Een kwantitatieve methode voor de bepaling van de verdroging van natuurterreinen

Samenvatting
In het artikel wordt een methode beschreven om de verdroging van natuurterreinen kwantitatief te bepalen en van jaar tot jaar te volgen. Gebruik wordt gemaakt van hydrologische variabelen als grondwaterstanden, waterstanden en stijghoogtes. Door middel van verdrogingsrelaties wordt een koppeling gelegd tussen de waarde van deze hydrologische variabelen en de mate waarin natte en vochtige ecosystemen in de omgeving van de meetpunten zijn aangetast door verdroging. In de methode wordt rekening gehouden met verschillende aspecten van verdroging, te weten grondwaterstandsdaling, vermindering van kwel, inlaat van gebiedsvreemd water en de toename van (grond)waterstandfluctuaties. De methode is in eerste instantie ontwikkeld om te worden toegepast in een landelijk meetnet, maar kan ook worden gebruikt bij de monitoring van de verdroging in natuurterreinen waar anti-verdrogingsmaatregelen zijn uitgevoerd.


J. RUNHAAR
Centrum voor Milieukunde
Leiden


J. M. J. GIESKE
Instituut voor Grondwater
en Geo-Energie TNO


H. L. M. ROLF
NV PWN Waterleidingbedrijf
Noord-Holland
(voorheen TNO-IGG)

Inleiding

In 1988 en 1989 werd in respectievelijk het rapport Zorgen voor Morgen [1] en de Derde Nota Waterhuishouding [2] de verdroging van natuurgebieden gesignaleerd als een nationaal milieuprobleem. De basis werd gevormd door een landelijk onderzoek naar verdroging in natuurgebieden, waaruit bleek dat het verdrogingsprobleem een verontrustende vorm had aangenomen [3].

Sindsdien is door de overheid ten doel gesteld om de verdroging van natuurterreinen te verminderen, waarbij als doelstelling geldt een reductie in het jaar 2000 van het verdroogde areaal met 25% ten opzichte van de situatie rond 1985. Om de effectiviteit van het anti-verdrogingsbeleid te volgen is het noodzakelijk de mate van verdroging te kwantificeren en van jaar tot jaar te volgen. De semi-kwantitatieve methode die bij het landelijk verdrogingsonderzoek werd gebruikt, waarbij de mate van verdroging werd ingeschat op basis van geconstateerde veranderingen in de vegetatie [4], is hiervoor niet nauwkeurig genoeg.

In opdracht van de ministeries van VROM, V&W en LNV is daarom een 'verdrogingsmeetlat' ontwikkeld. Deze meetlat is ontwikkeld binnen het project Milieubeleidsindicator Verdroging, dat tot doel heeft om jaarlijks te komen tot één landelijke score, die 'een kernachtig en overzichtelijk beeld geeft van de stand van het milieubeleid' [5]. De bedoeling is om deze landelijke score vast te stellen op grond van een steekproef bestaande uit een aantal kleine, goedgekozen stukjes verdrogingsgevoelige natuur [6]. Gezamenlijk vormen deze lokaties een 'verdrogingsmeetnet' dat representatief mag worden geacht voor de verdrogingssituatie van de Nederlandse natuur. In dit artikel wordt ingegaan op de methode die is ontwikkeld om de mate van verdroging van de lokaties vast te stellen en van jaar tot jaar te volgen.

Keuze voor hydrologische indicatoren

Binnen het landelijk verdrogingsonderzoek [3] is, bij gebrek aan hydrologische gegevens, de mate van verdroging vooral bepaald aan de hand van veranderingen in de vegetatie. Voor het vaststellen van veranderingen in de mate van verdroging is een biologische indicator minder geschikt, vooral als het gaat om het volgen van de verdroging van jaar tot jaar. In de eerste plaats omdat de vegetatie beïnvloed wordt door veel meer factoren dan alleen verdroging. Dit betekent dat effecten van verdroging in de praktijk moeilijk te scheiden zullen zijn van effecten door andere ingrepen in het milieu. Een vergrassing van een heide met Pijpestrootje bijvoorbeeld, kan het effect zijn van verzuring, vermesting of van onvoldoende beheer. In de tweede plaats reageert de vegetatie relatief traag op veranderingen in het abiotisch milieu. Het kan enkele jaren duren voordat veranderingen in het abiotisch milieu tot uiting komen in de soortensamenstelling van de vegetatie en het kan daarna nog enkele tientallen jaren duren voordat zich een nieuw evenwicht heeft ingesteld. In de derde plaats kunnen zich door meteorologische omstandigheden van jaar tot jaar fluctuaties voordoen, die niet op voorhand te scheiden zijn van effecten van hydrologische veranderingen.

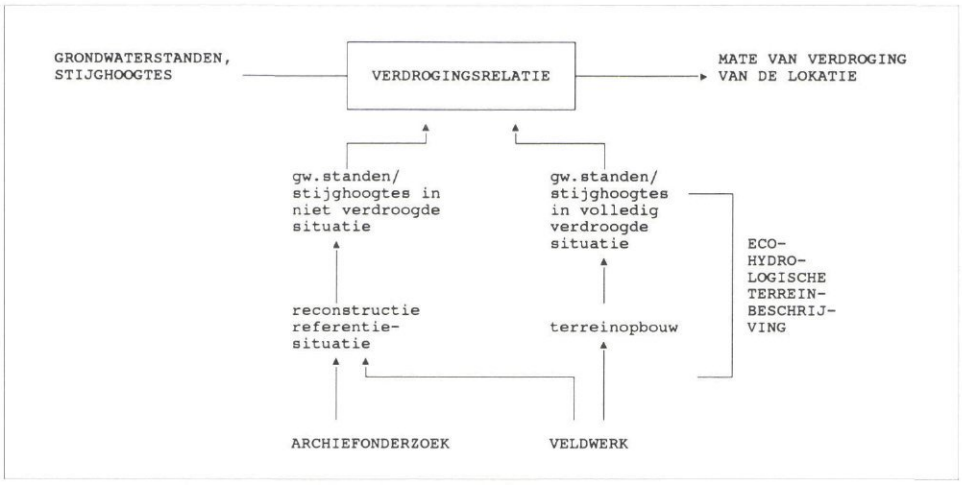
Daarom is er voor gekozen voor de bepaling van de mate van verdroging gebruik te maken van hydrologische indicatoren, zoals veranderingen in grondwaterstand en veranderingen in stijghoogte. Net als de soortensamenstelling van de vegetatie staan de hydrologische indicatoren onder invloed van meteorologische omstandigheden. Het is echter mogelijk om via tijdreeksanalyse de effecten van meteorologische omstandigheden te scheiden van trendmatige veranderingen door ingrepen in het grondwatersysteem.

Algemene opzet methode

In een eerdere fase van het onderzoek werd geconstateerd [7] dat het niet voldoende is om alleen veranderingen in grondwaterstanden of stijghoogtes te volgen. Om de hydrologische veranderingen te kunnen interpreteren in termen van verdroging is het noodzakelijk een koppeling te leggen tussen de waarde van de hydrologische indicatoren en mate waarin grondwaterafhankelijke natte en vochtige ecosystemen zijn aangetast door verdroging. Dit gebeurt met behulp van *verdrogingsrelaties* (afb. 1).

In de verdrogingsrelaties staat op de horizontale as de waarde van de hydrologische indicator en op de verticale as – in een schaal van nul tot één – de mate van verdroging (afb. 4). De verdroging is nul (niet verdroogd) wanneer de waarde van de hydrologische indicator overeenkomt met die in de referentiesituatie, en één wanneer sprake is van een maximaal effect op de aanwezige grondwaterafhankelijke ecosystemen (volledige verdroging).

De verdrogingsrelaties zijn terreinspecifiek en worden mede bepaald door kenmerken als reliëf en bodemopbouw. Voor het bepalen van deze relaties tussen hydrologische indicatoren en het voorkomen van natte en vochtige standplaatsen wordt gekeken naar dat deel van het terrein waarvoor de bewuste indicator representatief geacht wordt, hier verder aangeduid als een *lokatie*.
Meestal gaat het om een deel van een natuurterrein in de directe omgeving van de peilbuis, waarbij de grootte van de lokatie afhangt van de hydrologische situatie ter plekke.



Afb. 1 - Algemene opzet van de methode. Centraal staan de verdrogingsrelaties die gebruikt worden om het verband te leggen tussen grondwaterstanden en de mate van verdroging van een lokatie. Voor de bepaling van de verdrogingsrelaties wordt uitgegaan van bureaustudie, archiefonderzoek en veldwerk. Verdere uitleg zie tekst.

Om het nulpunt in de verdrogingsrelatie te bepalen moet de *referentiesituatie* vastgesteld worden: de toestand van de lokatie die als 'onverdroogd' wordt beschouwd. In lijn met het landelijke verdrogingsonderzoek is in beginsel de situatie in het jaar 1950 als referentie genomen. In die periode waren de meeste ontginningswerken afgelopen en hebben de meeste huidige natuurgebieden hun definitieve omvang en beschermingsstatus gekregen. In de jaren vijftig en zestig kwam de grootschalige uitvoering van waterhuishoudkundige verbeteringswerken op gang die in veel gevallen leidde tot de verdroging van natuurgebieden. Het uitgangspunt 1950 wordt niet rigide gebruikt. In die gevallen waar de activiteiten die hebben geleid tot de verdroging duidelijk hebben plaatsgevonden vóór 1950 (zoals in de meeste duin- en hoogveengebieden) kan gemotiveerd van deze richtlijn worden afgeweken.
Om de hydrologische referentiesituatie te bepalen moet voor elke lokatie worden nagegaan:
- wat in de vroegere situatie de grondwaterstand is geweest;
- in hoeverre er sprake is geweest van kwel en wat de stijghoogte van het diepe grondwater was.

Uitwerking voor proefgebieden in Brabant

Om de verdrogingsrelaties vast te stellen wordt gebruik gemaakt van een combinatie van veldwerk, bureaustudie en archiefonderzoek. De methode is ontwikkeld en uitgetest aan de hand van de ervaringen in acht proefgebieden in Noord-Brabant (afb. 2). Deze gebieden zijn gekozen op grond van het feit dat er volgens het landelijk verdrogingsonderzoek sprake is van verdroging. In de gebieden zijn één of meer peilbuizen geselecteerd die voldoen aan de eis dat ze gedurende een langere periode regelmatig zijn gemeten en in de buurt staan van, althans in het verleden, grondwaterbeïnvloede standplaatsen.

Ecohydrologische terreinbeschrijvingen

In het veld zijn de bodem, hydrologie en vegetatie in de directe omgeving van de peilbuis, hier verder aangeduid als de lokatie, beschreven. Daartoe zijn per lokatie één of meerdere transecten uitgezet. Met behulp van een waterpasinstrument is de hoogteligging van het maaiveld in de transecten ingemeten. Op een aantal punten langs het transect zijn boringen verricht met een Edelmanboor om de bodemsamenstelling te kunnen bepalen en een indruk te krijgen van het ruimtelijke grondwaterstandsverloop. In een aantal gevallen is een bodemprofiel gestoken en is de zuurgraad van de bodem bepaald (Heller set). Van het grondwater in de boorgaten (1 à 2 m diep) zijn watermonsters genomen. In het veld zijn de pH en EGV gemeten, in een aantal gevallen heeft ook een bepaling van Ca, Cl, HCO_3^- en hardheid plaatsgevonden tijdens of direct na het veldwerk (titratie met behulp van Merck veldset). Afbeelding 3 geeft als voorbeeld de beschrijving van een transect door de Cartierheide.

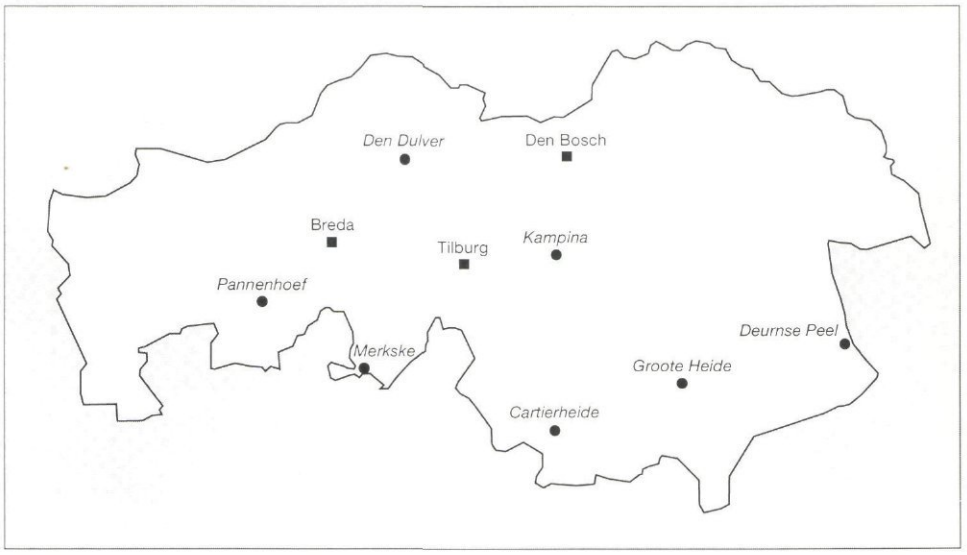
Daarnaast heeft ook archiefonderzoek plaatsgevonden en zijn gesprekken gevoerd met deskundigen die het gebied van vroeger kennen. De resultaten van bureaustudie, veldwerk, archiefonderzoek en gesprekken met deskundigen zijn vastgelegd in de vorm van ecohydrologische terreinbeschrijvingen [6].

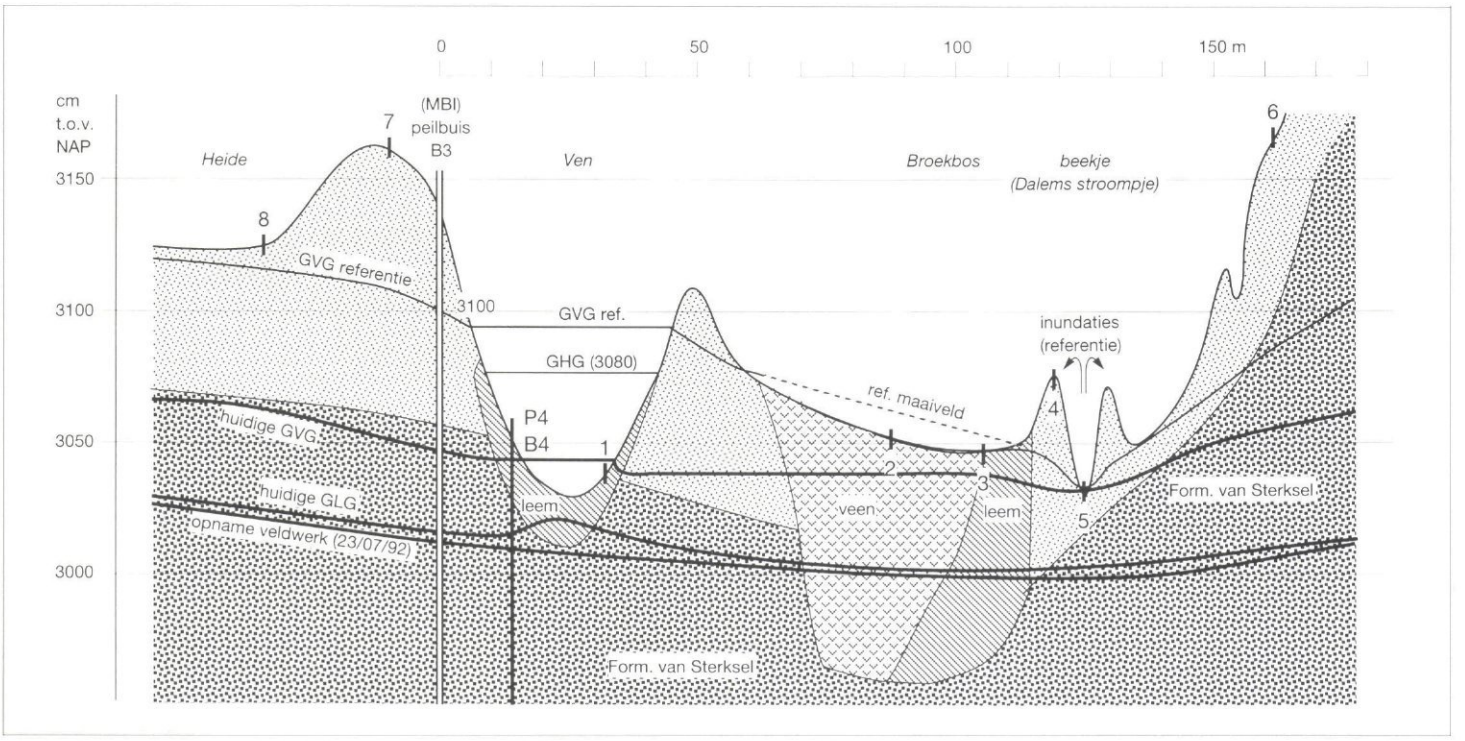
Vaststelling van de referentiesituatie

Omdat in vrijwel geen enkel natuurgebied in Nederland peilbuizen staan waarvan de reeksen teruggaan tot de referentieperiode is een directe bepaling van de hydrologische situatie in de referentieperiode meestal niet mogelijk. In plaats daarvan moet worden uitgegaan van historische beschrijvingen van de vegetatie in de

Op grond van de archiefgegevens en van de beschrijving van de huidige situatie rond de peilbuis is een schatting gemaakt van de vroegere grondwaterstand in de onderzochte lokaties. Bovendien is nagegaan of er vroeger sprake is geweest van kwel en zo ja, hoe hoog de stijghoogte moet zijn geweest ten opzichte van maai-referentieperiode, fossiele hydromorfe bodemkenmerken, terreinkenmerken en dergelijke.

Afb. 2 - Overzicht van de ligging van de proefgebieden die zijn gebruikt om de methode uit te testen.





Afb. 3 - Transect door de Cartierheide. De nummers geven de plekken aan waar boringen zijn verricht om bodemsamenstelling, grondwaterstand en grondwatersamenstelling te bepalen. Aangegeven zijn de huidige GVG en GLG, de GVG in de referentiesituatie rond 1950 en de grondwaterstand tijdens het veldwerk.

veld. Daarbij is gebruik gemaakt van de volgende indicatoren:
- historische gegevens over de vegetatie;
- aanwezigheid van langlevende soorten die wijzen op voormalig natte omstandigheden;
- hydromorfe bodemkenmerken (roestverschijnselen, humusprofiel e.d.);
- terreinkenmerken (greppels, rabatten e.d.);
- historische gegevens over waterstanden en kwelverschijnselen;
- lange tijdreeksen van de stijghoogte in brandputten en peilputten in de omgeving.

In de onderzochte gebieden bleek het goed mogelijk om te komen tot een reconstructie van de vroegere hydrologische situatie. Daarbij bleken niet alle bovengenoemde indicatoren in alle gevallen even bruikbaar. Zo zijn veel bodems in Brabant door uitspoeling uiterst ijzerarm met als gevolg dat duidelijke hydromorfe kenmerken in de vorm van roestvlekken ontbreken. Daarnaast is ook lang niet altijd de vegetatiesamenstelling in de vroegere situatie bekend. Door gebruik te maken van meerdere indicatoren was het desondanks toch voor alle lokaties mogelijk te komen tot een inschatting van de vroeger situatie. In die gevallen dat de beschrijving van de lokaties en de schatting van de vroegere hydrologische situatie ter controle werd voorgelegd aan personen die het gebied van vroeger kennen bleek onze inschatting goed overeen te komen met hun beeld van de vroegere situatie. Tabel I geeft per gebied aan welke indicatoren zijn gebruikt voor de bepaling van de referentiesituatie.

Uitwerking van de verdrogingsrelaties

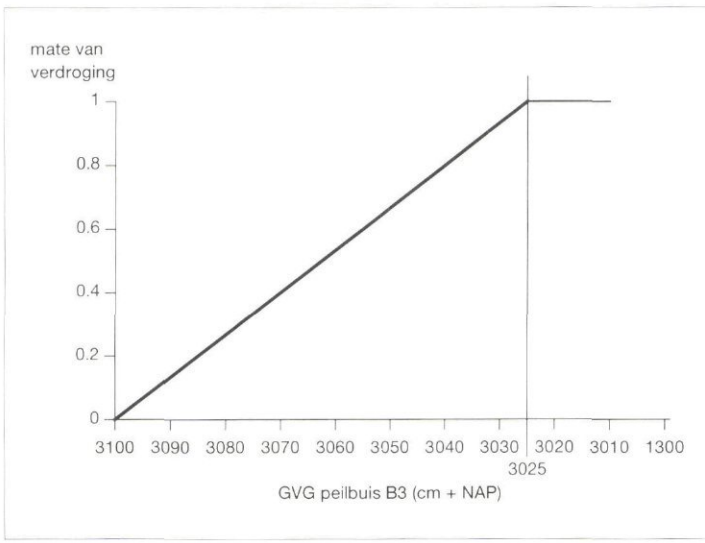
In navolging van het landelijk verdrogingsonderzoek is het begrip verdroging ruim geïnterpreteerd, dat wil zeggen dat alle onbedoelde negatieve effecten van verminderde beschikbaarheid van grondwater tot verdroging worden gerekend. Dat betekent dat de volgende verdrogingsrelaties worden onderscheiden:
- verdroging door (grond)waterstandsdaling
- verdroging door het wegvallen van kwel
- verdroging door inlaat van water
- verdroging door toename (grond)waterstandsfluctuaties

Verdrogingsrelatie voor grondwaterstandsdaling

In de verdrogingsrelatie voor *grondwaterstandsdaling* wordt uitgegaan van de verlaging van de Gemiddelde Voorjaars-Grondwaterstand (GVG), omdat deze grondwaterstand in natuurlijke situaties het meest bepalend is voor het vochtkarakter van de vegetatie [8]. De verdrogingsscore is nul wanneer de GVG gelijk is aan de GVG in de referentiesituatie. De score is één (volledig verdroogd) bij die GVG waarbij alle grondwaterafhankelijke ecosystemen in de omgeving van de peilbuis zijn verdwenen. Dit is het geval wanneer ook op de natste standplaats geen invloed van het grondwater op de vegetatie te verwachten is. Tussen deze twee punten heeft de verdrogingsfunctie een lineair verloop (afb. 4). Tijdens het onderzoek is nog gekeken naar de mogelijkheid om te

TABEL I - *Mate waarin de indicatoren bruikbaar zijn gebleken bij de bepaling van de hydrologische referentiesituatie in de proefterreinen. Schaal lopend van – (geen gegevens of indicator niet bruikbaar) tot ++(indicator geeft ondubbelzinnige en nauwkeurige informatie over de hydrologie in de referentiesituatie).*

	Vegetatie		Bodem-kenmerken	Terrein kenmerken	Hist. geg. opp.water	Hist. geg. stijghoogte
	Historische gegevens	Aanwezigheid relictsoorten				
Kampina	–	±	±	±	–	nvt
Merkske	+	–	+	–	–	–
Deurnse peel	–	–	+	–	–	nvt
Grote heide	–	±	±	–	–	±
Pannenhoef	±	–	–	–	++	–
Den Dulver	++	–	–	–	+	–
Cartierheide	+	±	±		–	nvt



Afb. 4 - Verdrogingsrelatie voor grondwaterstandsdaling voor de lokatie in de Cartierheide. De lokatie is onverdroogd bij een GVG ter plekke van de peilbuis van 3100 cm +NAP (komt overeen met de GVG in de referentiesituatie rond 1950) en volledig verdroogd bij een GVG van 3025 cm +NAP (waarbij de vochtgradiënt in dit deel van de Cartierheide volledig is verdwenen).

werken met niet-lineaire functies, waarbij de vorm van de functie wordt bepaald door de afname in oppervlakte van het door het grondwater beïnvloede gebied en de verdrogingsgevoeligheid van de bewuste ecosystemen. De conclusie was echter dat dit de methode wel sterk compliceerde, maar slechts weinig extra informatie opleverde. Alleen in specifieke situaties (waarbij bijvoorbeeld verdrogingseffecten vooral optreden in het eerste deel van het grondwaterstandsdalingtraject) heeft het zin te werken met niet-lineaire functies.

Verdrogingsrelatie voor het wegvallen van kwel

In de verdrogingsrelatie voor het *wegvallen van kwel* wordt uitgegaan van veranderingen in de stijghoogte van het diepere grondwater. Als niet verdroogd wordt aangemerkt de situatie waarbij de stijghoogte voldoende hoog is ten opzichte van het maaiveld (bij aquatische systemen: stijghoogte ten opzichte van gemiddeld waterpeil) terwijl ook wordt voldaan aan de voorwaarde dat het grondwater tot aan of dicht onder het maaiveld kan komen, tenminste tot 20 cm onder het maaiveld. Als dit laatste wordt verhinderd door bijvoorbeeld ontwateringssloten of drainagebuizen, dan kan er hooguit nog sprake zijn van 'slootkwel' of 'drainkwel', waarbij het diepere grondwater uittreedt in de sloot of drain [9]. Als aan alle kwelvoorwaarden wordt voldaan dan komt het diepere grondwater ten goede aan de op het maaiveld staande vegetatie ('maaiveldkwel'). Als volledig verdroogd wordt aangemerkt een situatie waarin geen sprake meer is van kwel. Voor lokaties waar kwel een rol moet hebben gespeeld is de mate van kwel meestal niet cijfermatig te herleiden omdat meetreeksen van de diepere stijghoogte ontbreken. Voor die gevallen is gesteld dat er sprake is van 'substantiële' kwel als deze minimaal 0,2 mm per dag bedraagt. Afhankelijk van de hydraulische weerstand van de geohydrologische deklaag kan de bijbehorende referentiestijghoogte (in cm boven het maaiveld) worden vastgesteld. Als algemene minimumvoorwaarde is gesteld dat er geen kwel meer optreedt als het jaargemiddelde van de stijghoogte lager is dan 40 cm onder het maaiveld op het laagste deel van de lokatie. Zo is in afbeelding 5 de kwel volledig uit de lokatie verdwenen bij een diepe stijghoogte volgens lijn 1. Er treedt substantiële kwel op in situatie 2.

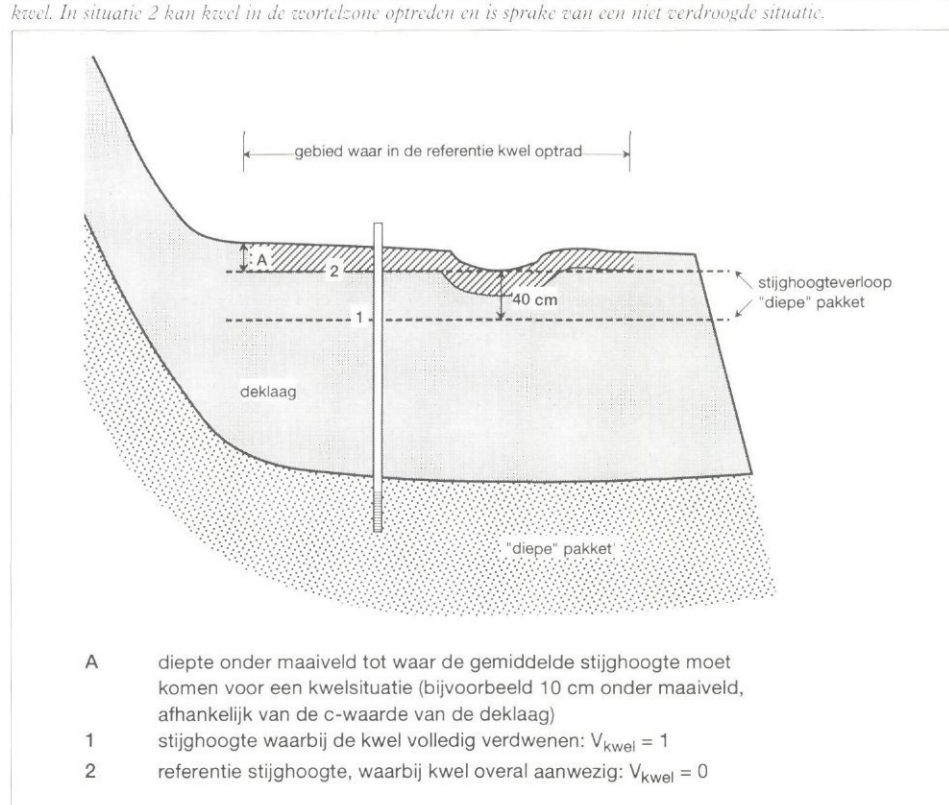
Verdrogingsrelatie voor de inlaat van gebiedsvreemd water

In Brabant vormt de inlaat van (gebiedsvreemd) oppervlaktewater een ondergeschikt probleem; in slechts één van de acht lokaties is sprake van *inlaat van water*. Om de verdroging door de inlaat van water te scoren is voorlopig uitgegaan van het verschil tussen het oppervlaktewaterpeil en de stijghoogte onder de deklaag als relevante hydrologische indicator voor de mate van wegzijging en daarmee – in peilbeheerste gebieden – voor de inlaat van water. Met de kwaliteit van het ingelaten water is nog geen rekening gehouden. Daarvoor is er nog te weinig duidelijkheid over de bijdrage van verschillende waterkwaliteitsparameters aan de geconstateerde achteruitgang van de vegetatie in gebieden waar inlaat van oppervlaktewater plaatsvindt [10]. De methode moet verder worden getest en ontwikkeld aan de hand van proeflokaties in Laag-Nederland, waar gebiedsvreemd water een belangrijke rol speelt.

Verdrogingsrelatie voor de toename van grondwaterstandsfluctuaties

Met de verdroging door toegenomen

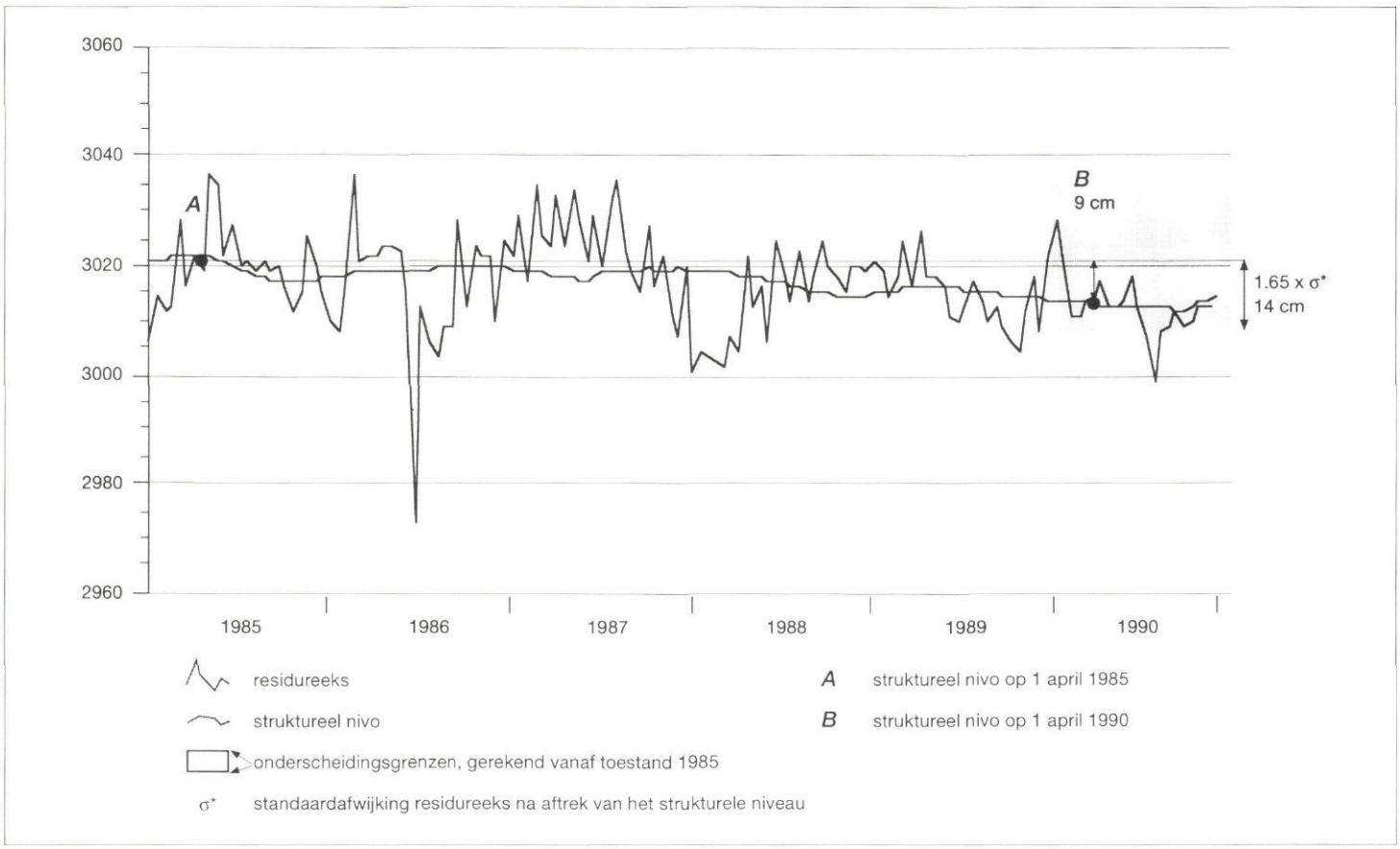
Afb. 5 - Verdrogingsrelatie voor kwel. In situatie 1 is de stijghoogte zo gering dat ook op de laagstgelegen standplaats het diepe grondwater de wortelzone niet kan bereiken: er is sprake van volledige verdroging door het wegvallen van kwel. In situatie 2 kan kwel in de wortelzone optreden en is sprake van een niet verdroogde situatie.



A diepte onder maaiveld tot waar de gemiddelde stijghoogte moet komen voor een kwelsituatie (bijvoorbeeld 10 cm onder maaiveld, afhankelijk van de c-waarde van de deklaag)

1 stijghoogte waarbij de kwel volledig verdwenen: $V_{kwel} = 1$

2 referentie stijghoogte, waarbij kwel overal aanwezig: $V_{kwel} = 0$



Afb. 6 - Trendanalyse peilbuis 3, Cartierheide. Sinds 1985 is een niet-significante daling van 9 centimeter opgetreden. Er is sprake van een significante verandering als het verschil ten opzichte van het structurele niveau 1985 groter is dan de onderscheidingsgrens van 14 cm.

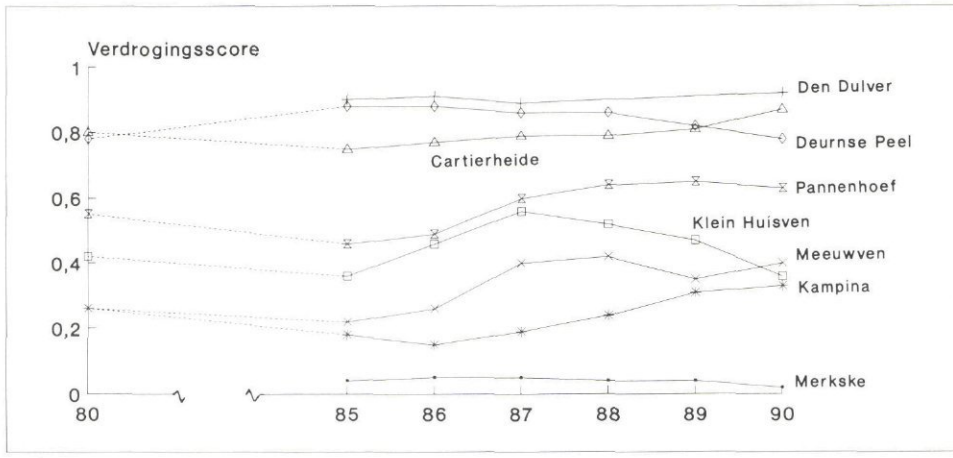
grondwaterstandsfluctuaties is voorlopig alleen rekening gehouden in hoogveensituaties, waarbij het verschil tussen GHG en GLG wordt gehanteerd als maat voor de grondwaterstandsfluctuatie. Daarbij wordt een niet verdroogde situatie omschreven als een situatie waar het verschil tussen GHG en GLG minder dan 20 cm bedraagt (in levend hoogveen zijn de grondwaterstandsfluctuaties zeer gering) en van volledig 'verdroogd' wanneer sprake is van een verschil van meer dan een meter.

Combinatie van verdrogingsscores
In situaties waar meerdere verdrogingsrelaties van toepassing zijn (wanneer sprake is van kwel of gebiedsvreemd water) worden de scores gecombineerd door een *gewichtsfactor*. De gewichtsfactoren zijn evenredig aan de mate waarin het desbetreffende mechanisme van invloed is op de vegetatie (tabel II).

Tijdreeksanalyse
Om te voorkomen dat *meteorologische omstandigheden* van invloed zijn op de verdrogingsscore wordt de tijdreeks door een zogenaamd *transfer/ruismodel* opgesplitst in een deel dat verklaard kan worden uit het neerslagoverschot en een residureeks. Het structurele niveau van de stijghoogte (die onafhankelijk is in meteorologische omstandigheden) is binnen deze studie gedefinieerd als het tweejarig voortschrijdend gemiddelde van de residureeks. De eventuele trend volgt uit de verandering van het structurele niveau. Verder is uit de variantie van de residureeks een 'onderscheidingsgrens' berekend. Een trend is significant als de optredende verandering groter is dan de onderscheidingsgrens (afb. 6), die 1,65 keer de standaarddeviatie bedraagt.

De manier waarop de voor meteorologische omstandigheden gecorrigeerde GVG wordt berekend, wijkt af van de methode waarop de GVG normaal wordt bepaald. In de door Stiboka beschreven methode [11] wordt de GVG berekend als de grondwaterstand begin april, gemiddeld over een periode van 8 jaren. Voor het bepalen van veranderingen in de mate van verdroging is deze methode echter niet geschikt omdat daarbij verondersteld wordt dat zich in die periode geen trendmatige veranderingen voordoen. Daarom is door ons een andere methode gevolgd. Uit het transfermodel wordt eerst een 'regiemcurve' opgesteld die het jaarverloop van de grondwaterstand geeft bij gemiddelde meteorologische omstandigheden. De GVG_{tf} (GVG via transfermodel) wordt verkregen door de waarde van de regiemcurve op 1 april op te tellen bij het structurele niveau.

Resultaten voor de onderzochte natuurterreinen
Voor de acht onderzochte lokaties zijn met de in dit onderzoek ontwikkelde methode verdrogingsscores berekend. De verdrogingsscores komen in de meeste gevallen goed overeen met de inschatting van de mate van verdroging in het landelijk verdrogingsonderzoek. Een uitzondering vormt het gebied 'de Kampina' waar de mate van verdroging minder is dan ingeschat in het landelijk verdrogingsonderzoek; de verdroging is hier matig in plaats van sterk. Het dichtgroeien van de heide met grassen onder invloed van zure depositie vormt ongetwijfeld de oorzaak van de overschatting van de verdroging. Op grond van alleen vegetatieveranderingen is het hier niet goed mogelijk de effecten van verzuring en verdroging van elkaar te onderscheiden. De lokatie 'Halsche Beemden' blijkt niet of nauwelijks verdroogd te zijn, terwijl het beekdal van het Merkske volgens het landelijk verdrogingsonderzoek matig verdroogd



zou zijn. Hier speelt de grote ruimtelijke variabiliteit tussen de lokaties een rol. Hoewel in de omgeving van de peilbuis die wordt gebruikt als hydrologische indicator geen sprake is van verdroging, is daar op andere lokaties in het beekdal vermoedelijk wel sprake van.

In de meeste lokaties is sprake van een gelijk blijven of een toename van de verdroging ten opzichte van 1985 (afb. 7). Uitzondering is de lokatie in de Deurnse Peel waar vanaf 1985 sprake is van een lichte afname van de verdroging. Twee lokaties gelegen op de Groote Heide (Klein Huisven en Meeuwven) vertonen in 1987-1988 een 'verdrogingspiek' om daarna weer terug te zakken naar het niveau van 1985. Gemiddeld neemt de verdrogingsscore tussen 1985 en 1990 toe van 0,48 tot 0,56 (tabel II). Het gaat echter om een zeer kleine steekproef zodat aan deze verandering nog geen al te groot gewicht kan worden toegekend.

Toepassingen

De methode is in de eerste plaats ontwikkeld om te worden toegepast binnen een landelijk meetnet om veranderingen in de mate van verdroging te volgen. Omdat verdroging veroorzaakt kan worden door veel verschillende soorten ingrepen op verschillende schaalniveaus (van de lokale invloed van een greppel tot de superregionale invloed van de bruinkoolwinning in Duitsland) verschilt de mate van verdroging sterk van lokatie tot lokatie en zijn dus vrij veel meetpunten nodig. Een eerste inschatting is dat zeker 200 meetpunten nodig zijn om een enigszins betrouwbaar beeld te krijgen in de veranderingen in de mate van verdroging van natuurgebieden. In hoeverre dit meetnet er ook daadwerkelijk komt is nog onzeker en is onder meer afhankelijk van de uitkomsten van overleg tussen rijk en provincies en tussen de betrokken ministeries onderling.

De methode kan ook worden gebruikt om veranderingen te volgen in natuurgebieden waar gestreefd wordt naar herstel van de hydrologie. Daarbij zal de door ons gebruikte methode iets uitgebreid moeten worden. In de eerste plaats is de huidige methode er alleen op gericht om uitspraken te doen over dat gedeelte van het terrein waarvoor de gebruikte hydrologische indicator representatief is. Om uitspraken te doen over een heel natuurterrein zal eerst moeten worden uitgezocht hoeveel peilbuizen minimaal nodig zijn om een beeld te krijgen van de hydrologie van het terrein. Dit is afhankelijk van de mate waarin de waarnemingen onderling aan elkaar gecorreleerd zijn. In de tweede plaats is het gewenst in dergelijke situaties niet alleen het verschil met de referentiesituatie, maar ook het verschil met de gewenste situatie, het streefbeeld, aan te geven. Deze streefwaarde hoeft niet altijd gelijk te zijn aan de referentiesituatie.

Wanneer de hydrologische randvoorwaarden zodanig zijn dat een volledig hydrologisch herstel moeilijk of uitgesloten is, kan het zijn dat in het streefbeeld genoegen wordt genomen met een minder volledig herstel.

Aanvullende monitoring vegetatie

De door ons ontworpen methode kan worden gebruikt om na te gaan in hoeverre hydrologisch herstel van natte en vochtige ecosystemen optreedt. Hydrologisch herstel hoeft echter niet altijd te betekenen dat ook herstel van flora en fauna optreedt. Verzuring, vermesting en een niet adequaat beheer zijn factoren die er toe kunnen leiden dat het gewenste herstel van de flora en fauna achterwege blijft of onvolledig is. Vooral in gebieden die zich hydrologisch herstellen is het derhalve gewenst om ook de veranderingen in flora en fauna te volgen, om te zien of de verrichte inspanningen inderdaad leiden tot de gewenste veranderingen. Regelmatige monitoring van de vegetetatie lijkt daarvoor de meest aangewezen methode. In de praktijk blijkt dat biologische monitoring vaak de sluitpost van de begroting vormt en als eerste achterwege wordt gelaten. Voor de evaluatie van het beleid zijn deze gegevens echter zeer belangrijk.

• *Vervolg op pagina 313*

TABEL II – *Verdrogingsscores voor de acht onderzochte lokaties in respectievelijk 1985 en 1990.*

Lokatie	Aspect	Gewichtsfactor per aspect	Score 1985	Score 1990
Pannenhoef	- waterstand	2/3	0,68	0,55
(De Lokker)	- kwel	1/3	0,03	0,80
	Totaal:		0,46	0,63
Kampina	- gw.stand	1	0,18	0,33
Groote Heide (Klein Huisven)	- gw.stand	1	0,36	0,36
Groote Heide (Meeuwven)	- gw.stand	1	0,22	0,38
Merkse	- gw.stand	1/3	0,13	0,06
(Halsche Beemden)	- kwel	2/3	0,00	0,00
	Totaal:		0,04	0,02
Deurnse Peel	- gw.stand	1	0,94	1,00
	- fluctuatie	-		
Den Dulver	- gw.stand	0,33	0,68	0,73
	- kwel	0,60	1,00	1,00
	- g.vr.water	0,07	0,80	0,80
	Totaal:		0,87	0,89
Cartierheide	- gw.stand	1	0,75	0,87
Gemiddelde mate van verdroging over 8 lokaties:			**0,48**	**0,56**

is in alle projectfasen van belang, vanaf systeemkeuze en conceptueel ontwerp, tot en met de bedrijfsvoering.

Veel van de keuzen die te maken hebben met procesautomatisering werden voorheen gemaakt tijdens het definitief ontwerp en in de bestekfase. Door de sterke samenhang tussen proces en besturing, is het echter van belang om ruim voor deze fasen vast te leggen, op welke wijze gestuurd en geautomatiseerd moet worden. Dit gebeurt in het zgn. masterplan procesautomatisering.
Omdat het masterplan een essentiële schakel vormt in het vaststellen van een eenduidige visie op procesautomatisering binnen de organisatie van de waterkwaliteitsbeheerder, worden in het navolgende enkele hoofdpunten uit een dergelijk plan toegelicht.

Masterplan procesautomatisering
Het masterplan is een document waarin een beleidsmatige visie wordt gegeven op de wijze waarop procesautomatisering moet worden toegepast. Het schetst hiermee een kader van uitgangspunten en randvoorwaarden die moeten gelden voor bestaande en nieuwe zuiveringsinrichtingen van de waterkwaliteitsbeheerder.

Het masterplan geeft antwoord op vragen die betrekking hebben op de vorm van het toekomstige actieve beheer en de wijze waarop regionalisatie wordt ingevuld (afstandsbediening, onderhoud, storingsdiensten).
Verder wordt vastgesteld waar het efficiënt is om met standaardoplossingen te werken. Dergelijke standaards kunnen betrekking hebben op de wijze van bedienen, regelen, hardware, software, etc.
Bij automatisering en onbemand bedrijf moeten meer (meet)gegevens worden opgeslagen en gecontroleerd dan voorheen nodig was. Het masterplan geeft aan welke procesinformatie hiervoor in aanmerking komt en hoe de verdere overdracht van informatie plaatsvindt naar de verschillende organisatorische geledingen (laboratorium, onderzoek, etc.).
Voorts is er aandacht voor de wijze waarop procesautomatisering wordt uitgevoerd, waarbij onder andere aspecten van apparatuurkeuze worden belicht.
Tenslotte geeft het masterplan een beeld van het realisatietraject, waarbij organisatorische aspecten aan de orde komen, zoals uitvoeringsfasering, systeembeheer en operator-training.

Bij het opstellen van het masterplan moeten veel keuzen worden gemaakt die betrekking hebben op het actieve waterkwaliteitsbeheer. Deze keuzen moeten op zorgvuldige wijze door de waterkwaliteitsbeheerder worden gemaakt. Het blijkt een succesvolle werkwijze om hiertoe een Stuurgroep Procesautomatisering te formeren. Een dergelijke stuurgroep bestaat uit vertegenwoordigers uit diverse geledingen van de organisatie.

Conclusies
Procesautomatisering is een 'must' gezien de hoge eisen die worden gesteld aan het toekomstige functioneren van rwzi's.
Voor een verantwoord ontwerp van moderne rwzi's is het noodzakelijk om rekening te houden met de dynamische aspecten van het zuiveringsproces.
Hiervoor kunnen dynamische simulatieprogramma's worden gebruikt. Met deze programma's kunnen op relatief eenvoudige wijze de mogelijkheden van processturing worden vergeleken en op hun effectiviteit worden getoetst. Zo kunnen voor verschillende bedrijfsvoeringstechnische omstandigheden, sturingsscenario's worden bepaald.
Er is voor het ontwerpen van moderne rwzi's een nieuwe werkwijze vereist, waarbij er in alle ontwerpfasen een sterke samenhang is tussen procestechniek, informatietechniek en besturingstechniek.
Om procesautomatisering op efficiënte wijze te kunnen invoeren, is het noodzakelijk om vroegtijdig in een plan vast te leggen wat de uitgangspunten en randvoorwaarden zijn voor bedrijfsvoering, procesvoering, informatievoorziening, onderhoud en beheer. Dit zgn. masterplan moet bij voorkeur eenmalig voor alle rwzi's van een waterkwaliteitsbeheerder worden opgesteld.

Literatuur
1. STORA. *Toekomstige generatie rioolwaterzuiveringsinrichtingen; rwzi 2000.* Onderzoeksplan.
2. STOWA (1992). *Stikstofverwijdering uit interne stromen van rwzi's.* Eindrapport.
3. Kuij, R. J. van der en Bentum, A. G. N. van (1993). *Simulatie; spel of realiteit?* H_2O (26) 1993, nr. 20, p. 583-587.
4. Nelen, F. (1992). *Optimized control of urban drainage systems.* TU-Delft, ISBN 90 9005144 9.
5. Hartong, H. and Lobbrecht, A. (1992). *Applications of Operations Research to Real Time Control of Water Resources Systems. Proceedings of the Third European Junior Scientist Course, Formerum, Terschelling, the Netherlands.* PREDICT.
6. Sewage Treatment Model. (1992). DHV Water BV.

● ● ●

Natuurterreinen
• *Slot van pagina 309*

Conclusie
Tot nu toe ontbrak een methode om de verdroging van natuurterreinen eenduidig en kwantitatief vast te stellen. De bepaling van de mate van verdroging is nu meestal gebaseerd op de interpretatie van veranderingen in de vegetatie en op deskundigenoordeel. Voor het signaleren van het verdrogingsprobleem kan hiermee misschien worden volstaan, maar voor de verdere invulling van het beleid en voor de evaluatie van het anti-verdrogingsbeleid zijn betrouwbaardere kwantitatieve methoden nodig. We denken dat de door ons ontwikkelde methode daartoe een goede aanzet geeft. Hoewel op sommige punten nog verbeteringen of aanvullingen nodig zijn (bij de verdrogingsrelatie voor de inlaat van gebiedsvreemd water bijvoorbeeld), is de methode ver genoeg ontwikkeld om al in de praktijk gebruikt te worden. We zouden daarom willen pleiten voor het toepassen van de methode bij het monitoren van anti-verdrogingsprojecten, en meer in het algemeen, bij het volgen van de verdrogingssituatie in de Nederlandse natuurgebieden.

Literatuur
1. RIVM (1988) (red. F. Langeweg). *Zorgen voor morgen. Nationale Milieuverkenning 1985-2010.* Samson HD Tjeenk Willink, Alphen a/d Rijn.
2. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1989). *Water voor nu en later. 3e Nota Waterhuishouding.* SDU uitgeverij, Den Haag.
3. Projectteam Verdroging (1988). *Verdroging van natuur en landschap in Nederland.* Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Lelystad.
4. Gool, C. R. van, Groen, C. L. G., Runhaar, J. & Amstel, A. R. van (1990). *Verdroging van natuur in Nederland. Deel 1: inventarisatie van de omvang van het probleem.* Landschap 7: 145-163.
5. Adriaanse, A. (1990). *Milieukerngegevens Nederland. Kerngegevens vanuit het milieubeleid.* Ministerie van VROM.
6. Rolf, H. L. M., Runhaar J. & Gieske, J. M. J. (1993). *Milieubeleidsindicator Verdroging. Fase 2a: Ontwikkeling van de methode en toepassing voor acht lokaties in Brabantse natuurterreinen.* TNO rapport OS 93-56A/CML-rapport 101. TNO-IGG, Delft.
7. Vlot J.E. & Lourens, A. (1992). *Milieubeleidsindicator verdroging. Tussenrapportage.* TNO-rapport OS 92-18A. TNO-IGG, Delft.
8. Runhaar, J. (1989). *Toetsing ecotopensysteem: Relatie tussen de vochtindicatie van de vegetatie en grondwaterstanden.* Landschap 6: 129-146
9. Rolf, H. L. M en Mey, H. van der (1991). *Grondwatersituatie Drenthe. Een onderzoek naar de kwelsituatie, de trends in grondwaterstand en de mogelijkheden om de situatie te beïnvloeden.* TNO rapport OS 91-29A. TNO-IGG, Delft.
10. Roelofs, J. G. M. (1989, ed.). *Aanvoer van gebiedsvreemd water: Omvang en effecten op oecosystemen.* Katholieke Universiteit, Nijmegen.
11. Sluijs, P. van der (1990). *Grondwatertrappen. In: Locher W. P. en Bakker, H. de (eds), Bodemkunde van Nederland, deel 1. Algemene Bodemkunde.* Malmberg, Den Bosch, 2e druk.

● ● ●