

Indicatorsoorten voor verdroging,  
verzuring en eutrofiëring van  
plantengemeenschappen in negen  
belangrijke landschapstypen

*P.C. Schipper en M.J. Nooren  
met bijdragen van W.J. Holtland  
en C.S.J. Aggenbach*

# 1 Methode en toepassing



landbouw, natuur en  
voedselkwaliteit

**kiwa**



staatsbosbeheer

Indicatorsoorten voor verdroging,  
verzuring en eutrofiëring van  
plantengemeenschappen in negen  
belangrijke landschapstypen

*P.C. Schipper en M.J. Nooren  
met bijdragen van W.J. Holtland  
en C.S.J. Aggenbach*

# Methode en toepassing

## COLOFON

**Indicatorsoorten** voor verdroging,  
verzuring en eutrofiëring van  
plantengemeenschappen in negen  
belangrijke landschapstypen  
**Deel 1** uit de serie 'Indicatorsoorten'

**Auteurs:**

P.C. Schipper en M.J. Nooren  
met bijdragen van W.J. Holtland  
en C.S.J. Aggenbach

**Bewerkt door:**

M.J. Nooren

**Foto's:**

Omslag: André Jansen  
Binnen: Camiel Aggenbach en André Jansen

**Vormgeving:**

Ineke Oerlemans

© Staatsbosbeheer Driebergen

1e druk, 2007

ISSN 0926-4558 1995-4

**A**l wat leeft verandert voortdurend. In alle levensgemeenschappen doorlopen planten en dieren hun individuele levenscyclus, ze verschijnen, planten zich voort en sterven. De diversiteit en de soorten-samenstelling hoeven daarbij echter niet te veranderen. In de laatste decennia zijn in ons land echter veel soorten achteruitgegaan en dreigen zelfs in natuur- en bosterreinen plantengemeenschappen te verdwijnen. De achteruitgang van levensgemeenschappen in natuurgebieden is vaak het gevolg van ingrepen in de omgeving van de terreinen. De natuurterreinen staan in verbinding met hun omgeving en via water en lucht worden de eigenschappen van de bodem veranderd. Meststoffen en zuren dreigen door te dringen tot in het hart van voedselarme natuurgebieden. Grondwaterstanden zijn op regionale schaal verlaagd waardoor terreinen met hoge tot zeer hoge grondwaterstanden in de zomer zeldzaam zijn geworden. In het bijzonder de voedselarme en zwakgebufferde ecosystemen staan sterk onder druk – ze verdrogen, verzuren en worden voedselrijker. De concurrentieverhoudingen tussen soorten veranderen. De flora verarmt terwijl sommige soorten gaan overheersen.

Staatsbosbeheer wil in haar terreinen bos- en natuurwaarden instandhouden, herstellen en ontwikkelen. Kwaliteitsbewaking van de terreinen vormt een essentieel onderdeel van het beheer. Het tijdig signaleren van veranderingen maakt het mogelijk maatregelen te nemen om achteruitgang van levensgemeenschappen tegen te gaan.

Om de kwaliteitsbewaking van de terreinen vorm te geven, heeft Staatsbosbeheer in samenwerking met Directie Kennis van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) een onderzoek laten uitvoeren door KIWA NV Onderzoek en Advies. Ella de Hullu (destijds Staatsbosbeheer, nu Directie Kennis) en Frits van Beusekom (destijds Directie NBLF) initieerden dit onderzoek. Het doel van dit onderzoek was het bepalen van de indicatiewaarde van plantensoorten voor water-

stand, waterkwaliteit, zuurgraad en trofiegraad binnen verschillende plantengemeenschappen. In het kader van het meerjaren onderzoekprogramma stelde VEWIN hiervoor additioneel middelen ter beschikking. De resultaten zijn weergegeven in de tien boekdelen van de serie indicatorsoorten.

In elk van de eerder verschenen delen 2 t/m 10 is een inleiding opgenomen die de methode en toepassing 'kort en krachtig' toelicht. Dit voor u liggende boek, deel 1: 'Methode en toepassing', is als laatste deel geschreven en gepubliceerd, omdat dit het beste aansloot bij de in het indicatorenonderzoek gevolgde werkwijze. In het kader van het indicatorenproject werden de landschapstypen van Nederland één voor één afgewerkt. Bij het verschijnen van het boekdeel 2: Beekdalen in 1995 was het onderzoek naar indicatorsoorten in de andere landschapstypen nog niet afgerond of zelfs nog niet begonnen. Het was toen onduidelijk of en in hoeverre bij behandeling van de verschillende landschapstypen aanpassingen nodig waren, bijv. in de nadere uitwerking van de onderzoeksmethode of de standaardlegenda. Inmiddels zijn alle binnen de serie te behandelen landschapstypen behandeld. Nu is een terugblik op de daadwerkelijk gevolgde werkwijze mogelijk. Bovendien zijn er nu voorbeelden van toepassingen van indicatorsystemen. Het heeft even geduurd voor dit deel van de serie kon worden gepubliceerd. Dit heeft hoofdzakelijk te maken met de hoge kwaliteitseisen die bij de aanvang van het project zijn afgesproken. Staatsbosbeheer en vooral Matthijs Schouten en Moniek Nooren hebben gedurende het hele traject veel inspanning geleverd zodat alle boeken aan deze eisen bleven voldoen.

Dit boek geeft enerzijds een toelichting op de achtergronden van de methode en illustreert anderzijds de toepassing aan de hand van allerlei voorbeelden.

Het boek kon alleen tot stand komen dankzij de medewerking van een groot aantal mensen en vele instanties die hier niet allemaal genoemd kunnen worden.

Deze serie van boeken laat zien hoe onderzoeksresultaten direct toepasbaar gemaakt kunnen worden voor de praktijk. De onderzoekers hebben het aangedurfd om de nieuwste inzichten in het vakgebied te gebruiken, en nieuwe wegen gezocht om uitspraken te doen die breed toepasbaar zijn zonder daarbij hun wetenschappelijke integriteit te verliezen. Vanuit het terreinbeheer gezien is dit een ideale vorm van samenwerking.

Ik hoop dat dit boek behulpzaam kan zijn bij het beheer en de kwaliteitsbewaking van de terreinen.



*Driebergen, 2007*

*Algemeen directeur Staatsbosbeheer*

<b>1</b>	<b><i>Indicatorsoorten voor kwaliteitsbewaking en beheer</i></b>	<b>8</b>
	Een vinger aan de pols	8
	Verschillende indicatorsoortensystemen	9
	De indicatorenserie van Staatsbosbeheer	20
<b>2</b>	<b><i>Belangrijke vraagstellingen</i></b>	<b>22</b>
	Zijn indicatorsoortenanalyse en monitoring in mijn situatie zinvol?	22
	Zijn eerder verzamelde gegevens bruikbaar voor indicatorsoortenanalyse?	22
	Wat is precies de vraag waarop we antwoord zoeken door indicatoranalyse en hoe nauwkeurig moet het antwoord zijn?	22
	Hoe vaak is de analyse te herhalen en hoe lang is monitoring nodig?	23
	De boeken van de indicatorenserie als hulpmiddel?	24
	Hoe gebruik je de boeken?	25
	Welke soorten gebruiken we als indicatorsoorten?	27
	Hoe zijn de standplaatsindicaties en veranderingen vast te stellen?	28
<b>3</b>	<b><i>Voorbeelden van toepassing</i></b>	<b>29</b>
	Toepassing in grote plannings- en inrichtingsprojecten.	29
	Toepassing in kleinere projecten t.b.v. natuurbeheer	29
	Voorbeeld beekbegeleidend loofbos: indicatorsoortenanalyse maakt tijdige, kansrijke herstelmaatregelen mogelijk	33
	Voorbeeld Drentse A: indicatorsoortenanalyse voor afgrenzing van verdrogingsbestrijding	36
<b>4.</b>	<b><i>Betrouwbaarheid in het gebruik</i></b>	<b>38</b>
	Koppeling aan landschaps- en vegetatietype verhoogt zeggingskracht	41
	De invloed van het schaalniveau op indicaties: van biosfeer tot atmosfeer	42
	Betrouwbare resultaten door toetsing met metingen	48
	Voorbeelden van soorten 'door de boeken heen'	49
<b>5.</b>	<b><i>Nieuwe mogelijkheden</i></b>	<b>53</b>
	ITERATIO	53
	INDICA	57
<b>6.</b>	<b><i>Registers</i></b>	
	Lijst van plantengemeenschappen en indicatietabellen van de indicatorenserie	60
	Lijst van onderzoeksklokaties die als basisstudiegebieden gediend hebben	67
	Literatuurlijst	68

### *Een vinger aan de pols*

Voor een duurzaam behoud van natuurwaarden is het van het grootste belang 'een vinger aan de pols te houden' en nauwkeurig te volgen welke veranderingen in een terrein optreden. Worden deze veranderingen vroeg opgemerkt, dan is het mogelijk maatregelen te nemen om de ontwikkelingen bij te sturen. Als er meetreeksen van langere perioden bestaan, geven metingen van grondwaterstanden, zuurgraad en voedselrijkdom over het algemeen direct inzicht in veranderingen: het zijn sturende of sleutelfactoren. Het zijn bovendien factoren die door de mens gemanipuleerd worden. Zo heeft bijv. Roelofs (1991) aangetoond dat hydrochemische processen in de bodem en in het oppervlaktewater vergaand door de mens beïnvloed zijn en dat ze van groot belang zijn voor de vegetatie in

### *Kwaliteits- en procesindicatoren*

Ringelberg (1987) geeft de volgende definitie van een indicatorsoort (ook genaamd bio-indicator of meetsoort):

"Een bio-indicator is een organisme dat herhaaldelijk voorkomt bij dezelfde combinatie van factoren en door zijn aanwezigheid indiceert met welke combinatie wij te maken hebben."

Voor een wetenschappelijke benadering en gebruik in de praktijk is een onderscheid in kwaliteits- en procesindicatoren handig. De bio-indicator van Ringelberg is een procesindicator. Sommige organismen, bijv. dieren zoals de visarend en wolf of planten zoals Veenmosorchis kunnen worden opgevat als indicatoren voor de 'compleetheid' van een ecosysteem. Dit zijn kwaliteitsindicatoren.

laagvenen, heide, natte en droge schaallanden, zwakgebufferde wateren en bossen. Soms is het echter heel lastig om de relevante gegevens te meten. Metingen geven informatie van één punt en om een ruimtelijk beeld te krijgen moeten vele metingen verricht worden. Planten (en dieren) geven ook informatie over hun omgeving en doen dat gratis. Dat planten handig zijn als gidsen, meters van het milieu, ofwel als indicator, is al heel lang bekend. In tal van culturen keken jagers en boeren naar het plantendek en wisten dan of de jachtgebieden en de bodems vruchtbaar of niet vruchtbaar waren. Zo kreeg bijv. het gras Gladde witbol (*Holcus mollis*) zijn bijnaam: het wordt ook wel 'zorggras' genoemd. Als deze soort in akkers verscheen wisten boeren dat ze zich zorgen moesten maken over de bodemvruchtbaarheid van de akker (Zonneveld, 1982). De moderne wetenschap onderzoekt en toetst de betekenis van planten- en diersoorten als indicator, de zeggingskracht, eerst voordat zij er gebruik van maakt. Korstmossen zijn algemeen bekende indicatoren voor schone lucht, vissen voor de kwaliteit van het water in de grote rivieren. Vaak zijn wel historische gegevens van het voorkomen van soorten beschikbaar, terwijl oude abiotische gegevens ontbreken. Onderzoek aan botanische resten in veen levert inzicht in veranderingen in het klimaat. Gegevens over vroeger aanwezige plantensoorten kunnen inzicht geven in de oorspronkelijke waterhuishouding van een gebied.

In de reeks boeken over indicatorsoorten die Staatsbosbeheer publiceert, staat de indicatie van de meest belangrijke omgevingsfactoren van negen verschillende landschapstypen centraal. Gezocht is naar plantensoorten die snel reageren op veranderingsprocessen en scherpe voorwaarden stellen aan hun standplaats. Door vergelijkbare gebieden, geomorfologisch homogene landschapstypen

zoals kalkarme zandgebieden en verschillende beekdalen, als basis te nemen verkleint het indicatorsysteem van Staatsbosbeheer de kans op problemen in de toepassing. In een zeer ruim genomen gebied kunnen geheel verschillende processen leiden tot vergelijkbare standplaatscondities (ZIE PAG.38).

Soorten met scherp begrensde en eenduidige indicaties zijn vaak zeldzame bedreigde soorten die op de Rode lijst staan. Omdat ze zo schaars zijn, zijn ze in veel gevallen niet bruikbaar als indicatorsoorten. Algemene soorten kunnen duidelijke patronen opleveren, maar deze patronen zijn moeilijker te interpreteren omdat de relaties van deze soorten met specifieke eigenschappen van het gebied vrij zwak zijn. Meestal werkt men bij indicatorsoortenanalyse en monitoring met soorten die met enige regelmaat te vinden zijn in het te onderzoeken terrein, maar niet overal voorkomen.

Onderzoekers gebruiken verschillende methoden om de indicaties van soorten vast te stellen. Dat hoeft voor het gebruik of onderlinge vergelijkingen geen bezwaar te zijn, als de selectie van soorten voldoet aan dezelfde voorwaarden. Bij de selectie van indicatieve soorten is bij de ontwikkeling van het indicatorsysteem van Staatsbosbeheer van drie voorwaarden uitgegaan (naar Jansen en van Diggelen, 1987):

1. De soorten moeten indicatief zijn voor de te onderzoeken eigenschappen van het gebied, zoals waterstanden, kwel etc. (zie ook de definitie van een bioindicator van Ringelberg).
2. De indicatie is goed beschreven binnen vergelijkbare gebieden (per landschapstype).
3. De soorten zijn niet te algemeen of te zeldzaam in het te onderzoeken gebied.

### **Verskillende indicatorsoorten-systemen**

Voor ecologische classificaties kunnen soorten bijv. gesorteerd worden:

1. naar fysieke kenmerken van de plant, levensvorm of groeivorm;
2. naar strategie of 'gedrag';
3. naar reactie op bepaalde abiotische (bodem)factoren;
4. naar standplaats- of vegetatietypologie (ecotopen, plantengemeenschappen).

We behandelen hier in het vervolg alleen planten, maar veel wat hier wordt gezegd is ook geldig voor dieren. De eerste twee manieren gebruikt men nauwelijks in de

#### ***Kritische en niet-kritische soorten; een eenvoudig indicatorsoortensysteem***

Een niet kritische soort is bijvoorbeeld Drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*). Deze soort staat zowel in vennen met voedselarm, matig zuur tot zuur water als in beken met voedselrijk stromend water. Bovendien kan ze tijdelijke uitdroging overleven. Rood zwenkgras is een ander voorbeeld. Deze soort komt voor in allerlei graslanden op bodems die variëren van zeer droog tot nat en van zuur tot kalkhoudend. In een intensief gebruikt agrarisch landschap kunnen deze niet zeer kritische soorten als laatste overlevenden wijzen op net iets minder intensieve aantasting.

De kritische soorten hebben een geringe tolerantie voor één of meerdere abiotische factoren en hebben daarom een hoge indicatiewaarde. Vaak gaat het echter om erg zeldzame soorten zoals Vlozegge, Herfstschroeforchis en Veenmosorchis. Die soorten komen zo weinig voor dat ze slechts zeer lokaal te gebruiken zijn als indicatorsoorten.



toepassing van planten als indicatoren. Ze zijn te weinig specifiek. Een voorbeeld van een heel eenvoudig systeem naar strategie is een classificatie in 'kritische' en 'niet kritische' soorten. Grime (1979) presenteerde een preciezere indeling in competitors (doordouwers of veeleisende soorten), stress tolerantors (asceten of specialisten) en ruderals (storingsoorten, opportunisten of verkeners) (zie ook Schaminée *et al.*, 1995). De indeling in wel/niet kritisch is wel handig bij het maken van een eerste selectie van soorten die als indicatoren gebruikt kunnen worden.

In de toepassing van planten als indicatoren is de derde manier van indeling, naar reactie van een soort op een milieufactor, de meest gangbare. Er bestaan een aantal verschillende typologieën met indicaties voor alle soorten in een (groot) gebied. Ze hebben betrekking op één of meerdere milieufactoren. De factoren worden daarbij vaak uit hun verband gelicht en los van elkaar beschouwd. Bij de opstelling van de lijsten zijn de auteurs zeer verschillend te werk gegaan, sommige zijn gebaseerd op het oordeel van een ervaren veldbioloog, andere geven de resultaten van grote meetprogramma's weer. Soms bestaan de gegevens uit getallen per factor (Kruijne, de Vries en Mooij, 1967; Bloemendaal en Roelofs, 1988). Ook worden klassen of kwalitatieve aanduidingen gegeven (Ellenberg, 1979 en 1982, Landolt, 1977 en Londo, 1988).

Kensoorten hoeven geen indicatorsoorten voor een gemeenschap te zijn. Vaak wordt gesteld dat kensoorten van plantengemeenschappen een goede indicatie geven van de eisen die de gemeenschap stelt. Dit is echter niet altijd het geval.

### *Kensoorten hoeven geen indicatorsoorten voor een gemeenschap te zijn.*

In de Drentse A zijn in vele dotterbloemhooilanden op veengronden de waterstanden gemeten in 'ondiepe buizen' en de vegetaties opgenomen met de schaal van Londo (zie tabel). Deze gegevens zijn per soort en per gemeenschap bewerkt (van Nugteren, 1984). In dit geval blijken de differentiërende soorten van de subassociatie indicatief te zijn voor de gemiddelde grondwaterstanden van de gemeenschap. De kenmerkende soorten van de gemeenschap komen bij gemiddeld hogere grondwaterstanden voor dan de gemeenschap zelf. Het grootste gemeten verschil is te beschouwen als een maat voor de afhankelijkheid van grondwaterstanden. Hoe kleiner het getal, hoe groter de afhankelijkheid. In het Drentse A gebied lijkt Ruw walstro min of meer dezelfde eisen te stellen als de gemeenschap waarin zij voorkomt en de soort vertoont ook, als één van de weinige soorten, een relatief grote afhankelijkheid van grondwaterstanden. De soort is echter niet kenmerkend voor de associatie en komt in veel méér graslandgemeenschappen van de Pijpenstrootje-orde voor, zoals in de Veldrusassociatie en in meerdere rompgemeenschappen van het Biezenknoppenverbond. Juist deze soort blijkt bij verdroging snel te verdwijnen, veel eerder dan bijvoorbeeld Dotterbloem en Echte koekoeksbloem (Jalink en Jansen, 1995). Het is hier dus een handige indicatorsoort voor het vroeg opsporen van verdroging.



**Metten in peilbuizen**

**Grondwaterstandshoogten in relatie tot een plantengemeenschap en tot kenmerkende en begeleidende soorten van deze gemeenschap (gegevens stroomdal Drentse A)**

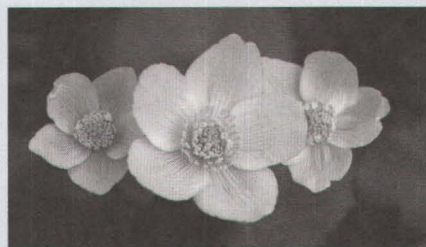
	GRONDWATERSTANDEN			
	<i>gemiddeld hoogste stand</i>	<i>gemiddeld laagste stand</i>	<i>grootste gemeten verschil</i>	
Gemeenschap van Boterbloem en Waterkruid, typische SA	-16	-48	92	
<i>Kenmerkende soortencombinatie</i>				
Dotterbloem	-9	-43	114	
Echte koekoeksbloem	-6	-38	121	
Noordse zegge	-3	-24	111	
Moerasvergeet-mij-nietje	0 / -17	-17 / -64	111	*
Zwarte zegge	-12	-32	111	
Egelboterbloem	-3	-39	94	
Moerasrolklaver	-12	-36	117	
Ruw walstro	-15	-50	91	d
Grote ratelaar	-15	-48	104	d
Reukgras	-12	-58	112	d
<i>Begeleidende soorten</i>				
Rood zwenkgras	-18	-54	114	
Gestreepte witbol	-45	-54	>122	
Ruw beemdgras	-15	-48	>131	
Kruipend zenegroen	-9	-46	104	
Kale jonker	-12	-58	112	
Moerasspirea	indiff.	-54	134	
Witte klaver	0	-22	>129	
Holpijp	+5	-17	118	
Smalle weegbree	-40	-89	111	

\* Tweetoppige reactie op waterstanden, mogelijk veroorzaakt door twee ondersoorten; één in rietlanden bij zeer hoge grondwaterstanden, de andere in graslanden bij lagere waterstanden.

d differentiërend voor de subassociatie van Blauwe zegge



**Moerasvergeet-mij-nietje**



**Dotterbloem**

*De indicatorgetallen van Ellenberg; een zeer bekend indicatorsoortensysteem*

Ellenberg (1979) geeft voor zeer veel Midden-Europese soorten aan wat de levensvorm is, het areaal (K), de tolerantie voor zware metalen (B) en voor zout (S), en de reactie van soorten op licht (L) temperatuurverloop (T), bodemvocht en water (F), zuurgraad (R) en stikstof (N). In Ellenbergs tabellen heeft elke soort één indicatiegetal (eigenlijk code), bijv. K1 of R5. De indicaties hebben een kwalitatief karakter. Zo is R1: "Starkssäurezeiger, niemals auf schwachsauren bis alkalischen Böden vorkommend; R3: Säurezeiger, Schwergewicht auf sauren Böden, aber bis in de neutralen Bereich; R5: Mässigsäurezeiger, auf stark sauren wie auf neutralen bis alkalischen Böden selten; R7: Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger, niemals auf starksauren Böden; R9: Basen- und Kalkzeiger, stets auf kalkreichen Böden." Codes met even getallen, worden gebruikt om te nuanceren op de indeling; bijvoorbeeld: 2: "zwischen 1 und 3 stehend." Of het daarbij gaat om soorten die op het hele traject van 1 tot 2 kunnen voorkomen, of soorten die beperkt zijn tot een klein tussenliggend traject, is niet duidelijk. Als er geen gegevens zijn of als een soort niet op een factor reageert (indifferent is) wordt dit apart vermeld. Hoe Ellenberg zijn tabellen heeft opgesteld blijft onduidelijk. Vermoedelijk heeft hij vele Midden-Europese vegetatiekundige gebiedsbeschrijvingen en verspreidingsgegevens van soorten als basis gebruikt.

*De freatofytenlijst van Londo; een Nederlands indicatorsoortensysteem*

In de freatofytenlijst van Londo (1988) wordt aangegeven of, en in welke mate, een soort afhankelijk is van water. Zout en kalk worden bij deze indeling betrokken omdat deze factoren interfereren met water. Soorten die goed tegen zout kunnen, maar in het zoete bereik weinig concurrentiekracht hebben, kunnen in Nederland alleen in zoute, natte milieus voorkomen. Alleen daar worden ze niet weggeconcentreerd. Andere soorten kunnen een plaatselijke of landschappelijke gebondenheid aan grondwater vertonen. Daardoor kan de indicatie per regio verschillen. Duinzanden zijn bijvoorbeeld zo doorlatend, dat soorten die tijdelijke uitdroging slecht verdragen, in duinzanden gebonden zijn aan plaatsen met permanent hoge grondwaterstanden, terwijl grondwaterstanden op andere standplaatsen in Nederland het voorkomen van de soort niet beperken. Bitterzoet (*Solanum dulcamara*) komt meestal voor in vrij ruige, vochtig tot natte vegetaties aan de waterkant, maar kan in kalkrijke gebieden, bijv. in de duinen van Zuid-Holland, op de toppen van droge duinen voorkomen. In het kalkarme deel van Nederland bevat het water de nodige bufferstoffen die zorgen voor een snelle omzetting van organisch materiaal. Londo maakt in de lijst van Nederlandse freatofyten onderscheid tussen obligaat (altijd) en facultatief (soms) grondwaterafhankelijk. Voor alle freatofyten geeft hij bovendien aan of de soort kenmerkend is voor de meer constante (minder dynamische) en/of relatief oligotrofe (voedselarme) en/of uitwendig kwetsbare milieus, of dat het een relatief zeldzame soort is van meer dynamische en/of voedselrijke milieus.

Bij deze indelingen naar een reactie op één milieufactoor staan meestal factoren centraal die niet enkelvoudig zijn: het zijn in feite combinaties van meerdere factoren (Zonneveld, 1982). Voedselrijkdom is de resultante van vele factoren, waaronder stikstof, fosfaat en kali. Bodemvocht wordt zowel door hangwater als door capillair opstijgend water als door actueel hoge grondwaterstanden bepaald.

Bovendien reageert een plant op het geheel van alle factoren en niet op één factor. Londo wijst er op dat de factor water niet los gezien kan worden van de factoren kalk en zout. Bloemendaal en Roelofs benadrukken dat de verhouding tussen voedingsstoffen heel belangrijk is voor een indicatie van waterkwaliteit. Ze geven daarom indicaties voor 'geïntegreerde factoren', zoals voor de saliniteit, de totale ionenconcentratie van in water opgeloste gassen, het gehalte aan organische- en anorganische stoffen. Doorgaans bepalen de kationen  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  en  $\text{K}^+$  samen met de anionen  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  en  $\text{Cl}^-$  de saliniteit.

De opstellers van deze lijsten zijn zich bewust van het relatieve karakter van de indicaties die zij geven. Het verkrijgen van betrouwbare gegevens die een goed beeld van de reactie van een soort geven is heel lastig. Daarom vat men de indicaties vaak in klassen samen, waarbij de spreiding al dan niet wordt vermeld. Wiskundig gezien moeten dergelijke indelingen beschouwd worden als ordinale schalen. Een hoger getal wijst wel op een hogere waarde van de factor, maar de verschillen in de grootte van de indicaties mogen niet op gevat worden als een reële maat voor veranderingen (Van Wirdum en van Dam, 1984). Londo heeft afgezien van het geven van getallen om onoordeelkundig rekenen met zijn gegevens te verhinderen.

### **Bloemendaal en Roelofs geven voor waterplanten onderbouwing door meetgegevens**

Meestal zijn de aan de soorten gekoppelde standplaatscondities beperkt onderbouwd door daadwerkelijke metingen op de standplaatsen. Er zijn onvoldoende meetgegevens verzameld en/ of ze zijn ontoegankelijk. Bloemendaal en Roelofs (1988) hebben een grote landelijke inventarisatie uitgevoerd naar het voorkomen van waterplanten in zeer verschillende milieus en hebben per vindplaats een groot aantal hydrochemische metingen verricht. Het is een van de weinige studies die op basis van statistische bewerkingen van een ruime hoeveelheid metingen uitspraken geeft over de betrekkingen tussen soort en waterkwaliteit.

We kunnen indicatorsoortenlijsten zowel met elkaar als met recente veldmetingen vergelijken. De voor Midden-Europa opgestelde indicatorlijsten van Ellenberg, Klapp en Landolt lijken niet veel te verschillen van gegevens die voor Nederland zijn opgesteld door Londo en Kruijne *et al.* Ook de correlatie met in Nederland gemeten waarden in het veld is goed, vooral als de gehele soorten-samenstelling van de vegetatie gebruikt wordt en als soorten met een onduidelijke indicatie genegeerd worden (Bakker, 1987). (ZIE KADER PAGINA 14).

Rest nog de bespreking van de vierde van de mogelijke manieren van indeling voor een systeem van indicatorsoorten: een indeling naar een samenhangende standplaatstypologie. Het gaat erom de factoren in een samenhangend verband en in verband gebracht met de vegetatie te beschrijven. Soorten kunnen daarvoor in ecologische groepen (soorten die een zelfde milieu be-

## Een vergelijking van verschillende indicatorsystemen

Bij een vergelijking van verschillende indicatorsystemen blijkt de overeenstemming verrassend groot. Bakker (1987) heeft indicatiegegevens betreffende de factor voedselrijkdom vergeleken. Hij bepaalde het frequentiepercentage van de indicatieve soorten volgens een Nederlands en twee Duitse indicatorsystemen (zie onderstaande tabel; hij ging o.a. uit van data van grasland-

gemeenschappen van het stroomgebied van de Drentse A). Om de vergelijking mogelijk te maken heeft Bakker de indicaties van de soorten vereenvoudigd en teruggebracht tot drie klassen. Als de door de verschillende systemen opgegeven waarden strijdig waren, zijn de soorten weggelaten. Gaven twee van de drie bronnen een zelfde indicatie, dan is de afwijkende opvatting genegeerd.

### Frequentiepercentages van het voorkomen van indicatorsoorten voor het voedselgehalte van de bodem berekend volgens verschillende indicatorsystemen (naar Bakker, 1987)

P geeft een indicatie voor fosfaat, N voor stikstof.

	Kruijne et al., 1967	Ellenberg, 1979	Klapp, 1965
<i>Indicatorsoorten wijzend op:</i>			
voedselarme bodem	33% (P: -100 - -50)	39% (N: 1 - 3)	39% (N: 1 - 2)
voedselrijke bodem	22% (P: +1 - +50)	25% (N: 7 - 9)	29% (N: 4 - 5)
bodems met een intermediair voedingsstoffengehalte	45% (P: -50 - 0)	36% (N: 4 - 6)	32% (N: 3)

wonen) worden geplaatst en om die groepen te kunnen rubriceren worden beschrijvingen van ecotopen gemaakt met behulp van standplaatsfactoren en typen van begroeiingen. Ecotopen zijn op te vatten als ruimtelijke eenheden die homogeen zijn ten aanzien van abiotische én biotische factoren die de plantengroei bepalen (van Beusekom, 1992; gewijzigd naar Stevers et al., 1987). Biotische factoren zoals concurrentie en successie tellen bij de andere indelingssystemen niet mee.

Bij de eerste pogingen om een systeem naar een samenhangende standplaatstypologie op te zetten, heeft men soorten ingedeeld bij biotopen die men afleidde uit vegetatiekundige indelingen van de plantensociologie. Eerst werd een vrij grove indeling gemaakt. In de loop van de jaren is deze indeling verder verfijnd. De indeling is getoetst met de gegevens van Ellenberg en die uitkomsten

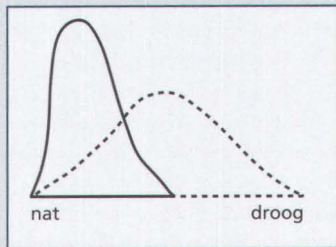
zijn in de verfijning verwerkt (Arnolds en van der Maarel, 1975 en Loopstra en van der Maarel, 1984). Bij dit systeem krijgen de soorten een vaste plaats in een van de socio-logisch-ecologische groepen. Studies waarbij eerst definities van de verschillende soorten standplaatsen werden opgesteld om vervolgens de soorten toe te delen, ook met behulp van toetsing met de gegevens van Ellenberg, zijn iets later opgestart (Runhaar et al., 1987; Stevers et al., 1987). Na een eerste tweedeling in water en land volgt een nadere indeling naar kenmerken van de vegetatiestructuur in pioniervegetaties, graslanden etc. Aan de vegetatiestructuur worden, in vaste volgorde, de abiotische componenten saliniteit, substraat, vocht, pH, dynamiek en saprobie (maat voor organische verontreiniging) toegevoegd, als deze factoren relevant zijn. De kenmerken zijn later nog eens aangepast en de soorten zijn

### Concurrentie versmalt het standplaatsbereik van soorten

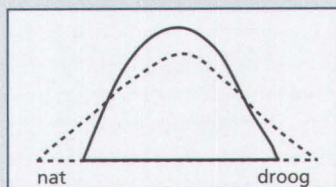
Concurrentie tussen soorten heeft grote invloed op de relaties tussen soorten en omgevingsfactoren; concurrentie versmalt het standplaatsbereik in het veld. Het fysiologische en het ecologische optimum van soorten vallen niet samen. Een aantal zout-tolerante soorten (Engels lepelblad, Zilte zegge) worden buiten brakke en zilte milieus niet aangetroffen, behalve in zoete milieus waar het totale ionengehalte erg hoog is (bijv. bronplekken of op veengrond). Zilte zegge markeert op de hoge kwelder precies de actueel verzoetende zone.

Deze soorten lijken specialisten, maar het zijn concurrentiezwakke soorten die in vergelijking met andere soorten erg langzaam groeien. Ze kunnen fysiologisch gezien op zoete plaatsen groeien, maar worden op zoete plaatsen weggedrukt tenzij andere soorten het daar laten afweten.

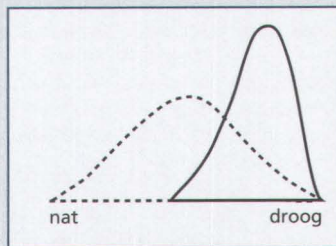
Nog een voorbeeld: de verschillen tussen fysiologische en ecologische optima voor vier heidesoorten (naar Dierssen, 1990). Zonder concurrentie, afgezonderd, komen Kraaihei, Struikhei, Gewone dophei en Rode dophei onder natte tot droge omstandigheden voor. Het bereik (zie de streepjeslijncurves in het figuur) is dan vergelijkbaar en ze groeien alle vier het beste bij vochtige of matig droge condities. In het veld komt Gewone dophei echter vooral op natte plaatsen voor en Rode dophei op droge, terwijl Struikhei op de vochtige, matig droge plaatsen staat en niet bij extreem natte of droge condities voorkomt (zie de curves met doorgetrokken lijn). Struikhei 'drukt' Gewone en Rode dophei 'uit hun fysiologisch optimum'. Kraaihei heeft een 'tweetoppig ecologisch optimum': deze soort kan zowel gevonden worden op matig natte als vrij droge standplaatsen.



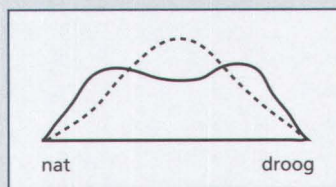
Gewone dophei (*Erica tetralix*)



Struikhei (*Calluna vulgaris*)



Rode dophei (*Erica cinerea*)



Kraaihei (*Empetrum nigrum*)

## Het ecotopensysteem van Runhaar et al.; een indicatorensysteem gebaseerd op samenhangende standplaatstypologie

Volgens Runhaar et al., 1987 en 2004, zijn in Nederland 99 indicatieve ecotopen te onderscheiden.

Per 'kenmerk' categorie (8 zijn er onderscheiden) wordt een grove indeling in klassen gegeven. Kenmerk 'Vochttoestand' is bijvoorbeeld ingedeeld in vier klassen: water, nat, vochtig (met een onderverdeling) en droog. Niet kritische soorten worden bij meerdere ecotopen opgenomen zodat ook het 'breedte' bereik van deze soorten beschreven kan worden. De soorten van een soortsgroep

moeten een relatie hebben met de gemiddelde standplaatseigenschappen van een ecotoop. De werkelijke reactie van een soort op een factor kan daarom afwijken van de toedeling (Runhaar et al., 1987; Stevers et al., 1987). Duinen zijn bijvoorbeeld gemiddeld droog en voedselarm. In duinstruwelen komen echter stikstofminnende kruiden voor die profiteren van de snelle omzetting van blad en het vochtige microklimaat. Deze soorten worden vermeld in het ecotoop bos en struweel op droge voedselarme bodem.

### Kenmerken van het ecotopensysteem volgens Runhaar et al., 2004 (herziening)

KENMERK	KENMERKKI.ASSEN
Medium	terrestisch, aquatisch
Vegetatiestructuur en successiestadium	pioniervegetatie, gesloten korte vegetaties (omvat grasland, dwergstruweel en mosvlakte), ruigte, bos, struweel, verlandingsvegetatie, watervegetatie
Saliniteit	zilt, brak, zoet (omvat zeer zoet en licht brak)
Substraat	stenig, overig
Vochttoestand	(open water), nat, vochtig (omvat matig vochtig en zeer vochtig), droog
Voedselrijkdom	voedselarm, matig voedselrijk, zeer voedselrijk
Zuurgraad	zuur, zwak zuur, basisch
Dynamiek	betreden, niet-betreden

opnieuw toegedeeld na een analyse van omvangrijke opnamebestanden (ZIE TABEL). Runhaar heeft geen relatie gezocht met de bestaande systemen van standplaatstypologieën. Van Beusekom stelde vast, dat het systeem van Runhaar et al. voor gebruik in de praktijk van het beheer te grof is. Van Beusekom (1992) heeft voorstellen geformuleerd voor een nieuwe indeling van ecotopen. Hij geeft criteria waaraan een indicatief ecotopensysteem moet voldoen:

- Het moet zo natuurlijk mogelijk zijn, d.w.z. de weerspiegeling vormen van de in het veld voorkomende complexen van

biotische en abiotische factoren.

- Het moet gebaseerd zijn op de sturende biotische en abiotische factoren (kenmerken).
- Het moet bruikbaar zijn op verschillende integratieniveaus en zich desgewenst lenen voor verdere verfijning.
- Het moet toegankelijk zijn vanuit de biotische vakgebieden natuurbeheer, vegetatiekunde, auto-ecologie en floristiek en vanuit de abiotische vakgebieden hydrologie, bodemkunde en fysische geografie.
- Het moet bruikbaar zijn in de praktijk van beheer, inrichting, beleid en onder-

Van Beusekom stelt dat het goed mogelijk is de belangrijkste abiotische kenmerken van de ondergrond samen te vatten in drie factoren: (bodem)vochthuishouding, zuurgraad of pH (als maat voor de basenverzadiging) en voedselrijkdom (of trofiegraad). Daar komt als vierde belangrijke factor een biotische component bij: 'successiestadium' (inclusief vegetatiestructuur.) Toevoegingen dienen om bijzondere toestanden (chemisch en fysisch) aan te geven zoals zout, brak, stuivend zand, maar ook stratificatie, ofwel gelaagdheid van een factor in de bodem. Hij geeft nadere toelichtingen op factoren en stelt o.a.:

- **Licht en temperatuur** zijn abiotische standplaatseigenschappen (of milieukenmerken) die ook van groot belang zijn voor de vegetatie.
- **Het vochtgehalte** van de bodem wordt bepaald door grondwaterstanden en eigenschappen van de bodem (doorlatendheid, capillair naleveringsvermogen e.d. en door luchtvochtigheid en temperatuurverloop. Bij lage temperaturen of hoge luchtvochtigheid kunnen planten minder verdampen en is de behoefte aan vocht ook minder).

zoek op het gebied van natuurbehoud, milieubeheer, waterhuishouding, bodemgebruik, geografie en planologie.

- De onderscheiden eenheden moeten karteerbaar zijn en aansluiten op ecologische classificaties op landschapsniveau.

Het ecotopensysteem van Van Beusekom (1992) omvat méér klassen dan het systeem van Runhaar *et al.* Het is opgebouwd op basis van vier kenmerkende factoren: vochthuishouding, zuurgraad, trofiegraad en successiestadium. Daar worden

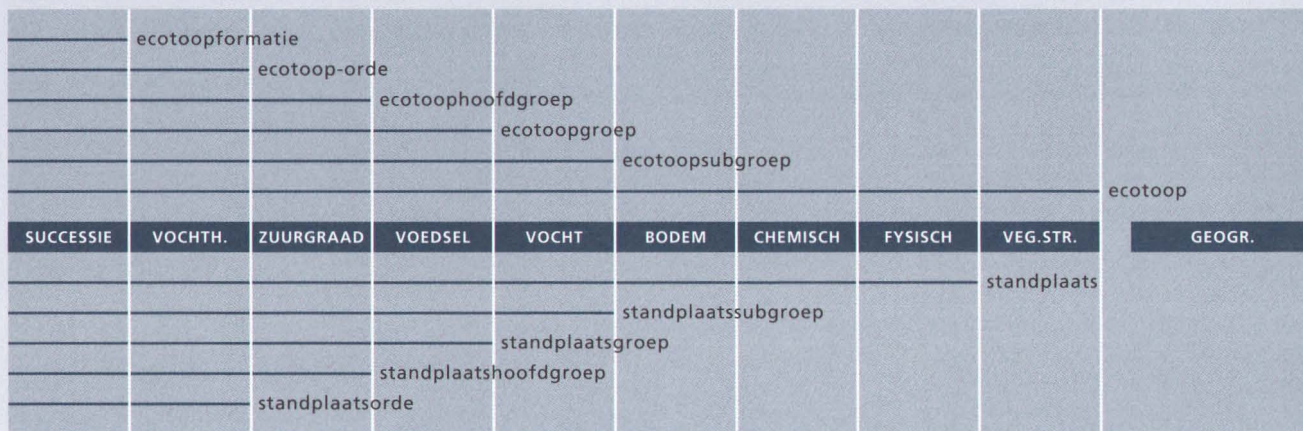
- **Het bufferende vermogen** van de bodem is lastig te meten. De zuurgraad wordt vaak genomen als een maat voor het bufferend vermogen. De relatie is echter niet sterk.
- **Voedselrijkdom** is een samengestelde factor. Niet alleen is de beschikbaarheid van stikstof, fosfaat en kalium belangrijk, ook extreme factoren: zout, stuivend zand, stroming, droogte in het groeiseizoen, en lage zuurgraad hebben een grote invloed op de productie van de vegetatie. Een hoogproductieve vegetatie beperkt de hoeveelheid licht die op de bodem valt. Planten kunnen zelf ook een invloed hebben op de productie door voedingstoffen vast te houden en heel efficiënt om te gaan met de beschikbare voedingstoffen. Veldrus bijv. vormt dichte wortelmatten en neemt voedingstoffen op uit langzaam stromend grondwater. De vegetatie kan hoogproductief zijn, terwijl het milieu voedselarm is. Bomen nemen de meeste voedingstoffen op uit de humuslaag, maar gebruiken ook andere bodemlagen. De voedingstoffen worden voor een deel naar het blad getransporteerd. Uiteindelijk komen deze mineralen weer in de top laag van de bodem. Op de lange termijn wordt het mineralengehalte in de humuslaag onder de bomen hoger en daarmee de trofiegraad, de snelheid waarmee dat gebeurt, is afhankelijk van de vertering van het blad. De bovenste bodemlaag kan voedselrijk zijn (zoals in het voorbeeld van de duinstruwelen) terwijl de ondergrond voedselarm is. Ook de zuurgraad kan gestratificeerd zijn; in venen is de bovenste laag vaak zuurder (Grootjans, 1985, van Wirdum, 1990).

ZIE SCHEMA OP PAGINA 18 EN 19



**FIG. 1** *Ecopensysteem van Van Beusekom (1992)*

SUCCESSIESTADIUM	VOCHTHUISHOUDING	ZUURGRAAD	VOEDSELRIJKDOM
1 Pioniervegetaties (pio)	1 Droog - vochthoudend (dr)	1 Basisch (bas)	1 Voedselarm (voa)
2 Graslanden en zomen (gra)	2 Vochtig (vo)	2 Neutraal (neu)	2 Matig voedselrijk (mvr)
3 Ruigten (rui)	3 Nat (na)	3 Zwak zuur (zwz)	3 Voedselrijk (vor)
4 Bossen en struwelen (bos)	4 Aquatisch (aq)	4 Matig zuur (mzu)	
5 Verlandingsvegetaties (ver)		5 Zuur (zuu)	
6 Watervegetaties (wat)			



## VOCHTTOESTAND

## BODEMSAMENSTELLING

HUMUSSTRUCTUUR	VOCHT GROEP	VOCHT BESCHIKBAARHEID
Zand (zn) 1 humus- en leemarm 2 idem met humeuze toplaag 3 humusarm, zwak lemig Krijt (kr) 1 humusarm 2 idem met humeuze toplaag Klei (kl) 1 zwaar	1 weinig vocht-houdend (wvh)	A hangwaterprofiel B tijdelijk grondwater profiel - capillaire levering zeer kortstondig
Zand (zn) 4 humeus 5 humusarm met dek van zware humus 6 humusarm, sterk lemig Zavel (zv) 1 zeer licht 2 zwaar (=k12) Klei 2 licht (=zv2) enz.	2 matig vocht-houdend	A hangwaterprofiel B tijdelijk grondwater profiel - capillaire levering zeer kortstondig C tijdelijk grondwater profiel - capillaire levering matig kortstondig enz.
enz.	3 Sterk vochthoudend/ matig vochtig (mvo) enz.	enz.

## FACULTATIEVE KENMERKEN

CHEMISCH BIJZ. TOESTAND	FYSISCHE STRUCTUUR / DYNAMIEK EN EXPOSITIE
1 zout (zou) 2 brak (bra) 3 zinkhoudend (znk) 4 aluminiumhoudend (alu) 5 sterk bemest (npk)	Dynamiek/structuur: 1 droog/nat (d/n) 2 stuivend/overstoven (stu) 3 vergraven (gra) 4 verdicht (vdi) enz.  Expositie: 19 zonnige hellingen (zhl) 20 schaduwrijke hellingen
VEGETATIESTRUCTUUR	GEOGRAFISCHE POSITIONERING
1 extensief begraasd (egr) 2 intensief begraasd (igr) 3 extensief gemaaid (ema) 4 intensief gemaaid (ima) 5 betreden (tre) 6 onbeheerd (onb) enz.	(hoofddeling): 1 heuvelland (heu) 2 hogere zandgronden (zan) 3 rivierengebied (riv) 4 laagveengebied (vee) 5 zeekleigebied (kle) 6 duinen (dui) 7 alle te zomen



**Klokjesgentiaan**

bijzondere toestanden (chemisch en fysisch) aan toegevoegd zoals zout, brak en stuivend zand.

Zonder exacte kennis over het ingewikkelde netwerk van chemische en fysische processen is het toch mogelijk iets zinvol te zeggen over veranderingen in het terrein aan de hand van de vier kenmerken.

### ***De indicatorenserie van Staatsbosbeheer***

De boeken van de indicatorenserie en de beschrijving van terreincondities per vegetatietype die Staatsbosbeheer gebruikt, zijn uitgewerkt op basis van Van Beusekom's indeling (ZIE PAG. 18). Van Beusekom heeft de invulling van zijn ecotopensysteem met soorten onvoltooid gelaten. Staatsbosbeheer koos echter voor een benadering per vegetatietype in plaats van gebruik van de vierde component van Van Beusekom (successiestadium).

Kiwa heeft in de afgelopen tien jaar in samenwerking met Staatsbosbeheer onderzoek naar indicatorsoorten verricht en een systeem ontwikkeld dat is gekoppeld aan landschaps- en vegetatietypen. De resultaten zijn toegankelijk gemaakt via de boeken van de indicatorenserie. Basisrapporten gaan uit-

gebreider in op de wetenschappelijke onderbouwing. Het onderzoek, toetsing aan andere onderzoeken, verfijning en regionalisering van de uitkomsten en de publicatie van de boekdelen, vond per landschapstype plaats, deel voor deel. Vochthuishouding, zuurgraad en trofiegraad zijn daarbij de hoofdcomponenten van de legenda van de lijsten met indicatorsoorten gebleven. Die legenda is echter wel aangepast of uitgebreid waar dat zinvol was. Zo is bijv. in deel 9, Uiterwaarden, de factor vochthuishouding opgesplitst in de factoren laagste grondwaterstand, inundatieduur en diepte inundatiewater per vegetatieperiode en per jaar.

Beperkingen in de beschikbaarheid van karterings- en opnamenmateriaal en meetgegevens voerden ook tot enige aanpassingen in werkwijze en presentatie van de resultaten. Gaandeweg is een eigen manier van digitale verwerking van gegevens ontwikkeld om handige, voldoende betrouwbare, scherpe en duidelijke indicatiebereiken te kunnen presenteren. Bij de meeste boeken zijn eerst lokale indicaties opgespoord via beschrijvingen van net nog onderscheidbare lokale plantengemeenschappen en metingen op de standplaatsen. Dan volgden nadere patroonstudies of effectstudies naar lokale indicaties, vergelijking, toetsing en regionalisering. De uiteindelijke indicaties van de gepubliceerde indicatorsoortenlijsten komen tot stand via een 'iteratief proces': verschillende malen herhaald hergroeperen en uitselcteren van soorten met de meeste 'zeggingskracht'. De opsplitsingen en samenvoegingen (analyses en syntheses) van de groepen gebeuren in relatie tot de belangrijkste, sturende, abiotische standplaatscondities. Selecties van soorten uit digitale databases wisselen af met controles en correcties naar inzicht van deskundigen.

Een nadeel van deze werkwijze is helaas dat zij een gespecificeerde, heldere wetenschappelijke verantwoording van de herkomst van

de resultaten per bron erg lastig en bewerkelijk maakt. Een 'gebruiksaanwijzing' voor voortzetting van de werkwijze in de toekomst, ter controle, verbetering en uitbreiding van het systeem, zal dan ook moeilijk zijn te maken.

Het indicatorsoortensysteem van Staatsbosbeheer is ontwikkeld om omgevingsfactoren in een natuurterrein betrouwbaar en gedetailleerd genoeg te kunnen volgen (ZIE OOK HOOFDSTUK 4).

Dit maakt evaluatie en het bijtijds nemen van maatregelen mogelijk. Voor alle natuurterreinen van Staatsbosbeheer zijn doelen vastgesteld. Met behulp van de indicatorsoorten uit de boeken van de indicatorserie is na te gaan of in het gebied de juiste voorwaarden aanwezig zijn om de doelen te halen. Het is mogelijk daarmee veranderingen in sturende factoren en terreincondities (waterstandsregime, zuurgraad en trofiegraad) vroegtijdig op te sporen en te 'monitoren'. Onder monitoring wordt verstaan het volgen van bepaalde gebiedskenmerken in de tijd (Schouten, 1995). De basisinventarisatie (vegetatiekartering) van de kwaliteiten van een gebied dient de grondslag te vormen voor de (lokale) uitwerking van een monitorsysteem en monitorprogramma. We bedoelen hier een specifiek, beperkt monitorsysteem via indicatorsoorten of abiotische meetpunten (ondiepe grondwaterwaterbuizen) om kwaliteitsveranderingen in een terrein vroegtijdig te signaleren. Een herhaling van de basiskartering valt strikt genomen echter ook onder monitoring. In terreinen waar geen grote veranderingen zijn te verwachten of in stabiele situaties is een herhaling van de vegetatiekartering om de 10 tot 15 jaar een geschikte monitormethode. Daarbij is de indicatiefunctie van alle plantensoorten en plantengemeenschappen te benutten. Bij regionale landschaps-ecologische studies ter voorbereiding van een

### *Historische voorbeelden van toepassing*

Dat planten iets zeggen over hun standplaats is al heel lang bekend en de zo verkregen kennis werd meteen ook toegepast in analyses en voorspellingen. Al in 1952 gebruikte Ellenberg vegetatiegegevens om de invloed van de aanleg van een kanaal op het grondwater te beschrijven. Boeren vreesden dat de aanleg van het kanaal de productiviteit van het boerengrasland zou verminderen. Ellenberg beschreef de vegetatie vóór en ná de ingreep. Hij toonde aan dat er een duidelijke verandering in de richting van droogteminnende vegetaties optrad, en dat die een inderdaad een lagere biomassa-productiviteit vertoonden. De rechter gebruikte deze informatie voor het bepalen van zijn oordeel dat de schadeclaim van boeren terecht was.

Zowel in Nederland als in Duitsland werd kennis van graslandsoorten ingezet bij het bepalen van de natuurlijke voedselrijkdom van verschillende bodems (Klapp 1965; Kruijne en De Vries, 1976). Vanaf de jaren veertig tot in de zestiger jaren werden vanuit Wageningen op grote schaal botanische analyses van graslandpercelen uitgevoerd om bemestingsadviezen te kunnen geven (Kruijne, de Vries en Mooi, 1967).

herinrichting van de (landbouw)gronden, stedelijke ontwikkeling of herziening van de regionale waterhuishouding kan een éénmalige kartering van indicatorsoorten, vlakdekkend of langs lijnvormige landschapselementen, vooraf inzicht geven in het verloop van processen. Uitgangspunt is dan een selectie van soorten van bestaande, in de literatuur opgenomen lijsten van indicatorsoorten.

Voorafgaand aan iedere indicatorsoorten-analyse en monitoring zal men eerst een aantal vragen moeten beantwoorden om onnodig werk en verkeerde interpretaties te voorkomen. In de toepassing komen vragen naar voren zoals: “Naar welke soorten moeten we zoeken, hoe vaak en hoe lang?” Het antwoord op deze vragen hangt af van de doelstelling en een heldere vraagstelling vooraf. Op belangrijke vragen wordt hieronder ingegaan.

### ***Zijn indicatorsoortenanalyse en monitoring in mijn situatie zinvol?***

Vooraf wanneer op korte termijn, of vóór de volgende basiskartering, grote veranderingen in natuurwaarden zijn te verwachten is systeemanalyse en monitoring via vooraf uitgekozen indicatorsoorten zinvol. Vooral bij:

- Knelpunten of een slechte conditie. Er vinden activiteiten of nieuwe ontwikkelingen plaats in of nabij het natuurgebied die de natuurwaarde (kunnen) bedreigen. Dat zijn bijvoorbeeld peilverlagingen in een waterloop, vestiging van niet-grondgebonden landbouw in de omgeving enzovoort. Als het niet zeker is of het gebied de doelen (nog) kan halen, dan is een monitoring hard nodig om tijdige maatregelen of inrichting mogelijk te maken.
- Natuurherstel en natuurontwikkelingsprojecten. Daarbij worden vaak inrichtingsmaatregelen uitgevoerd waarvan het effect maar ten dele ingeschat kan worden. Hier is een monitoring nodig om het effect van de genomen maatregelen tenminste te kunnen beschrijven en eventueel te versterken.

Kennis over de veranderingen in natuurwaarden is ook nodig in pas ‘aan de natuur teruggegeven’ gebieden. In het begin na de ‘vrijlating’ verlopen de veranderingen snel en zijn ze zeer opvallend. Om het behoud van natuurgebieden (en het natuurbeleid) te verantwoorden naar omwonenden, regionale beleidsmakers en het algemene publiek zijn evaluatie en inzicht over de plaatsen waar belangrijke natuurwaarden voorkomen altijd weer opnieuw nodig, en zeker bij opvallende veranderingen. Voor verantwoording en communicatie is actualisering van kennis van natuur nuttig, en iedere indicatoranalyse of toepassing van monitoring aan hand van indicatorsoorten.

### ***Zijn eerder verzamelde gegevens bruikbaar voor indicatorsoortenanalyse?***

Eerder verzamelde gegevens, vegetatie- en soortgegevens, losse waarnemingen van boswachters en onderzoekers, vegetatie-opnamen of PQ-opnamen kunnen bruikbaar zijn voor een indicatoranalyse en voor het opzetten van een monitorsysteem. De geschiktheid hangt af van de schaal en nauwkeurigheid van de gegevens. Een goede basisvegetatiekartering van een natuurreservaat levert voldoende informatie voor een indicatoranalyse en het vaststellen van de kwaliteitsstatus van een terrein ten aanzien van verdroging, vermessing en dergelijke. Bij grote ingrepen in het terrein of in de omgeving zijn uiteraard nieuwe inventarisaties nodig. Voor voorbeelden zie onder.

### ***Wat is precies de vraag waarop we antwoord zoeken door indicatoranalyse en hoe nauwkeurig moet het antwoord zijn?***

Voor een zo efficiënt mogelijk onderzoek is het allereerst van belang duidelijk te krijgen welke vragen nu eigenlijk beantwoord moeten worden door het onderzoek. Gaat het

**Overzicht van de relaties tussen vraagstelling, schaal, soortgegevens en indicatorsystemen**

Schaal van de vraag	Type van de vraag	Aard van te verzamelen soortgegevens	Te gebruiken indicatorsysteem
landelijk/ regionaal	algemene milieu evaluaties, effect voorspelling van beleidscenario's	patronen van indicatieve soorten; verspreiding landelijk, per uur- of kilometerhok	bestaande indicatorsystemen
regionaal	planningsvraagstukken	patronen van indicatieve soorten; schaal 1: 50.000 - 100.000	bestaande indicatorsystemen
regionaal/ lokaal	inrichtingsvraagstukken	patronen van indicatieve soorten en van actuele vegetatie schaal 1:10.000 - 25.000	regionaal bepaalde indicaties (van nieuw of bestaand indicatorsysteem)
lokaal	natuurbeheer	patronen van indicatieve soorten en van actuele vegetatie; schaal 1: 5000 (soms kleiner)	indicatie per ecosysteem en of gemeenschap (van nieuw of bestaand indicatorsysteem)

bijv. om een inschatting van de ecologische effecten van nieuw beleid, dan is een nauwkeurige analyse niet nodig. We hoeven dan alleen een relatieve inschatting te geven zodat de omvang van het verschil tussen de geplande scenario's ingeschat kan worden. Bij het inrichten van een natuurterrein is wél exacte detailkennis van het terrein nodig en misschien moet er dan behalve een lokaal ook een regionaal monitorprogramma komen. In het algemeen kan gesteld worden dat er een relatie bestaat tussen de schaal waarop het onderzoek moet worden uitgevoerd en de nauwkeurigheid waarmee de vraag beantwoord moet worden. Een schaal van 1:250.000 is geschikt om heel Nederland in beeld te brengen en voldoet bij globale vragen. Een schaal van 1:5.000 is nodig voor het beantwoorden van gedetailleerde vragen (zie het overzicht).

Indicatoranalyse en monitoring zijn gericht op processen die zich op een locale of regionale schaal afspelen. Het programma hangt af van de vraagstelling die voortkomt uit de aard van de knelpunten die zich voordoen, de landschapsopbouw en de processen in het gebied. Gaat het om processen die op landschapschaal (macroniveau) spelen, dan moet ook het gebied rond de reservaten bekeken worden. Een regionale landschaps-ecologische studie is dan aan te bevelen en belangrijk bij het kiezen van de te karteren en te volgen indicatorsoorten en van de interpretatiewijze van de verspreidingsgegevens. Onderzoek op regionale schaal kan overigens ook gebruikt worden om de doelen in een kleiner gebied nauwkeuriger te beschrijven.

***Hoe vaak is de analyse te herhalen en hoe lang is monitoring nodig?***

De frequentie en de periode van monitoring is aan te passen aan de conditie van het terrein en aan de vraagstelling. Monitoring

gebeurt meestal om te 'bekijken' of met een bepaalde maatregel het gewenste doel is te bereiken. In geval van zeer instabiele, snel veranderende situaties kijkt men ieder jaar, in redelijk stabiele, langzamer veranderende situaties kijkt men minder vaak.

In natuurgebieden waar een groot inrichtingsproject is uitgevoerd valt de successie van plantengemeenschappen en de ontwikkeling van de bodem niet altijd te voorspellen. Een vlakdekkende vegetatiekartering is minder zinvol als -en zolang- de gemeenschappen zeer soortenarm en zeer veranderlijk zijn. Pioniervegetaties, ook zeer bijzondere, kunnen zich heel snel vestigen. Heidevegetatie, graslandbegroeiingen en bossen hebben meer tijd nodig. Zinvol is om voor deze inrichtingsprojecten een lijst op te stellen van indicatorsoorten aan hand van de ecotopen die er zijn en de te verwachten successie-reeksen van gemeenschappen. Op de lijst komen zowel pioniers als blijvers te staan en die soorten karteert men dan geregeld om de veranderingen vanaf de oplevering van het project te volgen. Daarnaast of in plaats daarvan opnamenplekken vastleggen voor monitoring (voor herhaling van opnamen) valt ook te overwegen. Handig is om dat te doen zodra de arealen van redelijk homogene gemeenschappen zich beginnen af te tekenen.

### **De boeken van de indicatorenserie als hulpmiddel?**

De boeken van de indicatorenserie helpen bij het kiezen van de soorten die geschikt zijn voor analyse en monitoring en ze helpen bij de interpretatie van de soortverspreidingsgegevens. Bij gebruik van de boeken voor het natuurbeheer gebeurt de monitoring via een vlakdekkende soortskartering binnen bepaalde landschapstypen én binnen vegetatietypen: dat wil zeggen per boekdeel binnen de eenheden van de indicatorsoortentabellen. Als de kaarten van de basisvegetatie-

### **Voorbeeld Groener, is er tien jaar na ontgraving winst in kwaliteit?**

In 1991 was Groener nog een maïsakker. In 1994 oogt het als een kaal duinachtig landschap en in 2003 als een bloemenzee. Groener en het aangrenzende Stroothuizen liggen in het natuurreservaat Dinkelland van Staatsbosbeheer (beekdal en heide/vennenlandschap) en zijn gedeeltelijk ontgraven in 1993/94. Staatsbosbeheer heeft het in 2001-2003 systematisch laten inventariseren. Dit gebeurde om vast te stellen of de verwachte winst in kwaliteit was opgetreden. Er zijn 92 soorten gekarteerd en met het oog op monitoring zijn 50 opnameplekken vastgelegd met GPS-coördinaten. De hoge niet vergraven delen van de voormalige maïsakker Groener zijn onder invloed van verschrallingsbeheer veranderd in een bloemrijk grasland met vooral 'gewone' soorten zoals Gewone margriet (*Leucanthemum vulgare*), Gewoon biggekruid (*Hypochaeris radicata*) en Gewone paardenbloem (*Taraxacum sectie Ruderalia*). De eerste exemplaren van minder gewone soorten zoals Grote ratelaar (*Rhinanthus angustifolius*), Gevlekte en Brede orchis (*Dactylorhiza maculata*, *D. majalis s. majalis*) zijn ook verschenen. Grassen die op voedselrijkdom wijzen zoals Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) en Timoteegras (*Phleum pratense s. pratense*) zijn abundant, maar ze beginnen af te

kartering de ondergrond vormen voor de indicatorsoortenkartering, is de terugkoppeling gemakkelijk. De boeken van de indicatorenserie zijn speciaal bedoeld voor het volgen van de effecten van het natuurbeheer en minder geschikt voor meer grootschalige indicatorsoortanalyse. Aan het einde van ieder

nemen terwijl zich bijv. Gewone veldbies (*Luzula campestris*) en Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) uitbreiden. Op de droge afgegraven delen (blootgelegd dekzand) begint zich heide te ontwikkelen met Struikhei (*Calluna vulgaris*), Stekelbrem (*Genista anglica*), Gewone dophei (*Erica tetralix*), haarmossen en korstmossen. Er is nog veel kale grond en daar staan soorten van droge graslanden op zandgrond zoals Eekhoorngras (*Vulpia bromoides*), Zilver- en Vroege haver (*Airca caryophylla*, *A. praecox*) die duiden op vestiging van de Vogelpootjes-associatie (*Ornithopodo-Corynephorum*). Opmerkelijke heidesoorten zijn Soredieus leermos (*Peltigera didactyla*) en Grote viltmuts (*Pogonatum urnigerum*). Op de vochtigere delen groeien soorten van vochtige heide o.a. veel Kleine zonnedaauw (*Drosera intermedia*) en Moeraswolfsklauw (*Lycopodiella inundata*). Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*) is verschenen. Biezeknoppen (*Juncus conglomeratus*) is wijdverspreid en wijst met Blauwe zegge (*Carex panicea*), Blauwe knoop (*Succisa pratensis*) en Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*) op schrale condities. De natte (ven-)biotopen van Stroothuizen zijn in deze beschrijving buiten beschouwing gelaten. Afgezien daarvan is het resultaat in 2003 positief: het herstelproject en het erna toegepaste beheer heeft de natuurwaarde van Groener aanzienlijk doen stijgen (naar Nooren, 2005).

boek is echter een soortenlijst opgenomen van indicatorsoorten voor het betreffende landschapstype. Die lijst is eventueel te gebruiken om vooraf te bepalen welke soorten in aanmerking komen voor een regionale kartering van indicatorsoorten los van plantengemeenschappen.

Allerlei andere literatuur met beschrijvingen van soortindicaties kan ook in aanvulling op de indicatorenserie worden geraadpleegd (Londo, Ellenberg en Weeda, ZIE LITERATUURLIJST).

### **Hoe gebruik je de boeken?**

Wie een indicatoranalyse wil toepassen volgt het stappenplan (ZIE FIG.2 OP PAG.26). Dit schema is in elk van de verschenen delen van de boekenserie opgenomen, in iets aangepaste varianten. Eerst zoek je antwoord op de vraag die bovenaan in het schema is opgevoerd, dan op de volgende vraag die eronder staat enz.

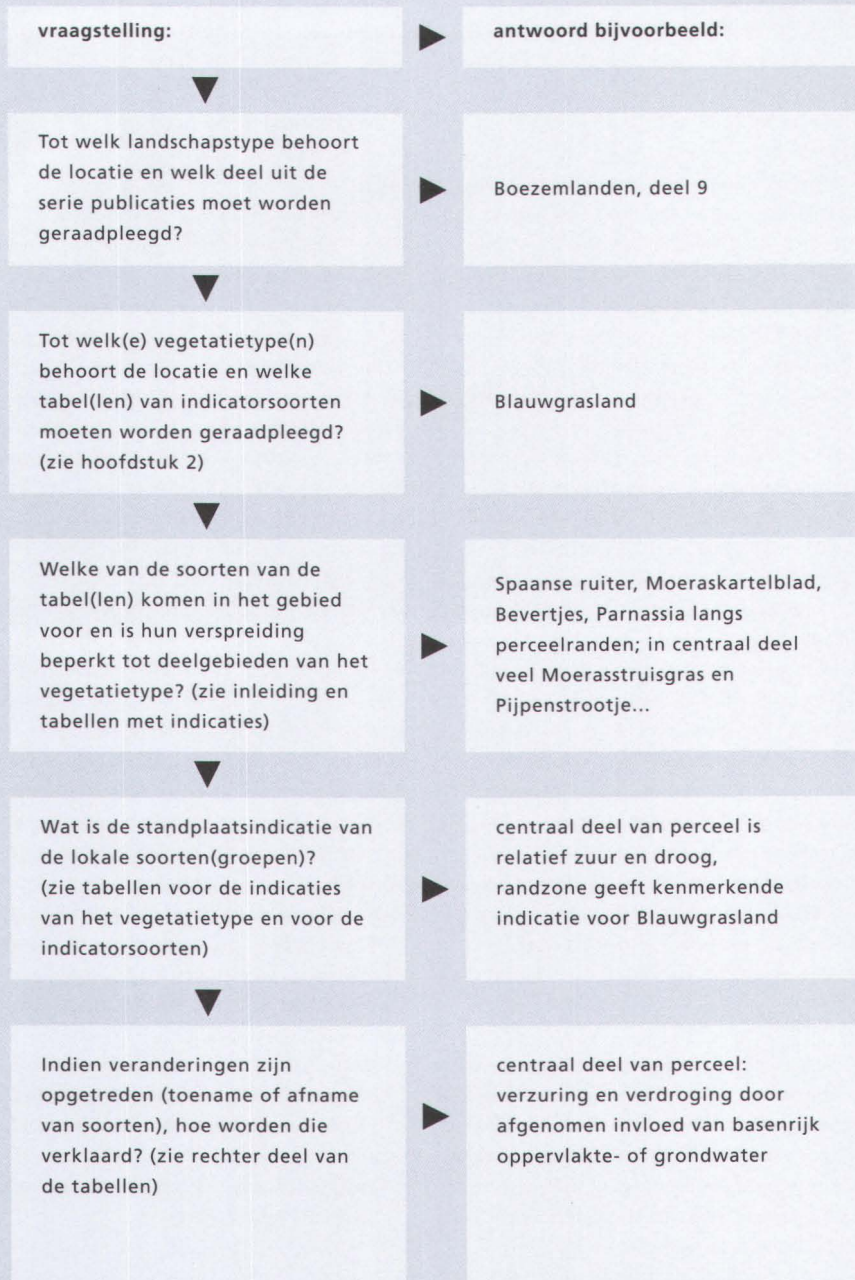
De vraag naar het landschapstype is meestal gemakkelijk te beantwoorden vanuit eigen kennis, op basis van algemene literatuur of bestaande beschrijvingen over het betreffende gebied. Op de achterzijde van de boeken staan de titels van de delen: aanduidingen van de landschapstypen. De naamgeving spreekt voor zich; het zijn belangrijke typen die echter niet alle in Nederland voorkomende variatie dekt. Landschapstypen zoals bosstypen die niet via de titels zijn op te sporen, kunnen soms toch als ondertype in een boek voorkomen. In de boeken is nader uitgelegd wat onder ieder type is te verstaan en welke subtypen aan de orde komen. Voor grotere natuurreservaten zul je twee of meer boekdelen moeten raadplegen. De serie indicatorsoorten is in het bijzonder gericht op landschappen die bedreigd worden met verdroging, verzuring en vermessing. Onderbelicht gebleven, vooral bij gebrek aan beschikbare data, zijn:

- de meeste bossen en struwelen, bossen van beekdalen zijn echter wel opgenomen,
- pioniervegetaties van voedselrijke plekken en
- graslanden met (nog) sterke tot matig sterke cultuurinvloed.



**FIG. 2**

*Schema voor het gebruik van indicatorsoorten ten behoeve van systeemanalyse*



Om uiteenlopende redenen zijn enkele landschappen buiten beschouwing gebleven in de serie indicatorsoorten:

- zee en ander open water
- kwelders en zilte graslanden
- natte en droge heide en droge schraallanden
- stuifzanden
- kalkgraslanden in Zuid-Limburg

Soms zijn overgangen naar niet in het bijzonder behandelde landschapstypen wel meegenomen: bijv. overgangen naar natte heide in deel 5 Vennen en deel 4 Hoogvenen. In deel 6 Duinvaleien (kalkarme duinen) zijn overgangen naar open water opgenomen en in deel 10 Uiterwaarden overgangen naar landduinen.

De kern van het indicatorenstelsel vormen de tabellen met indicatorsoorten en milieu-indicaties, kortweg genaamd 'indicatietabellen'. Elk boek van de serie geeft daarnaast de nodige introductie op het indicatorenstelsel, toelichtingen op het landschapstelsel en een beschrijving van een aantal locatiestudies. De veldversies bevatten alleen de tabellen; ze zijn waterbestendig en dun zodat ze bijzonder geschikt zijn voor gebruik in het veld. Dat is bijv. nuttig wanneer een snelle toetsing nodig is.

De vraag "Tot welk vegetatietype behoort de locatie" is te beantwoorden op basis van een vegetatiekartering van het te onderzoeken gebied. Is er geen recente kartering, of is ze achterhaald door ingrepen zoals vergraving, zal veldonderzoek met vegetatieopnamen nodig zijn.

Het is mogelijk om bij het opstellen van een eerste lijst van indicatorsoorten uit te gaan van een vegetatiekaart die op basis van verwachtingen is getekend. Je gaat dan uit van een habitat- of biotopenkaart en van bestaande kennis over successie en indicatie-



*Parnassia*

soorten. Voor monitoring in jonge natuurgebieden kan dit handig zijn.

De volgende vragen van het stappenplan zijn de vragen naar te zoeken of te interpreteren soorten, standplaatsindicatie en veranderingen.

### ***Welke soorten gebruiken we als indicatorsoorten?***

Elke indicatorsoortenmethode vereist een kartering van bepaalde soorten. De boeken van de indicatorserie helpen bij het kiezen van de soorten die geschikt zijn als meetsoorten.

Als het landschapstype en de plantengemeenschap van het te onderzoeken gebied bekend zijn, moet de juiste indicatietabel worden opgezocht. Meestal zal dat lukken via de inhoudsopgave van het relevante boekdeel. Komt de naam van het vegetatietype daar niet in voor, is ze mogelijk opgevoerd in de hiërarchische lijst van belangrijkste vegetatietypen (paragraaf 1.5) of de beschrijvingen van plantengemeenschappen (paragraaf 2 of 2.3). Ook nuttig is hierbij het raadplegen van de registerlijst die in dit boek – deel 1 – is opgenomen (zie

PAG. 60-66).



**Blauwe knoop met Zandoogje**

Is de juiste tabel gevonden, dan kan een vergelijking worden gemaakt met gegevens van het te analyseren vegetatievlak: vegetatieopnamen, soortskartering, of tenminste losse veldbeschrijvingen. Handig is eerst een lijst te maken van die soorten van de tabel in het boek die in het onderzoeksgebied voorkomen en dan te proberen achterhalen of die soorten in het héle vegetatievlak voorkomen, met dezelfde of verschillende presentie en bedekking.

### **Hoe zijn de standplaatsindicaties en veranderingen vast te stellen?**

Vervolgens zoek je in de tabellen in het boek de standplaatsindicaties d.w.z. de bereiken van de terreincondities van de soorten uit (let op overeenkomst van presentie/bedekingsgraad). De toestand van de onderzoeksstandplaats is af te leiden uit de gezamenlijke indicatie van de op de onderzoekslocatie aanwezige groep van indicatorsoorten. Door een vergelijking van deze standplaatscondities met de beschrijving van de ecologie van het vegetatietype die in het boek staat, is vast te stellen of de toestand 'normaal' is voor dit type, of wijst op een andere situatie, bijv.

relatief droge, zure of voedselrijke omstandigheden. Een verschuiving of beperking ten aanzien van wat voor het type kenmerkend is, kan veroorzaakt worden door een verandering in de tijd, maar dat hoeft niet het geval te zijn.

Als soorten aanwezig zijn waarvoor een reactie in de tabel van het boek vermeld is (plus of minteken in rechter deel van de tabel), of een achtergrondproces (letters ST, K, ZF bijv.), dan geven die een indicatie voor een verandering in de tijd en /of voor de processen die de verandering veroorzaken. Bijv. "verzuring en verdroging door stagnatie van regenwater lees afgenomen invloed van basenrijk oppervlakte- of grondwater". Voor gebruik in monitoringprogramma's kan de opgestelde lijst van aanwezige indicatorsoorten worden aangevuld met indicatorsoorten die verdwenen zijn uit dit vlak of andere in dit geval geschikte indicatorsoorten. Dat kunnen bijv. soorten zijn die te verwachten zijn als de situatie verbetert. Of soorten die tegengestelde indicaties voor dezelfde factor geven (ZIE PAG.40). Soms zullen de indicaties van de in het onderzoeksgebied voorkomende soorten elkaar tegenspreken of erg uiteenlopen. Mogelijk is dit een veel voorkomend verschijnsel bij het betreffende vegetatietype, veroorzaakt door een reliëf van bulten en slenken (ZIE FIG.3, PAG.32) of een gelaagdheid in de bodem. Aan hand van de beschrijving van de standplaatsecologie van het type is dat te controleren. Gaat het niet om zulke bij het vegetatietype horende verschijnselen, zal aanvullend veldonderzoek nodig zijn waarbij speciaal gelet wordt op homogeniteit van locale typen. Veranderingen in de tijd kunnen het beste worden opgespoord en gevolgd via herhalingskarteringen of herhalingsopnamen.

***Toepassing in grote plannings- en inrichtingsprojecten***

De landschapsecologische analyse volgens de methode van Everts en de Vries (1991) geeft bij grote plannings- en inrichtingsprojecten vaak voldoende inzicht. Ze komt neer op bepaling van indicatorsoorten op regionaal niveau en op het gebruik van soortsgroepen ter onderscheiding van landschapsecologische eenheden. Daarbij zoek je soorten uit die een relatie hebben met factoren die samenhangen met de positie van de standplaats in het landschap (= positionele factoren) en processen die op landschapschaal werkzaam zijn. Daarvoor is een grof abiotisch meetnet op regionaal niveau nodig. Ordening en differentiatie vinden plaats op grond van belangrijke abiotische kenmerken, vooral hydrologische. De methode is goed toepasbaar en geeft vrij snel gebiedsdekkende informatie over grote gebieden. Toetsing aan abiotische gegevens uit het onderzoeksgebied is echter nodig zodat de grootschalig zichtbaar gemaakte relaties tussen processen en standplaatskwaliteiten eenduidig en exacter vast zijn te leggen. (VOOR EEN VOORBEELD VAN TOEPASSING VAN DE METHODE ZIE PAG.30-31)

Barendrecht (1993) heeft een andere methode ontwikkeld bij een analyse van de relaties van moeras- en waterplanten en water in de laagveengebieden van Utrecht en Noord Holland. De methode die bij deze studie wordt toegepast is als volgt. Eerst worden op basis van zeer veel metingen, met behulp van statistische technieken, sturende factoren van de waterhuishouding opgespoord. De gegevens worden ingezet in een model waarmee het effect van nieuwe waterhuishoudkundige maatregelen in laagveengebieden kan worden voorspeld. Zout (Na, Mg en Cl) blijkt hier

***Ecotopen in Nederland - een toepassing van indicatormonitoring op landelijk niveau***

Witte en van der Meijden (1990) evalueren op landelijk niveau welke ecotopen voor- en welke achteruitgegaan zijn. Ze gebruiken hiervoor soortverspreidingsgegevens per uurhok van vóór 1950 en ná 1950. Met behulp van deze gegevens wordt de verspreiding van ecotopen gereconstrueerd. Zij komen tot de conclusie dat natte tot vochtige, zure tot zwak zure en voedselarme ecotopen het meest bedreigd zijn (zie ook van Wirdum en van Dam, 1984). Zeer sterke achteruitgang is te constateren in Gelderland, Overijssel, Utrecht, Noord-Brabant, Midden- en Noord-Limburg. In het groene hart en het riviereengebied is een duidelijke toename van voedselrijke ecotopen te constateren. Van Beusekom (1992) geeft aan dat de matig tot zwakgebufferde, en voedselarme tot matig voedselarme ecotopen uit het huidige landschap verdwijnen. Juist deze ecotopen bevatten zeer veel soorten die bescherming verdienen, niet alleen hogere planten, mossen en paddenstoelen, maar ook amfibieën, reptielen en insecten, vooral vlinders, mieren, sprinkhanen, kevers en libellen.

De uitspraken hebben wel landelijke geldigheid, maar zeggen niet veel over de veranderingen in een natuurgebied. Wel kunnen regionale verschillen aangetoond worden.

de eerste belangrijke factor te zijn. Calcium, regenwater en het gehalte aan voedingsstoffen zijn eveneens zeer belangrijk.

***Toepassing in kleinere projecten t.b.v. natuurbeheer***

Een vroeg, duidelijk signaal is bij kwaliteits-


## Drentse A – een toepassing van indicatoranalyse en monitoring op regionaal niveau

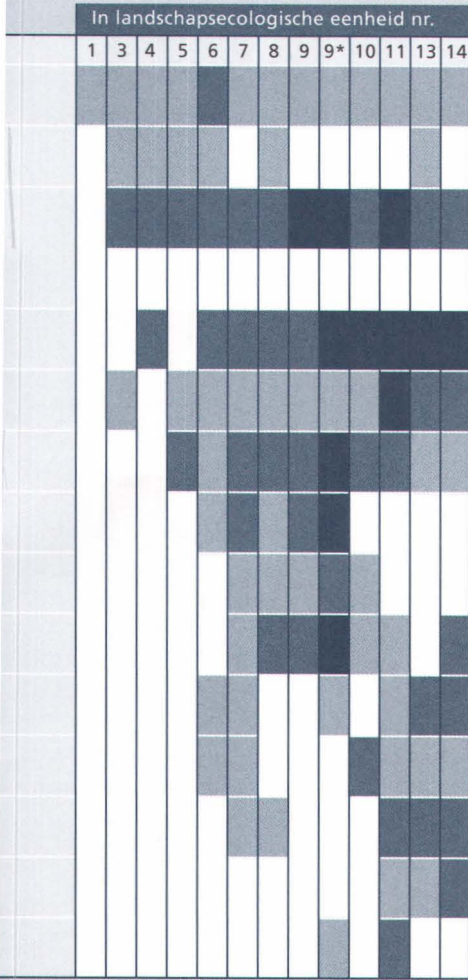
Schema van 'banner' indicatorsoorten en Landschapecologische eenheden in stroomgebied van Drentse A (naar Everts en de Vries, 1991)

Indicatieve soort	Indicatie voor
Veldrus ( <i>Juncus acutiflorus</i> )	Indicatie voor zeer zacht tot zacht, zoet grondwater, optimaal op dit traject, maar met een grotere spreiding.
Duizendknoopfonteinkruid ( <i>Potamogeton polygonifolius</i> )	Indicatie voor zacht tot matig hard, zoet grondwater, magnesium- en chloride-rijk.
Holpijp ( <i>Equisetum fluviatile</i> )	Indicatie voor het voorkomen van kwel, echter geen relatie met waterkwaliteit. Deze soort komt voor in alle typen water; van zacht tot hard, zoet tot brak/zoet grondwater (wel relatief frequent in minder gebufferd grondwater).
Liesgras ( <i>Glyceria maxima</i> )	Indicatie voor zacht tot hard, zoet tot brak/zoet grondwater (relatief goed gebufferd grondwater).
Waterviolier ( <i>Hottonia palustris</i> )	Indicatie voor zacht tot matig hard, zoet grondwater.
Dotterbloem ( <i>Caltha palustris</i> )	Indicatie voor zacht tot hard, zoet grondwater, optimaal over het gehele traject.
Moeraszegge ( <i>Carex acutiformis</i> )	Indicatie voor matig hard tot hard grondwater, optimaal bij hard grondwater.
Bosbies ( <i>Scirpus sylvaticus</i> )	Vermoedelijk indicatie voor zacht tot matig hard, zoet grondwater, relatief gebufferd.
Kleine Watereppe ( <i>Berula erecta</i> )	Indicatie voor zacht tot hard, zoet grondwater, optimaal bij matig hard grondwater.
Tweerijige zegge ( <i>Carex disticha</i> )	Indicatie voor matig hard tot hard grondwater, optimaal over het gehele traject.
Waterkruid ( <i>Senecio aquaticus</i> )	Overstromingen.
Scherpe zegge ( <i>Carex acuta</i> )	Indicatie voor zacht tot hard, zoet grondwater, optimaal over het gehele traject. Tevens overstromingen met beekwater.
Zwanebloem ( <i>Butomus umbellatus</i> )	Indicatie voor zoet (matig hard tot hard) tot brak/zoet grondwater; matig magnesium- en chloride-rijk.
Lidsteng ( <i>Hippurus vulgaris</i> )	Indicatie voor zoet (matig hard tot hard) tot brak/zoet grondwater; magnesium- en chloride-rijk.

veranderingen in het natuurbeheer erg belangrijk. Herstelmaatregelen kunnen dan nog tijdig genomen worden. De karakteristieke soorten zijn nog niet verdwenen en de bodem is nog niet ingrijpend veranderd door aantastingen zoals verdroging of vermessing. Tijdig werken aan herstel is in het bijzonder

in verdrogende bossen een eerste vereiste voor succes. Gaat een bos vernatten na een té lange periode van verdroging leidt dat tot afsterven van de bomen. Het wortelstelsel van de bomen heeft zich inmiddels aangepast aan lagere grondwaterstanden en dat kan niet ongedaan worden gemaakt.


 Zeldzaam tot weinig algemeen  
 Algemeen  
 Algemeen en abundant



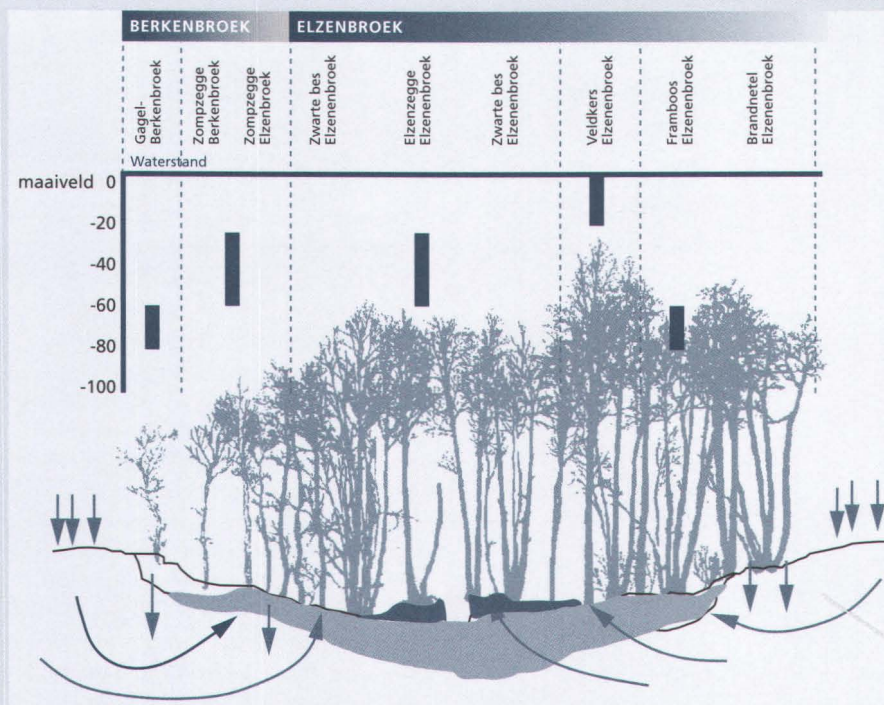
De landschapsindeling van Everts en de Vries (1991) voor het stroomgebied van de Drentse A is in eerste instantie gebaseerd op verschillen in verspreiding van ongeveer tachtig soorten en vegetaties in de beekdalsystemen. De werkwijze was als volgt: eerst onderzochten de onderzoekers in het studiegebied de indicatieve waarde van een groot aantal soorten. Een regionaal meetnet leverde waterhuishoudkundige en hydrologische gegevens. Op basis van de verzamelde informatie maakt de onderzoekers een indeling van soortsgroepen naar de indicatie voor hardheid van het water (zowel grond- als oppervlaktewater). Ook spoorden ze relaties van soorten op met andere belangrijke hydrologische eigenschappen van de landschapseenheden zoals kwel, grondwatervervuilingen en beekwateroverstromingen. Vervolgens hebben ze de indicatieve soorten in en langs alle kleine en grote watergangen gekarteerd. Daarna kozen ze op basis van de soortsverspreidingspatronen van al die soorten 14 soorten uit die goed vertegenwoordigd waren en een duidelijke eigen indicatie gaven. Door de verspreidingspatronen van deze 'banner'soorten, representatief voor een groep van indicatorsoorten, over elkaar te leggen, maakten ze de indeling in landschapsecologische deel-eenheden.

Voordat het zover is, doen verdroging en een eventueel daaraan gekoppelde vermisting de karakteristieke afwisseling in de vegetatie verdwijnen en treden veranderingen in de soortensamenstelling van de kruid- en moslaag op. Een indicatoranalyse helpt bij het zien van heel vroege signalen van standplaats-

veranderingen en kan meervoudige processen ontleden en de processen lokaliseren. Dat maakt tijdige en efficiënte bestrijding van de processen mogelijk en verhoogt de kansen op herstel.

FIG. 3

*Schematische doorsnede van een beekdal met beekbegeleidend loofbos  
(Naar Stortelder et al. 1998).*



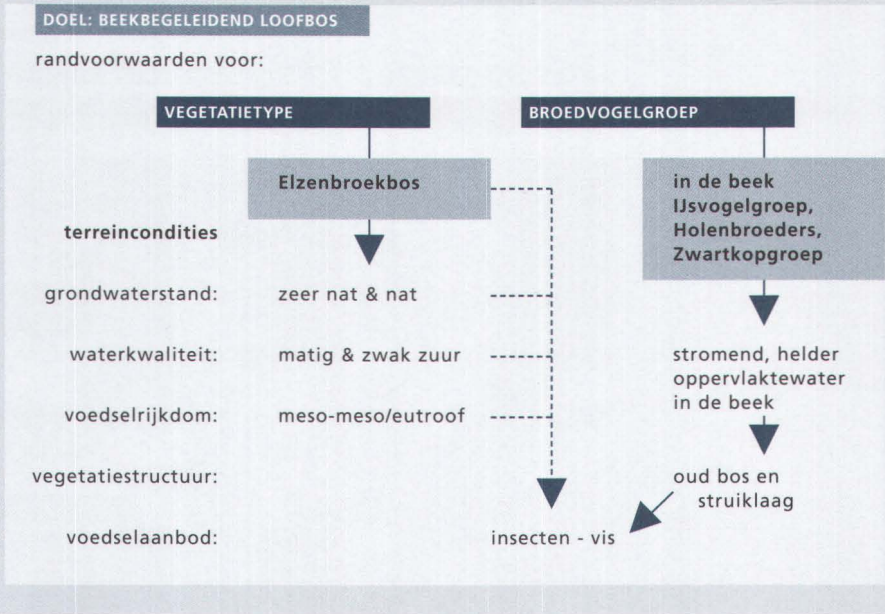
In dit voorbeeld van een terrein met beekbegeleidend loofbos vormen vervuild oppervlaktewater en verdroging bedreigingen. Het bos is (nog) rijk gestructureerd en gevarieerd en bestaat grotendeels uit bos van het Verbond der elzenbroekbossen. Kleine hoogteverschillen zorgen voor een afwisseling van microhabitats. Rond de voet van de elzen kunnen soorten van relatief droge standplaatsen voorkomen zoals Witte Klaverzuring en Smalle stekelvaren. Op laaggelegen plekken kunnen plassen met Waterviolier en Watertorkruid aanwezig zijn. Op plaatsen waar regenwater stagneert, komt bos van het Verbond der Berkenbroekbossen voor.

Direct langs de beek is een bostype met Elzenzegge en Stijve zegge ('Elzenzegge Elzenbroek') aanwezig of een type met Elzenzegge, Stijve zegge, IJle zegge, Zwarte bes, Hop, Moerasspirea ('Zwarte bes Elzenbroek'). Beide typen wijzen op grond- en oppervlaktewaterinvloed.

Een 'bronbos'gemeenschap met Bittere veldkers, Paarbladig goudveil, Verspreidbladig goudveil en Bosbies komt op plekken voor met heel hoge en constante grondwaterstanden. Twee bostypen zijn onder invloed van verdroging ontstaan. Het ene bevat soorten zoals Framboos, Wilde kamperfoelie, Smalle stekelvaren, Braam, Wilde Lijsterbes (die soorten horen thuis in het Wintereiken-Beukenbos). In het andere bepalen Grote brandnetel, Ruw beemdgras en Vlier (stikstofminnende soorten) het aanzien.

FIG. 4

Schema van doelen voor beekbegeleidend loofbos



**Voorbeeld beekbegeleidend loofbos: indicatorsoortenanalyse maakt tijdige, kansrijke herstelmaatregelen mogelijk**

In een nat bos zoals een beekbegeleidend loofbos (ZIE SCHEMA NAAR STORTELDER ET AL. OP PAG.32) heeft verdroging niet alleen invloed op de hoogte van de grondwaterstand maar ook op de waterkwaliteit. De invloed van het grondwater dat bufferstoffen bevat neemt af, terwijl de invloed van beekwater en regenwater toeneemt. Als het beekwater met meststoffen vervuild is, breiden zich stikstofminnende soorten uit in het beekdalgedeelte dat in hoogwaterperiodes overstroomd wordt. Dit is een voorbeeld van een meer-voudig veranderingsproces dat een indicatoranalyse kan ontleden.

De doelen voor het beheer in een beekdal met beekbegeleidend loofbos zijn weergegeven in fig. 4. Het Elzenbroekbos is gebonden

aan vrij voedselarme, zeer natte en matig gebufferde omstandigheden en is gevoelig voor verrijking en verdroging. Dat zijn de terreincondities en processen waarop een indicatoranalyse en een monitorprogramma in dit gebied zijn af te stemmen.

De indicatorsoorten voor het beekbegeleidend loofbos zijn te vinden in tabel 2.11 uit het deel 2 van de indicatorenserie. (ZIE OOK PAG.34) Dit is de tabel voor Elzenzegge-Elzenbroek en Goudveil-Essenbos (*Carici elongatae-Alnetum* en *Carici remotae-Fraxinetum*) en rompgemeenschappen van het Verbond der elzenbroekbossen (*Alnion glutinosae*) en van het Verbond van Els en Vogelkers (*Alno-Padion*). Door bijstelling van de syntaxonomie zijn de namen van sommige gemeenschappen in het boek anders. Zo is Elzenzegge-Elzenbroek in het boek aangeduid als Elzenbronbos (*Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum*).



# 2.11

## Elzenbronbos en Goudveil-Essenbos

(*Chrysosplenio oppositifolii* - *Alnetum* en *Carici remotae-Fraxinetum*)

SOORT	TERREINCONDITIES															
	WATERREGIME				ZUURGRAAD				TROFIEGRAAD							
	1	2	3	4	1	2	3	4	2	3	4	5	2	3	4	5
* 1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																>
10																>
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
26																
27																>
28																>
29																>
30																>
31																>
31																>
32																>

WATER  
 -TOEVOER  
 -STAND  
 REACTIE OP  
 VERZURING  
 VERDROGING  
 VERRIJKING

	KB	O		-	-	-
	KB				-	
	K	C				-
	K	C				
	K					
	KO					
	K	ZF		-		-
	KB					+
						-
						-
		F				
	KO					
	K	ZMF				
	KL	ZMF			++	++
						+
	KLST	F		+		-
	KLST	F		+	+	
				+	+	
				++	++	
		SF		++	++	++
				+	+	-
		F		++	++	
		F		++	++	
		F		+	++	++
	O	F				
	O	F				+
		F			+	++
	O					
	O					
	O	SF				

Via tabel 2.11 kunnen we veranderingen in de soortensamenstelling duiden in samenhang met standplaatsveranderingen. Alle (45) opgevoerde soorten zijn voor analyse en monitoring te gebruiken. Omdat in het voorbeeld verdroging en verrijking en vrij voedselarme, zeer natte en matig gebufferde condities aan de orde zijn, zijn speciaal die soorten geschikt die een relatie met deze processen en deze terreincondities hebben.

Afname van Paarbladig goudveil, Kleine valeriaan en Moerasviooltje en uitbreiding van Moeraszegge, Veldrus en Scherpe zegge blijkt een eerste waarschuwing voor verrijking ofwel eutrofiëring van beekwater. Als voedselverrijking het enige probleem is, duurt het nog lange tijd voordat op die plek ook Dotterbloem en Bosbies afnemen; deze soorten kunnen namelijk ook bij voedselrijke omstandigheden voorkomen. Ernstige vermeting zonder verdroging wordt al voordat die soorten achteruitgaan door een uitbreiding van Blauw glidkruid, Wolfspoot of Mannagrass aangegeven. Verdroging gepaard met verrijking leidt tot toename van Grote Brandnetel en Braam. Uitbreiding van Hennegrass en Stekelvarens, vooral als dit optreedt in en rond de bronnen, duidt op verdroging en verzuring. Verzuring zonder dat er sprake is van verdroging of verrijking is te volgen met Veldrus, Moerasviooltje en Zwarte zegge. Zo zijn de processen die de terreincondities in dit bos bedreigen te ontleden en te lokaliseren. Een eerste stap op weg naar efficiënte bestrijding is daarmee gezet.



*Klimopwaterranonkel*

**Voorbeeld Drentse A: indicatorsoortenanalyse voor afgrenzing van verdrogingsbestrijding**

In het stroomgebied van de Drentse A is in de tachtiger jaren al gewerkt aan natuurherstel. Bestaande oude reservaten bleven toen echter toch in kwaliteit achteruitgaan en in nieuw verworven graslanden bleven positieve ontwikkelingen uit. Het belang van herstel van de waterhuishouding en inzetten op een beheer van verschraling gecombineerd met vernatting was bekend. Deze maatregelen overal toepassen was in de praktijk echter niet haalbaar, terwijl anderzijds onduidelijk was, waar de maatregelen het meeste effect zouden hebben. Om meer inzicht in omvang en locaties van de verdroogde gebieden te krijgen, is in 1988 naar mogelijkheden gezocht de verdrogingstoestand van de graslanden in de middenloop efficiënt in kaart te brengen. Van dit gebied bestond een vegetatiekaart uit 1982 die als basis kon dienen. De variatie aan vegetatietypen was groot. Naast bloemrijke graslanden, 'Dotterbloemhooiland', 'Veldrus-schraalland' en Blauwgrasland, kwamen ook 'Grote zeggenvegetaties' en Kleine zeggenvegetaties' voor. Het grootste oppervlak be-

stond echter uit door grassen gedomineerde vegetaties ofwel rompgemeenschappen van de Klasse der vochtige graslanden. Ook binnen deze groep van rompgemeenschappen was de variatie in typen en soortenrijkdom groot. De onderzoekers besloten niet de hele basiskartering te herhalen, maar een beperkte indicatorsoortenanalyse uit te voeren gericht op verdroging (Everters *et al.*, 1990). Daarbij is uitgegaan van enkele veronderstellingen:

- De aanwezige goed ontwikkelde vegetaties hoeven niet beoordeeld te worden.
- Zeer soortenarme graslanden zijn nog te kort in verschralingsbeheer om iets te kunnen zeggen over verdroging.
- De veranderingen in de vegetatie zijn op veenbodems redelijk goed te voorspellen, op natte zandbodems minder goed.

Zo is het veldonderzoek naar de verdrogingsstaat teruggebracht tot een onderzoek van de soortenrijke rompgemeenschappen van de klassen en de rompgemeenschappen van verschillende verbonden op veenbodems. Het vervolg vormde een opsporing van indicatorsoorten en indicatorsoortengroepen die reageerden op verdroging. Uiteindelijk werden per kaartvlak genoteerd:

- De verspreidingspatronen van de eerder in het gebied bepaalde 14 indicatorsoorten voor de waterhuishouding (ZIE TABEL OP PAG.30) in/langs watergangen, zowel in diepere watergangen (sloten) alsook in ondiepe (greppels); apart genoteerd.
- Het voorkomen van bepaalde in deze gras- en zeggengemeenschappen op verdroging wijzende soortsgroepen (ZIE SCHEMA OP PAG.37) per kaartvlak.

Bij het bepalen van de indicatieve soortsgroepen is in het bijzonder gelet op algemeen voorkomende soorten (ZIE OOK PAG. 40 EN 41). De soortsgroepen zijn in dit geval bepaald aan hand van inzichten uit de literatuur en eerder in het gebied verzamelde

**Indicatieve soortsgroepen gebruikt in het onderzoek naar verdroging in veengebieden van de Drentse A (naar Everts et al., 1990)**

SOORTSGROEPEN	Soortenrijke RG van de klasse Vochtige graslanden	RG van Dotterbloem-vegetaties	RG van Kleine zegge-vegetaties	SOORTSGROEPEN
1 Grote brandnetel Akkerdistel Fluitenkruid Ridderzuring	Aanwijzing voor verdroging	Aanwijzing voor verdroging	Aanwijzing voor verdroging	1 <i>Urtica dioica</i> <i>Cirsium vulgare</i> <i>Anthriscus sylvatica</i> <i>Rumex obtusifolius</i>
2 Kruipende boterbl. Rood zwenkgras Smalle weegbree Gestreepte witbol	Bij dominantie sterke aanwijzing voor verdroging	Sterke aanwijzing voor verdroging	Aanwijzing voor verdroging	2 <i>Ranunculus repens</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Holcus lanatus</i>
3 Moerasviooltje Egelboterbloem Zwarte zegge Veldrus* Pitrus*	Aanwijzing voor verzuring	Zwakke aanwijzing voor verdroging		3 <i>Viola palustris</i> <i>Ranunculus flammula</i> <i>Carex nigra</i> <i>Juncus acutiflorus*</i> <i>Juncus effusus*</i>
4 Reukgras			Sterke aanwijzing voor verdroging	4 <i>Anthoxanthum odoratum</i>

\* lage bedekking RG = Rompgemeenschappen

gegevens. In de oude madelanden (natte tot vochtige hooilanden) viel bijv. een op verdroging wijzende soortenarme, door Rood zwenkgras gedomineerde vegetatie op met o.a. Kruipende boterbloem, Smalle weegbree en Gestreepte witbol.

Kwamen de soorten met een indicatie voor matig hard tot hard grondwater alleen in de diepere watergangen voor (en niet in ondiepe) dan werd dit als een verdrogingskenmerk gezien. Voor een classificatie als 'verdroogd' moest een kaartvak uit de kartering aan dit eerste kenmerk voldoen én er moest een op verdroging wijzende soortsgroep aanwezig zijn.

Zo ontstond op een snelle, efficiënte wijze een betrouwbaar beeld van de verdroogde terreindelen. Het bleek dat 50% van de al langer in verschalend beheer genomen graslanden op madeveen verdroogd was. De betere stukken bleken te liggen in de laagste delen van de graslandpercelen, vaak direct naast sloten en greppels. De kaart van de verdroogde terreindelen is gebruikt om te bepalen waar herstel van de waterhuishouding het meest noodzakelijk was.

Een analyse en het volgen van soort-verspreidingspatronen is een handige methode voor het tijdig opsporen van veranderingen in natuurterreinen. Toch is enige voorzichtigheid geboden om fouten te vermijden.

### **Zwarte rapunzel: voorbeeld van regionaal en lokaal verschillende indicaties**

Zwarte rapunzel (*Phyteuma spicatum* subsp. *nigrum*) komt voor in hooilanden langs de beken in het stroomdal van de Drentse A. Het is vooral een soort van bossen en groeit daar op vochtige, voedselrijke standplaatsen die goed gebufferd zijn tegen verzuring. Zwarte rapunzel (en andere bossoorten, zoals Bosanemoon en Slanke sleutelbloem) kunnen in de beekdalhooilanden groeien omdat de luchtvochtigheid daar hoog is zoals in bossen. In deze beekdalgraslanden is een zeer goed bufferingsysteem werkzaam in de toplaag van de bodem door een sterke toestroom van vrij hard grondwater vanuit diepe bodemlagen (het tweede watervoerende pakket). Bekijken we het voorkomen van de soort in deze hooilanden meer in detail, dan blijkt dat Zwarte rapunzel echter een duidelijke voorkeur heeft voor de drogere standplaatsen zoals oeverwallen. Op regionaal niveau kan deze soort gebruikt worden om toestroom van grondwater op te sporen, maar op lokaal niveau geeft de soort de wat drogere en goed doorluchte standplaatsen aan. Blijkbaar mijdt Zwarte rapunzel de extreem natte plaatsen waar het grondwater echt uittreedt.

De meeste van de bestaande indicatorsoortenlijsten en de ecotoopindelingen van soorten geven een globaal inzicht in de indicaties van soorten. De standplaatsomschrijvingen en indicatiebereiken zijn over het algemeen gebaseerd op analyses van ruimtelijke patronen in het voorkomen van soorten. Sommige studies beschrijven indicaties die zijn bepaald aan hand van onderzoeken naar dosis-effect relaties tussen plant en standplaatsfactor in kas- of veldsituaties. Dit levert detailomschrijvingen per meeteenheid op die meer betrouwbaar lijken. Ook in dit geval is er sprake van koppelingen van verbanden. De indicaties die de onderzoeken opleveren zijn niet absoluut of onveranderlijk. Er is bij beide onderzoeksmethoden onzekerheid over het exacte verband tussen het voorkomen van een soort en de abiotische factor. Bij een toepassing voor analyse en monitoring is toetsing aan de daadwerkelijke omgeving nodig. De opstellers van indicator-systemen kennen de beperkte geldigheid van de indicaties en blijven die nader onderzoeken (ZIE OOK PAG.48).

De omgeving – gebied, plek en gemeenschap – waarin de soort groeit, heeft op verschillende manieren invloed op het indicatiebereik. Concurrentieverhoudingen spelen een grote rol in gemeenschappen. Het menselijk handelen (gebruik en beheer van de gemeenschap) kan concurrentieverhoudingen verschuiven. Maaien, niets doen of beweiden, veranderen de vegetatie rechtstreeks en dat heeft gevolgen voor de strooisellaag en de abiotische omstandigheden. Ontwatering, bemesting, graven, plaggen etc., grijpen minder direct in, maar hierbij zijn de effecten zeer langdurig werkzaam. Er zijn allerlei schakels tussen standplaats, wortelsfeer en het voorkomen van een soort (ZIE PAG.42).

Veel ecologen nemen aan dat onzekerheden ten aanzien van standplaatsindicaties verkleind worden door met meerdere soorten te

**Voorbeelden uit de literatuur: de gemeenschappen waarin zij voorkomen beïnvloeden de indicatie van soorten.**

Geoord veenmos (*Sphagnum denticulatum*) kan in verschillende gemeenschappen van matig tot zwak zure, voedselarme wateren voorkomen. De indicatie van deze soort voor de zuurgraad is per gemeenschap anders (Dierssen, 1990).

Moerasbeemdgras (*Poa palustris*) komt vooral voor in vegetaties van Grote zeggenvegetaties en daarnaast in Rietlanden en vochtige graslanden (Schaminée *et al.*, 1995). Volgens Ellenberg (1979) duidt deze soort op stikstofrijke, neutrale of basische, natte en zuurstofarme bodems. De omschrijving is in overeenstemming met de eisen van vegetaties waarin de soort kan voorkomen. Daarnaast wordt deze soort echter ook in graslanden met Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) aangetroffen en in ruderaal vegetaties van braakliggende stedelijke terreinen. In het eerste geval is er weinig stikstof beschikbaar en gaat het om matig zure, matig voedselrijke, vochtige bodems. In het tweede geval gaat het om zeer basische, stikstofrijke, droge gronden. (Hüllbusch, 1986). Uit kweekproeven blijkt dat Moerasbeemdgras onder drogere omstandigheden goed kan groeien, tenzij de soort het moet opnemen tegen andere snelgroeiende grassen (Ellenberg, 1982). Als deze concurrenten in de natuur ontbreken, zijn

minder natte omstandigheden kennelijk geen probleem voor Moerasbeemdgras. Moerasbeemdgras is dus in Riet- en Grote zeggenvegetaties inderdaad een goede indicator voor natte omstandigheden, maar niet in andere vegetaties.

Grote vossenstaart wordt door concurrentie naar nattere groeiplaatsen gedrukt. Glanshaver (*Arrhenatherum elatius*) is onder natte omstandigheden juist minder concurrentiekrachtig en heeft zijn ecologisch optimum in het vochtige bereik (Ellenberg, 1982). Ook voor deze beide grassen geldt dus dat de indicatie voor vocht (resp. nat en vochtig) beperkt geldig is.

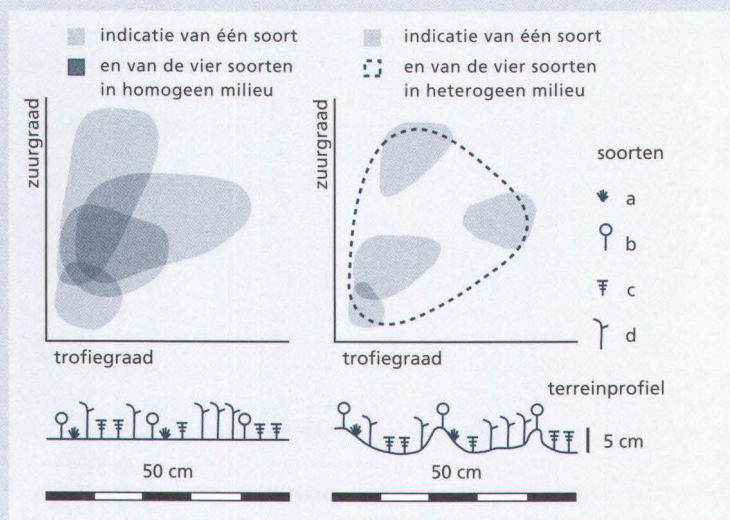
Moerasviooltje (*Viola palustris*) duidt in een Kleine zeggenvegetatie op stagnatie van zuur water. Bij grote schommelingen in waterstanden en lage grondwaterstanden verdwijnt deze soort uit deze gemeenschap. Maar in rompgemeenschappen van het Blauwgrasland verdraagt Moerasviooltje lage grondwaterstanden. Ze staat daar op relatief droge plekken die vermoedelijk beter geschikt zijn voor Moerasviooltje omdat ze ook iets zuurder zijn. Staat Moerasviooltje rompgemeenschappen van het Blauwgrasland, dan geeft ze aan dat een omslag naar natte heide te verwachten is. (Jalink en Jansen, 1995)

werken omdat dan een veel sterkere indicatie van een toestand of proces ontstaat. Dit geldt echter alleen in een homogeen milieu. Staan de soorten wel bij elkaar, maar op iets verschillende microstandplaatsen ofwel in een heterogeen milieu, dan wordt de indicatie juist globaler en kunnen soorten zelfs strijdig lijkende indicaties geven (ZIE FIG. 5). Als analyses op regionaal niveau worden uitgevoerd, dan is er altijd sprake van heterogeniteit.

In een deel van de ecosystemen is heterogeniteit een normaal verschijnsel. Pollenvormende grassen, zeggen en mossen zorgen in vrijwel alle venen voor het ontstaan van bulten en slenken en daarmee voor verschillen in vocht en zuurgraad. Ook in Elzenbroekbossen is veel verschil te vinden. Rond de voet van de bomen komt een veel droger en zuurder milieu voor dan in de laagten (ZIE FIG. 3). Door met soortsgroepen te werken kan toch inzicht verkregen worden in de te

**FIG. 5**

*De invloed van homogeniteit van het milieu op standplaatsindicaties (hypothetisch schema naar van Wirdum, 1991).*



beschrijven eigenschappen van het landschap (Everts en de Vries, 1991).

In de indicatorenstudiereeks van Staatsbosbeheer is door de scheiding van landschapssystemen en plantengemeenschappen een nauwkeurige beschrijving op het laagste mozaïekniveau mogelijk.

Het gebruik van indicatorsystemen die geen duidelijk inzicht geven in dergelijke samenhangen is niet zonder risico. Gevolgtrekkingen op grond van te globale indicaties in systemen waar de sleutelfactoren en landschapsecologische processen onbekend zijn, zijn niet betrouwbaar. Men legt gemakkelijk verkeerde relaties of verwisselt zelfs oorzaak en gevolg.

Het is goed mogelijk het risico op dergelijke fouten te verkleinen. Enerzijds door de indicaties per landschapsecosysteem en per gemeenschap apart te houden, en anderzijds door naar een groep van indicatorsoorten te

kijken (ZIE VOORBEELD HIERBOVEN). Als er maar een paar indicatorsoorten te vinden zijn die een zelfde indicatie geven, kun je soorten met tegengestelde indicaties voor dezelfde factor bij de analyse of monitoring betrekken (bijz. zowel kijken naar soorten die verdroging aangeven, als naar soorten die wijzen op vernatting). Deze soorten zullen elkaar uitsluiten en de indicatie preciezer te maken. Een voordeel van een systeem per landschapstype en per gemeenschap is, dat de zeggingskracht van de soorten ten volle wordt benut. Ook algemeen voorkomende soorten zijn onder bepaalde omstandigheden nuttige indicatoren.

Bij grote menselijke invloed verdwijnen de kritische plantensoorten en komen ook de minder kritische algemenere soorten onder druk te staan. De indicatie van deze algemene soorten komt in zulke situaties meestal duidelijker naar voren. In een agrarische omgeving kunnen dergelijke soorten inte-

ressant zijn als indicatoren terwijl dat in natuurgebieden niet het geval is.

In natuurterreinen met jonge leefgemeenschappen die nog in ontwikkeling zijn, kunnen de soortensamenstelling en de verhoudingen tussen soorten snel veranderen. Juist in die terreinen is de behoefte aan monitoring groot. En juist in die terreinen is voorzichtigheid geboden met de toepassing van indicator- en monitoringsystemen die globale indicaties geven, d.w.z. met indicaties die zich niet beperken tot landschapstypen en gemeenschappen.

### ***Koppeling aan landschaps- en vegetatietype verhoogt zeggingskracht***

Veel auteurs van vegetatiekundige studies wijzen op het belang van het onderscheid naar standplaats en naar landschap. In uiteenlopende landschapstypen kunnen geheel verschillende processen leiden tot vergelijkbare standplaatscondities. Kies je als hulpmiddel het boekdeel van de indicatorenserie uit dat over een goed vergelijkbaar gebied in Nederland gaat, een landschapstype zoals kalkarme zandgebieden of beekdalen, dan zijn niet alleen de standplaatscondities nauwkeurig beschreven, maar ook de processen die deze condities aansturen vergelijkbaar. De veranderingen waarop de soorten reageren komen in het in landschapseenheden gesplitste indicatorensysteem van Staatsbosbeheer veel duidelijker naar voren dan bij een landelijk (of nog grootschaliger) systeem mogelijk is. Voor ieder landschapstype en (groep van) plantengemeenschap zijn de soortindicaties afzonderlijk vastgesteld met behulp van metingen en patroonanalyses (ZIE PAG.20).

In de jaren zeventig van de vorige eeuw werd duidelijk dat het beschermen van natuurgebieden niet voldoende was om soorten te behouden. Wetenschappelijk onderzoek naar

### ***Algemeen voorkomende soorten kunnen in een agrarische omgeving nuttige indicatoren zijn***

Snavelzegge (*Carex rostrata*) kan in natuurgebieden vaak niet gebruikt worden als indicator voor waterkwaliteit. In landbouwgebieden komt deze soort soms langs slootranden voor. Ze is dan in hoge mate indicatief voor een relatief goede waterkwaliteit. Liesgras (*Glyceria maxima*) is een soort van voedselrijke tot zeer voedselrijke moerassen en natte graslanden en meestal in natuurgebieden ook nauwelijks te gebruiken als indicator voor waterkwaliteit. In beekdalen die in cultuur zijn gebracht en intensief agrarisch worden gebruikt, kan de Liesgras echter wijzen op toestroming van grondwater (Everts en de Vries, 1991).

de relatie tussen vegetatie en omgevingsfactoren komt dan op gang (Doing, 1988; Bakker, Klijn en van Zadelhoff, 1979; Grootjans, 1985; Kemmers, 1986 en van Wirdum, 1990). Op verschillende schaalniveaus zijn relaties aan te tonen tussen bepaalde kenmerken van landschap, water of bodem en vegetatietypen of plantensoorten. Factoren die op landschapsschaal werkzaam zijn, hebben een indirecte invloed op de plantensoorten. Toch is kennis over deze factoren heel belangrijk omdat het over het algemeen sturende of sleutelfactoren zijn. Studies naar indicatorsoorten verschijnen en de auteurs benadrukken ook daarbij geregeld dat de gepresenteerde indicaties alleen regionaal geldig zijn. De ontwikkeling van methoden om de indicaties per landschap te onderbouwen is de logische volgende stap. Doing beschrijft in 1988 het landschap van de duinen door landschapstypen te definiëren en deze op een integrale manier te kar-



**Voorbeelden van de samenhang tussen de indicatie van een soort en het landschapstype waarin zij voorkomt**

In uiteenlopende landschapstypen kunnen heel verschillende processen resulteren in een standplaats met vergelijkbare hydrochemische eigenschappen. Knopbies (*Schoenus nigricans*) beschouwt men over het algemeen als een soort van kalkmoerassen. De soort komt in Nederland voor in goedgebufferde duinvalleien. Sommige zijn jonge verzoetende valleien, andere staan onder invloed van van elders toestromend grondwater. In Ierland komt Knopbies behalve in kalkmoerassen echter ook in spreihooften voor. Saltspray kan op deze plaatsen waar zeer veel, niet verzuurd regenwater valt, zorgen voor de nodige toevoer van mineralen.

teren. Het onderscheid tussen de landschapstypen bepaalt hij aan hand van landschapsvormende processen, fysisch-geografische, hydrologische en bodemkundige kenmerken en aan hand van vegetatiepatronen. Door aan te geven welke soorten waar voor kunnen komen, legt hij een relatie tussen soorten of soortsgroepen en de landschapsvormende processen van zeereep tot binnenduinrand. Bakker *et al.* (1979) en Kemmers (1986) beschrijven meer in detail welke processen in duinen en natte tot vochtige systemen spelen en geven aan welke hiërarchie er bestaat tussen de verschillende factoren.

**De invloed van het schaalniveau op indicaties – van biosfeer tot atmosfeer**

In 1961 ontwikkelt Jenny een model op basis van sferen om aan te geven hoe factoren elkaar onderling beïnvloeden. Vegetatie en fauna – de biosfeer – komen in dit model als de meest afhankelijke onderdelen van het

ecosysteem naar voren. Ze worden het meest beïnvloed, maar beïnvloeden op hun beurt ook de andere factoren. Water en bodem – de hydrosfeer en geosfeer – oefenen sterke, directe invloed uit op de vegetatie. Klimaat en geologische gesteldheid – geosfeer en atmosfeer – zijn eveneens van invloed op vegetatie en fauna, maar werken meer indirect via water en bodem.

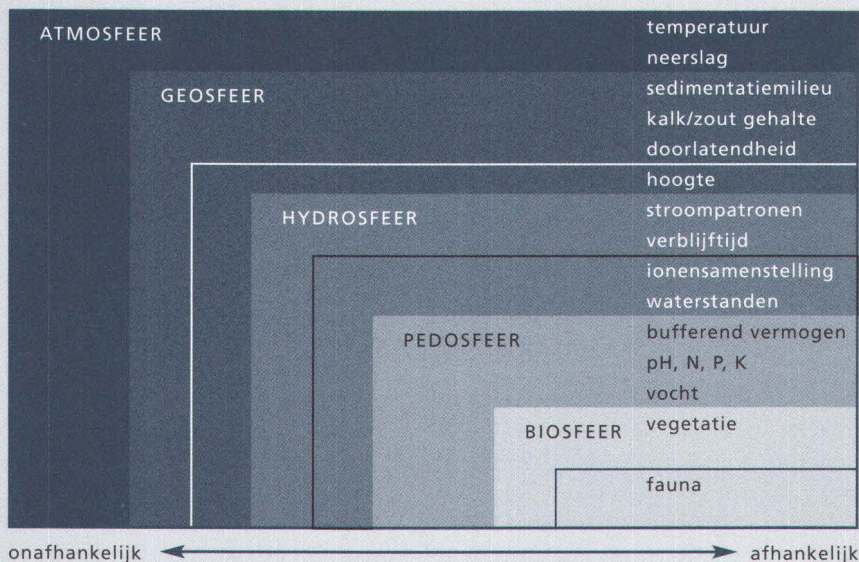
Al in de vijftiger jaren is in het belang van natuurbescherming door Schimmel (1955) gewezen op het belang van water voor de vegetatie van beekdallandschappen van het Drentse plateau. Hij ziet de overstromingsfrequentie van het eutrofe beekwater als de factor die de verschillen in de vegetatie bepaalt. Grootjans (1985) toonde later aan dat naast de overstromingsfrequentie, ook de kwaliteit van het grondwater en de intensiteit van de toestroming van grondwater belangrijke factoren zijn en modelleerde vegetatiepatronen en (grond)waterstromen. Hij stelde bovendien vast, dat verandering in waterstanden en waterkwaliteit in beekdalen leidt tot afbraak van veen, tot een verhoogd aanbod van stikstof en tot verzuring en successie in de vegetatie.

Drinkwateronttrekkingen en de drastisch gewijzigde waterhuishoudkundige inrichting van omringende landbouwgebieden hebben een grote invloed op de natuurterreinen (o.a. Sýkora, 1979 en Both en van Wirdum, 1981).

Een voorbeeld van de regionale of landschappelijke afhankelijkheid van een indicatie geeft Tweerijige zegge (*Carex disticha*). Het is een vrij algemene soort in grote zegge-  
moerassen en graslanden van laagveen-  
gebieden en in benedenlopen van beekdalen. In de middenlopen van de Drentse beekdalen is deze soort echter zeldzaam. Hier is Tweerijige zegge in hoge mate beperkt tot groeiplaatsen met relatief hoge calcium, magnesium en bicarbonaat gehalten (Everts en de Vries, 1991). In het middenloop-

FIG. 6

Relatieschema voor landschap, vegetatie en fauna (naar Jenny, 1961).



systeem van de Drentse A is een zeer sterke toestroom van matig hard tot hard grondwater uit het tweede watervoerende pakket bepalend voor dit type grondwater (Schipper en Streefkerk, 1993). In laagveengebieden is geen relatie te vinden tussen toestroom van grondwater en Tweerijige zegge. Ook een correlatie met hoge gehalten van calcium, magnesium en bicarbonaat is niet aanwezig. Tweerijige zegge komt hier voor op plaatsen met matig hard water met relatief veel sulfaat en chloride. (Everts en de Vries, 1991).

De eigenschappen van een standplaats worden bepaald door vele abiotische factoren en processen die elkaar bovendien onderling beïnvloeden. Factoren zoals klimaat, geologie, reliëf en waterhuishouding oefenen jaar na jaar min of meer onafhankelijk dezelfde invloed uit en veranderen niet zo snel in de tijd (zie FIG. 6). De bodem ('pedosfeer'), vegetatie en fauna veranderen sneller en

met het ecosysteem mee. Uiteraard is de werkelijkheid wat ingewikkelder dan het model van Jenny laat zien en er is geen scherpe scheiding tussen onafhankelijke en afhankelijke factoren. De waterhuishouding kan relatief snel veranderen en bodemprocessen verlopen trager dan successie in de vegetatie (de natuurlijke opeenvolging van planten en plantengemeenschappen in de loop van de tijd). Bovendien veranderen met de afhankelijke factoren op den duur ook de onafhankelijke. De hiërarchie van factoren kan per ecosysteem verschillen. (Bakker *et al.*, 1979, Werkgroep theorie WLO, 1986).

Van Wirdum (1979) geeft een indeling in factoren waarbij rekening gehouden wordt met de schaal en tijd waarop de factoren werkzaam zijn:

- **operationele factoren:**  
werkzaam in de wortelsfeer:  
het doorwortelde deel van de bodem

- **conditionele factoren:**  
werkzaam op perceelsniveau  
(standplaats of groeiplaats)
- **positionele factoren:**  
werkzaam op landschapsschaal
- **sequentiële factoren:**  
werkzaam vanuit het verleden.

(ZIE FIG. A IN DE INLEIDING VAN DELEN 2 T/M 10 VAN DE INDICATORENSERIE). Alleen de operationele factoren hebben rechtstreekse invloed op de plant. Bodemeigenschappen, bacteriën, schimmels en de plant zelf etc. functioneren als schakels tussen standplaats en wortelsfeer.

Van Wirdum heeft aan het begin van zijn studie te maken met twee onverenigbare opvattingen over de waterhuishouding van de laagveengebieden in Noordwest Overijssel. Volgens ecologen was het hele gebied een kwelgebied, want het stond vol met kwel-indicerende soorten. Hydrologische gegevens wezen juist op infiltratie en wegzijging van water naar omringende gebieden, bijvoorbeeld naar de Noordoostpolder. Van Wirdum (1990) vond de verklaring: uittredend grondwater (kwel) is niet de enige kracht die de voor deze soorten vereiste chemische eigenschappen van de standplaats kan zorgen; in deze laagvenen reguleert oppervlaktewater dat onder langs de drijvende, dunne vegetatiemat stroomt de aanvoer van bufferstoffen naar de vegetatie.

Aan de hand van Waterviolier laten zich indirecte relaties met op landschapsschaal werkzame factoren goed illustreren. Waterviolier (*Hottonia palustris*) wordt in Drentse beekdalen gebruikt als indicator voor kwel van matig zuur grondwater. De soort komt voor op de flanken van beekdalen (Vegter *et al.*, 1993). In het centrum van de beekdalen treedt zuurstofloos, bicarbonaatrijk water uit. Deze gebieden worden door Waterviolier gemeden. Waterviolier is algemeen in Drenthe,

**Planten kunnen de wortelsfeer veranderen: Gele plomp en Holpijp bijv.**

Sommige planten (specialisten) zijn in staat de wortelsfeer te beïnvloeden voor gunstigere leefomstandigheden en verandering van concurrentieverhoudingen. Gele plomp (*Nuphar lutea*) heeft een stelsel van kanaaltjes in stengels en wortels. De soort kan zuurstof naar zijn wortels transporteren en afgeven aan de omgeving. In een zuurstofloze bodem met veel sulfide wordt het giftige sulfide dan omgezet in sulfaat en zo onschadelijk gemaakt. Dit verklaart de aanwezigheid van Gele plomp in stilstaande wateren met een dikke laag van ernstig verontreinigd slib. Ook Holpijp (*Equisetum fluviatile*) kan via luchtkanalen zijn wortels van zuurstof voorzien. Deze soort maakt grote wortelstelsels die in de diepte de ondergrond in groeien. Holpijp kan zo voedingsstoffen halen uit het zuurstofloze deel van de bodem dat voor andere soorten niet toegankelijk is. De plant kan daardoor concurreren met soorten die uitblinken in het efficiënt opnemen van voedingsstoffen zoals Echte witbol.

Zwarte zegge (*Carex nigra*) heeft wortels die in staat zijn door een dichte ijzeroer-afzetting in een veengrond heen te groeien (van Heuveln, 1980). Vermoedelijk lukt dit doordat de plant ijzer direct rond de wortels oplost. Zwarte zegge kan daardoor over meer water en voedingsstoffen beschikken dan andere soorten die alleen in de bovenste veenlaag groeien omdat ze niet door de ijzeroerbank heen komen.

vermoedelijk heeft de soort zich uitgebreid door zich te vestigen in vrij nieuwe sloten die in beekdalen zijn gegraven (Werkgroep Florakartering Drenthe, 1999). Behalve in beekdalen is de soort ook te vinden bij

## Houtige gewassen veranderen de standplaats – over Linde, Eik, Jeneverbes en Sleedoorn

In jonge bossen overheerst de invloed van het moedermateriaal. Wanneer een bos ouder wordt vormt zich een strooisellaag die van grote invloed is op de ontwikkeling van een bosbodem. Linde (*Tilia sp.*) en Eik (*Quercus sp.*) kunnen op dezelfde bodems voorkomen, maar zorgen voor heel verschillende bosbodems (Hommel en de Waal, 2003). Het strooisel van Linde is goed verteerbaar, er ontstaat een milde humus, een geschikte voedingsbodem voor veel soorten. Eik produceert slecht verteerbaar bladstrooisel, dat bovendien veel zuren bevat. Onder Eik hoopt zich een dikke laag ruwe humus op, die alleen geschikt is voor gespecialiseerde organismen. De verschillen in de organische laag die de bosbodem vormt zijn bij deze twee soorten zo groot, dat onder beide bomen zeer verschillende bosgemeenschappen ontstaan, zelfs als zij op dezelfde ondergrond zijn gekiemd. Onder Jeneverbesstruwelen komen stikstofminnende soorten voor terwijl ze in de heide eromheen ontbreken. De stikstofminnende soorten (opportunisten) kunnen onder de Jeneverbes (*Juniperus communis*) groeien omdat het strooisel gemakkelijk verteert en daarbij voedingsstoffen in de wortelsfeer beschikbaar komen. In duingebieden vindt onder Meidoorn (*Crataegus sp.*) en Sleedoorn (*Prunus spinosa*) een vergelijkbaar snelle omzetting van strooisel in voedingsstoffen plaats zodat de korte vegetatie die eronder groeit meer eutrafente soorten bevat dan de vegetatie eromheen.

kleine zandopduikingen in laagveengebieden en op de flanken van hoge dekzandruggen in de veenkoloniën. Daar wijst de soort niet op kwel.

Waterviolier is een waterplant die voor de

opname van koolstof afhankelijk is van CO<sub>2</sub> (Bloemendaal en Roelofs, 1988). CO<sub>2</sub> lost slecht op in water. De meeste waterplanten zijn in staat carbonaten (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) op te nemen, Waterviolier niet. Grondwater bevat doorgaans carbonaten en weinig CO<sub>2</sub>. Hoe kan het dan dat Waterviolier in beekdalen toch een relatie met kwel vertoont?

Bij afbraak van veen komt CO<sub>2</sub> vrij. Als grondwater zuurstofrijke veenlagen passeert kan de CO<sub>2</sub> spanning in het grondwater toenemen. Waterviolier komt opvallend weinig voor in de niet ontgonnen middenloop van de Drentse A. In de andere dalen is sprake van grootschalige ontwateringen ten behoeve van de landbouw. Het veen is hier beter doorlucht en wordt versneld afgebroken. De uitbreiding van Waterviolier in de ontgonnen beekdalen zou dus een gevolg van de veenontwateringen kunnen zijn. Ook in de veenkoloniale en laagveen gebieden bepalen mogelijk processen waarin de CO<sub>2</sub> spanning in het water kan oplopen de aanwezigheid van Waterviolier. Ook hier komt ontwaterd en veraardend veen voor. Zowel in lage zandkoppen in het laagveen gebied als in een overgangsgebied naar een diep ontwaterde polder is sprake van een zeer lokale grondwaterstroom waarin de CO<sub>2</sub> spanning kan oplopen. Bij een hele hoge luchtvochtigheid, bv. in broekbossen en in rietlanden, kan Waterviolier overigens blaadjes vormen in de lucht. De plant is dan niet afhankelijk van de CO<sub>2</sub> spanning in het water.

Water – of de hydrosfeer – heeft op verschillende manieren invloed op de vegetatie; waterkwaliteit (mineralen, zuurgraad, zuurstof, etc.), waterstanden (hoogte en duur) in de bodem of boven het maaiveld, stroming en helderheid van het water zijn belangrijk. De waterkwaliteit van regenwater, grondwater zoet oppervlaktewater en het zeewater is enorm verschillend. Beekwater heeft een

**In de vegetatie kan het verleden tot uiting komen: Riet, Ruwe bies, Galigaan bijv. als relictten**

Sommige processen kunnen nog jaren lang nadat ze zijn gestopt invloed uitoefenen op de vegetatie. Kwel van grondwater bijvoorbeeld kan ophouden omdat het grondwaterpeil daalt. Toch blijft daarna de met het grondwater aangevoerde calcium nog lange tijd invloed uitoefenen op de vegetatie. De met het grondwater aangevoerde calcium is dan gebonden aan het adsorptiecomplex, of opgeslagen als mineraal in de bodem. Door uitloging of door in oplossing te gaan neemt de beschikbaarheid van het mineraal geleidelijk af. Ook ijzer kan bijvoorbeeld in hoge concentraties in de bodem aanwezig zijn en invloed uitoefenen op de vegetatie terwijl de aanvoer al lang gestopt is. IJzer is dan in het verleden opgeslagen als coating van zandkorrels of als oer(bank). Soorten met grote wortelstelsels, zoals Riet (*Phragmites australis*), Ruwe bies (*Schoenoplectus tabernaemontani*), Galigaan (*Cladium mariscus*) kunnen voedingstoffen in het wortelstelsel opslaan en later, in een gewijzigde omgeving nog zeer lang op de reserves teren. Galigaan is een soort van kalkmoerassen. De soort komt echter ook voor in de Empense en Tondense heide (Both en van Wirdum, 1981). Dat terrein stond ooit onder invloed van grondwater dat vanuit de Veluwe toestroomde. De waterhuishouding is ingrijpend gewijzigd en het gebied is verzuurd. Galigaan staat er nog als een herinnering aan het verleden.

andere invloed op de vegetaties dan grondwater. De inundaties met beekwater zijn vaak kort van duur en leiden tot een verhoging van de trofiegraad door slibafzettingen, een hoog ionen- en zuurstofgehalte.

Omdat er grote verschillen zijn in de chemische samenstelling, is de invloed van het grondwater minder eenduidig. Vaak gaat de aanvoer van grondwater gepaard met een verlaging van de trofiegraad omdat voedingstoffen (fosfaten) worden vastgelegd. Het ijzer, dat door zuurstofloos grondwater wordt aangevoerd, kan fosfaat vastleggen. Grondwater met een lange verblijftijd in de bodem is vaak zuurstofloos. De microbiële omzettingen verlopen zonder zuurstof anders: bij de afbraak van organisch materiaal zal ammoniak gevormd worden en geen nitraat, sulfiden zullen omgezet worden in het voor vele planten giftige sulfiet. Of deze processen zullen optreden en met welke snelheid, is weer afhankelijk van de ionensamenstelling van het water.

Regenwater is zeer ionenarm. Op plaatsen waar regen of neerslagwater het gehele zomerseizoen op het maaiveld blijft staan of in de bovenste bodemlaag stagneert, treedt verzuring op en zakt de trofiegraad (soms gebeurt dat heel snel).

Vaak is er sprake van verschillende watertypen en -kwaliteiten die naast elkaar in een gebied voorkomen, of een wisselende invloed op dezelfde plaats uitoefenen, afhankelijk van het weer en het seizoen (Grootjans, 1985).

Plantengemeenschappen zijn gekoppeld aan bodemeigenschappen van de pedosfeer en die zijn afhankelijk van de waterhuishouding of de hydrosfeer. Voor de vegetatie spelen verschillende aspecten van de bodem een rol, bijvoorbeeld temperatuurverloop, gehalte aan organische stof, korrelgrootte, het type van de mineralen en type organische stof, adsorptiecomplex, basenverzadiging en capillaire nalevering van vocht. Deze eigenschappen verschillen per bodemsoort. Het is de waterhuishouding die de verbreiding en afwisseling van bodemtypen bepaalt. Veldpodzolen bijvoorbeeld komen voor in infiltratiegebieden, meestal zijn dat heideterrei-

*Veel soorten vertonen in de randzone van hun verspreidingsgebied een duidelijkere indicatie*

Polei (*Mentha pulegium*) bijvoorbeeld komt voor in het Europese rivierengebied en is gebonden aan overstromingsgraslanden. In Nederland heeft deze soort een voorkeur voor reliëfrijke gebieden met een zandig substraat. Polei bereikt in Nederland haar noordgrens, is gevoelig voor warmte en daardoor ook voor te lange overstromingen. In reliëf- en gradiëntrijke situaties zullen altijd plekken voorkomen die in dat jaar de ideale combinatie tussen korte overstromingen en warmte opleveren. In Midden-Europa is deze soort helemaal niet tot gradiëntrijke zones beperkt. In Midden-Europese overstromingsgraslanden is het warm genoeg, de inundatieduur is daar niet meer beperkend (Sýkora, 1978; Westhoff, 1988).

Genadekruid (*Gratiola officinalis*) is een Midden-Europese soort van natte ruigtes en graslanden. Kieming kan in Tsjechië onder water plaatsvinden, maar in Nederland is een terrestrisch milieu nodig. Kiemplanten stoppen na het ontwikkelen van de eerste vier bladeren een tijd met groeien. In continentale gebieden is dat handig; het stelt de plantjes in staat de droogte van de zomer te doorstaan.

Later in het seizoen groeien de planten verder. In Nederland is deze levensstrategie nadelig. Genadekruid kiemt in het terrestrische, zeer natte milieu laat in het seizoen, andere soorten groeien sneller en winnen de concurrentie om licht. Deze soort is in Nederland beperkt tot vrij voedselarme, open, niet al te snel sluitende, vegetaties in het rivierengebied omdat alleen daar de kiemplanten van Genadekruid kunnen opgroeien. Bij de huidige hoge beschikbaarheid aan voedingstoffen ontwikkelen zich echter hoogproductieve dichte begroeiingen in de vochtige en natte delen van de uiterwaarden. Daardoor zijn geschikte milieus voor jonge plantjes van Genadekruid verdwenen. Deze soort zal in Nederland uitsterven (Westhoff, 1988). Kraaiheide (*Empetrum nigrum*) bereikt halverwege Nederland de zuidkant van zijn areaal. Deze soort is op de Veluwe gebonden aan vochtige of koele standplaatsen. Dat zijn bijv. noordhellingen en bosranden met noordexpositie. Kraaiheide groeit ook veel in denbossen in noordelijk Nederland en in de oude duinen van de waddeneilanden. Daar zijn deze beperkingen veel minder duidelijk.

nen of heide ontginningen. Madeveen- en vlietveengronden liggen in kwelgebieden van beekdalen en bekeerd en gooreerd gronden komen voor op de overgangen tussen infiltratie- en kwelgebieden.

Soorten die aan de rand van hun verspreidingsgebied groeien, krijgen te maken met beperkingen door klimaat – of atmosfeer – en geologische gesteldheid of geosfeer. Ze kunnen daar ook andere relaties vertonen met omgevingsfactoren dan midden in hun verspreidingsgebied. Planten die in vochtige klimaatzones een wijde verspreiding hebben,

komen in drogere klimaatzones alleen in natte gebieden voor. Een deel van de soorten die in Nederland beperkt blijven tot het kalkgebied van Zuid-Limburg, blijkt in Midden-Europa niet aan kalk gebonden. In het algemeen kan men stellen, dat een soort die in het centrum van zijn verspreidingsgebied in allerlei milieus voorkomt, in de randzone van zijn verspreidingsgebied een duidelijkere indicatie voor beperkende milieufactoren zal vertonen.

## **Betrouwbare resultaten door toetsing met metingen**

Onderzoekers gebruiken verschillende manieren om de indicaties van soorten vast te stellen (ZIE PAG.9). De methode heeft invloed op de betrouwbaarheid van de resultaten. Er worden in hoofdzaak twee methoden voor het opsporen van indicaties van soorten gebruikt. De eerste methode is een onderzoek naar dosiseffect-relaties en komt neer op een beschrijving van de reactie van soorten bij een bepaalde, duidelijk beschreven ingreep of verandering. Dit onderzoek gebeurt in het veld of in kasexperimenten. De veranderingen, zowel biotisch als abiotische, die plaatsvinden in een voorbeeldgebied worden een tijd gevolgd en gerapporteerd. De tweede methode is gebaseerd op patroonanalyse. Vegetaties en soorten in een gebied worden gekarteerd. Op basis van de ruimtelijke samenhang tussen soorten of vegetaties en abiotiek worden conclusies getrokken. Vaak worden resultaten van andere studies in vergelijkbare gebieden gebruikt om de conclusies te controleren en de interpretatie te verdiepen. Deze methode vergt minder werk dan het dosiseffectonderzoek en voert toch tot uitspraken over grote aantallen soorten. Veranderingen in patronen van plantensoorten kunnen veel nuttige informatie leveren over water, bodem en lucht; ook al is die informatie niet exact in cijfers vastgelegd. Omdat de ontwikkelingsreeksen echter niet rechtstreeks in detail in de tijd zijn waargenomen, zijn de beschrijvingen altijd enigszins tentatief. Bij beide methoden hangt de betrouwbaarheid sterk af van de nadere invulling van de methode (de wijze van beschrijving, het meten of tellen). Het dosiseffectonderzoek kan zeer betrouwbaar zijn, exacte beschrijvingen en goede inzichten opleveren. Deze methode is echter is zeer bewerkelijk en vergt veel tijd. Vaak is het ook onmogelijk de precieze 'multoestand' vóór de ingreep vast te leggen.

De vraag in hoever de resultaten ook bruikbaar zijn in een ánder gebied, blijft bij beide werkwijzen open. Het zijn niet alleen de abiotische factoren die de plantengroei bepalen. Planten zijn afhankelijk van biotische factoren, zoals onderlinge concurrentie, verspreiding, vestigingsmogelijkheden en vraat door dieren. De intensiteit van het landbouwgebruik en het beheer bepalen eveneens het voorkomen van soorten en kunnen verspreidingspatronen beïnvloeden. De relatie tussen soort en omgevingsfactor is indirect en wordt bepaald door een grote hoeveelheid aan factoren die soms mee gaan sturen. Ruimtelijke verbanden zijn niet zomaar om te zetten naar ontwikkelingen in de tijd, dus naar successie- en degradatieprocessen. Onderzoek naar successie laat zien dat de reacties van soorten op veranderingen in de abiotiek heel verschillend en verrassend kunnen zijn.

De dosiseffectstudies vragen zoveel tijd dat ze in de praktijk weinig worden gebruikt. Ondanks de beperkingen blijft de patroonanalyse toch de basis te zijn van veel kennis-systemen met indicaties van plantensoorten. De informatie die verspreidingspatronen van soorten geven is minder 'hard' dan de informatie die goede dosiseffectstudies opleveren (ZIE OOK PAG.36). Als soortindicaties die het resultaat zijn van een patroonanalyse, echter bevestigd of geïjkt worden aan hand van metingen zoals dat bij het indicatorenonderzoek van Staatsbosbeheer/Kiwa gebeurd is, neemt de betrouwbaarheid toe. Zo geïjkte verspreidingspatronen van indicatieve soorten kunnen met name heel veel inzicht opleveren in de waterhuishouding van het betreffende gebied (Everts en De Vries, 1991, Jansen en van Diggelen, 1987).

***Klimopwaterranonkel: voorbeeld van een in de loop der tijd duidelijker geworden indicatie.***

Klimopwaterranonkel (*Ranunculus hederaceus*) is een vrij zeldzame soort van ondiep water met een constant peil. Er is altijd veel discussie geweest over de betekenis van het voorkomen van deze soort. Is het een indicator van voedselarm, matig zuur, stromend water of niet? Behalve in voedselarm wordt deze soort met enige regelmaat ook op voedselrijke standplaatsen in langzaam stromend of stilstaand water gevonden (foto pag. 36).

Bekend is het voorkomen van de plant in stromende watertjes zoals duinbeekjes. Klimopwaterranonkel verschijnt al heel vroeg in het voorjaar. In februari kan de soort al bloeien. De plant breidt zich vanuit de slootranden uit over het open water en vormt plakkaten van drijvende bladeren. Het is een typische pioniersoort; open gebied wordt snel gekoloniseerd. Bij Amersfoort komt Klimopwaterranonkel voor in kwelgebieden in zeer voedselrijke graslanden. Hier kan een boer gemakkelijk aan goed water voor het vee komen. Hij hoeft alleen maar een buis in de grond te slaan. Er is zoveel uittredend grondwater dat er altijd water is om drinkbakken te vullen. Het vee vertrapt de zeer natte bodem rond de bakken en Klimopwaterranonkel vult de open plekken in tot in de zomer. Van Diggelen (1998) kon geen relatie vinden tussen de soort en bepaalde stoffen in water of bodem tot hij de gemeten gehalten van de mineralen vermenigvuldigde met de stroom-

snelheid. Klimopwaterranonkel kan in een voedselarme omgeving leven, als er voldoende water langs de plant stroomt en het aanbod van voedingsstoffen per tijdseenheid hoog genoeg is. De plant kan in snelstromend voedselarm water heel efficiënt voedingsstoffen opnemen. Het stromende water zorgt er bovendien voor dat concurrenten minder kans krijgen de soort te overwoekeren. Wanneer deze ranonkel in een meer voedselrijke omgeving een concurrentiestrijd om licht aan moet gaan met grassen zoals Mannagras, verliest ze de strijd. Klimopwaterranonkel is de laatste tijd achteruitgegaan; het aantal vindplaatsen neemt af. De soort kan zich wel in nieuwe gebieden vestigen, maar wordt dan toch vrij snel weer door andere soorten verdrongen.

Op regionale schaal wordt de soort gebruikt als indicator van kwelplekken met mineraalarm, matig zuur grondwater en met een hoge kwelintensiteit (van Diggelen, 1998). Waarschijnlijk is deze soort meer en meer beperkt geraakt tot dergelijke plekken omdat ondiepe, snelstromende watertjes en graslanden met een hoog waterpeil en voldoende open plekken buiten de gebieden met heel sterke kwel vrijwel niet meer voorkomen. Door eutrofiëring en verdroging van water- en graslandmilieus is de soort nu gebonden aan bijzondere milieus en is de indicatie van deze soort duidelijker geworden.

***Voorbeelden van soorten 'door de boeken heen'***

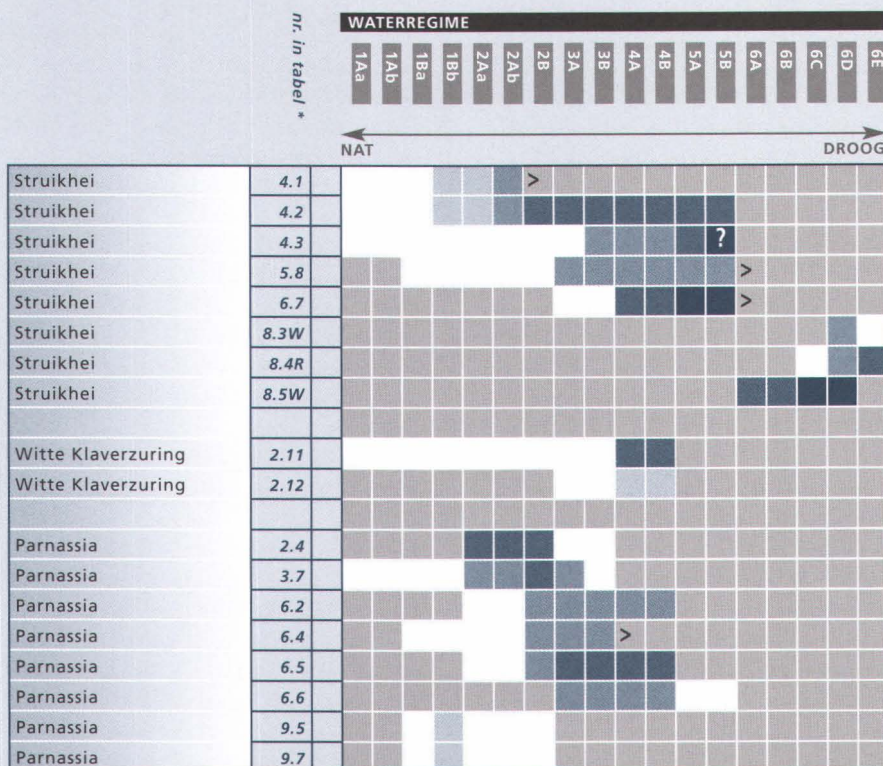
De indicatietabellen van de boeken van de indicatorenserie van Staatsbosbeheer geven subtiele verschillen in standplaatsbereiken en reacties van soorten duidelijk weer. Figuur 7A illustreert een vergelijking van terreincondities van enkele soorten in verschillende

landschapstypen en plantengemeenschappen. Figuur 7B geeft een beeld van een vergelijking van reacties van enkele soorten in verschillende landschapstypen en plantengemeenschappen. In Fig. 7A is duidelijk te zien dat de terreincondities overlappen. De condities van dezelfde soorten in een andere omgeving vertonen veel overeenkomsten. Meestal zijn



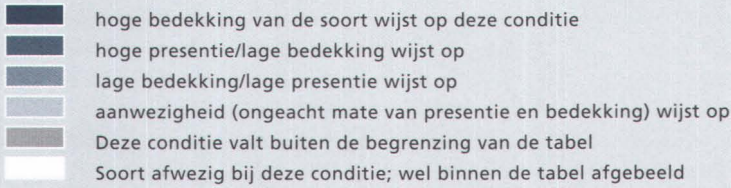
**FIG. 7A**

Vergelijking van terreincondities van enkele soorten in verschillende landschapstypen en plantengemeenschappen (naar Indicatorserie van Staatsbosbeheer)

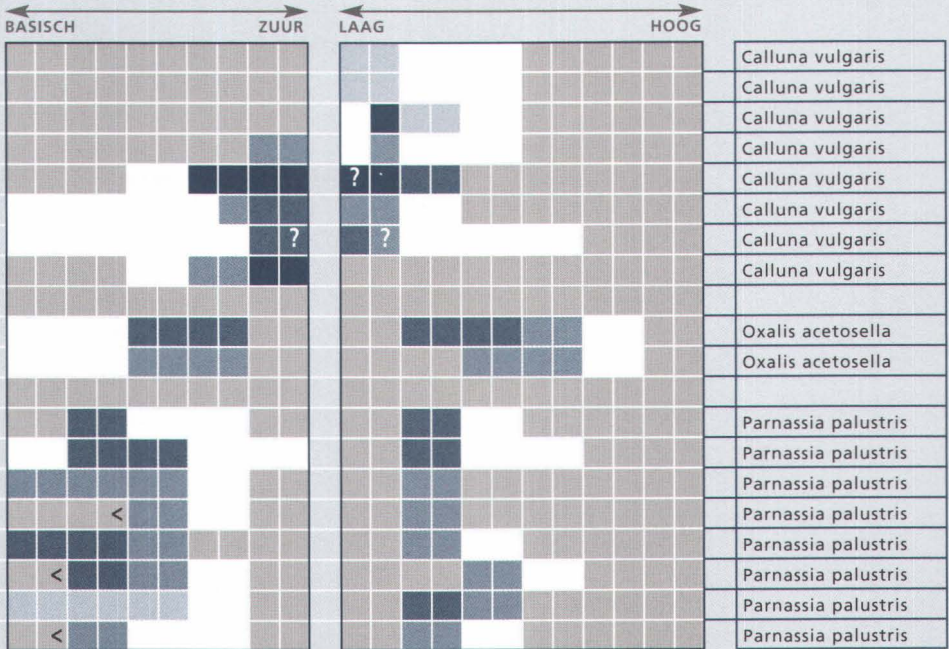


kleine verschuivingen van grenzen te zien; soms zijn de verschillen groter. Bepaalde verschillen in de trajecten van terreincondities hangen samen met verschillen in bodem, successie en ecologische processen van de landschapstypen (ZIE OOK PAG.42). Voor een deel van de soorten valt de boven- en/of ondergrens van het bereik niet binnen de marge van de betreffende tabel. In tabellen van andere vegetatietypen kan die boven- of ondergrens dan wél zichtbaar worden.

Struikheide is in (Verlandende) hoogveenmeren en -putten (ZIE FIG. 7A; TABEL 4.1) alleen aanwezig bij zeer natte tot natte standplaatscondities omdat hier drogere omstandigheden niet voorkomen. In droge duinen (TABEL 8.3, 8.4 EN 8.5) is de soort vanzelfsprekend alleen aanwezig bij droge omstandigheden. Op Hoogveenplateaus (TABEL 4.2) bovenveen-graslanden (TABEL 4.3), in het Verbond der Berkenbroekbossen in vennen (TABEL 5.8) en in de Associatie van Kraaihei en Dophei in



\* Voor de namen van de gemeenschappen zie de lijsten op pag.60-67



duinvalleien (TABEL 6.7) heeft de soort een breed bereik met betrekking tot het waterregime. In Elzenbronbossen (ZIE FIG. 7A, TABEL 2.11) komt Witte klaverzuring niet voor, behalve op de hoogste en droogste plekken, zoals op elzenstobben. Uitbreiding van Witte klaverzuring in bronbossen duidt op beginnende verzuring en verdroging (ZIE FIG. 7B). Afname van de soort wijst hier op eutrofiëring. In het drogere Vogelkers-Essenbos (ZIE FIG. 7A EN FIG. 7B, TABEL 2.12) is Witte klaverzuring van

nature een algemene soort op de wat zuurdere standplaatsen van het bostype. Ze duidt daar niet op een verandering van standplaatscondities.

Parnassia heeft op een deel van haar standplaatsen wat het waterregime betreft een een smal bereik aan de natte kant. Deze standplaatsen liggen in beekdalen (ZIE FIG. 7A, TABEL 2.4), in trilveensituaties in laagveenmoerassen (TABEL 3.7) en in boezemlanden (TABEL 9.5 EN 9.7). De plant groeit hier op plekken

**FIG. 7 B**

*Vergelijking van reacties van enkele soorten in verschillende landschapstypen en plantengemeenschappen (naar Indicatorenserie van Staatsbosbeheer)*

n.r. in tabel \*

WATERTOEVER	BUFFERING	VERZURING	VERNATTING	VERDROGING	VERRIJKING	VERARMING	BEHEERSEFFECT
-------------	-----------	-----------	------------	------------	------------	-----------	---------------

++	verschijnen wijst op
+	toename wijst op
-	afname wijst op
-	verdwijnen wijst op
	de soort vertoont óf wel geen reactie op deze verandering óf het is onbekend of zij hierop reageert

Wateraardbei	6.1		N	+					Potentilla palustris
Wateraardbei	6.3		STN	+					Potentilla palustris
Wateraardbei	6.5		STN	+	+				Potentilla palustris
Wateraardbei	6.7								Potentilla palustris
Grote veenbes	6.4			++					Oxycoccus macrocarpos
Grote veenbes	6.5		N	++					Oxycoccus macrocarpos
Grote veenbes	6.6			+ / ++					Oxycoccus macrocarpos
Grote veenbes	6.7							+n	Oxycoccus macrocarpos
Parnassia	2.4	KB		-	-				Parnassia palustris
Parnassia	3.7						-		Parnassia palustris
Parnassia	5.6			-	-	- / -	-	++p	Parnassia palustris
Parnassia	6.2		B	++F	-F				Parnassia palustris
Parnassia	6.4		B	-	-		+		Parnassia palustris
Parnassia	6.5		B	- / -	-A / -	+F	-	+m	Parnassia palustris
Parnassia	6.6		KB	-	-				Parnassia palustris
Parnassia	9.5	O/G		-					Parnassia palustris
Parnassia	9.7	O/G		- / -	- / -				Parnassia palustris
Witte klaverzuring	2.11			+	+	-			Oxalis acetosella
Witte klaverzuring	2.12								Oxalis acetosella

met een veenbodem of een kleibodem en op bodems die rijk zijn aan organische stof. Op zulke bodems is het basengehalte alleen onder relatief natte omstandigheden met kwel of aanvoer van oppervlaktewater hoog genoeg voor de soort. Parnassia is een basenminnende soort. Op zandbodems (TABEL 6.2, 6.4, 6.5 EN 6.6) in duinvalleien kan de soort ook onder drogere omstandigheden voorkomen. Door de aanwezigheid van kalk in duinbodems en door kwel met een goede

capillaire opstijging van basenrijk grondwater zijn hier ook onder matig natte en vochtige omstandigheden basenrijke condities mogelijk. De basenminnende Parnassia is erg gevoelig voor verzuring. In diverse gemeenschappen in uiteenlopende landschapstypen neemt de soort af of verdwijnt ze bij verzuring en ook vaak bij verdroging en bij eutrofiëring (ZIE FIG. 7B). Omdat de zuurgraadbuffering op de standplaatsen vaak samenhangt met kwel van grondwater

en het in de bodem indringen van oppervlaktewater is *Parnassia* ook zeer gevoelig voor veranderingen in waterregime. Meestal gaat de soort achteruit bij verdroging. Onder zeer natte omstandigheden gaat de soort echter juist vooruit bij verdroging (ZIE FIG. 7B, TABEL 6.5). In gemeenschappen (ZIE FIG. 7B, TABEL 5.6, 6.4 EN 6.5) op standplaatsen waar vernatting leidt tot een toename van de inundatieduur gaat de soort achteruit bij vernatting omdat ze inundatiegevoelig is. Bij vernatting onder brakke, relatief droge omstandigheden kan *Parnassia* daarentegen verschijnen (ZIE FIG. 7B, TABEL 6.2) omdat dit proces gepaard gaat met verzoeting. Wateraardbei en Grote veenbes ontbreken onder basische omstandigheden. In gemeenschappen op basische tot zwak zure bodems (ZIE FIG. 7B, TABEL 6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6) nemen deze soorten toe of verschijnen bij verzuring. In gemeenschappen van zure plaatsen (TABEL 6.7) vertonen ze geen reactie meer op verzuring.

### *ITERATIO*<sup>1</sup>

Binnen de Centrale organisatie van Staatsbosbeheer te Driebergen blijft men zoeken naar andere, steeds betere wegen om de kwaliteitsbewaking van de terreinen vorm te geven. In de laatste jaren is intern een methode ontwikkeld om vlakdekkende patronen van grondwaterstanden, zuurgraad en trofiegraad in beeld te brengen via digitale technieken. Het instrument is technisch gereed. Voor een deel van de landschapstypen moet de nodige aanvulling met soortgegevens inclusief indicatiegetallen nog gebeuren. Een publicatie over de methode is in voorbereiding. Het instrument, 'ITERATIO' genaamd, vertaalt de in vegetatiekarteringen verborgen informatie van soortindicaties naar themakaarten voor milieuvariabelen of terreincondities. Niet alleen de indicaties van geselecteerde indicatorsoorten, maar alle indicaties die schuilgaan in de vegetatieopnamen worden ten volle benut; de uiteindelijke indicaties komen tot stand op basis van de totale soortensamenstelling van alle opnamen. Digitale processen stellen de gebruiker in staat de milieucondities van een terrein na een inventarisatie snel en op vergelijkbare (gestandaardiseerde) wijze te analyseren. In de toepassingsmethode is op verschillende momenten een controle door een vegetatiekundige 'ingebouwd'. ITERATIO is in 1998 opgestart. Het onderzoek naar indicatoren is in 1988 begonnen met de bedoeling een indicatorensysteem te ontwikkelen voor ondersteuning van de bedrijfssturing binnen Staatsbosbeheer, en het blijkt in de nadere uitwerking van ITERATIO inderdaad een goede basis. Directe abiotische metingen van het terreinconditieproject Staatsbosbeheer en het indicatorensysteem

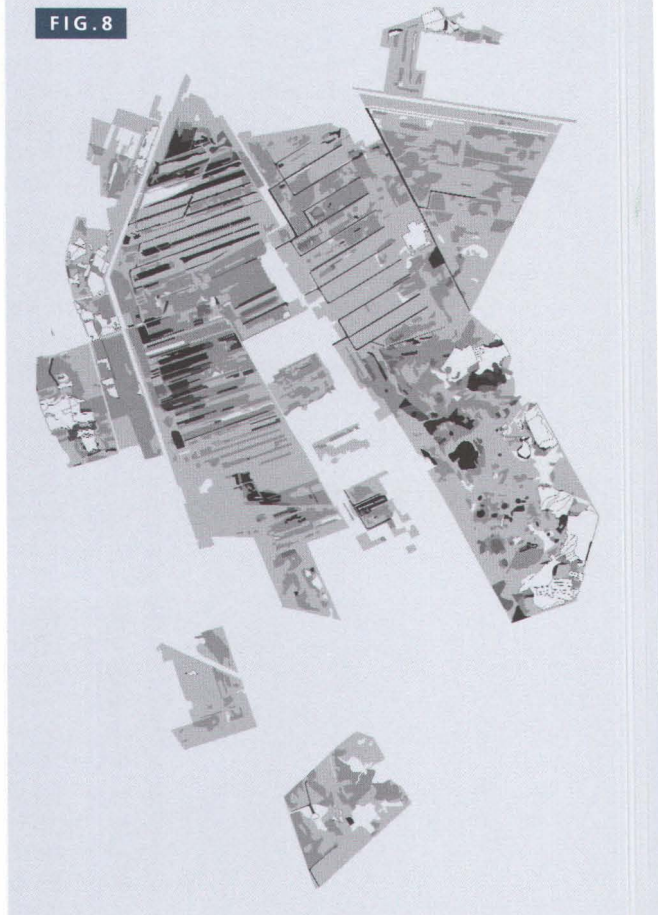
1 Deze alinea is een bijdrage van W.J. Holtland.

als basis vullen elkaar daarbij aan. Voor zover het instrument nu is beproefd levert ITERATIO verhelderende 'themakaarten' op. De kaarten leiden tot goede inzichten; dat blijkt uit toetsingen met abiotische metingen. Een belangrijk onderdeel van ITERATIO zijn de matrixen van soorten met bijbehorende indicatiegetallen per landschapstype. Standaardbasislijsten zijn in ontwikkeling. De nodige basisinformatie zou in principe aan allerlei bronnen met lijsten van indicatorsoorten en hun standplaatscondities ontleend kunnen worden, maar vooralsnog zijn voor de uitwerking van de indicatiebasislijst van ITERATIO directe abiotische metingen en de indicatietabellen van de indicatorenreeks gebruikt. In eerste instantie zijn daarbij soorten op de lijst gezet die een smalle ecologische amplitudo vertonen ten aanzien van de te onderzoeken milieuconditie (apart, bijv. voor zuurgraad, waterstands-bereik etc.). Uitbreiding met binnen de verschillende landschapstypen gekarteerde soorten met een meer brede amplitudo gebeurt daarna. ITERATIO kan deze soorten via een iteratief rekenproces koppelen aan een indicatiebereik op de milieu-as.

- De methodiek vereist de volgende gegevens:
1. een vegetatiekaart van een natuurgebied, onderbouwd met vegetatieopnamen
  2. indicatiegetallen van in de opnamen aanwezige soorten die een smalle eco-

*Zomergrondwaterstanden in de Deurnse Peel en de Mariapeel, afgeleid uit de vegetatiekarteringen.*

*Fig. 8 geeft de situatie in 1995 en fig. 9 de situatie in 2005.*



3. zo mogelijk ook abiotische meetwaarden verzameld op een aantal locaties in het te onderzoeken terrein in een aantal gevallen een hoogtekaart.

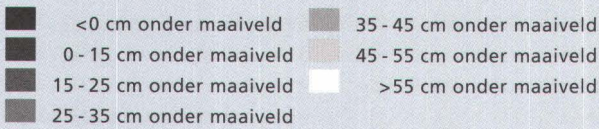
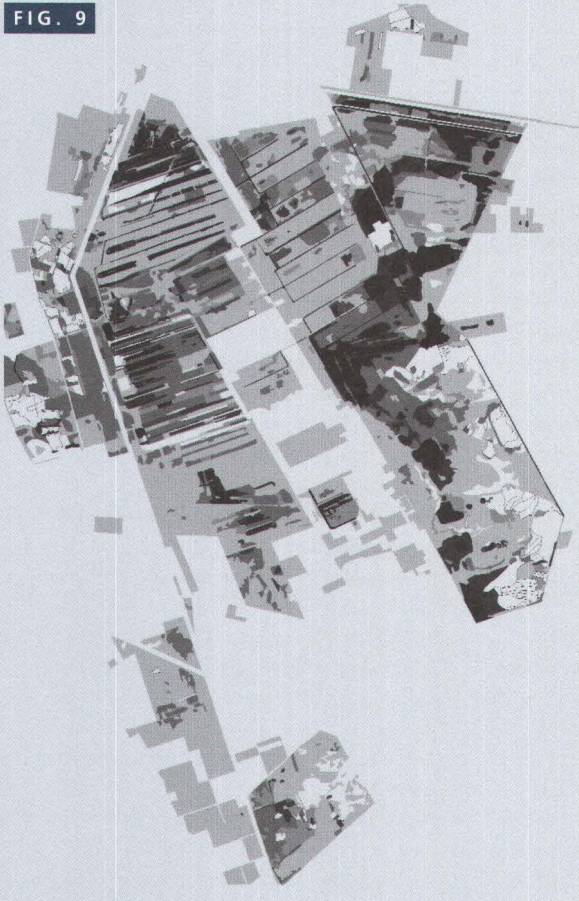


FIG. 9



In vogelvlucht is de werkwijze voor de toepassing van het instrument als volgt. De vegetatiekaart moet zijn gemaakt met gebruik van een locale typologie die de vegetatiekundige verschillen goed vastlegt. Naast hoofdtypen zijn subtypen beschreven en vlakdekkend gekarteerd voor zover die typen in het terrein aan de orde zijn. Binnen een hoofdtype zijn bijv. onderscheiden: een

soortenarme vorm, een vorm met meer moerasplanten, een zuurdere vorm en een vorm van mogelijk iets meer voedselrijke standplaatsen. Om de vegetatiekundige inhoud van ieder lokaal type te onderbouwen zijn per type vegetatieopnamen gemaakt volgens de zogenaamde Braun-Blanquetmethode (3 tot 5 opnamen per subtype zijn meestal voldoende). Bij het maken van de opnamen wordt scherp gelet op homogeniteit van de opnameplekken. Op deze manier laat Staatsbosbeheer al sinds meer dan vijftien jaar een belangrijk deel van haar terreinen karteren.

De karteringen worden tegenwoordig in gestandaardiseerde, digitale vorm vastgelegd en opgenomen in de landelijke database van Staatsbosbeheer. Alle opnamen worden uitgelezen naar een databaseprogramma. De informatie komt zo in een matrixtabel van vegetatieopnamen van het gekarteerde gebied te staan: de soorten verticaal, de opnamen horizontaal. De bedekking

is per soort en per opname ingevuld. In principe bevat de ingevulde matrix de complete reflectie van de aangetroffen soorten op ten opzichte van milieu-assen, bijvoorbeeld de rangschikking op een zuurgraad-as in het pH-neutrale tot zure bereik. Die reflectie gaat echter schuil in het geheel van alle informatie.

Voer je ITERATIO met een matrix van vegetatieopnamen, dan kan het programma gespecificeerde indicatiegetallen aan de soorten van de opnamenmatrix toekennen. In eerste instantie worden de soorten met een smalle ecologische amplitudo voor de te onderzoeken milieu-as gekoppeld aan indicatiecijfers (volgens de indicatiebasislijst; zie boven). Vervolgens bepaalt ITERATIO via een iteratief rekenproces ook de indicatiebereiken van de andere soorten van de opnamen op de milieu-as. Ook de opnamen krijgen een plek op die as via afweging van een gemiddelde waarde. Het ITERATIO-rekenproces verloopt op basis van de sociologische samenhangen in de opnentabel. Na uitvoering van een aantal controles worden de waarden van de opnamen van een lokaal vegetatietype gemiddeld en die waarden worden verbonden met de digitale vegetatiekaart. Zo worden alle indicaties die schuilgaan in de vegetatiekartering ten volle benut. Via een classificatiestap komen uiteindelijk de themakaarten tot stand, bijv. een themakaart voor zuurgraad. Eventuele tegenstrijdigheden in de informatie zijn op te sporen en te verklaren door een vergelijking met en toetsing aan beschikbare abiotische meetwaarden en, voor de themakaarten van de vochtaspec ten, aan een hoogtekaart. Het gaat daarbij bijv. om waterstandsmetingen in peilbuizen of pH metingen in het karteringsgebied of op opnameplekken (de optimale situatie). Het is mogelijk om diverse themakaarten naast elkaar te leggen en te betrekken bij een interpretatie van het totaal van historie, geologie, bodem en beheer in de afgelopen periode. Het bijeen brengen van uiteenlopende informatiebronnen kan leiden tot een scherp inzicht in het ecologisch functioneren van het gebied zoals de ITERATIO-analyse van De Peel dat doet.

De Deurnese Peel en Mariapeel vormen samen een restant van het hoogveengebied De Peel dat oorspronkelijk circa 30.000 ha groot was. De totale oppervlakte van beide natuurgebieden bedraagt momenteel ca. 2700 ha. Beide gebieden worden van elkaar gescheiden door een agrarisch gebied aan weerszijden van de Helenavaart. In 1990 waren de Deurnese en Mariapeel sterk verdroogde en vergraven veenrestanten. In 1990 is in samenwerking met de betrokken waterschappen een planvorming en ecohydrologisch onderzoek opgestart met het doel een zo natuurlijk mogelijke hydrologie van beide peelgebieden te herstellen. In de Mariapeel is uitgegaan van een plan met zes compartimenten waarin de waterstanden werden verhoogd. De uitvoering startte in 1995 en werd in 1998 afgerond. Door middel van ITERATIO zijn op basis van de vegetatiekarteringen van de Deurnese Peel en Mariapeel themakaarten gemaakt voor de gemiddelde zomergrondwaterstanden in 1995 (ZIE FIG. 8) en 2005 (ZIE FIG. 9). De uitkomsten zijn geijkt op de beschikbare peilbuisgegevens. Beide kaarten zijn gemaakt op basis van dezelfde indicatiewaarden per plantensoort. Om ook subtiele veranderingen in de zomergrondwaterstand in beeld te kunnen brengen, is gekozen voor een gedetailleerde legenda. Door de themakaarten van de twee karteringen met elkaar te vergelijken wordt de (hydrologische) ontwikkeling van het terrein in de periode 1995 t/m 2005 zichtbaar. Gekozen is voor het thema zomergrondwaterstand omdat voor vestiging van hoogveen-gerelateerde vegetaties de mate waarin de grondwaterstanden in de loop van de zomer wegzakken, sterk bepalend zijn. Verder zijn echter ook de veranderingen in zuurgraad en voedselrijkdom geanalyseerd (niet afgebeeld). Het is duidelijk te zien dat er een verandering is opgetreden: het areaal van de donker

gekleurde plekken is aanzienlijk uitgebreid. Het gaat hier om plekken met een zomergrondwaterstand van minder dan 40 cm onder het maaiveld. Een stijging van de waterstand tot op dit niveau is in sterk verdroogde veenbodems cruciaal omdat het de voorwaarde is voor het starten van hoogveenvormende processen. In een belangrijk deel van dit areaal heeft zich inmiddels een indrukwekkend veenmostapijt ontwikkeld. In andere delen heeft Pitrus zich sterk uitgebreid. Tussen de Pitrus groeien veenmossen en dat ondersteunt de verwachting dat op enige termijn Pitrus het zal verliezen van de veenmossen.

De meest ingrijpende inrichtingsmaatregelen zijn uitgevoerd in de Mariapeel (dat is het oostelijk gebied). Daar zijn de effecten dan ook het meest uitgesproken. Op grote oppervlakten zijn ondiepe plassen met open water ontstaan, vaak met een onderwaterbegroeiing van Waterveenmos – de meest donkere plekken in figuur 9. Als gevolg van deze toegenomen waterconserving is de wegzijging afgenomen en zijn de grondwaterstanden verhoogd. Het grondwater heeft een overwegend noordwestelijke stromingsrichting en stuit, even ten westen van de Deurnese Peel, op de waterondoorlatende Peelrandbreuk. Aangezien de Peelrandbreuk een verder weg stromen van het grondwater blokkeert, vindt er een beperkte verhoging van de grondwaterstanden in de Deurnese Peel plaats. De vernatting van de Mariapeel leidt via conservering van regenwater tot een vernatting van de Deurnese Peel via het grondwater. De verwachting is dat door middel van aanvullende herstelwerkzaamheden de condities voor herstel van hoogveenvormende processen nog aanzienlijk vooruit kunnen gaan. De vegetaties wijzen daarbij de weg: ze laten zien waar verder herstel nodig en mogelijk is. (ZIE OOK

BOOM, B. VAN DEN, PH. BOSSENBROEK & J. HOLTAND, 2007)

## INDICA<sup>2</sup>

Kiwa heeft het kennissysteem dat de grondslag vormde voor de boeken van de indicatorenserie verwerkt in een computerprogramma genaamd 'INDICA'. Het is een instrument voor een snelle analyse van milieufacties aan hand van indicatorsoorten.

Kiwa heeft INDICA in het kader van het bedrijfstakonderzoek voor de Nederlandse waterbedrijven ontwikkeld. Het programma maakt de kennis over indicaties van plantensoorten uit de reeks Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring (Staatsbosbeheer) digitaal toegankelijk. INDICA is als los programma te gebruiken, maar is ten behoeve van het gebruiksgemak geïntegreerd in het kennissysteem SynBioSys van Alterra (Hennekens *et al.*, 2001 en nieuwste versie).

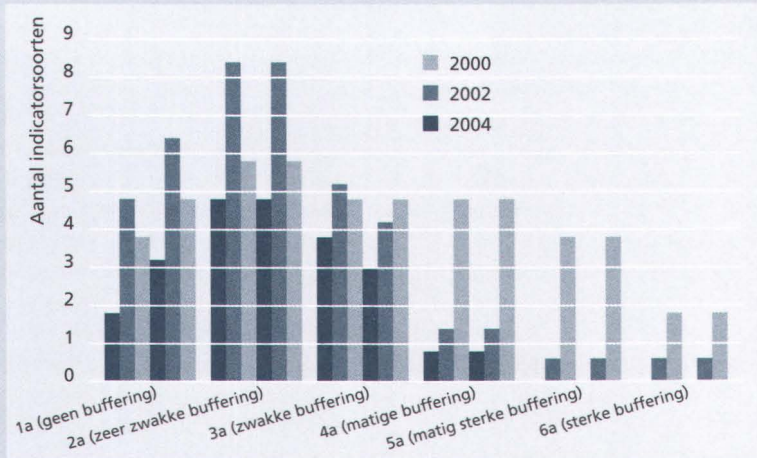
Voer vegetatieopnamen of soortenlijstjes in en INDICA levert conclusies over de milieumomstandigheden op die plek. INDICA gebruikt daarbij indicatiewaarden van soorten die per landschaps- en vegetatietype zijn opgeslagen. Soorten die worden ingevoerd, maar niet in de indicatorentabel van de betreffende gemeenschap voorkomen, tellen bij het geven van conclusies niet mee. INDICA kan milieufacties analyseren zoals waterstandregime, inundatieduur, zuurgraad, bufferingsgraad (alkaliteit) en trofiegraad. Het afleiden van de terreincondities gebeurt daarbij op basis van het samen voorkomen van plantensoorten op één plek van een beperkte omvang. Daarom vereist INDICA de invoer van een lijst van soorten van de onderzoeksplek met abundanties per soort. Dat kan een vegetatieopname zijn van een specifieke plek; dan gaat het dus om een lijst van alle soorten die op die plek groeien. Maar ook een soor-

2 Bijdrage van C.J.S. Aggenbach



**FIG. 10**

*Voorbeeld van een indicatorenanalyse van milieumstandigheden met behulp van INDICA en SynBioSys.*



Het figuur geeft de verdeling van indicaties voor klassen van bufferingsgraad (alkaliteit) in een reeks van vegetatie-opnamen op dezelfde plek in het Luttenbergerven. Tussen 2000 en 2002 neemt het aantal indicaties voor relatief sterke buffering af. Op de plek is dus verzuring opgetreden.

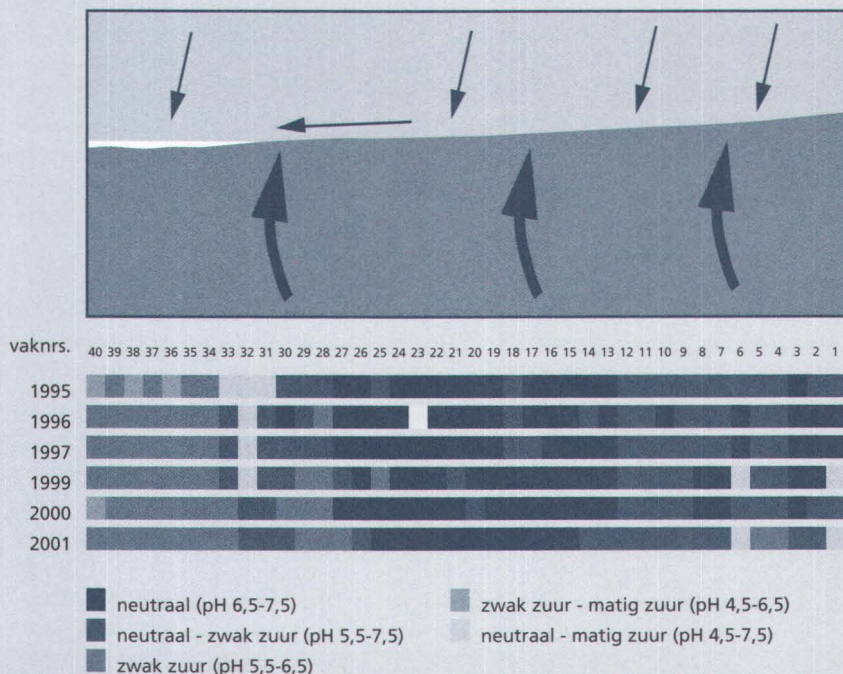
tenlijst van indicatieve soorten kan volstaan (dan zijn dus niet alle soorten van de plek opgenomen). Voor een voorbeeld van een indicatorenanalyse met een tijdreeks van vegetatie-opnamen zie fig. 10.

Een voorbeeld van een INDICA-analyse met een illustratie van de milieutoestandverandering in een ruimtelijk figuur geeft fig. 11. Een gedeelte van het beekdal van de Lemselermaten is in 1991 geplagd en daar ontwikkelt zich Blauwgrasland. In de periode 1995-2001 zijn hier in veertig vakken van 1 bij 2 m langs een raai jaarlijks vegetatieopnamen gemaakt. De strook met opnames ligt dwars op de flauwe beekdalhelling: vak 1 ligt het hoogst, vak 40 het laagst. Voor elke vak heeft Indica vastgesteld welke klassen

voor zuurgraad worden geïndiceerd door de vegetatie. Over het algemeen duiden de in het lage deel aangetroffen indicatorsoorten op zwak zure omstandigheden (zie verdeling van de gekleurde vakken in het linker deel van de afbeelding), in het middendeel wijzen ze op neutrale en in het hoogste deel op neutrale tot zwak zure omstandigheden. Dat is goed te verklaren middels hydrologische processen: in het middendeel stroomt het meeste basenrijke grondwater toe en in het laagste deel speelt stagnatie van regenwater een grote rol. Die processen zouden naar verwachting in sommige vakken een gelaagdheid in de zuurgraadcondities veroorzaken: een zuurdere bodemlaag boven op een minder zure bodemlaag. Zuurgraadmetingen van

**FIG. 11**

Voorbeeld van een illustratie van monitoring op basis van Indica: de zuurgraadcondities 1995-2001 in natuurgebied De Lemselermaten.



verschillend diepe bodemlagen toonden aan dat deze gelaagdheid aanwezig was. Zo werd in 1999 in vak 31 op 0-20 cm in de bodem een pH van 6,1 gemeten en op 40-50 cm in de bodem een pH van 6,9. De veronderstelde hydrologische processen werden dus bevestigd door deze metingen. Een vergelijking van de onder elkaar afgebeelde zuurgraadcondities van de strook laat zien dat het milieu in de loop der jaren verandert: blijkbaar neemt de invloed van grondwater iets af. In het lagere middengedeelte (vakken 30 t/m 27) van de raai en bovenaan (vakken 4-5) lijkt lichte verzuring op te treden. Op deze plekken is Gewone zegge verschenen, een soort die zijn optimum heeft onder relatief zure omstandigheden.

### Kennissysteem SynBioSys

Het kennissysteem SynBioSys (Syntaxonomisch Biologisch Systeem) is ontwikkeld door Alterra en fungeert als kennisbron voor flora, vegetatie en landschap in Nederland (Hennekens *et al.* 2001 en nieuwere versies). De informatie kan op allerlei niveaus (vegetatietype, landschap, locatie, landelijk) worden opgevraagd. Het kennissysteem biedt ook de mogelijkheid om ecologische kennis die gekoppeld is aan landschapstypen, vegetatietypen en plantensoorten te raadplegen. Eén van de functies die Kiwa heeft toegevoegd aan SynBioSys is het vaststellen van milieumomstandigheden met behulp van indicatorsoorten (INDICA).

### Lijst van plantengemeenschappen en indicatietabellen van de indicatorserie

De titels van de indicatietabellen in de boeken van de serie (delen 2 t/m 10) zijn om praktische redenen kort gehouden en beperkt gebleven tot de meest belangrijke vegetatietypen. Deze oorspronkelijke titels van de indicatietabellen in de boeken zijn in de onderstaande lijst lichtblauw gemarkeerd. In de lijst zijn daarnaast ook de niet in de korte titel genoemde gemeenschappen die gedeekt worden door de betreffende tabel opgenomen (die zijn niet lichtblauw gemarkeerd). De serie 'Indicatorsoorten' is de herziening van de vegetatietypologie blijven volgen die in 1994-2002 plaatsvond. Ze sluit aan op de Vegetatiecatalogus van Staatsbosbeheer en het werk van Schaminée *et al.* (De vegetatie

van Nederland). Sommige namen en/of indelingen van plantengemeenschappen zijn tussentijds, na publicatie van de eerste delen van de serie, toch nog gewijzigd. In die gevallen is in de onderstaande lijst de nieuwe naam en indeling toegevoegd, voorafgegaan door 'NU'.

De vegetatietypologie van Staatsbosbeheer wijkt soms af van de indelingen in 'De vegetatie van Nederland'. Zie met betrekking tot de indicatorserie daarvoor de opmerkingen in de onderstaande lijst en in de vegetatiebeschrijvingen in de boeken. Een complete vergelijkende namenlijst is op het internet te vinden (adres: <http://www.synbiosys.alterra.nl/sbbcatalogus/default.htm>)

Afkortingen:

AS = Associatie

SA = Subassociatie

RG = Rompgemeenschap

DG = Derivaatgemeenschap

OV = overgang

Kl. = Klasse

## 2 BEEKDALEN

2.7, 2.8 en 2.9 = alleen een zeer beperkte beschrijving is opgenomen in het boek  
NU: = nieuwe naam

2.1 AS van Scherpe zegge en Blaaszegge (*Caricetum acuto-vesicariae*)

2.1 NU: AS van Scherpe zegge en Blaaszegge-AS (*Caricetum gracilis* en *Caricetum vesicariae*)

2.1 incl. RG Rietgras [Riet-Kl.; *Phragmitetea*]

2.2 AS van Zompzegge en Sterzegge (*Caricetum curto-echinatae*)

2.2 NU: AS van Moerastruisgras en Zompzegge (*Carici curtae-Agrostietum caninae*)

2.2 incl. RG Rietgras [Riet-Kl.; *Phragmitetea*]

2.3 RG Snavelzegge en RG Holpijp [Kl. der kleine Zeggen; *Parvocaricetea*]

2.3 NU: RG Snavelzegge/Wateraardei en RG Holpijp [Kl. der kleine Zeggen; *Parvocaricetea*]\*

2.4 Blauwgrasland (*Cirsio-Molinietum*)

2.4 incl. RG Moerasstruisgras etc. [Biezeknoppen-Pijpestrootjes-Verbond; *Junco-Molinion*]

2.5 Veldrus-AS (*Crepido-Juncetum acutiflori*)

2.6 AS van Waterkruid en Trosvrader en AS van Engelwortel en Moesdistel (*Senecio-Brometum racemosi* en *Angelico-Cirsietum oleracei*)

2.6 NU: AS van Boterbloem en Waterkruid en AS van Gewone Engelwortel en Moeraszegge (*Ranunculo-Senecionetum aquatica* en *Angelico-Cirsietum oleracei*)

2.6 incl. DG Liesgras en DG Riet, beide: [Dotterbloem-Verbond; *Calthion palustris*];  
en incl. RG Rietgras [Riet-Kl.; *Phragmitetea*]

2.6	NU: DG Riet/Rietgras [Dotterboem-Verbond]
2.7	RG/DG Engels raaigras, Beemdgras of andere cultuurgrassen [Kl. der vochtige graslanden; <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> ]
2.7	NU: RG Ruw beemdgras/Engels raaigras [Kl. der vochtige graslanden/Weegbree-Kl.] en RG Gestreepte witbol/Beemdlangbloem/Engels raaigras [Kl. der vochtige graslanden]
2.8	AS Geknikte vossestaart ( <i>Ranunculo-Alopecuretum geniculati</i> )
2.9	RG Gestreepte witbol [Kl. der vochtige graslanden; <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> ]
2.9	NU: RG Gestreepte witbol/Echte koekoeksbloem en RG Gestreepte witbol/Beemdlangbloem/Engels raaigras [Kl. der vochtige graslanden; <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> ]
2.10	RG Moerasrolklaver, RG Gewoon reukgras etc. [Kl. der vochtige graslanden, Pijpestrootjes-Orde of Glanshaver-Orde; <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> , <i>Molinietalia</i> of <i>Arrhenatheretalia</i> ]
2.10	NU: RG Kamgras/Rood zwenkgras/Moerasrolklaver [Kl. der vochtige graslanden] en RG Moerasrolklaver/Echte koekoeksbloem [Dotterbloem-Verbond] ; en OV naar RG Gewoon reukgras/Welriekende nachtorchis [Verbond der heischrale graslanden / Pijpestrootje-Orde].
2.11	Elzenbronbos ( <i>Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum</i> ) en Goudveil-Essenbos ( <i>Carici remotae-Fraxinetum</i> )
2.11	NU: Elzenzegge-Elzenbroek ( <i>Carici elongatae-Alnetum</i> ) en Goudveil-Essenbos ( <i>Carici remotae-Fraxinetum</i> )*
2.11	incl. RG Elzen-Verbond ( <i>Alnion glutinosae</i> ) en RG Vochtige Elzen-Essenbossen ( <i>Circaeo-Alnion</i> )
2.12	Vogelkers-Essenbos ( <i>Pruno-Fraxinetum</i> )
2.13	Eiken-Haagbeukenbos ( <i>Stellario-Carpinetum</i> )

### 3 LAAGVEENMOERASSEN

3.1	Mattenbies-AS ( <i>Scirpetum lacustris</i> )
3.2	Typische SA vd Riet-AS ( <i>Typho-Phragmitetum typicum</i> )
3.2	incl. RG Kalmoes [Riet-Kl.; <i>Phragmitetea</i> ] en RG Kleine lisdodde [Riet-Verbond; <i>Phragmition</i> ]
3.2	NU: Soortenarme SA van Riet-AS ( <i>Typho-Phragmitetum inops</i> ) vervangt bovengenoemde RG Kleine lisdodde
3.3	SA met Moerasvaren vd Riet-AS ( <i>Typho-Phragmitetum thelypteridetosum</i> )
3.4	AS van Waterscheerling en Hoge cyperzegge ( <i>Cicuto-Caricetum pseudocyperi</i> )
3.4	incl. RG Moeraszegge, RG Oeverzegge en RG Plumzegge, alle drie: [Verbond der grote Zeggen; <i>Magnocaricion</i> ]
3.5	Galigaan-AS ( <i>Cladietum marisci</i> )
3.6	RG Rietgras [Riet-Kl.; <i>Phragmitetea</i> ]
3.7	AS van Schorpioenmos en Ronde zegge ( <i>Scorpidio-Caricetum diandrae</i> )
3.7	incl. RG Holpijp [Kl. der kleine Zeggen; <i>Parvocaricetea</i> ]
3.8	Veenmosrietland ( <i>Pallavicinio-Sphagnetum</i> )
3.8	incl. oude stadia van SA met Veenmos vd AS van Schorpioenmos en Ronde zegge ( <i>Scorpidio-Caricetum diandrae sphagnetosum</i> )
3.9	Moerasheide ( <i>Sphagno palustris-Ericetum</i> )
3.10	RG Dotterbloem-Verbond ( <i>Calthion palustris</i> )
3.10	incl. RG Pijpestrootjes-Orde ( <i>Molinietalia</i> )

3.10	NU: omvat met name RG Moerasrolklaver/Echte koekoeksbloem [Dotterbloem-Verbond] ; ook OV's naar RG's van [Kl. der vochtige graslanden].
3.11	Blauwgrasland ( <i>Cirsio-Molinietum</i> )
3.11	incl. RG Moerasstruisgras [Biezeknoppen-Pijpestrootjes-Verbond; <i>Junco-Molinion</i> ]
3.12	AS van Grauwe wilg en Geoorde wilg en AS van Sporkehout en Geoorde wilg ( <i>Alno-Salicetum cinereae</i> en <i>Frangulo-Salicetum auritae</i> )
3.12	NU: AS van Grauwe wilg ( <i>Salicetum cinereae</i> ) en AS van Geoorde wilg ( <i>Salicetum auritae</i> )
3.13	RG Wilde gageel [Verbond der Berkenbroekbossen; <i>Betulion pubescentis</i> ]
3.14	Moerasvaren-Elzenbroek ( <i>Thelypterido-Alnetum</i> )
3.15	Zompzegge-Berkenbroek ( <i>Carici curtae-Betuletum</i> )
3.15	NU: <i>Carici curtae-Betuletum pubescentis</i>

#### 4 HOOGVENEN

4.1	(Verlande) hoogveenmeren en -putten: Kl. der hoogveenslenken en Kl. der hoogveenbulten en natte heiden
4.2	Hoogveenplateaus: Kl. der hoogveenslenken en Kl. der hoogveenbulten en natte heiden
4.1 en	incl. van de Kl. der hoogveenslenken (Scheuchzerietea): Waterveenmos-AS ( <i>Sphagnetum cuspidato-obesi</i> ), AS van Veenmos & Snavelbies ( <i>Sphagno-Rhynchosporium</i> ),
4.2	Veenbloembies-AS ( <i>Caricetum limosae</i> ), RG Snavelzegge/Veenmos; RG Veenpluis/Veenmos; RG Waterveenmos; RG Pijpestrootje/Veenmos; DG Ven-sikkelmos/Veenmos; DG Pitrus/Veenmos; en RG Witte snavelbies/Algen [Verbond van Veenmos en Snavelbies; <i>Rhynchosporion albae</i> ] (in Ierland, komt niet in Nederland voor).
4.1 en	incl. van de Kl. der hoogveenbulten en natte heiden ( <i>Oxycocco-Sphagnetea</i> ): AS van Dopheide & Veenmos ( <i>Erico-Sphagnetum magellanicum</i> ) en AS van Gewone dophei
4.2	( <i>Ericetum tetralicis</i> ); RG Eenarig wollegras; RG Pijpestrootje; RG Struikhei/Klauwtjesmos en DG Wilde gageel en RG Beenbreek (de laatstgenoemde in NW-Duitsland, niet meer in Nederland op veen voorkomend).
4.3	RG's van Kl. der vochtige graslanden, Pijpestrootje-Orde/Verbond der heischrale graslanden en Verbond van Zwarte zegge
4.3	incl. RG Gestreepte witbol/Beemdlangbloem/Engels raaigras [Kl. der vochtige graslanden; <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> ] (op hoogvenen zeer soortenarm en gedomineerd door Gestreepte witbol); RG Smalle weegbree en Rood zwenkgras [Kl. der vochtige graslanden; <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> ] (op hoogvenen zeer soortenarm en gedomineerd door Smalle weegbree); RG Gewoon reukgras/Welriekende nachtorchis [Pijpestrootje-Orde ( <i>Molinietalia</i> ) / Verbond der heischrale graslanden ( <i>Nardo-Galion saxatilis</i> )] RG Zwarte zegge en Moerasstruisgras [Verbond van Zwarte zegge; <i>Caricion nigrae</i> ] (op hoogvenen zeer soortenarm en gedomineerd door Zwarte zegge).
4.4	Dophei-Berkenbroek ( <i>Erico-Betuletum</i> )
4.4	NU: <i>Erico-Betuletum pubescentis</i>

## 5 VENNEN

- 5.1 AS van Teer vederkruid, AS van Ongelijkbladig fonteinkruid en AS van Biesvaren & Waterlobelia (*Callitricho-Myriophylletum alterniflori*, *Echinodoro-Potametum graminei* en *Isoeto-Lobelietum*)
- 5.2 Pilvaren-AS, AS van Vlottende bies en AS van Veelstengelige waterbies (*Pilularietum globuliferae*, *Scirpetum fluitantis* en *Eleocharitetum multicaulis*)
- 5.2 incl. RG Oeverkruid en RG Veelstengelige waterbies/Veenmos, beide: [Oeverkruid-KI.; *Littorelletea*]
- 5.3 Diverse romp- en derivaatgemeenschappen van de Klasse der hoogveenslenken en de Oeverkruid-klasse
- 5.3 incl.: van KI. der hoogveenslenken; (*Scheuchzerietae*): RG Pijpestrootje/Veenmos; DG Pitrus/Veenmos. Ook incl. DG Ven-sikkelmos/Veenmos [KI. der hoogveenslenken / KI. der kleine Zeggen] en RG Knolrus/Veenmos [KI. der hoogveenslenken / Oeverkruid-KI.; *Littorelletea*].
- 5.4 Waterveenmos-AS, AS van Veenmos & Snavelbies, AS van Dopheide & Veenmos en AS van Draadzegge (*Sphagnetum cuspidato-obesi*, *Sphagno-Rhynchosporium*, *Erico-Sphagnetum magellanici* en *Eriophoro-Caricetum lasiocarpae*)
- 5.4 incl.: van KI. der hoogveenslenken (*Scheuchzerietae*): RG Veenpluis/Veenmos en RG Waterveenmos. Ook incl. RG Snavelzegge/Veenmos [KI. der hoogveenslenken / KI. der kleine Zeggen].
- 5.5 AS van Gewone dophei en AS van Moeraswolfsklauw & Bruine snavelbies (*Ericetum tetralicis* en *Lycopodio-Rhynchosporium*)
- 5.5 incl. RG Pijpestrootje en DG Wilde gagel, beide: [KI. der hoogveenbulten en natte heiden; *Oxycocco-Sphagnetea*]
- 5.6 Draadgentiaan-AS, Grondster-AS, Blauwgrasland, AS van Klokjesgentiaan en Borstelgras (*Cicendietum filiformis*, *Panico-Illecebretum*, *Cirsio-Molinietum* en *Gentiano pneumonanthes-Nardetum*)
- 5.6 NU: *Digitario-Illecebretum* i.p.v. *Panico-Illecebretum*
- 5.7 Mattenbies-AS, AS van Scherpe zegge, AS van Stijve zegge en AS van Knikkend tandzaad & Waterpeper (*Scirpetum lacustris*, *Caricetum gracilis*, *Caricetum elatae* en *Polygono-Bidentetum*)
- 5.7 NU: AS van Waterpeper en Tandzaad i.p.v. AS van Knikkend tandzaad & Waterpeper
- 5.7 incl. RG Riet; RG Grote lisdodde, beide: [Riet-KI.; *Phragmitetea*]\*
- 5.8 Verbond der Berkenbroekbossen (*Betulion pubescentis*)
- 5.8 incl. RG Pijpestrootje en RG Wilde gagel, beide: [Verbond der Berkenbroekbossen; *Betulion pubescentis*]

## 6 DUINVALLEIEN (KALKARME DUINEN)

- 6.1 AS van Ongelijkbladig fonteinkruid, AS van Waterpunge & Oeverkruid en AS van Veelstengelige waterbies (*Echinodoro-Potametum graminei*, *Samolo-Littorelletum* en *Eleocharitetum multicaulis*)
- incl. RG Oeverkruid [Oeverkruid-KI., *Littorelletea*] en RG Knolrus/Veenmos [Oeverkruid-KI. / KI. van hoogveenslenken, *Littorelletea* / *Scheuchzerietae*]
- 6.2 Draadgentiaan-AS en AS van Strandduizendguldenkruid & Krielparnassia (*Cicendietum filiformis* en *Centaurio-Saginetum*)

6.3	RG Riet [Riet-klasse; <i>Phragmitetea</i> ] en AS van Waterscheerling en Hoge cyperzegge ( <i>Cicuto-Caricetum pseudocyperi</i> ) incl.: door Schaminee et al. afgescheiden AS van Slangewortel en Waterscheerling ( <i>Cicuto-Calletum</i> )
6.4	AS van Drienvervige zegge & Zwarte zegge ( <i>Caricetum trinervi-nigrae</i> ) incl. RG Zeegroene zegge [Knopbies-verbond ( <i>Caricion davallianae</i> ) / Zilverschoon-verbond ( <i>Lolio-Potentillion</i> )]
6.5	Knopbies-AS ( <i>Junco baltici-Schoenetum nigricantis</i> ) incl. AS-fragmenten en OV's naar AS van Drienvervige zegge & Zwarte zegge
6.6	RG Addertong/Duinriet [Klasse der kleine Zeggen] ( <i>Parvocaricetea</i> )
6.7	AS van Kraaihei & Gewone dophei ( <i>Empetro-Ericetum</i> ) incl. OV's naar Kraaihei-gemeenschappen van de Kl. der droge heiden ( <i>Calluno-Ulicetea</i> )

## 7 DUINVALLEIEN (KALKRIJKE DUINEN)

7.1	AS van Ongelijkbladig fonteinkruid en AS van Waterpunge & Oeverkruid ( <i>Echinodoro-Potametum graminei</i> en <i>Samolo-Littorelletum</i> ) incl. OV's naar gemeenschappen van de Kl. der kleine zeggen en de Riet-Kl.
7.2	Draadgentiaan-AS en AS van Strandduizendguldenkruid & Krielparnassia ( <i>Cicendietum filiformis</i> en <i>Centaurio-Saginetum</i> )
7.3	AS van Drienvervige & Zwarte zegge ( <i>Caricetum trinervi-nigrae</i> ) incl. RG Zwarte zegge/Moerasstruisgras [Verbond van Zwarte zegge ( <i>Caricion nigrae</i> )]
7.4	Knopbies-AS ( <i>Junco baltici-Schoenetum nigricantis</i> ) incl. OV's naar de AS van Drienvervige & Zwarte zegge; diverse RG van het Knopbies-Verbond ( <i>Caricion davallianae</i> ), van de Kl. der kleine zeggen ( <i>Parvocaricetea</i> ) en van het Zilverschoon-Verbond ( <i>Lolio-Potentillion</i> ).
7.5	RG Addertong/Duinriet [Klasse der kleine Zeggen] ( <i>Parvocaricetea</i> ) incl.: OV's naar RG Duinriet en RG Gewoon struisgras/Gewoon biggekruid, beide: [Kl. der droge graslanden op zandgrond ( <i>Koelerio-Corynephoretea</i> )]
7.6	AS van Maanvaren en Vleugeltjesbloem ( <i>Botrychio-Polygaletum</i> ) incl.: OV's naar RG Gewoon struisgras/Gewoon biggekruid [Kl. der droge graslanden op zandgrond ( <i>Koelerio-Corynephoretea</i> )] en naar RG's [Verbond der droge duingraslanden ( <i>Polygalo-Koelerion</i> )]

## 8 DROGE DUINEN

	R = in het Renodunaaldistrict      W= in het Waddendistrict
8.1R	AS van Zandhaver en Helm ( <i>Elymo-Ammophiletum</i> ) ook wel genoemd Helm-AS. Verder incl. RG Zandzegge/Duinzwenkgras [Helm-verbond; <i>Ammophilon borealis</i> ], nu deels opgenomen in de AS als SA van Duinzwenkgras ( <i>-festucetosum</i> ) en deels opgevat als RG Helm/Zandzegge [Helm-Kl./ Kl. der droge graslanden op zandgrond ( <i>Koelerio-Corynephoretea</i> )].
8.2R	Duinsterretjes-AS ( <i>Phleo-Tortuletum ruraliformis</i> )
8.2W	Duinsterretjes-AS ( <i>Phleo-Tortuletum ruraliformis</i> )
8.3R	Duin-Buntgras-AS en Vogelootjes-AS, ( <i>Violo-Corynephoretum</i> en <i>Ornithopodo-Corynephoretum</i> ) incl. RG Gewoon gaffeltandmos (en Rendiermos) en DG Grijs kronkelsteeltje, beide:

	[Kl. der droge graslanden op zandgrond; <i>Koelerio-Corynephoretea</i> RG Gewoon gaffeltandmos nu zó genoemd (zonder 'en Rendiermos')
8.3W	Duin-Buntgras-AS ( <i>Violo-Corynephorietum</i> ) incl. RG Gewoon gaffeltandmos (en Rendiermos) en DG Grijs kronkelsteeltje, beide: [Kl. der droge graslanden op zandgrond; <i>Koelerio-Corynephoretea</i> ]
8.4R	Duin-Paardebloem-AS ( <i>Taraxaco-Galietum veri</i> ) en AS van Wondklaver en Nachtsilene ( <i>Anthyllido-Silenetum</i> ) incl. RG Geel walstro en Fijn schapegras [Verbond van Gewoon struisgras; <i>Plantagini-Festucion</i> ]. Ook incl. RG Zandzegge en RG Zandstruisgras/Zand-haarmos, beide: [Kl. der droge graslanden op zandgrond; <i>Koelerio-Corynephoretea</i> ] Schaminee et al. beschouwen deze RG Geel walstro en Fijn schapegras als Typische SA van Duin-Struisgras-AS, ( <i>Festuco-Galietum veri typicum</i> ). Nu heet RG Zandstruisgras/Zand-haarmos de RG Zandstruisgras/Ruig haarmos.
8.5W	Kraaihei-gemeenschappen uit de Kl. der droge heiden ( <i>Calluno-Ulicetea</i> )
<b>9</b>	<b>BOEZEMLANDEN</b>
9.1	Riet-AS ( <i>Typho-Phragmitetum</i> ) incl. RG Riet [Riet-Kl. ( <i>Phragmitetea</i> )]
9.2	AS van Scherpe zegge ( <i>Caricetum gracilis</i> ) incl. RG Oeverzegge, RG Moeraszegge en RG Tweerijige zegge, alle drie: Verbond der grote Zeggen ( <i>Magnocaricion</i> )
9.3	RG Liesgras [Riet-Kl. ( <i>Phragmitetea</i> )] incl. OV's naar RG's van Kl. der vochtige graslanden ( <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> ) en Verbond der grote Zeggen ( <i>Magnocaricion</i> )
9.4	RG Rietgras [Riet-Kl. ( <i>Phragmitetea</i> )] incl. OV's naar RG Zwarte zegge/Moerasstruisgras [Verbond van Zwarte zegge ( <i>Caricion nigrae</i> )]
9.5	AS van Schorpioenmos en Ronde zegge ( <i>Scorpidio-Caricetum diandrae</i> ) incl. RG Waterdrieblad [Verbond van Draadzegge ( <i>Caricion lasiocarpae</i> )] en RG Snavelzegge/Wateraardbei [Kl. der kleine Zeggen ( <i>Parvocaricetea</i> )] incl. de door Schaminee et al. onderscheiden SA van Ronde zegge van de AS van Moerasstruisgras en Zompzegge ( <i>Carici curtae-Agrostietosum caricetosum diandrae</i> )
9.6	Veenmosrietland ( <i>Pallavicinio-Sphagnetum</i> )
9.7	Blauwgrasland ( <i>Cirsio-Molinietum</i> ) incl. RG Moerasstruisgras [Verbond van Biezeknoppen en Pijpestrootje ( <i>Junco-Molinion</i> )] en RG Pijpestrootje en Gewoon veenmos [Verbond van Biezeknoppen en Pijpestrootje / Kl. der kleine Zeggen / Kl. der hoogveenbulten en vochtige heiden]. In de voorbeelden in boezemlanden gaan deze RG's in elkaar over terwijl Veenmos ontbreekt.
9.8	AS van Boterbloemen en Waterkruid ( <i>Ranunculo-Senecionetum aquaticae</i> ) Omvat Typische SA en SA van Scherpe zegge. Incl. RG Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem [Kl. der vochtige graslanden ( <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> )]
9.9	AS van Geknikte vossestaart ( <i>Ranunculo-Alopecuretum geniculati</i> ) Typische SA en soortenarme SA . Incl. RG Fioringras [Zilver schoon-verbond ( <i>Lolio-Potentillion anserinae</i> ) / Kl. der vochtige graslanden]



<b>10</b>	<b>UITERWAARDEN</b>
10.1	Riet-AS ( <i>Typho-Phragmitetum</i> ) en Mattenbies-AS ( <i>Scirpetum lacustris</i> ) incl. RG Riet, RG Grote Iisdodde, RG Kalmoes, RG Grote egelskop en RG Gewone waterbies, allen: [Riet-klasse ( <i>Phragmitetea</i> )]
10.2	AS van Scherpe zegge ( <i>Caricetum gracilis</i> ) incl. RG Oeverzegge, RG Tweerijige zegge, beide: Verbond der grote Zeggen ( <i>Magnocaricion</i> ). Ook incl. RG Liesgras en RG Rietgras, beide: [Riet-Kl. ( <i>Phragmitetea</i> )]. Verder RG Mannagras [Riet-Kl. / Zilverschoon-Verbond]
10.3	AS van Boterbloemen en Waterkruid ( <i>Ranunculo-Senecionetum aquaticae</i> ) incl. overgangen tussen Dotterbloem-verbond ( <i>Calthion palustris</i> ) en Zilverschoon-verbond ( <i>Lolio-Potentillion anserinae</i> ).
10.4	Kievitsbloem-AS ( <i>Fritillario-Alopecuretum pratensis</i> )
10.5	Kamgrasweide ( <i>Lolio-Cynosuretum</i> ) incl. RG Veldgerst en Grote vossestaart [Glanshaver-verbond ( <i>Arrhenatherion elatioris</i> )]. Ook incl. RG Gewoon struisgras en Gewoon biggekruid [Kl. der vochtige graslanden / Kl. der droge graslanden op zandgrond ( <i>Koelerio-Corynephoretea</i> )].
10.6	Glanshaver-AS ( <i>Arrhenatheretum elatioris</i> ) en AS van Sikkelklaver en Zachte haver ( <i>Medicagini-Avenetum pubescens</i> )
10.7	AS van Steenanjer ( <i>Diantho-Armerietum</i> ) Schaminee <i>et al.</i> beschrijven deze gemeenschap als SA van Reukgras van AS van Schapegras en Tijn ( <i>Festuco-Thymetum anthoxanthetosum</i> ) incl. RG Buntgras, RG Zandzegge, beide: Kl. der droge graslanden op zandgrond ( <i>Koelerio-Corynephoretea</i> ) en RG Gewoon struisgras, Borstelgras en Bochtige smele [Kl. der droge graslanden op zandgrond / Kl. der heischrale graslanden ( <i>Nardetea</i> )].
10.8	AS van Geknikte vossestaart ( <i>Ranunculo-Alopecuretum geniculati</i> ) incl. RG Rietzwenkgras [Zilverschoon-verbond ( <i>Lolio-Potentillion anserinae</i> )]. Ook incl. OV's naar RG Ruw beemdgras/Engels raaigras [Weegbree-Kl. ( <i>Plantaginetea majoris</i> )/ Kl. der vochtige graslanden], naar , RG Fioringras [Zilverschoon-verbond/Kl. der vochtige graslanden], DG Mannagras [Dotterbloem-Verbond] en andere OV's van Zilverschoon- en Dotterbloem-Verbond.
10.9	Diverse RG's van de Klasse der vochtige graslanden en het Glanshaver-verbond incl. RG Grote vossestaart en Kweek en RG Bereklauw, Fluitekruid en Grote vossestaart, beide: [Glanshaver-verbond ( <i>Arrhenatherion elatioris</i> )]. Ook incl. OV's naar RG Gestreepte witbol/Echte koekoeksbloem, DG Akkerdistel en RG Ruw beemdgras/ Engels raaigras, alle drie: [Kl. der vochtige graslanden ( <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> )]. De laatstgenoemde verbindt met Weegbree-Kl.
10.10	Wormkruid-verbond ( <i>Dauco-Melilotion</i> ) incl. Kweekdravik-AS ( <i>Bromo inermis-Eryngietum campestris</i> ) en Wormkruid-AS ( <i>Tanaceto-Artemisietum</i> ) maar excl. Honingklaver-AS ( <i>Echio-Melilotetum</i> ). Ook incl. RG Akkerdistel en RG Kweek, beide: Bijvoet-klasse ( <i>Artemisietea vulgaris</i> ) en OV's naar diverse nitrofiële RG's van bijv. Bijvoet-klasse of de Kl. der nitrofiële zomen ( <i>Galio-Urticetea</i> ).

## Lijst van onderzoekslokaties die als basisstudiegebieden gediend hebben

<b>2</b>	<b>BEEKDALEN</b>	<b>8</b>	<b>DROGE DUINEN</b>
4.1	Springendal, Subcentreupees district	4.1	Westlandse duinen, Meijndel en Berkheide: duinen van het Renodunaal district
4.2	Groot Zandbrink, Gelders district	4.2	Terschelling en Ameland: duinen van het Waddendistrict
4.3	Merkske, Kempens district		
4.4	Dommelbeemden, Kempens district		
4.5	Bunderbos, Zuidlimburgs district		
<b>3</b>	<b>LAAGVEENMOERASSEN</b>	<b>9</b>	<b>BOEZEMLANDEN</b>
4.1	Weerribben, Noordwest-Overijssel	4.1	Veerslootlanden, Overijssel, Laagveendistrict
4.2	Gagelpolder, Utrechtse Vechtstreek	4.2	Friese boezemlanden, Laagveendistrict (Zoute Poel, Potschar-zuid, Grutte Griene, Wyldlannen/Ule Krite en De Leijen)
4.3	Vuntus, Utrechtse Vechtstreek	4.3	Kornse Boezem, Noord-Brabant, Fluviaal district
4.4	Het Hol, Noordhollandse Vechtstreek		
<b>4</b>	<b>HOOGVENEN</b>	<b>10</b>	<b>UITERWAARDEN</b>
4.2	Lenshoogvenen van Midden-Ierland, NW-Duitsland en Nederland, vegetatiecomplexen en vegetatieontwikkelingen	4.1	Junner Koeland en de Mars (middenloop Overijsselse Vecht)
4.3	Vergelijking van standplaatscondities van Midden-Ierse, NW-Duitse en Nederlandse lenshoogvenen	4.2	Huis Den Doorn (benedenloop Overijsselse Vecht) en Streukel (Zwarte Water)
		4.3	Vreugderijkerwaard (benedenloop IJssel)
		4.4	Cortenoever (bovenloop IJssel)
		4.5	Millingerwaard (bovenloop Waal)
		4.6	Benedenwaarden (benedenloop Waal)
		4.7	Winnense Waarden (benedenloop Waal)
		4.8	Oude Rijnstrangen (Boven/Nederrijn)
<b>5</b>	<b>VENNEN</b>		
	Een groot aantal vennen van Pleistocene floradistricten zijn gezamenlijk beschreven (Subcentreurop, Kempens, Vlaams, Gelders en Drents district)		
<b>6</b>	<b>DUINVALLEIEN (KALKARM)</b>		
4.1	Grieltjesplak		
4.2	Koegelwieck en Ijsbaantje van Hoorn		
4.3	Dazenplak en Mierenplak		
<b>5</b>	<b>VENNEN</b>		
4.1	Valleien van het Noord-Hollands Duinreservaat: Reggers-Sandervlak en De Kil		
4.2	Duinvalleien op Schouwen en op Goeree		

## Literatuurlijst

Vooraf het overzicht van de serie indicatorsoorten, 1995-2007, Staatsbosbeheer, Driebergen, bewerkt door M.J. Nooren

**Schipper, P.C. en M.J. Nooren.** 2007. *deel 1 Methode en toepassing*

**Jalink, M.H., Jansen, A.J.M.** 1995. *deel 2 Beekdalen.*

**Jalink, M.H.** 1996. *deel 3 Laagveenmoerassen*

**Aggenbach, C.J.S., M.H. Jalink.** 1998. *deel 4 Hoogvenen*

**Aggenbach, C.J.S., Jalink, M.H. en A.J.M. Jansen.** 1998. *deel 5 Vennen*

**Aggenbach, C.J.S. en M.H. Jalink.** 2001. *deel 6 Duinvalleien (kalkarme duinen)*

**Aggenbach, C.J.S., J. Grijpstra en M.H. Jalink.** 2002. *deel 7 Duinvalleien (kalkrijke duinen)*

**Aggenbach, C.J.S. en M.H. Jalink.** 1999. *deel 8 Droge duinen*

**Aggenbach, C.J.S. en M.H. Jalink.** 2005. *deel 9 Boezemlanden*

**Aggenbach, C.J.S., J. Grijpstra en M.H. Jalink.** 2007. *deel 10 Uiterwaarden*

**Arnolds E. en E. van der Maarel.** 1979. *De ecologische groepen in de standaardlijst van de Nederlandse flora 1975.* Gorteria 1979 (9): 303-312.

**Bakker, J.P.** 1987. *Restoration of species-rich grassland after a period of fertilizer application.* In: J. van Andel, J.P. Bakker en R.W. Snaydon (red.) *Disturbance in grasslands: 185-200.* Geobotany 10 Junk publishers, Dordrecht.

**Bakker, T.W.M., J.A. Klijn, en F.J. van Zadelhoff.** 1979. *Duinen en duinvalleien. Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied.* Pudoc Wageningen 201 p. + 6 bijlagen.

**Barendrecht, A.** 1993. *Hydro-ecology of the Dutch polder landscape.* Diss. Rijksuniversiteit Utrecht. 200 p.

**Beusekom, C.F. van.** 1992. *Kennis van ecotopen en sturing van standplaatsfactoren: onmisbaar voor effectief natuurbeheer.* In: Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en vermist in natuurterreinen. Red.: Cals, M., M. de Graaf en J. Roelofs p.: 9-30. Proceedings vakgroep Oecologie van de KUN en de directie N.B.L.F. van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij op 30 oktober 1992.

**Bloemendaal, F.H.J.L., en J.G.M. Roelofs (red.)** 1988. *Waterplanten en waterkwaliteit.* 189 p. Stichting uitgeverij KNNV, Utrecht.

**Boom, B. van den, Ph. Bossenbroek & J. Holtland.** 2007. *10 jaar hoogveenregeneratie in de Peel.* De Levende Natuur 108:4 pp.155-161

**Both, J.C. en G. van Wirdum.** 1981. *Waterhuishouding, bodem en vegetatie in enkele Gelderse natuurgebieden.* RIN rapport 1981/18 Leersum. 288 p.

**Dierssen, K.** 1990. *Einführung in die Pflanzensoziologie (Vegetationskunde).* Darmstadt: Wiss. Buchges. 241 p.

**Diggelen, R. van.** 1998. *Moving gradients. Assessing restoration prospects of degraded brook valleys.* Thesis RU Groningen 183 p.

**Doing, H.** 1988. *Landschapsoecologie van de Nederlandse kust. Een landschapscartering op Vegetatiekundige grondslag.* Stichting publicatiefonds duinen, Leiden. 228 p en 5 bijlagen.

**Ellenberg, H.** 1952. *Auswirkungen der Grundwassersenkung auf die Wiesengesellschaften am Seitenkanal westlich Braunschweig.* Angewandte Pflanzensoziologie, 6: 1-45.

**Ellenberg, H.** 1979. *Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas.* Goltze, zweite Auflage 122 p.

**Ellenberg H.** 1982. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Dritte, verbesserte Auflage.* Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 989 p.; 499 Abbildungen und 130 tabellen.

**Everts, F.H., Schipper, P.C. & N.P.J. de Vries.** 1990. *Verdroging in de Drentse A. Een ecologische verkenning.* Staatsbosbeheer Driebergen/Bureau Everts en De Vries Groningen. SBB rapport 1991-4: 104 p. en 7 bijlagen.

**Everts, F.H., N.P.J. de Vries.** 1991. *De vegetatieontwikkeling van beekdalsystemen. Een landschapsecologische studie van enkele Drentse beekdalen.* Diss. Groningen. 222 p. en 1 bijlage.

- Grime, J.P.** 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. Wiley, Chichester. 222 p.
- Grootjans, A.P.** (1985). *Changes of groundwater regime in wet meadows*. Diss. Groningen: 146 p.
- Heenekens, S.M., Schaminée, J.H.J & A.H.F. Stortelder.** 2001. *SynBioSys, een biologisch kennisstelsel ten behoeve van natuurbeheer, natuurbeleid en natuurontwikkeling*. Versie 1.0. Alterra, Wageningen.
- Heuveln, B. van.** 1980. *Vegetation and soil in a brook valley*. Acta Botanica Neerlandica 29 (5/6): 555-564.
- Hommel, P.W.F.M. en R.W. de Waal.** 2003. *Rijke bossen op arme bodems; alternatieve boomsoortenkeuze verhoogt soortenrijkdom ondergroei op verzuringgevoelige gronden*. Landschap 20: 193 - 204.
- Hüllbusch.** 1986. *Eine pflanzensoziologischen 'Spurensicherung' zur Geschichte eines 'Stücks Landschafts'*. Landschaft + Stadt 18: 60-72
- Jansen, A.M. en R. van Diggelen.** 1987. *Landschapsecologische methodenstudie naar de effecten van grondwaterwinning*. 3 dln. 271 p.
- Jalink, M.H. en A.J.M. Jansen.** 1995. Bewerkt door M.J. Nooren. *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiering van grondwaterafhankelijke beekdalgemeenschappen*. Staatsbosbeheer Driebergen 146 p.
- Jenny, H.** 1961. *Derivation of state factor equations of soils and ecosystems*. Proc. Soil science Soc. Am. 25(5): 385-388.
- Kemmers, R.H.** 1986. *Perspectives in modelling in the root zone of spontaneous vegetation at wet and damp sites in relation to regional water management*. Proc. and Inf. CHO-TNO, 34:91-116.
- Klapp, E.** 1965. *Grünlandvegetation und Standort nach Beispielen aus West- Mittel- und Süddeutschland*. Verlag Paul Parey. Berlin und Hamburg. 384 p. mit 78 Abbildungen und 106 Tabellen.
- Kruijne, A.A., A.M. de Vries, en H. Mooi.** 1967. *Bijdrage tot de ecologie van de Nederlandse graslandplanten*. Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen 696. Mededeling 338 van het Instituut voor Biologische en Scheikundig Onderzoek. Wageningen. 65 p.
- Landolt, E.** 1977. *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Veröffentlichungen des Geobotanisches Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule Stiftung Rübel 64. 208 p. Zürich.
- Loopstra, I.L. en E. van der Maarel.** 1984. *Toetsing van de ecologische soortsgroepen in de Nederlandse flora aan het systeem van indicatiewaarden volgens Ellenberg*. Rapport nr. 381 'De Dorschkamp' Wageningen. 143 p.
- Londo, G.** 1988. *Nederlandse Freatofyten*. Pudoc Wageningen 108 p.
- Nooren, M.J.** 2005. *Uit de terreinen van Staatsbosbeheer*. De Levende Natuur 106:3.
- Nugteren, J. van.** 1984. *De vochtgebondenheid van plantensoorten*. LPO, 22 int. manscr. RU Groningen. 24 p.
- Ringelberg, J.** 1987. *De mogelijkheden van biologische waterbeoordeling gezien vanuit de ecologie*. In: P.F.M. Verdonschot en H.W.G. Higler (ed.) *Biologische waterbeoordeling*: 37 - 50.
- Roelofs, J.G.M.** 1991. *Vegetation under chemical stress: effects of acidification, eutrophication and alkalisation*. Thesis K.U. Nijmegen: 166 pp.
- Runhaar, J., C.L.G. Groen, R. van der Meijden & R.A.M. Stevers.** 1987. *Een nieuwe indeling in ecologische groepen binnen de Nederlandse flora*. Gorteria 13:276-359.
- Runhaar, J., W. van Landuyt, C.L.G. Groen, E.J. Weeda en F. Verloove.** 2004. *Herziening van de indeling in ecologische soortsgroepen voor Nederland en Vlaanderen*. Gorteria 30: 12-26.
- Schaminée, J.H., A.H.F. Stortelder en V. Westhoff (red).** 1995. *De Vegetatie van Nederland. Deel 1 Inleiding tot de plantensociologie, grondslagen, methoden en toepassingen*. Opulus press. Uppsala, Leiden. 296 p.
- Schimmel, H.J.W.** 1955. *De Drentse beken en beekdalen en hun betekenis voor natuurwetenschap en landschapsschoon*. SBB, Utrecht: 148 p.
- Schipper, P.C. en J.G. Streefkerk.** 1993. *Van stroomdal naar droomdal: Integratie van hydrologisch en oecologisch onderzoek ten behoeve van het beheer in de Drentse A*. Rapport 1993-2. Staatsbosbeheer, Driebergen (Netherlands). 158 p.
- Schouten, M.** 1995. *Meten en tellen, waarvoor, wanneer en waar*. Intern rapport Staatsbosbeheer. 10 p.
- Stevens, R.A.M., J. Runhaar, H.A. Udo de Haes en C.L.G. Groen.** 1987. *Het ecotopensysteem, een landelijke systeemtypologie*.

- Stortelder, A.H.F., P.W.F.M. Hommel, R.W. de Waal, K.W. van Dort, J.G. Vrielink en R.J.A.M. Wolf.** 1998. *Bosecosystemen van Nederland. Deel 1 Broekbossen*. KNNV Uitgeverij Utrecht 216 p.
- Sýkora, K.V.** 1978. *The relation between the flooding regime and distribution particularly of Pulegium vulgare Miller*. Tuxenia 6: 249-260.
- Sýkora, K.V.** 1979. *The influence of severe drought of 1976 on the vegetation of some moorland pools in the Netherlands*. Biological Conservation 16 (2): 145-162.
- Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée en L. van Duuren.** 2003. *Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland*. KNNV Uitgeverij Utrecht.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra en T. Westra.** 1985/87/88/91. *Nederlandse Oecologische Flora. Wilde planten en hun relaties Delen 1/2/3/4*. IVN i.s.m. VARA en VEWIN. Amstelveen.
- Werkgroep Florakartering Drenthe.** 1999. *Atlas van de Drentse Flora*. Schuyt & Co. Haarlem 798 p.
- Werkgroep theorie WLO.** 1986. *Methoden en begrippen in de landschapsecologie*. Landschap 3: 172-181
- Westhoff, V.** 1988. *Zeldzaamheid als ecologisch verschijnsel*. Natura 1988-2: 27-34.
- Wirdum, G. van.** 1979. *Dynamic aspects of trophic gradients in a mire complex*. In: Proc. of techn. meeting 35 (oct. 1978) TNO. Den Haag: 66-82.
- Wirdum, G. van en D. van Dam.** 1984. *Bewerking van ecologische indicatiewaardenlijsten*. SWNBL rapport 2. 93 p.
- Wirdum, G. van.** 1990. *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. Datawise Maastricht. Dissertatie, Universiteit van Amsterdam 310 p.
- Witte J. Ph. M. en R. van der Meijden.** 1990. *Natte en vochtige ecosystemen*. Wet. Med. KNNV nr. 200 Utrecht 56 p.
- Vegter, U., P.C. Schipper en A. Dijkstra.** 1993. *Hydroecologie en beleidsvoorbereiding. Uitwerking van een hydroecologische methode bij de provincie Drenthe*. Landschap 10/4: 15 - 30
- Zonneveld, I.S.** 1982. *Grondslagen van de bioindicatie*. In: E.P.H. Best en J. Haeck (red.) *Ecologische indicatoren voor de kwaliteitsbeoordeling van lucht, water, bodem en ecosystemen*: 9-19. Symposium Oecologische kring.

Serie indicatorsoorten:

- 1 Methode en toepassing
- 2 Beekdalen
- 3 Laagveenmoerassen
- 4 Hoogvenen
- 5 Vennen
- 6 Duinvalleien (kalkarme duinen)
- 7 Duinvalleien (kalkrijke duinen)
- 8 Droge duinen
- 9 Boezemlanden
- 10 Uiterwaarden

