De Levende Natuur 88 (3):114-118 (1987)



foto: H. van Maaren

Water 3. Kolk in dekzand; op de achtergrond de oude Veluwse bandijk.
Water 3. Pool/pothole in coversand; at the background the Veluwse Bandijk can be seen.

Grondwaterrelaties en het milieu van stilstaande wateren op de Oost-Veluwe

H. P. J. J. Cuppen & W. Timmermans

Het voorkomen van aquatische organismen hangt af van een groot aantal landschapsfactoren (Welch, 1978; Mol, 1986). In dit artikel wordt nader ingegaan op het belang van de omgeving voor het milieu van stilstaande wateren (kolken en vijvers). Het blijkt dat men met behulp van gegevens over geomorfologie, hydrologie, bodem en landgebruik met een redelijke nauwkeurigheid voorspellingen kan doen over het milieu van stilstaande wateren.

Van een studiegebied op de Oost-Veluwe is een landschapsecologische kaart gemaakt op de regionale schaal 1:100.000. Zo'n kaart beschrijft de ecologische aspecten van het landschap (Vink, 1980; Timmermans, 1986). Voor dit artikel zijn in figuur 1 de aspecten geomorfologie, hydrologie, bodem en landgebruik gecombineerd.

Van negen wateren in dit gebied zijn de zuurgraad en de electrische geleidbaarheid (die samen een indruk geven van de chemische watersamenstelling) en de macrofauna (Cuppen, 1980, 1982, 1983) onderzocht en beschreven. Deze beide aspecten geven samen een indicatie van het aquatische milieu.

Vervolgens is voor de wateren nagegaan in hoeverre hun milieu-eigenschappen samenhang vertonen met landvariabelen, zoals opgenomen in de kaart van figuur 1.

Het verband tussen aquatische en terrestrische systemen

Aquatische en terrestische systemen staan met elkaar in verbinding via wind, oppervlakkig afstromend water en grondwater.

In dit artikel richten wij ons op de relaties via het grondwater. Zij bepalen op regionale schaal het milieu van de wateren. De invloed van wind en oppervlakkig afstromend water is vooral op lokaal niveau van belang en wordt hier dus verder niet behandeld.

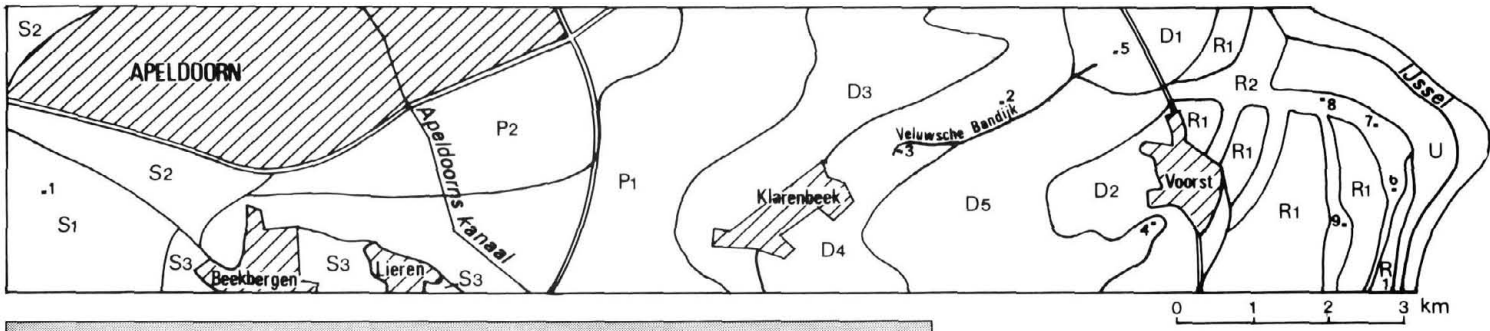
De (landschapsecologische) relaties via het grondwater zijn de laatste tijd uitgebreid bestudeerd. Verwezen kan worden naar diverse publicaties van De Dorschkamp (o.a. Roelofs et al., 1982); naar studies naar de invloed van het grondwaterregime op vegetatie en bodem (o.a. Both & Van Wirdum, 1981; Kemmers & Jansen, 1980); en naar onderzoek naar de invloed van het landgebruik op grond- en oppervlaktewater (o.a. Bleuten & Cerutti, 1984; Steenvoorden & Oosterom, 1979).

Welch (1978) geeft aan hoe kennis van dergelijke landschapsecologische relaties kan leiden tot integratie van watereenheden in, tot nu toe op terrestrische milieus geconcentreerde, landschapsecologische karteringen.

Landschapsecologie van het studiegebied

De stuwwal van de Oostelijke Veluwe ontstond in het Saalien, de voorlaatste ijstijd (S in figuur 1). In de laatste ijstijd is hij sterk versneden, er ontstonden diepe dalen, die naar het oosten afwaterden. Oostelijk van het stuwwal is dan ook veel geërodeerd materiaal afgezet in zacht glooiende hellingen met dikke grindpakketten in de ondergrond (P1 in figuur 1). Zij zijn tot ver oostelijk van het Apeldoorns Kanaal te vervolgen; lokaal hebben zij een dekzanddek, afgezet in het Weichselien (P2 in figuur 1). De dekzandinvloed wordt naar het oosten toe groter: oostelijk van Klarenbeek ligt een complex van dekzandruggen- en laagten (D in figuur 1). Dit landschap grenst abrupt aan een door IJsselinvloeden ontstaan gebied met oeverwallen en laagten (R in figuur 1), en buitendijks meanderruggen- en laagten (U).

Figuur 1 geeft een sterk gegeneraliseerde landschapsecologische kaart (schaal 1:100.000), gemaakt volgens de methode Vink (Vink, 1980; Timmermans, 1986). Bij het opstellen van de legenda lag de nadruk op de doelstelling van dit artikel: het zoeken naar de relatie tussen land en water.



Symbool	geomorfologie	materiaal	bodemsubgroep	grondwaterregime	GT	landgebruik/begroeiing
S1	stuwwalplateau + hellingen en dalen	zand	holt/haarpodzol	infiltratie	7*	bos
S2	*trechtervormig dal*	*zand*	*holt/haarpodzol*	*infiltratie*	7*,7	*bos*
S3	stuwwalflank	zand	bruine enkeerdgr.	infiltratie	7*,7	bouw-/weiland
P1	helling in hellings-afspoelingsmat.	lemig fijn zand	beekeerdgrond	kwel	3	weiland
P2	dekzandkop-/rug	leemarm fijn zand	veldpodzol	kwel	4, 6	weiland
D1	dekzandrug	leemarm fijn zand	bruine enkeerdgr.	infiltratie	7	bouw-/weiland
D2	dekzandrug	leemarm fijn zand	zwarte enkeerdgr.	infiltratie	7	bouw-/weiland
D3	dekzandrug	leemarm fijn zand	veldpodzol	infiltratie	4,6,7	weiland
D4	dekzandrug	leemarm fijn zand	veld-/haarpodzol	infiltratie	6,7	bos
D5	laagte in dekzand	lemig fijn zand	bekeerdgrond	o.i.v. dieper en ondiep grondw.	3	weiland
R1	oeverwal	zavel	ooivaaggrond	infiltratie	4,6,7	bouw-/weiland
R2	laagte tussen oeverwallen	lichte klei	poldervaaggrond	o.i.v. dieper en ondiep grondw.	3,5	weiland
U	meanderruggen en laagten	zavel-lichte klei	poldervaaggrond	o.i.v. IJssel	3 - 6	weiland

Fig. 1. Landschapsecologische kaart van het onderzoeksgebied.
Landscape ecological map of the study area.

Met behulp van de criteria geomorfologie (helling, relief en materiaal) en landgebruik zijn 5 ecologische hoofdeenheden, zogenaamde hoofdlandschappen onderscheiden:
S: het Stuwwallandschap
P: het Puinwaaierlandschap
D: het Dekzandlandschap
R: het binnendijks Rivierkleilandschap
U: het Uiterwaardlandschap

De hoofdlandschappen zijn elk apart verder onderverdeeld met de criteria bodemsubgroep, grondwatertrap, grondwaterregime, grondsoort en landgebruik/begroeiing. In het kader van dit artikel zijn met name de laatste drie variabelen van belang. Deze zullen hier per hoofdlandschap kort worden toegelicht.

De stuwwal (S) wordt gekenmerkt door infiltratie van het neerslagwater naar het diep gelegen grondwater. Dit water komt in de lager gelegen landschappen weer naar de oppervlakte. Sterke kwel kenmerkt het P-landschap zodanig, dat er in dit landschap alleen stromend water voorkomt, dat via een dicht watergangennet naar de IJssel wordt afgevoerd. In de laagste delen van het D- en het R-landschap is er periodiek een grote invloed van dieper grondwater. In de relatief hoge delen van het P-, D- en R-landschap (P2, D1-D4, R1) vindt wegzijging van het neerslagwater naar het grondwater plaats; dit stroomt hoofdzakelijk als ondiep grondwater weg naar de lagere delen.

Al dan niet lemig en/of grindhoudend zand ligt in de S-, P- en D-landschappen, klei van wisselende zwaarte in het R-landschap.

Het S-landschap is vrijwel geheel bebost, slechts op de flank komen op enkeerdgronden ook akkers en weilanden voor. In het P-landschap is het land vrijwel overal als weiland in gebruik. De lage delen van de D- en R-landschappen zijn als weiland in gebruik of staan onder kleine bossen, de hoge onder bos, wei- of bouwland.

Tabel 1 somt een aantal ecologische aspecten van de bestudeerde wa-

Tabel 1. Eigenschappen van de negen onderzochte wateren.
Characteristics of the nine investigated ponds.

water	Eigenschappen waterlichamen					Eigenschappen van hun omgeving				
	geomorfologie	aanvoer van water			oppervlakte	grondwaterhuishouding	bodemsubgroep	textuur	GT	landgebruik/ begroeiing
		neerslag	grondwater							
			ondiep	dieper						
1	ven op leembank	+	–	–	200m²	infiltratie	haarpodzol	zand	7	bos
2	hoogveen	+	–	–	200m²	infiltratie	haarpodzol	zand	7	bos
3	kolk	+	+	–	900m²	infiltratie	haarpodzol	zand	7	bos
4	*laagte in dekzand*	+	+	+	200m²	o.i.v. ondiep en diep grondwater	beek-enkeerdgrond	*zand*	5	*wei-/bouwland*
5	kolk	+	+	–	2000m²	infiltratie	enkeerdgrond	zand	7	wei-/bouwland
6	laagte tussen oeverwallen	+	+	+	200m²	o.i.v. ondiep en diep grondwater	poldervaaggrond	klei	3	weiland
7	laagte tussen oeverwallen	+	+	+	200m²	o.i.v. ondiep en diep grondwater	poldervaaggrond	klei	3	weiland
8	laagte tussen oeverwallen	+	+	+	500m²	o.i.v. ondiep en diep grondwater	poldervaaggrond	klei	3	weiland
9	tichelgat	+	+	+	800m²	o.i.v. ondiep en diep grondwater	poldervaaggrond	klei	3	weiland/bos

De Levende Natuur 88 (3):114-118 (1987)

watertype	I		II		III					
waternummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
pH gemiddeld	5.4	4.3	5.3	6.0	7.6	7.9	7.7	7.6	7.5	
EC gemiddeld	80	120	200	450	470	490	610	590	540	
macrofauna, aan/afwezigheid per soort										
Ilybius aenescens	+									waterkever
Hesperocorixa castanea	+									waterwants
Aeshna juncea	+									venglazenmaker
Agabus congener		+								waterkever
Hydroporus obscurus		+								waterkever
Hebrus ruficeps	+	+								oppervlaktewants
Psectrocladius platypus	+	+								vedermug
Polypedilum cf. uncinatum	+	+	+							vedermug
Lestes dryas	+	+	+							tangpantserjuffer
Hydroporus piceus		+	+							waterkever
Telmatopelopia nemorum		+	+							vedermug
Sigara semistriata	+		+	+						waterwants
Agabus affinis			+							waterkever
Berosus luridus			+							waterkever
Hydrochus brevis			+	+						waterkever
Berosus signaticollis				+						waterkever
Microvelia reticulata	+		+	+		+	+	+	+	oppervlaktewants
Laccophilus minutus	+		+	+	+	+	+	+	+	waterkever
Pyrrhosoma nymphula	+		+						+	vuurjuffer
Asellus/Proasellus			+	+	+	+	+	+	+	waterpissebed
Cloeon dipterum			+	+	+	+	+	+	+	haft
Tricladida			+		+		+	+	+	platwormen
Gastropoda				+	+	+	+	+	+	waterslakken
Haliplus ruficollis				+	+	+	+	+	+	waterkever
Dixidae				+		+	+	+		steltmuggen
Parachironomus gr. arcuatus				+	+					vedermug
Sciomyzidae					+	+	+	+		slakkenvliegen
Hirudinea					+	+	+	+	+	bloedzuigers
Laccobius bipunctatus						+	+	+	+	waterkever
Bivalvia					+			+	+	tweekleppigen
Cricotopus spec.					+	+	+			vedermug
Helochares lividus					+	+	+		+	waterkever
Ranatra linearis					+	+			+	waterstaafwants
Anacaena bipustulata					+				+	waterkever
Porhydrus lineatus								+		waterkever
Hydraena riparia									+	waterkever

Tabel 2. Macrofaunatypologie van de negen onderzochte wateren.
Macrofaunatypes of the nine investigated ponds.

teren op. Behalve van de landschapsecologische kaart afkomstige eigenschappen van het omringende landschap staan enkele aspecten van de wateren zelf vermeld: oppervlakte, genese en de aard van de wateraanvoer.

De laatste is afhankelijk van de genese en het (land)variabele grondwaterregime. In door infiltratie gekenmerkte gebieden zijn veel stilstaande wateren geïsoleerd van het grondwater (1, 2); soms echter staan zij onder invloed van ondiep grondwater (3, 5). Het laatste is het geval op de dekzandrug, waarop de Veluwse bandijk is aangelegd; dijkdoorbraken veroorzaakten diepe kolken, waarvan de bodem het grondwaterniveau bereikte. In laaggelegen gebieden staan de wateren onder invloed van zowel dieper als ondiep grondwater (4, 6-9).

Mol (1986) onderscheidt in het gebied drie eenheden, de onderlinge grenzen ertussen corresponderen met hoofdlandschapsgrenzen. Het S-landschap maakt deel uit van de 'hogere zandgronden'. Het P-landschap valt onder de 'reliefrijke districten'. De overige landschappen rekent Mol tot de 'zoete veenen kleigebieden en lager gelegen zandgronden'.

Het aquatische milieu

Tabel 2 geeft de zuurgraad (pH), de electrische geleidbaarheid (EC) en de macrofaunalevensgemeenschappen van de negen wateren.

De pH en de EC zijn in juni en oktober 1983 en in maart 1984 gemeten. In de tabel staan alleen de gemiddelde waarden over een jaar genomen aangegeven.

Van de macrofauna zijn in de wateren in totaal ongeveer 200 diersoorten verzameld. Terwille van de overzichtelijkheid zijn hieruit de differentiërende soorten geselecteerd en zijn soorten van sommige diergroepen, zoals bijvoorbeeld de slakken samengevoegd.

Op basis van het aquatisch milieu zijn de wateren in drie typen onderscheiden, zij worden hieronder beschreven. In de tekst zijn zoveel mogelijk Nederlandse namen vermeld, vaak echter bestaan die niet.

type I

Dit type water heeft een zuur karakter en een lage geleidbaarheid en is oligotroof. Wateren van dit type worden uitsluitend door regenwater gevoed. Both & Van Wirdum (1981) noemen een dergelijke water atmotroof, omdat het zijn eigenschappen voornamelijk aan de atmosfeer ontleent.

Diersoorten die alleen in het water type I zijn gevonden, zijn de waterkevers *Ilybius aenescens, Agabus congener* en *Hydroporus obscurus,* de libel *Aeshna juncea,* de wantsen *Hebrus ruficeps* en *Hesperocorixa castanea* en de mug *Psectrocladius platypus.* Op de Oost-Veluwe zijn deze soorten met uitzondering van *Hebrus ruficeps,* die ook in andere watertypen voorkomt, kenmerkend voor het type I. Ook in de literatuur worden ze met zuur water geassocieerd; de genoemde waterkevers bijvoorbeeld worden betiteld als acidobiont (karakteristiek voor sterk zuur water), tyrphofiel (veenminnend, vrij sterk aan veenmos gebonden) of tyrphobiont (zeer sterk aan veenmos gebonden) (Burmeister, 1981).

Soorten die zowel in het type I als in het overgangstype II voorkomen zijn de waterkever *Hydroporus piceus,* de libel *Lestes dryas,* de wants *Sigara semistriata* en de muggen *Polypedilum cf. unicinatum* en *Telmatopelopia nemorum.* Met uitzondering van de beide muggen zijn ze op de Oost-Veluwe kenmerkend voor de typen I en II. De beide muggesoorten komen ook voor in zwak zure wateren van type III, zoals zeggemoerassen en elzenbroekbossen; ook Moller Pillot & Krebs (1981) noemen hen zowel voor zure milieus, als voor voedselrijkere kleine wateren.

Het ontbreken van diergroepen als platwormen *(Tricladida),* bloedzuigers *(Hirudinea),* waterpissebedden *(Asellus/Proasellus),* waterslakken *(Gastropoda)* en tweekleppigen *(Bivalvia)* is kenmerkend voor dit watertype. Redeke (1948) vermeldt reeds het ontbreken van dergelijke diergroepen in stilstaande,

De Levende Natuur 88 (3):114-118 (1987)

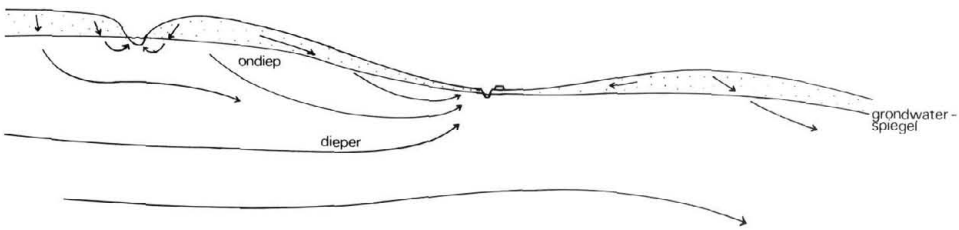


Fig. 2. De hydrologische situatie van een kolk (invloed ondiep grondwater) en een laagte in dekzand (tevens invloed van dieper grondwater). Naar Roelofs et al., 1982.
Hydrological situation of a pool/pothole (influence of shallow groundwater) and of a depression in cover sand (also influence of deeper groundwater). After Roelofs et al., 1982.

oligotrofe wateren; later onderzoek heeft dit herhaaldelijk bevestigd (Leuven & Schuurkes, 1984; Cuppen, 1983).

Dit type komt voor op gronden die in een ten opzichte van het grondwater geïsoleerde positie liggen. Deze kan men vinden in het S-landschap 'hogere zandgronden' en lokaal in het D-landschap 'zoete veen- en kleigebieden en lager gelegen zandgronden' volgens Mol (1986).

type II

Dit type water vertoont invloed van het grondwater. Het is een overgangstype tussen het zure, oligotrofe type I en type III. Water 3 (tabel 2) heeft een lage zuurgraad en een intermediaire geleidbaarheid, water 4 een hoge geleidbaarheid en een intermediaire pH; ze neigen naar respectievelijk type I en type III. Een viertal waterkevers *(Agabus affinis, Berosus luridus, Hydrochus brevis* en *Berosus signaticollis)* is beperkt tot het overgangstype II. Op de Oost-Veluwe komen de twee *Berosus*-soorten optimaal voor in type I. De beide andere zijn karakteristiek voor het overgangstype. In de literatuur staan alle vier de soorten bekend als tyrphofiel en tyrphobiont.

Het is ook karakteristiek voor wateren van het type II, waarin naast zuurminnende soorten, soorten van meer neutraal (zwak gebufferd) water voorkomen, zoals waterpissebedden, platwormen, waterslakken, de haft *Cloeon dipterum* en de mug *Parachironomus gr. arcuatus.*

Dit type is beperkt tot het D-landschap. Het zijn niet of nauwelijks door bemesting geëutrofieerde wateren op zandgronden; soms met geringe (water 3), soms met grote grondwaterinvloed (water 4).

type III

Dit type water staat sterk onder invloed van het grondwater. Both & Van Wirdum (1981) noemen het lithotroof. Het is basisch en eutroof van karakter.

Kenmerkend voor type III is het optreden van soorten of soortengroepen, die hun ecologisch optimum hebben in neutraal tot zwak basisch water, zoals platwormen, waterslakken, bloedzuigers, tweekleppigen, slakkenvliegen *(Sciomyzidae)* en de waterkevers *Anacaena bipustulata* en *Porhydrus lineatus.*

De wateren van dit type herbergen op de Oost-Veluwe geen zuurminnende (acidobionte, tyrphofiele en tyrphobionte) soorten. Wel kunnen acidofiele (zwak zuur minnende) soorten worden aangetroffen, wanneer het betreffende water geen invloed ondervindt van de landbouw en/of sterk verland is. Dit is in het onderzoeksgebied niet het geval.

Dit type water vindt men in het D- en het R-landschap 'zoete veen- en kleigebieden en lager gelegen zandgronden' van Mol (1986). Het zijn zowel wateren, gelegen te midden van sterk bemeste zandgronden, als wateren, gelegen in kleigronden.

Discussie

Het aquatische milieu hangt sterk samen met de landfactoren, grondwaterregime, grondsoort en landgebruik.

Figuur 1 laat zien dat er op de Oost-Veluwe drie grondwaterregimes heersen:

— gebieden met kwel: hier komt alleen stromend water voor.

— gebieden met invloed van zowel dieper als ondiep grondwater: stilstaande wateren in deze gebieden zijn lithotroof, het omliggende land heeft grote invloed op het watermilieu (4, 6-9).

— gebieden gekenmerkt door infiltratie: wateren in deze eenheden kunnen zowel atmotroof als lithotroof zijn. De wateren 1 en 2 staan niet onder invloed van het grondwater, hun chemische watersamenstelling. benadert die van het neerslagwater. De wateren 3 en 5 echter (kolken) staan wel onder invloed van het ondiepe grondwater; figuur 2 laat zien dat voor de kwaliteit van dit grondwater een relatief kleine direkte omgeving van belang is, vergeleken met watertjes als nr. 4.

Er zijn grote chemische verschillen tussen het diepere en het ondiepe grondwater. De samenstelling van het diepere grondwater wordt vooral bepaald door de situatie op de Veluwestuwwal en de verblijfsduur van het water onder de grond; naarmate die langer is nemen de pH, de EC en de concentraties calcium, en hydrocarbonaat toe (Kemmers en Jansen, 1980). De chemie van het ondiepe grondwater weerspiegelt de invloed van de direkte omgeving; hier is vooral het complex grondsoort-landgebruik van belang en uiteraard de grootte van die direkte omgeving (fig. 2).

Klei heeft een natuurlijke eutrofiërende invloed op het grondwater, maar een sterk bufferende werking ten aanzien van de mestuitspoeling (Steenvoorden en Oosterom, 1979). Op zandgronden kan het gehalte meststoffen in het ondiepe grondwater sterk variëren, afhankelijk van het landgebruik. Bij eenzelfde bemesting is onder weiland de nitraatconcentratie van het grondwater vijf- tot tienmaal zo klein als onder bouwland. Onder bos blijkt de concentratie nog geringer (Bleuten & Cerutti, 1984; Steenvoorden & Oosterom, 1979).

De wateren 1 en 2, die niet onder invloed van het grondwater staan vallen in het type I. De wateren 6 tot en met 9, gelegen in klei, vallen in het eutrofe type III. De kolk 3, die onder invloed staat van een relatief klein areaal van bos op haarpodzolen (tabel 1) valt in het overgangstype II; zowel de chemische watersamenstelling, als de macrofauna benaderen die van het type I. De andere kolk (5) met wei- en bouwland in de direkte omgeving valt in het eutrofe type III. De laagte in dekzand (4) staat onder invloed van zowel dieper grondwater, als van ondiep grondwater, afkomstig van wei- en bouwland op beek- en enkeerdgronden. Water 4 valt in het overgangstype II en neigt naar het eutrofe type III.

Conclusie

Omdat het aquatisch milieu samenhangt met een aantal eigenschappen van het omringende land, kan men met behulp van een landschapsecologische kaart, die dergelijke eigenschappen weergeeft, voorspellingen doen over het milieu van de stilstaande wateren die

De Levende Natuur 88 (3):114-118 (1987)

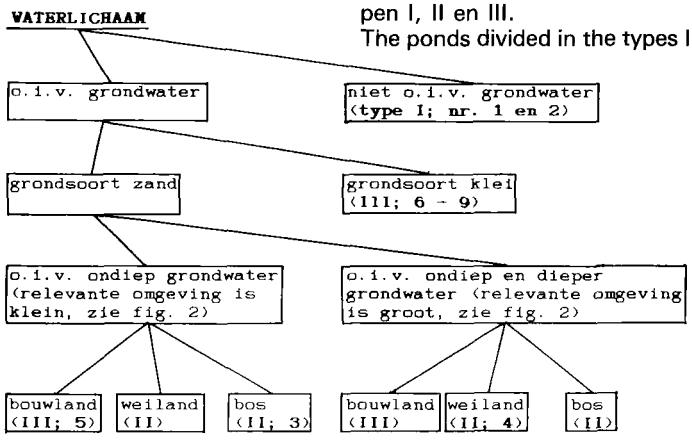


Fig. 3. De indeling van de wateren in de typen I, II en III.
The ponds divided in the types I, II and III.

binnen de onderscheiden landeenheden voorkomen.

Figuur 3 vat het een en ander nog eens samen. Wateren die niet onder invloed van grondwater staan, zullen in het algemeen zuur en oligotroof van karakter zijn. Wateren in klei zijn meestal basisch en eutroof. Wateren op zandgronden variëren al naar gelang de aard van het omringende landgebruik. Veel bos in de omgeving heeft tot gevolg dat het water in het intermediaire type valt en neigt naar het zure, oligotrofe type I. Veel weiland in de omgeving leidt eveneens tot het overgangstype. Hoe meer bouwland om het water ligt, des te meer neigt het naar type III. De grootte van de voor het watermilieu relevante omgeving is sterk afhankelijk van de genese van het meertje (zie ook fig. 2).

Ook kan voor elk hoofdlandschap aangegeven worden wat het milieu van de stilstaande wateren zal kunnen zijn. Alle vijf (fig. 1) worden ze gekenmerkt doordat er wateren met verschillende milieueigenschappen in verschillende verhoudingen voorkomen. In het S-landschap in fig. 1 komen alleen zure, oligotrofe wateren voor. In het P-landschap is de kwelinvloed zo groot, dat er vrijwel alleen stromende wateren zullen zijn. Het D-landschap is in dit verband complex. In de lage delen ervan liggen wateren van het overgangstype of van het basisch-eutrofe type, afhankelijk van het landgebruik in de wijde omgeving; op de ruggen kunnen zich zowel van het grondwater geïsoleerde zure, oligotrofe wateren bevinden, als wateren rond vroegere waterkeringen (kolken), die afhankelijk van het landgebruik in de directe omgeving kunnen variëren tussen het overgangstype en het basisch-eutrofe type. Stilstaande wateren in het R-landschap zijn basisch en eutroof. Vanwege de jaarlijks terugkerende overstroming door de IJssel wordt het U-landschap hier buiten beschouwing gelaten.

Tenslotte kan men met behulp van een landschapsecologische kaart, ook van tevoren de gevolgen van veranderingen in landgebruik of van bepaalde beheersmaatregelen voor het watermilieu voorspellen.

Literatuur

Bleuten, W. & M. Cerutti, 1984. De huidige en toekomstige nitraat- en sulfaatbelasting van grond- en drinkwater van de Nederlandse Pleistocene zandgronden. H20 17, nr. 10: 208-218.

Both, J. C. & G. van Wirdum, 1981. Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden. RIN-rapport 81/18.

Burmeister, E. G., 1981. Zur Wasserkaeferfauna Nordwestdeutschlands. Teil 1: Adephaga (Haliplidae, Noteridae, Gyrinidae, Hygrobiidae, Dytiscidae) (Insecta Coleoptera) Spixiana 4 (1): 73-101.

Cuppen, H. P. J. J., 1980. De macrofauna in een aantal droogvallende en permanente stilstaande wateren in het ruilverkavelingsgebied Brummen-Voorst. Rapport Regionale Milieuraad Oost-Veluwe.

Cuppen, H. P. J. J., 1982. Een hydrobiologisch onderzoek naar de waterplanten en de biologische waterkwaliteit van het Apeldoornsch Kanaal tussen Dieren en Apeldoorn. Rapport Regionale Milieuraad Oost-Veluwe.

Cuppen, H. P. J. J., 1983. Een onderzoek naar de flora en fauna van een aantal vennen en leemkuilen bij Hoog Soeren (gem. Apeldoorn). Rapport Regionale Milieuraad Oost-Veluwe.

Kemmers, R. H. & P. C. Jansen, 1980. Halfnatuurlijke vegetaties in relatie tot waterhuishouding en waterkwaliteit. Tijdschrift Kon. Ned. Heidemij 10: 406-411.

Leuven, R. S. E. W. & J. A. A. R. Schuurkes, 1984. Effecten van zure stikstof- en zwavelhoudende neerslag op zwak gebufferde voedselarme wateren. Interim rapport. Ministerie van VROM.

Mol, A. W. M., 1986. Hydrobiologische districten in Nederland. De Levende Natuur 87, nr. 3: 79-86.

Moller Pillot, H. & B. Krebs, 1981. Concept van een overzicht van de oecologie van chironomidelarven in Nederland. 41 pp.

Redeke, H. C., 1948. Hydrobiologie van Nederland. Backhuys en Meesters, Amsterdam.

Roelofs, H. J., Th. J. Beukeboom, A. Ebregt, & W. Vos, 1982. Landschapsecologische relaties via het grondwater op nationaal en regionaal niveau. De Dorschkamp rapport nr. 317. Wageningen.

Steenvoorden, J. H. A. M. & H. P. Oosterom, 1979. Fosfaat- en stikstofbalansen voor oppervlaktewater in polders en beekgebieden. H20 (12) nr. 2: 33-39.

Timmermans, W,M 1986. Landschapsecologische kaart van de Oost-Veluwe, schaal 1:100.000 (in voorber.).

Vink, A. P. A., 1980. Landschapsecologie en landgebruik. Bohn, Scheltema en Holkema, Deventer.

Welch, D. M., 1978. Land/water classification, a review of water classifications and proposals for water integration into ecological land classification. ELC Series no. 5. Lands Directorate. Environment Canada, Ottawa.

Summary

Groundwater relations and the ecology of ponds on the Eastern Veluwe

The landscape ecology of a study area on the Eastern Veluwe is described. Details concerning the macrofauna of 9 ponds in the area are also discussed. It appears that aquatic ecology is highly determined by the land factors groundwater regime, soil material and land use.

NOOT: in de tekst verwijzen Romeinse cijfers steeds naar het watertype (I, II of III), Arabische cijfers naar het waternummer (1-9) van het stilstaand water in de onderzochte kolken en vijvers. (Vergelijk hiervoor de tabellen 1 en 2 en fig. 1).

Drs H. P. J. J. Cuppen
Gemeente Apeldoorn
sector Milieu/MEVO
postbus 9033
7300 ES Apeldoorn

Drs W. Timmermans
Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium
Universiteit van Amsterdam
Dapperstraat 115
1093 EH Amsterdam