichtheid speelt het uiteraard een rol of het gehele terrein op voedselarme grond ligt en een geringe plantaardige produktie heeft, dan wel op deels minder arme of verrijkte bodems. Gedeelten met dophei — die meestal niet door vee wordt gegeten — en vennen, stuifzanden e.d. vallen af bij het vaststellen van het beschikbare oppervlak voor begrazing.

Zelfs bij zeer extensieve begrazing, waarbij het aantal dieren uiteenloopt van 1 schaap per 2-5 ha of 1 stuk jongvee of 1 pony per 10-25 ha, kan het gewenst zijn tijdelijk en plaatselijk te streven naar overbegrazing. Het is namelijk gebleken dat de kale plekken die dan ontstaan een goede uitgangssituatie zijn voor verjonging van kraaihei, jeneverbes en struikhei, mits daarna de beweidingintensiteit weer tijdig wordt verlaagd. Ook krijgen allerlei pioniervegetaties dan een kans, terwijl waarschijnlijk ook zeldzame soorten zoals wolverlei en kleine schorseneer afhankelijk zijn van een bepaalde mate en vorm van toegevoegde dynamiek in het systeem.

Overheersing van pijpestrootje of bochtige smele kan men in sommige gevallen bestrijden door begrazing. De oorzaak van vergrassing moet dan in niet te sterke mate aanwezig zijn. Omdat begrazing nauwelijks of weinig verschrallend werkt onder de huidige omstandigheden, moet men het selectief graasgedrag benutten als middel tegen vergrassing. Zolang zowel grassen als heide aanwezig zijn, zal het vee de grassen prefereren, zeker in het zomerseizoen. Indien men begrazing hoofdzakelijk inzet als maatregel tegen vergrassing, moet de begrazingsdruk dus zodanig zijn dat de (struik)heide slechts weinig (ten hoogste 40% van de jaarproduktie) wordt geconsumeerd. Komt behalve heide slechts pijpestrootje voor als eetbaar gewas, dan moet men afzien van winterbegrazing. Bochtige smele is het gehele jaar opneembaar en groeit zelfs tijdens zachte perioden in de winter. Wil men de overheersing van deze soort doorbreken door middel van begrazing, dan kan de begrazing dus permanent zijn, zij het dat een verhoogde graasdruk in de zomer sneller tot resultaten leidt.

In aanvulling op begrazing, is het nuttig in vergraste heidepercelen te plaggen, te maaien of te branden. Het verschrallend effect daarvan bevordert het herstel van heide- en stuifzandvegetaties. Omdat ook het begrazingspatroon sterk verandert door deze maatregelen, dient een en ander goed op elkaar te worden afgestemd. Op lange termijn zijn mechanische verschrallingsmaatregelen een absolute voorwaarde om de levensgemeenschappen van zeer voedselarme gronden zonder voldoende uitspoeling te handhaven, ook al worden ze begraasd.

Voor de vegetatie en waterkwaliteit van vennen pakt begrazing vaak negatief uit, vanwege de sterke betreding en de eutrofiërende werking van de mest. Het verdient daarom aanbeveling om de vennen niet in het begrazingsbeheer op te nemen. Indien nodig kunnen er op kleine schaal mogelijkheden worden geschapen om de dieren uit een ven te laten drinken, maar dan bijvoorbeeld niet of zo weinig mogelijk aan die plaatsen langs zandige oevers waar vegetaties uit het oeverkruidverbond verwacht mogen worden.

Plaggen

De laatste jaren wordt plaggen weer op grotere schaal uitgevoerd, in de regel nog gestimuleerd door subsidies (Diemont et al. 1982, Hendriks 1987). De ontwikkeling van een afzetmarkt voor het vrijkomende materiaal vormt echter een groot probleem vanwege het hoge gehalte aan zware metalen (Doelman et al. 1992).

Voor het plaggen op grote schaal zijn machines ontwikkeld waarmee de plagdiepte geregeld kan worden en het microreliëf gedeeltelijk behouden kan blijven. Op de eerste plaats komen in aanmerking eenvormige vegetaties van pijpestrootje of bochtige smele, op plaatsen waar geen snelle hervestiging van deze grassen te verwachten is (Diemont & Linthorst Homan 1989). Ook heidevegetaties die op het punt staan massaal te vergrassen, kan men plaggen. De moeilijkheid daarbij is wel om de kans op massale vergrassing in te schatten. De fase die aan vergrassing voorafgaat, is in principe het rijkst aan soorten planten (vooral mossen en korstmossen) en dieren. Ook indien de door ouderdom, heidehaantje of vorst gedegenerende heide toch op spontane wijze herstelt, ontstaat een veel gevarieerdere levensgemeenschap dan wanneer men een verjongingsmaatregel had genomen. Overigens neemt de kans op herstel via natuurlijke successie gestaag af, gelet op de bestaande eutrofiëring vanuit de lucht.

Plaggen heeft geen zin in droge duinheiden, in overgangsvormen naar stuifzandvegetaties en in kraaiheivegetaties. Plaggen heeft evenmin zin op plaatsen waar pijpestrootjevegetaties meer of minder 'natuurlijk' of althans persistent zijn, zoals sommige afvoerlose laagten of venige gronden met sterk wisselende waterstanden. In vitale, gesloten heidevegetaties kan men eventueel op kleine schaal plaggen om meer milieuvariatie en vestigingsmogelijkheden voor speciale plante- en diersoorten te scheppen. De beste mogelijkheden voor een soortenrijke begroeiing bestaan op lemige en op min of meer permanent vochtige gronden. In het eerste geval gaat het meestal om pleksgewijs afwisselende bodemomstandigheden. Voor een verantwoorde keuze van de plaats is inzicht in de betekenis van vegetatiepatronen nodig, alvorens men tot plaggen kan overgaan.

Vegetaties die op zichzelf waardevol zijn, zoals veenmosrijke dopheivegetaties, komen uiteraard niet voor plaggen in aanmerking. De genoemde vegetaties lijken ook minder gevoelig voor verzuuring door eutrofiëring vanuit de lucht, wel voor verlaging van de waterstand. Indien men snel een heidevegetatie wil krijgen, is het van belang alleen de onverteerde strooisellaag (A0) te verwijderen. Door de humeuze A1-horizont te sparen, heeft de heide een goed kiembed wat betreft de aanwezigheid van zaden (Diemont 1990) en van mycorrhizaschimmels, alsmede wat betreft het vochthoudend vermogen van de grond. Recent is geconstateerd dat de open plekken die overblijven na diep plaggen, na verloop van tijd aanleiding geven tot de vestiging van grassen. Soms vestigen de grassen er zich zelfs sneller dan op plaatsen waar ondiep geplagd is. Onder de huidige omstandigheden moet men in heiden o.a. daarom terughoudend zijn met diep plaggen.

Toch kan plaggen — op kleine schaal — tot op de loodzandlaag zinvol zijn.

Er blijven dan nog lang open plekken bestaan en er ontstaat meer variatie in leeftijd van de struikheide. Bovendien kan er pleksgewijs af- en overstuiving optreden, waardoor vestiging van bepaalde soorten mogelijk wordt, zoals kraaiheide, zandloopkevers, graafwespen en graafbijen. Voor het weer opnieuw tot ontwikkeling brengen van stuifzandmilieus kan men soms zijn aangewezen op verwijdering van de gehele humuslaag. Voordat men tot diep plaggen overgaat, moet men verder bedacht zijn op de eventuele vernietiging van (pre)historische informatie, die opgeslagen kan liggen in de minerale bovengrond (b.v. trekwegen, bewoningsresten).

Richtlijnen voor de praktische uitvoering van het plaggen zijn beschreven in een themanummer van Bosbouwvoorlichting (Van Gelder & Hanekamp 1987). In verband met de fauna is het van groot belang de plagstroken zo smal mogelijk te maken en deze regelmatig te onderbreken. Naarmate de oppervlakte geplagde terreindelen — waar zich nog geen volledige levensgemeenschap heeft kunnen vestigen — procentueel toeneemt, is het belangrijker kleinschalig te werk te gaan (Hanekamp & Beije 1986). Om de fauna enige kans op bescherming te bieden, is het tevens van belang de periode van het plaggen goed te kiezen. Rekening houdend met vogels en reptielen is de periode tussen 15 augustus en 15 oktober het minst schadelijk. Hoeft men alleen rekening te houden met wulpen, grutto's, korhoenders, kiekendieven en andere vogels, dan moet men de werkzaamheden verrichten na juli.

Voor de vegetatie is de periode van plaggen wel van belang, maar alleen in relatie tot het weertype dat na het plaggen optreedt, in verband met de kieming en vestiging van nieuwe planten. Op de desbetreffende termijn is het weer echter niet voorspelbaar. De bestaande plaggemachines werken zodanig dat vrijwel alle kiemkrachtige zaden van pijpestrootje en bochtige smele worden verwijderd. Alleen bij veel wind komt een groter deel van de zaden nog tijdens het plaggen terecht op het behandelde perceel. Mogelijk is dit een oorzaak van soms tegenvallende resultaten.

Het materieel dat betrokken is bij het plaggen, is zwaar. Vooral in duinvaaggronden, veldpodzolgronden en losse holtpodzolgronden ontstaat gemakkelijk bodemverdichting, die niet of nauwelijks herstelbaar is en vaak tot extra vergrassing leidt. Het is daarom belangrijk om zoveel als mogelijk is aangepast materieel te gebruiken (licht gewicht, brede banden) en slip geheel te vermijden. Aan- en afvoer dienen zoveel mogelijk te geschieden via (voormalige) wegen en paden, die met enige moeite bijna overal wel herkenbaar zijn.

In vennen kan plaggen als maatregel tegen gevolgen van eutrofiëring worden gebruikt. Door zorgvuldig afplaggen in de nazomer kunnen pitrusvegetaties worden onderdrukt. Het meeste succes heeft men als de vitaliteit van de pitrus al wat begint af te nemen (ongeveer zes jaar oud). Na het plaggen kunnen de kiemende pitrusplanten worden bestreden door een maaibeheer. Dat heeft alleen zin als de ondergrond niet venig is, want dan kunnen zich de gewenste vegetaties ontwikkelen. Er zijn ook gevallen bekend waar de pitrus binnen redelijke tijd door veenmos werd verdrongen en plaggen niet nodig was. In zandvennen is het soms mogelijk de vette laag organisch materiaal die zich op de bodem

gevormd heeft, met enige voorzichtigheid te verwijderen. Kleinschalig plaggen van oevers van voedselarme vennen bevordert de ontwikkeling van pioniervegetaties met o.a. zonedauwsoorten.

Baggeren

Het geheel of gedeeltelijk verwijderen van organisch materiaal uit vennen is een beheersmaatregel die door de boeren van vroeger vanouds werd toegepast. Als onderhoudsmaatregel gebeurt dit thans niet of nauwelijks meer. Toch moet worden gepoogd hier en daar op kleine schaal in vennen bagger van de kant af met kleine hoeveelheden in handkracht of mechanisch te verwijderen. Zo leidde het experimenteel verwijderen van enkele kubieke meters bagger uit een Veluws ven in 1986 tot een sterke verbetering van de vitaliteit en fertiliteit van de drijvende egelskop enkele jaren later.

Ten behoeve van rigoureuze restauratie van vennen is het totaal uitbaggeren van geëutrofiëerde vennen enkele malen toegepast. De bedoeling was dan de voorraad voedingsstoffen in de baggerlaag te verwijderen, zoals uit enkele Oisterwijkse vennen in 1950 en uit het Beuven in 1986 (Van Dijk et al. 1960, Buskens & Zingstra 1988). Deze projecten zijn uitgevoerd nadat het water uit de vennen gepompt was. In het Beuven was de draagkracht van de venbodem pas tijdens een strenge vorstperiode zodanig dat de bulldozers het slib uit het ven konden verwijderen. Na het uitbaggeren van een geëutrofiëerd ven moeten bufferstoffen worden toegevoerd (zie paragraaf Waterhuishouding), anders treedt verzuring op. Dit is helaas niet gebeurd na het uitbaggeren van de Oisterwijkse Vennen in 1950 (Van Dam & Buskens 1993).

Bij beide genoemde baggerprojecten zijn kleine delen van de vennen niet uitgebaggerd om de zaadbank te sparen. Waarschijnlijk is dit overbodig geweest omdat er in de minerale bodem altijd wel zaden achterblijven. In geëutrofiëerde vennen houden deze zaden, dank zij de zuurstofarme bodem, nog tientallen jaren hun kiemkracht. In de zuurstofrijke bodems van verzuurde vennen is dat waarschijnlijk veel minder het geval.

Voor het opknappen van verzuurde vennen met een potentiële levensgemeenschap van zwak gebufferde wateren is baggeren noodzakelijk, voordat tot buffering door middel van toevoer van relatief kalkrijk water wordt overgegaan. Indien het baggeren achterwege wordt gelaten, zullen bij een hogere pH de organische verbindingen uit het sediment gaan mineraliseren. De vrijkomende voedingsstoffen (stikstof- en fosforverbindingen) veroorzaken dan ongewenste eutrofiëring. Indien bufferen achterwege blijft, heeft baggeren geen zin: het ven blijft dan verzuurd.

In vennen met (potentiële) kwel van grondwater kan het verwijderen van de organische bodemlaag, die vaak wat minder goed doordringbaar is voor water, de kwelstroom vergroten. Omdat het kwelwater meestal beter gebufferd is dan het regenwater, kan deze maatregel de verzuring enigszins tegengaan.

Uit onderzoek naar het gehalte van zware metalen in de specie van het Beuven bleek de cadmiumconcentratie de A-waarde van de Interimwet Bodemsa-

nering te overschrijden. Hierdoor, en door het lage organische-stofgehalte, kon het slib niet verder worden gebruikt en moest het in depot worden gezet. Dergelijke problemen zijn bij toekomstige restauratieprojecten in toenemende mate te verwachten.

Schonen en schaven

In Oeverkruid-vennen zijn het schonen (verwijderen van de moslaag) en schaven (afschrapen van organisch materiaal), vaak in combinatie met plaggen van de oeverzones, mogelijkheden om weer een minerale bodem te verkrijgen. Op die manier heeft men de waterlobelia nog op enkele plaatsen weten te behouden (Arts et al. 1988). Het om de paar jaar verwijderen van de moslaag in verzuurde vennen is noodzakelijk voor het voortbestaan van oeverkruid.

Maaien (inclusief afvoeren)

De werking van maaien als natuurbeheersmaatregel bestaat evenals de andere maatregelen voornamelijk uit de afvoer van organisch materiaal en van nutriënten. Aangezien de natuurwaarden van de hier besproken terreintypen tot ontwikkeling komen in tamelijk lange successiereksen, dient niet al te vaak worden ingegrepen. In heide moet men daarbij denken aan niet vaker dan een maal per ca. zeven tot vijftien jaar, afhankelijk van de ontwikkelingssnelheid van het heidetype. Een dergelijke maaifrequentie biedt onder de huidige omstandigheden echter onvoldoende soelaas om stikstof af te voeren. Maaien is in deze levensgemeenschappen daarom in het algemeen geen erg effectieve maatregel. In sommige situaties kan maaien overwogen worden. Zo past men het wel toe als tussentijdse maatregel, om de tijd tussen twee dure en nog ingrijpender plagbeurten te verlengen. Indien men maait om vitale heideplanten te behouden, vermindert men — althans in droge hei — de kans op vergrassing. Dit levert weliswaar mooi paarse, maar eenvormige en gesloten heidevegetaties op, die geen optimale soortenrijkdom bereiken. Een apart geval betreft heide die massaal dreigt te worden aangetast of reeds is aangetast door de heidekever. Door te maaien tijdens de plaag in de maand juli doodt men vele larven; doet men dit na de plaag maar voor het daaropvolgende voorjaar, dan voorkomt men voor een deel dat zeer zwaar aangetaste hei volledig afsterft. Aangezien men de oorzaak niet wegneemt, is maaien een wankele manier om met heidekeverplagen om te gaan.

In vochtige heiden die door dophei gedomineerd worden, heeft het nooit zin om naar vitale vegetaties te streven, omdat de vergrassing daar geheel bepaald wordt door het nutriëntenaanbod. In hoge, dichte en soortenarme dopheivegetaties kan men wel een toename van het aantal soorten bevorderen door te maaien.

In de praktijk wordt maaien ook wel gecombineerd met begrazen, om het graaspatroon te beïnvloeden. Het gemaaide gedeelte zal gedurende de eerstvolgende jaren intensiever dan voorheen door de schapen, koeien of paarden bezocht worden (ten koste van andere terreindelen).

Vaak tracht men bij het maaien eventueel voorkomende jonge jeneverbesplanten te sparen, omdat deze zeldzaam zijn en niet weer opnieuw uitlopen. Ook kraaihei overleeft een maaibeurt meestal niet. Als de heide geheel door grassen is vervangen, krijgt men meestal geen heide terug door alleen te maaien. Voor de regeneratie van heide is het o.a. essentieel dat de strooisellaag verdwijnt. Behalve door te plaggen, kan dat door te harken, te branden of te begrazen. In combinatie met harken of branden zal men daarna enkele jaren achtereenvolgend moeten blijven maaien, om de heideontwikkeling van de grond te krijgen.

In verband met de broedtijd van vogels, de actieve periode van reptielen en de bloeitijd van struikhei, is de beste tijd voor het maaien van heide tussen 1 november en 15 maart. Sterk vergraste heide moet gemaaid worden tussen 1 augustus en 15 september, als de hoeveelheid nutriënten in de bovengrondse delen het grootst is. Omdat gemaaide percelen tenminste enkele jaren minder geschikt blijven voor verschillende diersoorten, is het van belang de schaal van de behandelde oppervlakte aan te passen aan de totale oppervlakte van het desbetreffende habitat en de te maaien percelen niet groter te maken dan enkele hectaren. Maaien zonder afvoer van maaisel, zoals dat o.a. gebeurt met de slag- of klepelmaaier, is sterk af te raden.

In vennen wordt maaien niet vaak toegepast. Langs venoevers worden soms kiemende planten van pitrus gemaaid. In enkele Oisterwijkse vennen is in de jaren zestig de groei van riet en biezen tegengegaan door maaien.

Branden

Branden wordt vanouds toegepast om oude heidevegetaties te verjongen door vorming van nieuwe loten vanuit basale stamdelen. Het is daarbij van belang dat het vuur geen grote hitte ontwikkelt. Bovendien tracht men op deze wijze de fauna zoveel mogelijk te beschermen. De periode die dan moet worden gekozen, ligt voor half maart als de bodem nog goed vochtig is en de fauna voor het merendeel in winterrust verkeert. Men kiest dagen met droog weer en weinig wind. Branden kan ook in het najaar gebeuren onder niet te droge omstandigheden, maar is dan waarschijnlijk schadelijker voor de fauna dan in het voorjaar. Na het branden zijn de milieuomstandigheden voor de fauna overigens zo sterk veranderd, dat er een geheel andere samengestelde en doorgaans veel minder soortenrijke fauna optreedt (Mabelis 1976).

Problematisch in de Nederlandse heide is tegenwoordig de ophoping van stikstof. Branden is in principe een selectieve methode voor de verwijdering van stikstof, omdat juist van dit element aanzienlijke hoeveelheden uit het systeem verdwijnen via de rookgassen. Een oppervlakkige brand vroeg in het seizoen zorgt voor een slechts geringe verschraling. Vanwege de direct beschikbare mineralen in de as zoals fosfor kan gedurende korte tijd zelfs sprake zijn van een hoger voedselaanbod waardoor grassoorten — indien deze tevoren aanwezig waren — zich tijdelijk of permanent kunnen uitbreiden. Met een brand in een droge periode in de zomer verdwijnt veel meer stikstof en organische stof. Voor het grootste deel verdwijnt de stikstof in de atmosfeer, voor een kleiner deel

percoleert deze gedurende de daaropvolgende herfst en winter in de bodem, de periode waarin de vegetatie in rust is. Bij de gangbare podzolgronden is aangetoond dat van daadwerkelijke uitspoeling nauwelijks sprake is; op voormalige stuifzandbodems en op zeer grove zanden ligt dit vermoedelijk anders. Met name op deze plaatsen kan men branden dus serieus overwegen (zie ook hoofdstuk 3 Beheer, paragraaf Beheersmaatregelen). Een andere voorwaarde is dat pijpestro of bochtige smele niet op of in de buurt van de te branden plekken aanwezig is. Na branden in de zomer zal de heide zich mede m.b.v. zaailingen opnieuw moeten vestigen. Omdat de effecten op vooral de fauna even desastreus zijn als van plaggen, is het zeer belangrijk kleinschalig te werk te gaan, en brandplekken af te wisselen met een meervoudige oppervlakte oude heide. Verwijdering van strooisel door brand op plaatsen met podzolgronden en waar mechanische verwijdering problemen oplevert (b.v. in verband met bodemverdichting of microreliëf), verdient nadere studie. Het branden van natte heide heeft altijd grote risico's. Op venige of sterk humeuze, natte bodems kan brand gemakkelijk tot onomkeerbare veranderingen leiden, met als gevolg een invasie van pijpestroetje. Andere soorten, waaronder veenmos, blad- en levermossen, kunnen door brand langdurig afwezig blijven of voorgoed verdwijnen.

Bij het branden dienen uitgebreide voorzorgsmaatregelen te worden getroffen en ook dan dient het onder voortdurende controle van brandweerdkundigen te gebeuren. Brandbeveiligingsstroken dienen bij voorkeur te worden gemaakt door middel van maaien en afvoer of verbranding van het maaisel. Fraisen wordt sterk afgeraden omdat dan een kiembed ontstaat voor boomzaden en grassen, en omdat het heideprofiel dan wordt vernield.

Ontwikkelingsbeheer van vergraste heide

De instandhouding van heide geeft problemen. Zoals eerder is geschetst, zijn deze niet onoplosbaar, maar desondanks overwegen beheerders op sommige plaatsen alternatieve beheersdoelstellingen voor (voormalige) heideterreinen, voornamelijk om financiële redenen. Als regel gaan daarbij de gedachten uit naar landschappen met een zekere mate van openheid en met een (niet gedefinieerde) afwisseling van plante- en diersoorten, die gereguleerd worden door de aanwezigheid van grote grazers. Een en ander is uitgebreid beschreven in het rapport De heide heeft toekomst! van de Werkgroep Heidebehoud en Heidebeheer (1988). De ten doel gestelde levensgemeenschappen zijn zeer afhankelijk van de lokale situatie en dikwijls moeilijk voorspelbaar. Dit wordt veroorzaakt door de geringe ervaring die bestaat met vergraste heide in relatie tot langdurige begrazing en tot de toekomstige atmosferische depositie. Zeer recente ontwikkelingen zoals massale verbraming en aantasting van bochtige smele door de grasuil *Cerapterix graminis* zijn als zodanig niet geheel onverwacht, maar leveren nog wel vraagtekens op over bijvoorbeeld locatie, frequentie, duur en effecten op andere soorten.

Indien men overgaat tot een beheer dat alleen bestaat uit begrazing, is het de vraag hoeveel heide zich op lange termijn zal handhaven. Wat dit betreft zijn de

voorzichten het best voor de meeste duinheiden, veenmosrijke heide op permanent natte plekken, heide op grofzandige bodems en heide als tussenstadium op vastgelegd stuifzand. Voor de overige situaties is het bij de huidige depositie van stikstof niet mogelijk met een beheer van uitsluitend begrazen op de lange duur de heide als dominante soort te handhaven.

Bekalken

In het voorgaande is al gesproken over buffering van verzuurde wateren door toevoer van relatief kalkrijk grond- of oppervlaktewater. Vooralsnog zijn dat de minst slechte maatregelen voor het tegengaan van verzuring. Buffering door middel van watertoevoer is niet altijd mogelijk. Daarom zijn experimenten verricht met het strooien van gemalen mergel (korrelgrootte kleiner dan 3 mm, 0,1-0,2 kg mergel per m³ water in het vroege voorjaar of in de zomer) in enkele vennen (Bellemakers et al. 1990, 1991). Het blijkt dat de pH hierdoor binnen een maand kan stijgen van 4 tot 6. Als in de zomer het ven droogvalt, is de pH in het najaar al weer laag en dient in het volgend voorjaar herbekalking plaats te vinden. Ook bij niet-droogvallen dalen de pH en alkaliniteit weer snel. Als bijverschijnselen kunnen interne eutrofiëring, door mineralisatie van organisch materiaal, en sterke woekering van knolrus plaatsvinden, door vorming van kooldioxide na bekalking (Cals et al. 1993).

In het algemeen moet directe bekalking van vennen daarom worden afgeraden, behalve in heel specifieke gevallen. Zo werd in de experimenten van Bellemakers et al. (1991) een sterke afname gevonden van het beschimmelingspercentage van eieren van de heikikker door het bekalken van verzuurde vennetjes, die minder dan een halve meter diep waren. De bedoeling hiervan is om het uitsterven van de lokale populatie van de heikikker te voorkomen of tenminste te vertragen, in afwachting van minder zure tijden.

Bestrijding van kokmeeuwen

Kokmeeuwen zijn een fraaie stoffering van een ven. Ze zijn echter het gevolg van eutrofiëring van de omgeving en veranderen het ven grondig. Soms komen er ook andere vogels bij, zoals de geoorde fuut. Men loopt grote kans deze te verliezen als men de kokmeeuwen verjaagt. In zulke gevallen is het raadzaam om een zeker aantal meeuwen te handhaven en alleen uitbreiding op voorzichtige wijze tegen te gaan. Als herstel van de toestand voordat de meeuwen er waren wordt nagestreefd, zullen ze alle moeten worden verwijderd en vervolgens dient de voedselrijke baggerlaag te worden verwijderd. Het is echter niet vaak mogelijk om die oude toestand terug te krijgen, omdat na uitvoering van deze maatregelen in veel gevallen verzuring zal gaan optreden.

De meest effectieve methode voor het bestrijden van kokmeeuwen is het verwijderen van de eieren. De meeste meeuwen beginnen ongeveer tegelijk met broeden en de broedtijd bedraagt 23 dagen. De eerste eieren kunnen het beste aan het einde van de legperiode worden geraapt. De meeuwen leggen dan

opnieuw. De volgende actie kan dan na drie weken plaatsvinden. In verband met het risico van botulisme dienen de eieren niet ter plekke te worden vernietigd. Zulke acties hebben het meeste succes als er binnen een straal van 20-30 km alternatieve broedplaatsen voorhanden zijn. Op den duur is het verminderen van het voedselaanbod in de omgeving, o.a. door het verwijderen en afdekken van vuilstortplaatsen, de enige afdoende bestrijding van kokmeeuwenkolonies.

Het doen ontstaan van stuifzand, heide en vennen

Er zijn situaties waarbij gronden een andere bestemming krijgen en men deze wil gebruiken om de genoemde typen van levensgemeenschappen te ontwikkelen. De daarbij toe te passen 'natuurtechnische milieubouw' schept alleen mogelijkheden voor pioniergemeenschappen, d.w.z. stuifzand, jeneverbesstruwelen en slechts sommige gemeenschappen van heide en vennen. Al naargelang de Ausgangssituatie zijn er verschillende maatregelen toe te passen. Ze worden hieronder nader besproken. Er wordt steeds uitgegaan van spontane vestiging van organismen, tenzij anders vermeld.

Voormalige zandverstuivingen

In principe is het mogelijk een stuifzand te scheppen dat zichzelf in stand houdt. In de praktijk komen daarvoor alleen grote, voormalige stuifzandgebieden in aanmerking, die thans bebost zijn. Ze zouden daartoe ontbost moeten worden en voor een groot deel van de strooisel- en humuslaag ontdaan. In verband met de herplantplicht is dit alleen mogelijk als elders een even groot areaal bebost wordt.

Hoewel het op kleine schaal niet mogelijk is een stuifzand te scheppen dat zelf de karakteristieke verscheidenheid van reliëf kan opbouwen, is het wel mogelijk om plaatselijk verstuivingen op gang te brengen of te laten voortbestaan. Dit kan gebeuren door het openkappen van nog enigszins actieve stuifzanden. Het is nog niet zeker of daar dan ook de latere successiestadia een kans krijgen zich te ontwikkelen.

Voormalige landbouwgrond

Omvorming van akkers en graslanden tot heide is alleen mogelijk als deze op van nature voedselarme zandgrond liggen. De door de landbouw toegevoegde voedingsstoffen moeten verdwijnen tot het laagst mogelijke niveau. Het voedingsstoffenniveau in de huidige landbouwgronden, samen met de huidige atmosferische depositie, is zo hoog dat waarschijnlijk in alle gevallen de bouwvoor geheel of gedeeltelijk moet worden verwijderd om een meer of minder zuivere heide te krijgen. Het is niet nodig de ruimtelijke schaal van het afgraven te beperken, zoals dat eerder is geadviseerd bij het plaggen van bestaande heidevelden. Op droge gronden is het ook mogelijk de bovenlagen onder te ploegen, zodat voedselarme ondergrond bovenkomt. Bij beide methoden moet

men overwegen of het verantwoord is het bodemprofiel te verstoren. Er kunnen bijvoorbeeld cultuurhistorisch interessante, humeuze plaggegronden aanwezig zijn, of gave profielen die dateren uit de tijd voor het landbouwkundig gebruik.

Kiest men voor minder rigoureuze maatregelen om voormalige landbouwgronden om te vormen tot open natuurterrein, dan behoren alleen grazige, eventueel heischrale vegetaties tot de mogelijkheden. Deze zijn overigens ook zeer te waarderen. Natuurtechnisch verdient een langzame omvorming (verschraling) de voorkeur. Akkers zouden eerst door het telen van een productief gewas zonder bemesting kunnen worden uitgeput voordat men deze op andere wijze gaat verschralen. Graslanden die jarenlang zwaar bemest zijn, kunnen aanvankelijk het best worden gemaaid; plaggen is nog beter. Grote, aaneengesloten oppervlakten van akkers en/of graslanden komen daarna in aanmerking voor begrazing, hetgeen kan leiden tot een meer gevarieerde vegetatie dan bij maaien.

De begrazingsintensiteit moet in de loop van de tijd afnemen, naarmate ook de plantaardige productie afneemt. Heischraal grasland heeft alleen kans zich te ontwikkelen op plaatsen waar de primaire produktie jaarlijks geheel verdwijnt door vraat en door mineralisatie, die sterk wordt bevorderd door de betreding. Wil heischraal grasland zich over een groter deel van het terrein kunnen ontwikkelen en vindt er jaarrondbegrazing plaats, dan is het meestal nodig het aantal dieren in de zomer op te voeren. Bestaat het verschralingsbeheer uit maaien, dan is er ook vaak sprake van ophoping van organisch materiaal door hergroei van grassen in nazomer en herfst. Het is gewenst dan na te beweiden. Als een klein schraal terrein tegelijk met een groter en minder schraal terrein wordt begraaasd, kan eutrofiëring van het eerste worden verwacht. Aanbevolen wordt het minder schrale terrein dan intensiever te verschralen of het schrale terrein tijdelijk uit te rasteren.

Door het opzetten van de waterstand in natuurlijke laagten, bijvoorbeeld door het afdammen van sloten, kunnen venachtige wateren worden gecreëerd in voormalige landbouwgebieden. Buys et al. (1991) beschrijven hoe in een dergelijk gebied de omstandigheden geschikt werden gemaakt voor soorten uit het verbond van waternavel en stijve moerasweegbree.

Kap- en stormvlakten

Kap- en stormvlakten moeten een flinke oppervlakte beslaan om tot heide omgevormd en als zodanig beheerd te worden. Zij zullen sneller tot heide regenereren, naarmate de strooisellaag dunner en de bodem voedselarm en droger is. Zijn de omstandigheden in dit opzicht minder gunstig, dan is afvoer van het strooisel een eerste vereiste. Takken dienen zo mogelijk vooraf verwijderd te worden. Verstoring van het bodemprofiel moet zo beperkt mogelijk blijven. Zowel voor de vestiging van de heide als ter voorkoming van massale opslag van houtsoorten is het gewenst om als uitgangssituatie een voedsel- en strooiselarme bodem te hebben. Bij de omvorming tot heide is in veel gevallen begrazing noodzakelijk.

Literatuur

- Arts, G.H.P. 1987. Geschiedenis van de verzuring van zwak gebufferde wateren in Nederland onder invloed van atmosferische depositie. Dutch Priority Programme on Acidification 28-01. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. 51 p.
- Arts, G.H.P. 1990. Deterioration of Atlantic soft-water systems and their flora, a historical account. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 197 p.
- Arts, G.H.P., T.C.M. Brock, F.H.J.L. Bloemendaal & J.G.M. Roelofs 1988. Beheer. In: F.H.J.L. Bloemendaal & J.G.M. Roelofs (red.), Waterplanten en waterkwaliteit. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht. p. 177-188.
- Arts, G.H.P., H. van Dam & R.F.M. Buskens 1992. Mogelijkheden voor herstel van acht vennen en vijvers op de Utrechtse Heuvelrug. Grontmij, Nieuwegein; Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Leersum. 65 p. + bijlagen.
- Barkman, J.J. 1992. Plant communities and synecology of bogs and heath pools in The Netherlands. In: J.T.A. Verhoeven (ed.), Fens and bogs in The Netherlands: vegetation, nutrient dynamics and conservation. Kluwer, Dordrecht. p. 173-235.
- Bekhuis, J., R. Bijlsma, A. van Dijk, F. Hustings, R. Lensink & F. Saris (red.) 1987. Atlas van de Nederlandse vogels. SOVON, Arnhem. 595 p.
- Bellemakers, M.J.S., M. Maessen & G.M. Verheggen 1990. Restauratie van verzuurde en geëutrofiëerde zwak gebufferde ondiepe oppervlaktewateren: mogelijkheden tot herstel. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. 96 p.
- Bellemakers, M.J.S., H. van Dam & A.J.M. Roozen 1991. Kan de heikikker worden behouden door bekalking van heidevennen? De Levende Natuur 92: 228-232.
- Biere, A., W. Joenje, E. Oosterveld & P. Schipper 1983. Zijn vennen eilanden? Mededelingen Werkgemeenschap Landschapsecologisch Onderzoek 10: 190-196.
- Buskens, R.F.M. & H.L. Zingstra 1988. Beuven: verwording en herstel. De Levende Natuur 89: 34-43.
- Buys, J., J. Hermans, S. Jansen & W. Jansen 1991. De Bergerheide, meer dan zand alleen. Natuurhistorisch Maandblad 79: 241-263.
- Cals, M.J.R. & J.G.M. Roelofs 1990. Prae-advies effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. 30 p.
- Cals, M.J.R., J.G.M. Roelofs, M.J.S. Bellemakers, M.M. Maessen, M.C.C. de Graaf & P.J.M. Verbeek 1992. Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren en heide- en schraallanden: interimrapport 1991. Vakgroep Aquatische Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. 45 p.
- Cals, M.J.R., M.J.S. Bellemakers, M. Maessen & J.G.M. Roelofs 1993. Voorwaarden en perspectieven voor herstel van verzuurde en geëutrofiëerde oppervlaktewateren. In: M. Cals, M. de Graaf & J. Roelofs (red.), Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in natuurterreinen. Symposium 30 oktober 1992. Vakgroep Oecologie Katholieke Universiteit Nijmegen. Directie NBLF Ministerie van LNV. p. 31-62.
- Coesel, P.F.M. 1975. The relevance of desmids in the biological typology and evaluation of freshwaters. Hydrobiological Bulletin 9: 93-101.
- Coesel, P.F.M. 1983. The significance of desmids as indicators of the trophic status of

- freshwaters. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 45: 388-393.
- CUWVO 1988. Ecologische normdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, Werkgroep V-1. 154 p.
- Dam, H. van 1987. Verzuring van vennen: een tijdsverschijnsel. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen. 175 p.
- Dam, H. van, B. van Geel, A. van der Wijk, & M.D. Dickman 1988. Beheer van vennen in historisch perspectief. De Levende Natuur 89: 66-73.
- Dam, H. van & A. Mertens 1990. Lange-termijnonderzoek naar verzuring van vennen. De Levende Natuur 91: 184-192.
- Dam, H. van & G.H.P. Arts 1993. Ecologische veranderingen in Drentse vennen sinds 1900 door menselijke beïnvloeding en beheer. Rapport Grontmij Advies en Techniek bv en Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek in opdracht van Provincie Drenthe en Zuiveringschap Drenthe, Assen. 144 p.
- Dam, H. van & R. Buskens 1993. Ecology and management of moorland pools: balancing acidification and eutrophication. Hydrobiologia 265: 225-263.
- Diemont, W.H. 1990. Seedling emergence after sod cutting in grass heath. Journal of Vegetation Science 1: 129-132.
- Diemont, W.H., F.G. Blanckenborg & H. Kampf (red.) 1982. Blij op de hei?: innovaties in het heidebeheer. Werkgroep Verwerking en Afzet van Heideplaggen. Staatsbosbeheer, Utrecht. 135 p.
- Diemont, W.H. & H.D.M. Linthorst Homan 1989. Re-establishment of dominance by dwarf shrubs on grass heath. Vegetatio 85: 13-19.
- Dirx, G.H.P., P.W.F.M. Hommel & J.A.J. Vervloet 1992. Historische ecologie: een overzicht van de achtergronden en mogelijke toepassingen in Nederland. Landschap 9: 39-51.
- Dobben, H.F. van 1990. Effectgerichte maatregelen voor heide en vennen. In: M. Bovenkerk, A.H.M. Bresser & J. van Ham (red.), Verzuring: nationaal symposium over de resultaten uit het verzuringsonderzoek en de op grond daarvan voorgestelde maatregelen. Kluwer, Deventer. p. 43-46.
- Dobben, H.F. van 1991. Effects on heathland. In: G.J. Heij & T. Schneider (red.), Acidification research in The Netherlands: final report of the Dutch Priority Programme on Acidification. Elsevier, Amsterdam. p. 465-523.
- Doelman, P. 1991. De chemische kwaliteit van de Nederlandse heide. Rapport F2646-72-001. DHV, Amersfoort.
- Doelman, P., H. Kampf & J.J.C. Karres 1992. Zware metalen op de heide: problemen en perspectieven. Bosbouwvoorlichting 31, 4: 40-42.
- Dijk, H. van & J. Roelofs 1988. Critical loads for nitrogen on natural vegetation. In: J. Nilsson & P. Grennfelt (eds.), Critical loads for sulphur and nitrogen. Miljorapport 1988-15. Nordic Council of Ministers, Copenhagen. p. 313-318.
- Dijk, J. van, F. de Graaf, W. Graafland, A.A. de Groot, J. Heimans, J.T. Koster, A.P.C. de Vos, H.F. de Vries, A. van der Werff & V. Westhoff 1960. Hydrobiologie van de Oisterwijkse Vennen. Hydrobiologische Vereniging, Amsterdam. 90 p.
- Erisman, J.W. 1992. Atmospheric deposition of acidifying compounds in The Netherlands. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht. 155 p.
- Frantzen, A.J. (red.) 1985. Chemical composition of precipitation over The Netherlands: annual report 1983. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven. 119 p.

- Frantzen, A.J. (red.) 1986. Chemische samenstelling van de neerslag over Nederland: jaarrapport 1984. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven. 126 p.
- Gelder, T. van & G. Hanekamp 1987. Richtlijnen voor het plaggen. Bosbouwvoorlichting 26, 5: 61-67.
- Gilbert, O.L. 1980. Juniper in Upper Teesdale. Journal of Ecology 68: 1013-1024.
- Gimingham, C.H. 1972. Ecology of heathlands. Chapman and Hall, Londen. 266 p.
- Hanekamp, G. & H.M. Beije 1986. Natuurwetenschappelijke aspecten van het machinaal plaggen van heide. RIN-rapport 86/16. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 36 p.
- Hendriks, J.L.J. (red.) 1987. Themanummer over het machinaal plaggen van heide. Bosbouwvoorlichting 26, 5.
- Leentvaar, P. 1967. Observations in guanotrophic environments. Hydrobiologia 29: 441-489.
- Leuven, R.S.E.W. 1988. Impact of acidification on aquatic ecosystems in The Netherlands with emphasis on structural and functional changes. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 181 p.
- Mabelis, A.A. 1976. Invloed van maaien, branden en grazen op de mierenfauna van de Strabrechtse heide. RIN-rapport. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 26 p.
- Mourik, J.M. van 1988. De ontwikkeling van een stuifzandgebied. In: J.M. van Mourik (red.), Landschap in beweging. Nederlandse Geografische Studies 74: 5-42.
- Munckhof, P. van den 1988. Het beheer van zwak gebufferde wateren in Nederland, van 1850 tot heden. Verslag 245. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. 217 p.
- Opdam, P. & V. Retel Helmrich 1982. De vogelgemeenschappen van de Nederlandse heidevelden. RIN-rapport 82/4. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 84 p.
- Quené-Boterenbrood, A.J. 1988. Veranderingen in de flora van 17 overwegend droge natuurgebieden met verschillende ammoniakemissies in Nederland. Rapport 1988-11. Staatsbosbeheer, Utrecht. 243 p.
- Redeke, H.C. 1948. Hydrobiologie van Nederland: de zoete wateren. De Boer, Amsterdam. 580 p.
- Roelofs, J. 1988. Critical loads for nitrogen. In: J. Nilsson & P. Grennfelt (eds.), Critical loads for sulphur and nitrogen. Miljorapport 1988-15. Nordic Council of Ministers, Copenhagen. p. 319.
- Schaminée, J.H.J. 1988. Plantengemeenschappen van Nederland. 1. Littorelletea. Intern rapport 88/37. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 33 p.
- Schaminée, J.H.J. 1994. Plantengemeenschappen van Nederland. 10. Scheuchzerieta. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. Wageningen. 38 p.
- Schaminée, J.H.J., E.X. Maier & J.C. van Raam 1988. Plantengemeenschappen van Nederland. 3. Charetea fragilis. Intern rapport 88/80. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 29 p.
- Schaminée, J.H.J., V. Westhoff & G.H.P. Arts 1992. Die Strandlingsgesellschaften (Littorelletea Br.-Bl. et Tx. 43) der Niederlande, in europäischem Rahmen gefasst. Phytocoenologia 20: 529-588.
- Schneider, T. & A.H.M. Bresser (red.) 1988. Evaluatierapport verzuring. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven. 190 p.
- Schroevers, P.J. 1988. Pleistocene wateren en duinmeren. In: W.J. Wolff (red.), De internationale betekenis van de Nederlandse natuur. RIN-rapport 88/32. Rijksinstituut

- voor Natuurbeheer, Leersum. p. 107-111.
- Schuurkes, J.A.A.R. 1987. Acidification of surface waters by atmospheric deposition with emphasis on chemical processes and effects on vegetation. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 160 p.
- Schuurkes, J.A.A.R. & P. Starms 1987. Effecten van verzuring op het voorkomen van watervogels in kalkarme oppervlaktewateren. *Het Vogeljaar* 35: 57-64.
- Smidt, J.T. de 1981. De Nederlandse heidevegetaties. Wetenschappelijke mededeling 144. KNNV, Hoogwoud. 87 p.
- Stockman, G.L. 1982. Resultaten van een populatieoecologisch (demografisch) onderzoek van de jeneverbes op enkele terreinen in Drente en Overijssel. Doctoraal verslag. Landbouwniversiteit, Wageningen.
- Stoutjesdijk, P. 1959. Heaths and inland dunes of the Veluwe. Proefschrift Utrecht. North Holland Publishing Company, Amsterdam. 96 p.
- Srijbosch, H. 1976. Een vergelijkend syntaxonomische en synoecologische studie in de Overasseltse en Hatertse Vennen bij Nijmegen. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. 335 p.
- Vahle, H.C. 1990. Grundlagen zum Schutz der Vegetation oligotropher Stillgewässer in Nordwestdeutschland. *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen* 22: 1-159.
- Verdonschot, P.F.M. 1990. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel: het netwerk van cenotypen als instrument voor ecologisch beheer, inrichting en beoordeling van oppervlaktewateren. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum; Provincie Overijssel, Zwolle. 301 p.
- Verkaar, H.J.P.A., L. van Duuren & J.H.J. Schaminée 1992. De internationale betekenis van Nederland voor hogere planten op grond van biogeografische gegevens. *De Levende Natuur* 93: 34-39.
- Verstegen, M.A.J.M., H. Siepel, A.H.P. Stumpel & H.A.H. Wijnhoven 1992. Heide en heidefauna: indicaties voor het beheer. RIN-rapport 92/26. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem. 112 p.
- Werkgroep Heidebehoud en Heidebeheer 1988. De heide heeft toekomst! Staatsbosbeheer, Utrecht. 135 p.
- Westhoff, V. & A.J. den Held 1969. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme, Zutphen. 324 p.