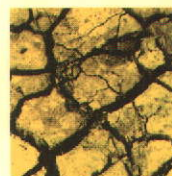


Herstel van natte en vochtige ecosystemen

Handboek

J. Runhaar
C. Maas
A.F.M. Meuleman
L.M.L. Zonneveld



Nationaal Onderzoeksprogramma

Verdroging

Herstel van natte en vochtige ecosystemen

Deze uitgave werd gefinancierd door het:

Nationaal Onderzoekprogramma Verdroging (NOV) en het
Onderzoekprogramma der Nederlandse waterleidingbedrijven.

Herstel van natte en vochtige ecosystemen

Handboek

J. Runhaar
C. Maas
A.F.M. Meuleman
L.M.L. Zonneveld



Vereniging
Natuurmonumenten



ALTERRA

RESEARCH INSTITUUT VOOR DE GROENE RUIMTE



CML

NOV-rapport nummer 9-2

RIZA, Lelystad, maart 2000

Colofon

Eindredactie,
vormgeving en
productie: afdeling Vormgeving en Redactie, Alterra, Wageningen.
druk: Grafisch Service Centrum Van Gils B.V. Wageningen, 2000

Samenstelling begeleidingscommissie NOV

voorzitter:	ing. G.P. Beugelink	RIVM
leden:	dr. G. van Wirdum	IBN-DLO
	drs. M. Lucas	Provincie Noord-Holland
	ir. N.G.J. Straathof	Natuurmonumenten
	drs. R. van Ek	RIZA

Bestellingen (telefonisch of schriftelijk, onder vermelding van het ISBN) richten aan:
Cabri Mail Service Postbus 431, 8200 AK Lelystad, tel: 0320-285333, fax: 0320-241121, e-mail:
riza@cabri.nl, kostprijs Fl. 25,-, incl. BTW en verzendkosten.

ISBN 90 36 95 28 08

© Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterverwerking (RIZA), Lelystad, 2000.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, langs digitale weg of welke andere wijze ook, zonder uitdrukkelijke bronvermelding.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	7
1. Inleiding	9
1.1 Verdroging en herstel van natuurgebieden in Nederland	10
1.2 Doel van het handboek	10
1.3 Opzet handboek	11
2. Processen die een rol spelen bij verdroging en vernatting	12
2.1 Invloed van de hydrologie op standplaats en vegetatie	12
2.2 Grondwaterstandsaling	15
2.3 Wegvallen kwel	18
2.4 Inlaat water	21
2.5 Wegvallen inundaties	22
2.6 Veranderingen in structuur en aard organisch materiaal	23
3. Biotisch herstel	25
3.1 Inleiding	25
3.2 Zaadbanken	25
3.3 Verspreiding van soorten	27
3.4 Kansrijkdom biotisch herstel	29
4. Probleemanalyse	33
4.1 Inleiding	33
4.2 Overzicht verdrogingsproblemen per type gebied	34
4.3 De analyse	48
5. Keuze herstelmaatregelen	56
5.1 Inleiding	56
5.2 Verhoging van de grondwaterstand	59
5.3 Buffering van de zuurgraad van de bodem	62
5.4 Verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit	64
5.5 Herstel van de veengroei	64
5.6 Aanvullende herstelmaatregelen	65
6. Maatregelen gericht op verhoging grondwaterstand en stijghoogte	67
6.1 Inleiding	67
6.2 Verdampingsreductie door omzetting bos	67
6.3 Kwelschermen in de overgang van duin naar polder	70

6.4 Dichten van greppels	75
6.5 Effect van peilbeheer	76
6.6 Hydrologische bufferzones	80
6.7 Hoogwaterzones	82
6.8 Vermindering van freatische grondwaterwinningen	88
7. Maatregelen gericht op verbetering van de waterkwaliteit	91
7.1 Probleemstelling	91
7.2 Oppervlakkige toevoer van grondwater	91
7.3 Toevoer van oppervlaktewater	91
7.4 Verlenging van aanvoerroutes	92
7.5 Zuiveringsmoerassen	94
7.6 Chemische defosfatering	97
8. Beheer- en inrichtingsmaatregelen voor herstel	99
8.1 Probleemstelling	99
8.2 Plaggen	99
8.3 Begreppeling in kwelgebieden	101
8.4 Grootschalig afgraven van maaiveld	103
8.5 Schonen van vennen	103
8.6 Bekalking	105
9. Monitoring	106
9.1 Inleiding	106
9.2 Doel en opzet van een monitoringsprogramma	107
9.3 Keuze van meetvariabelen	109
9.4 Budget	112
9.5 Interpretatie van de gegevens	112
9.6 Conclusies	113
Bijlage. Te monitoren variabelen	115
Literatuur	121

Woord vooraf

Een groot deel van de botanische soortenrijkdom in Nederland is te vinden in de natte en vochtige ecosystemen. Gedurende de laatste decennia is er een sterke achteruitgang opgetreden in zowel de omvang als de kwaliteit van dit type ecosystemen. Een belangrijke oorzaak voor de achteruitgang van de botanische kwaliteit is ongetwijfeld 'verdroging', de verzamelterm voor de achteruitgang van de natuur als gevolg van menselijke ingrepen in de waterhuishouding. Tot op rijksniveau zijn doelstellingen geformuleerd gericht op het terugdringen van de verdroging. Bij de aanpak van dit probleem in de praktijk wordt men echter al snel geconfronteerd met een gebrek aan kennis. Hoe zie je dat een natuurgebied te kampen heeft met verdroging? En voor welke situatie moet je welke maatregelen overwegen? Aanpak van de verdroging vraagt dan ook om maatwerk. Om de water- en terreinbeheerders enigszins te helpen bij de keuze van maatregelen is dit handboek 'Herstel van natte en vochtige ecosystemen' samengesteld.

Oorspronkelijk was het handboek gepland als een onderdeel van een NOV-project (thema 9). In dat kader is o.a. het basisrapport 'Herstel natte en vochtige ecosystemen' uitgekomen dat in een belangrijke mate de wetenschappelijke basis vormt voor dit handboek. In 1995 is een samenwerkingsverband ontstaan tussen het NOV en Kiwa N.V. Kiwa voert het bedrijfsonderzoek van de Nederlandse waterleidingbedrijven uit, waarbinnen het project 'Hydro-ecologische optimalisatie van beïnvloedingsgebieden' is opgenomen. De doelstellingen en gewenste resultaten van dit project stemmen sterk overeen met die van thema 9 van het NOV. Vanaf 1995 zijn daarom de krachten gebundeld om één optimaal handboek tot stand te brengen.

Het handboek richt zich voornamelijk op de water- en terreinbeheerders die in de praktijk bezig zijn met verdrogingsbestrijding, en waterleidingbedrijven die een hydro-ecologische optimalisatie nastreven binnen hun beïnvloedingsgebieden. Het handboek moet daarbij *uitdrukkelijk* niet gezien worden als een soort 'kookboek' dat succes op natuurherstel of natuurwinst garandeert. Daarvoor hebben we enerzijds nog te weinig kennis en ervaring met herstelmaatregelen, en anderzijds zullen lokale omstandigheden er altijd voor kunnen zorgen dat men bij een te kiezen maatregel moet afwijken van 'de algemene regel'. Met dit handboek is vooral geprobeerd de water- en terrein-

beheerders en waterleidingbedrijven een praktisch en duidelijk overzicht aan te bieden, gebaseerd op de huidige inzichten, zodat helder is welke maatregelen voor welke situatie overwogen kunnen worden.

Aan het handboek is gewerkt door een team van onderzoekers. Vanuit het NOV-thema 9, 'Herstel van natte en vochtige ecosystemen', waren dat Titia Zonneveld (Arcadis, tegenwoordig werkzaam bij Natuurmonumenten) en Han Runhaar (Centrum voor Milieukunde Leiden, tegenwoordig werkzaam bij het Alterra. Titia Zonneveld schreef de hoofdstukken over biotisch herstel en monitoring. Han Runhaar schreef de hoofdstukken over abiotische processen, probleem-analyse en keuze van maatregelen, en leverde bijdragen aan de hoofdstukken over biotisch herstel en monitoring. Samen met de sectie Vormgeving en Redactie van het DLO-Staring Centrum verwerkte hij ook de ruwe manuscripten tot een gedrukt boek. Vanuit het Kiwa waren Kees Maas en Arthur Meuleman betrokken bij de studie; zij schreven de hoofdstukken over de herstelmaatregelen.

Wij hopen dat dit handboek zal bijdragen aan het herstel van natte en vochtige ecosystemen.



drs. R. van Ek
projectbegeleider NOV-thema 9



drs. A.J.M. Jansen
programmaleiding Natuur, King

1. Inleiding

1.1 Achtergronden

Water speelt een cruciale rol in het bestaan van organismen, zowel voor de organismen in het water als voor de organismen die op het land leven. Omdat er binnen Nederland altijd grote verschillen hebben bestaan in waterhuishouding en waterkwaliteit, waren er in het verleden goede omstandigheden aanwezig voor het ontstaan van een grote diversiteit aan soorten en levensgemeenschappen. Deze vormden elk de weerslag voor een specifiek waterregime en waterkwaliteit (Natuurbeschermingsraad, 1992).

De afgelopen vijftig jaar is de waterhuishouding in Nederland drastisch gewijzigd. Vooral in de hogere, zandige delen van Nederland (Hoog-Nederland) hebben de grondwaterwinning en de verbeterde ontwatering van landbouwgebieden geleid tot een structurele verlaging van de stijghoogte van het diepere grondwater en een verlaging van de grondwaterstand. In natuurgebieden is dit niet zonder gevolgen gebleven. Voldoende water van een goede kwaliteit is een schaars goed geworden. In veel gebieden is de grondwaterstand gedaald. Daarnaast hebben veranderingen in de stijghoogte van het diepere grondwater geleid tot veranderingen in grondwaterstromingen. Veel natuurgebieden waar ooit sprake was van opkwellend grondwater, zijn nu veranderd in plekken waar regenwater infiltreert. In sommige gebieden wordt oppervlaktewater ingelaten om daling van de water- en grondwaterstanden te voorkomen. Het feit dat het ingelaten water een heel andere kwaliteit heeft dan het oorspronkelijk aanwezige water heeft in veel gebieden geleid tot aanvullende problemen.

Door deze directe en indirecte verdrogingsverschijnselen zijn natte en vochtige ecosystemen in Nederland sterk in omvang en soortenrijkdom achteruitgegaan. Soms zijn de effecten direct zichtbaar, bijvoorbeeld wanneer een ven of beek droogvalt. Vaak gaat het echter om een geleidelijk proces, waarvan de effecten pas op langere termijn zichtbaar worden, omdat ze op korte termijn worden overschaduwd door de verschillen als gevolg van verschillen tussen natte en droge jaren. Mogelijk daardoor is verdroging pas laat onderkend als milieupro-

bleem, ondanks het feit dat verdroging, althans in Hoog-Nederland en het duingebied, de belangrijkste oorzaak is voor de achteruitgang van de kwaliteit van natuurgebieden.

De doelstelling van de landelijke overheid is om ten opzichte van het jaar 1985 het oppervlakte 'verdroogde natuur' terug te brengen met 25% in het jaar 2000 en met 40% in het jaar 2010. Om deze doelstelling te realiseren zijn de afgelopen jaren op diverse plaatsen anti-verdrogingsmaatregelen uitgevoerd en plannen gemaakt voor uitvoering van dergelijke maatregelen.

Kader 1

Compenserende en mitigerende maatregelen.

Lokale maatregelen zijn niet altijd afdoende om de verdroging te bestrijden. Vooral in situaties waarin niet zo zeer de peilen als wel de veranderde grond- of oppervlaktewaterkwaliteit het belangrijkste probleem vormt, zijn ook maatregelen buiten het natuurgebied nodig. Bijvoorbeeld, bij het herstel van soortenrijke blauwgraslanden op zandgronden, waar de aanvoer van kalkrijk grondwater een basisvoorwaarde vormt voor de instandhouding van de vegetaties. Herstel is hier alleen mogelijk wanneer de stijghoogte van het diepere grondwater voldoende is voor de toevoer van kalkrijk grondwater.

Als een volledig herstel van de vroegere hydrologische situatie niet mogelijk is, kan worden overwogen gebruik te maken van compenserende of mitigerende maatregelen. Van een compenserende maatregel is bijvoorbeeld sprake bij afgraving, waarbij de verlaging van de grondwaterstand of de stijghoogte van het diepere grondwater wordt gecompenseerd door een evenredige verlaging van het maaiveld. De zuivering van inlaatwater vormt een voorbeeld van een mitigerende maatregel, die tot doel heeft de negatieve effecten van de inlaat van water te verminderen.

Compenserende en mitigerende maatregelen leiden soms tot moeilijk herstelbare veranderingen in het terrein. Terughoudendheid bij het gebruik ervan is daarom op zijn plaats. Bijvoorbeeld, door ze pas in te zetten wanneer zeker is dat meer ingrijpende maatregelen, die nodig zijn om te komen tot een volledig herstel van het systeem, niet haalbaar zijn.

1.2 Doel van dit handboek

Doel van dit handboek is het bijeenbrengen van kennis die nodig is voor het herstellen van verdroogde natuurgebieden. Het is bestemd voor medewerkers van waterschappen, terreinbeherende instanties en waterleidingbedrijven die betrokken zijn bij het herstel van verdroogde natuurgebieden. Het geeft daarom, naast achtergrondinformatie over verdrogingsprocessen, ook richtlijnen voor de keuze van herstelmaatregelen en praktische informatie over zaken die bij herstel een rol spelen. Daarbij is veel aandacht gegeven aan de beschrijving van hydrologische herstelmaatregelen. Ingegaan wordt op zaken als dimen-

sionering en aanleg, en op de vraag onder welke condities bepaalde maatregelen zinvol zijn.

Het handboek is gericht op het herstel van bestaande natuurgebieden. Veel van de kennis is uiteraard ook bruikbaar in natuurbouwprojecten buiten de bestaande natuurgebieden. Op specifieke problemen die samenhangen met voormalig landbouwkundig gebruik van in te richten natuurgebieden wordt hier echter niet ingegaan. Verder ligt de nadruk op maatregelen die door waterschappen, terreinbeheerders en waterleidingbedrijven zelf genomen kunnen worden, en die veelal lokaal van aard zullen zijn (zie kader 1).

1.3 Overzicht van de hoofdstukken

Een gerichte aanpak van verdroging is alleen mogelijk wanneer een goed inzicht bestaat in de oorzaken. De hoofdstukken 2 en 3 geven een beschrijving van processen die een rol spelen bij verdroging en vernatting. Daarbij wordt alleen ingegaan op de effecten op de vegetatie, omdat de plantengroei het meest direct wordt beïnvloed door veranderingen in de hydrologie.

Hoofdstuk 4 schetst per type gebied de verdrogingsproblemen die kunnen optreden en behandelt de probleemanalyse die nodig is om te kunnen bepalen wat de aard is van de problemen. Welke maatregelen in welke situaties het meest geschikt zijn komt aan de orde in hoofdstuk 5.

De hoofdstukken 6, 7 en 8 beschrijven de afzonderlijke herstelmaatregelen, waarbij zo veel mogelijk de dimensionering en de effectiviteit van de maatregelen in kwantitatieve termen wordt weergegeven. Daarbij is gebruik gemaakt van gegevens die ook in een afzonderlijk rapport over hydrologische maatregelen tegen verdroging zullen worden uitgebracht. (Maas & Meuleman 2000)

Hoofdstuk 9 gaat in op de monitoring van de effectiviteit van herstelmaatregelen. Bij het nemen van herstelmaatregelen wordt weinig aandacht besteed aan de monitoring, zodat achteraf niet vaak valt na te gaan of de genomen maatregelen zinvol waren. Het is daarom van belang dat al vooraf, bij de planning van een herstelproject, rekening wordt gehouden met de inrichting van een meetnet om de ontwikkelingen na uitvoering van het project te kunnen volgen en eventueel bij te sturen.

2. Processen die een rol spelen bij verdroging en vernatting

2.1 Invloed van de hydrologie op standplaats en vegetatie

Water speelt een belangrijke rol bij het functioneren van ecosystemen. In de eerste plaats vormt water één van de primaire behoeftes van de plant. Daarnaast heeft de waterhuishouding een grote invloed op de overige voor de plantengroei belangrijke standplaatscondities (tabel 1). Dat geldt in de eerste plaats voor de zuurstofvoorziening, omdat het luchtgehalte van de bodem afneemt met het vochtgehalte. Maar ook de zuurgraad en de voedselrijkdom zijn in sterke mate afhankelijk van de aanvoer van kalk en voedingsstoffen met het water.



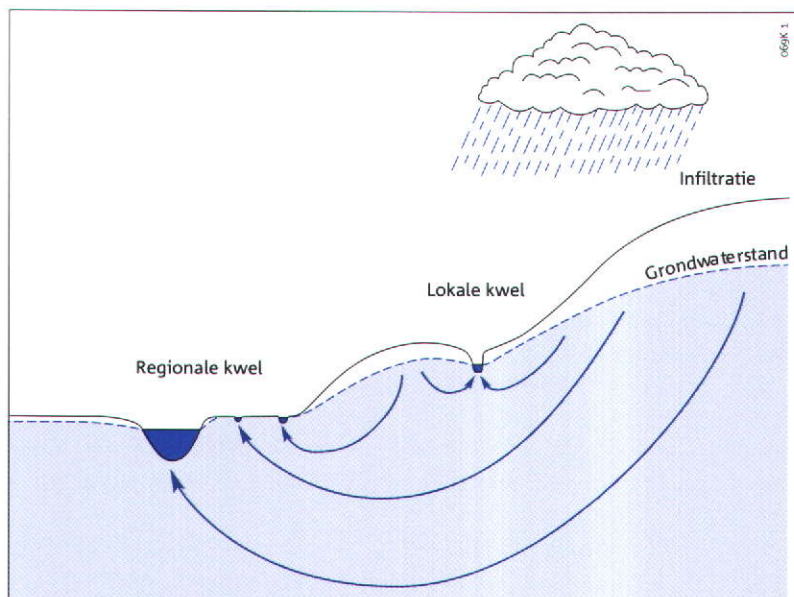
Foto 1

Natuurreserveaat op de rand van het Fries-Drentse keileemplateau. Rechts midden een heidevegetatie. Op de voorgrond een blauwgrasland met Spaanse ruiter. De heidevegetatie staat onder invloed van infiltrerend regenwater. In het blauwgrasland treedt kwel op doordat de keileemlaag hier is onderbroken. Foto: J. Runhaar.

Tabel 1. Betekenis van water voor vegetatie en afhankelijkheid van andere factoren.

Betekenis	Afhankelijkheid
Vochtvoorziening	Afhankelijk van de grondwaterstand en de capillaire eigenschappen van de bodem
Zuurstofvoorziening en redoxpotentiaal	Afhankelijk van het vochtgehalte van de bodem
Zuurgraadbuffering bodem	Afhankelijk van het calciumcarbonaatgehalte van het grond- en oppervlaktewater
Aanvoer voedingsstoffen	Afhankelijk van gehalte aan nutriënten in grond- en oppervlaktewater en de mate van watertoevoer

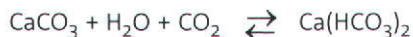
In hoeverre aanvoer van kalk en voedingsstoffen plaatsvindt wordt bepaald door hydrologie. In hooggelegen gebieden, zoals dekzandruggen en stuifzandgebieden, is vooral sprake van infiltratie van regenwater (figuur 1).



Figuur 1. Hypothetisch profiel met grondwaterstromingen. Op hoger gelegen plekken infiltreert regenwater om na bodempassage in lager gelegen kwelgebieden weer aan de oppervlakte te komen. Tijdens de bodempassage worden allerlei stoffen opgenomen die er voor zorgen dat het opkwellende grondwater een andere samenstelling heeft dan het infiltrerende regenwater.

Dit water is arm aan mineralen en heeft een licht zuur karakter (tabel 2). Waar de bodem kalkarm is, zoals in de meeste Nederlandse zandgronden, zullen daarom op door regenwater gevoede plekken over het algemeen voedselarme, zure omstandigheden heersen. Het regenwater zakt in de bodem en zal na verloop van tijd in lager gelegen plekken weer uittreden, bijvoorbeeld in de beekdalen. Tijdens de passage

worden allerlei stoffen uit de bodem opgenomen, waaronder calcium-bicarbonaat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) dat ontstaat bij het oplossen van kalk onder invloed van onder meer koolzuur in het infiltrerende water:



Waar dit aangereikte grondwater uittreedt overheersen over het algemeen minder zure en voedselarme omstandigheden.

Tabel 2. Kwaliteit van water van diverse herkomsten. Uit Van Wirdum (1991).

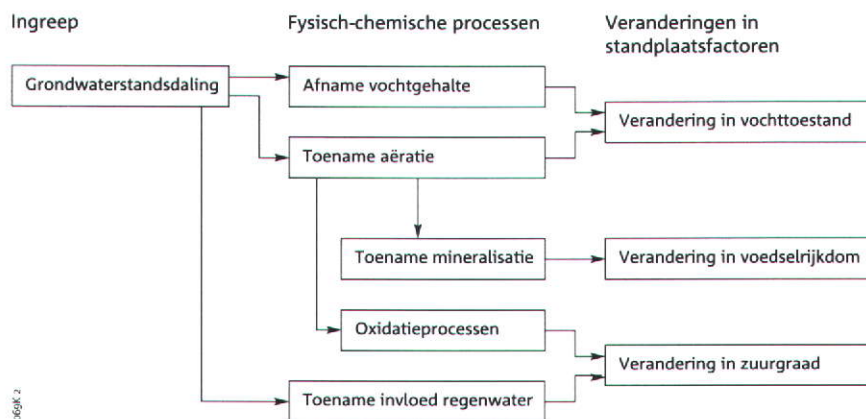
Parameter	Eenheid	Regenwater	Grondwater	Rijnwater	Zeewater
PH	-	4,2	7,3	7,8	8,3
Alkaliniteit	mmol/l	0,0	6,6	2,6	2,0
EC25	mS/m	5	65	100	5200
Ca^{2+}	mg/l	0,4	115	82	420
Mg^{2+}	„	0,2	8	10	1400
Na^+	„	2	12	96	10480
K^+	„	0,2	2	7	390
Cl^-	„	3	11	178	19100
SO_4^-	„	6	13	80	2640

Water dat qua chemische samenstelling het meest lijkt op regenwater wordt aangeduid als atmoclien, en water dat door bodempassage is verrijkt met mineralen als lithoclien. Thalassoclien water is water dat nog verder is verrijkt met mineralen, met name zouten. Dit derde type water is meestal afkomstig uit de grote rivieren en uit het kustgebied, waar vermenging met zout grond- of oppervlaktewater heeft plaatsgevonden. Standplaatsen onder invloed van thalassoclien water zijn over het algemeen voedselrijk, en hebben een brak of licht brak karakter.

Door grondwaterstandsaling, door het wegvallen van kwel en van inundaties, en door de inlaat van gebiedsvreemd water kunnen de vochthuishouding, basenhuishouding en nutriëntenhuishouding van een gebied ingrijpend worden gewijzigd.

2.2 Grondwaterstandsdeling

De effecten van grondwaterstandsdeling (figuur 2) zijn het grootst in natte ecosystemen, waar het grondwater permanent, of een groot gedeelte van het jaar, rond maaiveld staat. Door de hoge grondwaterstand is er in de ondergrond weinig of geen zuurstof aanwezig, zodat reducerende omstandigheden heersen. Daarbij ontstaan voor de plant giftige verbindingen, zoals waterstofsulfide (H_2S), die gevormd wordt bij de reductie van sulfaat (SO_4^{2-}), en goed oplosbaar tweewaardig ijzer (Fe^{2+}), dat ontstaat door de reductie van driewaardig ijzer (Fe^{3+}). Soorten die op natte standplaatsen groeien zijn op verschillende manieren aangepast aan deze voor plantengroei ongunstige omstandigheden. Veel soorten (bijvoorbeeld zeggen en biezengrassen) zijn in het bezit van luchtwoefels, waarmee ze zuurstof naar de wortels kunnen transporteren. Deze zuurstof is in de eerste plaats nodig voor de zuurstofvoorziening van de wortels zelf. Veel soorten zijn daarnaast ook in staat de directe omgeving van de wortels van zuurstof te voorzien, zodat potentieel toxische stoffen als waterstofsulfide en Fe^{2+} door oxidatie onschadelijk worden gemaakt. In het veld is dit te herkennen aan roestvorming rond de plantenwortels. Andere soorten wortelen zeer ondiep, of komen pas laat in het seizoen tot ontwikkeling, wanneer de grondwaterstand al wat is gedaald.

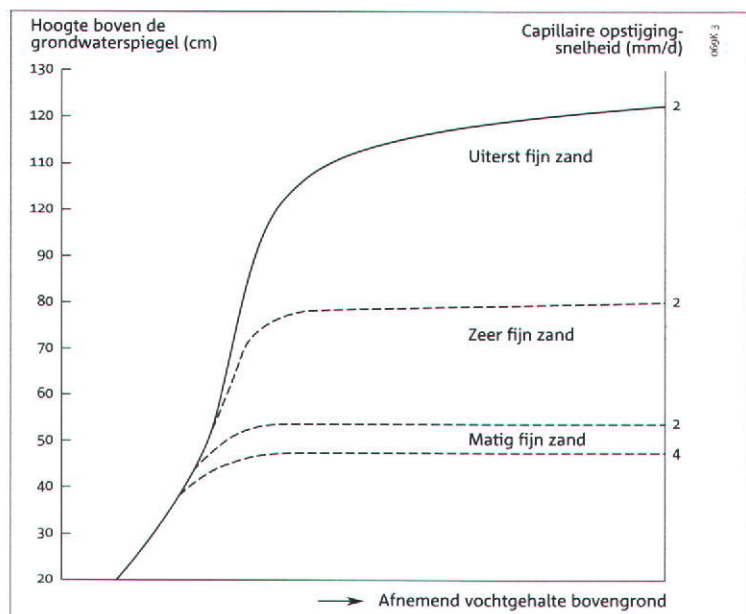


Figuur 2. Overzicht van de effecten van grondwaterstandsdeling.

Daling van de grondwaterstand leidt in natte milieus tot een toename van de zuurstofvoorziening, en daarmee tot gunstiger voorwaarden voor plantengroei. Voor soorten die zijn aangepast aan natte standplaatsen, de zogenaamde 'hygrofyten', is het gevolg dat ze worden verdrongen door sneller groeiende soorten die zijn aangepast aan een betere zuurstofvoorziening. Overigens kan het lang duren voordat soorten van natte standplaatsen volledig verdwenen zijn. Veel zeggen

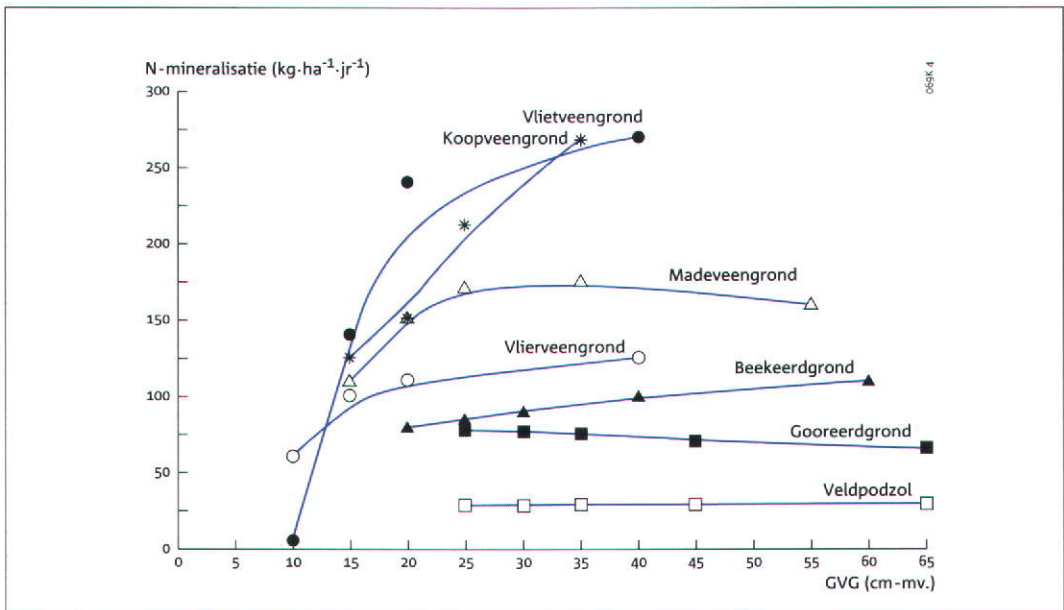
en biezen zijn weliswaar voor hun vestiging afhankelijk van natte omstandigheden, maar kunnen zich als ze zich eenmaal gevestigd hebben vele tientallen jaren handhaven. In de duinen kunnen we soorten als Knopbies en Drienervige zegge aantreffen op plekken waarvan bekend is dat ze al aan het begin van deze eeuw verdroogd zijn.

Op leemarme zandgronden is de vochtvoorziening van de vegetatie afhankelijk van de aanvulling vanuit het grondwater via capillair transport. Door grondwaterstands daling kan een vermindering van de vochtleverantie optreden. In hoeverre boven de grondwaterspiegel nog voldoende water kan worden geleverd om de verdamping door de vegetatie te compenseren, is afhankelijk van de bodemsamenstelling. Bijvoorbeeld in uiterst fijn of zwak lemig zand, met veel fijne capillairen, is tot een hoogte van ruim 1 m boven de grondwaterspiegel nog voldoende watertransport mogelijk om een verdamping door de vegetatie van 2 mm per dag te compenseren. Op grof zand reikt het capillair transport minder dan een halve meter boven de grondwaterspiegel (figuur 3). In zandgebieden, zoals in duinen en heidegebieden, kan een daling van de grondwaterstand tot beneden deze kritische dieptes leiden tot het verdwijnen van vochtafhankelijke vegetaties. Op klei- en leemgronden is de vochtvoorziening van de bodem over het algemeen voldoende om ook bij lagere grondwaterstanden de vegetatie nog te kunnen voorzien van water.



Figuur 3. Hoogte boven de grondwaterspiegel tot waar nog een capillair transport mogelijk is van respectievelijk 2 en 4 mm per dag, in zandgronden van verschillende korrelgrootte (uit Bakker, 1981).

Grondwaterstands daling kan ook invloed hebben op de voedselrijkdom van de bodem. Onder permanent natte omstandigheden wordt de afbraak van organisch materiaal geremd door de afwezigheid van zuurstof. Wanneer door grondwaterstands daling de zuurstofvoorziening toeneemt zal ook de afbraak van organisch materiaal worden gestimuleerd, waardoor de beschikbaarheid van nutriënten toeneemt. De toename in de voedselrijkdom is het grootst in bodems die veel organisch materiaal bevatten, en waar een neutrale tot basische pH zorgt voor gunstige omstandigheden voor de groei van bacteriën en schimmels. Onder zure omstandigheden, en in bodems met weinig organisch materiaal, heeft grondwaterstands daling veel minder of geen invloed op de voedselrijkdom (figuur 4).



Figuur 4. Toename van de N-mineralisatie door grondwaterstands daling. In niet-zure veengronden bestaand uit slecht verteerd organisch materiaal (vlietveengrond) leidt grondwaterstands daling tot het vrijkomen van grote hoeveelheden stikstof door de afbraak van het organische materiaal. In gronden met goed omgezet organisch materiaal (beekeerdgronden) en in zure gronden (gooreerdgrond en veldpodzol) is er niet of nauwelijks sprake van een toename van de afbraak van organisch materiaal. Verticaal: hoeveelheid stikstof die jaarlijks vrijkomt. Horizontaal: Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Basisgegevens ontleend aan: Kemmers (1990).

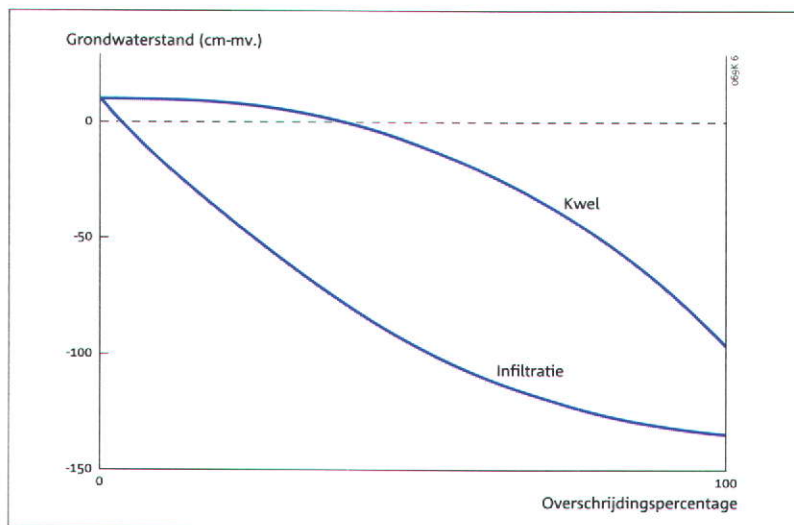
Op kalkarme zand- en veengronden waar de buffering van de bodem afhankelijk is van de aanvoer van bicarbonaat met het grondwater kan daling van de grondwaterstand ook leiden tot verzuring van de bodem. Doordat de bodem een groot deel van het jaar onder de invloed komt te staan van infiltrerend regenwater spoelen basische bestanddelen zoals Ca en Mg uit en verzuurt de bodem. Ook de oxidatieprocessen die optreden na grondwaterstands daling leiden over het algemeen tot

een verlaging van de pH. Het sterkst is dit effect in voormalige getijdengebieden waar de bodem rijk is aan ijzersulfide (FeS). Bij de oxidatie wordt zwavelzuur gevormd, en kan de pH in extreme gevallen dalen tot 2. In de meeste gevallen is invloed van oxidatieprocessen op de zuurgraad echter beperkt.

Bij verdroging van poelen en vennen is het verdwijnen van waterplanten het voornaamste effect. In vennen kan het droogvallen van de onderwaterbodem leiden tot een sterke verzuring, doordat de in bodem vastgelegde sulfide wordt geoxideerd, waarbij zich zwavelzuur vormt.

2.3 Wegvallen kwel

Door kwel gevoede plekken zijn door de constante aanvoer van grondwater gebufferd tegen al te grote veranderingen in het milieu. Dat geldt in de eerste plaats natuurlijk voor de vochtthuishouding. Door de aanvoer van grondwater zakt het grondwater in de zomer slechts weinig, en blijft de grondwaterstand een groot deel van het jaar dicht bij het maaiveld (figuur 5). Daarnaast worden met het grondwater allerlei stoffen aangevoerd die een bufferende invloed hebben op de zuurgraad en de voedselrijkdom van de bodem.

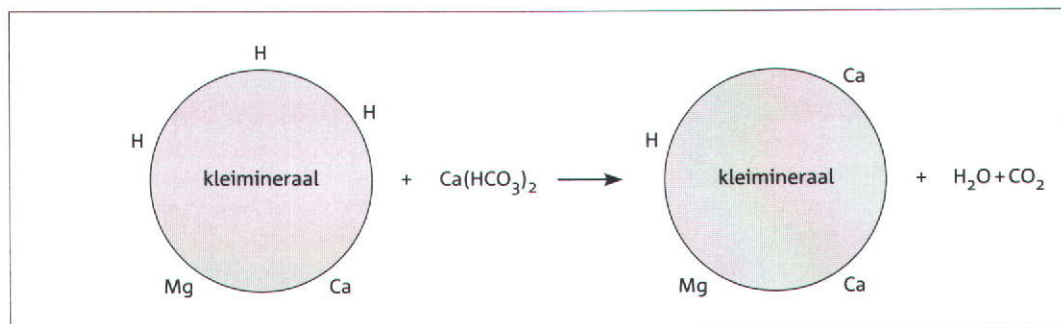


Figuur 5. Duurlijnen van een kwel- en een infiltratie-situatie, waarbij het aantal dagen is aangegeven dat een bepaalde grondwaterstand wordt overschreden.

In gebieden met kalkarme zandgronden, zoals in de dekzand- en stuifzandgebieden van Hoog-Nederland, vormt de aanvoer van kalk, of eigenlijk van in het grondwater opgelost bicarbonaat (HCO_3^-), een belangrijke rol bij de buffering van de bodem:



Als gevolg van de aanvoer van bicarbonaat is het kationenuitwisselingscomplex van de bodem grotendeels of volledig verzadigd met basen (figuur 6), en is de pH van de bodem hoog. De mate van buffering is afhankelijk van het bicarbonaatgehalte van het grondwater en de periode waarin het terrein onder invloed staat van grondwater. Situaties waarin gradiënten ontstaan tussen zure, door regenwater of zeer lokale kwel gevoede plekken en meer basenrijke plekken gevoed door calciumbicarbonaatrijke ('kalkrijke') kwel zijn zeer soortenrijk. Hier staan, op korte afstand van elkaar, soorten kenmerkend voor natte zure omstandigheden en soorten kenmerkend voor natte neutrale tot basische standplaatsen, met daartussen allerlei soorten die vrijwel alleen in dergelijke gradiëntrijke overgangsmilieus worden aangetroffen.



Figuur 6. Uitwisseling van basische bestanddelen (Ca, Mg) tussen grondwater en het kationenuitwisselingscomplex van de bodem.

De door kwel gevoede plekken zijn meestal matig voedselarm. Met het grondwater worden wel veel mineralen aangevoerd, maar — althans in het verleden, voordat uitspoeling van mest uit landbouwgronden een rol speelde — weinig stikstof. De gehalten aan fosfaat zijn sterk afhankelijk van het type kwelwater. In kustgebieden met brakke of zoute kwel kunnen zeer hoge fosfaatgehalten in het grondwater worden aangetroffen, tot 2 mg P-totaal per liter. In zoet grondwater is het gehalte aan fosfaat veel lager. In de pleistocene zandgebieden bedraagt het P-totaal-gehalte van het middeldiepe grondwater meestal minder dan 0,2 mg/l. Een groot deel van het met grondwater aangevoerde fosfaat wordt bovendien bij de overgang van het grondwater van anaërobe naar aërobe omstandigheden vastgelegd in de vorm van ijzerverbindingen (zie kader 2).

Kader 2

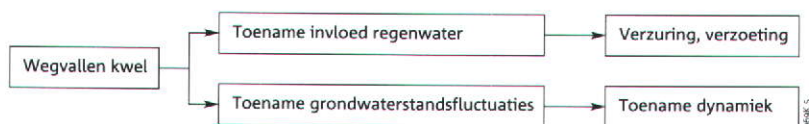
Vastlegging van fosfaat

Over de fosfaathuishouding in kwelmilieus bestaat onduidelijkheid. Algemeen wordt aangenomen dat in kwelmilieus fosfaat wordt vastgelegd, hetgeen zou verklaren waarom in natte schraalgraslanden fosfaat zo vaak de beperkende factor vormt (Pegtel 1983, Egloff 1983). Welke mechanismen daarbij een rol spelen is minder duidelijk.

In Nederland wordt er vaak vanuit gegaan dat fosfaat in kwelmilieus wordt vastgelegd in de vorm van calciumverbindingen (zie Londo, 1997). Door Boyer en Wheeler (1989) is inderdaad in kalkrijke kwelmilieus fosfaatvastlegging in kalk aangetoond. Of deze vorm van fosfaatbinding in Nederlandse kwel-situaties een belangrijke rol speelt is echter de vraag. Situaties als die in de onderzochte Engelse kalkmoerassen, waarbij het water zodanig oververzadigd is met kalk dat het bij blootstelling aan de atmosfeer neerslaat als moeraskalk, zijn in Nederland zeer zeldzaam.

In de Nederlandse kwelsituaties is daarom binding aan ijzer waarschijnlijk een belangrijker proces. Het grondwater is op de meeste plaatsen rijk aan gereduceerd tweewaardig ijzer (Fe^{2+}), dat goed oplosbaar is. Waar het grondwater in contact komt met de lucht, zoals in kwelmilieus, ontstaan slecht oplosbare driewaardige ijzerverbindingen, die in de met water onverzadigde zone neerslaan. Duidelijke voorbeelden van dergelijke ijzerophopingen zijn te vinden in zogenaamde roodoornige bekeerdgronden. Omdat fosfaat sterk gebonden wordt aan ijzer (zie par. 7.6) wordt daarbij ook een belangrijk deel van het in het grondwater aanwezige fosfaat vastgelegd. In de ijzer- en mangaan concreties die voorkomen in bodems die gevormd zijn onder kwelomstandigheden, kunnen dan ook hoge concentraties fosfaat aangetroffen worden (Scheffer & Schachtschabel, 1976). Door permanent hoge waterstanden, waarbij de bodem weer gereduceerd raakt, kan een deel van dat fosfaat weer vrijkomen.

In kalkarme of kalkloze zand- en veengronden is verzuring het belangrijkste effect van het wegvallen van kwel (figuur 7).



Figuur 7. Overzicht van de effecten van het wegvallen van kwel.

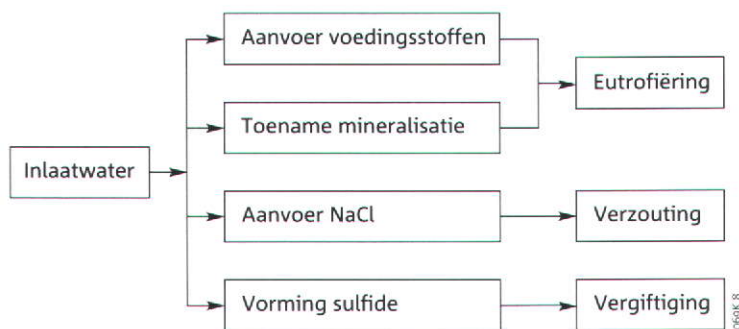
De oorzaak is dat de bicarbonaatbuffer van het grondwater wegvalt en het terrein onder invloed komt te staan van infiltrerend regenwater. In gronden die rijk zijn aan kalk en/of waarin veel calcium gebonden is aan het bodem-complex zullen pas op langere termijn verzuringseffecten te verwachten zijn. Een ander gevolg van het wegvallen van kwel is dat de grondwaterstandsfluctuaties toenemen. De effecten op de voedselrijkdom van de bodem zijn beperkt. Door de diepere grondwaterstanden in de zomer zou theoretisch een snellere afbraak van orga-

nisch materiaal te verwachten zijn. Daar staat tegenover dat door de lage zuurgraad de afbraak van organisch materiaal weer wordt geremd. In de praktijk is daarom eerder sprake van verschraling dan van verrijking.

In het kustgebied vormt de kwel met brak of zout grondwater de belangrijkste voorwaarde voor het binnendijs voorkomen van zoutminnende vegetaties. Deze zijn bijvoorbeeld te vinden bij inlagen de achter de zeedijk gelegen in Zeeland en de Zuid-Hollandse eilanden. Het wegvallen van kwel leidt hier vooral tot een verzoeting van de standplaats.

2.4 Inlaat van water

Watertekorten kunnen worden aangevuld met oppervlaktewater van buiten het gebied. In natuurgebieden gebeurt dit vooral om te voorkomen dat wateren droogvallen en de grondwaterstand daalt. In de waterleidingduinen wordt water ingelaten, om na infiltratie in de bodem te worden gewonnen als drinkwater.



Figuur 8. Overzicht van de effecten van de inlaat van water.

Hoewel soms nodig om erger te voorkomen, kunnen er ook negatieve effecten optreden als gevolg van inlaat van water. Het oppervlaktewater dat wordt ingelaten is meestal rijk aan voedingsstoffen. In het water kan dit leiden tot algenbloei en het verdwijnen van hogere waterplanten. Langs de oevers die onder de invloed staan van het inlaatwater kunnen ruige vegetaties ontstaan van hoog opgaande voedselminnende soorten als Harig wilgeroosje en Liesgras.

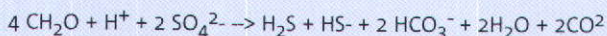
Echter, ook wanneer het water relatief weinig voedingsstoffen als nitraat en fosfaat bevat kan eutrofiëring optreden, doordat het inlaatwater een andere samenstelling heeft dan het gebiedseigen water. Dit kan op verschillende manieren plaatsvinden:

- Door extra toevoer van bicarbonaat en sulfaat naar gebieden met van nature zwak gebufferd of zuur water, kan de afbraak van organisch materiaal worden bevorderd. In van nature kalkarm zuur water, zoals in hoogveengebieden, is de bacteriële activiteit gering en is het aanwezige organische materiaal over het algemeen niet of weinig verteerd. Inlaat van bicarbonaatrijk water leidt tot een stijging van de pH, waardoor de afbraak van het organisch materiaal toeneemt. In goed gebufferde systemen treedt dit effect waarschijnlijk minder op. Ook sulfaat kan de afbraak van organisch materiaal bevorderen (zie kader 3).
- Door een verandering in de totale gehalten aan stoffen kunnen er veranderingen optreden in adsorptieprocessen in de bodem. Hierdoor kan door de toevoer van gebiedsvreemd water met name fosfaat meer ter beschikking van de vegetatie komen.

Kader 3

Rol van sulfaat bij eutrofiëring

In anaërobe milieus neemt sulfaat de rol van zuurstof als protonenacceptor over tijdens de afbraak van organisch materiaal, waarbij het sulfaat wordt gereduceerd tot sulfide en waarbij tevens bicarbonaat wordt gevormd:



Hierdoor blijft de afbraak van organisch bodemmateriaal ook onder zuurstofloze omstandigheden doorgaan. Bij dit proces komt naast ammonium en fosfaat ook het giftige waterstofsulfide vrij. Is er voldoende ijzer in de bodem aanwezig, dan kan het geproduceerde waterstofsulfide vastgelegd worden in de vorm van FeS. Daarbij kan aan ijzer gebonden fosfaat worden gemobiliseerd, hetgeen leidt tot een verdere verhoging van de voedselrijkdom. Is er geen ijzer aanwezig, dan kan het giftige waterstofsulfide een negatieve invloed hebben op de soortenrijkdom.

In hoeverre de aanvoer van sulfaatrijk water leidt tot eutrofiëringseffecten en vergiftigingsproblemen is onder meer afhankelijk van het ijzergehalte van bodem en grondwater, de mate waarin het organische materiaal is omgezet, en het sulfaatgehalte dat van nature in een ecosysteem aanwezig is. De grootste problemen zijn te verwachten in ijzerarme bodems die rijk zijn aan gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal. In systemen die van nature sulfaatrijk zijn (o.a. brakke tot zoute systemen) zal een extra aanvoer van sulfaat daarentegen weinig problemen opleveren. Omdat de invloed van sulfaat bij de inlaat van water pas recentelijk onder de aandacht is gekomen, is nog moeilijk precies aan te geven wanneer wel of niet problemen met inlaat van sulfaatrijk water te verwachten zijn.

2.5 Wegvallen van inundaties

In het verleden stonden grote delen van Nederland 's winters onder water. Onder de invloed van het schone oppervlaktewater ontstonden toen relatief voedselrijke, soortenrijke, natte hooilanden en verlan-

dingsvegetaties met Dotterbloemen en diverse hoog opgaande Zegge-soorten. In het laagveengebied kwamen in de boezemlanden en zomerpolders ook wel schralere blauwgraslanden voor, met Pijpestrootje en lage zeggesoorten als Blauwe zegge.

Inmiddels zijn in bijna heel Nederland de oppervlaktewaterpeilen strikt gereguleerd, en behoren winterse overstromingen — met uitzondering van het buitendijkse riviergebied en het kustgebied — vrijwel tot het verleden. In de beekdalgraslanden en boezemgraslanden die inmiddels tot natuureservaat zijn bestemd heeft het wegvallen van inundaties, en daarmee het wegvallen van de aanvoer van calciumbicarbonaat en nutriënten, geleid tot een verzuring en verschraling van het terrein. In van nature mineraalarme zand- en veengronden zijn deze effecten het snelst merkbaar (binnen enkele tientallen jaren). In andere gronden duurt het langer voordat basen en nutriënten volledig zijn uitgespoeld of vastgelegd in organisch materiaal, en heeft het wegvallen van inundaties pas op langere termijn invloed op de voedselrijkdom en de zuurgraad.

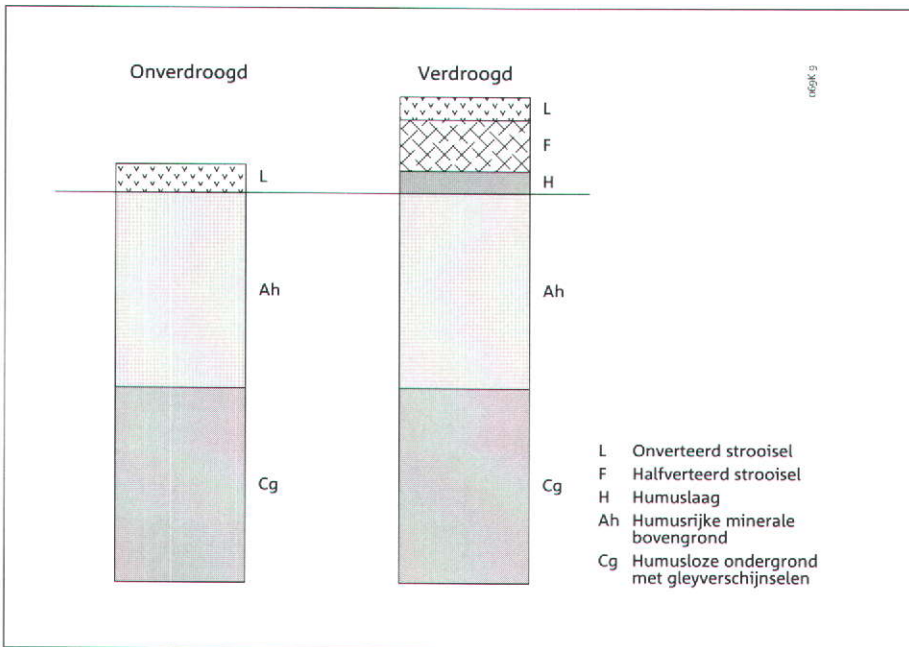
2.6 Veranderingen in structuur en aard van het organisch materiaal

In organische bodems en bodems met een dikke organische toplaag kunnen veranderingen optreden in de structuur en de samenstelling van het organisch materiaal. Het herstel van de oorspronkelijke standplaatscondities is dan een stuk moeilijker.

Veranderingen in de bodemstructuur zijn bijvoorbeeld een belangrijke gevolg van verdroging in hoogveensystemen. In onverdroogde situaties is de bovenste veenlaag, die bestaat uit nog levende en recent afgestorven veenmossen, in staat grote hoeveelheden water op te slaan. Door verdroging klinkt het veen in en is niet meer in staat water op te nemen: het veen is irreversibel uitgedroogd. Als gevolg daarvan zijn de fluctuaties in vocht- en zuurstofgehaltes ook na vernatting veel groter dan in ongestoorde hoogvenen (figuur 17).

Veranderingen in de samenstelling van het organische materiaal komen vooral voor in van nature door grondwater of door oppervlaktewater gebufferde systemen, zoals in beekeerdgronden. Door de relatief hoge pH zijn de omstandigheden hier gunstig voor de afbraak van organisch materiaal, en bestaat de organische toplaag uit goed verteerd organisch materiaal van het 'mull' humustype. Bij grondwaterstands daling of het wegvallen van kwel en overstromingen verzuurt de bovengrond, en vermindert de afbraak van organisch materiaal. Het gevolg is dat zich een laag vormt van slecht afgebroken organisch materiaal, van het 'moder' humustype (figuur 9). Wanneer bij herstel

van het hydrologisch systeem deze laag in contact komt met bicarbonaatrijk grond- of oppervlaktewater, zal alsnog een snelle afbraak van het opgehoopte organische materiaal plaatsvinden. Dit kan leiden tot verruiging van de vegetatie.



Figuur 9. Samenstelling van de bodem in een niet-verdroogde en een verdroogde beekeerdgrond. In de niet-verdroogde beekeerdgrond is sprake van een hoge biologische activiteit, wat leidt tot een snelle afbraak van organisch materiaal en een intensieve menging van het resulterende humus met de minerale bodem. In de verzuurde situatie is de biologische activiteit minder en vormt zich een toplaag van slecht afgebroken organisch materiaal.

Aanbevolen literatuur

Algemeen: Etherington (1982), Kemmers (1993), Van der Linden et al. (1996), Locher & De Bakker (1990), Van Wirdum & Van Dam (1984)
Inlaat van water en inundaties: Landschap (1996)

3. Biotisch herstel

3.1 Inleiding

Voor het herstel van natte en vochtige ecosystemen is het niet voldoende de alleen de juiste standplaatscondities te herstellen. Van een volledig herstel is pas sprake wanneer de voor de standplaatscondities kenmerkende vegetaties en plantensoorten weer voorkomen. Zijn kenmerkende plantensoorten door verdroging volledig verdwenen, dan is herstel alleen mogelijk na hervestiging van soorten, hetzij door kieming van nog in de bodem aanwezige kiemkrachtige zaden, hetzij door de aanvoer van zaden van buitenaf.

3.2 Zaadbanken

Bij het herstel van door verdroging aangetaste systemen vormt de voorraad nog kiemkrachtige zaden in de bodem, de zogenaamde zaadbank, een belangrijke factor. Of een soort wel of niet in de zaadbank verte-



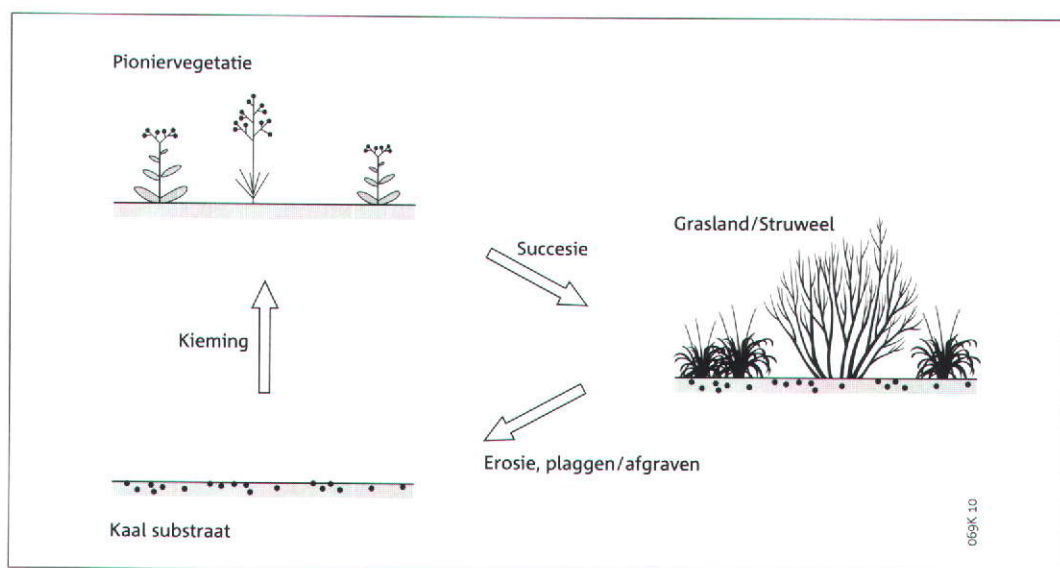
Foto 2

Omdat Zeggen en Russen langlevend zaad hebben, zijn ze vaak goed vertegenwoordigd in de zaadbank. Hier een pioniervegetatie met Dwergzegge en Tengere rus op een geplagde plek in de Lemseler maten.

Foto: C. van der Berg.

genwoordigd is hangt vooral af van de levensduur van de zaden. Deze verschilt sterk van soort tot soort. Sommige soorten, zoals de Zwarte populier, hebben zaad dat slechts enkele uren kiemkrachtig blijft. Andere soorten hebben zaden die vele decennia of zelfs honderden jaren kiemkrachtig blijven.

De levensduur is niet zonder meer af te leiden uit de taxonomische groep waartoe een soort behoort of uit de overlevingsstrategie van de soort. Wel kunnen op basis van praktijkervaringen een paar grote lijnen worden aangegeven. De ervaring bij herstelprojecten is bijvoorbeeld, dat onder de soorten die na het plaggen vanuit de zaadbank terugkeren relatief veel Zeggen, Biezen en Russen (families Cyperaceae en Juncaceae) voorkomen (foto 2). Dat deze soorten goed vertegenwoordigd zijn in de zaadbank heeft ongetwijfeld te maken met het feit dat ze grote zaden vormen met een dikke zaadwand. Ook pioniersoorten zijn relatief goed vertegenwoordigd. Dat heeft ongetwijfeld te maken met de 'overlevingsstrategie' van deze soorten. Open, door eenjarige soorten gedomineerde pioniervegetaties bestaan over het algemeen slechts kort. Als verstoringen achterwege blijven, groeien open plekken binnen een paar jaren dicht en worden de pioniers verdrongen door concurrentiekrachtiger soorten (figuur 10).

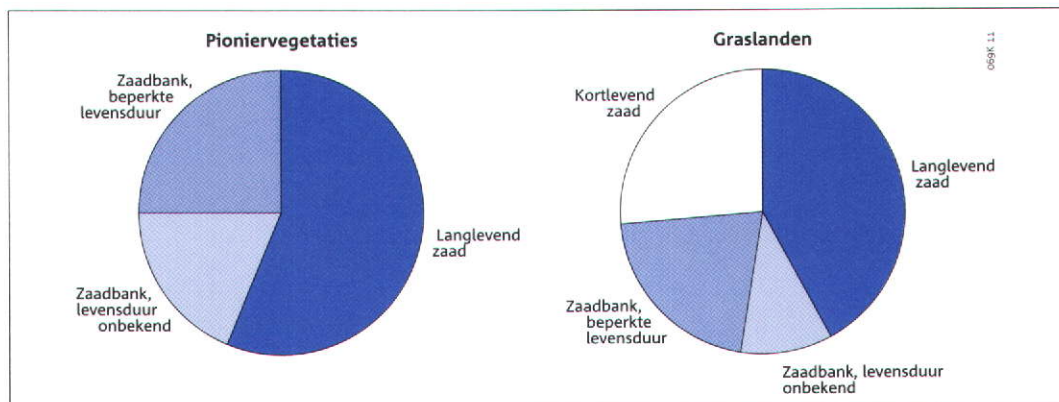


Figuur 10. Overlevingsstrategie van pioniersoorten. Omdat geschikte pioniermilieus slechts kort bestaan produceren ze veel zaad. Na verstoring (door erosie of door plaggen) kunnen zij de nieuw ontstane open plekken weer snel koloniseren.

Voordat het zover is hebben ze echter grote hoeveelheden zaad geproduceerd, dat in de bodem aanwezig blijft. Op het moment dat door natuurlijke processen (erosie) of door beheer (afplaggen) de bodem

wordt omgewoeld en weer voldoende licht beschikbaar is kiemen de zaden en zijn ze in staat snel de opgevallen plek te koloniseren.

Soorten van wat minder dynamische milieus, zoals graslanden en bossen, zijn minder goed vertegenwoordigd in de zaadbank (figuur 11). Bijvoorbeeld de meeste grassoorten hebben kortlevend zaad. Een overzicht van de levensduur van zaden is te vinden in Grime et al. (1988) en Thompson et al. (1997).



Figuur 11. Aandeel van soorten met kortlevend en langlevend zaad binnen vegetaties en graslanden op natte gronden. Alleen soorten met langlevend zaad vormen een min of meer permanente zaadbank waaruit geput kan worden bij herstel (gegevens ontleend aan Grime et al., 1988).

Voordat de in de zaadbank aanwezige zaden kiemen, moet eerst worden voldaan aan bepaalde voorwaarden, zoals voldoende aanwezigheid van vocht en zuurstof. Soms zijn zaden pas in staat tot kiemen wanneer ze aan hoge of lage temperaturen zijn blootgesteld, bijvoorbeeld door brand of vorst. De aanwezigheid van licht vormt een belangrijke voorwaarde bij herstelprojecten. Door plaggen of graven kunnen zaden die al langere tijd in rust in de bodem aanwezig zijn weer aan het licht worden blootgesteld en zo tot kieming worden gebracht.

3.3 Verspreiding van soorten

De verspreiding van soorten kan op verschillende manieren plaatsvinden (tabel 3). Bij veel water- en moerasplanten vindt verspreiding grotendeels of gedeeltelijk plaats via plantendelen die met het water worden vervoerd, zoals wortels of knoppen. Soorten als Waterpest en Kalmoes, die in Nederland geen zaad vormen, zijn zelfs geheel aangewezen op een dergelijke vegetatieve verspreiding. In de meeste gevallen vindt verspreiding echter plaats via zaad of sporen.



Foto 3

Het plujsaad van de Moerasandijvie kan zich via de wind goed verspreiden. Op deze manier is de soort in staat om snel drooggevallede slikgronden te koloniseren. Foto: W.G. Beeftink.

Het type verspreidingsmechanisme kan worden afgelezen aan de grootte en de vorm van het zaad of de sporen. Soorten met zeer fijn zaad, zoals orchideeën, kunnen gebruik maken van transport via de lucht. Door de geringe afmetingen van hun sporen zijn sporenplanten, zoals mossen en varens, bijzonder effectieve windverspreiders, die met gemak afstanden van honderden kilometers kunnen overbruggen. Bij Samengesteldbloemigen, zoals de Paardebloem en de Moerasandijvie, beschikken de zaden over een krans van haren, die als een soort parachute dienen en ervoor zorgen dat de zaden met de wind over grotere afstanden kunnen worden vervoerd (foto 3). Andere soorten, zoals de Berk, hebben gevleugeld zaad dat eveneens via de wind verspreid kan worden. Veel moerasplanten hebben drijvende zaden, die via het water vervoerd kunnen worden. Een voorbeeld daarvan is de Gele lis. Weer andere soorten, zoals de Walstrosoorten, hebben zaden die ruw zijn door borstels of weerhaken, en daardoor makkelijk blijven haken aan de pels van dieren. Deze soorten kunnen daarom ook via dieren verspreid worden. Ook soorten met bessen of noten maken gebruik van verspreiding door dieren. De meeste soorten missen echter bijzondere aanpassingen aan de verspreiding door water, wind of via dieren, en kunnen zich normaliter slechts over korte afstand verspreiden.

Tabel 3 *Verspreidingsmechanismen bij planten.*

<i>Type verpreiding</i>	<i>Aanpassingsmechanisme</i>	<i>Voorbeelden</i>
<i>Wind</i>	<i>Fijn zaad of sporen</i>	<i>Orchideeën, Varens, Mossen</i>
	<i>Zaadpluizen</i>	<i>Samengesteldbloemigen (onder meer Distels, Paardebloemen), Wilgenroosje</i>
	<i>Gevleugeld zaad</i>	<i>Berk</i>
<i>Water</i>	<i>Drijvende zaden</i>	<i>Gele lis</i>
	<i>Wortelstokken, stengeldelen</i>	<i>Kalmoes, Waterpest</i>
<i>Dieren</i>	<i>Eetbare vruchten (bessen, noten)</i>	<i>Meidoorn, Rozen</i>
	<i>Borstels of weerhaken</i>	<i>Walstro, Klis</i>

3.4 Kansen voor biotisch herstel

Wanneer de oorspronkelijke soorten door verdroging zijn verdwenen is het herstel van de vroegere soortensamenstelling in de eerste plaats afhankelijk van de mate waarin in de bodem nog kiemkrachtige zaden van die soorten aanwezig zijn. Naarmate de verdroging van meer recente datum is, en er minder verstoring heeft plaatsgevonden, is de kans groter dat nog soorten uit de oorspronkelijke vegetatie in de zaadbank aanwezig zijn. Op plekken die in landbouwkundig beheer zijn geweest, en met name in percelen die als akker zijn gebruikt, zullen in de zaadbank nauwelijks of geen soorten van voedselarme natte tot vochtige ecosystemen meer voorkomen en overheersen vanuit natuurbehoudsoogpunt minder gewenste voedselminnende soorten. Echter, ook op plekken die weinig zijn verstoord zullen lang niet alle oorspronkelijke soorten nog in de zaadbank voorkomen. Veel soorten hebben immers slechts kortlevend zaad. Welke soorten in de zaadbank aanwezig zijn, kan worden nagegaan met behulp van plagproeven en laboratoriumproeven (zie kader 4).

Kader 4

Hoe bepalen we de samenstelling van de zaadbank?

Om de kansrijkdom voor spontaan biotisch herstel vanuit de ter plekke aanwezige zaadbank in te schatten, kan het zinvol zijn om een zaadbankonderzoek uit te laten voeren. Het bemonsteren van de zaadbank kan plaatsvinden voorafgaand aan eventuele herstelmaatregelen. In het te onderzoeken terrein worden dan met behulp van een grondboor monsters genomen op verschillende plaatsen. De binnen het proefvlak bemonsterde zaden worden vervolgens tot kieming gebracht. De monsters worden hiervoor eerst uitgespoeld met behulp van verschillende zeven om grondmateriaal en strooisel te verwijderen (Ter Heerdt et al., 1996). Daarna wordt het monster in steriele grond uitgespreid en in een kas gezet. Afhankelijk van het type vegetatie waarvan het monster zaden bevat worden in de kas de voor kieming meest gunstige omstandigheden voor wat betreft, vocht, temperatuur en licht, nagebootst.

De kiemplanten worden na identificatie geteld en verwijderd totdat er geen kiemplanten meer opkomen (dat is na ongeveer 6 weken). Moeilijk te determineren kiemplanten worden verder opgekweekt totdat determinatie mogelijk is. Wanneer er geen kiemplanten meer opkomen kan verdere kieming gestimuleerd worden door het monster een paar weken te laten uitdrogen en het daarna opnieuw in te zetten.

Bij de interpretatie van de resultaten moet bedacht worden dat kiemprouven een onderschatting geven van het aantal soorten dat in de zaadbank vertegenwoordigd is. Dit komt doordat de kans om soorten met een geringe zaaddichtheid (enkele zaden per m²) in een monster aan te treffen heel klein is, terwijl voor (her)vestiging vaak slechts een klein aantal zaden in de zaadbank nodig is. De voorspellende waarde van kiemprouven is daardoor beperkt. Deze geven vooral aan welke soorten met veel zaden vertegenwoordigd zijn in de zaadbank.

Het tot kieming brengen van zaden vereist kennis van specifieke omstandigheden waaronder zaden van verschillende soorten kiemen. Dergelijk onderzoek kan alleen uitgevoerd worden in daartoe uitgeruste laboratoria door deskundigen met ervaring in het opkweken van zaad en de determinatie van kiemplanten.

Bepalen welke zaden in de zaadbank aanwezig zijn kan ook door middel van afplaggen. Een plagproef die wordt uitgevoerd voordat herstel van de standplaatscondities heeft plaatsgevonden kan echter een onvolledig beeld geven, doordat soorten als gevolg van ongunstige condities niet kiemen of omdat de kiemplanten vroegtijdig afsterven.

In gebieden die langere tijd intensief landbouwkundig zijn gebruikt, zullen als gevolg van grondbewerking (ploegen) de zaden van voor natuurbeheer interessante soorten grotendeels zijn verdwenen. Wanneer van een te herstellen gebied bekend is welke vegetatie voor de verdroging aanwezig was en wat het beheer is geweest kan met behulp van literatuur over levensduur van zaden in de bodem enigszins worden ingeschat wat de kansen zijn voor aanwezigheid van bepaalde soorten in de zaadbank. Een uitgebreide literatuurstudie van zaadbankonderzoek is uitgevoerd door Thompson et al. (1997).

Door plaggen kan het in de bodem aanwezige zaad weer tot kieming worden gebracht. Belangrijk is wel, dat het plaggen pas plaatsvindt nádat de standplaatscondities (vochttoestand, zuurgraad) weer zijn hersteld. Wanneer dat niet het geval is zullen soorten misschien wel kiemen, maar geen kans krijgen zich blijvend te vestigen. In het ergste geval betekent het dat de zaadbank wordt uitgeput, en dat de mogelijkheden voor toekomstig herstel van de populatie afnemen.

Verder is ook het tijdstip van plaggen van belang. Najaar, winter en het vroege voorjaar zijn de meest geschikte periodes, omdat de jonge kiemplanten dan de gelegenheid krijgen zich te ontwikkelen voordat ze door zomerse droogte getroffen kunnen worden. In de meest ideale situatie wordt bij het plaggen de organische toplaag tot op de minerale ondergrond afgegraven. Wordt de bodem dieper afgegraven, dan bestaat het risico dat de zaadbank met het afgegraven materiaal wordt afgevoerd. Overigens leert de ervaring dat de zaadbank zelden volledig wordt afgevoerd. Meestal vindt wel enige grondroering plaats of wordt er bij het afgraven grond gemorst, waardoor organische bovengrond met daarin delen van de zaadbank blijft liggen. Door delen van het terrein niet af te graven en alleen te plaggen kan het risico op afvoer van soorten nog worden verminderd. Bij voormalige akkers kan het verwijderen van de zaadbank juist een gunstig neveneffect zijn, omdat daarmee voornamelijk de zaden van minder gewenste akkeronkruiden worden verwijderd.

Een zaadbank kan afwezig zijn doordat de soort kortlevend zaad heeft, of doordat de zaadbank door bijvoorbeeld vergraving of ploegen vernietigd is. In dat geval is hervestiging van de soort afhankelijk van aanvoer van buitenaf. Het meeste perspectief voor de aanvoer van zaden van buitenaf bestaat in te herstellen natuurgebieden die direct grenzen aan gebieden waar nog levensvatbare populaties van de soort voorkomen. Wanneer het natuurgebied klein is en er in de directe omgeving geen groeiplaatsen van de soort aanwezig zijn, is de kans op hervestiging echter klein. Alleen zeer effectieve windverspreiders zijn dan in staat het terrein te bereiken. Bij geïsoleerd liggende gebieden is de kunstmatige introductie dan ook vaak de enige mogelijkheid om soorten weer terug te krijgen (zie kader 5).

*Kader 5***Introductie van soorten?**

Terughoudendheid is gewenst bij de kunstmatige introductie van soorten, om natuurlijke processen zo min mogelijk te verstoren. Wanneer voor de standplaats kenmerkende soorten niet meer in de zaadbank vertegenwoordigd zijn en ze ook in de wijde omtrek niet meer voorkomen, vormt introductie echter vaak de enige mogelijkheid ze weer terug te krijgen. Goede argumenten voor introductie kunnen zijn, dat de soorten structuurbepalend zijn (bijv. heide- en veenmossoorten), of dat het gaat om zeldzame soorten waarop het herstel van het terrein gericht is (bijv. allerlei blauwgraslandsoorten). Voordat wordt overgegaan op introductie dient echter wel aan een aantal voorwaarden te zijn voldaan:

- het moet gaan om soorten die van nature in het gebied aanwezig waren;
- de oorzaak voor het verdwijnen van de soort dient te zijn weggenomen;
- het moet duidelijk zijn dat de soort niet meer aanwezig is in de zaadbank en dat de kans op vestiging vanuit nabijgelegen gebieden gering is;
- het gebied van waaruit de soorten worden geïntroduceerd moet zo dicht mogelijk bij het doelgebied liggen;
- het aangevoerde materiaal dient zoveel mogelijk afkomstig te zijn uit een vergelijkbaar milieutype.

Aanbevolen literatuur

Allessio Ick, et al. (1989), Bekker (1998), Van Dorp (1996), Grime et al. (1988), Thompson et al. (1997).

4. Probleemanalyse

4.1 Inleiding

Er bestaat geen algemeen 'recept' voor het herstel van natte en vochtige natuurgebieden. Welke maatregelen het beste genomen kunnen worden, is sterk afhankelijk van het type gebied en de aard van de problemen. Maatregelen die in het ene gebied noodzakelijk zijn voor het herstel van de waterhuishouding en de vegetatie, kunnen in een ander gebied juist leiden tot een achteruitgang. Het dempen van greppels, om zo meer regenwater vast te houden, kan in natte heidegebieden bijvoorbeeld een zeer effectieve herstelmaatregel zijn. In kwelafhankelijke systemen werkt het echter averechts. Daar zorgt de vorming van regenwaterlenzen juist voor verzuring en daarmee voor een versnelde achteruitgang van de te beschermen soorten. De inlaat van schoon kalkrijk water kan in laagveenmoerassen een gunstige invloed hebben op de soortenrijkdom van vegetatie en fauna. In hoogveengebieden veroorzaakt het echter eutrofiëring, doordat het leidt tot de afbraak van veen. De keuze voor bepaalde herstelmaatregelen dient daarom altijd vooraf te worden gegaan door een gedegen analyse van het gebied en van de oorzaken van de problemen.

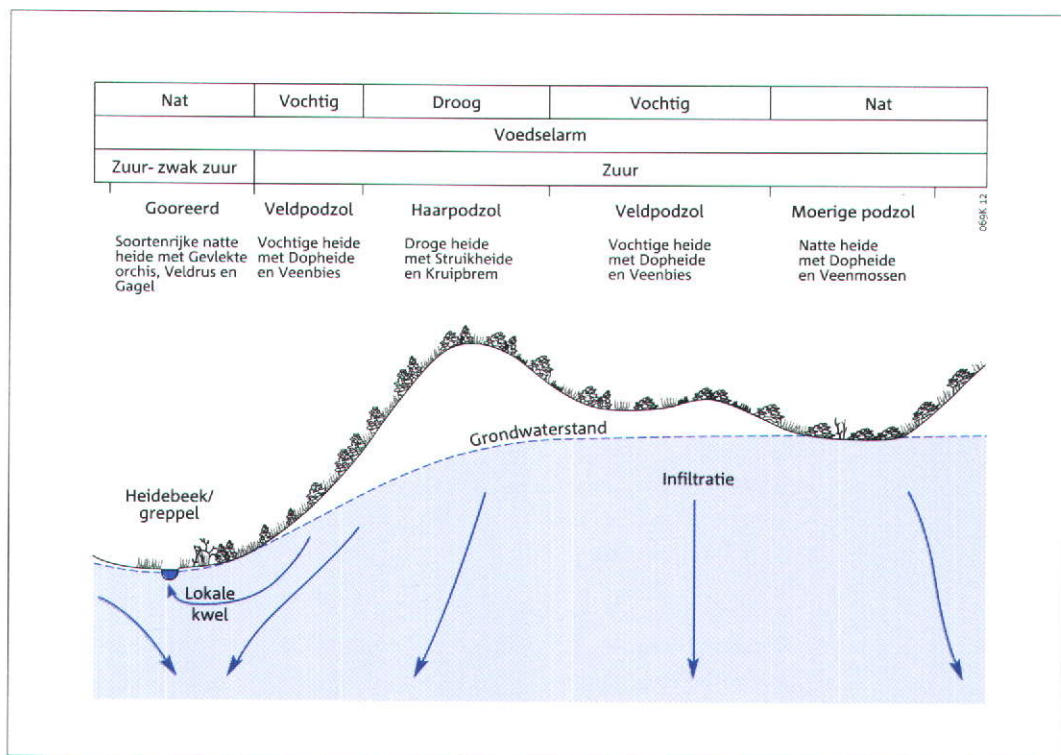
Alvorens in paragraaf 4.3 op de analyse wordt ingegaan wordt in de volgende paragraaf per type gebied kort aangegeven welke problemen kunnen spelen. Daarbij worden de volgende gebieden onderscheiden:

- dekzandgebieden:
 - natte heide,
 - vennen,
 - beekdalen en laagtes;
- kustduinen;
- laagveengebieden:
 - laagveenmoeras,
 - overig laagveengebied;
- hoogveen;
- rivier- en zeekleigebied;
- heuvelland.

4.2 Verdrogingsproblemen per type gebied

4.2.1 Natte heide in dekzandgebied

Bij heidegebieden gaat het meestal om infiltratiegebieden, die worden gevoed door regenwater. Natte heidegebieden zijn gebonden aan de lagere delen, en komen vooral op grote schaal voor op plaatsen waar een slecht doorlatende ondergrond de afvoer van regenwater vertraagt. Kenmerkend voor natte heiden zijn Dopheidevegetaties met Veenbies en een aantal veenmossoorten. Abiotisch worden ze gekenmerkt door voedselarme zure omstandigheden (figuur 12), met van nature vrij grote fluctuaties in grondwaterstanden (grondwatertrappen III en V). Voorzover aanwezig, is kwel zeer lokaal en het water mineraalarm. Op plekken waar periodiek lokale kwel optreedt kunnen soortenrijkere natte heides en overgangen naar schraalgraslanden ontstaan, met soorten als Heidekartelblad, Wolverlei, Gevlekte orchis en Gagel.



Figuur 12. Denkbeeldig dwarsprofiel door een heidelandschap met standplaatscondities, bodem en vegetatie. Door de arme ondergrond en de infiltratie van regenwater overheersen voedselarme zure condities. Alleen op plekken met lokale kwel is sprake van iets minder zure omstandigheden.

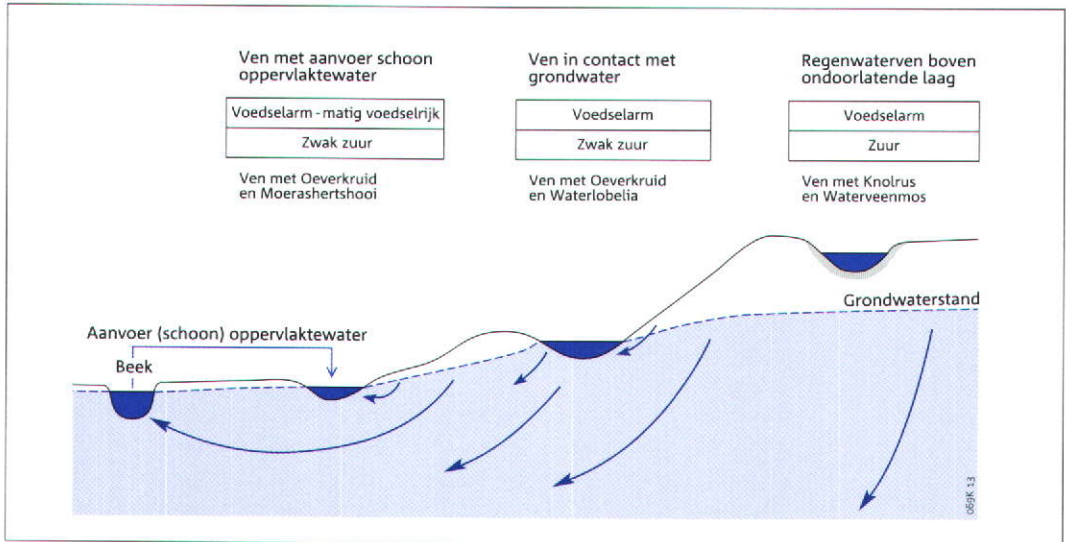
Het voornaamste verdrogingsprobleem in natte heidegebieden is grondwaterstandsaling, en eventueel een met deze grondwaterstandsaling samenhangende vermindering van lokale kwel. De oorzaken van de grondwaterstandsaling kunnen van regionale aard zijn, zoals grondwaterwinning en verlaging van het grondwaterpeil in de omgeving. Vaak is echter ook sprake van lokale oorzaken die samenhangen met de bebossing van delen van het heidegebied. Voordat begonnen werd met de aanplant van bossen zijn de heidegebieden namelijk ontwaterd door de aanleg van greppels en sloten. De invloed van deze greppels kan makkelijk onderschat worden: in een verder niet door ontwateringsmiddelen doorsneden infiltratiegebied kan een relatief ondiepe greppel al een aanzienlijke invloed hebben op de grondwaterstand. De aanleg van productiebossen heeft bovendien geleid tot een toegenomen verdamping en daarmee een verminderde grondwateraanvulling.

De effecten van grondwaterstandsaling zijn in vergelijking met die in andere systemen beperkt. Doordat het gaat om van nature zure gronden is er nauwelijks sprake van verzuring, en ook de toename in de afbraak van organisch materiaal is beperkt. Het belangrijkste effect van grondwaterstandsaling is het verdwijnen van aan natte omstandigheden aangepaste soorten als Dopheide, Zonnedauw en Snavelbies, en een uitbreiding van Pijpestrootje. In hoeverre uitbreiding van deze laatste soort samenhangt met grondwaterstandsaling, dan wel met veranderingen in beheer (achterwege blijven begrazing en plaggen) en de toegenomen beschikbaarheid van stikstof via atmosferische depositie, is echter moeilijk te zeggen: in veel gevallen spelen alle drie de oorzaken een rol. Door extra te plaggen kan de uitbreiding van Pijpestrootje worden tegengegaan, maar daarmee kan het verdwijnen van aan natte omstandigheden aangepaste soorten niet worden tegengegaan.

4.2.2 Vennen in dekzandgebied

Vennen worden gekarakteriseerd door hun relatief geïsoleerde ligging ten opzichte van andere oppervlaktewateren en door een voedselarme ondergrond, bestaande uit kalkarm zand. Voor de zuurgraad en de soortensamenstelling van de vennen is de mate van invloed van grondwater zeer belangrijk (figuur 13). Vennen die als gevolg van een slecht doorlatende onderlaag geïsoleerd zijn, en volledig worden gevoed door regenwater, hebben over het algemeen een zuur karakter. In dergelijke vennen komen slechts een beperkt aantal soorten hogere planten voor, waaronder Knolrus en Klein blaasjeskruid. Vennen die in contact staan met het grondwater of met oppervlaktewater hebben een minder zuur karakter en zijn soortenrijker. Kenmerkende soorten voor voedselarme zwak zure vennen zijn onder meer Waterlobelia en

Oeverkruid. In door oppervlaktewater gevoede, iets voedselrijkere vennen komen ook soorten voor als Moerashertshooi en Drijvende waterweegbree.



Figuur 13. Onderscheid tussen vennen gevoed door oppervlaktewater, grondwater en regenwater. Vennen die alleen gevoed worden door regenwater hebben een zuur karakter. Naarmate de invloed van oppervlaktewater en grondwater groter is zal het water minder zuur zijn en neemt de voedselrijkdom toe.

De verzuring van vennen is slechts in een beperkt aantal gevallen toe te schrijven aan grondwaterstands­daling en de daarmee gepaard gaande vermindering van lokale kwel. Een belangrijkere oorzaak is de toegenomen zuurgraad van het regenwater en grondwater door de depositie van verzurende stoffen. Vaak is ook de bufferende invloed van oppervlaktewater weggevallen doordat vennen zijn geïsoleerd om eutrofiëring door verontreinigd oppervlaktewater tegen te gaan. Dit kan leiden tot een sterke verzuring van vennen, waarbij de oorspronkelijke begroeiing met bijvoorbeeld Waterlobelia en Oeverkruid wordt vervangen door soortenarme begroeiingen met Knolrus en Veenmos. Voor een deel is er bij de verzuring ook sprake van een natuurlijk proces, waarbij door uitspoeling van Ca- en Mg-ionen de zuurgraad toeneemt. Zonder ingrijpen zullen vennen op den duur in alle geïsoleerde wateren op zandgrond veranderen in hoogveen, na het dichtgroeien met planten en de vorming van regenwaterlenzen. Deze ontwikkeling wordt versterkt, doordat regenwater en lokaal grondwater de afgelopen tientallen jaren zuurder zijn geworden.

Grondwaterstands­daling kan leiden tot het droogvallen van vennen, waarbij zich op de bodem van het ven een begroeiing van Pijpestrootje kan vestigen. Grondwaterstands­daling heeft geen invloed op schijn­grondwaterspiegels boven niet of zeer slecht doorlatende

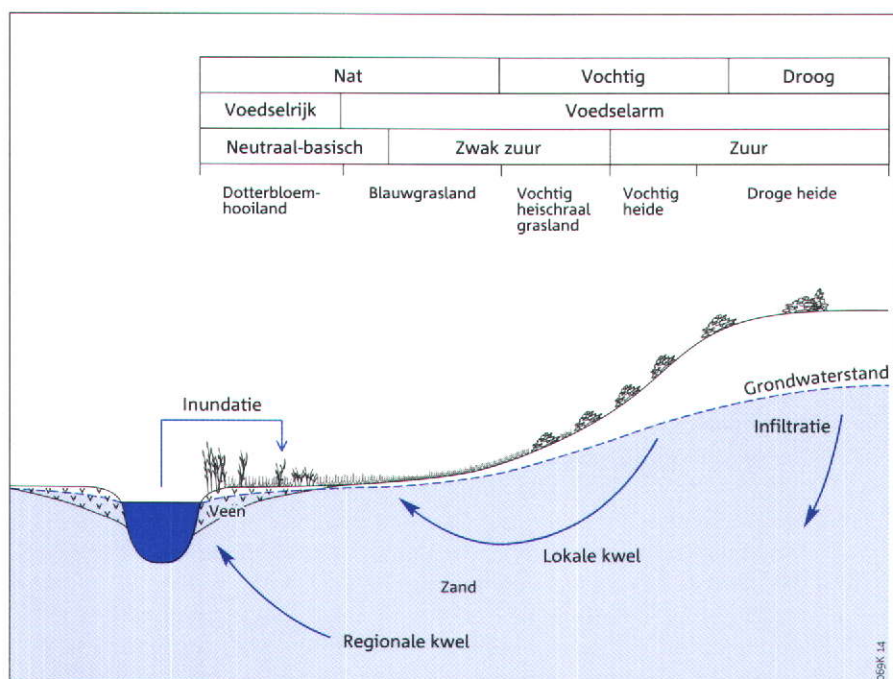
keileemlagen of organische lagen bestaande uit amorf humus. Echt volledig grondwateronafhankelijke vennen zijn van nature echter zeldzaam. Zelfs in de huidige verdroogde situatie is er vaak toch nog enige invloed van grondwater, doordat bij grondwaterstanden tot een meter onder de venbodem de uitstroming van water uit het ven wordt afgeremd (Bannink et al., 1989).

4.2.3 Beekdalen en laagtes in dekzandgebied

Waar in natte heidegebieden en hoogvenen de voeding voornamelijk plaatsvindt met regenwater, spelen in de beekdalen en in de lager gelegen delen van het dekzandgebied ook kwel en overstroming met oppervlaktewater een belangrijke rol. De samenstelling van het opkwellende grondwater en de intensiteit van de overstromingen zijn afhankelijk van de ligging in het landschap en de aard van de ondergrond. In de bovenlopen van de beken en op de overgangen naar hoger gelegen dekzandgebieden is overwegend sprake van lokale kwel, en overheersen relatief voedselarme zure omstandigheden. In de benedenstroomse delen van de beekdalen treden vaak overstromingen op en is het opkwellende grondwater vaak van regionale herkomst, zodat hier voedselrijkere en neutrale tot basische omstandigheden overheersen.

Op plekken waar sprake is van kwel met relatief kalkrijk grondwater en waar tevens weinig of geen overstromingen plaatsvinden komen orchideeënrijke blauwgraslanden en hellingveentjes voor met kalkminnende soorten als *Parnassia*, Vleeskleurige orchis en Moeraswespenorchis. Op plekken waar sprake is van lokale kwel met minder kalkrijk grondwater, komen wat soortenarmere blauwgraslanden voor met Spaanse ruiter en Veldrus. Waar deze blauwgraslanden grenzen aan heidegebieden kunnen ook heischrale graslanden voorkomen, met Borstelgras en Wolverlei en soortenrijke heide met Dopheide, Beenbreek en Klokjesgentiaan. Op lagergelegen plekken die regelmatig worden overstromd met beekwater komen meer voedselminnende vegetaties voor met soorten als Dotterbloem, Scherpe zegge en Moerasspirea. Afhankelijk van de lokale gesteldheid kunnen gradiënten ontstaan waarin bovengenoemde situaties in elkaar overgaan. Figuur 14 geeft een voorbeeld van een gradiënt zoals die langs de middenloop van beken kan worden aangetroffen.

Wanneer geen beheer plaatsvindt ontstaan broekbossen. Ook hier geldt dat de soortensamenstelling van boomlaag en ondergroei sterk afhangt van de invloed van kwel en overstroming. Op kwelplekken komen soortenrijke broekbossen voor met in de ondergroei soorten als Goudveil en Bittere veldkers. Op regelmatig overstromde voedselrijkere plekken is sprake van een dichtere ondergroei van hoog opgaande soorten als Gele lis en Moeraszegge.



Figuur 14. Denkbeeldig dwarsprofiel door de middenloop van een beekdal. Op hoger gelegen plekken infiltrteert regenwater en komen voedselarme zure heidesystemen voor. Op de lager gelegen plekken heersen, door aanvoer van mineralen met grond- en oppervlaktewater, minder zure en voedselrijkere omstandigheden.

Door de onttrekking van grondwater voor de drinkwatervoorziening, het rechtekken en verdiepen van beken en het graven van sloten en afwateringskanalen is de waterhuishouding in het dekzandgebied sterk veranderd. Door de verminderde toevoer van grondwater en de verminderde inondaties met beekwater hebben over het algemeen een sterke verzuring en verschraling plaatsgevonden, waarbij basenminnende soorten als Brede orchis en Dotterbloem verdwijnen en zuurminnende soorten als Moerasstruisgras, Zwarte zegge en Pijpestrootje zich uitbreiden of vestigen.

Ondanks de gedaalde grondwaterstanden zijn de brongebieden en sprengen aan de randen van de stuwwallen over het algemeen minder aangetast door verdroging. Hier is vooral sprake van verslechtering van de waterkwaliteit door atmosferische depositie van stikstofverbindingen (verzuring, toename nitraatgehalte), die een bedreiging vormen voor de aanwezige flora en fauna. Wanneer bronnen of sprengen eenmaal zijn droogvallen door grondwaterstandsval zijn de mogelijkheden voor herstel met lokale maatregelen gering. Dat ligt anders bij hellingveentjes die door landbouwkundige ontwatering (aanleg greppels en sloten) zijn ontwaterd; hier zijn wel mogelijkheden voor herstel met lokale maatregelen.

4.2.4 Kustduinen

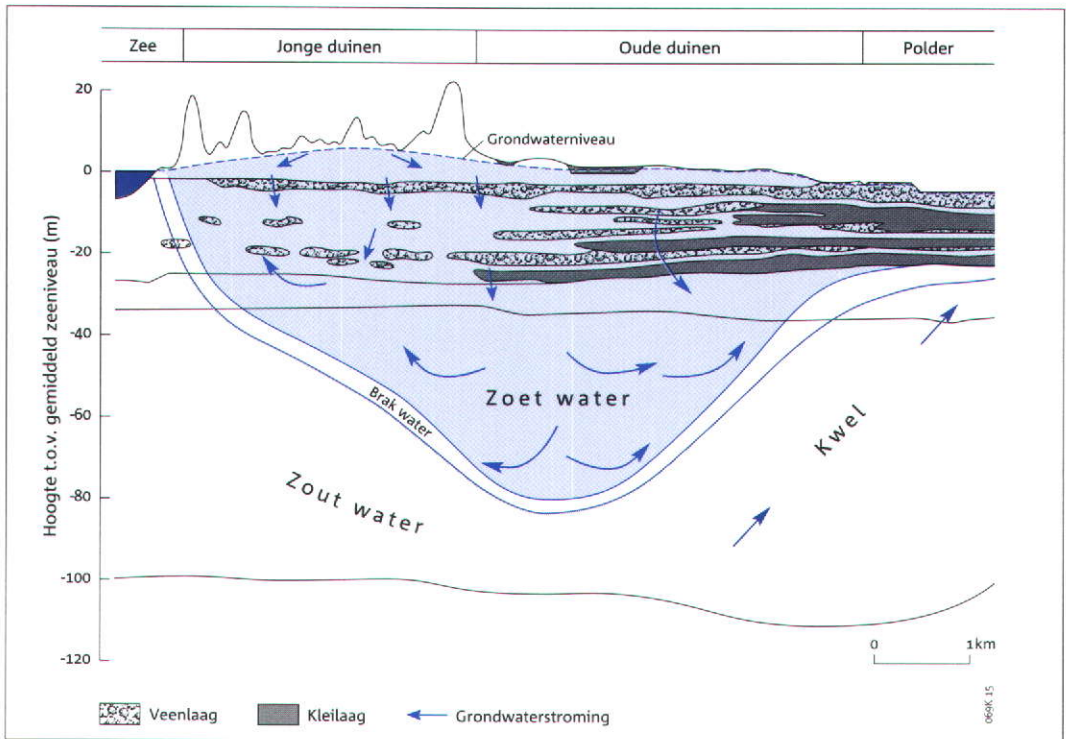
Kustduinen vormen hydrologisch gezien infiltratiegebieden. Een belangrijk onderscheid met andere infiltratiegebieden als stuwwallen of binnenlandse stuifzandgebieden is echter dat het grondwater in de ondergrond zout is. Doordat het infiltrerende zoete regenwater lichter is dan het zoute grondwater in de ondergrond vormt zich een zoetwaterbel met een opbolling van enkele meters (figuur 15). De hoogte van de opbolling is afhankelijk van de breedte van het duinmassief. Door deze opbolling is de grondwaterstand relatief hoog, en de oppervlakte aan natte valleien is in ongestoorde situaties dan ook vaak relatief groot.



Foto 4

Natte duinvallei op Texel. Door de opbolling van de waterspiegel ontstaan in niet-verdroogde duingebieden vaak over grote oppervlakten natte duinvalleien, die 's winters onder water staan. Foto: J. Runhaar.

Een ander verschil met binnenlandse zandgebieden is, dat de bodem over het algemeen rijk is aan kalk en andere mineralen. Dit geldt met name voor de kalkrijke duinen ten zuiden van Bergen aan Zee, waar de bodem overal meer dan 1% kalk (CaCO_3) bevat. Het gevolg is dat natte duinvalleien meestal goed gebufferd zijn tegen verzuring, waarbij de zuurgraad afhangt van de kalkrijkdom van de bodem, en de mate waarin toevoer van kalkrijk grondwater vanuit het omringende duingebied plaatsvindt. In de kalkrijke duinen ten zuiden van Bergen is in de natte duinvalleien vrijwel altijd sprake van neutrale tot basische omstandigheden. In de kalkarme duinen kunnen in de duinvalleien zowel zure als basische omstandigheden heersen.



Figuur 15. Doorsnede door een duingebied (Berkheide). Doordat het infiltrerende regenwater lichter is dan het zoute water in de ondergrond vormt zich een 'zoetwaterbel' (Uit Van Dijk & Grootjans, 1991).

Vooral jonge, natte kalkrijke duinvalleien, die 's winters plas-dras staan en 's zomers oppervlakkig uitdrogen worden botanisch hoog gewaardeerd. Door de open vegetatiestructuur, en de aanwezige gradiënten in vochttoestand en zuurgraad is de soortenrijkdom van dergelijke duinvalleien zeer groot. Kenmerkende soorten voor jonge kalkrijke duinvalleien zijn onder meer Knopbies, Parnassia, Moeraswespenorchis en Strandduizendguldenkruid. In natte zure duinvalleien komen soortenrijke natte heidevegetaties voor met Dopheide, Grote veenbes, Stekelbrem en Gevlekte orchis.

Wanneer het water permanent boven het maaiveld staat, ontstaan relatief voedselrijke duinmeren, waarin zich snel moerasvegetaties vestigen en laagveenvorming plaatsvindt. Als verstuing en vegetatiebeheer achterwege blijven, groeien de valleien dicht met struweel en bos, en neemt de soortenrijkdom af.

Historisch gezien vormt de winning van grondwater de belangrijkste oorzaak van verdroging in het duingebied. Maar ook versmalling van het duingebied door kustafslag of afgraving, verlaging van de peilen in

aanliggende polders, en de toegenomen verdamping door het vastleggen van het duin en de aanplant van productiebossen hebben bijgedragen aan de grondwaterstandsdeling in de duinen.

De effecten van grondwaterstandsdeling zijn nogal afhankelijk van de kalkrijkdom van de bodem. In natte zure valleien blijven de effecten meestal beperkt tot een verschuiving van natte naar droge heidevegetaties. In natte kalkrijke duinen leidt grondwaterstandsdeling tot een toename van de afbraak van organisch materiaal, en verruigt de vegetatie doordat Duinriet profiteert van de toegenomen aëratie en voedselrijkdom en zich sterk uitbreidt (foto 5).



Foto 5

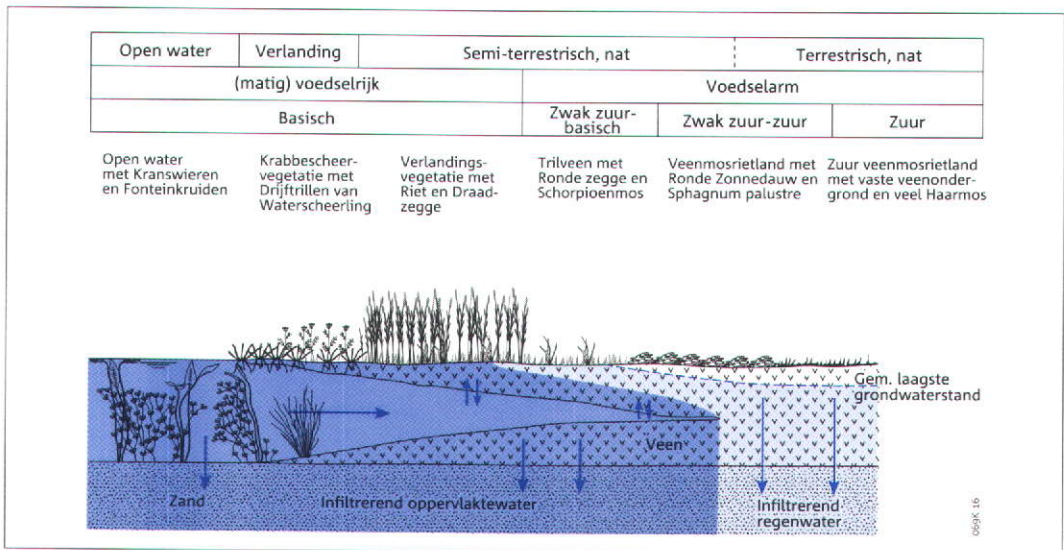
In verdroogde kalkrijke duinvalleien profiteert Duinriet vaak massaal van de toegenomen aëratie en de verhoogde mineralisatie van organisch materiaal. Foto: J. Runhaar.

In het verleden vormde de slechte kwaliteit van rivierwater, dat in de duinen werd ingelaten om na bodempassage gewonnen te worden voor drinkwaterbereiding, een groot probleem. Dit leidde tot een sterke eutrofiëring van plekken die onder invloed stonden van het ingelaten water. Door de zuivering van het inlaatwater is de aanvoer van voedingsstoffen sterk verminderd. Door in de toekomst het water diep in de ondergrond te infiltreren (diepinfiltratie) zal de invloed op het oppervlakkige hydrologische systeem naar verwachting verder afnemen. Op het herstel van door inlaat van ver-vuild water aangetaste duinsystemen wordt in dit handboek verder niet ingegaan, hiervoor wordt verwezen naar de literatuur over dit onderwerp.

4.2.5 Laagveenmoeras

Oorspronkelijk was een groot gedeelte van Laag-Nederland (het westen, behalve het duingebied, onder de zeespiegel) bedekt met laagveenmoerassen. Dit waren plekken die werden gevoed door grond- en of oppervlaktewater, waar door de natte, mineraalrijke omstandigheden een uitbundige groei van moerasvegetaties optrad en een snelle vorming van laagveen plaatsvond. Inmiddels zijn de meeste laagveen-gebieden ontgonnen en resteren slechts een beperkt aantal moerasgebieden.

De standplaatscondities en de soortensamenstelling van de vegetatie zijn sterk afhankelijk van het stadium waarin de veenvorming zich bevindt. Deze begint in open water, met aanvankelijk ondergedoken watervegetaties waarin veel Kranswieren en diverse soorten Fonteinkruid voorkomen. Langs de randen van de plassen en in beschutte delen vestigen zich in ondiep water al snel ook drijvende planten als Waterscheerling en Krabbescheer, en boven het water uitstekende verlandingssoorten als Riet en diverse Zegge-soorten (figuur 16).



Figuur 16. Denkbeeldig dwarsprofiel van een laagveenmoeras in een wegzijgingssituatie met alle successiestadia van open water naar zuur veenmosrietland. Zolang er sprake is van een drijvende veenlaag zijn de grondwaterstandsfluctuaties beperkt en worden zuurgraad en voedselrijkdom gebufferd door de menging van regenwater en oppervlaktewater. Wanneer eenmaal sprake is van een min of meer vaste veenlaag nemen de grondwaterstandsfluctuaties toe en dalen de pH en de voedselrijkdom onder invloed van het infiltrerende regenwater.

Door de ophoping van organisch materiaal en de vestiging van allerlei moerasplanten ontstaan in de volgende fase van de verlandings- 'trilvenen', dat zijn matten van organisch materiaal bijgehouden door plantenwortels, die drijven op het water. Doordat in deze

trilvenen menging optreedt van voedselarm zuur regenwater met het onder het veen aanwezige voedselrijke, basenrijke oppervlaktewater, ontstaan soortenrijke gradiëntsituaties waarin ook soorten voorkomen die kenmerkend zijn voor voedselarme zwak zure en basische milieus, zoals Ronde zegge en Schorpioenmos.

Van nature gaan deze vegetaties door de vestiging van Wilgen en Elzen als snel over in moerasstruweel en moerasbos. Door maaibeheer kan de successie nog enig tijd afgeremd worden. In kleinere laagveenmoerasjes aan de rand van het dekzandgebied, waar een dunne veenlaag ligt op een zandondergrond, kunnen bij handhaving van het maaibeheer soortenrijke blauwgraslanden ontstaan, die worden gevoed door uit het zandpakket opwellend grondwater. De meeste laagveenmoerassen liggen echter in wegzijgingssituaties of indifferente situaties. Wanneer het veen aangroeit en het contact met het oppervlaktewater verloren gaat, vormen zich hier in de bovengrond regenwaterlenzen. Onder maaibeheer vormen zich dan veenmosrietlanden, waar tussen het Riet meer zuurminnende soorten als Gewoon veenmos (*Sphagnum palustre*) en Ronde zonnedauw voorkomen. Bij voortgaande verzuring kunnen zelfs veenheides met Dopheide en Veenbes ontstaan. In natuurlijke laagveenmoerassen zou verder successie uiteindelijk leiden tot de vorming van hoogveen. In de huidige situatie zijn de wegzijging naar de omgeving en daarmee de fluctuaties in de grondwaterstand vaak te groot voor hoogveenvorming, en blijft de ontwikkeling steken in een soortenarm stadium waarin het verdrogingstolerante Haarmos (*Polytrichum commune*) een belangrijke plaats inneemt in de vegetatie.

Omdat de grotere laagveenmoerassen vrijwel altijd deel uitmaken van de boezem, waarin het water op een constant peil wordt gehouden, komt verdroging door (grond)waterstandsdeling weinig voor. Waar (grond)waterstandsdeling optreedt resulteert dit in een snelle afbraak van het aanwezige veen, wat onder meer leidt tot verruiging van de vegetatie door de versnelde groei van Riet en Hennegras, en de vestiging van soorten als Brandnetel en Harig Wilgeroosje.

In de meeste laagveenmoerassen is geen sprake van (grond)waterstandsdeling, en zijn de verslechtering van de waterkwaliteit en de voortgaande successie de voornaamste oorzaken voor een achteruitgang in de soortenrijkdom. Als gevolg van de eutrofiëring van het oppervlaktewater is in vrijwel alle Nederlandse laagveenmoerassen het water zo voedselrijk geworden dat hogere waterplanten zijn verdrongen door algen, als gevolg waarvan verlandingsprocessen niet of nauwelijks nog optreden. Doordat het voormalige rietbeheer grotendeels is gestaakt zijn ook veenmos-rietlanden dichtgegroeid met bos en struweel. Het gevolg van deze ontwikkelingen is, dat er vaak een scherpe tweedeling is ontstaan tussen open water, vrijwel zonder hogere

plantengroei, en soortenarm moerasbos op de plaatsen van voormalige trilvenen en veenmosrietlanden. Vermindering van de stijghoogtes heeft bijgedragen aan deze achteruitgang: als gevolg van een toegenomen wegzijging is in veel gebieden de inlaat van vervuild water toegenomen.

4.2.6 Overig laagveengebied

In het laagveengebied en het daaraan grenzende klei-op-veengebied kwamen vroeger op grote schaal extensief bemeste hooilanden voor, met daarin soorten als Blauwe Knoop en Spaanse ruiter en diverse orchideeënsoorten. De meeste van deze schraalgraslanden zijn inmiddels door intensieve bemesting veranderd in productieve weilanden. Waar schraalgraslanden onder natuurbescherming zijn gekomen zijn ze over het algemeen sterk verarmd, ook wanneer het (grond)waterpeil niet is verlaagd. Daarbij speelt een belangrijke rol, dat geen buffering meer plaatsvindt door inundatie met oppervlaktewater. Vroeger stonden veel hooilanden in de winter onder water. Deze overstromingen zorgden voor de aanvoer van mineralen en kalk. Nu zowel bemesting als inundatie achterwege blijven, en aanvoer van mineralen alleen nog plaatsvindt via regenwater, treedt op de veengronden een sterke verschraling en verzuring op. Op de overgangen naar de hoger gelegen dekzandgebieden kan de verzuring ook worden veroorzaakt door het wegvallen van kwel. Als gevolg van verzuring verdwijnen soorten als Spaanse ruiter en orchideeën, en nemen zuurminnende soorten als Zwarte zegge, Moerasstruisgras en Pijpestrootje in bedekking toe. Als tevens door grondwaterstands daling mineralisatie van het veen optreedt ontstaan relatief voedselrijke, zure omstandigheden waar een soort als Witbol van kan profiteren. Bij verdere verzuring en verschraling kan uiteindelijk Pijpestrootje gaan domineren. Bij de klei-op-veengronden is veel minder sprake van verzuring, doordat deze bodems beter gebufferd zijn en dus minder snel verzuren.

In de verspreid in het laagveengebied voorkomende hakhoutbosjes hebben vooral de verlaging van de peilen in de omgeving en de daarmee samenhangende daling van de grondwaterstand geleid tot een floristische verarming. Meestal uit dit zich in de achteruitgang van aan natte omstandigheden aangepaste soorten als Moeraspirea en Koninginnekruid, en de toename van Braam, een soort die profiteert van de toegenomen voedselrijkdom als gevolg van de afbraak van organisch materiaal.

De slechte kwaliteit van het water dat wordt ingelaten in laagveengebieden wordt ook wel eens als verdrogingsprobleem aangeduid. Het gaat daarbij echter primair om een vervuilingsprobleem, waarvoor over het algemeen andere maatregelen nodig zijn dan die in dit handboek worden beschreven.

4.2.7 Hoogveen

Hoogveen ontstaat op plaatsen waar de afvoer van regenwater stagneert, en waar onder voedselarme zure omstandigheden veenmosveen wordt gevormd. De hydrologische eigenschappen worden in sterke mate bepaald door de eigenschappen van het veen. De onderste laag van het veen, die bestaat uit deels gehumificeerde en samengedrukte plantendelen, heeft een geringe verticale doorlatendheid, waardoor de wegzijging naar de ondergrond gering is. De bovenste laag, die bestaat uit levende en recent afgestorven veenmossen, is in staat grote hoeveelheden water op te nemen en bij droogte weer af te staan, waarbij het veen functioneert als een soort spons. Hierdoor zijn de grondwaterstandsschommelingen in hoogveen zeer gering, in de orde van 2 dm. Naast veenmossen (onder meer Hoogveenmos, *Sphagnum magellanicum*) komen in hoogveenvegetaties ook veel dwergstruiken voor zoals Dopheide, Struikheide, Veenbes en Lavendelheide.

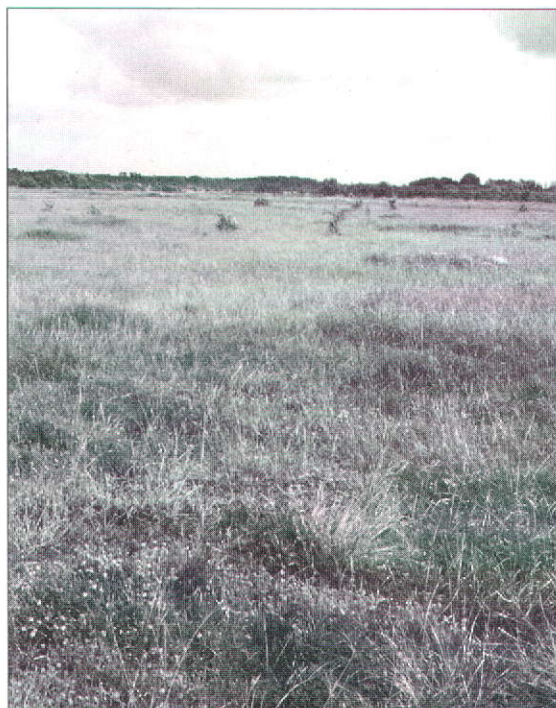


Foto 6
Meerstalblok in het Bargerveen, het enige resterende gedeelte levend hoogveen in Nederland. Foto: J. Runhaar.

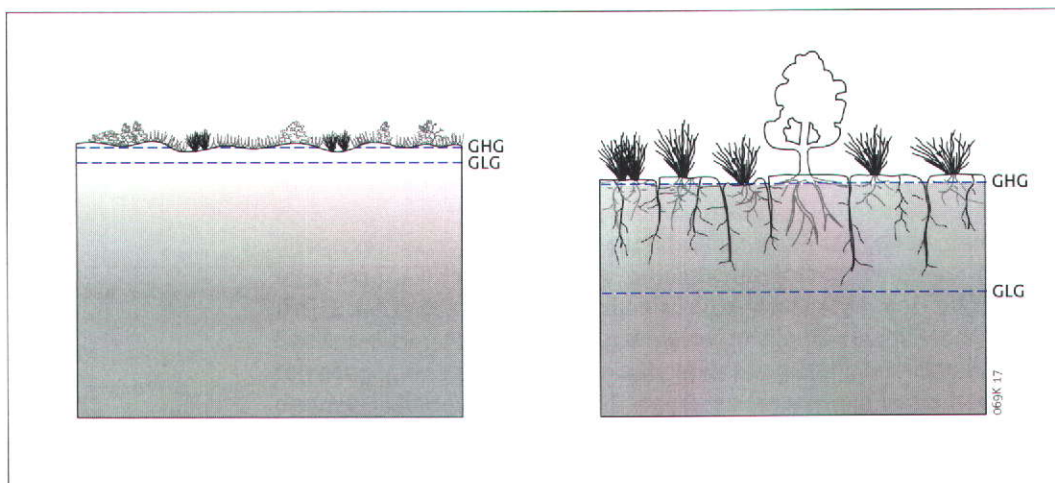
Door de kleine grondwaterstandsfluctuaties doet zich het opvallende verschijnsel voor, dat op iets hoger gelegen bulten soorten voorkomen die normaal alleen op veel drogere standplaatsen kunnen worden aangetroffen, zoals Struikheide, terwijl in de nauwelijks lager gelegen slenken uitgesproken vochtminnende soorten als Witte snavelbies en Kleine zonnedauw voorkomen.



Foto 7

Verdroogd hoogveen in de Deurnse Peel. De veenlaag is sterk ingeklonken, wat is te zien aan de bultige structuur links vooraan. De begroeiing bestaat uit Pijpestrootje (voorgrond) en Adelaarsvaren (achtergrond). Opzetten van de waterpeilen in de veenwijken is onvoldoende om de veengroei te herstellen. Foto: J. Runhaar.

Voorzover de Nederlandse hoogveengebieden niet zijn ontgonnen, zijn ze alle aangetast door de aanleg van ontwateringssloten en -greppels. Bij geringe ontwatering veranderen de eigenschappen van het hoogveen slechts in geringe mate. Hoewel er geen nieuw veen meer wordt gevormd (men spreekt van 'slapend veen'), verandert de structuur van de bovengrond slechts weinig, en is de hoogveengroei in principe weer vrij gemakkelijk op gang te brengen door grondwaterstandsverhoging. De meeste Nederlandse hoogveengebieden zijn echter sterk verdroogd, met als gevolg dat ook de structuur van het veen irreversibel is veranderd (foto 7 en figuur 17). Voorzover de bovengrond nog aanwezig is, is ze sterk ingeklonken en veraard, en niet meer in staat om grote hoeveelheden water op te nemen. Een gevolg is dat, ook na vernatting, de grondwaterstandsschommelingen groter zijn dan in het oorspronkelijke veen. Soorten die sterk hebben geprofiteerd van de toegenomen aëratie van de bovengrond zijn diepwortelende soorten, zoals Pijpestrootje en Zachte berk. Doordat deze soorten ook bij lagere grondwaterstanden nog veel water verdampen heeft de vestiging van deze soorten tot gevolg dat de grondwaterstandschommelingen nog verder toenemen.



Figuur 17. Vergelijking van levend met verdroogd hoogveen. In levend hoogveen (links) zijn als gevolg van het grote waterbergende vermogen van de toplaag de grondwaterstandsfluctuaties (verschil GHG en GLG) beperkt. Is het veen eenmaal irreversibel uitgedroogd dan zullen zelfs als het gebied weer wordt vernat de grondwaterstandsfluctuaties groot blijven (rechts).

4.2.8 Rivier- en zeeklei-gebied

In vergelijking met de zand- en veengebieden zijn de kleigebieden minder gevoelig voor verdroging. Door de geringe doorlatendheid van de bodem zijn grondwaterstanden in natuurgebieden minder afhankelijk van de peilen in de omgeving, en speelt kwel — althans in de percelen — een minder grote rol. Voorzover grondwaterstands daling optreedt is dit vooral een gevolg van peilverlaging, en zijn waterconserverende maatregelen over het algemeen voldoende voor herstel van de oorspronkelijke hydrologische situatie. Door de grote basenrijkdom en voedselrijkdom van de bodem zijn veranderingen in de zuurgraad en voedselrijkdom over het algemeen beperkt. Voorzover er sprake is van vermindering van kwel heeft dit vooral gevolgen voor de sloten, waar afname van kwel leidt tot een verslechtering van de waterkwaliteit. In kustgebieden kan de vermindering van zoute kwel er toe leiden dat binnendijkse zoutvegetaties verdwijnen.

4.2.9 Heuvelland

In de beekdalen in het heuvelland spelen vergelijkbare problemen als in het dekzandgebied. Op de hogere delen komen slechts in beperkte mate grondwaterafhankelijke systemen voor. Hoewel de grondwaterstanden in de hogere delen wel aanzienlijk zijn gedaald, is de daling meestal niet zo groot dat dit heeft geleid tot het droogvallen van de aanwezige bronnen. Wel hebben lokale verbeteringen in de ontwatering en afwatering geleid tot het verdwijnen van soortenrijke helling-

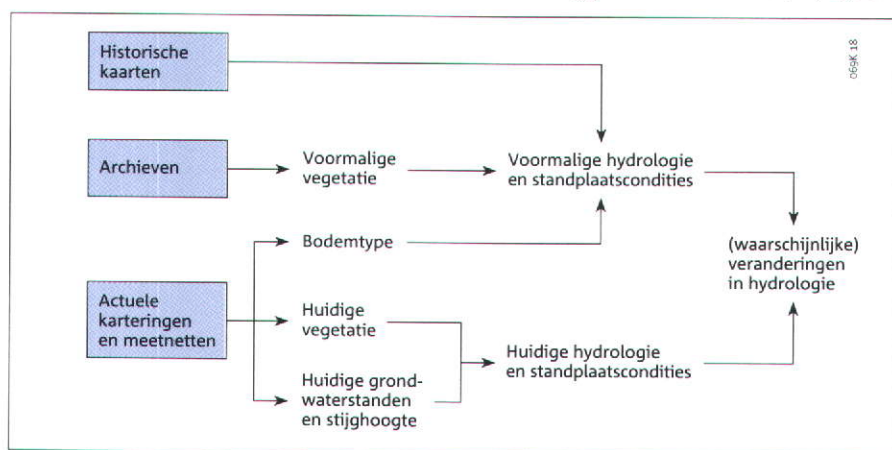
veentjes met Gele zegge, Moeraswespenorchis en Vetblad, die vroeger voorkwamen op de kwelplekken.

4.3 De analyse

Alvorens een keuze te maken voor bepaalde herstelmaatregelen is het nodig een analyse uit te voeren van de opgetreden veranderingen in de vegetatie en te bepalen wat de oorzaken zijn van de geconstateerde achteruitgang. Een goede analyse kan voorkomen dat de verkeerde maatregelen worden genomen en kan ook veel geld besparen. Wanneer bijvoorbeeld verzuring wordt veroorzaakt door natuurlijke successie heeft het weinig zin om ingrijpende hydrologische maatregelen te nemen. Hydrologische maatregelen zijn juist wel nodig wanneer blijkt dat de verzuring is veroorzaakt door het wegvallen van kwel.

In de vorige paragraaf is per type gebied kort aangegeven welk type probleem verwacht kan worden. Om te achterhalen in hoeverre deze problemen in een gebied daadwerkelijk spelen dient gebruik gemaakt te worden van gebiedsspecifieke gegevens.

Het probleem is dat de veranderingen in de hydrologie en vegetatie meestal slecht zijn gedocumenteerd, en dat in de te onderzoeken gebieden nog meer veranderingen hebben plaatsgevonden dan alleen veranderingen in de hydrologie. Door gebruik te maken van een combinatie van aanwezige informatie is het echter meestal wel mogelijk te komen tot een reconstructie van veranderingen in de vegetatie, en te achterhalen wat de achterliggende oorzaken zijn (figuur 18).



Figuur 18. Schema van de oorzaakanalyse. Doordat gegevens over de vroegere hydrologische situatie meestal ontbreken kan alleen indirect worden nagegaan welke hydrologische veranderingen waarschijnlijk ten grondslag liggen aan de geconstateerde veranderingen in de vegetatie.

Gegevens over de vroegere vegetatie zijn te vinden in de archieven van terreinbeherende instanties. Van belang daarbij zijn de uit het Natuur-Wetenschappelijk Archief (NWA) afkomstige gegevens uit de jaren vijftig, toen door het toenmalige ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk werk een inventarisatie plaatsvond van reeds beschermde en eventueel nog aan te kopen natuurgebieden. De gegevens uit het NWA zijn verdeeld over de provinciale landschappen en zijn daar na afspraak te raadplegen. Ook in de archieven van Natuurmonumenten en de regionale directies van Staatsbosbeheer zijn historische gegevens terug te vinden. Hoewel de historische gegevens summier zijn (vaak alleen soortenlijstjes) levert een vergelijking met informatie over de huidige vegetatie wel een beeld op van veranderingen in de laatste tientallen jaren. Gegevens over de huidige vegetatie zijn te halen uit beheersplannen en rapporten over vegetatiekarteringen.

Uit de vergelijking tussen de huidige en vroegere vegetatie kan bij benadering worden bepaald welke veranderingen in standplaatscondities zijn opgetreden. In tabel 4 wordt per type gebied en per hydrologische ingreep een overzicht gegeven van de te verwachten veranderingen in standplaatsfactoren en de daaraan gerelateerde verschuivingen in de vegetatie.

Tabel 4. Abiotische en biotische effecten van ingrepen in de waterhuishouding.

Ecosysteemtype	Oorzaak	Effect				Biotisch
		Abiotisch				
		verdroging s.s.	verzuring	eutrofiering	verarming	
NATTE HEIDE	Grondwaterstands-daling	X	—	—	—	<ul style="list-style-type: none">- afname soorten van natte tot vochtige zure milieus als Veenmos, Snavelbies, Dopheide, Zonnedaauw- toename Pijpestrootje¹
	afname (zeer) lokale kwel	—	X	—	—	<ul style="list-style-type: none">- verdwijnen soorten van zure tot zwak zure milieus als Beenbreek, Gevlekte orchis, Heidekartelblad²
VEN	waterstands-daling	X	X	—	—	<ul style="list-style-type: none">- verdwijnen van waterplanten- toename soorten van natte-vochtige, zure, voedselarme tot matig voedselrijke milieus als Pitrus, Pijpestrootje en Moerasstruisgras
	afname van (zeer) lokale kwel	—	X	—	X	<ul style="list-style-type: none">- afname soorten van voedselarme zwak zure milieus als Oeverkruid, Waterlobelia en Biesvaren- toename soorten van voedselarme zure milieus als Knolrus en Waterveenmos²
	isolatie van oppervlaktewater	—	X	—	X	<ul style="list-style-type: none">- afname soorten van voedselarme tot matig voedselrijke zwak zure milieus als Moerashertshooi, Oeverkruid, Drijvende waterweegbree en Waterlobelia- toename soorten van voedselarme zure milieus als Knolrus en Waterveenmos²

Ecosysteemtype	Oorzaak	Effect					
		Abiotisch				Biotisch	
		verdroging s.s.	verzuring	eutrofiering	verarming		
BEEKDAL, LAAGTE IN HET DEKZANDGEBIED	grondwaterstand- daling	X	X	X ^e	X ^a	<ul style="list-style-type: none"> - afname soorten van natte milieus - toename van soorten van vochtige zure milieus als Pitrus, Witbol, Biezeknoppen, Reukgras en Braam, soms op korte termijn ook van voedselminnende storingsoorten als Brandnetel³ 	
	verdwijnen inundaties	—	X	—	X	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen soorten van matig voedselrijke milieus als Dotterbloem, Blaaszegge en Echte koekoeksbloem - toename soorten van natte, voedselarme zure milieus als Moerasstruisgras, Veenpluis, Zwarte zegge en Pijpestrootje 	
	afname kwel	—	X	—	—	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen soorten van zwak zure tot basische milieus als Dotterbloem, Spaanse ruiter, Blauwe zegge, Blonde zegge en Vleeskleurige orchis - toename soorten van natte, voedselarme zure milieus als Moerasstruisgras, Veenpluis, Zwarte zegge en Pijpestrootje 	
LAAGVEEN- MOERAS	natuurlijke successie (ontstaan veenpakket met regenwaterlens)	—	X	—	—	<ul style="list-style-type: none"> - afname soorten van zwak zure tot basische milieus als Ronde zegge, Moeraskartelblad en Schorpioenmos - toename soorten van voedselarme zure milieus als Ronde zonnedaauw en de mossen <i>Sphagnum palustre</i> en <i>Polytrichum commune</i> 	
	verminderen kwel	—	X	—	—	- idem ⁴	

Ecosysteemtype	Oorzaak	Effect					
		Abiotisch				Biotisch	
		verdroging s.s.	verzuring	eutrofiering	verarming		
LAAGVEEN MOERAS	(grond)water-standsverlaging	X	X	X	—	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen soorten van natte standplaatsen - toename Riet en Hennegras, vestiging voedselminnende soorten als Brandnetel en Harig wilgeroosje 	
	verontreiniging inlaatwater/inlaat verontreinigd water ⁶	—	—	X	—	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen van Kranswieren en andere hoger waterplanten - optreden algenbloei 	
HOOGVEEN	grondwater-stands daling	X	—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen van Veenmossen en andere soorten van natte standplaatsen - toename van Pijpestrootje en Berk 	
KALKRIJKE NATTE DUINVALLEIEN	grondwater-stands daling	X	X	X ²	X ³	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen soorten van natte standplaatsen als Parnassia, Strandduizendguldenkruid en Moeraswespenorchis - toename Duinriet 	
KALKARME NATTE DUINVALLEIEN	grondwater-stands daling	X	X	—	x	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen van soorten van natte standplaatsen zoals Gevlekte orchis, en Stijve Moerasweegbree 	
LAAGVEENGEBIED	grondwater-stands daling	X	X	X ²	X ³	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen van soorten van natte standplaatsen - toename van Witbol, Pijpestrootje en Braam 	
	wegvallen inundaties of kwel	—	X	—	x	<ul style="list-style-type: none"> - verdwijnen van soorten van zwak zure tot basische milieus als Dotterbloem, Blauwe zegge en Spaanse ruiter - toename soorten van voedselarme zure omstandigheden als Moerasstruisgras en Pijpestrootje 	

- 1 De effecten van grondwaterstandsaling zijn moeilijk te onderscheiden van de effecten van het staken van het traditionele heidebeheer (plaggen en begrazing) en de toegenomen depositie van stikstofverbindingen. Wanneer soorten van natte heide ook na plaggen niet of slechts tijdelijk terugkeren is dat een aanwijzing voor verdroging.
- 2 De effecten van de afname van de invloed van grondwater- en/of oppervlakte zijn niet te onderscheiden van de effecten van verzuring van grond- en oppervlaktewater door atmosferische depositie van stikstof- en zwavelverbindingen.
- 3 In gronden rijk aan organisch materiaal kan op korte termijn vermessing optreden door de versnelde afbraak van organisch materiaal. Op lange termijn is er sprake van verarming, door uitspoeling van nutriënten met regenwater en vastlegging in organisch materiaal dat onder zure omstandigheden accumuleert.
- 4 Vermindering van kwel kan alleen een oorzaak van verzuring zijn in kwelsituaties waar het veenpakket direct in contact staat met de zandondergrond. Bij een drijvende veenlaag en in wegzigings-situaties staat de wortelzone niet onder directe invloed van grondwater
- 5 Een verminderde stijghoogte in de ondergrond kan leiden tot extra wegzijging en daarmee tot de noodzaak voor inlaat van water. In de meeste gevallen is de oorzaak van de waargenomen eutrofiëring niet een verandering in de hydrologie, maar van de de sterke verslechtering van de oppervlaktewaterkwaliteit in de jaren zestig en zeventig

Voor de interpretatie van vegetatiegegevens in termen van standplaatscondities kan gebruik worden gemaakt van een aantal indicatorsystemen (zie kader 6). Daarbij moet er wel voor gewaarschuwd worden, dat veranderingen in de vegetatie zelden eenduidige informatie geven over eventuele verdroging. Zo kan het verdwijnen van soorten van natte heide en de verruiging met Pijpestrootje een gevolg zijn van grondwaterstandsaling, maar ook het gevolg zijn van het verdwijnen van plag- en begrazingsbeheer. Daarom moet, om te komen tot een juiste interpretatie, altijd gebruik worden gemaakt van aanvullende gegevens over bodem, hydrologie en beheer.

Kader 6

Vegetatie als indicator voor standplaatsomstandigheden

Doordat de soortensamenstelling van vegetatie afhankelijk is van de standplaatsomstandigheden, is het mogelijk uit de vegetatiesamenstelling bij benadering af te lezen wat de heersende standplaatscondities zijn. Van deze eigenschap wordt veel gebruik gemaakt om in situaties waar geen metingen beschikbaar zijn van de grondwaterstand, de pH of nutriëntengehaltes, toch uitspraken te doen over de vochttoestand, zuurgraad en voedselrijkdom.

Het meest bekend is het indicatorsysteem van Ellenberg et al. (1992), die aan alle in midden-Europa voorkomende soorten een indicatiewaarde voor vochttoestand, zuurgraad en voedselrijkdom hebben toegekend. Voor zuurgraad loopt deze schaal van 1 (zuur) tot 9 (basisch) en voor vochttoestand van 1 (kurkdroog) tot 12 (open water). Door per standplaats de Ellenbergwaarden van de voorkomende soorten te middelen kan een indruk worden gegeven van de heersende abiotische condities. Neemt het gemiddelde vochtgetal van de soorten die op een standplaats voorkomen af van 8,1 naar 6,3, dan is dat een duidelijke aanwijzing voor verdroging.

Door het RIVM is het indicatorsysteem van Ellenberg uitgebreid door per soort niet alleen het optimum weer te geven, maar ook de spreiding (Wiertz et al., 1992). Zo kan onderscheid worden gemaakt tussen kieskeurige soorten met een kleine tolerantie en minder kieskeurige soorten met een grote tolerantie ten aanzien van de onderzochte milieufactor. Dit systeem is onder de naam MOVE opgenomen in de Natuurplanner (Latour et al., 1997).

Door SBB en KIWA is een indicatorenreeks uitgebracht waarin per vegetatietype wordt aangegeven welke soorten indicatief zijn voor verdroging, verzuring en vermessing (Jalink en Jansen 1995, Jalink 1996, Aggenbach en Jalink 1997). Daarbij wordt de indicatiewaarde afhankelijk gesteld van het vegetatietype: Een soort die in het ene type kenmerkend is voor verdroging kan in een ander type kenmerkend zijn voor vernatting.

Ook de indeling in ecologische groepen door Runhaar et al. (1987) kan gebruikt worden als een indicatiesysteem. In deze indeling wordt aangegeven welke plantensoorten kenmerkend zijn voor bepaalde combinaties van standplaatscondities. Soorten die weinig kieskeurig zijn en op veel verschillende standplaatsen voorkomen zijn in meerdere soortengroepen ingedeeld. Uit de verschuivingen tussen soortengroepen kan eveneens worden afgeleid welke veranderingen in standplaatscondities naar verwachting hebben plaatsgevonden.

Voor gegevens over de huidige grondwatersituatie kan gebruik worden gemaakt van het bij TNO aanwezige grondwaterarchief OLGA, waarin ook de gegevens van de terreinbeherende instanties zijn opgenomen. Gegevens over de grondwaterstand in landbouwgebieden in het begin jaren van de vijftig zijn te vinden in het zogenaamde COLN-archief, aanwezig bij NITG-TNO en het DLO-Staring Centrum.

Wanneer, zoals in de meeste natuurgebieden, grondwaterstandsgegevens van voor 1970 ontbreken kan ook uit historische kaarten informatie worden afgeleid over de vroegere hydrologische situatie. Zo is

in dekzandgebieden de aanwezigheid van intensief door sloten doorsneden beekdalgraslanden een duidelijke aanwijzing voor kwel, en geven de kaarten informatie over de vroegere ligging en omvang van vennen en andere oppervlaktewateren. Gebruik kan onder meer worden gemaakt van de Historische Atlassen per provincie met de situatie rond 1900.

Daarnaast is ook uit het bodemtype veel informatie af te leiden over de historie van een gebied. Zo kan de aanwezigheid van ijzer- en kalkconcreties in de bodem een duidelijke aanwijzing vormen voor het vroegere optreden van kwel. Veel bodemtypen kunnen alleen ontstaan in natte situaties, zodat uit hun verspreiding kan worden afgeleid waar vroeger natte plekken voorkwamen. Ook het humusprofiel kan aanwijzingen geven over veranderingen in de hydrologie. Bijvoorbeeld, wanneer in een beekdwalgrond waarvan de bovengrond in ongestoorde omstandigheden bestaat uit goed verteerd organisch materiaal (mull-humusprofiel) zich een toplaag heeft gevormd van slecht verteerd organisch materiaal (moder-humusprofiel). Dat is dat een duidelijke aanwijzing dat verzuring is opgetreden door het wegvallen van kwel.

Aanbevolen literatuur

- Algemeen: Van der Linden et al. (1996) Wheeler et al. (1995)
Oorzaakanalyse: Groen et al. (1989), Historische atlassen per provincie (1989/1990), Rolf et al. (1993), Roos & Vintges (1991)
Heide, vennen en schraalgraslanden: Bellemakers et al. (1993), De Graaf et al. (1994)
Beekdalen: Everts & De Vries (1991), Grootjans (1985), Van der Hoek & Higler (1991)
Laagveenmoerassen en hoogveen: Leerdam & Vermeer (1992), Streefkerk & Casparie (1987), Verhoeven (1992), Van Wirdum (1991)
Broekbossen: Clerkx et al. (1994)
Duinen: Grootjans et al. (1995)

5. Keuze van herstelmaatregelen

5.1 Inleiding

Nadat is vastgesteld wat de waarschijnlijke oorzaken zijn voor de waargenomen verdrogingsverschijnselen kunnen maatregelen worden genomen om de verdroging tegen te gaan.

Tabel 5. Overzicht van de herstelmaatregelen om verdroging te bestrijden.

Doel van maatregel	Strategie	Technische maatregel	Besproken in:
Verhoging grondwaterstand	Waterconservering	verminderen waterwinning	§6.8
		opzetten peilen omgeving	§6.5, 6.6, 6.7
		aanleg stuwen en dammen,	
	Reductie verdamping	dempen sloten en greppels	§6.4, 6.5
		aanleg kwelschermen	§6.3
		kappen bos	§6.2
		verlovering bossen	§6.2
	Verlaging maaiveld	verstuiving	-
		afgraven	§8.4
	Aanvoer water	uitstuiven	-
inlaat gebiedsvreemd grond- of oppervlaktewater		§7.3	
Buffering zuurgraad bodem	via grondwater (kwel)	bevorderen kwel door opzetten	§6.5, 6.6, 6.7
		peilen omgeving	
		verlaging maaiveld	§8.4
	via oppervlaktewater	creëren lokale (kalkrijke)	
		kwelsystemen	-
		inlaat bicarbonaatrijk water	§7.2, 7.3
		vergroting contactoppervlak met oppervlaktewater	-
		inundatie	-
Actief	bekalking	§8.6	
Verbetering oppervlakte waterkwaliteit	Actieve zuivering	defosfatering	§7.6
	Passieve zuivering	verlenging aanvoerweg	§7.4
		aanleg zuiveringsmoerassen	§7.5
Herstel veengroei	Vanuit open water	graven petgaten	-
		aanleg hoogveenputten	-
Tegengaan ongewenste processen na herstel	Tegengaan vorming regen- waterlenzen	begreppeling	§8.3
	Tegengaan mineralisatie	afgraven organische toplaag	-
		plaggen	§8.2
		baggeren	§8.5

In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van herstelmaatregelen die genomen kunnen worden om de verdroging te bestrijden, dan wel de effecten van verdroging te verminderen. Deze maatregelen zijn in dit hoofdstuk cursief gedrukt. In tabel 5 wordt onderscheid gemaakt naar het doel van de maatregel. Is het doel van de maatregel om de grondwaterstand te verhogen, dan moet primair worden gedacht aan waterconserverende maatregelen, is het de bedoeling om verzuring tegen te gaan, dan zullen vooral maatregelen moeten worden genomen die leiden tot een buffering van de bodem.

Welke maatregelen het beste kunnen worden genomen is mede afhankelijk van de voorgeschiedenis van het terrein. In gebieden waar de verzuring is veroorzaakt door het wegvallen van kwel zal eerst gedacht worden aan maatregelen om de stijghoogte van het diepere grondwater te verhogen, in gebieden waar de verzuring een gevolg is van natuurlijke successie zal eerder worden gedacht aan een maatregel als afgraven.

In de volgende paragrafen zal kort worden ingegaan op de keuze van de maatregelen. Voor de beschrijving van de maatregelen zelf wordt verwezen naar de hoofdstukken 6 t/m 8. In hoofdstuk 6 worden kwantitatieve hydrologische maatregelen besproken, die een verhoging van de grondwaterstand en/of stijghoogte tot doel hebben. In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op maatregelen gericht op verbetering van de waterkwaliteit, en in hoofdstuk 8 wordt ingegaan op de overige maatregelen. In tabel 5 staat aangegeven welke maatregel waar wordt besproken. Voor een overzicht in welke terreinen bepaalde maatregelen in het verleden al eens zijn genomen wordt verwezen naar het rapport van Van der Linden et al. (1996). In tabel 6 wordt de keuze van de maatregelen samengevat.

Tabel 6 *Overzicht mogelijke herstelmaatregelen per type gebied en per oorzaak voor achteruitgang.*

[illegible]

- geschikte herstelmaatregel, overal toepasbaar
- herstelmaatregel, niet overal toepasbaar en/of ongewenste neveneffecten
- maatregel slechts in bepaalde situaties toepasbaar
- + aanvullende maatregel

5.2 Verhoging van de grondwaterstand

De oorzaak van de verlaging van de grondwaterstand in een natuurgebied is vaak gelegen in de verlaging van de peilen in de omgeving, waardoor de wegzijging uit het gebied is toegenomen. Het *opzetten van de peilen* in de omgeving is daarom een zeer effectieve maatregel om de verdroging te bestrijden. Waar de winning van ondiep grondwater de belangrijkste oorzaak is van grondwaterstandsdeling, kan in eerste instantie worden gedacht aan een *vermindering van de waterwinning*. Wanneer het wegnemen van deze verdrogingsoorzaken niet mogelijk is, kan getracht worden de afvoer te verminderen, door het plaatsen van *stuwen*, het *dempen van sloten en greppels* (foto 8), het *afdammen van sloten* of de plaatsing van *kwelschermen*.



Foto 8

Het dempen van sloten en greppels is een effectieve maatregel om de afvoer van water te verminderen en daarmee de grondwaterstand te verhogen. Foto: M. Bosma, Natuurmonumenten.

Daarbij moet echter wel bedacht worden dat vermindering van de afvoer een negatieve invloed heeft op de eventueel in het gebied aanwezige kwel. Door de hogere grondwaterstanden neemt het drukverschil met het diepere grondwater af, en daarmee ook de hoeveelheid

kwel. In het verleden is hiermee bij herstelprojecten niet altijd rekening gehouden. Een voorbeeld vormt de Reitma, een door regionale kwel gevoed blauwgraslandreservaat in Drente. Dit reservaat was aangetast door de peilverlaging in een nabijgelegen waterloop. Pogingen om het reservaat te herstellen door de afvoer te verminderen werkten hier averechts. Door het vasthouden van regenwater trad een sterke verzuring op, met als gevolg dat de kenmerkende blauwgraslandsoorten versneld verdwenen. Het vasthouden van regenwater is dan ook vooral aan te bevelen in infiltratiegebieden, zoals in hoogvenen en natte heides.

In kwelgebieden zijn over het algemeen andere maatregelen nodig om de verdroging te bestrijden, waarbij een noodzakelijke conditie voor het optreden van kwel — de afvoer van water — niet mag worden weggenomen. Een uitzondering vormen kwelplekken op de flanken van de stuwwallen en dalhellingen in het heuvelland. Hier garandeert de helling een voldoende afvoer van het opkwellende grondwater via oppervlakkige afstroming en vormt het dichtgooien van sloten en greppels juist een effectieve maatregel om de oorspronkelijke hellingveentjes te herstellen.

Lukt het niet of onvoldoende om de grondwaterstand te verhogen door het wegnemen van externe oorzaken door waterconservering, of leidt waterconservering tot ongewenste verzuringseffecten, dan bestaat de mogelijkheid om natte en vochtige plekken te creëren door *verlaging van het maaiveld*. Dit kan allereerst gebeuren door *afgraving* (foto 9). Een dergelijke ingrijpende maatregel is alleen mogelijk wanneer het gaat om niet te grote gebieden, en wanneer er voldoende afzetmogelijkheden zijn voor het afgegraven materiaal.



Foto 9

Waar het niet mogelijk is de grondwaterstand te verhogen kan afgraven een maatregel zijn om weer natte standplaatsen te creëren. Foto: N. Woortman, Natuurmonumenten

Een nadeel van deze maatregel is dat een groot deel van eventueel in de bodem aanwezige zaadbank met het vergraven materiaal wordt afgevoerd, en dat de geomorfologie van het gebied wordt aangetast. Vergraving dient daarom alleen te worden toegepast wanneer het zeker is dat andere mogelijkheden om de grondwaterstand te verhogen afwezig zijn. Een alternatief voor vergraving is om door *uitstuiving* tot op het grondwater op een natuurlijke manier nieuwe laagten te laten ontstaan. Mogelijkheden hiervoor bestaan vooral in duingebieden, zowel in kustduinen als in binnenlandse duingebieden.

In duin- en heidegebieden kan ook het *kappen van bos* (foto 10) helpen de grondwaterstand te verhogen. Doordat heidevegetaties en duin-graslandvegetaties minder verdampen dan bos kan zo de hoeveelheid nuttige neerslag worden vergroot. De *omzetting* van *naaldbos* naar loofbos is minder effectief. De meest aangeplante soort in heidebebossingen, de Grove den, verdampt slechts weinig meer dan de Eik. Alleen waar sprake is van 'donker naaldbout' (sparren) is omzetting naar loofbos effectief. De grootste verhoging van de hoeveelheid nuttige neerslag kan worden bereikt door duin- en heidegebieden weer te laten verstuiven, omdat dan door het ontbreken van vegetatie de verdamping minimaal is.



Foto 10

Het kappen van bos kan in duin- en heidegebieden een effectieve maatregel zijn om de verdamping tegen te gaan en daarmee de grondwaterstand te verhogen. Foto: H. Veerbeek, Natuurmonumenten

Een technisch eenvoudig alternatief om de grondwaterstanden te verhogen is de *inlaat van water* van buitenaf. In het verleden is deze maatregel dan ook vaak toegepast om verdroging te bestrijden. Een probleem met de inlaat van gebiedsvreemd water is echter dat de kwaliteit van het in te laten water zelden overeenkomt met de oorspronkelijke waterkwaliteit. Zo is de voedselrijkdom van het water vaak veel te hoog. Door zuivering van het water kan het gehalte aan nutriënten soms tot aanvaardbare niveaus worden verlaagd. Echter, ook

dan nog kunnen ongewenste effecten optreden. Zo kan de in het aan-gevoerde water aanwezige bicarbonaat en sulfaat leiden tot een ver-snelde afbraak van organisch materiaal, en daarmee alsnog tot eutrofiëring van het systeem. In van nature voedselarme, zure systemen met veel organisch materiaal, zoals hoogvenen, is de inlaat van water niet aan te raden. In van nature gebufferde systemen als laagveen-moerassen, en in vennen en poelen op minerale bodem, kan de inlaat van water onder de juiste voorwaarden wel positief uitpakken (zie paragraaf 5.3).

5.3 Buffering van de zuurgraad van de bodem

In die gevallen waarin verzuring van de bodem het gevolg is van het wegvallen van kwel zullen herstelmaatregelen in de eerste plaats erop gericht moeten zijn om de kweldruk te verhogen. Indien verlaging van de regionale stijghoogte oorzaak is van het wegvallen van kwel zal dat uiteraard niet kunnen met lokale maatregelen. Wel kan soms door het *opzetten van de peilen rondom het natuurgebied* de stijghoogte vol-doende worden verhoogd om weer een positieve kweldruk in het na-tuurgebied te krijgen.

Ook wanneer de stijghoogte onder het natuurgebied voldoende is voor kwel, is daarmee niet automatisch gezegd dat daarmee buffering van de bodem plaatsvindt. Vaak is er sprake van 'slootkwel', waarbij het merendeel van het kwelwater wordt afgevoerd naar de sloten en be-ken, en de percelen een groot gedeelte van het jaar onder de invloed staan van regenwater. Door sloten te verontdiepen en het beekpeil te verhogen kan, bij voldoende kweldruk, worden bereikt dat het grond-water via het maaiveld uittreedt en daarmee bijdraagt aan de buffering van de wortelzone.

Wanneer er onvoldoende mogelijkheden zijn de stijghoogte van het diepere grondwater te verhogen bestaat nog de mogelijkheid om de kweldruk te vergroten door het maaiveld te verlagen door *afgraven*. Dit is een relatief ingrijpende maatregel, waar nog maar weinig ervaring mee is opgedaan, maar die voor sommige gebieden mogelijk wel interessante perspectieven biedt.

Op een paar plaatsen in Noord-Brabant en de Kempen zijn langs met Maaswater gevoede kanalen toevallig *kunstmatige kwelsystemen* ontstaan doordat het kanaal hoger ligt dan de omgeving. Doordat het Maaswater kalkrijk is lijkt het opkwellende water, ondanks de korte afstand die het door de bodem aflegt, veel op gerijpt grondwater, en komen hier veel blauwgraslandsoorten voor die kenmerkend zijn voor goed gebufferde omstandigheden. Mogelijk zijn er meer plaatsen waar

voldaan kan worden aan de voorwaarden voor het ontstaan van dergelijke kunstmatige kwelsystemen (zoals doorlatende ondergrond, hoger kanaalpeil, kalkrijk oppervlaktewater).

In situaties waarin het niet mogelijk is om de kwel te herstellen, en in situaties waar de verzuring wordt veroorzaakt door andere factoren dan het wegvallen van kwel, kan soms gebruik worden gemaakt van kalkrijk oppervlaktewater om de bodem te bufferen. Een voorwaarde is uiteraard wel, dat het water kalkrijk of op zijn minst kalkhoudend, en niet te voedselrijk is. *De inlaat van water* als bufferende maatregel is vooral effectief in aquatische systemen, zoals in vennen (waar isolatie van het oppervlaktewater vaak ook de oorzaak is van verzuring). De invloed op terrestrische systemen is beperkt. Vinden geen inundaties plaats, dan zal de invloed van het kalkrijke oppervlaktewater over het algemeen niet verder reiken dan een paar decimeter tot maximaal een paar meter uit de oever. Eventueel kan de zone die onder invloed staat van oppervlaktewater worden vergroot door het *graven van greppels en sloten*.

Wil men ook de verzuring in de percelen tegengaan, dan is het 's winters *onder water zetten* van de percelen een mogelijkheid. Veel blauwgraslanden in het laagveengebied dankten hun bestaan aan het feit dat ze 's winters onder water stonden. Ook de Noord-Brabantse vloeivelden zijn voorbeelden van situaties waar door inundatie met oppervlaktewater soortenrijke schraalgraslanden zijn ontstaan. Door de verslechtering van de waterkwaliteit en het streven van de waterschappen naar vaste peilen zijn de mogelijkheden afgenomen om via inundatie de bodem te bufferen. Desondanks zijn er ongetwijfeld nog veel gebieden waar inundatie met oppervlaktewater tot de mogelijkheden behoort, mits het oppervlaktewater voldoende kan worden gezuiverd van voedingsstoffen.

Wil men inundatie met oppervlaktewater gebruiken om in oorspronkelijke kwelgevoede systemen de buffering te herstellen, dan moet men wel bedenken dat bij inundatie een heel ander type systeem ontstaat dan bij kwel. Bij kwel is sprake van een zeer constant grondwaterpeil, terwijl er door de vorming van regenwaterlenzen fjnischalige gradiënten in zuurgraad en mineralenrijkdom ontstaan. De vegetatie is daardoor bijzonder soortenrijk. Bij inundatie zijn er veel grotere schommelingen in de grondwaterstand, en zijn er nauwelijks gradiënten in zuurgraad. De vegetaties zijn daardoor soortenarmer en eenvormiger dan in door kwel gevoede situaties. Op plaatsen met een bovengrond van slecht verteerd organisch materiaal kan inundatie met kalkrijk water bovendien leiden tot eutrofiëring, doordat de afbraak van organisch materiaal wordt bevorderd.

In vennen wordt soms ook *bekalking* toegepast als maatregel tegen verzuring. De ervaringen daarmee zijn niet onverdeeld gunstig, mede vanwege het tijdelijke effect van deze maatregel. In vennen met veel slecht verteerd organisch materiaal kan bekalking aanleiding geven tot eutrofiëring.

5.4 Verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit

In die gevallen dat men water wil inlaten om grondwaterstandsaling te voorkomen of om verzuring tegen te gaan, en in gevallen waar de verslechtering van de waterkwaliteit de belangrijkste oorzaak is voor de achteruitgang in soortenrijkdom, zal het water gezuiverd moeten worden om eutrofiëring te voorkomen. Waar het gaat om kleine hoeveelheden water, zoals bij de inlaat van water in vennen en in schraalgraslandreservaatjes, kan gebruik worden gemaakt van passieve zuiveringsmethoden, waarbij nutriënten worden vastgelegd in bodem en waterplanten. Dit kan door de *aanvoerweg* te *verlengen* en/of door de *aanleg van zuiveringsmoerassen*.

Wanneer het gaat om grotere hoeveelheden water, zoals bij de inlaat van water in laagveenmoerassen, is een actieve zuivering door middel van *defosfatering* een bruikbare methode. Daarbij moet men er overigens wel op bedacht zijn dat door een hoog sulfaat- of bicarbonaatgehalte in het inlaatwater alsnog interne eutrofiëring kan optreden (zie hoofdstuk 2).

5.5 Herstel van de veengroei

In hoogveengebieden zal grondwaterstandsverhoging zelden leiden tot een herstel van de oorspronkelijke hoogveencondities. Alleen wanneer de bovenste veenlaag niet of nauwelijks is ingeklonken en veraard kan daarmee worden volstaan. Is het veen wel ingeklonken en veraard, dan zijn de mogelijkheden voor herstel minder gunstig. Het veen heeft dan het vermogen verloren om grote hoeveelheden vocht op te nemen, waardoor de schommelingen in de grondwaterstand en het vochtgehalte te groot zijn geworden voor herstel van hoogveenvegetaties. Alleen door hernieuwde veengroei vanuit open water is het dan mogelijk de juiste condities voor hoogveenvorming te scheppen. Door het aanleggen van dammen en dijkjes kunnen kunstmatige hoogveenputten worden gecreëerd. Een probleem daarbij is, dat de voedselarme, zeer zure condities in hoogveenputten nogal afwijken van de condities waaronder het veen ooit is ontstaan, en dat de veenvorming daarom vaak niet of met moeite op gang komt.

In laagveenmoerassen vormt juist het tegengaan van de natuurlijke successie een reden om de veengroei opnieuw te laten beginnen vanuit open water. Hier zijn het de beginstadia in de verlanding, de trilvenen, die het meest soortenrijk zijn. Zolang de veenlaag dun is en drijft op het oppervlaktewater treedt menging op tussen het infiltrerende regenwater en het onder de veenlaag aanwezige oppervlaktewater. Naarmate de veenlaag dikker wordt gaat het contact met het oppervlaktewater verloren en vormt zich een regenwaterlens. Door het *graven* van petgaten (foto 11) kan de veenvorming weer opnieuw op gang komen, mits de waterkwaliteit voldoende is.



Foto 11

Het graven van petgaten (hier in het Labbeget) kan nodig zijn om hernieuwde veengroei te krijgen.

Foto: J. Runhaar.

5.6 Aanvullende herstelmaatregelen

In die gevallen dat het lukt om de grondwaterstand te verhogen, zijn meestal aanvullende herstelmaatregelen nodig om ongewenste neveneffecten van de vernatting te bestrijden. Welke maatregelen nodig zijn is in sterke mate afhankelijk van de hoeveelheid en de aard van het organisch materiaal.

In die gevallen dat sprake is van een kalkhoudend grondwater, bijvoorbeeld in de kalkrijke duinen, kan verhoging van de grondwaterstand in eerste instantie leiden tot een versnelde afbraak van opgehoopt organisch materiaal, en daarmee tot een toename van de voedselrijkdom. Ook inundatie met kalkrijk water kan leiden tot een versnelde afbraak van organisch materiaal. *Afgraving van de orga-*

nische toplaag, of, als het gaat om een dunne laag, afplaggen, zijn dan noodzakelijk om weer gunstige condities te scheppen voor het herstel van natte duinvalleivegetaties.

Wanneer het grondwater vrijwel geen kalk bevat, zoals in heidegebieden, zal verhoging van de grondwaterstand de afbraak van organisch materiaal niet of nauwelijks bevorderen en zijn dan ook geen eutrofiëringseffecten te verwachten. Wel kan het nodig zijn om de bestaande vegetatie door *maaien* en *plaggen* te verwijderen, om zo een gunstige uitgangssituatie voor de zich te vestigen plantensoorten te scheppen. In vennen kan *baggeren* (foto 12) een noodzakelijke maatregel zijn om een gunstige uitgangssituatie te scheppen voor de hervestiging van soorten en om te voorkomen dat eutrofiëring optreedt bij de inlaat van kalkrijk water (door de toegenomen afbraak van organisch materiaal) of alsnog verzuring optreedt bij het droogvallen van het ven (onder meer door oxidatie van in de bagger aanwezige sulfide). Ook bij laagveenmoerassen waar door inlaat van vervuild water veel fosfaat is opgeslagen in het slib, kan baggeren een noodzakelijke aanvullende maatregel zijn.



Foto 12

In laagveengebieden kan baggeren nodig zijn om met vervuild water aangevoerd fosfaat, dat is opgeslagen in het slib, te verwijderen.

Foto: N. Woortman, Natuurmonumenten)