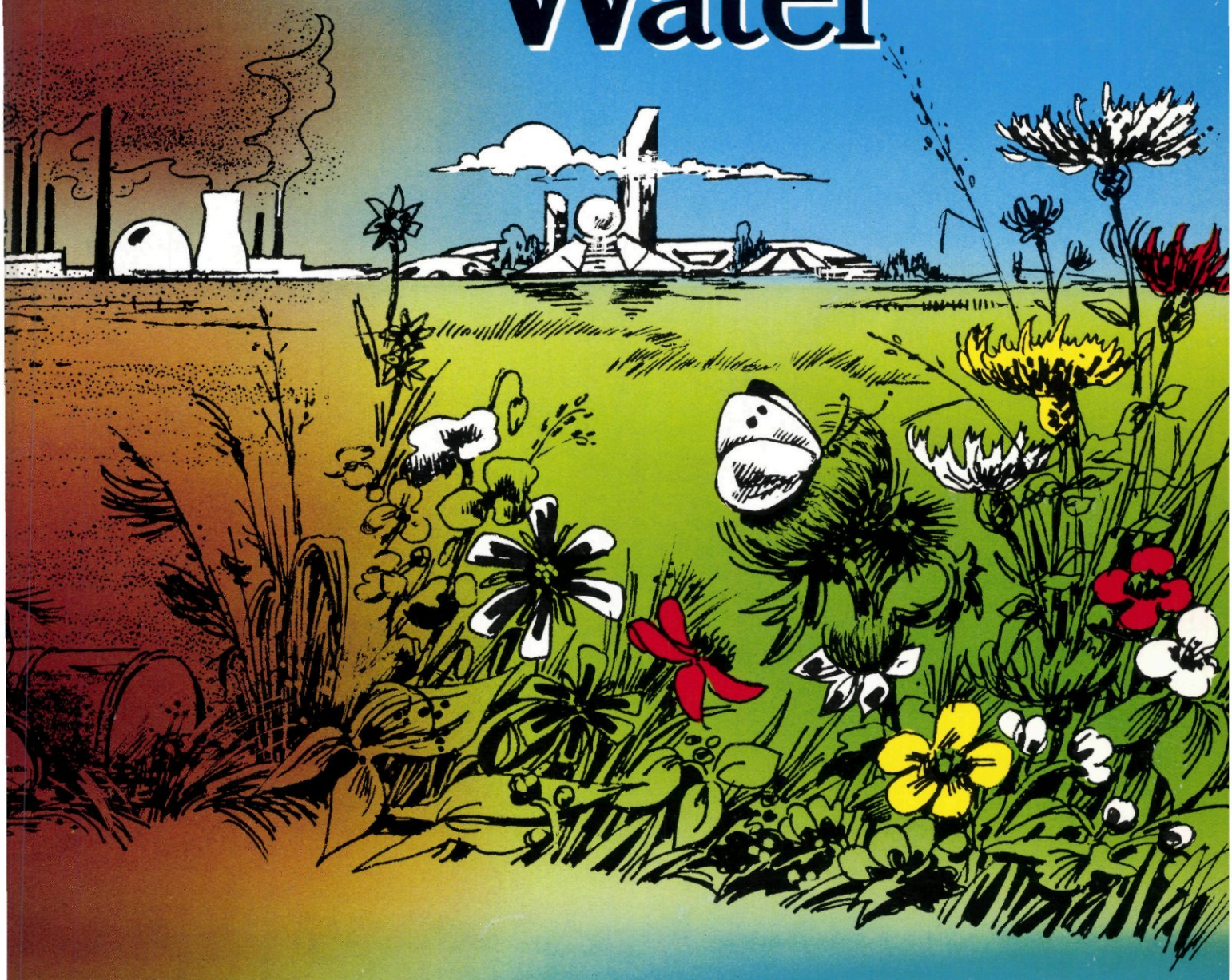
Water boven Water



Studieresultaten 1983 – 1987 van de
Studiecommissie Waterbeheer-, Natuur, Bos en Landschap

Water boven Water

Studieresultaten 1983 – 1987 van de
Studiecommissie Waterbeheer-, Natuur, Bos en Landschap

291523

VOORWOORD

Water is een vitaal element, evenzozeer voor het bestaan van de mens als wel voor plant en dier. Alle levende wezens stellen hun eigen eisen aan de waterhuishouding in hun omgeving, eisen die vaak zeer verschillend en soms onderling strijdig zijn.
In een land als Nederland is water vanouds van grote betekenis als factor die beheerst moet worden om te kunnen bestaan. In het verleden waren de menselijke activiteiten op het gebied van waterbeheer tamelijk bescheiden. Zij lieten een ruime marge voor een rijk planten- en dierenleven, gezonde bossen en een fraai landschap. Die situatie is evenwel drastisch veranderd. Onder invloed van technische en economische ontwikkelingen, welvaart en bevolkingsgroei zijn de eisen die gesteld worden aan de waterhuishouding en de aanspraken op het beschikbare water de laatste tientallen jaren enorm toegenomen. Deze hebben geleid tot maatregelen en ingrepen, die blijken samen te gaan met een onmiskenbare achteruitgang van de kwaliteit van natuur, bos en landschap. Overigens komen niet alleen natuur, bos en landschap in het gedrang. Zelfs de directe menselijke behoeften aan voldoende en goed water voor ondermeer drinkwatervoorziening, landbouwwatervoorziening, recreatief watergebruik en industriële processen, worden in toenemende mate onderling concurrerend.

Water, vooral kwalitatief goed water is een schaars goed geworden. Niet voor niets behoren verdroging en vervuiling tot de ernstigste milieuproblemen van deze tijd. Meer dan ooit is de waterhuishouding daarom een aangelegenheid die vraagt om intensieve aandacht van de overheid. De beschikbaarheid van voldoende goed water, een billijke verdeling daarvan over de verschillende belangen en een daarop afgestemd waterhuishoudingsysteem, staan daarbij centraal.

Voor ogen staat een integraal waterbeheer. Wetgeving van de departementen van Verkeer en Waterstaat, van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Landbouw en Visserij zetten een beleid in hoofdlijnen uit. De provinciale besturen hebben in dit kader een belangrijke verantwoordelijkheid gekregen voor de afweging en de planning van het waterbeheer. De waterschappen zijn doende vanuit een verbrede taakopvatting gestalte te geven aan integraal waterbeheer in de praktijk. Voorwaarde voor een succesvolle aanpak is wel allereerst dat de technische normstelling vanuit de verschillende belangen duidelijk en gemotiveerd is en kan worden vertaald in praktisch hanteerbare programma's van eisen. Bij de meeste sectoren is dat reeds het geval. Daarentegen blijkt dat vanuit de belangen van natuur, bos en landschap aan deze voorwaarde nog onvoldoende wordt voldaan. Dit is een omstandigheid die steeds opnieuw pijnlijk wordt ervaren, of het nu gaat om de opstelling van beleidsnota's, de afweging van belangen, of de uitvoeringspraktijk van het waterbeheer. Deze ongelijkwaardigheid klemt des te meer omdat de betrokken belangen uiteenlopend worden gewogen.

De instelling eind 1982 van de Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap, kortweg SWNBL, moet tegen die achtergrond worden gezien. Het initiatief werd genomen door Minister De Boer van het voormalige departement van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk werk, tezamen met zijn ambtgenoten van Landbouw en Visserij en van Verkeer en Waterstaat.
De Studiecommissie werd de volgende taak opgedragen:
"Een studie te verrichten naar de betekenis van water, van de waterhuishouding en van het waterbeheer voor natuur, bos en landschap, alsmede aanbevelingen te doen voor inrichtings- en beheersmaatregelen op het gebied van natuur, bos en landschap in relatie tot de waterhuishouding en het waterbeheer."

Na vijf jaar diende gerapporteerd te worden. Inmiddels is het bijna zes jaar later en is het eindrapport van de studiecommissie er. Een indrukwekkende stapel deelrapporten vormt de basis ervan. Thans dient de vraag gesteld te worden: Heeft de commissie aan haar opdracht voldaan?

Een ongenuanceerd "ja" op deze vraag, hoewel verleidelijk, kan toch niet zonder meer als antwoord dienen. Ook zal het te ver gaan om al hetgeen de afgelopen jaren op het beschouwde gebied is bereikt en op gang is gekomen aan de inspanningen van de Studiecommissie toe te schrijven. Immers de commissie had een begrensde taak, namelijk bestaande kennis toepasbaar te maken. Vanuit die taak heeft de commissie zich ontwikkeld tot knooppunt van een veelheid van ontwikkelingen; ontwikkelingen in wetenschappelijk opzicht evenzeer als op het terrein van veranderende benaderingen in de wereld van het waterbeheer en het beheer van natuur, bos en landschap. Deze ontwikkelingen heeft de commissie naar vermogen gestimuleerd en gestuurd om met het resultaat ervan een optimaal eindprodukt te leveren.

De samenstelling van de commissie, waarin onderzoek, beleid en beheer zijn samengebracht, is daaraan zeker niet vreemd. Ontwikkelingen die gewoonlijk in gescheiden circuits plaatsvinden werden hier als vanzelfsprekend kortgesloten. Contacten tussen tot voor kort geheel verschillende denkwerelden van waterbeheerders en natuurbeheerder zijn verrassend snel gegroeid en werpen voor beide vruchten af.
Naast het concrete resultaat, dat in dit eindrapport is samengevat, beschouw ik dan ook de functie van de Commissie als communicatieplatform als een groot winstpunt. Deze communicatie, waaraan nog veel kan worden verbeterd, is mijns inziens een conditio sine qua non voor een beleid dat op integraal waterbeheer is gericht.

Deze rapportage is niet het laatste woord op het beschouwde gebied. Dat zal ook niemand hebben verwacht. Wel wordt de betekenis van het water, de waterhuishouding en het waterbeheer voor natuur, bos en landschap op haar wezenlijke punten gedefinieerd. Het betreft die variabelen die voor de kwaliteit van natuur, bos en landschap van levensbelang zijn. Deze variabelen vormen dan

tevens de aangrijpingspunten voor een zodanige sturing van het waterbeheer dat de gewenste kwaliteit hersteld dan wel ontwikkeld kan worden. De uitgangspunten voor inrichting en beheer liggen daarmee vast en kunnen in voor de praktijk hanteerbare programma's van eisen worden vertaald.

Dat was de opdracht van de commissie en daaraan heeft zij voldaan. De nuance ligt evenwel in de omstandigheid dat het bedenken van een nieuwe benadering één ding is, maar de integratie in de praktijk pas de werkelijke uitdaging. Dat is te vergelijken met de invoering van kunstmest in het historisch boerenbedrijf. Zoiets doet men niet even, ook niet in vijf jaar. Bovendien is geen enkel instrument ooit af; pas in de praktijk wordt het getoetst, getest en bijgeschaafd, een proces dat in wezen niet eindigt. Ook de wetenschap staat niet stil.

Juist deze invoering in de praktijk, hoewel strikt genomen niet haar taak, heeft de commissie zich tot een bijzonder punt van aandacht gerekend. Vandaar dat zij haar werk nog voor een periode van twee jaar voortzet, een toepassingsfase, waarin het erom gaat de ontwikkelde instrumenten te testen en in de praktijk te introduceren.

Ook daarna is er nog veel te doen. Het bijbrengen van hydrologisch inzicht bij de terreinbeheerders en van ecologisch inzicht bij de waterbeheerder, zal tijd en inspanning vragen, alsook een doordachte planmatige aanpak. Beide typen van beheerders, doch evenzeer inrichters en beleidsvoorbereiders, met name op het hoger en middelbaar technische niveau, zullen moeten leren in ecohydrologische termen te denken, willen zij de instrumenten kunnen toepassen, zelfs op eenvoudig gebruiksniveau. Deze lijn zal moeten worden opgepakt door terreinbeherende instanties, zoals het Staatsbosbeheer en particuliere natuurbeschermingsinstanties, en door de waterschappen. Het vruchtbare contact tussen de Unie van Waterschappen en Staatsbosbeheer is daar ook op gericht en moge als voorbeeld dienen. Een en ander geldt ook voor een instantie als de Landinrichtingdienst. Bij vrijwel alle landinrichtingsprojecten bestaat behoefte aan een instrumentarium zoals door de SWNBL ontwikkeld. De commissie prijst zich dan ook gelukkig dat de Landinrichtingdienst gedurende de gehele studieperiode actief heeft geparticipeerd. De instanties die bij uitstek de behartiging van de belangen van natuur, bos en landschap tot taak hebben, te weten de directie Natuur, Milieu en Faunabeheer en de directie Bos- en Landschapsbouw, beide met hun provinciale consulentschappen, zijn uiteraard in het bijzonder gebaat bij het ontwikkelde instrumentarium. Zij zullen toepassing ervan veelal moeten initieren. Ook hier zal een aanloopperiode noodzakelijk zijn.

Tenslotte noem ik met nadruk de diensten van de Provinciale Besturen belast met de planning van de waterhuishouding alsmede de instanties betrokken bij de vergunningverlening van drink- en industriewateronttrekkingen, in het bijzonder de Technische Commissie Grondwaterbeheer, TCGB. Toepassing zal hier op routinebasis moeten worden geintroduceerd.

De commissie kan voorshands niet veel meer doen dan stimuleren. Binnen de commissie leven evenwel gedachten om, met gewijzigde vorm, status en samenstelling, na de lopende toepassingsfase van twee jaar, zo mogelijk een rol te spelen bij de noodzakelijke actieve promoting van de ontwikkelde instrumenten in de praktijk. Daar is alle reden toe, want het is met de waterhuishouding voor natuur, bos en landschap niet best gesteld.

Hoewel er dus nog veel moet gebeuren, kijkt de commissie toch, zeker in het licht van haar taakstelling, met voldoening naar het bereikte resultaat. In dat verband is het hier op zijn plaats om vast te stellen dat daarvoor door zeer velen zeer hard is gewerkt. Met name geldt dit voor de onderzoekers van de deelnemende instituten, het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, de Stichting Bodemkartering, die immers het eigenlijke werk hebben verricht. Commissies behoren zich te beperken tot verbale arbeid. Ik sluit dit voorwoord dan ook af met het uitspreken van de wens en de verwachting dat het voorliggende studieresultaat van de SWNBL zijn weg naar de praktijk van beleid en beheer zal weten te vinden en dat de kwaliteit van natuur, bos en landschap daarvan over een jaar of tien de zichtbare gevolgen zal vertonen.

De voorzitter van de SWNBL,

dr. C.F. van Beusekom.

INHOUDSOVERZICHT

Algemeen gedeelte 7

1. Waarom een SWNBL? 8
2. Water en waterbeheer in grote lijn 9
3. De studie 11

Thema natuur 15

1. Inleiding 17
2. Kennis en inzichten 19
3. Van kennis naar instrument 29
4. Instrumenten 31
5. Beschrijvings- en karteringsmethoden 49
6. Toepassing 51

Thema bos 59

1. Basiskennis en inzichten 60
2. Verkenning bestaande instrumenten 63
3. Resultaten 66
4. Toepassing 71

Thema landschap 73

1. Inleiding 74
2. Uitwerking binnen SWNBL 74
3. Toepassing 90

Samenvatting 91

Bijlagen 101

ALGEMEEN GEDEELTE

Inhoudsopgave

1. Waarom een SWNBL 8
1.1 Algemene achtergronden 8
1.2 Ontwikkelingen in het beleid 8
1.3 De SWNBL 9
1.4 Het resultaat van de SWNBL 9

2. Water en waterbeheer in grote lijn 9
2.1 Gedrag en ecologische betekenis van water 9
2.2 Waterbeheer 11

3. De studie 11
3.1 Organisatie en doel 11
3.2 Uitwerking taak 11
3.3 Kader 12
3.4 *Uitgangspunten en prioriteiten* 13
3.5 Fasering 13
3.6 Rapportage 13

1. Waarom een SWNBL

1.1 ALGEMENE ACHTERGRONDEN

Water is een vitaal element in het bestaan van de mens, maar ook in dat van plant en dier. Alle levende wezens stellen eigen eisen aan het waterregime in hun omgeving. Die eisen kunnen zeer verschillend zijn.

In een land als Nederland wordt water vanouds beheerst ten behoeve van de veiligheid, de bewoonbaarheid en de exploiteerbaarheid van ons grondgebied. Onder invloed van technische en economische ontwikkelingen, welvaart en bevolkingsgroei zijn de aan de waterhuishouding gestelde eisen en de aanspraken op het beschikbare water de laatste tientallen jaren sterk gestegen. Sectoren zoals de land- en tuinbouw, de electriciteitsproduktie, de drink- en industriewatervoorziening, de scheepvaart, de visserij en de recreatie vragen ieder voor zich water van voldoende kwaliteit, op de juiste plek en tijd beschikbaar in voldoende hoeveelheden. Deze wensen zijn in toenemende mate onderling concurrerend.

Dergelijke wensen zijn er ook voor natuur, bos en landschap, de groene omgeving van de mens. De kwaliteit hiervan staat of valt met de kwaliteit en kwantiteit van het aangevoerde water. Anders dan bij andere maatschappelijke sectoren, is voldoende goed water niet alleen een bestaansvoorwaarde, maar ook een intrinsieke kwaliteit van natuur, bos en landschap. Schoon water en natuur zijn niet los van elkaar te zien en wanneer we in dit verband spreken van waterbehoefte, dan leidt die behoefte niet tot verbruik en niet tot kwaliteitsverlies. Integendeel, reservering van water voor natuur, bos en landschap betekent per definitie een positieve bijdrage aan het fysieke milieu van de mens.

Het is dan ook geen toeval dat, parallel aan de groeiende waterconsumptie en de steeds omvangrijker ingrepen in de natuurlijke waterhuishouding van ons land, een duidelijke en steeds ernstiger achteruitgang van de kwaliteit van natuur, bos en landschap zichtbaar wordt. Steeds minder wordt voldaan aan de voorwaarden van beschikbaarheid en kwaliteit van water, die vanuit natuur, bos en landschap aan de orde zijn. Steeds duidelijker wordt ook de strijdigheid tussen economische en ecologische aanspraken met betrekking tot het water.

1.2 ONTWIKKELINGEN IN HET BELEID

Water, vooral dat van goede kwaliteit, is in onze dichtbevolkte, hoogontwikkelde samenleving een schaars goed geworden. Gegeven de veelzijdige, nog steeds groeiende vraag en het begrensde aanbod, zijn zowel de verdeling over de belanghebbende sectoren als het beheer meer dan ooit een primaire overheidszorg geworden. Het beleid op het gebied van de waterhuishouding is dan ook sterk in ontwikkeling, zowel op rijksniveau als op regionaal niveau, bij provincies en bij waterschappen.

Op rijksniveau krijgt het beleid vorm in diverse nota's. Vigerend zijn bijvoorbeeld de Tweede Nota Waterhuishouding en het Indicatief Meerjarenprogramma Water (beide Verkeer en Waterstaat), het Structuurschema Natuur- en Landschapsbehoud (Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk) en het Indicatief Meerjarenprogramma Milieubeheer (Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer). In voorbereiding zijn de Derde Nota Waterhuishouding (Verkeer en Waterstaat), het Nationaal Milieubeleidsplan (Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer), het NationaalNatuurbeleidsplan (Landbouw en Visserij). Aanpassing, vernieuwing en implementatie van de wetgeving is gaande. Het betreft daarbij ondermeer de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater, de Grondwaterwet, de Wet op de Bodembescherming, de Wet op de Waterhuishouding en de Waterschapswet. De eerste drie zijn reeds van kracht, de laatste twee zijn in voorbereiding.

Op provinciaal niveau is een versterking van de verantwoordelijkheid van het provinciale bestuur aan de orde, die gestalte krijgt in provinciale waterhuishoudings- en grondwaterplannen. Organisatie en doelstellingen van kwantiteits- en kwaliteitsbeheerders, waterschappen en zuiveringsschappen, worden aangepast en verbreed. Op al deze niveaus wordt een actief beleid voorbereid dat - naast de specifiek op het menselijk gebruik gerichte doelstellingen - ook veel sterker dan in het verleden is gericht op het bereiken van ecologische doelstellingen.

Binnen de terreinbeherende instellingen, in het bijzonder de particuliere natuurbeschermingsorganisaties en Staatsbosbeheer, is de aandacht steeds meer gericht op de zorg voor een goede waterhuishouding. In verband daarmee is bij deze organisaties een toenemende professionalisering op dit vakgebied gaande en wordt thans meer systematisch gestreefd naar een optimaal waterbeheer als basis voor een goede ecologische kwaliteit van de beheerde terreinen. Dit komt ondermeer tot uitdrukking in budgettaire verschuivingen ten gunste van dit deelveld, grotere bestuurlijke aandacht voor het externe waterbeheer, en grotere eigen inspanningen op het gebied van waterhuishoudkundige inrichting en beheer van de terreinen zelf.

Deze opvallende ontwikkelingen leiden tot een geleidelijke modernisering van het wetgevend, bestuurlijk en organisatorisch kader met het oog op een toereikend, integraal waterbeheer en een goed onderbouwde, billijke verdeling van het schaarse water tussen de betrokken belangen. Het is duidelijk dat één van de voorwaarden om deze ambitieuze, maar noodzakelijke aanpak te doen welslagen bestaat uit het voorhanden zijn van kennis. Kennis, die nodig is om de specifieke eisen en wensen vanuit de verschillende sectoren te onderbouwen en preciseren. Het betreft dus toepasbare kennis ten dienste van de praktijk en stoelend op een wetenschappelijk fundament. Dit geldt op overeenkomstige mate op het gebied van het beleid (de afweging), van de inrichting, en van het beheer - zowel het waterbeheer als het terreinbeheer.

1.3 DE SWNBL

Echter, onder andere in de Tweede Nota Waterhuishouding (1985) en in de daaraan ten grondslag liggende PAWN-studie (PAWN = Policy Analysis for the Water Management of the Netherlands), moest worden onderkend dat juist inzake de relatie tussen de waterhuishouding en natuur en milieu een gebrek aan kennis bestond, waardoor die relatie noodgedwongen onderbelicht moest blijven. Dit gold in het bijzonder voor de relatie tussen grondwater en terrestrisch milieu, voor het mariene ecosysteem en voor de verontreinigde waterbodems. Minder duidelijk is onderkend dat een dergelijk gebrek aan kennis ook bestond over het verband tussen waterhuishouding en bos, en waterhuishouding en landschap.

Op al deze terreinen zijn studies gestart om de geconstateerde leemtes op te vullen. De Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap (SWNBL) is in het leven geroepen om met name de kennisachterstand op het gebied van grondwater en terrestrisch milieu, bos en landschap op te heffen. De gezamenlijke verantwoordelijkheid van drie Ministeries, te weten Landbouw en Visserij, Verkeer en Waterstaat, en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, onderstreept het belang dat wordt gehecht aan de specifieke kwaliteiten van natuur, bos en landschap.

1.4 HET RESULTAAT VAN DE SWNBL

De SWNBL is haar werk begonnen in 1983. Thans ligt het resultaat er. In hoeverre is de SWNBL erin geslaagd de geconstateerde leemten op te heffen? Of, specifieker gesteld, wat biedt het studieresultaat van de SWNBL ten behoeve van beleid en afweging en ten behoeve van de praktijk van inrichting en beheer?

De SWNBL heeft, op basis van bestaande kennis en inzichten, een instrument ontwikkeld dat het mogelijk maakt de gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding te voorspellen voor natuur, bos en landschap. Omgekeerd maakt dit instrument het mogelijk aan te geven welke waterhuishoudkundige maatregelen en voorzieningen noodzakelijk zijn wanneer men bepaalde doelstellingen en functies van terreinen en gebieden wenst te realiseren. Daarbij zijn aan de orde de aspecten van behoud, herstel en ontwikkeling van ecosystemen en ecologische kwaliteiten, houtproduktie en landschapstypen. Daarmee wordt aan het beleid van rijk en provincie de mogelijkheid geboden de belangen van natuur, bos en landschap op volwaardige wijze in de afweging te betrekken. Voor de praktijk van de inrichting bestaat thans de mogelijkheid stelsels van waterhuishouding en waterbeheersing te ontwerpen waarin onderbouwde programma's van eisen vanuit de belangen van natuur, bos en landschap zijn vertaald en zo nodig geïntegreerd.

Aan de waterbeheerders kan met het SWNBL-instrument meer duidelijkheid worden aangereikt omtrent de specifieke kwalitatieve en kwantitatieve waterhuishouding waarin zij in concrete situaties ten behoeve van het belang van natuur, bos en landschap worden geacht te voorzien.

De terreinbeheerders tenslotte zullen de geboden kennis kunnen gebruiken om de belangen van de aan hun zorg toevertrouwde terreinen beter gefundeerd en effectiever te behartigen. Dat geldt zowel in bestuurlijk en ambtelijk overleg en in bestuurlijke procedures, alsook in de praktische inrichting en de waterbeheersing binnen de terreinen zelf.

Het geboden instrumentarium is nog niet perfect. In wisselwerking met de praktijk zal het moeten worden bijgesteld en verbeterd. Naarmate het werk van de SWNBL vorderde, is dit proces reeds op gang gekomen, maar het zal in de komende jaren verder moeten worden geïntensiveerd. Ook de kennisontwikkeling zal niet stil blijven staan. Met het oog op het eenvoudiger toepasbaar maken van het ontwikkelde instrument zet de SWNBL haar werk in ieder geval nog twee jaar voort.

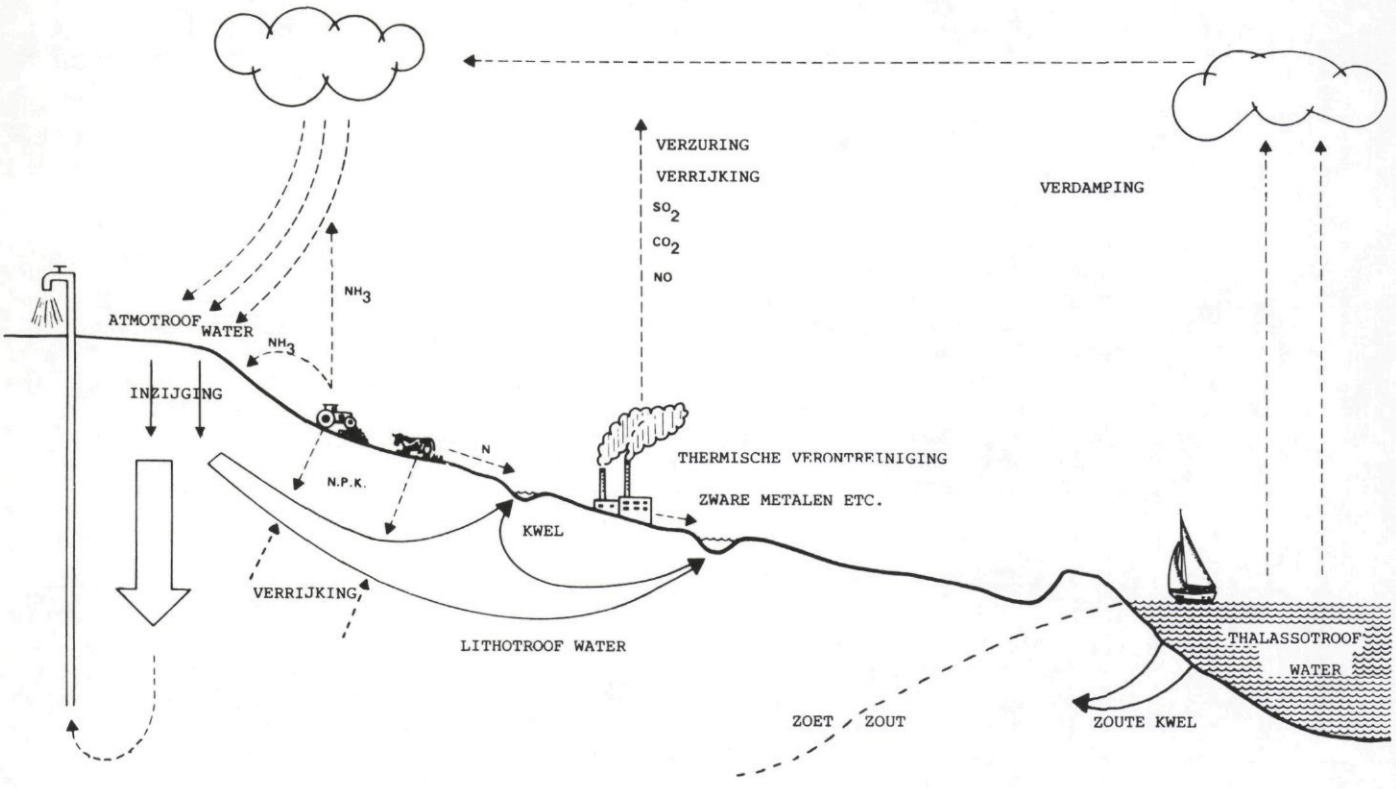
Het thans beschikbare resultaat zal er vooral toe leiden dat o.a. een groot deel van de geconstateerde leemte in de in 1989 uit te brengen vervolgstudie van de PAWN voor de Derde Nota Waterhuishouding zal kunnen worden opgeheven, en dat de voor het natuurbehoud relevante aspecten van de waterhuishouding zullen kunnen worden geïntegreerd in het in hetzelfde jaar uit te brengen Natuurbeleidsplan. Bij de voorbereiding van landinrichtingsprojecten, o.a. voor het Noorderparkgebied, wordt met het SWNBL-instrument geëxperimenteerd. Hetzelfde geldt voor de systematiek van de beheersplanning bij het Staatsbosbeheer, voor zover het de waterhuishouding betreft.

Tenslotte bieden de studieresultaten van de SWNBL waardevolle, concrete aanknopingspunten voor het beleid inzake de verzuring en de vermesting, in het bijzonder wat betreft mogelijke effektgerichte maatregelen (d.w.z. gericht tegen effecten). Gestreefd wordt naar het verwerken hiervan in het Nationaal Milieubeleidsplan en het Nationaal Natuurbeleidsplan, plannen die de regering in 1989 aan de Tweede Kamer zal aanbieden.

2. Water en waterbeheer in grote lijn

2.1 GEDRAG EN ECOLOGISCHE BETEKENIS VAN WATER

Om inzicht te krijgen in de rol van water is het goed te beginnen met de kringloop van het water, weergegeven in fig. 1. Deze toont dat er verschillen zijn in hoe het water zich aan ons voordoet: grondwater, oppervlaktewater en atmosferisch water (waterdamp), en hoe deze verschillende verschijningsvormen met elkaar samenhangen.



Figuur 1: Globale kringloop van water en de invloed van menselijke ingrepen

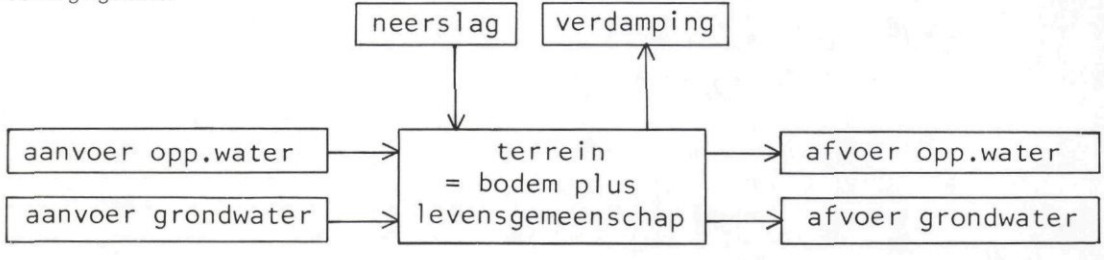
Er kan een aantal processen worden onderscheiden die zowel de kwantiteit als de kwaliteit van water kunnen beïnvloeden. Het water verdampt uit de zee en kan als damp door de atmosfeer getransporteerd worden tot boven het land. Daar komt het als neerslag terecht op de bodem. Een deel van dit water verdampt direct. Een ander deel stroomt oppervlakkig weg naar en door waterlopen om ten slotte in zee terecht te komen. Het overblijvende, overgrote deel zijgt weg in de bodem naar het grondwater, dat zich ook naar lagere delen verplaatst en aldaar aan de oppervlakte treedt als oppervlaktewater en zo zijn weg terug naar zee vervolgt.

Wat de kwaliteit betreft is het neerslagwater relatief zuur, mineraalarm en stikstofrijk. Die kwaliteit wordt aangeduid als regenwaterachtig. Het water kan vervolgens op zijn weg door de bodem worden verrijkt met opgeloste stoffen. Hierdoor neemt de concentratie van ionen toe, naar verhouding vooral van calcium en bicarbonaat, en het grondwater wordt neutraler tot basisch. Als het na een lange verblijftijd ondergronds weer bij of aan de oppervlakte komt en eventueel als kwel uittreedt, heeft het een zgn. grondwaterachtig karakter gekregen. Een laatste type water is zeewater. Het wordt gekenmerkt door een hoog ionengehalte dat vooral door chloride bepaald wordt. De kwaliteit ervan wordt aangemerkt als zeewaterachtig. Die kwaliteit kan zich in Nederland voordoen door b.v. de invloed van zoute kwel vanuit diep, fossiel grondwater, kwel van zeewater in lage kustgebieden en het binnendringen van zeewater in grote oppervlaktewateren zoals estuaria.

De kwaliteit van het neerslag-, grond- en oppervlaktewater wordt direct en indirect steeds meer beïnvloed door de mens. De kwaliteit verandert in de richting van zeewaterachtig. Dat komt door de toevoegingen aan de atmosfeer en aan atmosferische waterdamp als gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen door industrie, huishoudens en verkeer, als gevolg van andere vormen van uitstoot van industriële processen en als gevolg van vervluchtiging van meststoffen, en door toevoegingen aan de bodem en het grond- en oppervlaktewater ten gevolge van bemesting, lozing, dumping, e.d.

De stroming van grond- en oppervlaktewater, waarbij water tevens oplosbare stoffen kan opnemen en gaandeweg van kwaliteit kan veranderen, vormt een ecologisch wezenlijke en fundamentele schakel tussen de verschillende elementen in het landschap. Dat ligt, in wisselwerking met de topografie en de factor tijd, mede ten grondslag aan de differentiatie en het functioneren van ecosystemen op landschapsschaal. De beïnvloeding van de waterhuishouding is daarom één van de belangrijkste manieren waarop de mens ingrijpt in het natuurlijk milieu en in het landschap. Oppervlaktewater en grondwater hangen ten nauwste samen. Daarom verloopt de beïnvloeding van het grondwaterregime in belangrijke mate via het beheer van het daarvoor veel toegankelijker oppervlaktewater (zie fig. 2).

Figuur 2: Zeer geschematiseerde waterbalans van een willekeurig terrestrisch terrein; met weglating van b.v. de bergingsfactor



De aanwezigheid van water als zodanig is van direct levensbelang voor plant, dier en mens. Naast de beschikbaarheid van water is ook de kwaliteit ervan van belang. Grondwater is bepalend voor bodemprocessen, zoals het door afbraak weer vrijkomen van voedingstoffen uit organisch bodemmateriaal (mineralisatie), de zuurstofhuishouding in de bodem (oxydatie/reductie-omstandigheden), de temperatuurhuishouding, de zuurgraadhuishouding e.d., die voor de plant van grote betekenis zijn. De bodem vormt zo de schakel tussen hydrologie en de levende organismen. In de eerste plaats de plant, omdat die waterafhankelijke processen evenzeer afhankelijk zijn van eigenschappen van de bodem zoals organische stofgehalte, chemische samenstelling, korrelgrootteverdeling, enz.

2.2 WATERBEHEER

Water vervult in onze samenleving een complex van functies, die onderling min of meer strijdig kunnen zijn. Voor het vervullen van deze functies is het noodzakelijk om in te grijpen in het natuurlijke gedrag van water. De waterbeheerder streeft er zoveel mogelijk naar dat de gewenste hoeveelheid water *met de vereiste kwaliteit op het juiste tijdstip* en de goede plaats beschikbaar is. Daartoe worden maatregelen genomen, die van grote invloed kunnen zijn op natuur, bos en landschap. Het oppervlaktewater vormt daarbij doorgaans het aangrijpingspunt voor zowel het oppervlaktewater- als het grondwaterbeheer. Ook het grondwatergebruik is in deze van belang.

Die maatregelen kunnen in natuurgebieden processen in gang zetten die ingrijpende gevolgen kunnen hebben voor het voorkomen en voortbestaan van soorten, levensgemeenschappen en natuurwaarden. De belangrijkste gevolgen van ingrepen zijn (grond)waterstandsverandering (-verlaging en -verhoging), inclusief eventueel samengaande kwaliteitsveranderingen, en wateraanvoer. De ingrepen vinden als regel plaats op een lokale of regionale schaal. Het gaat daarbij om gebieden die in grootte variëren van tientallen tot duizenden hectares en vaak veel omvangrijker zijn dan de erbinnen gelegen natuurlijke elementen. Het is dan gebruikelijk dat mede tegen de achtergrond van die oppervlakteverhouding zo goed mogelijke deeloplossingen worden gezocht voor eventueel resulterende lokale problemen, zoals een bedreiging van natuurgebieden.

Dit geldt ook voor de natuurfunctie van bos. Iets vergelijkbaars geldt voor de produktiefunctie. Daarbij gaat het voornamelijk om de invloed van de kwantitatieve waterhuishouding op de vitaliteit en groei van de bomen. Omgekeerd is ook de invloed van de aanwezigheid van bos op de voeding van het grondwater van belang, omdat bos in vergelijking met andere terreintypen een ander afvoergedrag vertoont.

Het waterbeheer heeft ook voor het landschap consequenties. Dat betreft veranderingen in beloop, dimensionering en dichtheid van oppervlaktewateren, met aanvullende voorzieningen zoals stuwen, bruggen etc. In samenhang daarmee gaat het ook om aanpassing of wijziging van bestemming, inrichting en gebruik van de ruimte via b.v. grondwaterstandsveranderingen en de invloed die daarvan uitgaat op de natuur, het bos, de landbouw en verdere functies.

3. De studie

3.1 ORGANISATIE EN DOEL

De commissie is op 7 oktober 1982 ingesteld door de Minister van het toenmalige departement van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk werk, handelend in overeenstemming met de Ministers *van Landbouw en Visserij en van Verkeer en Waterstaat* (bijlage 1). Deze ministeries, alsmede dat van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne zijn direct, en/of via daaronder resorterende diensten en instellingen, in de commissie vertegenwoordigd. Het ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk werk is niet meer vertegenwoordigd sinds het moment dat de beleidsverantwoordelijkheid voor natuur en landschap overging naar Landbouw en Visserij. Verder zijn andere belanghebbende instanties vertegenwoordigd om bij de studie een zo volledig mogelijk beeld te verkrijgen van de aspecten die samenhangen met de relatie waterbeheer - natuur, bos en landschap. Dit zijn de provincies en de waterschappen. Ten slotte zijn in de commissie vertegenwoordigd de uitvoerende instituten van de Directie Landbouwkundig Onderzoek (zie bijlage 2). De duur van de studie is gesteld op vijf jaar (1983-1987; zie bijlage 1).

Doel van de studie is om bestaande kennis, gegevens en inzichten bruikbaar te maken voor de praktijk voor het kunnen voorspellen van de effecten van ingrepen en veranderingen in de waterhuishouding op natuur, bos en landschap, om leemten in die kennis te signaleren en om die aan te vullen indien dat wenselijk is voor het bereiken van een goed eindresultaat. Binnen de studie is een deling gemaakt in drie thema's, respectievelijk Natuur, Bos en Landschap. Omdat de onderzoeksvelden voor de verschillende onderdelen nogal uiteenlopen wat betreft inzichten, ervaring, kennis en aanpak is dit noodzakelijk geacht om voor de praktijk van beleid en beheer een op elk niveau bruikbaar resultaat te kunnen leveren.

3.2 UITWERKING TAAK

De cruciale vraag van de praktijk is welke eisen er vanuit natuur, bos en landschap aan de waterhuishouding en het waterbeheer worden gesteld. Deze eisen zijn onvoldoende bekend. Dit heeft te maken

met een tekort aan kennis, dat deels slaat op de basiskennis van ecologie, bosbouwkunde, landschapskunde, bodemkunde en hydrologie, zowel afzonderlijk als speciaal in combinatie. Deels - en minstens zozeer - heeft dit betrekking op de toepasbaarheid van de beschikbare kennis in de praktijk van beleid en beheer. Het ontbreekt in de praktijk ook aan bruikbare maatstaven voor het beoordelen van houdbaarheid, herstel, potenties en schade van natuur, bos en landschap, en aan criteria voor de beoordeling van de kwaliteit.

De SWNBL moet er dus naar streven om voor waarden van natuur, bos en landschap indicatieve sleutelfactoren of -parameters te vinden die de relaties tussen water, natuur, bos en landschap (samenhangend) beschrijven. Een dwingende eis daarbij is dat deze factoren of parameters bruikbaar zijn voor beleid en beheer. Onder bruikbaar moet worden verstaan: aanknopingspunten biedend voor besturing. Dit houdt in dat zij ondubbelzinnig, voldoende nauwkeurig en standaard beschikbaar zijn, of met eenvoudige middelen bepaald kunnen worden. Zij moeten goed bruikbaar zijn bij beoordeling, afweging en keuze van maatregelen en effecten op verschillende ruimtelijke en bestuurlijke schaalniveau's.

Concreet is dan ook aan de SWNBL de taak meegegeven:
- het beschrijven van het verband tussen waterregime en natuur
- zodanig dat bij het waterbeheer rekening kan worden gehouden met de wens bedreigde plantensoorten en vegetatietypen te beschermen of te ontwikkelen, en
- zodanig dat de invloed van veranderingen in het waterbeheer op het voorkomen van soorten en typen voorspeld en beordeeld kan worden;
- het beschrijven van het verband tussen waterregime en bos, zowel voor de natuurfunctie als voor de produktiefunctie,
- zodanig dat bij het waterbeheer rekening kan worden gehouden met de wens bepaalde bostypen te behouden, te herstellen of te ontwikkelen,
- zodanig dat de invloed van veranderingen in het waterregime op het voorkomen van bostypen voorspeld en beoordeeld kan worden, en
- zodanig dat ook omgekeerd de invloed van bos op de waterhuishouding aangegeven kan worden;
- het beschrijven van het verband tussen waterbeheer en landschap,
- zodanig dat bij het waterbeheer rekening kan worden gehouden met de wens waardevolle landschapskenmerken te behouden, te herstellen of te ontwikkelen, en
- zodanig dat de invloed van veranderingen in de waterhuishouding op het landschap voorspeld en beoordeeld kan worden.

Daarnaast behelsde het oorspronkelijke voorstel van de directeur van het toenmalige Staatsbosbeheer het verrichten van een inventarisatie van de patronen en de processen in de hydrologie, geologie, geomorfologie, en actuele en potentiële biogeografie van Nederland en een beschrijving daarvan in kaarten en statistieken, met een exemplarische uitwerking tot op lokaal niveau. De keuze van wat en hoe te inventariseren, beschrijven en interpreteren is uiteraard afhankelijk van wat men met de te verzamelen gegevens denkt te kunnen of willen. Bepalend hierbij zijn de stand van de beschikbare kennis en de mogelijkheid van vertaling daarvan in een praktisch hanteerbaar instrument. Die kennis werd als niet volledig toereikend gezien, terwijl er in ons land al op grote schaal en op uiteenlopende wijze veel inventarisatiewerk werd en nog wordt verzet. Daarom is dat deel van het voorstel beperkt tot een behandeling van beschrijvings- en karteringsmethoden, afgestemd op de gegevensbehoefte van het te ontwikkelen instrument.

3.3 KADER

Een studie naar het verband tussen enerzijds waterhuishouding en waterbeheer en anderzijds natuur, bos en landschap bestrijkt een breed terrein. Dit vereist, vooral met het oog op een efficiënt verloop en tijdige en bevredigende afloop van de studie, een nadere bepaling van de onderwerpen. Onder natuur wordt in dit verband verstaan de spontane inheemse land- en moerasflora en -vegetatie van hogere planten, vooral die van relatief vochtige en/of voedselarmemilieu's, gradiëntsituaties en kwelgebieden. Het bos wordt in beschouwing genomen vanuit het oogpunt van de groei- en gezondheidstoestand van de bomen in relatie tot de waterhuishouding, en omgekeerd de invloed van bomen/bos op de waterhuishouding. Onder landschap wordt verstaan de karakteristieke aanwezigheid, ordening en samenhang van visuele kenmerken van functies, gebruiksvormen en ecosystemen.

De studie besteedt geen aandacht aan aquatische en brakke tot zoute (veelal buitendijkse) ecosystemen. Dit is deels het geval omdat dergelijke systemen anders functioneren, deels omdat de praktische kennisachterstand op dat gebied minder is en omdat op dat gebied reeds andere studies gaande zijn. De fauna blijft buiten beschouwing, mede omdat het verband tussen waterhuishouding en waterbeheer in terrestrische milieu's in belangrijke mate via de vegetatie verloopt.

Het brede en ingewikkelde probleemveld van de SWNBL is verder afgebakend door de volgende uitgangspunten:
- de studie gaat uit van bestaande kennis, gegevens en inzichten;
- lacunes die in de bestaande kennis blijken te bestaan, worden gesignaleerd; indien zij essentieel zijn voor het toepasbaar maken van de bestaande kennis, wordt het benodigde onderzoek niet door de SWNBL uitgevoerd, maar wel door de SWNBL bevorderd;
- leemten in de bestaande informatie, voor zover zij betrekking hebben op veldgegevens die essentieël zijn voor het toepasbaar maken van de bestaande kennis worden eveneens gesignaleerd; bezien wordt in hoeverre deze gegevens in de loop van de studie alsnog kunnen worden verkregen;
- de studie levert parameters op die in de praktijk kunnen worden toegepast;
- de studie levert voorspellingsmethoden (modellen) op die algemeen toepasbaar zijn en waarvoor reeds veel veldinformatie beschikbaar is;
- de detaillering van informatie en de ruimtelijke weergave ervan (keuze schaalniveau's) dienen aan te sluiten bij de bestuurlijke inrichting van Nederland;
- er wordt uitsluitend uitgegaan van maatregelen

die het waterbeheer direct betreffen; andere ingrepen of maatregelen die de waterhuishouding kunnen beïnvloeden, zoals bemesting, zure neerslag en ontgrondingen, zullen daarbij echter niet uit het oog worden verloren.

3.4 UITGANGSPUNTEN EN PRIORITEITEN

De studie is bij het bepalen van de uitgangspunten gesteld voor de keus tussen een correlatieve benadering en een causaal-analytische procesbenadering. De keus is, gegeven de opdracht, gevallen op een causaal-analytische procesbenadering, teneinde:

- gericht en efficiënt te werken door duidelijk of aannemelijk te krijgen welke factoren of stuurvariabelen belangrijk zijn en welke gegevens verzameld moeten worden;
- de resultaten van de SWNBL diepgaander en meer algemeen toepasbaar te maken en om beter onderbouwde uitspraken mogelijk te maken;
- de resultaten vatbaar te maken voor toekomstige verbetering, aanpassing en detaillering zonder de inhoudelijke basis en basisstructuur wezenlijk te hoeven verlaten;
- verder onderzoek richting te geven en te stimuleren.

Deze keus heeft uiteraard zijn weerslag op de invulling van de prioriteiten. De hoogste prioriteit is toegekend aan:

- het verkrijgen van een overzicht van beschikbare kennis en inzichten;
- het beschikbaar maken van bestaande methoden om die kennis en inzichten toe te kunnen passen;
- het op basis van het overzicht verder aanvullen en zonodig ontwikkelen van simulatiemodellen voor het beschrijven van bestaande situaties en het voorspellen van effecten.

Het voorgaande gaat in het bijzonder over het thema natuur. De aandacht is binnen dat thema aansluitend uitgegaan naar methoden voor het op gestandaardiseerde wijze verzamelen, be- en verwerken van gegevens over waterhuishouding en ecologie die nodig zijn voor een goed benaderen en oplossen van het probleem. Bij het thema landschap is ook de nadruk gelegd op een soortgelijke "gestandaardiseerde benadering".

3.5 FASERING

Voor de uitvoering van de studie is een periode van vijf jaar gesteld en een inzet van vijfentwintig mensjaren geraamd. De inhoudelijke en organisatorische aanpak was bij de instelling van de commissie nog onvoldoende uitgekristalliseerd. Daarom is besloten de studie in fasen uit te voeren.

De eerste fase van de studie (1983-1985) heeft een verkennend-inventariserend karakter gekregen. Dat had tot doel om een basis te leggen en een kader te scheppen voor de verdere studie. Bij het verzamelen, ordenen, analyseren, beoordelen en bewerken van de beschikbare kennis met betrekking tot de relatie waterhuishouding/waterbeheer - natuur, bos en landschap is bezien welke informatie per onderwerp beschikbaar was. Het ging daarbij in de eerste plaats om fundamentele of achtergrondkennis.

De tweede fase van de studie (1985-1987) was gericht op het formuleren van dosis-effectrelaties en modellen om de bestaande kennis en inzichten op een meer formele manier praktisch toepasbaar te maken. Dit heeft voor de drie thema's een verschillend karakter gekregen.

3.6 RAPPORTAGE

Over de resultaten van de studie is per deelonderwerp afzonderlijk gerapporteerd (bijlage 3). De inhoudelijke verantwoordelijkheid voor deze deelrapporten ligt bij de uitvoerders. Daarnaast zijn door de commissie na het eerste jaar een voortgangsrapport en na de eerste fase van drie jaar een interimrapport uitgebracht, die onder haar verantwoording vallen.

De commissie sluit de studie af met dit overzicht van de resultaten. De studie heeft inmiddels een vervolg gekregen in de vorm van een twee jaar durende operationalisatie-/implementatiefase. Daarom geeft dit rapport niet een overzicht van de gehele materie. Onder verwijzing naar de details, de achtergronden en de wetenschappelijke verantwoording in de deelrapporten geeft het de hoofdlijnen van de resultaten, toegespitst op toepassing in de praktijk.

Inhoudsopgave

1. Inleiding 17

1.1 Doelgroep en praktijkvragen 17
1.2 Plant, bodem, standplaats en waterhuishouding 17
1.3 Beoordeling en potenties 19
1.4 Voorspellingstermijn 19

2. Kennis en inzichten 19

2.1 Inleiding 19
2.2 Relatie plant - standplaats 20
2.2.1 De belangrijkste standplaatsfactoren 20
2.2.2 Ecologische indicatiewaarden van plantensoorten 21
2.2.3 Responsie van plantesoorten op standplaatsfactoren 22
2.3 Relatie standplaats - waterhuishouding 22
2.3.1 Waterkwantiteit 23
2.3.2 Waterkwaliteit 25
2.4 Globale standplaatstypering 26
2.5 De standplaats in ruimtelijk verband 26

3. Van kennis naar instrument 29

3.1 Inleiding 29
3.2 Praktische interpretatie standplaatsbegrip 29
3.3 Keuze praktisch relevante standplaatsfactoren 30
3.4 Toepassing begrippenkader bij andere problematiek 31

4. Instrumenten 31

4.1 Inleiding 31
4.2 Globale instrumenten 33
4.2.1 Karakteristiek globale instrumenten 33
4.2.2 Karakteristiek veranderingen in waterhuishouding 33
4.3 Complexe instrumenten 36
4.3.1 Inleiding 36
4.3.2 Modellen voor de regionale waterhuishouding 37
4.3.2.1 Modellen voor de kwantitatieve waterhuishouding 37
4.3.2.2 Modellen voor de kwalitatieve waterhuishouding 38
4.3.3 Modellen voor de standplaatsfactoren 39
4.3.3.1 Modellen voor de vochthuishouding 39
4.3.3.2 Modellen voor de aëratie 41
4.3.3.3 Modellen voor het zuurgraadregime 41
4.3.3.4 Modellen voor het temperatuurregime 41
4.3.3.5 Modellen voor de nutriëntenhuishouding 41
4.3.4 Modellen voor het verband plant - standplaats - natuurbehoudswaarde 44
4.3.4.1 Inleiding 44
4.3.4.2 Natuurtechnisch Model 45
4.3.5 Samenhang in het complexe instrument 48

5. Beschrijvings- en karteringsmethoden 49

5.1 Inleiding 49
5.2 Flora en vegetatie 49
5.3 Standplaats 50

5.4 Ecohydrologische terreinbeschrijving 50
5.5 Hydrologische systeembeschrijving 50

6. Toepassing 51

6.1 Inleiding 51
6.2 Globale instrumenten 51
6.2.1 Algemeen 51
6.2.2 Samenhang en toepassing 53
6.3 Complexe instrumenten 54
6.3.1 Werkwijze 54
6.3.2 Hoofdconclusie practische toetsing 54
6.3.3 Studiegebied Empese en Tondense heide 54
6.3.4 Studiegebied Veerstalblok 56
6.4 Andere toepassingen 57

1. Inleiding

1.1 DOELGROEP EN PRAKTIJKVRAGEN

Kort samengevat is de taak van de SWNBL t.a.v. het thema natuur
- inzicht te geven in het verband waterhuishouding - natuur,
- aan te geven hoe die kennis in de praktijk kan worden toegepast en
- daartoe beschrijvings- en voorspellingsinstrumenten te bieden.

Bij waterhuishouding staat het grondwater centraal, natuur staat voor de vegetaties van land- en moerasplanten.

De doelgroep is zeer gevarieerd. De verschillende deeldoelgroepen onderscheiden zich door kennisniveau betreffende het onderwerp als geheel en wat zijn onderdelen aangaat (hydrologie, bodemkunde, ecologie), en er is een verschil tussen onderzoekers en gebruikers. De SWNBL moet zich in het bijzonder richten op die laatsten. De kern van de doelgroep loopt dan uiteen van beleidsmakers op landelijk niveau tot waterbeheerders en natuurbeheerders die op lokaal niveau direct met de relatie water - natuur bezig zijn.

De vragen in de praktijk hebben betrekking op
- bestemming: het beleid en de bestuurlijke afweging met betrekking tot de kwantitatieve en kwalitatieve waterbehoefte van belanghebbende sectoren;
- inrichting: concrete uitwerking van de gemaakte beleidskeuzes en hun technische uitvoering in de sfeer van te treffen civiel- en cultuurtechnische maatregelen;
- beheer: de concrete uitvoerende werkzaamheden van terreinbeherende instanties en waterschappen, in de sfeer van doelmatig beheer en onderhoud van de waterstaatkundige infrastructuur.

De praktijkvragen kunnen moeilijk volledig volgens deze indeling worden gescheiden. Die vragen komen, wat betreft de kennis die nodig is om ze te beantwoorden, grotendeels op hetzelfde neer. In grote trekken luiden ze:
- hoe kunnen de situaties worden herkend waar sprake is van een verband tussen grondwater en plant?
- hoe kunnen deze grondwaterafhankelijke situaties worden beoordeeld op
- hun kwetsbaarheid t.a.v. veranderingen in de waterhuishouding;
- hun betekenis en die van de gewijzigde situatie voor het natuurbehoud?

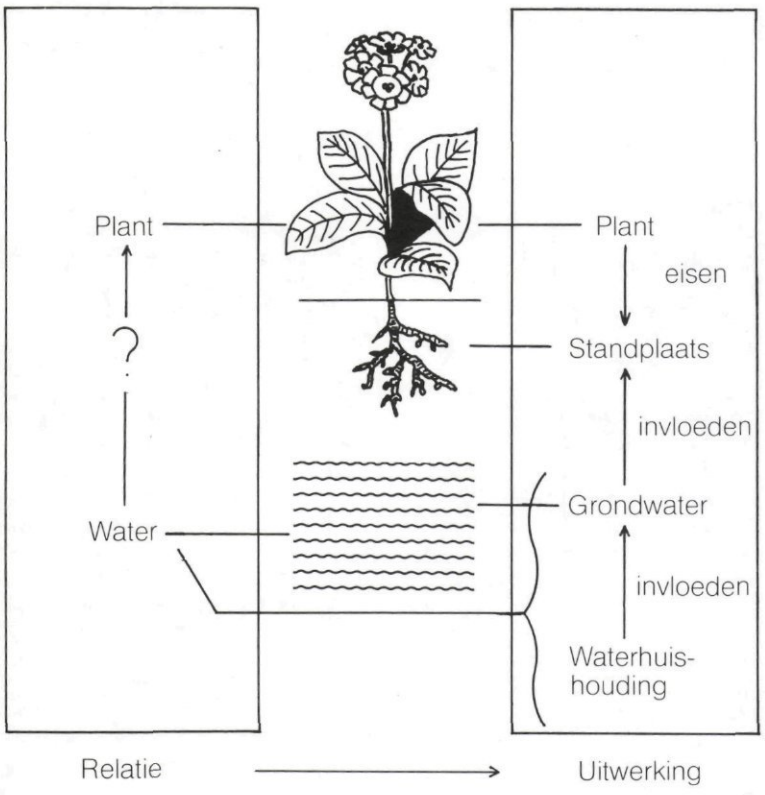
Per deeldoelgroep worden binnen die vragen verschillende accenten gelegd. Deze algemene vragen komen redelijk overeen met wat men in het algemeen in het kader van bestemming wil weten. Vanuit de betrokkenheid van het natuurbehoud bij de bestemmingsproblematiek, en in het kader van inrichting in het algemeen, zijn de vragen wat gedetailleerder. Daarbij komen aanvullende vragen, zoals eisen die de afzonderlijke soorten aan de waterhuishouding in de omgeving stellen of hoe bij de beoordeling van gegeven situaties ook rekening kan worden gehouden met andere invloeden zoals van verzuring en vermesting.

Nog specifieker zijn de vragen in het kader van het beheer. De waterbeheerder wenst vanuit zijn praktijk ondermeer te weten wat de gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding zijn voor de kwantitatieve en/of kwalitatieve waterhuishouding ter plekke. Voor de ruimere omgeving is de beheerder b.v. geïnteresseerd in de invloed van peilverlaging op de grondwaterstand, hoe ver die invloed rijkt en hoe groot die invloed is. Vervolgens wil hij weten wat die gevolgen direct en indirect kunnen betekenen voor de natuur en het natuurbehoud. Andersom wil men vanuit de praktijk van het natuurbeheer weten welke maatregelen buiten natuurgebieden kunnen worden getroffen om negatieve invloeden op die natuurgebieden te ondervangen, te beperken of op te heffen (uitwendig beheer), en welke (aanvullende) maatregelen binnen natuurgebieden kunnen worden getroffen om voortbestaan, herstel en/of ontwikkeling te bereiken (inwendig beheer). Men bedenke bij de laatste vragen dat het onderscheid tussen in- en uitwendig beheer in principe betrekkelijk is. Dit hangt ondermeer af van de omvang van het natuurgebied in relatie tot het hydrologisch systeem waarvan het deel uitmaakt.

1.2 PLANT, BODEM, STANDPLAATS EN WATERHUISHOUDING

Plant, dier en mens stellen alle specifieke eisen aan de hoeveelheid beschikbaar water in hun omgeving en de kwaliteit ervan. Die omgeving is voor land- en moerasplanten de bodem.

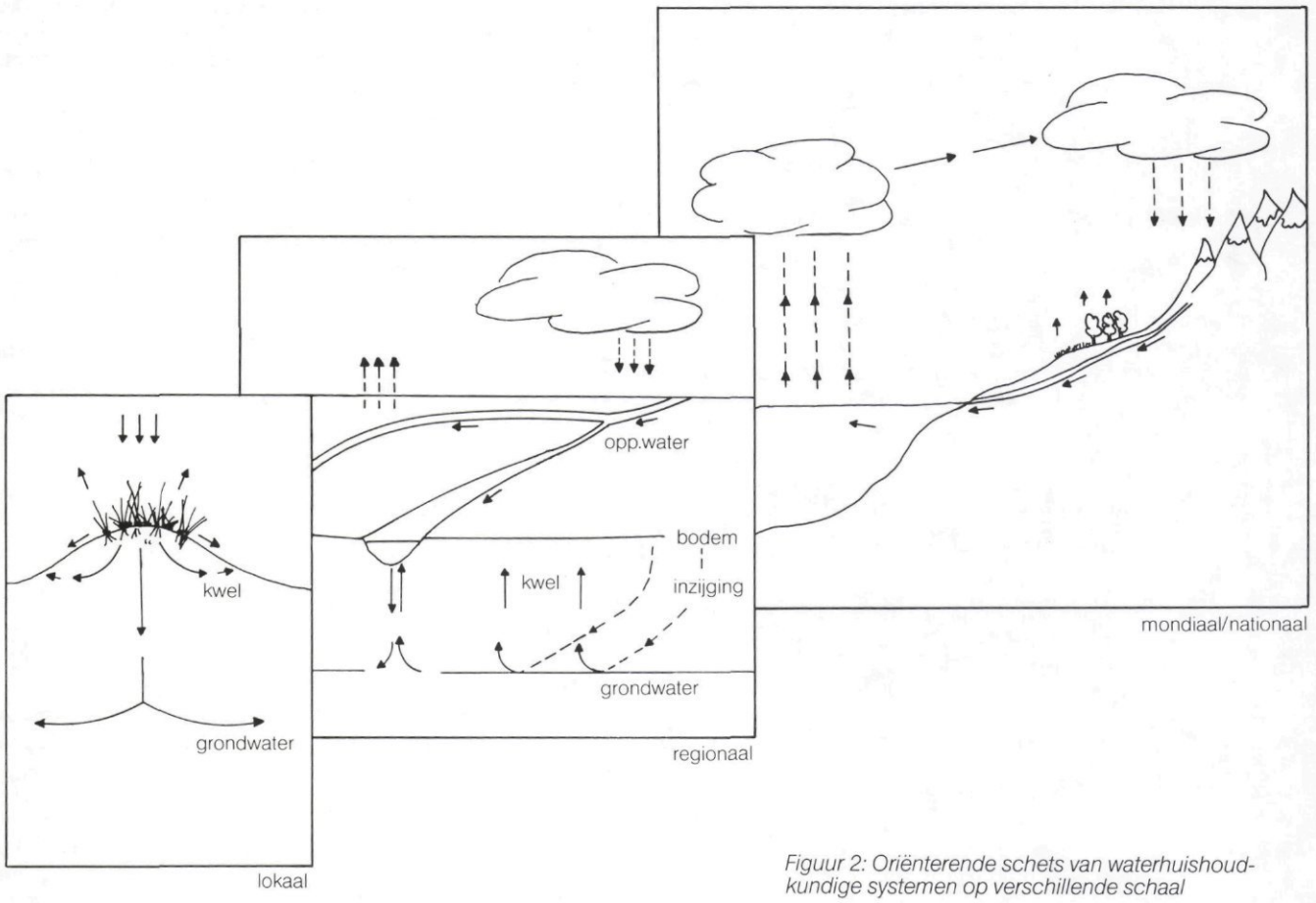
De bodem is het resultaat van een ontwikkelingsproces waarbij het uitgangsmateriaal en het water sleutelfactoren zijn. We kunnen de bodem beschouwen als de essentiële schakel tussen de niet-levende natuur en de levende natuur. In die bodem immers wortelen de planten die ervan afhankelijk zijn voor hun water, voedingsstoffen en dergelijke nodig voor hun groei en produktie. Van deze planten zijn de andere vormen van leven op hun beurt direct of indirect afhankelijk. De bodem vormt ook de plaats waar organische resten worden afgebroken tot anorganische bestanddelen.
Deze kunnen weer als bouwsteen dienen voor levende organismen. De bodem fungeert daarbij als een belangrijke regulator van de ecologische werking van de factor water, zowel wat betreft kwantiteit als kwaliteit. De relatie water - plant moet derhalve worden verstaan als de relatie water - bodem - plant (vgl. fig. 1).
De standplaats is dat deel van de bodem waar het in de relatie tussen water en plant specifiek om gaat. Het is in principe de kleinste, als eenheid beschouwde, omgeving van de plant, die nog toegankelijk is voor ecologisch onderzoek in het veld. De relatie is dus eigenlijk water - standplaats - plant. De standplaats, met de bijbehorende vegetatie, is dus in de eerste plaats een begrip op sublokale



Figuur 1: De benadering voor de uitwerking van het verband water - plant

schaal. De omstandigheden in de standplaats die voor de plant van betekenis zijn, worden aangeduid als standplaatsfactoren; bijvoorbeeld beschikbaarheid van voedingsstoffen en zuurgraad.

De kenmerken van water in de standplaats, zowel de grondwaterstand (kwantiteit) als de grondwaterkwaliteit, staan door grond- en oppervlaktewaterstroming in verband met de omstandigheden in andere standplaatsen en zelfs andere landschapseenheden. Het oppervlaktewater vormt daarbij in de praktijk van het waterbeheer een belangrijke stuurvariabele voor het grondwaterregime. De stroming doet zich voor in bepaalde patronen. Men spreekt in dit verband van hydrologische systemen of stroomgebieden. Zij kunnen in omvang variëren van zeer complexe, delen van hele continenten omvattende systemen tot enkelvoudige, enkele decimeters beslaande systemen. Ook deze, in omvang verschillende systemen hangen nauw samen, waarbij op het land de grote systemen de kleinere omvatten (in elkaar passend of "genest"; fig. 2). Zo is het enkele decimeters grote bult-slenk systeem binnen het hoogveen de bouwsteen van het hiërarchisch daarop volgende systeem, het hoogveen als geheel. Dit past op zijn beurt weer als eenheid binnen een groter en ingewikkelder systeem zoals het stroomgebied van een beekbovenloop, enzovoorts. Naar schaal wordt daarom onderscheid gemaakt tussen lokale, regionale en supraregionale (nationale tot internationale) systemen. Overigens speelt hierbij ook het aspect tijd een rol. Het gaat om dynamische systemen, die in de loop van de tijd aan verandering onderhevig zijn, en waarbij kleinere, oppervlakkige systemen een seizoensmatig karakter kunnen hebben.



Figuur 2: Oriënterende schets van waterhuishoudkundige systemen op verschillende schaal

1.3 BEOORDELING EN POTENTIES

De beoordeling van de betekenis van de gegeven omstandigheden en van de veranderingen daarin moet worden afgeleid uit het doel van het natuurbehoud. Dat is het instandhouden, herstellen en ontwikkelen van de eigenschappen van de omgeving die verantwoordelijk zijn voor het spontaan voorkomen van de variatie aan inheemse organismen en levensgemeenschappen. Men maakt daarbij onderscheid tussen actuele omstandigheden (wat er is) en potenties (wat er zou kunnen zijn).

De actuele natuurbehoudswaarde van een bepaald gebied wordt bepaald door de aanwezige soorten en levensgemeenschappen. Deze actuele waarde wordt afgemeten aan hun bedreigdheid en zeldzaamheid. Zijn de aanwezige soorten en vegetatie onder de gegeven omstandigheden in dynamisch evenwicht met de standplaats, dan hebben potenties betrekking op wat er zou kunnen voorkomen bij een andere vorm van terreinbeheer. Is er geen sprake van zo'n evenwicht, dan ijlen flora en vegetatie na op veranderingen in de standplaats. Potenties hebben dan betrekking op wat de gegeven standplaats na verloop van tijd, en afhankelijk van het terreinbeheer, in een nieuwe evenwichtssituatie zal kunnen opleveren.

Het doel van het natuurbehoud legt nadruk op de eigenschappen van de omgeving. In de SWNBL-benadering van het verband water - standplaats - plant wordt die omgeving de standplaats genoemd. Uit praktische overwegingen is men in het kader van de SWNBL uitgegaan van situaties waarin dat verband in evenwicht verkeert. Potenties hebben dan in SWNBL-verband uitsluitend betrekking op wat een door het waterbeheer veranderde standplaats in een nieuwe evenwichtssituatie aan plantesoorten, vegetatie en natuurbehoudswaarde kan opleveren. De ruimte daarvoor is in de praktijk uiteraard afhankelijk van de grenzen die de heersende omstandigheden van ondermeer waterhuishouding en grondgebruik stellen.

1.4 VOORSPELLINGSTERMIJN

Na een verandering in het abiotisch milieu kan de termijn voor het bereiken van een uiteindelijk nieuw evenwicht uiteenlopen van luttele jaren tot eeuwen. Een termijn van jaren tot enkele decennia kan in en door de praktijk worden overzien. Een langere termijn levert te veel onzekerheid. In dat geval treedt echter als regel binnen een afzienbare termijn een semi-permanente toestand in, waarbij de vegetatie in evenwicht met de standplaats kan komen. Voor al deze gevallen kan ook een voorspellingstermijn van ten hoogste enkele decennia worden aangehouden. Men kan als voorbeeld denken aan veengebieden waar het grondwaterpeil wordt verlaagd. Dit leidt tot mineralisatie van het veen, waardoor op korte termijn de standplaats verandert (ander vochtregime, verhoogde beschikbaarheid van nutriënten, e.d.). De vegetatie reageert daarop en komt na verloop van tijd in een nieuw evenwicht met de gewijzigde abiotische omstandigheden. Die semi-permanente situatie kan tientallen jaren tot eeuwen voortduren, tot uiteindelijk het veen is afgebroken en de minerale ondergrond aan de oppervlakte komt. Aan een beperkte, constante mate vanontwatering van bepaalde veengronden dankt Nederland bijvoorbeeld zijn blauwgrasland. Dat graslandtype bestaat onder die omstandigheden al eeuwen en zou ook nog eeuwen kunnen voortbestaan.

2. Kennis en inzichten

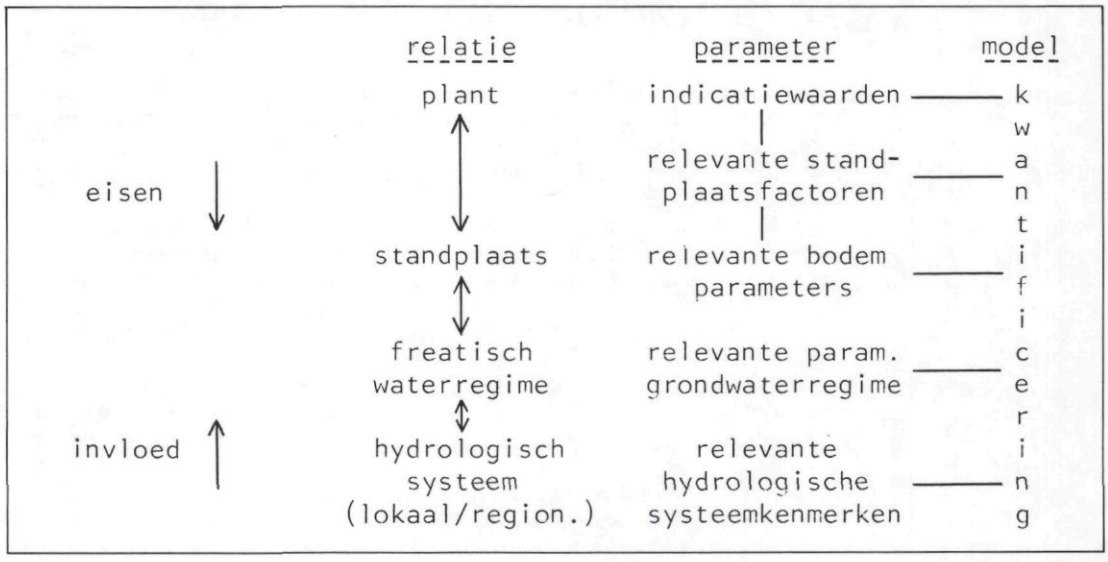
2.1 INLEIDING

Het verband tussen water en plant verloopt via ingewikkelde bodemfysische, bodemchemische en bodembiologische processen, die via het grondwaterregime worden gestuurd door de waterhuishouding en het waterbeheer. Dat samenspel resulteert in een standplaats, die wordt gekenmerkt door een bepaalde combinatie van standplaatsfactoren. Hieraan stelt de plant weer specifieke eisen.

De effekten van ingrepen in de waterhuishouding op het grondwaterregime hebben veelal te maken met de grondwaterstand. Dat kan gaan om daling of stijging ervan. Het kan ook gaan om grondkwaliteitsveranderingen, die deels een gevolg kunnen zijn van de eerder genoemde wijziging in de grondwaterstand. Hierdoor kan de herkomst van het bovenste grondwater en daarmee zijn kwaliteit veranderen. Daarnaast kan grondwaterstandswijziging oorzaak zijn van een verandering in de bodemchemie (b.v. podzolisatie, kalkprecipitatie). Ten slotte kan aanvoer van oppervlaktewater van elders (zgn. gebiedsvreemd water), eventueel gepaard met peilverhoging, kwaliteitswijzigingen veroorzaken.

Essentieel voor het begrijpen van die effecten zijn de volgende vragen:
- wat zijn voor de plant de belangrijkste standplaatsfactoren?
- welke van die factoren staan onder invloed van het grondwaterregime?
- welke aspecten van het grondwaterregime bepalen die invloed?

In dit hoofdstuk wordt met een samenvatting van de bestaande kennis en inzichten een antwoord op deze vragen gegeven. Dat vormt het uitgangspunt voor het ontwikkelen van een instrument, waarmee de eisen kunnen worden geformuleerd die het voortbestaan van een bestaande of het ontstaan van een gewenste vegetatie en natuurbehoudswaarde aan het waterbeheer stellen. Daarnaast is het mogelijk om hiermee de invloed van ingrepen in de waterhuishouding op de samenstelling van de vegetatie en natuurbehoudswaarde te voorspellen. Fig. 3 geeft de hoofdlijn van de aanpak.



Figuur 3: Schema procesbenadering SWNBL.

2.2 RELATIE PLANT - STANDPLAATS

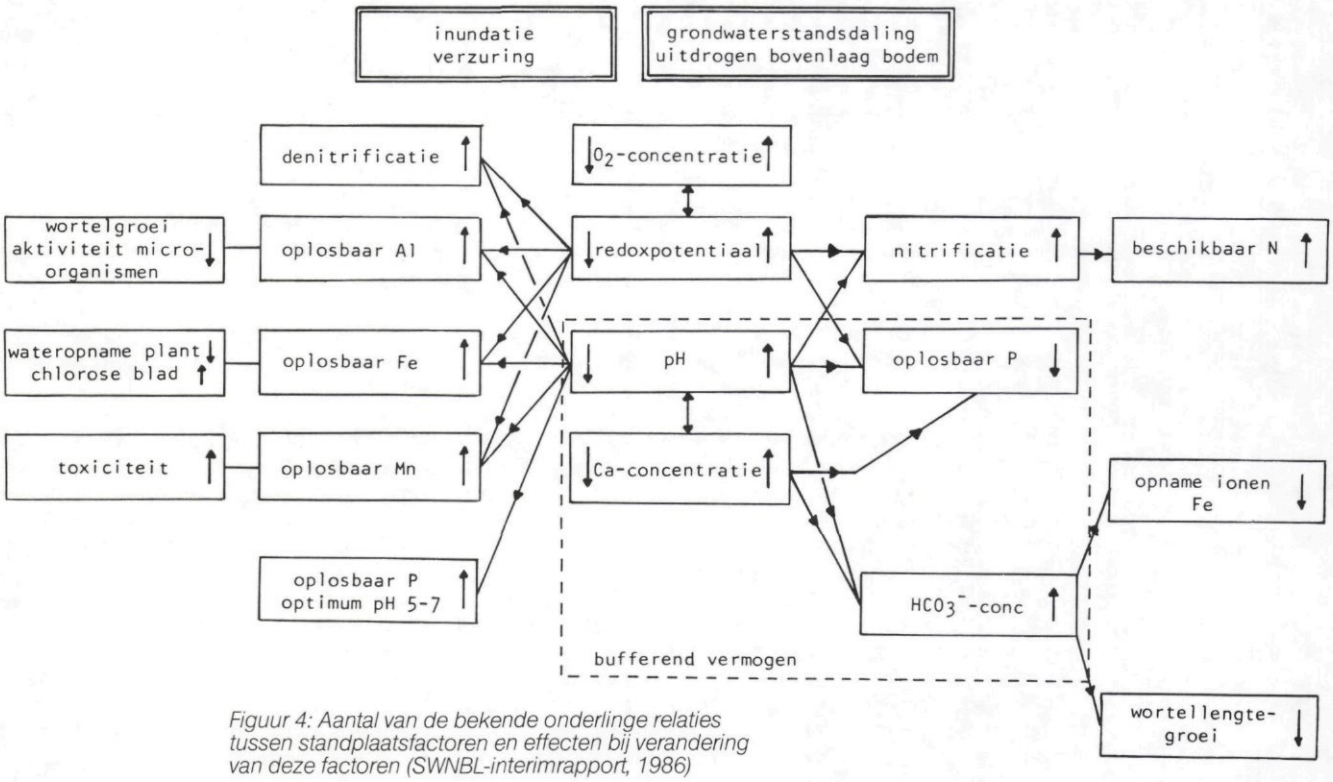
2.2.1 De belangrijkste standplaatsfactoren

De beschikbaarheid van vocht en van nutriënten, in het bijzonder stikstof en fosfaat, wordt in de literatuur algemeen beschouwd als sleutelfactor in het uitwendig fysiologisch milieu van de plant, de standplaats. Voor sommige soorten is ook de beschikbaarheid van bepaalde metaalionen (i.h.b. aluminium en ijzer) al bij lage concentraties belangrijk, dat wil zeggen giftig. Dit blijkt uit ecologisch veldonderzoek, experimenten en toegepast landbouwkundig onderzoek.

Deze direct op de plant inwerkende, zogenoemde operationele factoren worden in terrestrische tot semiterrestrische omstandigheden mede bepaald door de grondwaterkwaliteit, in het bijzonder het calcium- en bicarbonaatgehalte, en door het grondwaterstandsverloop. Bij dit laatste zijn vooral de doorluchting van de wortelzone, en de daarmee samenhangende oxydatie-reductie-omstandigheden (redoxprocessen) van belang. Veldonderzoek toont bovendien dat voor sterk bedreigde soorten de mate van veranderlijkheid of dynamiek van de standplaatsfaktoren van bijzondere betekenis is. Die milieudynamiek staat onder invloed van het bufferend vermogen van de standplaats.

Hoe nu brengen wijzigingen in de waterhuishouding veranderingen teweeg in de standplaatsfactoren en hoe hangt dit samen met de eigenschappen van de bodem?

Tussen de afzonderlijke standplaatsfactoren kunnen vele en complexe wisselwerkingen worden onderscheiden. Een indruk hiervan geeft fig. 4. Er is een ingewikkeld fysisch-chemisch



Figuur 4: Aantal van de bekende onderlinge relaties tussen standplaatsfactoren en effecten bij verandering van deze factoren (SWNBL-interimrapport, 1986)

model nodig om met deze relaties, voor zover die al bekend zijn, rekening te kunnen houden. Daarnaast zijn, om zo'n model te kunnen gebruiken, omvangrijke en gedetailleerde bestanden vereist met gegevens over zeer uiteenlopende eigenschappen van bodem en waterhuishouding. Het is derhalve praktisch onmogelijk om met alle wisselwerkingen rekening te houden. Daarom moet vooralsnog worden uitgegaan van de werking en betekenis van de genoemde factoren afzonderlijk. Voorwaarde hiervoor is dat de modellen die de relevante processen simuleren voldoende goed zijn en dat de modeluitkomsten aansluiten bij empirisch bekende verbanden.

Nutriënten

De vochtvoorziening staat onder invloed van de grondwaterstand, van de fysische eigenschappen van de bodem en van het klimaat. De stikstofvoorziening wordt bepaald door mineralisatie van organische stof onder invloed van het grondwaterregime. Deze mineralisatie is vooral afhankelijk van de doorluchting van bodemlagen die rijk zijn aan organisch materiaal, alsmede van de zuurgraad en de temperatuur. De beschikbaarheid van fosfaat wordt in eerste instantie ook bepaald door die mineralisatie, maar is vervolgens in belangrijke mate afhankelijk van verschillende fysisch-chemische processen. Onder neutrale tot basische omstandigheden spelen de pH en het calcium- en bicarbonaatgehalte van de bodem een rol. Onder zure omstandigheden zijn naast aluminium- en ijzergehalten ook redoxomstandigheden en humuszuren van belang. De betekenis van de beschikbaarheid van kalium voor wilde planten is onvoldoende bekend om verder beschouwd te worden; in het algemeen lijkt die ondergeschikt te zijn aan die van stikstof en fosfaat. De beschikbaarheid van metaalionen is afhankelijk van pH en redoxprocessen in de bodem. De effecten op wilde planten zijn niet altijd evenzeer bekend, daarom wordt de beschikbaarheid van die metaalionen niet expliciet meegenomen.

Bufferend vermogen

Het bufferend vermogen is de eigenschap van de standplaats om het doorwerken van schommelingen en veranderingen in stuurvariabelen op de toestand van standplaatsfactoren te beperken. Die buffering is mogelijk binnen zekere, veelal enge grenzen van de variatie in die stuurvariabelen. Worden die grenzen overschreden, dan verandert de standplaats. Naarmate het bufferend vermogen kleiner is en die grenzen nauwer zijn, is sprake van een grotere kwetsbaarheid. Het gaat hier om de buffering van de invloed van het grondwaterregime, en van veranderingen daarin.

Naar de aard van de betrokken processen kan men onderscheid maken tussen twee vormen van buffering. Het grondwaterstandsverloop bepaalt in wisselwerking met de korrelgrootteverdeling en het organische stofgehalte van de grond de vocht- en zuurstofhuishouding. Die is daardoor in bijvoorbeeld een kleiige bodem veel minder gevoelig voor een beperkte wisseling of verandering in de grondwaterstand dan in een grofzandige bodem. Men kan dan spreken van fysische buffering.

Onder invloed van die vocht- en zuurstofhuishouding speelt de grondwaterkwaliteit, via de calcium- en bicarbonaatgehalten, neutralisatie van waterstofionen en daarmee buffering van de zuurgraad, een essentiële rol bij ondermeer de nutriëntenhuishouding. De fysisch-chemische bodemomstandigheden spelen hierbij ook een rol. Een zandige bodem bijvoorbeeld verandert door uitspoeling van calcium sneller ten gevolge van het tijdelijk of blijvend wegvallen van de invloed van kalkrijk, grondwaterachtig freatisch water dan een kleiige bodem. Men kan in dit geval spreken van chemische buffering. Chemische buffering is ook afhankelijk van de chemische samenstelling van het uitgangsmateriaal van de bodem, met name waar kalkgesteente aan de oppervlakte komt; het gaat dan als regel om in Nederland uitzonderlijke, droge situaties die in de onderhavige problematiek niet centraal staan.

Het waterbeheer kan de fysische buffering door de bodem slechts beperkt beïnvloeden en wordt hier verder als een gegeven beschouwd. De chemische buffering via vooral de waterkwaliteit echter is direct afhankelijk van de waterhuishouding en daarmee van het waterbeheer. Het begrip bufferend vermogen van de standplaats als grondwaterafhankelijke factor wordt derhalve verder beperkt tot de chemische buffering.

(zie verder: SWNBL-rapport 1, 1c, 3, 4;
Kemmers & Jansen 1985)

2.2.2 Ecologische indicatiewaarden van plantesoorten

Het is niet eenvoudig de eisen, die afzonderlijke plantesoorten aan hun standplaats stellen, te bepalen en te kwantificeren. Dit vergt intensief, langdurig onderzoek waarbij systematisch en frequent bemonsterd moet worden in situaties waarin de vegetatie in evenwicht verkeert met de standplaats. Vooralsnog zijn volledig dekkende sets van gegevens niet beschikbaar. Wel bestaat een aantal beoordelingssystemen in de vorm van zogenoemde indicatiewaardenlijsten. Deze lijsten zijn opgesteld op basis van een combinatie van beschikbare meetgegevens en veldervaring. Zij geven in het algemeen per standplaatsfactor een relatieve waarde aan waarbij een bepaalde soort optimaal voorkomt. Voorbeelden van indicatiewaardenlijsten zijn Ellenberg (1979), Landolt (1977) en Londo (1988).

De bewerking van de indicatiewaardenlijsten, waarbij ook de standaardlijst van de Nederlandse flora is betrokken, laat zien dat zij een onderscheidend vermogen hebben dat groter, evenwichtiger en consistenter is dan verwacht. De indicatiewaardenlijsten sluiten goed aan bij ecofysiologische en bodemkundige gegevens als ook bij de resultaten van fysiologisch onderzoek. De lijst van Ellenberg blijkt voor de praktijk in Nederland vooralsnog het volledigst en het bruikbaarst te zijn.

De bewerking geeft ook aan dat de invloed van grondwaterafhankelijke standplaatsfactoren op het wel en wee van de flora groter is dan die van water zelf. Dit stemt overeen met de veldervaring ten aanzien van de reactie van plantesoorten op grondwaterstandsdaling. Globaal gesproken verdwijnen met toenemende daling eerst de meest bedreigde soorten die zeer gevoelig zijn voor toenemen van de milieudynamiek (de onderstreepte soorten in de freatofytenlijst van Londo), daarna de soorten die gevoelig zijn voor grotere beschikbaarheid van nutriënten (eutrofiëring) en tenslotte de resterende, minst bedreigde vochtindicatoren.

(zie verder: SWNBL-rapport 2, 3)

2.2.3 Responsie van plantesoorten op standplaatsfactoren

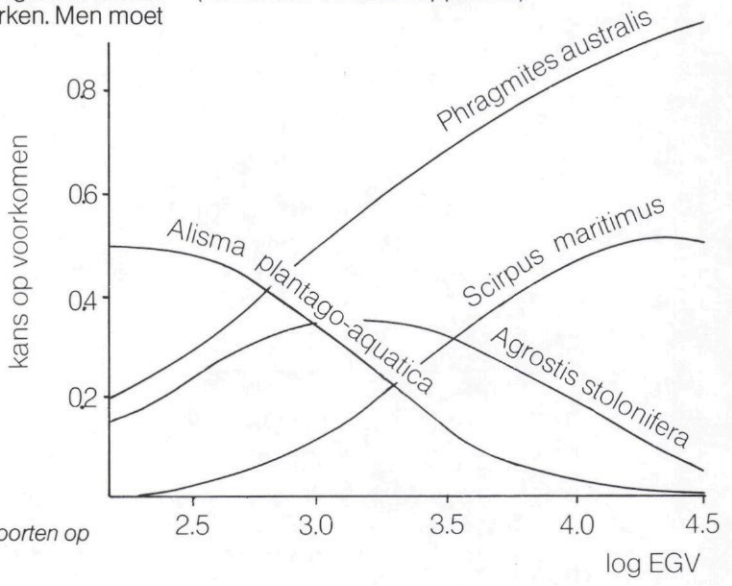
De eisen die planten aan hun omgeving stellen, vertonen een zekere spreiding. Het verschil in gedrag tussen soorten zit niet alleen in het optimum van die ecologische amplitudo, maar ook in de breedte van die amplitudo. De meeste indicatiewaardenlijsten geven die breedte niet. Globaal kunnen soorten met smalle en brede amplitudo's worden onderscheiden (fig. 5).

ecologische amplitudo		smal	breed
soorten:	voorkomen	zeldzaam	algemeen
	status	bedreigd	niet-bedreigd tot toenemend
	waardering	hoog	laag
	kenschets	kwetsbare, "kritische specialisten"	weinig kwetsbare "opportunisten"
		milieudynamiekmijdend	niet-m.d.mijdend

Figuur 5: Globale typering van plantesoorten naar de breedte van hun ecologische amplitudo

Met gegevens van de vegetatie en de daarbij gemeten standplaatsfactoren kunnen door lineaire regressie zgn. responsiekurven worden berekend. Deze geven de reactie van een soort, in de vorm van kans van voorkomen, over een traject van waarden van de beschouwde factor (fig. 6). De ontwikkelde correlatieve methode levert een bijdrage tot verdere kwantificering van de indicatiewaarden en tot nadere bepaling van de ecologische amplitudo van plantesoorten. Het ontbreekt echter voorshands aan voldoende passende gegevens om zo de hele Nederlandse flora te bewerken. Men moet er overigens rekening mee houden, dat de meeste beschikbare waarnemingen van milieuvariabelen geen betrekking kunnen hebben op operationele factoren (d.w.z. direct op de plant inwerkende milieuvariabelen). In dat geval hoeft er geen directe relatie te bestaan en kunnen de gevonden responsiekurven meer het karakter hebben van toevalsverdelingen dan van verklaringen met een omkeerbaar, voorspellend karakter.

(zie verder: SWNBL-rapport 2a)



Figuur 6: Responsie van enige plantesoorten op log EGV (naar Looman 1985)

2.3 RELATIE STANDPLAATS - WATERHUISHOUDING

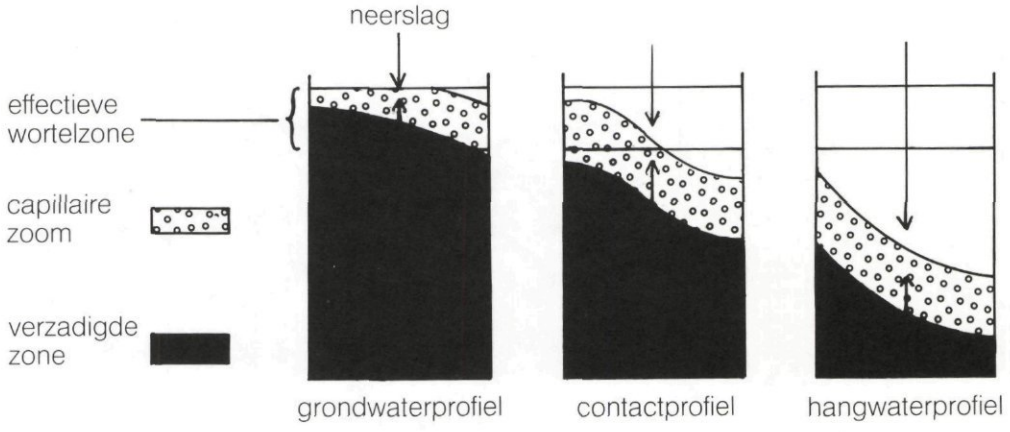
De belangrijkste stuurvariabelen van de waterhuishouding ten aanzien van de ecologisch relevante standplaatsfactoren zijn de waterkwantiteit, dat wil zeggen het grondwaterstandsverloop, en de waterkwaliteit.

Hier is reeds van belang om op te merken dat de waterhuishouding, als afgeleide van de topografie (vgl. algemeen gedeelte, par. 2.1), een zeer belangrijke differentiërende factor is voor bodemvormende processen. Verschillende bodemfysische en bodemchemische eigenschappen kunnen worden beschouwd als een functie van het waterhuishoudkundig regime ter plaatse. Op een globaal niveau kunnen bodemtypen beschouwd worden als homogene hydrologische/hydrochemische eenheden die een "blauwdruk" vormen voor de ecologische differentiatie in het landschap (Jenny 1946, 1958; Kemmers 1986). Op globaal niveau kan een bodemtype worden beschouwd als een ruimtelijke weergave van een standplaats.

2.3.1 Waterkwantiteit

De grondwaterstand is direct van invloed op de beschikbaarheid van vocht, en indirect op de redoxomstandigheden en daarmee mede op de beschikbaarheid van nutriënten in de standplaats (par. 2.2.1). Voor inzicht in het verband hydrologie - standplaats is het in eerste instantie nodig om een karakteristiek van de relatie tussen grondwaterstandsverloop en vochtregime in de standplaats te verkrijgen. Een indruk van die grondwaterafhankelijkheid, en van de complementaire neerslaginvloed, wordt gegeven door verschillende karakteriseringen van het grondwaterstandsverloop.

Hydrologische profieltypen onderscheiden de situaties waarin constant, gedurende een deel van het jaar, of in het geheel geen invloed is van het grondwater op de standplaats (fig. 7). Meer in detail wordt het verloop van de grondwaterstand bij de bodemkartering in Nederland weergegeven door middel van grondwatertrappen (GT's). De grondwatertrappenindeling is zevendelig, waarbij voor vier GT's een droger of zeer droog deel wordt onderscheiden. De indeling berust op de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Daaruit kan met een-



Figuur 7: Voorstelling van de drie hydrologische profieltypen (globaal verloop van de grondwaterstand en van de capillaire zoom in de loop van het jaar)

GT	GHG (cm -mv)	GLG (cm -mv)	GVG (cm -mv)	overschrijdingsduurklassen (maand/jaar) <25cm	<40cm	<80cm	<120cm
I	-	<50	20	-	>10	-	-
II	-	50-80	40	-	<10	>10	-
II+	>25	50-80	>40	<1	<10	>10	-
III	<40	80-120	<65	-	> 1	<10	>10
III+	>25	80-120	>50	<1	> 1	<10	>10
IV	>40	80-120	>55	-	< 1	<10	>10
V	<40	>120	<65	-	> 1	-	5-10
V+	>25	>120	>50	<1	> 1	-	5-10
VI	40-80	>120	65-105	-	< 1	-	5-10
VII	>80	-	>105	-	-	-	< 5
VII+	>140	-	>165	-	-	-	< 1

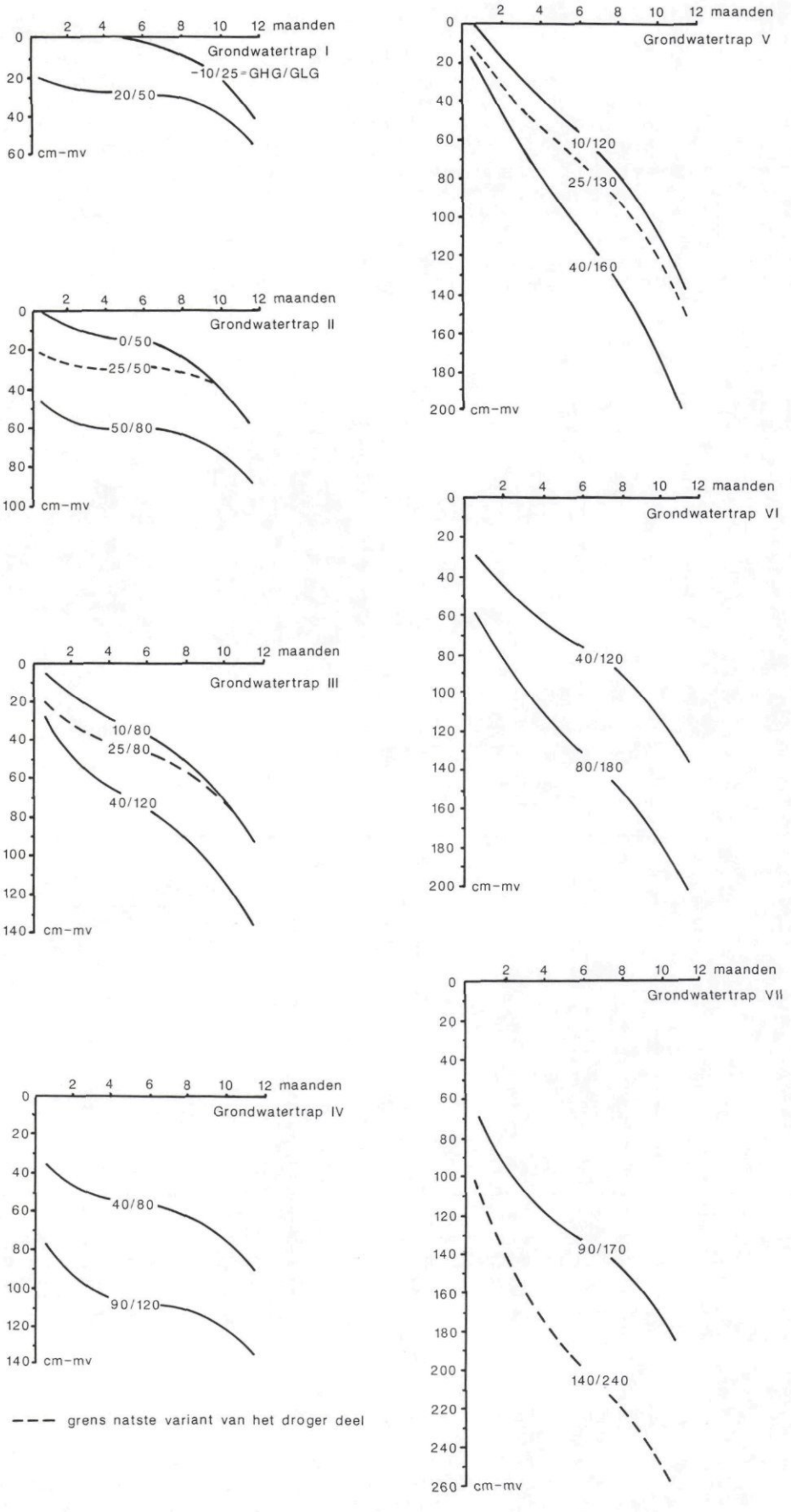
Bij GT II, III en V wordt met een + achter de code een droger deel onderscheiden, bij GT VII een "zeer droog deel". De GVG is ruw geschat uit de GHG van de natste en de droogste varianten met de vuistregel voor GT I, II en V: GVG = GHG + 15cm, voor de overige GT's: GVG = GHG + 25cm

Figuur 8: Grondwatertrappenindeling (naar Van der Sluijs 1982; afkortingen: zie tekst)

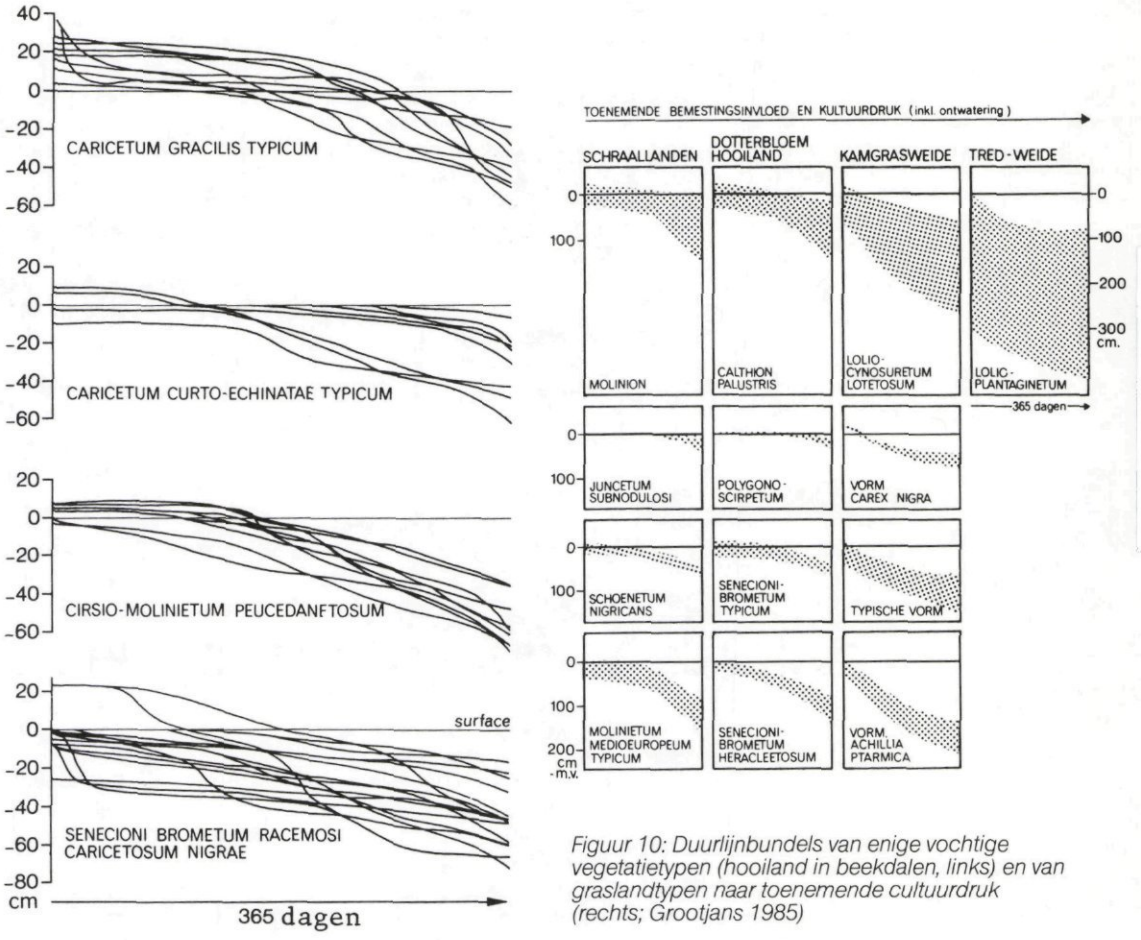
voudige formules of vuistregels de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) worden berekend (fig. 8). De grondwatertrappen kunnen worden vertaald in overschrijdingsduurklassen. Die laten zien gedurende hoeveel maanden per jaar een bepaalde grondwaterstand bij een zekere grondwatertrap gemiddeld kan worden overschreden. Fig. 9 geeft een grafische voorstelling van de overschrijdingsduur per grondwatertrap, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de natste en de droogste variant per GT. Duurlijnen ten slotte zijn de verzameling van grondwaterstanden in lijnen die, in dagen uitgedrukt, de overschrijdingskans van bepaalde grondwaterstanden geven (fig. 10).

Bij deze karakteristieken kunnen, met overeenkomstig detail, vegetatietypen en/of (combinaties van) plantesoorten worden gegeven. Een dekkend overzicht van de hele spreiding van combinaties van hydrologische karakteristieken, bodemtypen en vegetatietypen bestaat echter niet.

(zie verder: SWNBL-rapport 1, 1c, 4, 4a)



Figuur 9: Overschrijdingsduur van de grondwaterstand per grondwatertrap. Bovenste getrokken lijn = natste variant, onderste getrokken lijn = droogste variant; onderbroken lijn = grens natste variant van het droger deel (Van der Sluijs 1982)



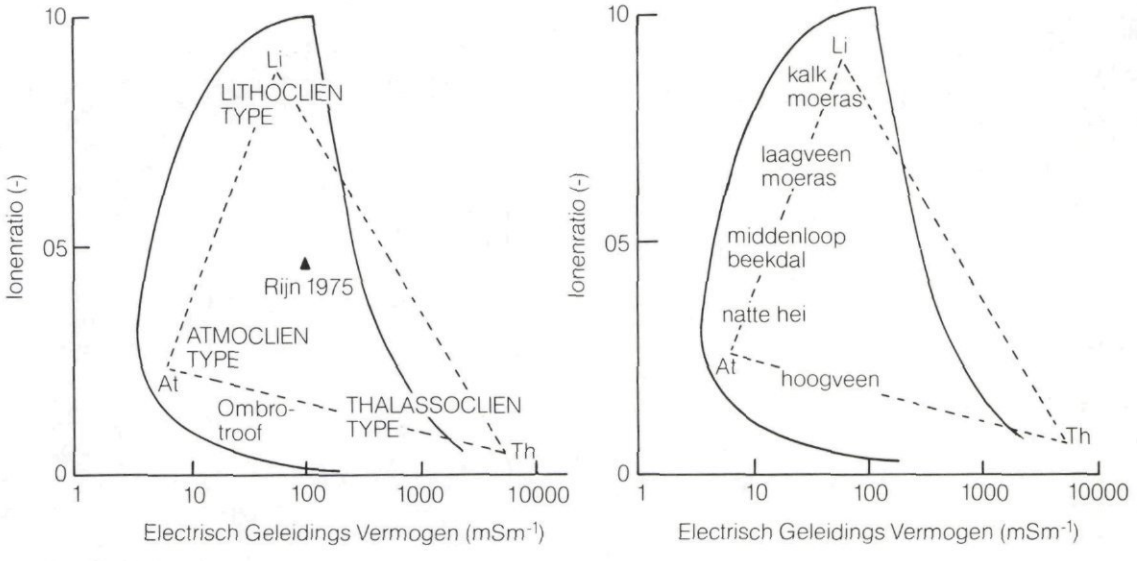
Figuur 10: Duurlijnbundels van enige vochtige vegetatietypen (hooiland in beekdalen, links) en van graslandtypen naar toenemende cultuurdruk (rechts; Grootjans 1985)

2.3.2 Waterkwaliteit

De waterkwaliteit is door de invloed op de nutriëntenhuishouding en via het bufferend vermogen op de milieudynamiek zeer essentiëel voor het voorkomen van plantesoorten (vgl. par. 2.2.1). Of de invloed van de waterkwaliteit zich in de standplaats kan doen gelden, is uiteraard afhankelijk van het grondwaterstandsverloop.

Een aanduiding van de ecologische kwaliteit van (grond)water geven het electrisch geleidingsvermogen (EGV, als maat voor de totale ionenlast) en de ionenratio (IR; de verhouding tussen Ca-ionen ten opzichte van Ca- en Cl-ionen tezamen). Er worden op basis van IR en EGV drie waterkwaliteitstypen onderscheiden: regenwaterachtig (atmoclien), grondwaterachtig (lithoclien) en zeewaterachtig (thalassoclien; Van Wirdum, 1981).

Deze waterkwaliteitstypen hangen samen met de plaats in de hydrologische kringloop waar het water zich bevindt (vgl. algemeen gedeelte, fig. 1). De neerslag dringt in de bodem en voegt zich bij het grondwater. Door de biologische activiteit in die bodem wordt kooldioxyde geproduceerd, dat in het grondwater oplost. Dat maakt het mogelijk dat het grondwater op zijn verdere verplaatsing door de bodem mineralen oplost. De EGV neemt daardoor toe. Daarbij wordt de dominantie van Na, K, H



Figuur 11: Het IR-EGV-diagram, met referentiekwaliteiten (Van Wirdum, 1980), met een grove indicatie van de positie van enige ecotooptypen

en SO_4 zoals in regenwater overgenomen door Ca en HCO_3 (IR), en stijgt de pH: regenwaterachtig water wordt grondwaterachtig. IR en EGV kunnen zo voor niet-verontreinigd zoet water informatie bieden over de herkomst van dat water, met name in termen van verblijftijd en afgelegde weg, en aard van het gepasseerde substraat. Het zeewaterachtig type wordt als "eindstation" ondermeer gekenmerkt door een nog hoger EGV, maar een lage IR ten gevolge van een hoog relatief aandeel van Cl-ionen. Wanneer regenwaterachtig en grondwaterachtig water verontreinigd raakt, verandert de kwaliteit in de richting van zeewaterachtig.

Aanvullend op de drie hoofdtypen worden bijzondere referentiekwaliteiten voor moerassen en venen onderscheiden. Dat betreft in het bijzonder het watertype dat kenmerkend is voor situaties, waarin het door de neerslag gevoede ondiepe grondwater niet (meer) in contact staat met diep grond-water (hoogvenen, vennen). Men spreekt dan van ombrotroof.

Fig. 11 geeft een karakteristiek van de genoemde vier referentiekwaliteiten (links), en grof geïndiceerd waar enige ecotooptypen op het traject regenwaterachtig - grondwaterachtig kunnen worden aangetroffen (rechts). De positie van verontreinigd water is aangegeven met een Rijnwatermonster. De omhullende, ononderbroken lijn omsluit het gebied waarbinnen de door Van Wirdum gevonden watermonsters hun plaats vinden. Voor de definitie van de IR en voor andere wijzen van uitdrukken van de waterkwaliteit wordt verwezen naar bijlage 4.

Concluderend kunnen we stellen dat de natuurlijke kwaliteit van zowel grondwater als oppervlaktewater in Nederland variëert van regenwaterachtig tot grondwaterachtig. Door verontreiniging verandert die waterkwaliteit in de richting van zeewaterachtig.

(zie verder: SWNBL-rapport 1, 4, 4a)

2.4 GLOBALE STANDPLAATSTYPERING

Standplaatsen kunnen op grond van het voorgaande in grote lijn worden gerangschikt naar de invloed van het grondwaterregime, tegenover de complementaire invloed van het gegeven neerslagregime. Het grondwater heeft zowel een kwantitatieve als een kwalitatieve invloed op de standplaats. Kwantitatief wil zeggen: invloed altijd, tijdelijk, of niet aanwezig; kwalitatief: invloed bepaald door de kwaliteit van het beïnvloedende grondwater.

De dynamiek van de standplaats is afhankelijk van de grondwaterstandsdynamiek, van de grondwaterkwaliteit en van het bufferend vermogen van de standplaats. Fig. 12 geeft een samenvattend overzicht van de op deze basis onderscheidbare globale standplaatstyperingen en hun waardering. Zie verder bijlage 5.
Bij een standplaats die wordt gekenmerkt door geringe dynamiek hoort een relatief groot aantal kritische en waardevolle soorten, en omgekeerd. Een dynamische standplaats gaat samen met het optreden van uitsluitend soorten die minder kieskeurig zijn. Deze algemene soorten kunnen echter eveneens voorkomen in stabiele standplaatsen. Daarnaast kunnen geringe verschillen in hoogte en in bodemeigenschappen bij stabiele standplaatsen al leiden tot ruimtelijke microvariatie in standplaatsomstandigheden en in de samenstelling van de vegetatie. Bij dynamische standplaatsen is dit eerst bij grotere verschillen. Dat leidt in dat geval tot een grover patroon van afwisseling in standplaatsomstandigheden en vegetatie. Van dynamische naar stabiele omstandigheden neemt dus de microvariatie, de diversiteit/soortenrijkdom, het aandeel van zeldzamere en kritischer soorten daarin en de natuurbehoudswaarde als regel toe.

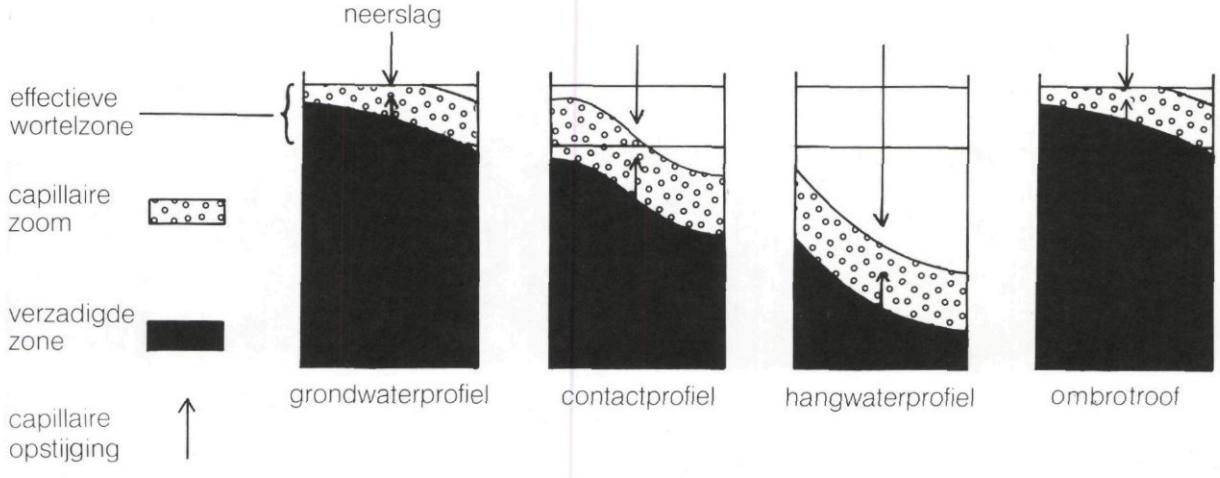
De ruimtelijke afwisseling in standplaatsomstandigheden is over het algemeen het grootst in karakteristieke, actuele en potentiële kwelgebieden (GT's I, II en III, vochtiger vorm, met grondwaterkwaliteit "grondwaterachtig"). Deze gebieden vertonen dan ook de grootste plantesoortenrijkdom, de grootste concentratie van zeldzame en bedreigde soorten (plus geassociëerde andere vormen van leven, zoals insekten) en de hoogste natuurbehoudswaarden. Van Leeuwen heeft zo'n twintig jaar geleden deze gebieden vanwege hun voorkomen tussen gebieden met contrasterende fysiografische kenmerken (hoog-laag, droog-nat, zuur-basisch, enz.) aangeduid als ecologische gradiëntzones.

2.5 DE STANDPLAATS IN RUIMTELIJK VERBAND

Voor de ruimtelijke oriëntatie kan men zich een uiterst vereenvoudigde voorstelling denken van een hydrologisch systeem. Dat wordt gekenmerkt door een inzijgings- of voedingsgebied en een uitstroom- of afvoergebied, onderling verbonden door stroombanen. De voorstelling heeft de vorm van een verticale dwarsdoorsnede, evenwijdig aan de globale maaiveldshelling en de globale grondwaterstromingsrichting (fig. 13, boven). De beeldvorming is niet van een bepaalde schaal (vgl. par. 1.1) en details zijn weggelaten; zo ontbreken reliëfdifferentiatie en eventuele sloten die de oppervlakkige afvoer onderscheppen en afvoeren. Het systeem vertoont van hoog naar laag een zeker verloop in eigenschappen zoals grondwaterstand en grondwaterstandsfluctuaties, stromingsrichting, verhouding tussen oppervlakte- en grondwaterafvoer, en grondwaterkwaliteit. De hiervoor geschetste globale standplaatstyperingen kunnen hier ingepast worden (zelfde figuur, onder). Zie voor meer details bijlage 5.
In haar verregaande eenvoud verdient deze uitbeelding een aantal kanttekeningen. Het gaat om een zeer geschematiseerde voorstelling in relatieve termen. De aard van het reliëf, de eigenschappen van de ondergrond, de invloed van de mens en dergelijke kunnen in gegeven situaties allerlei nuanceringen aanbrengen.

Zo kunnen de omstandigheden lager in het uitstroomgebied variëren van grondwaterprofiel tot contactprofiel. Dat is afhankelijk van de eigenschappen van dat gebied, zoals de omvang, het maaiveldverloop (van hellend, via vlak uitlopend tot min of meer komvormig), de aard van de bodem en het grondgebruik. Ook kan de drainerende werking van het afvoerende oppervlakte-

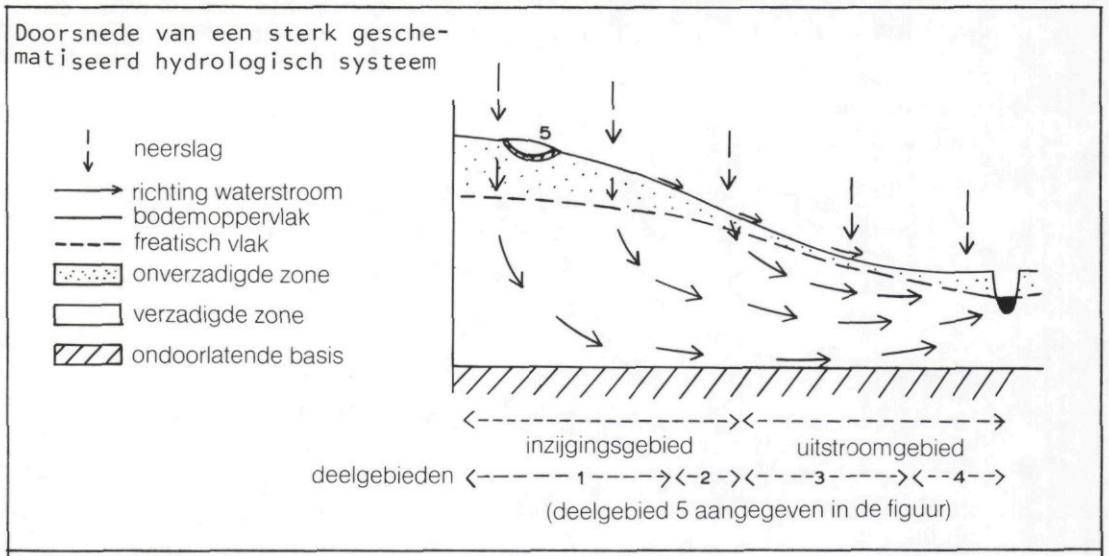
typering	nat	vochtig	droog	nat
grondwater-invloed in standplaats	permanent	periodiek	afwezig	afwezig
neerslag-invloed in standplaats	-	+/-	+	++
GVG (m -mv)	0.5	0.5 - 1.5	1.5	0.5
hydrologische profieltypen	grondwaterprofiel (kwel- en gradiënt-zones)	contactprofiel (goed gedrai-neerde gebieden	hangwater-profiel (inzijging)	ombrotrofe situaties (hoogveen)
grondwater-trappen	I-II-III	III^{+}-IV-V-VI	VII	VII^{+}	I-II
afnemende grondwater-invloed	I-II-III	III^{+}-IV-V-VI	VII	VII^{+}	-
toenemende fluctuatie/ dynamiek (1)	II-I-III	IV-III^{+}-VI-V	-	-	II-I



grondwater-kwaliteit	grondw. achtig	regenw. achtig	wisselend /gemengd	regenw. achtig	regenw. achtig	regenw. achtig
bufferend vermogen	++	-	+	-	-	-
dynamiek standplaats	-	-	+	+	+	-
soortendi-versiteit	+++	++	++	+	+	++
kwetsb.heid, bedreiging	+++	+++	++	+	+	+++
natuurbe-houdswaarde	+++	+++	++	+	+	+++

(1) uit GVG-GLG, en rekening houdend met wel/geen periodieke inundatie
tekens: - = niet aanwezig / zeer beperkt; + = aanwezig; +/++/+++ = gering/ intermediair/groot

Figuur 12: Globale standplaatstypering



deelgebied	1	2	3	4	5
deelgebied-typering	inzijgings-gebied	inzijgings-gebied (onderaan)	uitstroom-gebied	uitstroom-gebied met periodiek stagnatie	geïsoleerd stagnatie-gebied (bv (hoogveen)
hydrolog. profiel-type	hangwater-profiel	contact-profiel	grondwater-profiel	grondw./ contact-profiel	grondwater-profiel
grondwater-trappen	VII	IV-V	I-III	(I) IV-V	I-II
grondwater-stand	diep, sterk wisselend	ondieper, minder wisselend	ondiepst, minst wisselend	ondiep en wisselend	ondiep, minst wisselend
voeding	neerslag	grondwater en neerslag	grondwater	grondwater, opp.water en neerslag	neerslag
kwaliteit freatisch water	regenwater-achtig, zuur	regenwater-achtig, zuur	grondwater-achtig, neutraal	grond- en regenwater-achtig basisch-zuur	regenwater-achtig (ombrotr.) zuur
bufferend vermogen	geringst	gering	groot	intermediair	gering

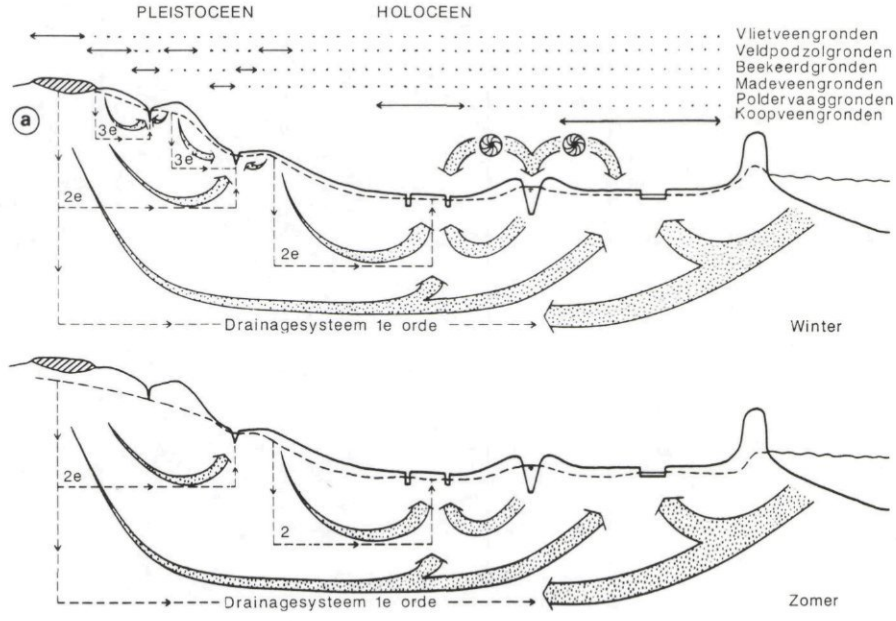
Figuur 13: Globale standplaatstyperingen in de ruimtelijke context van een zeer sterk vereenoudigd hydrologisch systeem (naar De Molenaar 1980, 1987)

water onderaan het systeem bepalend zijn. Dat complex van omstandigheden bepaalt ook of stagnatie van de afvoer zo sterk kan zijn dat het grondwater periodiek tot boven het maaiveld kan stijgen, en/of dat zich periodiek inundatie vanuit het afvoerende oppervlaktewatersysteem voordoet. Voor het contrast is in de gegeven voorstelling uitgegaan van een contactprofiel met periodieke inundatie.

Het reliëf is in deze schematisatie vloeiend weergegeven. Het kan zich echter voordoen op verschillende schaal: regionaal (macroreliëf), lokaal (mesoreliëf) en sublokaal (microreliëf). Dat gaat in theorie samen met het optreden van hydrologische systemen op overeenkomstige schaal, die met afnemende omvang op elkaar gestapeld zijn en waarbij de bovenste als van de laagste orde wordt beschouwd. Oppervlakkige, doorgaans lokale systemen van de laagste orde worden gekenmerkt door het aan elkaar grenzen van hun inzijgings- en uitstroomgebied. Bij diepere systemen van hogere orde is dat veelal niet het geval; de verbindende stroombanen gaan dan onder de systemen van lagere orde door (fig. 14).

Regionaal reliëf gaat onder de in ons land heersende omstandigheden in principe samen met het optreden van regionale systemen. Het mogelijk optreden van lokale tot sublokale systemen onder invloed van het meso- tot microreliëf is afhankelijk van ondermeer het regime van het regionale systeem en de eigenschappen van de grond. Bij kleinere, ondiepere systemen wordt de invloed van de neerslag-verdampingsverdeling dominanter. Deze systemen krijgen dan een seizoensmatig karakter. In het winterhalfjaar komen zij tot ontwikkeling, tijdens het zomerhalfjaar verdwijnen ze (fig. 14). Deze en dergelijke kanttekeningen dienen in beschouwing te worden genomen bij een ver-

kennende interpretatie van grondwaterstands- en grondwaterkwaliteitsgegevens op dit globale systeemniveau. Daarbij is voor het waterbeheer, dat veelal het ondiepe grondwater betreft, de betekenis van ondiepe stroming en ondiepe systemen naar volume en snelheid van de grondwaterstroom aanzienlijk groter dan van diepe stroming en diepe systemen.



Figuur 14: Hydrologische systemen van verschillende schaal en orde in zomer en winter (Kemmers 1986).

3. Van kennis naar instrument

3.1 INLEIDING

Bij het verband tussen plant en waterhuishouding staat de standplaats centraal. Bij de eerder gegeven definitie van dat begrip (par. 1.2) is geen rekening gehouden met de hanteerbaarheid in de praktijk ten behoeve van beleid en beheer. Iets dergelijks is ook niet strikt gebeurd bij de hiervoorgaande samenvatting van de beschikbare kennis en inzichten over de relatie plant - water (par. 2).

3.2 PRAKTISCHE INTERPRETATIE STANDPLAATSBEGRIP

Gaan we van zeer globaal naar gedetailleerd en beschouwen we klimaat en geologie als gegeven, dan zien we dat de verschillen in de natuurlijke ontwikkeling van bodem en vegetatie vanaf het regionaal schaalniveau, onder invloed van de waterhuishouding, voornamelijk worden bepaald door de factoren topografie en tijd (Jenny 1946, 1958; Kemmers 1985). De topografie doet door hoogteverschillen het grondwater stromen van deelgebieden met grote stijghoogten naar deelgebieden met kleine stijghoogten. Daardoor treden waterhuishoudkundige verschillen op, die ten grondslag liggen aan de verdeling van bodemtypen en van de patronen in vegetatie en landschap (Grootjans 1985). Op lokale schaal kunnen fijnere verschillen in ondermeer de bodemtextuur, het reliëf en het microklimaat extra kleinschalige afwisseling toevoegen en het waterhuishoudkundige basispatroon detailleren. Dit leidt tot sublokale verschillen of microvariatie.

De sublokale schaal is feitelijk die van de standplaats in strikte zin. Die past echter niet bij de schaal waarop in de praktijk de inrichting en het beheer door de waterbeheerder en de terreinbeheerder gestalte krijgen. Die schaal is (voorlopig) ook practisch te gedetailleerd in verband met de beschikbare kennis en veldgegevens over ondiep grondwater, bodem en (waterafhankelijke) standplaatsfactoren.

Verruiming van het standplaatsbegrip, met het minste verlies aan informatie, is langs de lijn van de relatie water/waterhuishouding - bodem/standplaats - plant/vegetatie mogelijk door ruimtelijke extrapolatie van waterhuishoudkundige puntwaarnemingen binnen een bodemtype naar uniforme vlakken die tot dat bodemtype behoren. Door deelgebieden op basis van overeenkomst in bodem te onderscheiden (dus volgens de begrenzing van afzonderlijke bodemtypen), kan ieder deelgebied worden opgevat als bodemkundig en waterhuishoudkundig uniform. Dit zal tot uitdrukking komen in een tot op zekere hoogte homogene samenstelling van de vegetatie per deelgebied.

Voor de ontwikkeling van een praktisch hanteerbaar instrument wordt de standplaats daarom opgevat als de wortelzone van een dergelijke combinatie van bodem - water - vegetatie, die zich op de schaal van een perceel of klein natuurgebiedje van één tot enkele hectaren van zijn omgeving onderscheidt (b.v. Kemmers 1986).

3.3 KEUZE PRAKTISCH RELEVANTE STANDPLAATSFACTOREN

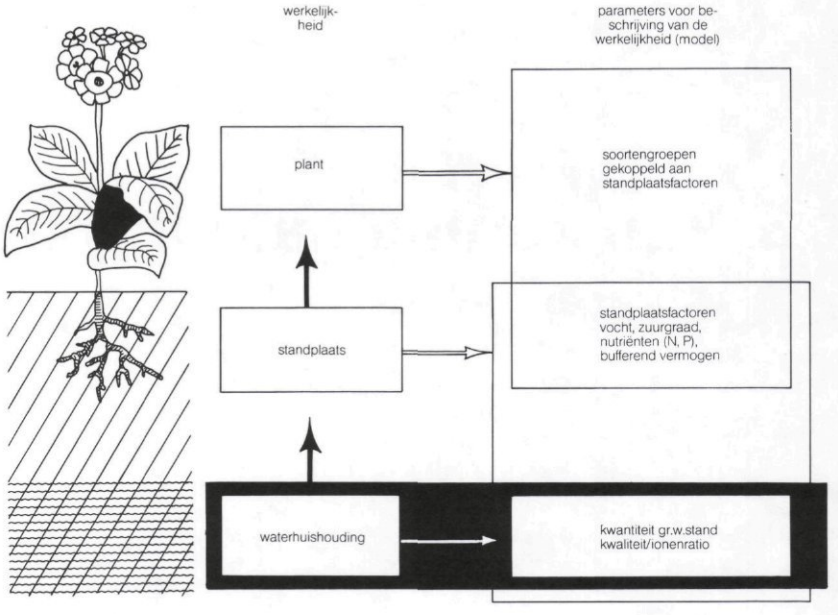
Het waterbeheer en het natuurbeheer werken meestal door manipulatie van stuurvariabelen die op enige afstand en over een zekere oppervlakte het gewenste effect sorteren. Zo regelt men de grondwaterstand door beheer van de oppervlaktewaterpeilen. Voor de praktijk relevante standplaatsfactoren moeten daarom eerder worden gezocht in stuurvariabelen en voor de plant indirect werkende, conditionele factoren, dan in zeer kleinschalig en direct op de plant inwerkende, operationele factoren. Bij deze keuze is het van belang rekening te houden met:

- de relatieve betekenis van de te kiezen factoren voor de plant (2.2.1);
- de beschikbaarheid van indicatiewaarden voor die factoren (2.2.2);
- de beschikbaarheid van veldgegevens over de toestand van die factoren dan wel wat het kost om die te verzamelen, te bepalen of te berekenen.

Op grond van deze overwegingen zijn de volgende op praktijkniveau hanteerbare variabelen gekozen:

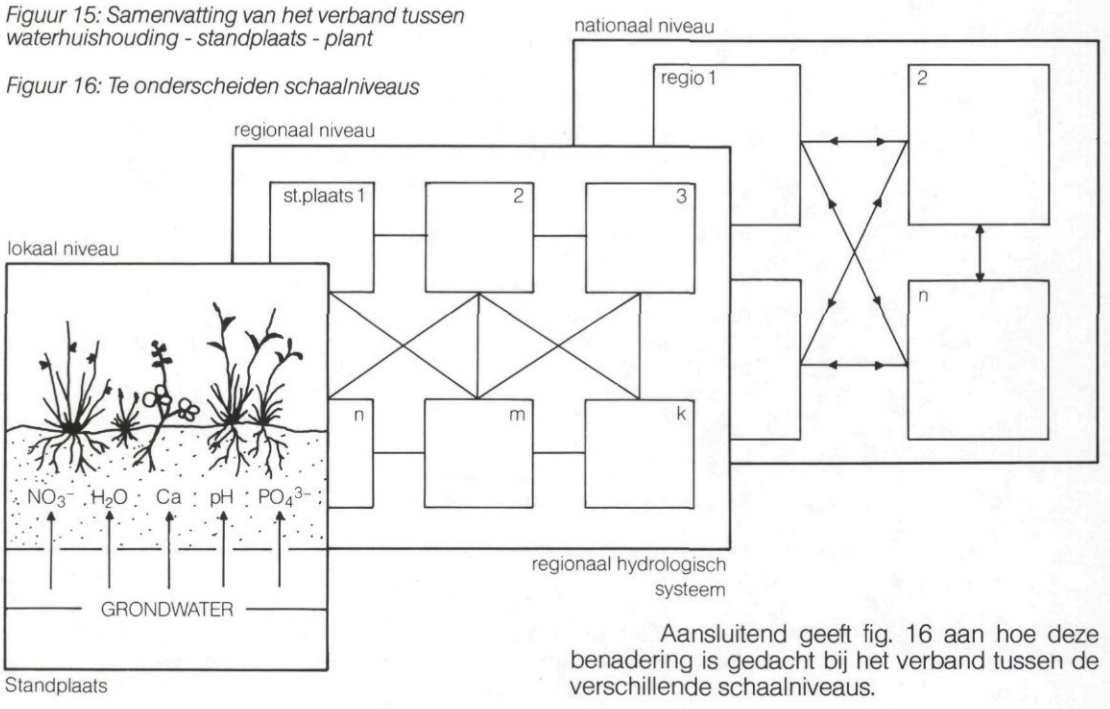
- vocht;
- zuurgraad;
- de beschikbaarheid van stikstof en nitraat;
- bufferend vermogen van de standplaats.

Dit uitgangspunt voor de verdere studie en modellering is samengevat in fig. 15. Vocht is afhankelijk van het grondwaterstandsverloop en tevens indicatief voor de mate van aëratie van de standplaats. De zuurgraad is afhankelijk van grondwaterkwaliteit en grondwaterstandsverloop/aëratie. De pH is nauw verbonden met de basenverzadiging van het bodemcomplex en mede indicatief voor de beschikbaarheid van metaalionen. De beschikbaarheid van nutriënten is afhankelijk van grondwaterstandsverloop/aëratie en zuurgraad. Het bufferend vermogen van de standplaats is ten slotte afhankelijk van de grondwaterkwaliteit.



Figuur 15: Samenvatting van het verband tussen waterhuishouding - standplaats - plant

Figuur 16: Te onderscheiden schaalniveaus



Aansluitend geeft fig. 16 aan hoe deze benadering is gedacht bij het verband tussen de verschillende schaalniveaus.

3.4 TOEPASSING BEGRIPPENKADER BIJ ANDERE PROBLEMATIEK

Bij de vragen over de gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding voor de natuur is de praktijk ook geïnteresseerd in andere invloeden, met name verzuring en vermesting (zie par. 1.1).

Door de vier genoemde standplaatsfactoren als uitgangspunten voor de modellering te nemen, is het in principe ook mogelijk de effekten van verzuring en bemesting op de vegetatie te voorspellen. Dat geldt omgekeerd ook voor nut en effect van tegenmaatregelen in de vorm van bijvoorbeeld verschralend beheer (verminderen van de beschikbaarheid van voedingsstoffen door oogsten en afvoeren van de gewasproduktie) en van beïnvloeding van zuurgraad (bekalken) en beschikbaarheid van nutriënten via het waterbeheer (via beïnvloeding van grondwaterstandsverloop en/of grondwaterkwaliteit).

Het gebruik van de aangegeven inzichten en uitgangspunten ten behoeve van het voorspellen van het effect van klimaatsverandering (temperatuur- en neerslagregime, inclusief eventuele zeespiegelrijzing) is eveneens mogelijk. Immers, de temperatuur is een belangrijke factor bij de nutriëntenhuishouding en moet bij de modellering daarvan hoe dan ook worden betrokken. De neerslag en de afvoer(mogelijkheden) zijn sleutelfactoren voor de waterhuishouding en de beschikbaarheid van vocht voor de plant, en kan in de modellering van beide evenmin worden verontachtzaamd.

4. Instrumenten

4.1 INLEIDING

Bestaande instrumenten met betrekking tot het verband water - plant, die mogelijkheden bieden om effekten van veranderingen in de waterhuishouding op de flora/vegetatie te voorspellen, zijn geïnventariseerd. Die instrumenten zijn vergelijkenderwijs beoordeeld op bruikbaarheid voor ecologische toepassing in het algemeen en voor de SWNBL in het bijzonder. Belangrijke overwegingen waren daarbij: welke invoergegevens zijn nodig, is - indien relevant - koppeling met de andere modellen voor overige deelrelaties mogelijk en is het beschouwde model in ongewijzigde vorm of met kleine aanpassingen geschikt voor toepassing in dit ecologisch kader. Waar instrumenten en modellen onvoldoende of afwezig bleken, zijn deze verder ontwikkeld.

Het gebruiksdoel en de beschikbare gegevens, deskundigheid, tijd en middelen bepalen het ontwerp en de gebruiksmogelijkheden van het beoogde beschrijvings- en voorspellingsinstrument.

Men stelt vanuit het beleid, inrichting en beheer uiteenlopende eisen aan de mate van detail bij de beantwoording van de praktijkvragen. Het gaat daarbij in grote lijn om het onderscheid tussen aan de ene kant een globaal-verkennende, richtinggevende c.q. relatieve benadering, en aan de andere kant een gedetailleerde, kwantitatieve benadering. Deze liggen nogal uit elkaar wat betreft behoefte aan gegevens, deskundigheid, tijd en middelen, dus aan benodigde investering voor gebruik. De te stellen eisen hangen ook samen met de bestuurlijke organisatie van het beleid en beheer. Die organisatie is verdeeld over drie niveaus:

nationaal - landelijk niveau - schaal 1:>500.000
regionaal - provinciaal niveau - schaal 1:ca.50.000
lokaal - uitvoerend niveau - schaal 1:< 5.000

Het regionale niveau staat in deze studie vooralsnog centraal. Op die schaal zijn de meeste gegevens over water, bodem en flora gestandaardiseerd beschikbaar (waterstaatskaart, grondwaterkaart, geologische kaart, bodemkaart, plus bijbehorende archieven zoals van DGV-TNO, provinciale milieukarteringen, enz.). Op dat niveau vallen in eerste instantie bovendien de meest concrete besluiten over het waterbeheer.

In het verlengde van het voorgaande kunnen drie categorieën van instrumenten worden onderscheiden. Die instrumenten worden gerangschikt volgens de benadering in de praktijk: aftasten - schatten - bepalen. Het betreft globale instrumenten in de vorm van bijvoorbeeld vuistregels, eenvoudige instrumenten in de vorm van tabellen en eenvoudige computermodellen, en complexe modellen in de vorm van ingewikkelde computermodellen. Fig. 17 geeft een samenvattend overzicht van praktische kenmerken van deze drie categorieën.

Globale instrumenten zoals vuistregels vragen voor de toepassing de minste tijd en inzet van middelen en menskracht. De behoefte aan invoergegevens is afgestemd op wat in de praktijk aan algemene informatie beschikbaar is of wordt verzameld. De operationele schaal is in principe vrij. Algemeen inzicht in het functioneren van de complexe relatie tussen waterhuishouding en plant is vereist. Bij de evaluatie van de uitkomsten moeten deskundigen op de deelvelden worden ingeschakeld.

Eenvoudige instrumenten kunnen direct uit bestaande kennis, gegevens en inzichten worden ontwikkeld. Dit is alleen gebeurd voor het verband standplaatsfactorencomplex - plant - natuurbehoudswaarde van standplaatstype en vegetatietype in het zogenoemde Natuurtechnisch Model. Dergelijke instrumenten kunnen ook worden ontwikkeld door vereenvoudiging van complexe modellen of door samenvatting van de resultaten van toepassing van die modellen in referentiesituaties. Dit is binnen de SWNBL nog niet gebeurd. Eenvoudige instrumenten liggen wat betreft de eisen voor toepassing in tussen beide andere categorieën van instrumenten. Wat schaal aangaat, sluiten zij aan bij het niveau waarop de meeste abiotische gegevens beschikbaar zijn (1 : 50.000).

Complexe instrumenten zijn er inmiddels in de vorm van simulatiemodellen voor de relevante aspecten van de waterhuishouding en voor de bijbehorende grondwaterafhankelijke standplaatsfactoren. Zij vragen de beschikbaarheid van

categorie	globale instrumenten	eenvoudige instrumenten	complexe instrumenten
technisch	simpel algemene schema's	vrij simpel vereenvoudigde modellen/tabellen	ingewikkeld processimulaties
gebruikskosten	goedkoop	niet duur	duur
toepassing instrument vraagt	geringe deskundigheid	meer deskundigheid	hoge mate van deskundigheid
uitkomsten instrument	weinig betrouwbaar in specifieke gevallen	wat meer betrouwbaar	meest betrouwbaar
interpretatie/ controle vergt	deskundigheid	wat minder deskundigheid	nog wat minder deskundigheid
accent bij gebruik op	interpretatie uitkomsten	toepassing/interpretatie uitkomsten	toepassing instrument

Figuur 17: Kenschets van de drie categorieën instrumenten

een groot aantal gegevens, die merendeels niet in de praktijk voorhanden zijn. Is er een mogelijkheid om daarin te voorzien, dan komen deze modellen in aanmerking voor gebruik. De inzet van ervaren onderzoekers is echter absoluut onontbeerlijk, in het bijzonder voor het modelleren van de deelsystemen en hun samenhang in concrete situaties. De uitkomsten van deze modellen kunnen direct ingevoerd worden in het eenvoudiger Natuurtechnisch model, waarmee dan de hele relatie water - standplaats - plant is gedekt. Daarom wordt verder het Natuurtechnisch Model behandeld als onderdeel van het complexe instrument. De operationele schaal van dit instrument loopt uiteen. Dat van het model voor het verband standplaatsfactorencomplex - plant - natuurbehoudswaarde en van de standplaatsmodellen is lokaal, dat van de waterkwantiteits- en waterkwaliteitsmodellen is (in verband met de beschikbare gegevens vooralsnog) in de praktijk eerder regionaal.

Binnen het complexe instrument kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- bestaande modellen en modellen die in het kader van de studie ontwikkeld zijn;
- prototypen van modellen en operationele modellen.

Hoever de ontwikkelingen binnen de SWNBL aangaande de instrumenten ontwikkeld is, is samengevat in fig. 18.

	instrumenten			
	complex		eenvoudig	globaal
	prototypen	operationeel		
waterhuishouding	kwaliteit+	kwantiteit	--	vuistregels+ (relatie- en overgangsschema's)
standplaats	nutriënten+ zuurgraad+ IR en EGV+ (bufferend vermogen)	vocht/ aëratie	--	
plant		plant - standplaats - natuurbehoudswaarde+		

+ = in het kader van de SWNBL ontwikkeld

Figuur 18: Overzicht van het SWNBL-instrument

Er is verder dus in dit verband alleen sprake van globale en complexe instrumenten. De bespreking hiervan volgt de lijn regionale waterhuishouding - lokale waterhuishouding, lokaal grondwaterregime - standplaatsfactoren, standplaatsfactoren - plant - natuurbehoudswaarde. Steeds worden eerst de bestaande modellen besproken die aansluiten bij de benaderingswijze van de SWNBL en verder in de studie gebruikt zijn. Vervolgens worden de modellen besproken die aanvullend ontwikkeld zijn. Daarna worden, met betrekking tot de voor die modellen benodigde gegevens, beschrijvings- en karteringsmethoden besproken.

4.2 GLOBALE INSTRUMENTEN

4.2.1 Karakteristiek globale instrumenten

De ontwikkelde vuistregels zijn gebaseerd op thans beschikbare inzichten in de processen die door de waterhuishouding worden gestuurd. De betekenis van dit type instrument is vooral gelegen in het kunnen aangeven van veranderingen in de waterhuishouding en van de globale aard van het effect daarvan op flora/vegetatie. Inzicht in aard en functioneren van het hydrologische systeem, op basis van interpretatie van direct toegankelijke informatie, is hierbij wel vereist opdat aard en werking van het verband tussen regionale waterhuishouding en lokaal grondwaterregime (- standplaats - plant) begrepen kan worden.

Dit type instrument kan worden gebruikt in de volgende gevallen:

- als het gaat om een verkenning ten behoeve van het doen van algemene uitspraken of afwegingen,
- als nadere informatie over de situatie beperkt is en de tijd en/of middelen ontbreken om alsnog in die leemte te voorzien, of
- als men eerst de zin en noodzaak voor een meer gedetailleerde aanpak wil aftasten.

Het globale instrument bestaat in de eerste plaats uit schema's, die het effect van ingrepen weergeven op de verhouding tussen de invloed van het grondwaterregime en de invloed van de neerslag in de standplaats, en op de daaruit voortvloeiende dynamiek of stabiliteit van die standplaats, zonder in te gaan op de daarbij betrokken variabelen en processen. De essentie van deze benadering wordt gegeven door par. 2.4. Daaruit kan, worden afgeleid in welke richting verandering van de grondwaterstand en/of van de grondwaterkwaliteit effekt heeft. Meer is niet mogelijk, omdat gedetailleerder karakteristieken van het grondwaterstandsverloop, voor zover beschikbaar, vooralsnog niet kunnen worden gebruikt voor het voorspellen van de invloed van veranderingen erin op de vegetatie in het algemeen (zie SWNBL-rapport 1c).

Meer in detail gaan ingreep-effectrelaties die veranderingen aangeven in de sturende variabelen en de processen in de standplaats. Zij zijn afgeleid van de informatie uit onderzoek van Van Wirdum & Van Dam (1984/SWNBL-rapport 1) en Kemmers (1986). Fig. 19 geeft de hoofdrelaties in de vorm van een algemeen schema, ingevuld voor de ingreep grondwaterstandsverlaging bij een grondwaterafhankelijke standplaats. Het invullen van schema's voor andere veranderingen kan overeenkomstig plaatsvinden. Fig. 20 geeft een samenvatting van de uitkomsten van uitwerking van dat relatieschema zoals dat in bijlage 6 voor andere veranderingen is ingevuld.

Het effect op de standplaats en/of plant/vegetatie kan met een dergelijk schema zeer globaal worden beoordeeld: bijvoorbeeld toenemen van de beschikbaarheid van nutriënten/eutrofiering = negatief, idem afnemen = positief (zie ook par. 2.4, SWNBL-rapport 2). De relatieve verandering is uiteraard afhankelijk van de uitgangssituatie, zo betekent toenemende mineralisatie voor een vrijwel minerale bodem wat anders dan voor een sterk venige bodem. Bijlage 5 geeft een globale richting voor deze relativering van de invloed van veranderingen in de waterhuishouding per onderscheiden standplaatstypering, al dan niet in ruimtelijke context.

Tenslotte levert het voor het verband standplaats - plant - natuurbehoudswaarde ontwikkelde Natuurtechnische Model een veelheid aan specifieke beslisregels, die zijn gegeneraliseerd tot een beperkter aantal algemene beslisregels die als vuistregels kunnen worden beschouwd.

4.2.2 Karakteristiek veranderingen in waterhuishouding

Vanuit de standplaats benaderd, gaat het bij de invloed van het waterbeheer om grondwaterstandsverandering, d.w.z. daling of stijging, en om grondwaterkwaliteitsverandering.

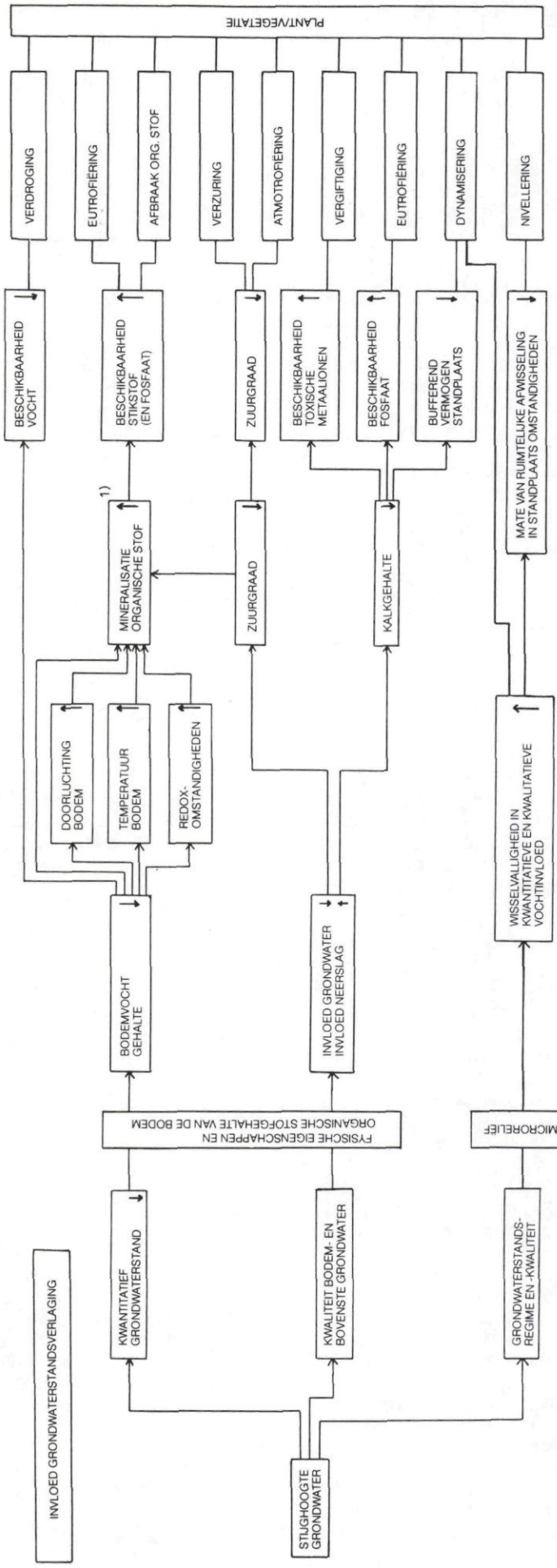
De maatregelen die daartoe kunnen leiden, zijn uiteenlopend. Zowel peilverlaging als grondwaterwinning kunnen bijvoorbeeld leiden tot grondwaterstandsdaling. Grondwaterstandsstijging daarentegen kan voortvloeien uit het staken van grondwaterwinning en uit het remmen van de afvoer van oppervlaktewater. Afhankelijk van de situatie kan dit leiden tot verandering in de kwaliteit van het bovenste grondwater. Hierop wordt voor nadere gedachtenvorming, en ter ondersteuning van het gebruik van het globale instrument, in het volgende wat verder ingegaan.

Bevorderen van het overheersen van regenwaterachtig water is mogelijk door neerslagconservering. Dat kan door het opheffen of beperken van de drainerende werking van al dan niet kunstmatige ont- en afwateringsmiddelen zonder meer, zoals door het dichtgooien van een greppel of sloot. Meer manipuleerbaar kan dat door het plaatsen van beweegbare kunstwerken, zoals een stuw. Het resultaat hangt af van de gegeven situatie, bijvoorbeeld de aanwezigheid van natuurlijke laagten, reliëfrijkdom, aan- of afwezigheid van slechtdoorlatende bodemlagen, etc.

Bevorderen van de overheersing van grondwaterachtig water kan ook op diverse manieren geschieden. Veelal kan dit worden bereikt door maatregelen die stuwing of bijsturen (dan wel herstel) van grondwaterstromingspatronen beogen. Dit zijn grondwaterstandsverhoging in de inzijgingsgebieden, terugdringen van het onderscheppen van stroombanen die benedenstrooms tot grote verblijftijden zouden leiden, d.w.z. verhogen van grondwaterstanden in overgangsgebieden tussen inzijgings- en uitstroomgebieden, e.d.

Grondwaterkwaliteits- en grondwaterstandsverandering kunnen verder voortkomen uit de aanvoer van oppervlaktewater. Men spreekt bij die wateraanvoer wel van gebiedsvreemd water, omdat het betreffende water als regel een kwaliteit heeft die afwijkt van de ter plekke van nature heersende kwaliteit. Meestal gaat het om oorspronkelijk grondwaterachtig, zwaar belast (naar zeewaterachtig neigend, geëutrofiëerd) water, bijvoorbeeld afkomstig van de Rijn. De mate en afstand van binnendringen van zulk aangevoerd oppervlaktewater is afhankelijk van infiltratieweerstand en bergend vermogen. Wateraanvoer in de vorm van regenwaterachtig tot grondwaterachtig grondwater, anders dan door beregening van landbouwgronden, komt zelden voor.

Wateraanvoer ten behoeve van het



Figuur 19: Vuistregel in de vorm van een relatieschema, ingevuld voor de ingreep grondwaterstandsverlaging

HET OVERZICHT IS INDICATIEF, DE WERKELIJKHEID HANGT AF VAN DE CONCRETE UITGANGSSITUATIE EN VAN DE MAAT VAN DE INGREEP; HET OVERZICHT BETREFT OMSTANDIGHEDEN WAARIN OORSPRONKELIJK OF UITEINDELIJK SPRAKE IS VAN VOCHTIGE (TOT ± NATTE), TERRESTRISCHE TOT SEMI-TERRESTRISCHE SITUATIES, NIET IDEM VAN ONDER WATER STAANDE, AQUATISCHE SITUATIES

NATUURTECHN. WAARDERING [1]		GRONDWATER-STANDSDALING [2]	GRONDWATERSTANDSSTIJGING			OPPERVLAKTEWATERINLAAT	
			NEERSLAG-CONSERVERING [3]	NEERSLAG-CONSERVERING [4]	REMMEN GROND-WATERAFVOER [5]	VERONTREINIGD	NIET VERONTREINIGD
ATMOTROFIERING	1	—	—			—	
THALASSOTROFIERING	1						
OMBROTROFIERING	2			—			
LITHOTROFIERING	2				—		—
DESTABILISERING	1	—	—			—	
STABILISERING	2			—	—		—
EUTROFIERING	1	—	—			—	
MESOTROFIERING	2				—		—
OLIGOTROFIERING	2			—			
VERZURING	1	—	—	—		—	
NEUTRALISERING	2				—		—
VERDROGING	1	—				— – –	
VERNATTING	2		—	—	—		— – –
(METAAL)VERGIFTIGING	1	—	—	– – –		—	
(METAAL)ONTGIFTING	2				—		—
AFBRAAK ORGANISCH MATERIAAL	1	—					
OPHOPING RUWE HUMUS/STROOISEL	1		—			—	
VEENVORMING	2			—	– – –		– – –
NIVELLERING MICRORELIEFINVLOED	1	—	—			—	
DIFFERENTIATIE MICRORELIEFINVL.	2			—	—		∫
GLOBALE INDICATIE NATUUR-TECHNISCHE BEOORDELING		NEGATIEF	NEGATIEF	POSITIEF	POSITIEF	NEGATIEF	POSITIEF

NOTEN:

1) DE NATUURTECHNISCHE WAARDERING PER EFFECTCATEGORIE IS RELATIEF (1 LAAG, 2 HOOG)

2) BIJ GRONDWATERSTANDSDALING: OORSPRONKELIJK BOVENSTE GRONDWATER MIN OF MEER LITHOTROOF TOT ATMOTROOF

3) BIJ NEERSLAGCONSERVERING, EERSTE GEVAL: BIJ VOLLEDIGE ISOLATIE VAN DE OMGEVING (MAXIMALE INVLOED WISSELVALLIG KWANTITATIEF NEERSLAGREGIME OP GRONDWATERSTANDSREGIME)

4) BIJ NEERSLAGCONSERVERING, TWEEDE GEVAL: REGULATIE VAN ISOLATIE VAN DE OMGEVING (± VAST PEIL)

5) DOOR OPZETTEN LITHOTROOF GRONDWATER TOT PEIL WAARBIJ NEERSLAG OPPERVLAKKIG WORDT AFGEVOERD

Figuur 20: Samenvattend overzicht van de uitkomsten van uitwerking van relatieschema's

natuurbehoud zou zoveel mogelijk moeten gebeuren met grondwater of met onbelast oppervlaktewater van een kwaliteit die overeenkomt met de oorspronkelijke. In de praktijk is dergelijk onbelast oppervlaktewater echter vaak niet beschikbaar. Het beschikbare water moet dan zoveel mogelijk van zijn belasting worden ontdaan. Dit is mogelijk door gebruik te maken van natuurlijke processen (biologische reiniging in vloeivelden of pasveersloten of door chemische reiniging (zie SWNBL-rapport 4d).

4.3 COMPLEXE INSTRUMENTEN

4.3.1 Inleiding

Na het overzicht van de bestaande kennis en inzichten in het voorgaande hoofdstuk gaat het bij het ontwikkelen van nauwkeuriger voorspellingsinstrumenten om de vragen:

- kunnen de relevante aspecten van de waterhuishouding zo worden gemodelleerd, dat de gevolgen van ingrepen in de (regionale) waterhuishouding op de relevante parameters van het lokale grondwaterregime kunnen worden voorspeld,
- kunnen de relevante grondwaterafhankelijke processen in de bodem zo worden gemodelleerd, dat de gevolgen van veranderingen in het lokale grondwaterregime voor de belangrijkste standplaatsfactoren kunnen worden voorspeld,
- kan het verband tussen de plant en de belangrijkste grondwaterafhankelijke standplaatsfactoren zo worden gemodelleerd, dat de gevolgen van veranderingen in die standplaatsfactoren voor de samenstelling van de vegetatie en in het bijzonder voor de natuurbehoudswaarde van de standplaats kunnen worden voorspeld?

Naar onderwerp gaat het dus om drie groepen van modellen:

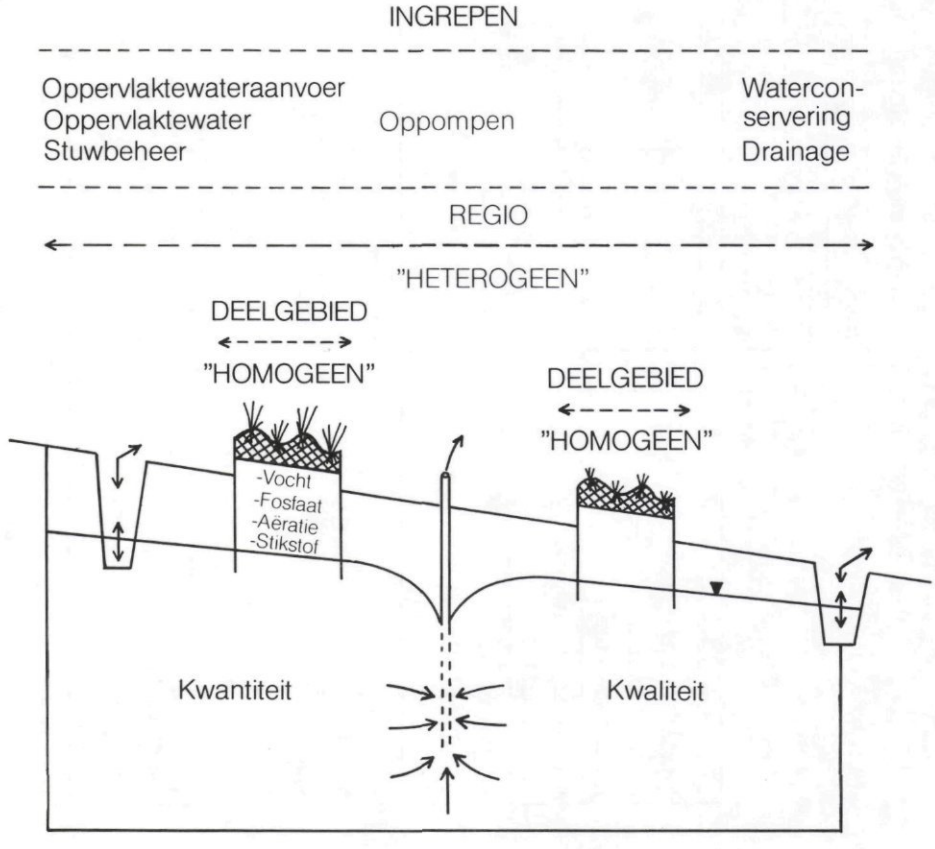
- Hydrologische modellen die het verband simuleren tussen de waterhuishouding op regionaal of landschapsniveau enerzijds, en het grondwaterstandsverloop en de bijbehorende kwaliteit van het freatisch water in als standplaats opgevatte deelgebieden op lokaal niveau anderzijds.
- Standplaatsmodellen die, door simulatie van grondwaterafhankelijke bodemprocessen, het verband tussen lokaal grondwaterregime en relevante standplaatsfactoren leggen.
- Modellen voor het verband standplaats - plant - natuurbehoudswaarde die de eisen van de afzonderlijke plantesoorten ten aanzien van de afzonderlijke, relevante standplaatsfactoren kwantificeren en een beoordeling van die soorten en de standplaats mogelijk maken.

Het gaat bij de modellen voor de regionale waterhuishouding om drie-dimensionale modellen die kwantitatieve en kwalitatieve processen in de verzadigde zone beschrijven. Het gebruik van zulke modellen vereist dat eerst het geohydrologische systeem correct wordt beschreven. Met de huidige kennis en beschikbare methoden is dat goed mogelijk maar tijdrovend. De modellering van de verzadigde zone op zich is eveneens tijdrovend. De gangbaar beschikbare hydrologische gegevens zijn echter naar schaal betrekkelijk grof. De uitkomsten van de rekenmodellen zijn dat daardoor ook, maar met gedetailleerder gegevens kan naar believen worden verfijnd.

Modellen voor de kwantitatieve regionale waterhuishouding dienen de volgende uitkomsten te leveren:

- verandering in stijghoogte van diep grondwater of in grondwaterstandsverloop, aansluiting gevend op de modellen voor de vochthuishouding c.s. in de standplaats;
- verandering in de grondwaterstroming, aansluiting gevend op de waterkwaliteitsmodellen;
- veranderingen in termen van de waterbalans.

Modellen voor de regionale waterkwaliteit dienen uitkomsten te leveren over waterkwaliteitsparameters, zoals zuurgraad, ionenratio, E.G.V. Deze parameters zijn invoergegevens voor de modellen voor de standplaatsfactoren, als uitvloeisel van wat het model voor het verband standplaats - plant - natuurbehoudswaarde vraagt om kalk-



Figuur 21: De grote lijn in de modelmatige benadering van het verband waterhuishouding - standplaats (Kemmers 1986, vereenvoudigd)

potentiaal, CO_2-evenwichten en bodemzuurgraad te kunnen berekenen.

Bij de modellering van de standplaatsfactoren gaat het om één-dimensionale modellen die de processen in de onverzadigde zone met betrekking tot de beschikbaarheid van vocht, zuurstof en nutriënten en tot de zuurgraad simuleren. Hun praktische toepasbaarheid stelt beperkingen aan detail en schaal en daarmee aan het standplaatsbegrip, overeenkomstig die van de hydrologische modellen en overeenkomstig hetgeen in par. 3.2 is opgemerkt. Een zekere mate van heterogeniteit in de standplaats, zoals in verband met het microreliëf, wordt daarbij aanvaard. Fig. 21 beeldt deze benadering van het verband tussen regionale waterhuishouding en standplaats uit, uitgaande van de belangrijkste ingrepen in de waterhuishouding.

Standplaatsmodellen zijn lokale modellen die,
- gebruik makend van de randvoorwaarden die door de regionale modellen worden berekend,
- het transport en de processen in de onverzadigde zone beschijven, om
- uitspraken te doen over de door het model standplaats - plant gevraagde factoren vocht, nutriënten (stikstof, fosfaat), zuurgraad en ionenratio en electrisch geleidingsvermogen/bufferend vermogen standplaats.

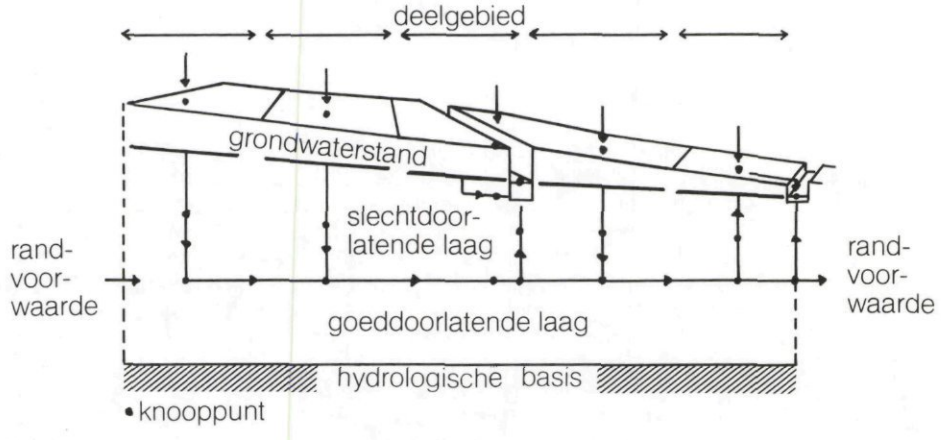
Ten slotte gaat het bij de modellen voor het verband standplaatsfactoren - plant - natuurbehoudswaarde om een betrekkelijk eenvoudig instrument. Dat instrument kan vanwege de aansluiting op de abiotische complexe modellen als onderdeel van het complexe instrument worden meegenomen. Het toont ook een heel ander type formulering en behelst in feite een stelsel van beslisregels.

4.3.2 Modellen voor de regionale waterhuishouding

4.3.2.1 Modellen voor de kwantitatieve waterhuishouding

Dergelijke modellen bestaan in verschillende vorm. Voor betrekkelijk eenvoudige stromingsproblemen zijn analytische formules voorhanden zoals die van Hooghoudt en Ernst. Als regel gaat het om ingewikkelder stromingssituaties, waarvoor numerieke modellen een oplossing kunnen bieden. Daarbij worden processen in de tijd en in de ruimte opgedeeld in kleine stapjes. Deze modellen zijn al of niet stationair, dat wil zeggen kunnen wel of niet voorzien in stromingssituaties die in de tijd veranderlijk zijn.

De essentie van deze categorie modellen is dat de beschouwde regio wordt verdeeld in *homogene deelgebieden. Het hydrologisch* verband tussen die deelgebieden wordt dan geschematiseerd tot een netwerk van knooppunten. Verder worden voor het gebied als geheel randvoorwaarden geformuleerd en wordt erbinnen onderscheid gemaakt tussen verticale grondwaterstroming in slechtdoorlatende lagen en horizontale grondwaterstroming in goeddoorlatende lagen (fig. 22).



Figuur 22: Schets van de werking van modellen voor de regionale, kwantitatieve waterhuishouding (Kemmers 1986)

De thans beschikbare kwantitatieve, regionale hydrologische modellen (b.v. de modellen GELGAM, SHE, FEMSAT, FLOWNET, FLOWSA) voldoen in de praktijk redelijk voor het voorspellen van de gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding. Zij kunnen door koppeling met modellen voor de onverzadigde zone ook het watertransport van de verzadigde zone naar de wortelzone van deelgebieden en zo de vochtvoorziening in de standplaats simuleren. Om praktische overwegingen en verwachtingen ten aanzien van de gebruiksmogelijkheden bij grondwaterkwaliteitsmodellen is in het kader van de SWNBL gekozen om verder te werken met FEMSAT. FEMSAT is inmiddels bij het ICW verder uitgewerkt tot het model SIMGRO. Dat is een pseudo-driedimensionaal grondwaterstromingsmodel (driedimensionaal voor verzadigd plus eendimensionaal voor onverzadigd) voor toepassing op regionale schaal. Het model kan zowel voor stationaire als niet-stationaire situaties worden toegepast. Het model is geschikt voor het berekenen van de waterhuishoudkundige aspecten van wateraanvoer en peilbeheer.

Door koppeling van hiervoor genoemde regionale hydrologische modellen met een hydraulisch model voor oppervlaktewatersystemen kan ook de invloed van patroon, profiel en stromingsweerstand van het drainagesysteem op de afvoersnelheid en de afvoercapaciteit worden geëvalueerd (met PREDIS, SIMPRO). Het is dan mogelijk om te berekenen of slootwaterpeilen hoog genoeg zijn ten einde te voldoen aan de vereiste waterhuishoudkundige omstandigheden in daarvan afhankelijke natuurgebieden. Dit vereist uiteraard een goede formulering van uitgangspunten, met name criteria voor minimum- en maximumwaterstanden in de loop van het jaar, de dichtheid van het slotennetwerk en een bepaald onder-

houdsprogramma.

(modelinformatie: zie voor recente overzichten Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer & Ministerie van Landbouw en Visserij 1985, 1987; verder houdt het bureau SAMWAT/TNO (SAMenwerken op het gebied van het onderzoek ten behoeve van het WATerbeheer, Den Haag) een centrale database voor hydrologische modellen bij (zie Volp & Lambrecht 1988); verder: GELGAM - De Laat et al. 1981; SHE - Refsgaard & Hansen 1982; FEMSAT - Querner & Van Bakel 1984; SIMGRO: SWNBL-rapport 4b; PREDIS - Crebus & Wesseling 1983; SIMPRO - Querner 1986; zie verder: SWNBL-rapport 4b)

4.3.2.2 Modellen voor de kwalitatieve waterhuishouding

Modellen voor de kwalitatieve waterhuishouding moeten, in tegenstelling tot de kwantitatieve hydrologische modellen, het grondwaterstromingspatroon beschrijven volgens de werkelijke verplaatsing en de werkelijke snelheid van waterdeeltjes, in plaats van de resulterende waterstroming.

Op het gebied van regionale hydrologische waterkwaliteitsmodellen waren voor sterk vereenvoudigde situaties oplossingsmethoden reeds beschikbaar. Voor een uitgebreid overzicht wordt verwezen naar Rapporten & Nota CHO-TNO nr. 11 (1982) en Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer & Ministerie van Landbouw en Visserij (1985, 1987; n.b. SAMWAT database). Bij gegeven begintoestand, gegeven randvoorwaarden, gegeven parameterwaarden en de nodige aannamen kan met deze methoden in principe worden berekend wat de gevolgen van een ingreep zijn. Zij simuleren echter slechts de verplaatsing van één stof, waarbij chemische evenwichtsreacties (vooralsnog) buiten beschouwing blijven. De effecten worden uitgedrukt in verandering in concentratie van een stof naar plaats (en tijd) en in veranderingen in de stoffenbalansen. Deze modellen zijn in het algemeen dan ook alleen bruikbaar om het effect van bepaalde ingrepen met elkaar te vergelijken. Zij voldoen niet voor toepassing bij de ecologische vraagstelling van de SWNBL.

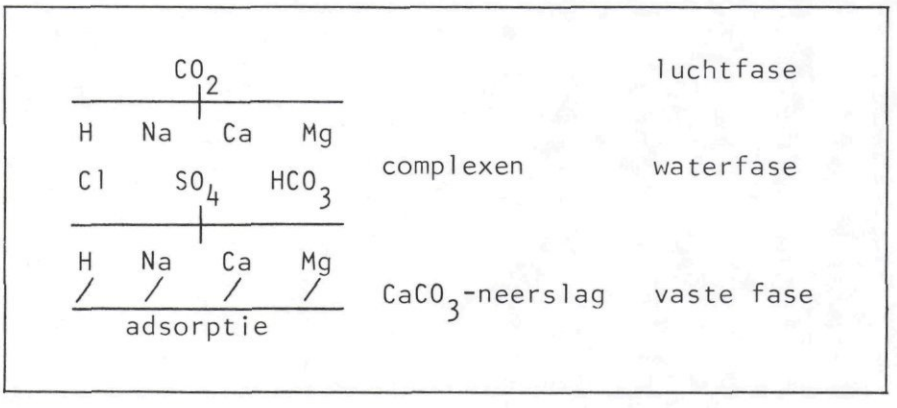
De beschikbare modellen gaan niet bevredigend om met de ionenratio, die naar voren is gekomen als aanduiding voor de chemische samenstelling van het water op een wijze die indicatief is voor ecologisch belangrijke processen in de bodem/standplaats. Bij die processen gaat het in het bijzonder om simulatie van het transport van calciumionen. Omdat calcium gemakkelijk met andere componenten reageert, moeten naast de werkelijke stroming ook chemische evenwichtsreacties worden beschreven evenals dispersie en diffusie van chemische bestanddelen tijdens het transport door de verzadigde zone. Omdat een beter inzicht in de kwalitatieve waterhuishouding dringend gewenst was, is hier langs twee sporen aandacht aan besteed. Beide zijn gericht op modellering van het geheel aan chemische macrovariabelen in het grondwatersysteem, omdat Ca door vele, zo niet alle andere reacties in het bodem/grondwatersysteem wordt beïnvloed.

Modellen

Door het ICW zijn in het kader van de SWNBL, aansluitend op SIMGRO en WATBAL (zie par. 4.3.2.1 en 4.3.3), modellen ontwikkeld en toegepast voor het gekwantificeerd voorspellen van de effecten van peilverandering en van aanvoer van gebiedsvreemd water in agrarische gebieden op de waterkwaliteit in natuurgebieden. Het betreft chemische evenwichtsmodellen en stoftransportmodellen. Daarbij wordt uitgegaan van een opdeling van de verzadigde zone in een reeks van compartimenten of "grondwatercellen", waarbinnen volledige menging van stoffen wordt verondersteld ("mixing-cellprincipe").

Het berekenen van chemische evenwichten, adsorptie aan een vaste fase van een aantal componenten en de verwering of neerslag van kalk is mogelijk met het op basis van het model COMPLEX ontwikkelde model EPIDIM (fig. 23). Dat berekent de waterkwaliteit per grondwatercel. Die modellering kan worden gekoppeld aan een tweedimensionaal model voor stoftransport in de verzadigde zone, dat de stroombanen, potentialen en verblijftijden in en tussen die grondwatercellen simuleert (STRELIN; vergelijk FLOWNET).

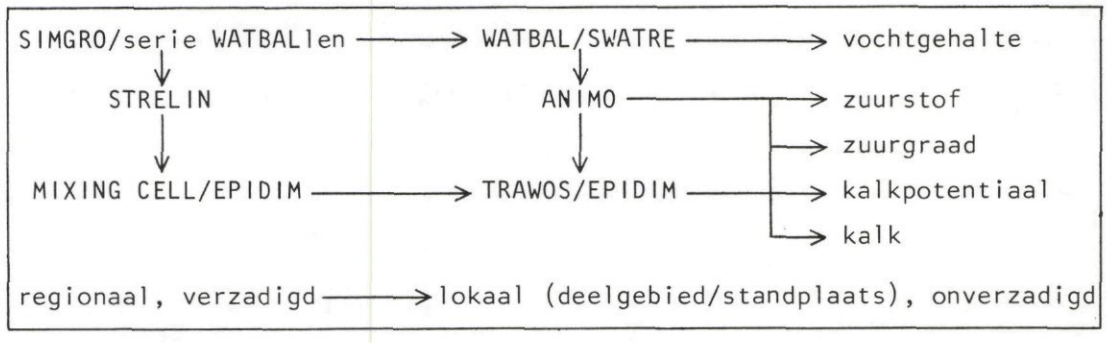
Aan de ene kant kan deze grondwaterkwaliteitsmodellering worden gekoppeld aan het oppervlaktewater(beheer) met een model voor het transport van chemisch reactieve componenten in oppervlaktewater, dat met waterbalanstermen rekent (TRIC). Aan de andere kant kan het verband naar de standplaats worden gelegd door een aansluitend eendimensionaal model voor transport van chemische componenten in de onverzadigde zone (TRAWOS/EPIDIM).



Figuur 23: Schema van de relaties in het model EPIDIM

Met het resultaat kunnen bijvoorbeeld de effecten worden gesimuleerd van:
- peilveranderingen en peilbeheer op de lucht- en vochtvoorziening in de bodem en op een aantal relevante waterkwaliteitsparameters;
- aanvoer en infiltratie van gebiedsvreemd oppervlaktewater op de waterkwaliteit van het verzadigde grondwater van een aanliggend gebied;
- zuur- en stikstofdepositie, stikstofbemesting en bekalking op de concentratie van een aantal relevante componenten en de zuurgraad in het oppervlakkige bodemwater en diepere grondwater.

Het Waterloopkundig Laboratorium heeft in het kader van de SWNBL als alternatief het chemisch rekenprogramma voor oppervlaktewater CHARON geschikt gemaakt voor toepassing op (on)verzadigde grondwatersystemen. Het kan de chemische samenstelling van een systeem als resultaat van transport van stoffen en reacties tussen stoffen berekenen, als het stromingsveld en de aard en toestandsvariabelen van de stoffen bekend zijn. Het rekenprogramma bevestigt ecologische veldwaarnemingen dat het na een ingreep in het voedingsgebied van een regionaal hydrologisch systeem zeer lang - tientallen tot honderden jaren - kan duren voordat dat systeem in zijn totaliteit een volledig nieuw fysisch-chemisch evenwicht bereikt. Dat komt omdat de verblijftijden van het grondwater binnen in zo'n systeem kunnen uiteenlopen van weken en maanden tot eeuwen, afhankelijk van de verschillende banen die het kan volgen (kort/lang, ondiep/diep), en door het tijdsaspect van de interactie van stoffen zoals calcium en magnesium met de bodemmatrix. Het model is geijkt aan uitkomsten van laboratoriumexperimenten (kolomproeven).
(zie verder: SWNBL-rapport 4b, 4c-e)



Figuur 24: Samenhang tussen de modellen voor de regionale en lokale waterkwantiteit en waterkwaliteit

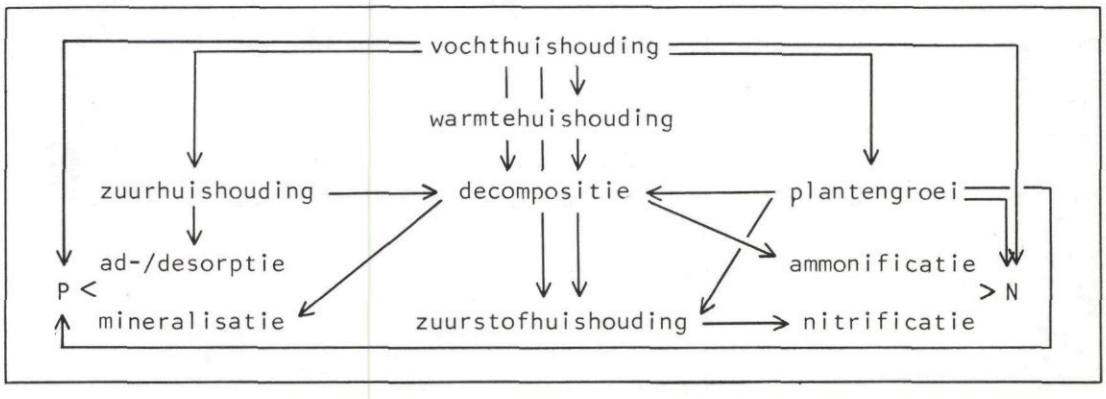
4.3.3 Modellen voor standplaatsfactoren

4.3.3.1 Modellen voor de vochthuishouding

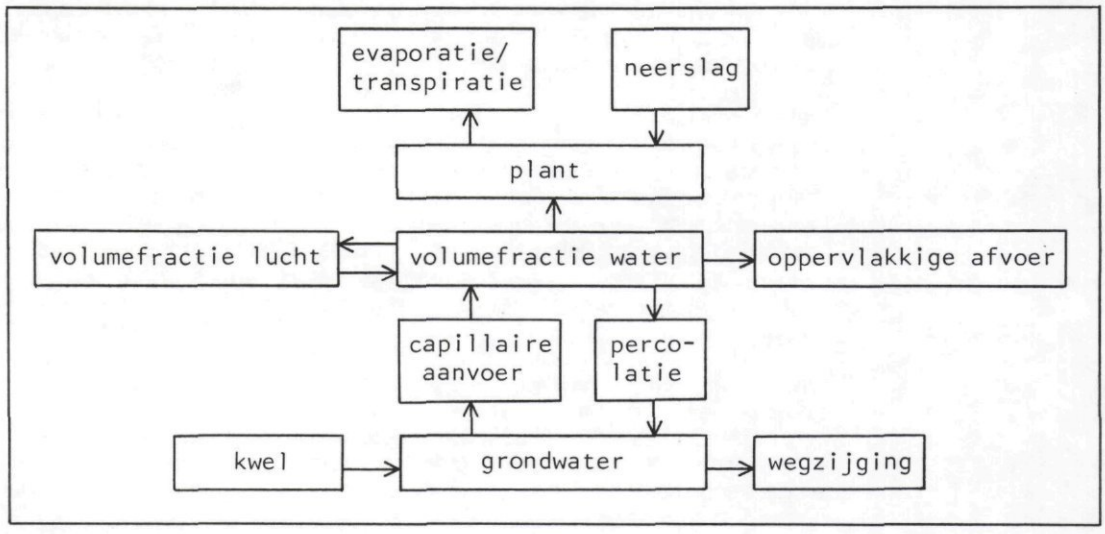
Modellen voor de vochthuishouding moeten, uitgaande van de uitkomsten van de regionale, kwantitatieve hydrologische modellen voor het lokale grondwaterstandsverloop, als eerste stap uitspraken doen over de volgende twee standplaatsomstandigheden:
- de beschikbaarheid van vocht in de onverzadigde zone in de standplaats; (levert verandering in de grondwaterstand enig vochttekort voor evapotranspiratie op, of niet);
- de zuurstoftoestand van de bodem in die onverzadigde zone.

Die vocht- en luchthuishouding spelen, samen met de grondwaterkwaliteit, een sleutelrol bij de regeling van de zuurgraad in de bodem en de beschikbaarheid van nutriënten.

Fig. 25 geeft de samenhang van de verschillende betrokken processen in de bodem met de vochthuishouding. Fig. 26 geeft aan hoe het lokale grondwaterstandsverloop gestalte krijgt via vochttransport in de onverzadigde bodem, via de fysische eigenschappen van de bodem en via de randvoorwaarden van het systeem zoals neerslag en verdamping. Dat vochttransport kan worden berekend met een betrekkelijk eenvoudig geformuleerde combinatie van relaties. De belangrijkste variabelen hierbij zijn tijd, verticale afstand, drukhoogte, vochtgehalte en onverzadigde doorlatendheid. Deze vergelijking kan worden opgelost met eenvoudige en ingewikkelde ééndimensionale modellen.



Figuur 25: Samenhang van de verschillende relevante processen in de bodem met de vochthuishouding



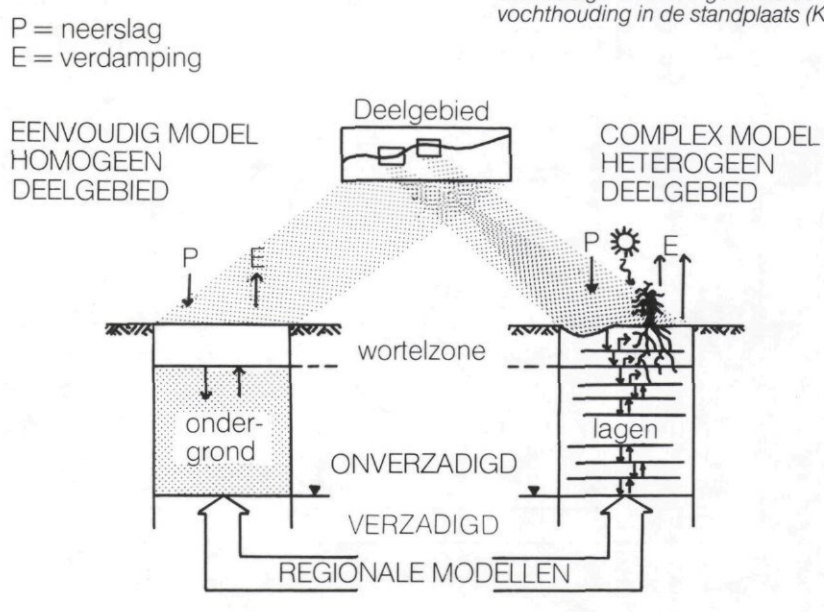
Figuur 26: Schematisatie vochthuishouding/aëratie standplaats

Eenvoudige modellen zoals WATBAL kunnen worden gebruikt wanneer de deelgebieden/standplaatsen als homogeen (kunnen) worden beschouwd. Het modelconcept van WATBAL onderscheidt slechts twee lagen in bodemfysische zin: de wortelzone en een laag daaronder die tenminste zo diep reikt als de laagst voorkomende grondwaterstand. Neerslagwater wordt verondersteld in de wortelzone te worden opgeslagen tot een bepaald vochtgehalte is bereikt. Wordt dat vochtgehalte overschreden, dan zal water wegzijgen naar de verzadigde zone. Wordt dat vochtgehalte onderschreden, dan zal nalevering via capillaire opstijging vanuit het grondwater optreden. De actuele verdamping kan worden berekend met neerslaggegevens en de verdamping van open water.

Ingewikkelder modellen zoals SWATRE en MUST kunnen rekening houden met verticale heterogeniteit van de bodem, namelijk door het onderscheiden van zoveel bodemlagen als wenselijk. Zij berekenen de actuele verdamping uit meteorologische gegevens en gewas- en bodemeigenschappen op dagbasis. Daarbij wordt, in tegenstelling tot WATBAL, wel rekening gehouden met opname van bodemvocht door plantenwortels in de bovenste bodemlagen. Deze wordt beschreven met een term afhankelijk van bodemvochtdrukhoogte, diepte van de beworteling en potentiële verdamping. Deze ingewikkelde modellen kunnen worden gebruikt om de uitkomst van eenvoudige modellen te toetsen en te detailleren. Met complexe modellen zoals SWATRE is het ook mogelijk eenvoudige relaties tussen invoer- en uitvoergegevens af te leiden, zoals voorjaarsgrondwaterstand en verdamping (Jansen 1983).

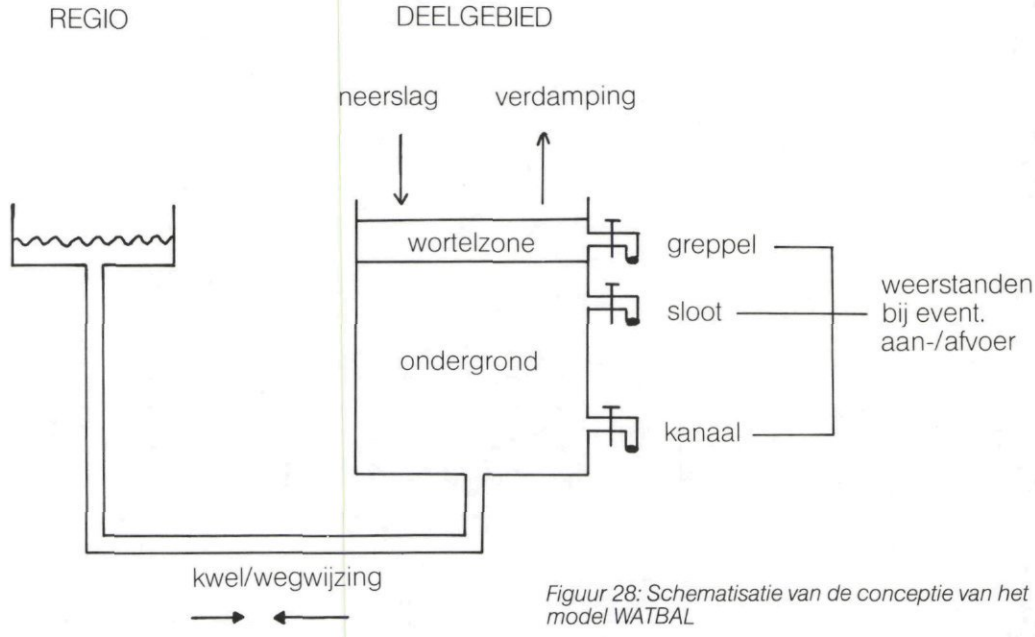
De genoemde modellen zijn operationeel. Er zijn daarnaast nog andere modellen beschikbaar, zoals DEMGEN, die vergelijkbare uitkomsten leveren. Met geen van de modellen is het echter mogelijk schijngrondwaterspiegels te simuleren, omdat dan van nalevering geen sprake kan zijn. Fig. 27 zet de essentie van de eenvoudige en ingewikkelde typen modellen naast elkaar. Overigens kan met heterogeniteit binnen deelgebiedenstandplaatsen worden omgegaan door beide typen modellen toe te passen op een beperkt, homogener deel van de onderscheiden deelgebieden/standplaatsen, gebruik makend van sublokale invoergegevens.

Figuur 27: Geschematiseerde vergelijking van de benadering van deelgebieden/standplaatsen met eenvoudige en met ingewikkelde modellen voor de vochthouding in de standplaats (Kemmers 1986)



WATBAL lijkt vooralsnog, ondanks zijn verregaande vereenvoudiging van de werkelijkheid, voor de praktijk aantrekkelijk. Dat heeft te maken met zijn gebruikersvriendelijkheid, relatief eenvoudige gegevensbehoefte, snelheid van rekenen, toepassingsbereik en de bruikbaarheid van de uitkomsten als invoergegevens voor waterkwaliteitsmodellen en voor de stikstof- en fosfaathuishoudingsmodellering. WATBAL kent geen ruimtelijke differentiatie en is dus per definitie geen regionaal model. Het maakt echter voor de drainageweerstanden gebruik van verschillende orden drainagestelsels die ruimtelijk gedacht kunnen worden. Verder is alsnog ruimtelijke toepassing mogelijk door een aantal simulaties met WATBAL voor verschillende deelgebieden/ standplaatsen aan elkaar te koppelen (zie de schematisatie van de modelconceptie in fig. 28).

(modelinformatie: WATBAL - Berghuys-Van Dijk 1985; SWATRE - BELMANS et al. 1983; MUST - De Laat 1985; zie verder SWNBL-rapport 8b, Kemmers 1986)



Figuur 28: Schematisatie van de conceptie van het model WATBAL

4.3.3.2 Modellen voor de aëratie

De vochthuishouding in de onverzadigde bodem bepaalt het complementair met lucht gevulde bodemporiënvolume, waaruit via diffusieparameters de zuurstoftoestand van de bodem kan worden berekend. De aëratie wordt, in de vorm van de zuurstofhuishouding, met ANIMO afgeleid uit de vochthuishouding en de organische stofhuishouding.

(modelinformatie: ANIMO - Berghuis-Van Dijk et al. 1985; zie verder SWNBL-rapport 8b)

4.3.3.3 Modellen voor het zuurgraadregime

De zuurgraad is gemodelleerd met TRAWOS/ EPIDIM. TRAWOS simuleert, uitgaande van volledige menging, het transport van water en de daarin opgeloste stoffen in de onverzadigde zone onder invloed van de water- en luchthuishouding. Het is een ééndimensionaal model. EPIDIM is een module voor de berekening van een aantal chemische reacties (fig. 23). Door combinatie van beide kunnen standplaatsfactoren zoals kalkpotentiaal en zuurgraad worden berekend.

(zie verder: SWNBL-rapport 8c)

4.3.3.4 Modellen voor het temperatuurregime

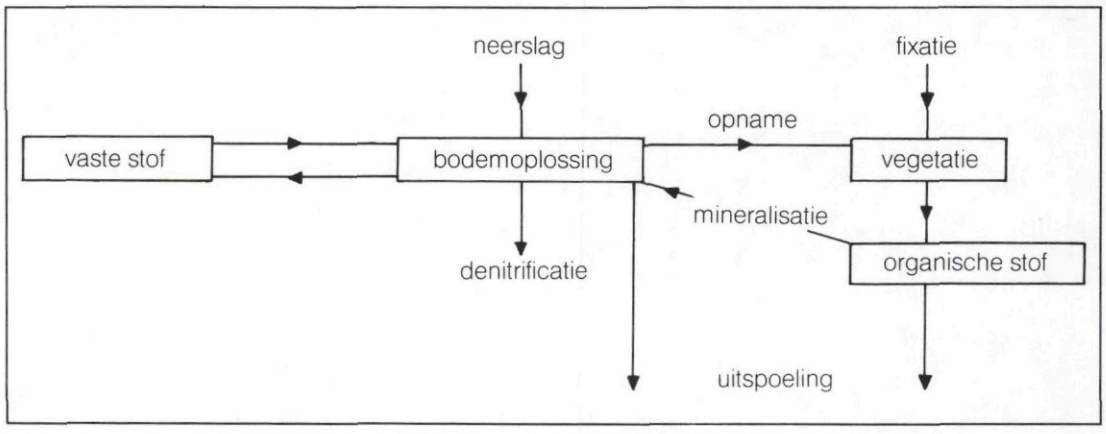
De temperatuur heeft grote invloed op de snelheid waarmee fysische, chemische en biologische processen verlopen. Dat geldt ook in de bodem, en daarmee de invloed op de de nutriëntenhuishouding. Het model TEMPERATURE berekent de temperatuur in alle lagen van het bodemsysteem. Alleen het warmtetransport door diffusie wordt in beschouwing genomen. Randvoorwaarde aan de bovengrens is de luchttemperatuur. De ondergrens van het bodemsysteem wordt gelegd op een diepte waar de onderrandvoorwaarde, de gemiddelde jaartemperatuur, geldt. Deze wordt gesteld op 10 m diepte.

(zie verder: SWNBL-rapport 8c)

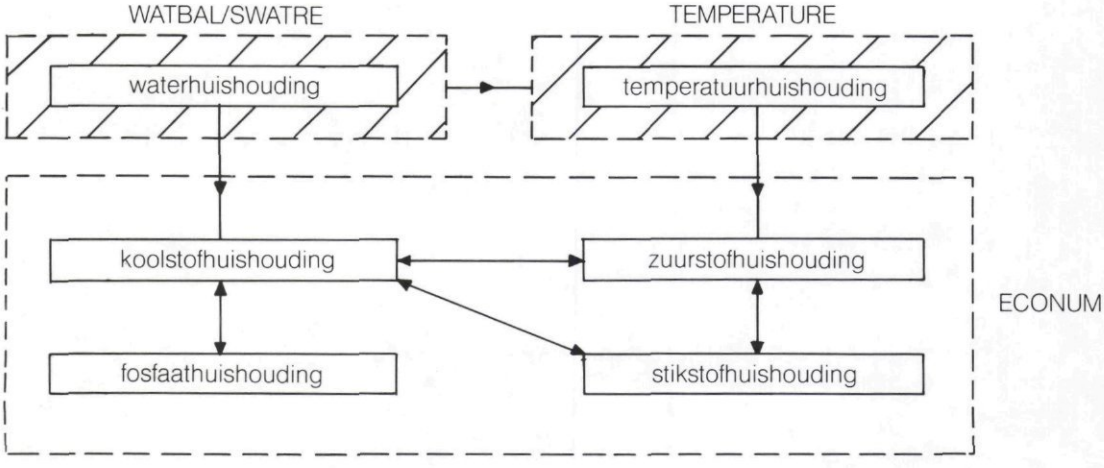
4.3.3.5 Modellen voor de nutriëntenhuishouding

Voor het voorspellen van effecten van waterbeheer op de stikstof- en fosfaathuishouding van vochtige tot natte standplaatsen met half-natuurlijke begroeiingen is het model ECONUM ontwikkeld. ECONUM simuleert de koolstof-, stikstof- en fosfaathuishouding. Dit is afhankelijk van de vocht- en zuurstofhuishouding en de temperatuurhuis-

houding in de bodem. De noodzakelijk invoergegevens worden geleverd door de hulpmodellen WATBAL, TEMPERATURE en de subroutine BALANCE uit het model ANIMO. In BALANCE wordt het bodemprofiel opgedeeld in een willekeurig aantal lagen van gelijke dikte, waarbij echter geen bodemfysisch onderscheid tussen die lagen mogelijk is. Fig. 29 geeft de vereenvoudiging van het bodemsysteem weer die aan de modellering ten grondslag ligt en de relaties binnen ECONUM.



Figuur 29: Vereenvoudigd bodemsysteem in het model ECONUM (boven) en de relaties binnen dat model (onder)



Het transport van water, opgeloste stoffen, warmte en gassen in een ééndimensionaal systeem staat centraal in de programma's. ECONUM moet nog worden beschouwd als een vrij grof prototype. Op allerlei gebied zijn nog nuanceringen mogelijk. Dit betreft vooral de invloed van omgevingsfactoren op de opname van stoffen door de plant en op de nitrificatie. De kennis hierover is schaars. Daarnaast zijn de waarden van allerlei parameters nauwelijks bekend. Pas als voor deze parameters betrouwbare waarden bekend zijn, kunnen met het model realistische resultaten worden bereikt. Uitgebreide gevoeligheidsanalyses om de betekenis van de parameters te achterhalen is bovendien nog wenselijk.

Koolstofhuishouding

De plant legt als koolzuurgas opgenomen koolstof, samen met opgenomen stikstof en fosfaat, vast in organische materiaal. Bij het afsterven van plantendelen draagt dit bij aan de organische stof in de bodem. Daar staat het bloot aan microbiële afbraak of mineralisatie, waarbij weer koolzuurgas, stikstof en fosfaat vrijkomen. Zeker in natuurterreinen verloopt een groot deel van de stikstof- en fosfaatfluxen via deze organische stof. Beperkend voor de omzetting en afbraak van organisch materiaal kunnen zuurstof, fosfaat en stikstof zijn. Deze zijn nodig voor het eigen functioneren van de betrokken microörganismen. Uitwendige factoren die de koolstofhuishouding beïnvloeden, zijn: temperatuur (TEMPERATURE), vochtigheidsgraad (WATBAL/SWATRE) en zuurgraad zodra de pH lager wordt dan 4,5 (TRAWOS/ EPIDIM). ANIMO kan de koolzuurproduktie simuleren en berekenen, evenals de waterstofionenconsumptie en -produktie.

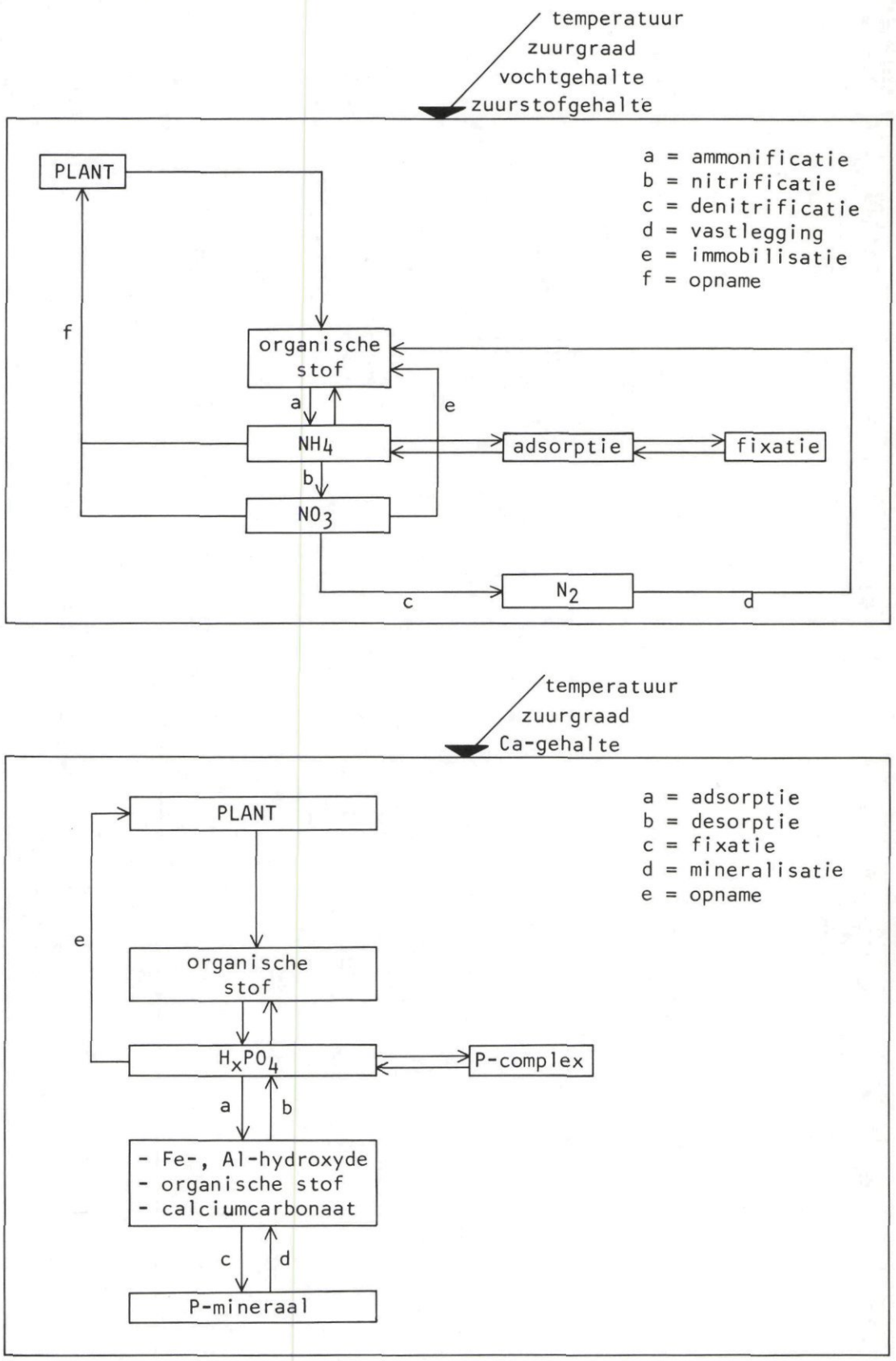
De koolstofhuishouding is in ECONUM meegenomen als bron voor de opbouw van organische stof. Centraal staat echter het afbraakproces waarbij fosfaten en nitraat voor plantegroei beschikbaar komt.

Stikstofhuishouding

De stikstofhuishouding is geschematiseerd in fig. 30. Sleutelposities in de stikstofkringloop worden ingenomen door enerzijds de plant, anderzijds de vorming en de afbraak van organisch materiaal. Dat komt neer op ammonificatie en nitrificatie aan de aanvoerzijde en denitrificatie aan de afvoerzijde.

De plant neemt stikstof op in de vorm van ammonium en/of nitraat. De verhouding hiertussen varieert, afhankelijk van de zuurgraad en aëratie. ANIMO is in deze context verder alleen gebruikt om het effect van kooldioxyde- en zuurstofproduktie in de bodem op de zuurgraad te kunnen kwantificeren. Die kooldioxyde en zuurstof worden geproduceerd door de biologische activiteit in de bodem, de drijvende kracht achter de omzettingen van stikstof in die bodem.

Tussen verschillende vegetaties bestaan grote verschillen in de roulatiesnelheid in de stikstofkringloop. De gevoeligheden van het model geven aan dat dit voor onbemeste situaties in een evenwichtstoestand verklaard moet worden door verschillen in de stikstofopnamesnelheid tussen die vegetaties. Dit betekent dat de stikstofmineralisatie geen stuurvariabele is, maar een toestandvariabele in het systeem.



Figuur 30: Schematisatie van de stikstof- en fosfaathuishouding in de standplaats

Fosfaathuishouding

De fosfaathuishouding is ook geschematiseerd in fig. 30. Voor de plant opneembaar fosfaat wordt in de bodem aangetroffen als opgelost, anorganisch orthofosfaat. Fosfaat komt daarnaast in de bodem in verschillende niet-opneembare fracties voor: geadsorbeerd, vastgelegd in organische stof en gebonden in vaste stof (mineraal).

Orthofosfaat kan met andere ionen complexen vormen. Bij een pH tussen 4 en 7 vormt het voor de plant opneembare complexen met waterstofionen: H_2PO_4. Dit is de vorm waarin fosfaat het snelst door de plant wordt opgenomen. Bij een pH < 4 vormt het niet-opneembare complexen met ijzerionen en bij een pH > 7 met calciumionen, waarmee dan de beschikbaarheid van ijzer en calcium de beschikbaarheid van fosfaat voor de plant bepaalt.

Organisch fosfaat kan ook niet door de plant worden opgenomen, maar wordt meestal in de directe omgeving van de wortels snel onder invloed van fosfatase omgezet in orthofosfaat. In organische stof vastgelegd fosfaat kan ook vrij en in oplossing komen door mineralisatie. Het gehalte aan organisch fosfaat is sterk afhankelijk van die mineralisatie en daarmee van de factoren die dat proces beïnvloeden zoals temperatuur, neerslag, drainagetoestand, zuurgraad, type organisch materiaal, tijd van het jaar.

Geadsorbeerd fosfaat staat in evenwicht met meestal voor de plant opneembaar fosfaat in oplossing. Dit evenwicht stelt zich snel in en wordt verondersteld omkeerbaar te zijn. De relatie wordt beschreven door de zogenoemde adsorptie-isotherm. Met name de zandgronden in Nederland hebben een groot fosfaatadsorberend vermogen door de hoge aluminium- en ijzergehalten. De adsorptie wordt sterk beïnvloed door de zuurgraad, de redoxpotentiaal, kat- en anionen in oplossing en door de temperatuur. Deze invloed strekt zich uit tot de onderlinge verhoudingen tussen de fosfaatfracties en tot de eigenschappen van het adsorbens. Mineraal vastgelegd fosfaat komt zeer moeilijk vrij. De grens tussen geadsorbeerd en mineraal gebonden fosfaat is echter erg onscherp. Meestal verloopt fixatie vanuit een oplossing via adsorptie. Pas bij zeer hoge concentraties wordt deze tussenstap overgeslagen.

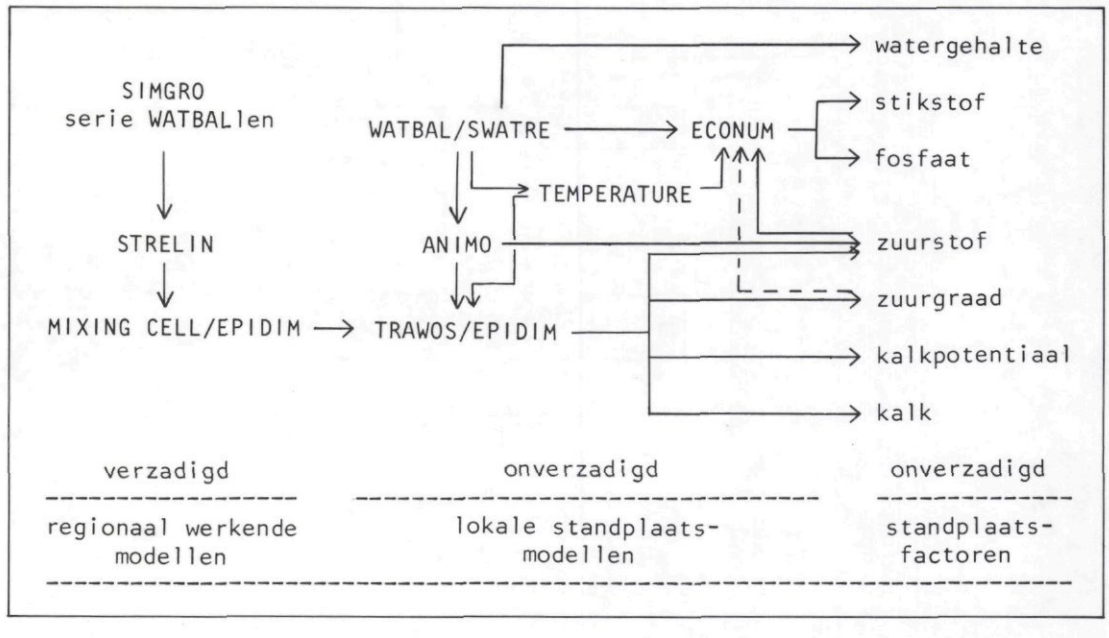
De modellering van de fosfaathuishouding stoelt op temperatuur (TEMPERATURE), vochthuishouding (WATBAL/SWATRE), ad- en desorptie (adsorptie-isothermen), mineralisatie (aëratie - WATBAL/SWATRE, koolstofhuishouding in ECONUM) en fixatie (in ECONUM).

Er is nog weinig kennis beschikbaar over de fosfaathuishouding en voor een aantal essentiële parameters zijn waarden nog nauwelijks bekend. In het bijzonder is de invloed van zuurgraad en redoxomstandigheden nog niet in de modellering verwerkt. Nuancering en detaillering van het model zijn dus nog mogelijk, met name wat betreft de gevoeligheid van de ionopnamecapaciteit. Wat die gevoeligheid betreft, geldt ten aanzien van de roulatiesnelheid in grote lijn wat voor stikstof is opgemerkt. De input vanuit de atmosfeer is voor fosfaat echter gering. Er kan wel verwering van fosfaat uit mineralen plaatsvinden. Belangrijk is verder dat door adsorptie van fosfaat verandering naar en van de evenwichtssituatie slechts langzaam verloopt.

(zie verder: SWNBL-rapport 8c)

Fig. 31 vat de samenhang tussen de modellen voor het verband regionale waterhuishouding - relevante standplaatsfactoren nog eens samen.

Figuur 31: Overzicht van de modellering van het verband tussen regionale waterhuishouding en relevante standplaatsfactoren (vgl. fig. 24)



4.3.4 Modellen voor het verband plant - standplaats - natuurbehoudswaarde

4.3.4.1 Inleiding

De meeste beschikbare modellen van de relatie plant - standplaats - natuurbehoudswaarde betreffen het verband tussen (plant/) vegetatietype en de standplaats in algemene termen. Zij maken gebruik van op het oordeel van deskundigen en veldwaarnemingen gebaseerde overgangsschema's (b.v.

Schuurmans & Schuurmans, 1974; Harms & Kalkhoven, 1979; Drijver & Melman, 1983; Stevers et al., 1984). Die schema's geven aan in welke andere vegetatie een gegeven vegetatie bij een bepaalde ingreep zal overgaan; zo wordt heide bos bij achterwege laten van maaien/begrazen/plaggen. De modellen hanteren veelal globaal gedefiniëerde vegetatietypen, of ecologische soortengroepen waarvan de wijze van samenstellen niet geheel is geformaliseerd. Deze methoden zijn vaak nog niet getoetst en geldig voor een (klein) deel van het land. Minder algemeen zijn modellen voor de relatie plant/vegetatie - standplaats waarin de laatste is getypeerd in termen van gekwantificeerde standplaatsfactoren (bijlage 7 geeft een overzicht).

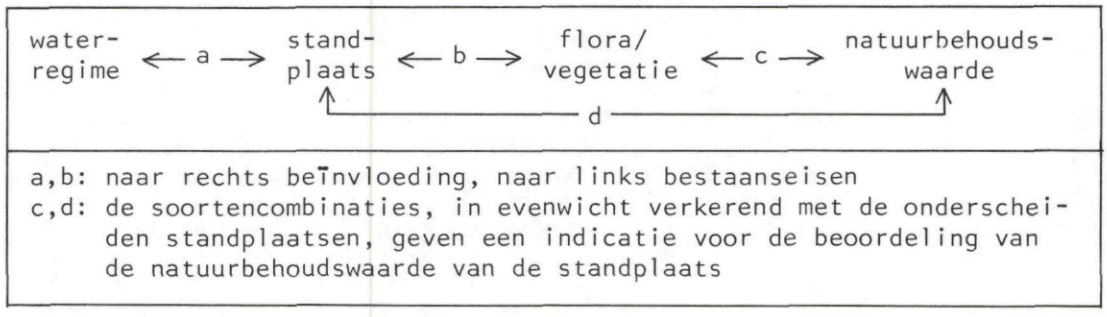
De SWNBL-benadering vereist een model van het laatste type. De studieopdracht vereist immers dat het verband wordt gelegd tussen de waarden van relevante standplaatsfactoren, de plantesoorten die daarbij horen, en de natuurbehoudswaarde die aan de standplaats moet worden toegekend. Uit die groep bood het WAFLO-model (bijlage 7) met zijn meer verklarende structuur een aanvaardbaar uitgangspunt voor de voorgestane procesmatige, causaal-analytische aanpak. Het is gebaseerd op duidelijk gedefiniëerde en ecologisch relatief helder en ondubbelzinnig reagerende eenheden (plantesoorten). Het model bestaat uit sets van beslisregels die elk betrekking hebben op één standplaatsfactor of één parameter die staat voor een complex van zulke factoren. Dit zijn: milieudynamiek, stikstofbeschikbaarheid, aëratie, vochtbeschikbaarheid en oppervlaktewaterdiepte. Uitgangspunten zijn de indicatiegetallen van Ellenberg voor vocht en stikstof, en de indeling van Londo betreffende gevoeligheid voor milieudynamiek. De beslisregels stoelen deels op empirische gegevens, deels op expert judgement. Het model voorspelt het effect van grondwateronttrekking op de aanwezigheid van plantesoorten en wordt geldig geacht voor de pleistocene helft van Nederland. Het levert als uitkomst de verdwijnkans van soorten als gevolg van gespecificeerde dalingen van de grondwaterstand, maar het doet géén uitspraken over een verschijnkans. Volgend op een kritische beschouwing van de WAFLO-uitgangspunten, zouden belangrijke aanvullingen moeten worden gevonden voor:

- kwantificering van de standplaatsfactoren;
- modellering van processen in de standplaats met als eindtermen stikstof-, fosfaat-, vocht- en zuurstofvoorziening, zuurgraad en milieudynamiek;
- aansluiting op kwantitatieve en kwalitatieve hydrologische modellen.

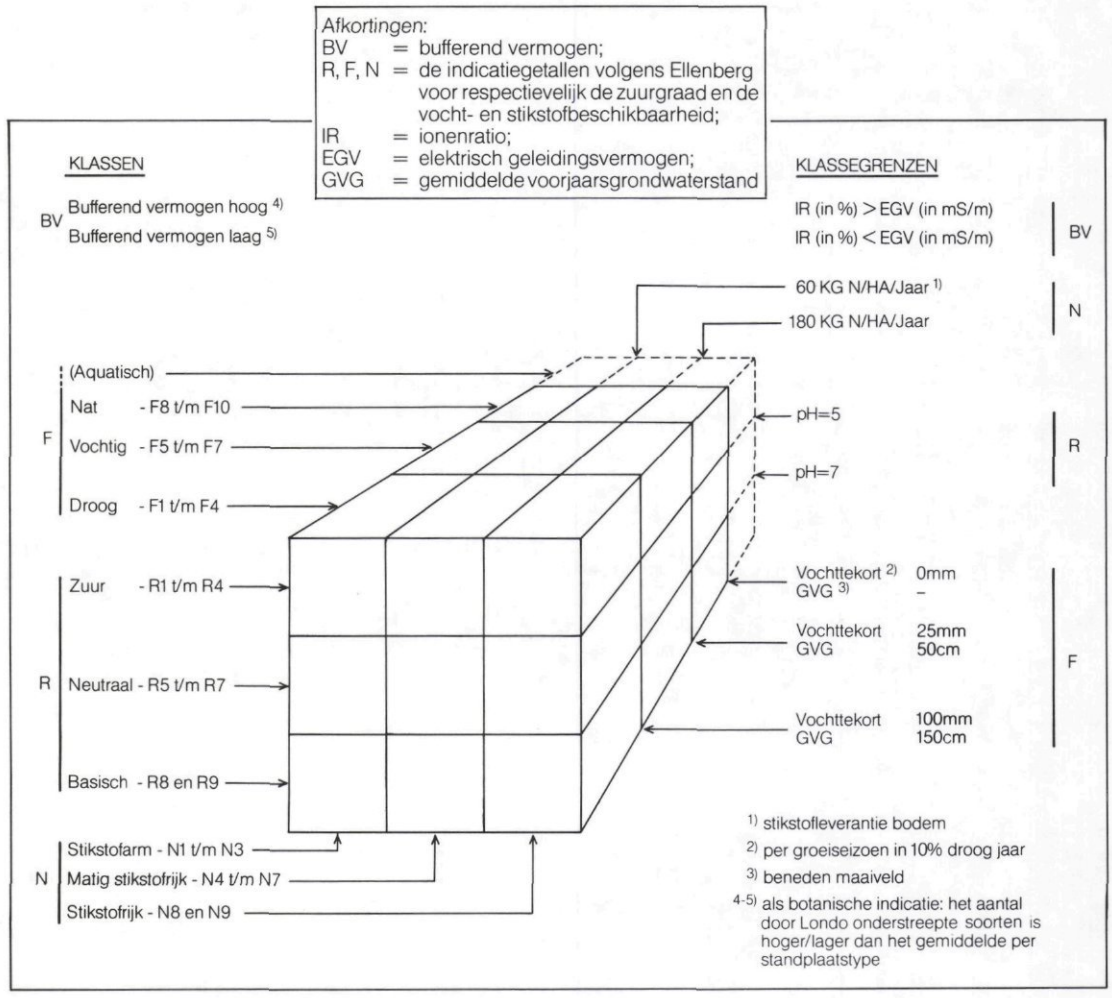
4.3.4.2 Natuurtechnisch Model

Eén van de doelstellingen van de SWNBL is het ontwikkelen van een model dat de effecten van veranderingen in het grondwaterregime op natuurbehoudswaarden op geformaliseerde wijze kan voorspellen. Daarbij moet niet alleen afnemen maar ook toenemen van natuurbehoudswaarde voorspeld kunnen worden. Het belangrijkste resultaat van dit taakonderdeel is het zogenoemde Natuurtechnische Model, waarin een direct verband wordt gelegd tussen grondwaterafhankelijke abiotische factoren en natuurbehoudswaarden. In de definitiefase van het model is gebruik gemaakt van floristische gegevens (fig. 32).
Basis voor het Natuurtechnisch Model is in principe het systeem van standplaatsfactoren en beslisregels van het WAFLO-model. Het ontworpen model geldt voor evenwichtssittuaties. Hierbij zijn de soortensamenstelling van de vegetatie en de toestand van het abiotische milieu stabiel en veranderen weinig of slechts zeer langzaam ("de vegetatie weerspiegelt de toestand van het milieu"). De abiotische toestand van de standplaats kan daarom worden gekenschetst met behulp van de ecologische indicatiewaarden van de samenstellende soorten. De natuurbehoudswaarde van de standplaats kan daardoor worden afgeleid uit samenstelling van de vegetatie. Het Natuurtechnisch Model voorspelt of en in welke mate de natuurbehoudswaarde van een bepaalde standplaats en/of de daarbij passende combinatie van plantesoorten verandert door wijziging in de standplaatsfactoren ten gevolge van veranderingen in sturende factoren; de standplaats wordt conform de benadering bij de standplaatsmodellen vrij ruim opgevat, als een betrekkelijk homogeen verondersteld milieu op het niveau van een perceel of een klein natuurreservaat.

In het gebezigde onderscheid is het een (betrekkelijk) eenvoudig model, dat echter in samenhang met de complexe abiotische modellen tot het complexe instrument wordt gerekend. Het gaat uit van een combinatie van de vier standplaatsfactoren vocht, zuurgraad, stikstof en bufferend vermogen. Uitgaande van de eerste drie factoren kan het model driedimensionaal worden voorgesteld als een kubus, opgedeeld in kleinere blokjes die de zesendertig onderscheiden standplaatstypen weergeven. Het bufferend vermogen is dan de vierde as (fig. 33). De definities van de onderscheiden klassen zijn in de figuur aangegeven.



Figuur 32: Schema van het concept van het natuurtechnisch model



Figuur 33: Schematisch overzicht van de onderscheiden standplaatstypen in het Natuurtechnisch Model.

Vocht geeft tevens de indicatie voor de mate van aëratie van de standplaats en het effect van langere of kortere inundatie. Zuurgraad is hier een combinatie van pH en kalkgehalte van het substraat, en is nauw verbonden met de basenverzadiging van het bodemcomplex. Stikstof staat voor de nutriëntenhuishouding. Men realisere zich dat het daarbij gaat om de natuurlijke stikstofleverantie door de bodem, niet om de hoeveelheid toegediende bemesting; die komt er als zodanig bovenop. Het bufferend vermogen is een indicatie voor de milieudynamiek, in het bijzonder ten aanzien van de zuurgraad en de nutriëntenhuishouding (fosfaat), en is gerelateerd aan de grondwaterkwaliteit.

Elk standplaatstype vertegenwoordigt een groep van soorten, die indicatief zijn voor en optimaal voorkomen binnen de voor dat type aangegeven klassegrenzen voor de standplaatsfactoren. Die groepen zijn in het model bovendien gekenschetst door ondermeer een korte vegetatiekundige karakteristiek.

De indicatie voor de natuurbehoudswaarde gaat uit van de zeldzaamheid en bedreigdheid van de soorten. Het voorkomen van zeldzame en/of bedreigde soorten duidt op een voor het natuurbehoud belangrijke situatie. Het daarnaast voorkomen van algemene en/of niet bedreigde soorten wijst daarentegen niet zonder meer op minder belangrijke situaties. Immers, zeldzame en/of bedreigde soorten komen eigenlijk nooit voor zonder het gezelschap van andere soorten. Alleen het ontbreken van zeldzame/bedreigde soorten is indicatief voor minder belangrijke situaties, wat in het algemeen samengaat met een geringere soortenrijkdom (vgl. par. 2.4.1). Voor elk standplaatstype is daarom als indicatie voor het belang van dat type uitgegaan van het aantal soorten dat er zijn optimum heeft en van het aandeel daarin van milieudynamiek mijdende soorten. Op die basis is een indeling gemaakt van de standplaatstypen in waardeklassen.

Het Natuurtechnisch Model heeft drie ingangen: één standplaatsfactoreningang, één plantesoorteningang en één natuurbehoudswaarde-ingang. Door het model via de eerste twee ingangen te gebruiken, kan worden nagegaan of er sprake is van een evenwichtsituatie. Immers, de karakteristiek van de standplaats en die van de er aanwezige vegetatie kunnen overeenkomen of verschillen. Als zij verschillen, ijlt de vegetatie na op een verandering in de standplaats. Dan kan in principe de soortencombinatie die in een evenwichtssituatie bij die standplaats hoort, worden bepaald. Dit levert een indicatie over de verdere ontwikkelingsrichting van de vegetatie en zijn samenstelling in de nieuwe evenwichtssituatie. Daarbij kan vergelijking van de kenmerken van de standplaats met de indicaties van de naijlende vegetatiesamenstelling een indruk geven van wat er aan die standplaats is veranderd, en van een mogelijke oorzaak hiervoor. Een en ander gaat uiteraard alleen op als de gegevens over standplaats en aanwezige vegetatie van dezelfde tijd en exact dezelfde plek zijn. Als dat niet zo is, moet met andere informatie een idee worden verkregen over het wel of niet in evenwicht verkeren van die twee.

Veranderingen in de waterhuishouding kunnen veranderingen oproepen in de heersende standplaatsomstandigheden. Het gevolg kan zijn dat een verschuiving binnen de standplaatsmatrix

optreedt, van het ene naar een ander type/kubusje. Die verschuiving kan door vergelijking van de bij elke standplaats horende soortengroep en natuurbehoudswaarde worden beoordeeld. De verschuiving kan ook geringer zijn en binnen één standplaatstype blijven. De richting en de mate van verschuiving kan dan vanuit de karakterisering van het desbetreffende standplaatskubusje ten opzichte van die van de omgevende kubusjes worden beoordeeld. Andersom kan ook vanuit een gewenste vegetatie of natuurbehoudswaarde worden nagegaan aan welke eisen de standplaats moet voldoen en in welke zin de grondwaterhuishouding daarvoor moet worden aangepast. Er is daarmee een procedure voor de beoordeling van effecten opgesteld.

NATUURTECHNISCH MODEL: PROCEDURE BEOORDELING EFFEKTEN

1. bepalen van de standplaatscategorie van het gebied op grond van
   - een soortenlijst van het gebied;
   - abiotische gegevens;
2. vergelijken van de resultaten van beide bepalingen; als deze
   - overeenkomen, kan worden doorgegaan met het uitvoeren van het model;
   - niet overeenkomen, moet een verklaring voor de geconstateerde verschillen worden gezocht en op grond daarvan een keuze worden gemaakt voor de uiteindelijke standplaatstypering;
3. nagaan of er bepaalde restricties moeten worden aangebracht bij het toepassen van het model (b.v. dat er specifieke vegetatietypen moeten worden beschouwd);
4. toepassen van de beslisregels die betrekking hebben op de te beoordelen verandering(en) en op het betreffende standplaatstype.

Procedure voor de beoordeling van effecten volgens het Natuurtechnisch Model

uitgangssituatie				verandering			
vocht-klasse	zuur-graad-klasse	stik-stof-klasse	waarde-rings-klasse	vocht-klasse	zuur-graad-klasse	stik-stof-klasse	waarde-ring
1	-	-	-	+2	-	0	-1
1	1	-	-	+2	-	+1	+1
2	>1	-	-	0	-	-2	-1
2	<3	-	-	0	-	+2	-1
2	3	1	-	+1	-	0	+1
3	>1	2	-	-1	-	-1	-1

LEESWIJZER:
Deze gecodeerde voorbeelden van algemene beslisregels moeten horizontaal van links naar rechts gelezen worden. Zo dient het eerste geval als volgt te worden gelezen:
ALS - de uitgangssituatie droog is,
= ongeacht de zuurgraad- en stikstofklassen (-)
= en dus bij een variërende waarderingsklasse (-),
EN - de vochtigheid sterk toeneemt,
- de zuurgraad gelijk blijft of willekeurig verandert (-)
- en het stikstofaanbod gelijk blijft (0),
DAN - daalt de waardering met 1 klasse

GELDIGHEID
Per algemene beslisregel wordt verder het aantal specifieke regels gegeven dat met de algemene regel in overeenstemming, respectievelijk in tegenspraak is; de verhouding geeft per standplaatstype de kans dat de algemene regel opgaat. Dus: bij een uit vier specifieke beslisregels gedestilleerde algemene beslisregel betekent 3/1 dat die algemene regel opgaat voor drie van de vier standplaatstypen, maar voor een niet.

Figuur 34: Selectie van algemene beslisregels afgeleid uit het Natuurtechnisch Model, met toelichting

Op basis van de beoordeling van de natuurbehoudswaarde kunnen beslisregels geformuleerd worden voor het beoordelen van de effecten van veranderingen in de factoren die in de standplaatsdefinitie zijn gebruikt.

De beoordeling van de effecten van verandering in de gehanteerde standplaatsfactoren kan worden uitgedrukt in termen van "gunstig", "zeer gunstig", etc., of volgens een vijfdelige waarderingsschaal. Elke denkbare verandering in de standplaatskubus levert zo een specifieke beslisregel. Het uitschrijven van de meer dan 1400 mogelijkheden draagt niet bij aan de overzichtelijkheid. Generalisatie van die specifieke beslisregels berngt het aantal terug tot een handzamer aantal algemene beslisregels. Een typering van de uitgangssituatie, geordend naar respectievelijk vochtigheid, stikstofleverantie en zuurgraad, levert drie sets van elk enige tientallen van zulke algemene beslisregels. Die hebben dan als regel een beperkter geldigheid, omdat zij op meer standplaatstypen betrekking kunnen hebben. In dat geval is de geldigheid aangeduid.

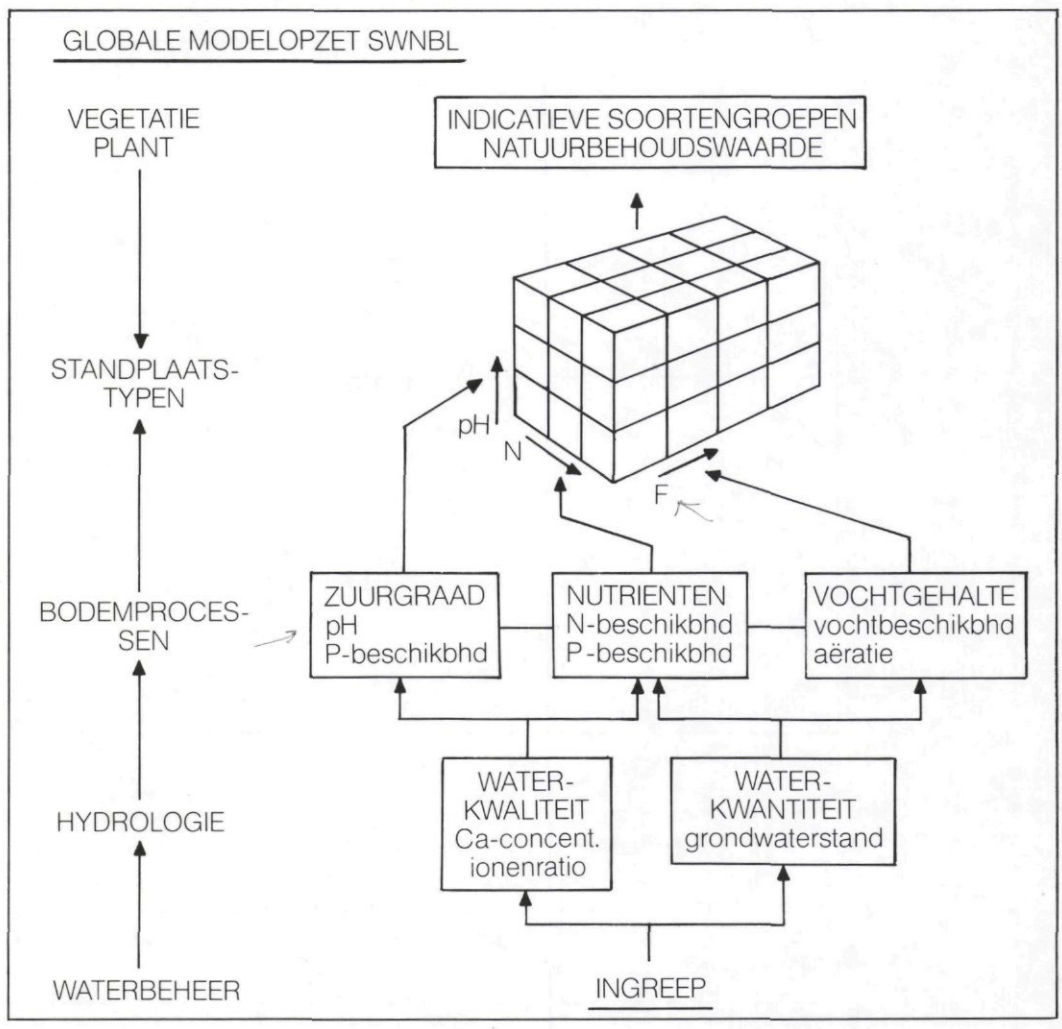
(bijvoorbeeld: een algemene beslisregel die geldt voor 5 standplaatstypen is met 4 van de betreffende specifieke beslisregels in overeenstemming en met 1 in tegenspraak). Fig. 34 geeft als voorbeeld een deel van de algemene regels uit de set waarvan de uitgangssituatie is geordend naar vochtigheid. Die beslisregels kunnen in bepaalde gevallen ook uitspraken mogelijk maken wanneer de uitgangssituatie van de standplaats niet volledig bekend is of wanneer de nieuwe situatie niet volledig kan worden voorspeld. Bovendien is een reductie van het aantal regels nuttig voor een verificatie van het model.

Het ontwikkelde model moet als vrij grof en voorlopig operationeel worden beschouwd. De modelstructuur is echter zo flexibel, dat zonder aantasting van de modelopzet eventuele toekomstige modificaties en verbeteringen eenvoudig kunnen plaatsvinden. Bijlage 10 geeft een schema van de gevolgde werkwijze bij de operationalisatie van het natuurtechnisch model. Het Natuurtechnische Model sluit in de huidige vorm aan op de ontwikkelde complexe standplaatsmodellen.

(zie verder: SWNBL-rapport 1d-f)

4.3.5 Samenhang in het complexe instrument

Fig. 35 geeft schematisch een beeld van de samenhang tussen de verschillende onderdelen van het complexe voorspellingsinstrument. Let wel: de vierde as van het Natuurtechnisch Model is eenvoudigheidshalve weggelaten. Er kan een aantal stappen worden onderscheiden, waarbij de output van de één de input voor de daaropvolgende levert. De samenhang tussen de modellen voor de deelrelaties zijn in de voorgaande paragrafen al herhaald aangegeven.



Figuur 35: Samenhang in het SWNBL-voorspellingsinstrument

5. Beschrijvings- en karteringsmethoden

5.1 INLEIDING

Er is ook aandacht besteed aan beschrijvings- en karteringsmethoden die kunnen dienen als informatiebron voor de beschreven instrumenten.

Milieugegevens worden in ons land op grote schaal verzameld. Dit geldt voor flora en vegetatie, standplaats en waterhuishouding. Voor flora en vegetatie bestonden al verschillende beschrijvings- en karteringsmethoden. Daarmee worden, gebruik makend van de ecologische indicaties en/of bodemgegevens, ook standplaatsbeschrijvingen en -karteringen verricht. Ook de bestaande bodemindeling en -karteringen leveren daartoe een basis. Wat de waterhuishouding betreft, bestond geen aansluitende, geformaliseerde en algemeen toepasbare beschrijvings- en karteringsmethode. De gangbare, informele manier van werken en daarnaast de hydrologische systeemanalyse van Engelen komen er weliswaar dicht bij in de buurt, maar daar is in de kring van hydrologen nog discussie over. De opmerkingen bij flora en vegetatie over beoordelingsaspecten en schaalniveau zijn overigens ook van toepassing op het beschrijven en karteren van bodem, standplaats en waterhuishouding, en worden niet herhaald.

5.2 FLORA EN VEGETATIE

Bij de kartering van flora en vegetatie is onderscheid gemaakt tussen grondkartering en remote sensing (kartering in het veld, respectievelijk vanuit de lucht).

Grondkartering

Drieëndertig representatieve, voornamelijk in Nederland uitgevoerde karteringsmethoden zijn geselecteerd en met elkaar vergeleken wat betreft aard, fasering en resultaat, als ook de voorafgaande gegevensvergaring, -opslag en verwerking. Belangrijke beoordelingsaspecten waren:

- de schaal en de mate van generalisatie; essentieel voor de toepassingsmogelijkheden is
- een zo groot mogelijk onderscheidend vermogen, afhankelijk van de schaal;
- de wijze van onderscheiden van legendaeenheden als basis voor de inhoudstoekenning aan de te onderscheiden kaartvlakken; die wijze dient
  - geformaliseerd, zo objectief mogelijk, goed reproduceerbaar en controleerbaar te zijn;
  - generalisatie mogelijk te maken naar een hoger niveau, met een minimum aan verlies van detail c.q. onderscheidend vermogen;
  - een grote flexibiliteit te waarborgen ten aanzien van gebruiksmogelijkheden (schaalniveau en keuzemogelijkheden voor thematische bewerking);
  - een koppeling van de gegevens aan die van het abiotische milieu mogelijk te maken;
  - de wijze waarop de kaartvlakgrenzen worden bepaald, dient tot zo homogeen mogelijke kaartvlakken te leiden.

Het schaalniveau en de bijbehorende generalisatie zijn van direct belang voor de toepassingsmogelijkheden. Globaal kunnen drie schaalniveau's worden onderscheiden: > 1:150.000, 1:25.000-150.000, < 1:25.000, respectievelijk nationaal, regionaal en lokaal. Vanwege de SWNBL-problematiek en het beperken van informatieverlies bij generalisatie naar een kleinere schaal is gekozen voor een lokale schaal, die aansluit bij de praktische interpretatie van het standplaatsbegrip. Daarbij moet generalisatie naar een hoger niveau met een minimum aan informatieverlies, maar ook het gebruik van (oorspronkelijke) detailinformatie mogelijk blijven. In verband daarmee verdient het bij bepaling van de kaartvlakgrenzen de voorkeur om gebruik te maken van de zogenoemde vrije grens, die is gebaseerd op de werkelijke veldsituatie met betrekking tot bodem, waterhuishouding en vegetatie, en niet van willekeurige roostercellen.

Vier bestaande, nauw verwante en in Nederland gebruikte vegetatiebeschrijvings- en karteringsmethoden bleken tenslotte te voldoen. Ten behoeve van het gebruik van deze methoden is een planningsschema opgesteld voor de fasen die moeten worden doorlopen om goed inhoud te kunnen geven aan de kaarteenheden. Het analyseren van vegetatieproefvlakken volgens de Frans-Zwitserse school, gevolgd door het bewerken van deze opnamen tot een typologie van vegetatieeenheden en karakteristieke soortengroepen, speelt daarin een centrale rol. Met die indeling kunnen in het veld herkenbare en hanteerbare eenheden bepaald, ecologisch getypeerd en in kaart gebracht worden.

(zie verder: SWNBL-rapport 9a, en voor toepassing SWNBL-rapport 9c)

Remote sensing

Een overzicht van de beschikbare technieken, methoden en toepassingen laat zien dat remote sensing op het moment tijdrovend is en dat de bruikbaarheid ervan als aanvulling op bestaande methoden van waarnemen, met een mate van detail die aansluit bij de SWNBL-problematiek, nog niet duidelijk is. Binnen de SWNBL is daarom met deze methode niet verder gewerkt om tot een bijdrage aan een voorspellingsinstrument te komen. Bij het afgrenzen van bodemtypen en watertypen zijn met deze technieken echter al positieve resultaten geboekt.

(zie verder: SWNBL-rapport 9b)

5.3 STANDPLAATS

Standplaatsbeschrijving en -kartering uitgaande van de bodem is mogelijk, voor zover verdere kennis en gegevens interpretatie van bodemeenheden en -kaarten in termen van voor de plant relevante standplaatsfactoren in combinatie met hun indicatiewaarden toelaten. Het Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten (Van Soesbergen et al. 1986) geeft daartoe een aanzet. De Staringreeks (Wösten et al. 1987) geeft waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van elf boven- en vijftien ondergronden in Nederland.

Een ander uitgangspunt leveren de vegetatiebeschrijving en - kartering. Met behulp van de indicatiewaarden van de waargenomen soorten kan een standplaatsenindeling worden gemaakt (SWNBL-rapport 1g) en is het mogelijk standplaats- en landschapsecologische kaarten te vervaardigen, waarin die relaties worden weergegeven (SWNBL-rapport 9c).

Beide ingangen kunnen worden gebruikt bij het voorspellen van effecten van verandering in abiotische factoren. Vergelijking van de uitkomsten van beide benaderingen levert echter bij de op dit moment ter beschikking staande informatie een onbevredigende overeenstemming van de standplaatskarakterisering (SWNBL-rapport 1h, 5). Daaraan ligt waarschijnlijk een combinatie van omstandigheden ten grondslag. Zo zijn er verschillen in de methoden bij de bepaling van standplaatsfactoren en onvoldoende detail en nauwkeurigheid in de standaard bodemkartering voor het weergeven van de heterogeniteit van de bodem. Het onderscheidend vermogen ten aanzien van standplaatstypen is kennelijk groter dan dat van de 1:50.000 bodemkaarten. Zie verder ook par 3.2, 5.3.2 en Van Wirdum (1987).

(zie verder: SWNBL-rapport 1g, 1h, 5, 9c)

5.4 ECOHYDROLOGISCHE TERREINBESCHRIJVING

Doel van de ecohydrologische terreinbeschrijving is om op standaard wijze de beschikbare informatie te verzamelen en te ordenen die essentieel is om voor concrete terreinen inzicht te krijgen in het verband waterhuishouding - standplaats - plant/vegetatie. Naast een algemene typering van het terrein en de reden voor zijn bescherming wordt ermee informatie aangegeven over geologie, geomorfologie, bodem, hydrologie en levensgemeenschappen (zie bijlage 8). De bedoeling is om deze informatie zoveel mogelijk in de vorm van kaarten weer te geven, zodat vergelijking en het nagaan van correlatieve verbanden sterk vereenvoudigd wordt. De eerder genoemde beschrijving- en karteringsmethoden voor flora/vegetatie en standplaats kunnen hierbij benut worden.

De verzamelde gegevens kunnen dienen als achtergrond voor de gedachtenbepaling over gebiedsinrichting, terrein- en waterbeheer, in wisselwerking met de mogelijke doelstellingen. Essentiëel is een dergelijke analyse om na te gaan welke leemten er in de bestaande kennis, gegevens en inzichten aangaande een terrein bestaan en welk onderzoek nog zou moeten worden verricht om de ecohydrologische relaties binnen het terrein te ontrafelen. Ook kan met behulp van dergelijke ecohydrologische beschrijvingen op eenvoudige wijze een onderlinge, gestructureerde vergelijking van verschillende terreinen tot stand komen.

Tenslotte kan afhankelijk van de mate van detail van de in de beschrijving gegeven informatie een meer of minder uitgebreide landschapsoecologische analyse van het gebied en zijn omgeving worden gemaakt. Essentiëel hiervoor is in ieder geval een uitgebreide vegetatieanalyse met soorts- en vegetatiekartering en daarnaast een hydrologische systeembeschrijving. Door interpretatie van die landschapsoecologische analyse kunnen de ruimtelijke relaties via grond- en oppervlaktewater worden vastgesteld. Op basis hiervan kan een invulling worden gegeven aan het externe en interne beheer. Met name de invloed van de omgeving op de levensgemeenschappen in het natuurterein kan hierdoor worden vastgesteld.

(zie verder SWNBL-rapport 1a, 1b)

5.5 HYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING

Als aanvulling op de ecohydrologische terreinbeschrijving kan er een hydrologische systeembeschrijving worden gemaakt. Deze geeft op basis van bestaande informatie een zo goed mogelijk beeld van het hydrologische systeem van het betreffende natuurgebied en zijn omgeving. De beschrijving (bijlage 9) biedt een verbaal model, geïllustreerd met een schematisatie in kaartvorm, om een indicatie te kunnen geven van de gevoeligheid van een natuurgebied voor veranderingen in de waterhuishouding. Hiervoor zijn een beschrijving van het lokale en het regionale hydrologische systeem noodzakelijk, evenals een beschrijving van de relatie tussen oppervlaktewater en grondwater. Het gaat hierbij zowel om kwantiteits- als kwaliteitsaspecten, in relatie tot water- en stoftransport van en naar de bewortelde zone in de standplaats van de plant. Essentieel in de hydrologische systeembeschrijving is dat naast de huidige situatie ook de hydrologische voorgeschiedenis wordt behandeld. Ook wordt daarbij aandacht geschonken aan op korte en lange termijn te verwachten waterhuishoudkundige ingrepen en de mogelijke effekten daarvan op het systeem in het natuurgebied.

(zie verder: SWNBL-rapport 4f)

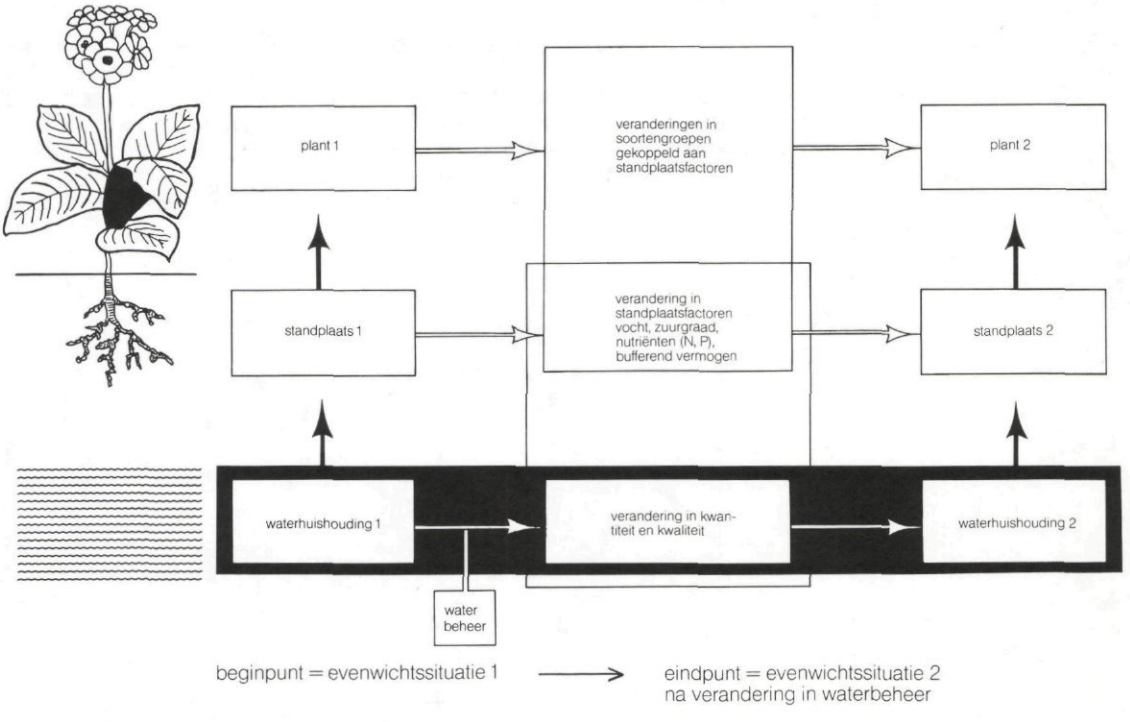
6. Toepassing

6.1 INLEIDING

De algemene benadering van de SWNBL is samengevat in fig. 36. Wat het resultaat aan de verschillende categorieën van gebruikers te bieden heeft, is ter sprake gebracht in par. 1.4 van het algemeen gedeelte. Fig. 17 geeft ten slotte een indruk van de praktische verschillen tussen globale instrumenten en complexe instrumenten.
Globale instrumenten zijn door hun eenvoud makkelijk en algemeen toepasbaar. De uitkomsten leveren indicaties, die door hun aard minder betrouwbaar of onvoldoende gespecificeerd, maar ook minder aanvaardbaar kunnen worden geacht voor concrete situaties. Voor het gebruik van de globale instrumenten biedt par. 4.2.2 enige aanwijzingen.

Toepassing van het complexe instrument, met inbegrip van het als zodanig eenvoudiger Natuurtechnisch Model, is beperkt tot concrete situaties en vergt aanzienlijk veel meer tijd en inzet van mensen en middelen. Dit instrument levert in principe controleerbaarder en betrouwbaarder, gekwantificeerde uitkomsten. Het is op praktische toepasbaarheid getoetst in twee representatieve studiegebieden, één in het pleistocene deel en één in het holocene deel van ons land. Die excercities dienen tevens als illustratie van de toepassing.

Toepassing van de globale instrumenten zal als regel door de gebruikers zelf kunnen geschieden, zo nodig na aanvullende scholing. Toepassing van het complexe instrument zal echter normaliter uitbesteed moeten worden aan specialisten, met al de daaraan verbonden kosten. De verwachting is dat dit type instrument vooralsnog bij uitzondering zal worden toegepast. Kortom, er lijkt behoefte te bestaan aan een eenvoudig instrument dat de voordelen van de globale instrumenten en het complexe instrument in zich verenigt. Om daarin te voorzien, is de SWNBL een vervolg van twee jaar verleend. Tijdens dat vervolg zal het complexe instrument worden toegepast op een reeks van representatieve situaties. Uit de resultaten zal een gespecificeerd overzicht worden afgeleid van de gevolgen van een serie standaard ingreepscenario's.



Figuur 36: Schematische samenvatting van de benadering van het verband waterhuishouding - standplaats - plant voor toepassing

6.2 GLOBALE INSTRUMENTEN

6.2.1 Algemeen

De vragen uit de praktijk hebben in de eerste plaats betrekking op het kunnen herkennen van situaties waar sprake is van een mogelijk verband tussen grondwater en plant. Dit is dan met toenemende mate van waarschijnlijkheid en detail mogelijk op basis van
- de topografie, dat wil zeggen de relatieve hoogteligging (m.b.t. relatief laaggelegen terreinen duiden op mogelijk grondwaterafhankelijke situaties; hoogtekaarten, topografische kaarten);
- de verspreiding van bodemtypen (bodemkaarten met toelichting over ontwikkelingswijze m.b.t. grondwaterinvloed; die grondwaterinvloed kan echter inmiddels zijn verminderd of zelfs weggevallen t.g.v. (sub)recente grondwaterstandsdaling/ontwatering);

- grondwaterstanden (grondwatertrappen op de bodemkaart, berekende GHG en GHG of GVG; mogelijk ook peilbuisgegevens, duurlijnen);
- stijghoogteverschillen tussen verschillende watervoerende lagen (groter stijghoogte van diepe dan van ondiepere lagen duidt op mogelijke kwel; isohypsenkaarten);
- de vegetatie, dat wil zeggen typen (globale grondwaterafhankelijkheid in Westhoff & Den Held 1969) en floristische samenstelling (voorkomen grondwaterafhankelijke soorten of freatofyten volgens indeling Londo 1988).

Die vragen hebben in de tweede plaats betrekking op het kunnen beoordelen van zulke situaties op hun betekenis voor het natuurbehoud. Die beoordeling is, van indicatief naar geformaliseerd, mogelijk op basis van:

- kwantitatieve grondwaterinvloed / grondwaterstandsverloop en -dynamiek (grondwatertrappen, berekende GHG en GLG, GVG, overschrijdingsduurklassen volgens Van der Sluijs (1982), etc.; vgl. par. 2.3.1, 2.4);
- zuurgraad freatisch water en wortelzone; verkennend af te leiden uit topografie en isohypsen via indicaties voor inzijgingsgebieden (zuur), en uitstroomgebieden (neutraal tot basisch) en uit bodemtypenindeling; in detail uit veldwaarnemingen;
- kwaliteit van het freatisch water (verkennend: zie zuurgraad, in detail naar aanleiding van grondwateranalyses: kalkgehalte, kalkpotentiaal, IR/EGV);
- hydromorfe bodemeigenschappen (bodemtypen);
- vegetatie; dat wil zeggen indicatiewaarden van de samenstellende soorten voor pH, nutriënten en vocht volgens Ellenberg (1979), en indicatoren voor lage milieudynamiek volgens Londo (1988); voor databestanden: zie SWNBL-rapport 1g;
- idem, beoordeling met Natuurtechnisch Model (par. 4.3.4.2).

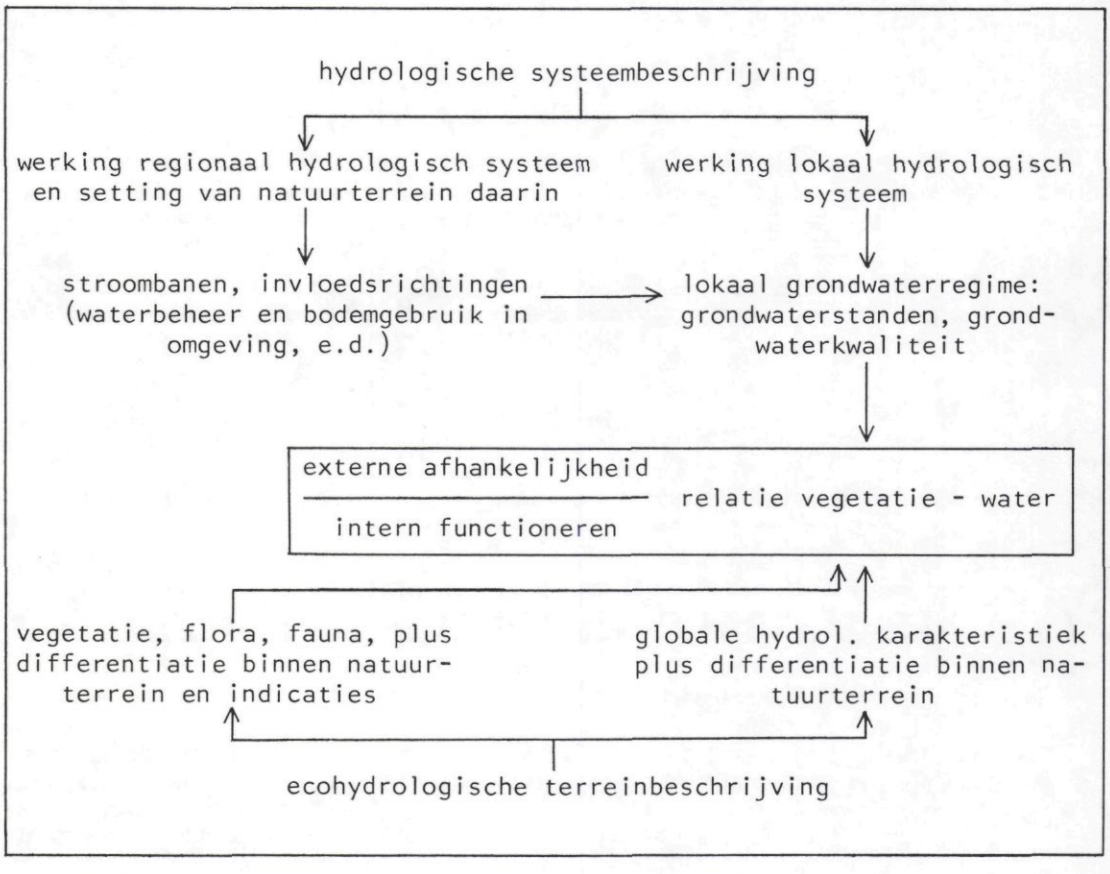
Vervolgens gaat het om het in grote lijn kunnen bepalen van de eisen die de wens tot herstel, behoud of ontwikkeling van natuurwaarden stelt aan het waterbeheer. Complementair gaat het om de effekten van waterbeheer ten behoeve van andere doeleinden op natuurwaarden. Zie hiervoor de vuistregels in par. 2.4/4.3.

Een sprekend voorbeeld avant la lettre van deze globale, kwalitatieve benadering uit de praktijk levert de historie van de degeneratie en daarop bereikte regeneratie van het blauwgrasland-reservaat "de Reitma".

Bij het verkennen van een groot gebied of regio levert deze aanpak in algemene termen:

- een overzicht van (geo)hydrologische eenheden vormende deelgebieden;
- een indeling van deelgebieden en/of terreinen naar mate van actuele/potentiële natuurbehoudswaarde, inclusief bestaansvoorwaarden, ontwikkelingsmogelijkheden en kwestbaarheid;
- inrichtingsvoorwaarden en beheers-/gebruikseisen voor de deelgebieden en/of terreinen met een relatief grote actuele/potentiële natuurbehoudswaarde;
- inrichtings- en beheersvoorwaarden voor de met die deelgebieden/terreinen samenhangende omgeving, als basis voor een integrale visie voor het gehele gebied.

De ideale combinatie van inventariseren, beschrijven, karteren, analyseren, integreren en interpreteren van de trits waterhuishouding - standplaats - vegetatie is in de praktijk, onder druk van tijd en beschikbare middelen, als regel weinig haalbaar. Een voorbeeld van een aanpak die dat benadert, geeft SWNBL-rapport 9c (par. 5.3). Veelal



Figuur 37: De globale opzet van de ecohydrologische terreinbeschrijving en de hydrologische systeembeschrijving

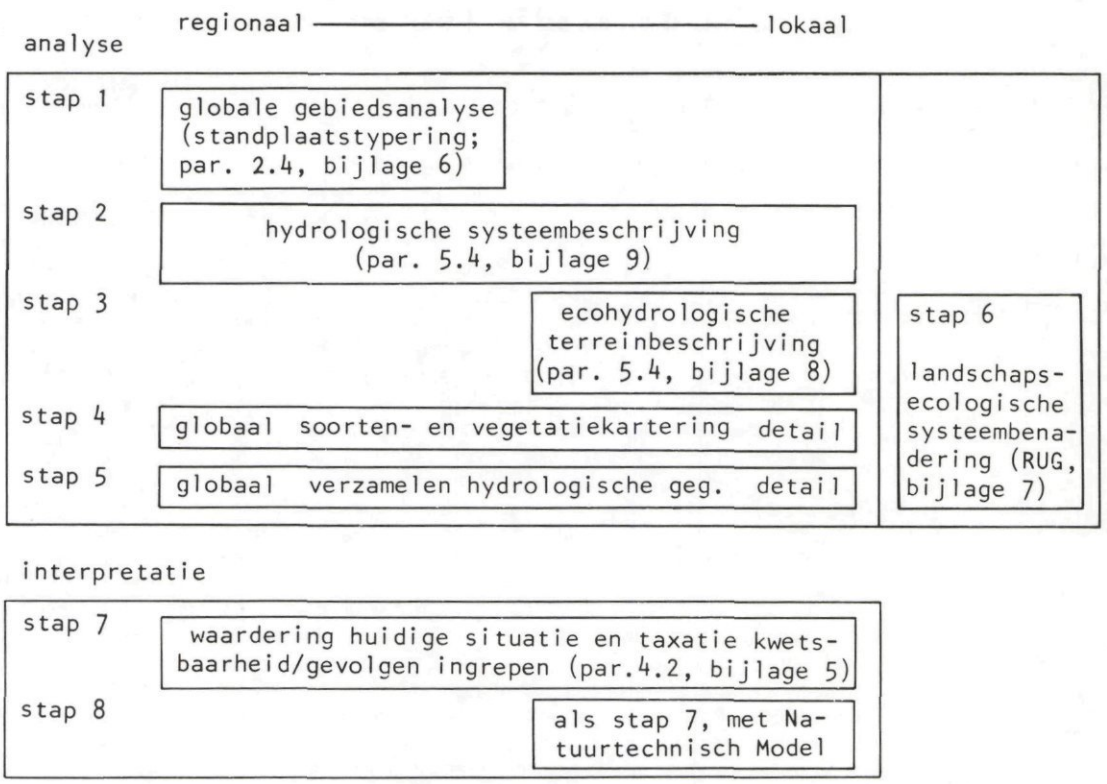
moet echter worden uitgegaan van beschikbare gegevens. Systematische ordening van die gegevens in de vorm van een ecohydrologische terreinbeschrijving (par. 5.4) en hydrologische systeembeschrijving (par. 5.5) kan hun gebruiksmogelijkheden en beperkingen nog duidelijker maken. Wat deze beschrijvingsmethoden leveren, is samengevat in het schema in fig. 37. Het globale SWNBL-instrument kan bij het invullen van de ecohydrologische terreinbeschrijving bijdragen aan een verdere standaardisatie en formalisatie van de presentatie van de bestaande gegevens en van hun interpretatie en evaluatie. De wijze van schematisatie van de situatie volgens de landschapsecologische benadering van de RUG (bijlage 7) kan een waardevolle bijdrage leveren aan de beeldvorming, zowel hierbij als bij de verdere toepassing van het globale instrument.

6.2.2 Samenhang en toepassing

Hoe nu moeten de beschreven globale instrumenten in een concrete situatie hun toepassing vinden? Aan de hand van fig. 38 wordt dat duidelijk gemaakt. Allereerst is het zaak om op regionaal niveau een indeling te maken in karakteristieke, (relatief) homogene eenheden of subsystemen op basis van de globale gebiedsanalyse weergegeven in par. 2.4-5 (bijlage 5). Daarnaast is het belangrijk om het regionale hydrologische systeem in kaart te brengen, zodat de onderlinge relaties tussen de eenheden duidelijk worden (hydrologische systeembeschrijving). Vanzelfsprekend moet daarbij de lokale hydrologie niet vergeten worden. Op het lokale niveau biedt de ecohydrologische terreinbeschrijving een mogelijkheid om de bestaande informatie zodanig te ordenen dat het verband van de aanwezige natuurbehoudswaarden en het abiotische milieu met de waterhuishouding duidelijk wordt.

Om het landschapsecologisch relatienetwerk van een gebied beter te kunnen doorgronden, kan het nodig zijn aanvullend gegevens te verzamelen in de vorm van nauwkeurige standplaatsbeschrijvingen, soorts- en vegetatiekarteringen. Het geheel kan leiden tot een landschapsecologische systeembeschrijving, waarin die relaties in een driedimensionale dwarsdoorsnede door het gebied kunnen worden weergegeven (bijlage 7, landschappelijke systeembenadering RU-Groningen).

De toepassing van de zo beschikbaar gekomen informatie in de praktijk kan plaatsvinden door na de hiervoor genoemde analyse de relatieschema's te gebruiken. Deze geven voor verschillende ingrepen aan in welke richting belangrijke variabelen in de standplaats kunnen veranderen. Op basis hiervan kan de richting van verandering van natuurbehoudswaarden worden aangegeven. Het Natuurtechnisch Model kan daar eveneens behulpzaam bij zijn, in de eerste plaats de daaruit afgeleide algemene beslisregels. Hierin is immers de relatie weergegeven tussen globale standplaatstypen, gedefinieerd volgens de belangrijkste standplaatsfactoren, en plantesoortengroepen, die beide een bepaalde natuurbehoudswaarde vertegenwoordigen. Verandering van standplaatsfactoren levert een andere soortengroep en een andere natuurbehoudswaarde op. Zo kan een beeld worden verkregen van de veranderingen die plaats zullen grijpen bij veranderingen in waterbeheer.



Figuur 38: Samenhang en toepassing van de globale instrumenten

6.3 COMPLEXE INSTRUMENTEN

6.3.1 Werkwijze

Het schema in fig. 39 geeft de hoofdlijnen in de werking van het complexe voorspellingsinstrument van de SWNBL (vgl. fig. 31 en 35).
De hele set van hydrologische modellen, standplaatsmodellen en het Natuurtechnisch Model is beproefd om de praktische toepasbaarheid te testen. Voor twee studiegebieden zijn een aantal ingreepscenario's doorgewerkt. De toepassing is, om wille van de tijd, gesplitst in twee gedeeltelijk parallel verlopende stappen:

1. ingreep in de regionale waterhuishouding - effect op lokaal grondwaterregime;
2. verandering in lokaal grondwaterregime - effect op natuurbehoudswaarde standplaats/ vegetatie.

Dit betekent, dat stap 2 uitgaat van een aantal aangenomen veranderingen in het lokale grondwaterregime. Omdat de gegevensbehoefte van de diverse simulatiemodellen groot is, zijn studiegebieden gekozen waarvan relatief veel informatie beschikbaar is.

6.3.2 Hoofdconclusie praktische toetsing

De belangrijkste conclusie van de exercitie in de studiegebieden is dat het complexe instrument in de praktijk een werkzaam instrument is, waarvan de resultaten redelijk voldoen aan de verwachtingen op grond van veldervaring. Het complexe instrument eist echter een hoge mate van kennis en deskundigheid van de toepasser en vergt veel tijd en inzet van middelen.

De hydrologische modellen en de standplaatsmodellen vereisen calibratie aan de gegeven situatie. Calibratie betekent dat men door het systematisch variëren van de modelparameters juist die combinatie weet te treffen waarbij de modeluitkomsten, gegeven een bepaalde invoer, kloppen met de gemeten waarden. Dat is noodzakelijk om de huidige situatie te kunnen laten fungeren als basis voor verdere voorspellingen. Dit afregelen bleek tijdrovend te zijn en het grootste deel van de investering te vergen. Dat komt voor een deel door de aard van de simulatiemodellen. Ook hangt dit samen met de gebleken onbekendheid van diverse parameterwaarden. Tevens bleek dat gegevens om parameterwaarden te ijken schaars zijn, in het bijzonder voor de simulatie van de stikstof- en fosfaathuishouding.

Ook kwam enige discrepantie naar voren tussen de uitkomsten van de standplaatsmodellen en het natuurtechnisch model. Dit punt lijkt grotendeels verklaarbaar en zal technisch opgelost kunnen worden met een transformatiestap en/of een calibratieaanpassing. Het vormt voorshands geen principieel struikelblok omdat het in de praktijk als regel in de eerste plaats zal gaan om een vergelijkende benadering waarbij verschillende ingrepen naast elkaar worden gezet.

6.3.3 Studiegebied Empese en Tondense heide

Algemeen

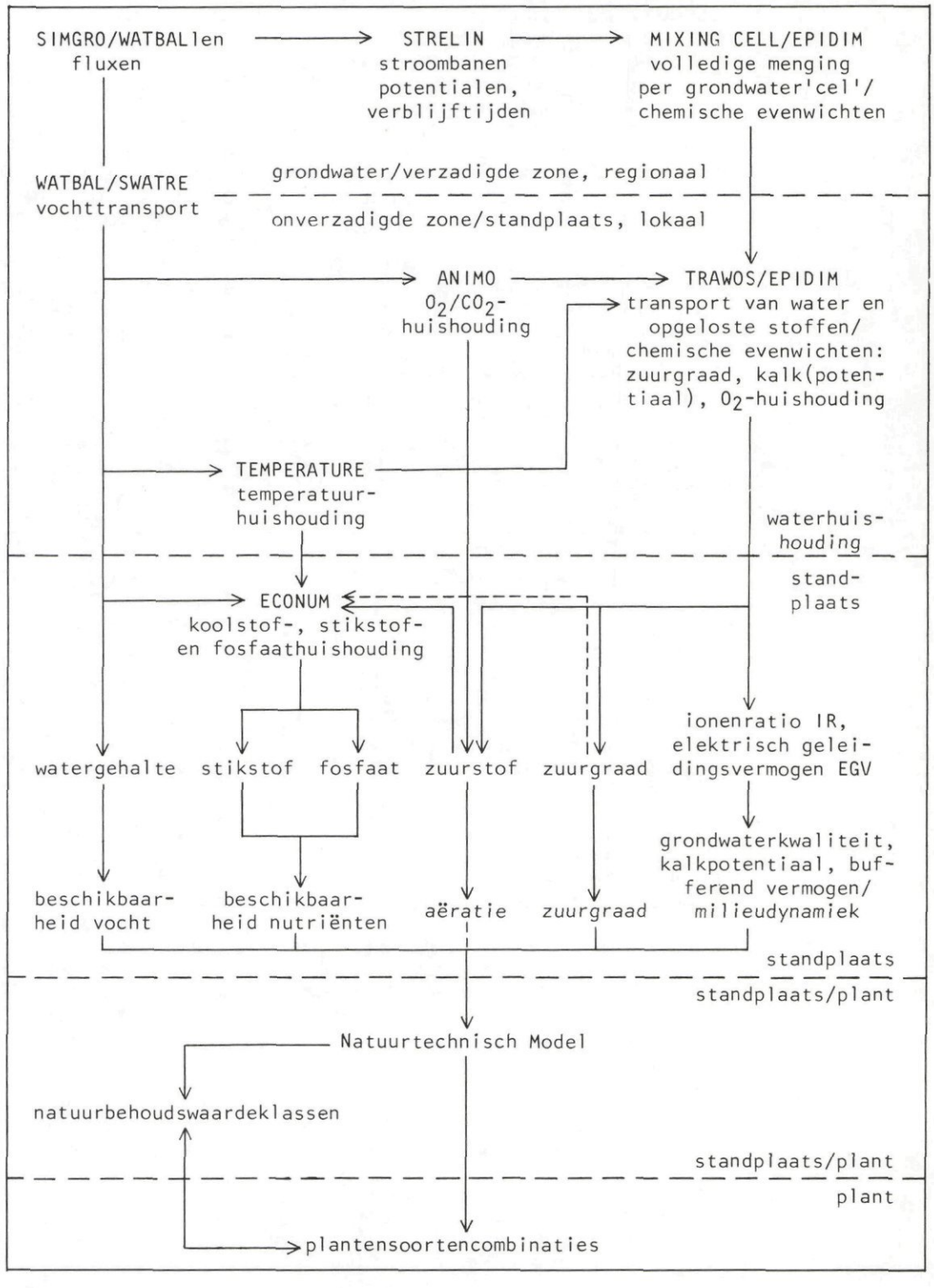
Het proefgebied Empese en Tondese Heide ligt midden in de westelijke helft van het IJsseldal, zuidoostelijk van Apeldoorn. De aandacht is daar speciaal gericht op twee bodemkundig en ecohydrologisch contrasterende standplaatsen, beide met een minerale ondergrond: een veldpodzol en een broekeerdgrond met respectievelijk een begroeiing van pijpestrootje en dophei (Ericetum tetralicis) en een rijke moerasvegetatie (Junco-Molinion / Caricetum hudsonii).

Belangrijke problemen in dit gebied zijn grondwaterstandsdaling ten gevolge van drinkwateronttrekking en mogelijk ook van beregening in de landbouw, en aanvoer van geëutrofieerd oppervlaktewater in droge perioden ten behoeve van de landbouw vanuit het Apeldoorns kanaal. Om verdroging van met name de natte en vochtige delen van het gebied tegen te gaan, kunnen een aantal herstelmaatregelen worden bedacht. Zo kan neerslagwater worden geconserveerd in het gebied zelf of kan getracht worden er het peil te verhogen. Dat is mogelijk door het peil in de directe omgeving omhoog te brengen via wateraanvoer. Om zicht te krijgen op de veranderingen als gevolg van grondwaterstandsdaling en van wateraanvoer, en op de mogelijkheden tot herstel van de vroegere situatie, zijn een aantal scenario's opgesteld die met de modellen zijn doorgerekend.

Scenario's

Het nagaan van de effecten van ingrepen in de regionale waterhuishouding op het lokale grondwaterregime had betrekking op het volgende:

0. modellering huidige situatie met SIMGRO, op basis van gemeten grondwaterstanden in 1986;
1. simulatie van het historische grondwaterregime (situatie voor 1960) met bovenstrooms van het natuurgebied een minder intensieve detailontwatering (referentie);
2. simulatie van de grondwaterstanden in het natuurgebied en de grondwaterstroming bij verminderde beregening vanuit het grondwater in het omringende weidegebied (herstel);
3. simulatie van de grondwaterstanden in het natuurgebied bij toeneming met 30% van de onttrekking vanuit het grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening in de gemeente Eerbeek (aantasting);
4. simulatie van de invloed van waterconservering door het opzetten van de stuwpeilen in de winter en het voorjaar in het hoger gelegen gebied ten zuidwesten van het natuurgebied; door het geconserveerde water in voorjaar en zomer via een omgelegde leiding af te laten stromen, kan in de zomer het peil in de omgeving van het natuurgebied worden gestuwd (herstel);
5. simulatie van het grondwaterregime in het natuurgebied bij aanvoer van water vanuit het



Figuur 39: Vertaling van de relaties in voorspellingsmogelijkheden m.b.v. complexe (simulatie)modellen van de diverse processen en onderdelen in het grote verband (vgl. fig. 23 en 27)

Apeldoorns kanaal naar droogtegevoelige landbouwgronden in de omgeving om daar het vochttekort te verminderen of op te heffen (aantasting - kwaliteit);

6. simulatie van de invloed van het opzetten van een hoger peil in het gebied rondom de Tondese Heide met water dat wordt aangevoerd vanuit het Apeldoorns kanaal, met als doel het peil in het natuurgebied op te stuwen (herstel).

(zie verder SWNBL-rapport 4b)

Wat betreft veranderingen in de standplaats en de bijbehorende vegetatie en natuurbehoudswaarde als gevolg van wijziging in het lokale grondwaterregime ging het om:

0. modellering van de actuele situatie (vergelijk hydrologisch scenario 0);
1. simulatie van een situatie waarbij de stijghoogte in het watervoerend pakket met 30 cm werd verlaagd, zoals dat kan optreden door grondwateronttrekking (n.a.v. voorgaande hydrologisch scenario 3) of verminderde infiltratie in de voedingsgebieden als gevolg van landbouwkundige ontwatering;
2. een gesimuleerde reconstructie van de vroegere situatie, uitgedrukt als een stijging van de potentiaal van het eerste watervoerend pakket met 30 cm (n.a.v. voorgaande hydrologisch scenario 1; ook 2,4,6).

(zie verder SWNBL-rapport 8b, 8c 1h)

Uitkomsten

Uit de simulatieberekeningen blijkt ondermeer dat daling van de potentiaal in de aquifer gevolgen heeft voor de vochtvoorziening en aëratietoestand in de bodem van de gekozen referentiedeelgebieden. Uiteindelijk zal de kwel verdwijnen en het vochttekort toenemen (verdroging). Een kritische grens lijkt te liggen bij een grondwaterstandsdaling van 30 cm.

De gevolgen van grondwaterstandsdaling van de twee bestudeerde bodemtypen lopen uiteen. In de veldpodzol zal er geen effekt optreden op de stikstof- en fosfaathuishouding. In de broekeerdgrond moet een duidelijk toenemen van de mineralisatiesnelheid worden verwacht (eutrofiëring), waarmee de stikstofopname en de roulatiesnelheid van stikstof binnen de levensgemeenschap toeneemt.

Daling van de potentiaal in het eerste watervoerende pakket met 30 cm leidt in de vochtige veldpodzolgrond, via daling van de GVG en toenemen van het vochttekort tot daling van de natuurbehoudswaarde. Die daling heeft in de nattere broekeerdgrond echter geen verandering in die waarde tot gevolg. Stijging van de potentiaal met 30 cm leidt in de veldpodzol tot vochttoename en daling van de stikstofmineralisatie, waardoor de natuurbehoudswaarde toeneemt, maar heeft in de broekerdgrond ook weer geen duidelijke gevolgen.

Het opstuwen van het peil in de watergangen in en om het gebied heen heeft tot gevolg dat de grondwaterstand ongeveer 10 cm omhoog gebracht kan worden. De afvoer via de beken wordt dan geringer en de kwel in het gebied neemt toe. Er mag dus wel degelijk herstel van de grondwaterhuishouding worden verwacht. Wat de gevolgen voor de mineralisatie van organische stof in de bodem betreft, kan worden gesteld dat deze sterk afneemt. Als gevolg zal de beschikbaarheid en opname van stikstof en fosfaat dalen. Dat zal samengaan met accumulatie van organische stof in de bodem.

6.3.4 Studiegebied boezemland Veerstalblok

Algemeen

Het studiegebied Veerstalblok is een voormalig boezemland in de Krimpenerwaard, gelegen zuidwestelijk van Gouda tegen de dijk van de Hollandse IJssel in de polder Veerstalblok. De aandacht richtte zich daar vooral op twee standplaatsen, beide met een venige ondergrond: een vlierveengrond (bovengrond: arm veen) en een madeveengrond (bovengrond: rijker veen), met respectievelijk een schrale, blauwgraslandachtige vegetatie (Junco-Molinion) en een natte hooilandvegetatie (Calthion palustris).

Het gaat om een inzijgingsgebied, waarvan het grondwaterpeil hoog wordt gehouden door oppompen van polderwater naar de omgevende ringsloot. Het heeft zo een eigen waterhuishouding. Bij het beheer spelen een aantal waterhuishoudkundige problemen. Dit zijn verdere peilverlaging in de omliggende polder en het verlagen van de grondwaterstand in het reservaat zelf gedurende de periode van het maaien om dan het terrein beter begaanbaar te maken. Ook de inlaat van vervuild polderwater, om het peil te handhaven, vormt een probleem. Een mogelijke oplossing voor dit laatste biedt het gebruiken van een verlengde ringsloot als waterberging en helofytenfilter voor reiniging van het inlaatwater. Om zicht te krijgen op de effecten van ingrepen zoals grondwaterstandsdaling en herstelmogelijkheden zoals verlenging van de ringsloot, zijn voor dit gebied ondermeer water- en stofbalansberekeningen uitgevoerd voor zowel grond- als oppervlaktewater (WATBAL, TRIC) ten behoeve van de volgende scenario's.

Scenario's

Wat de waterhuishouding betreft gaat het om:

0. modellering van de actuele situatie (ijken en toetsen modellen);
1. simulatie van de invloed van 30 cm polderpeilverlaging van de polder Veerstalblok, waardoor de wegzijging uit het boezemland naar de omliggende polder wordt vergroot en extra aanvoer van gebiedsvreemd water nodig is om dit verlies te compenseren (aantasting; kwantiteit en kwaliteit);
2. simulatie van het concentratieverloop in de ringsloot met lagere concentraties in het aangevoerde water; voor deze concentraties zijn de gemiddelde waarden aangehouden van de gehaltes die in de maanden maart en april werden aangetroffen in het buitenwater bij de pompinstallatie, waarbij ervan wordt uitgegaan dat het neerslagwater uit de winter in de omliggende polder kan worden geconserveerd en in het aanvoerseizoen ter beschikking van het natuurgebied kan komen (herstel).
(zie SWNBL-rapport 4b)

Wat de standplaats en de bijbehorende natuurbehoudswaarde betreft gaat het om de volgende scenario's:

0. modellering van de actuele situatie (aansluitend op de hydrologische modellering);
1. simulatie van een situatie waarin de nu gebruikelijke verlaging van de waterstand aan het eind van de zomer, voor een betere draagkracht ten behoeve van het maaien, achterwege wordt gelaten;

(- een verlaging van het polderpeil in de omgeving met 20 cm is, gelet op de perspectieven n.a.v. de uitkomsten van hydrologisch scenario 1, niet uitgevoerd).
(zie verder SWNBL-rapport 8b, 8c, 1h)

Uitkomsten

Uit de doorgerekende scenario's blijkt dat de grondwaterstand in het natuurgebied niet wezenlijk door de aangegeven ingrepen zal veranderen. Omdat het water in dit gebied kunstmatig op peil wordt gehouden, heeft peilverlaging in de omgeving geen invloed op de vochtvoorziening. Wel zal daardoor de wegzijging naar de lager gelegen polders in de omgeving toenemen. Ter compensa-

tie zal meer polderwater van een ongewenste kwaliteit moeten worden ingelaten. Dat zal leiden tot verandering in de oppervlaktewaterkwaliteit in het gebied, waarbij de EGV toeneemt en de IR daalt. Dit effect is het sterkst in de voedselrijke zone langs de sloot (soortenrijke, eutrofente moerasvegetatie op madeveengrond). Die waterkwaliteitsverandering zal echter nauwelijks meer merkbaar zijn in de ver van de sloot gelegen en voedselarmere vlierveengrond.

Het Natuurtechnisch Model geeft aan dat een verandering van de waterkwaliteit in de genoemde richting als ongunstig voor het natuurbehoud moet worden beschouwd. Voor de vlierveengronden zal de toenemende beschikbaarheid van nutriënten door de aanvoer van stikstof, voor zover daar met toenemende afstand tot de sloot nog sprake van is, een belangrijke rol gaan spelen, omdat er meer stikstof ter beschikking komt dan er alleen vrijkomt bij mineralisatie. In de voedselrijke madeveengronden blijkt het anders te liggen. Er wordt aan gedacht dat de beschikbaarheid van fosfaat in die omstandigheden beperkend is, waardoor de extra stikstofinput geen effekt heeft.

Effekten van het achterwege laten van de tijdelijke peilverlaging in augustus komen niet tot uiting in de GVG en vochttekort. Ook effekten op de andere abiotische variabelen treden niet of slechts in zeer geringe mate op. Derhalve wordt geen invloed van deze maatregel op de natuurbehoudswaarde aangegeven.

6.4 OVERIGE TOEPASSINGEN

De SWNBL heeft zich niet bezig gehouden met de ontwikkeling van beschrijvings- en voorspellingsinstrumenten op het gebied van verzuring, vermesting of klimaatsverandering als zodanig. Er is geen aandacht besteed aan het modelleren van verbanden zoals tussen de aard en omvang van atmosferische depositie enerzijds en resulterende zuurgraad van de bodem anderzijds, of tussen CO_2-belasting van de atmosfeer, resulterende veranderingen in het klimatologisch temperatuur- en neerslagregime, en de daaruit voortvloeiende veranderingen van gletschers, ijskappen, zeeniveau, enz. In andere verbanden wordt immers aan deze specifieke zaken reeds gewerkt.

In par. 3.4 zijn verwachtingen uitgesproken over de perspectieven van mogelijke toepassing van het complexe SWNBL-instrument in ander verband waar het gaat om dezelfde processen in bodem en standplaats. Die verwachtingen zijn bevestigd in die zin, dat door de SWNBL-modelformuleringen de nodige ingangen worden geboden om de effekten van verschillende andere invloeden via waterhuishouding en/of standplaats op de samenstelling van de vegetatie te kunnen voorspellen - mits de uitkomsten van daaraan voorafgaande stappen als invoer beschikbaar zijn. Dat betreft ondermeer de effekten van

- zuur- en stikstofdepositie (pag. 41, 45);
- bemesting (pag. 41, 45);
- klimaatsverandering (neerslagregime - waterhuishouding c.a., pag. 37 e.v., temperatuurregime, water- en nutriëntenhuishouding, pag. 39 – 41, 45).

Wat tegenmaatregelen aangaat, betreft dat o.a. de effecten van

- bekalking (pag. 38, 41, 45);
- verschralend vegetatiebeheer (maaien en afvoeren, pag. 41, 45);
- grondwaterstandsbeheer (beïnvloeding zuurgraad en nutriëntenhuishouding, pag. 41, 45);
- grondwaterkwaliteitsbeheer; al dan niet gekoppeld met grondwaterstandsbeheer (inlaat van water met andere kwaliteit, idem).

THEMA BOS

Inhoudsopgave

1 Basiskennis en inzichten 60

1.1 Inleiding 60
1.2 Relatie water-bos 60
1.2.1 Groeiplaatsfactoren 60
1.2.2 Relatie boomgroei-vochttoestand bodem 61
1.2.3 Waterhuishouding 62
1.2.4 Bos-water 62

2 Verkenning bestaande instrumenten 63

2.1 Inleiding 63
2.2 Water-bos 63
2.2.1 Transpiratie 63
2.2.2 Interceptie 63
2.2.3 Meten van verdamping 64
2.2.4 Bepalen structuur 64
2.3 Bos-water 65
2.3.1 Afvoer grondwater bossen 65

3 Resultaten 66

3.1 Inleiding 66
3.2 Berekeningen met modelbossen voor Nederland 66
3.3 Relatie boomgroei-vochtleverantie bodem 68
3.4 Verdampingsmetingen 69

4 Toepassing resultaten 71

4.1 Verdroging en vernatting 71
4.2 Aanleg nieuwe bossen 71

1. Basiskennis en inzichten

1.1 INLEIDING

Het doel van de SWNBL-studie in het kader van het thema Bos is: onderzoek naar de invloed van de watervoorziening op de groei en gezondheidstoestand van bomen en het nagaan van de gevolgen van wijzigingen in de grondwaterstand voor de produktiecapaciteit van het bos. Ook wordt aandacht besteed aan de invloed van bosbegroeiingen op de waterhuishouding, met name de invloed van het beplante gebied in verhouding tot andere landgebruiksvormen op het afvoergedrag.

Het bosbeheer streeft naar het vervullen van verschillende functies. Het gaat om functies ten aanzien van recreatie, houtproduktie, het in stand houden en ontwikkelen van natuurwaarden en de bijdrage aan de kwaliteit van het landschap. Voor een deel worden deze functies behandeld onder de thema's Natuur en Landschap. Binnen het thema Bos staat de houtproduktiefunctie centraal. Om bovenstaande functies afzonderlijk of in combinatie te kunnen vervullen, verlangt het bosbeheer optimale vitaliteit en groei van de bomen. De waterhuishouding in de groeiplaats speelt daarbij een belangrijke rol. Ook is het mogelijk om het bosareaal verantwoord uit te breiden op basis van een doelgerichte gebiedsinrichting en juiste assortimentskeuze. Naar aanleiding van de aangegeven doelen en na te streven functies zijn de volgende vragen geformuleerd:

- Welke processen zijn kwantitatief belangrijk in de waterbalans van bos? Hoe worden deze processen beïnvloed door wijzigingen in de grondwaterstand en/of bodemvochtigheid?
- Welke eisen stellen de veel gebruikte boomsoorten aan hun groeiplaats, met name aan water en de daaraan gerelateerde factoren?
- Welke invloed hebben veranderingen in de waterhuishouding op een goede groei en houtproduktie?
- Hoe beïnvloedt bos het afvoergedrag van de groeiplaats in vergelijking met andere begroeiingstypen?

1.2 RELATIE WATER-BOS

Zoals hiervoor is aangegeven, is water een essentiële factor voor een optimale groei en maximale produktie van bomen. In het kort wordt hierna aangegeven welke rol water in de groeiplaats speelt, wat de effecten zijn van verschillen in vochtbeschikbaarheid op de groei van bomen, hoe de waterbalans van bossen in elkaar zit en welke processen essentieel zijn en hoe deze beinvloed worden door de waterhuishouding en het waterbeheer.

1.2.1 Groeiplaatsfactoren

Als het gaat om het abiotisch milieu wordt er bij bos gesproken van groeiplaats in plaats van standplaats zoals bij natuur. Het betreft hier het complex van milieufactoren die de groei van de bomen en daarmee de houtproduktie beïnvloeden. Wat de schaal betreft is een groeiplaats een ruimere eenheid dan standplaats, vooral door de grotere afmetingen en diepte die wortelstelsels van bomen hebben.

De belangrijkste groeiplaatsfactoren, die in verband met de vochtvoorziening van bos beschouwd kunnen worden, zijn: de grondwaterstand (waterkwantiteit) en de fysisch-chemische eigenschappen van de bodem. Bij de bodem hebben we te maken met twee typen factoren. Enerzijds factoren die de vochtbeschikbaarheid voor bomen in de groeiplaats bepalen. Anderzijds factoren die op mechanische wijze de wortelgroei, de ontwikkeling van het wortelstelsel en het opnamevermogen van de boom voor water bepalen, zoals de indringweerstand en de korrelgrootte van de bodem.

De grondwaterstand speelt een belangrijke rol in de groeiplaatsomstandigheden door zijn invloed op de beschikbaarheid van vocht voor de bomen. Bij hoge grondwaterstand treden anaerobie en toxiciteit op in de bodem die de transpiratie (actieve verdamping) van de bomen en daarmee de vitaliteit, de groei en de houtproduktie beperken. Ook de structuur en uitgebreidheid van het wortelstelsel worden hierdoor beperkt. Bij intermediaire grondwaterstand zal de groei beter zijn ten gevolge van zowel een goede doorluchting van de bodem als een optimale vochtvoorziening en waterbeschikbaarheid. Het wortelstelsel zal zich goed kunnen ontwikkelen en de groei en de vitaliteit zullen toenemen. De vochtvoorziening van de boom hangt af van het vochtvasthoudend vermogen van de bodem bij een diepe grondwaterstand. In dit geval zal het wortelstelsel niet tot aan het grondwater reiken en is er geen directe invloed op de wateropname van de bomen.

Bij grondwaterstandsdaling kan, in het geval van een oorspronkelijk hoge grondwaterstand, een duidelijke verandering van de groeiplaatsomstandigheden plaatsvinden door betere aeratie van de bodem. Mineralisatie (vooral in veenbodems) en nutriëntopname en daardoor de groei worden gestimuleerd. Bij een verlaging van een oorspronkelijk intermediaire situatie zal daarentegen een verslechtering optreden van de omstandigheden naarmate het waterpeil verder zakt. In eerste instantie zou er sprake van kunnen zijn dat de wortels achter het zakkende waterpeil aangroeien. Dit gebeurt echter alleen bij een zeer geleidelijke daling van het waterpeil. Uiteindelijk zal het water toch te diep wegzakken voor het wortelstelsel van de bomen.

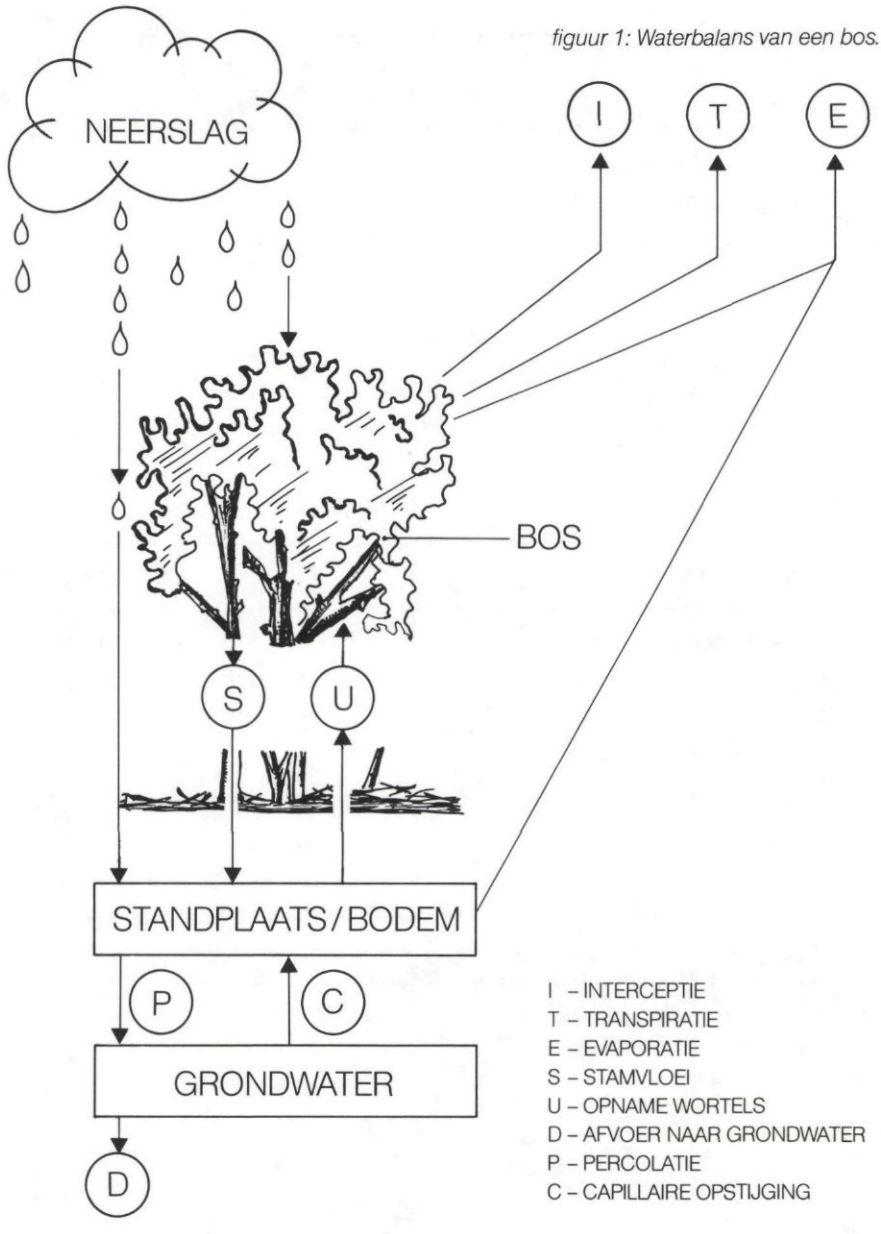
1.2.2 Relatie boomgroei -vochttoestand bodem

Uit landbouwkundig onderzoek is gebleken dat de droge stofproduktie van een gewas toeneemt met de hoeveelheid water die door het gewas wordt getranspireerd, totdat een andere factor groeibeperkend wordt. Dit betekent dat veranderingen in het waterregime tot gevolg hebben dat de produktie van droge stof zal veranderen. Gaat deze regel nu ook op voor bossen? In grote lijnen wel, want ook hier is immers water nodig voor de produktie van droge stof. Een belangrijke vraag is nu of er een verband bestaat tussen groeiparameters, zoals volumebijgroei en hoogteboniteit (= indicatie voor te verwachten houtproduktie op basis groeiplaats), en de watervoorziening.

Duidelijk is dat water voor de groei van bomen onontbeerlijk is, dat bodemeigenschappen die de vochtvoorziening bepalen van groot belang zijn voor de groei en dat droge jaren een langdurige en negatieve nawerking hebben op de groei. Het is van belang hier meer over te weten te komen in verband met het vaststellen van de bodemgeschiktheid voor bosbouw en om de groeiverwachtingen te kunnen bepalen. Hierbij moet men wel in het oog houden dat men in werkelijkheid niet te maken heeft met gemiddelden, maar dat juist de invloed van de extremen bepalend is voor de groeiverwachting.

In figuur 1 zijn alle bij de relatie waterhuishouding - bos betrokken processen weergegeven. De opname van water door de wortels en de afgifte door transpiratie van de bovengrondse delen zijn hiervan de belangrijkste processen. Het eerste proces is afhankelijk van de grondwaterstand en de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht. Is deze hoeveelheid gering, dan zal de opname en daarmee de groei van de bomen geremd worden. Kortom, de hoeveelheid water bepaalt de groeimogelijkheden van de bomen. Een andere belangrijke factor bij de wateropname is de uitgebreidheid en structuur van het wortelstelsel. Deze hangt samen met de mechanische eigenschappen van de verschillende bodemlagen en met de grondwaterstand. Ook het transpiratieproces hangt samen met de groei. Het gaat hierbij om de hoeveelheid water die nodig is voor de opname en het transport van voor de groei noodzakelijke stoffen door de stam. Het naar het blad getransporteerde water wordt gebruikt voor de fotosynthese en temperatuurregulatie van de boom. Deze hoeveelheid transpiratievocht is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden (o.a. invloed op huidmondjes, fysiologie boom) en het totale transpirerende (blad)oppervlak van de boom.

figuur 1: Waterbalans van een bos.



1.2.3 Waterhuishouding

De belangrijkste stuurvariabele van de waterhuishouding ten aanzien van de groeiplaats voor bossen is de waterkwantiteit, dus het grondwaterstandsverloop. Hoe de relaties tussen de verschillende onderdelen van een hydrologisch systeem in elkaar zitten wat waterkwantiteit en -kwaliteit betreft, hebben we reeds gezien (deel B: 1.4). De bomen stellen bepaalde eisen aan de groeiplaats wat betreft de vochtvoorziening. Deze wordt weer beïnvloed door de waterhuishouding op lokaal en regionaal niveau en daarmee ook door het waterbeheer. Afhankelijk van het op de groeiplaats aanwezige hydrologisch profieltype hebben we te maken met een directe of indirecte beïnvloeding van de wortelzone door de grondwaterstand. In samenhang met het vochthoudend vermogen van de bodem en de eigenschappen ten aanzien van capillaire opstijging heeft de grondwaterstand meer of minder invloed op de vochtbeschikbaarheid aldaar.

1.2.4 Bos-water

Omgekeerd is het ook zo dat het bos invloed heeft op de hoeveelheid doorvallend water, die op de bodem terecht komt. Dit vanwege de hoeveelheid water, die getranspireerd wordt en direct verdampt vanaf het blad- en takoppervlak na regenval (interceptie). Daarmee wordt ook de hoeveelheid water, die het grondwater bereikt en eventueel afgevoerd wordt, mede bepaald door de structuur van het bos. In figuur 1 is op een eenvoudige wijze de waterbalans van een bos weergegeven met daarin de belangrijkste erbij betrokken processen. De bijdrage van bos aan de afvoer van water wordt bepaald door de neerslag, de interceptie, de transpiratie (actieve verdamping bladoppervlak), de verdamping vanaf het bodemoppervlak en de verandering in de hoeveelheid water opgeslagen in de bodem.

Uit Duitse, Amerikaanse en Russische literatuur (rapport 7a, 7b) blijkt dat in het algemeen bossen meer water verdampen (transpiratie en interceptie) dan andere begroeiingstypen (zie tabel 1, 2), zoals graslanden en akkers. De verschillen in relatieve bijdrage aan de waterafvoer zijn meer of minder groot, afhankelijk van de boomsoort waarmee we te doen hebben. Zo heeft naaldbos een geringere afvoer dan loofbos; soorten met een gladde stam (beuk) hebben een grotere afvoer dan soorten met een ruwe stam (eik).

Begroeiingstype	Absolute verdamping in mm	Aandeel gem. neerslag (663 mm)
naald/eikenbos	608 – 632	91.5 – 95.3%
struikvegetatie	564	85.1%
Am. eiken/beukenbos	536	80.8%
grasland	497	75.0%
akker	431	65.0%
pioniervegetatie	331	49.9%

Tabel 1: Totale verdamping van verschillende begroeiingsvormen in de omgeving van Frankfurt am Main (Brechel & Scheele 1982).

aard landoppervlak	Min.	Max.	Gem.
naakte bodem	18	54	30
graan	28	58	38
groente/hakvruchten	35	55	45
grasland	45	88	60
loofbos	47	90	60
naaldbos	47	95	70
open water	45	105	75

Tabel 2: Minimum (neerslagrijk, stralingsarmgebied/jaar) en maximum (neerslagarm, stralingsrijk gebied/jaar) en gemiddelde waarden voor de totale verdamping van verschillende begroeiingsvormen in procenten van de neerslag per jaar.

2. Verkenning bestaande instrumenten

2.1 INLEIDING

Om antwoord te kunnen geven op de vragen die door de praktijk gesteld worden, is het nodig de hoeveelheden water die omgaan in de waterbalans van het bos, te kunnen kwantificeren. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van computermodellen, waarmee de uitkomst van de diverse processen te berekenen is op basis van meetgegevens van verschillende situaties. De processen die de meeste invloed hebben op de waterbalans, zijn de transpiratie en interceptie van het bos. Door middel van de computermodellen kan elk compartiment in de waterbalans ingevuld worden met een concrete hoeveelheid water. Zo kan men nagaan hoe veranderingen in een van die processen de andere beïnvloeden. Op deze wijze zijn voorspellingen mogelijk over de uiteindelijke invloed van de waterbeschikbaarheid op de groei van bomen enerzijds en de invloed van bos op het afvoergedrag van een gebied anderzijds.

In rapport 7b is een overzicht gegeven van de modellen, beschikbaar uit de literatuur, om transpiratie en interceptie te kunnen berekenen. Hier worden alleen die modellen besproken die verder in de studie gebruikt zijn.

2.2 WATER - BOS

2.2.1 Transpiratie

Voor de berekeningen van de transpiratie is gebruik gemaakt van het model van Stewart (1987), dat gebaseerd is op het model van Jarvis (1976). Jarvis simuleert de invloed van waterstress op de geleidbaarheid van de huidmondjes met de bladwaterpotentiaal, terwijl Stewart deze vervangt door het bodemvochtdeficiet.

Bij het model van Stewart wordt ervan uitgegaan dat factoren zoals bladoppervlak, nettostraling, bladwaterpotentiaal, dampspanningsdeficiet en temperatuur de stomatale geleidbaarheid beïnvloeden. Als een van die factoren niet optimaal is, zullen de huidmondjes zich sluiten (niet-synergistische interactie), waardoor de geleidbaarheid kleiner wordt. Aangenomen wordt dat de transpiratieverschillen tussen boomsoorten in de eerste plaats bepaald worden door verschil in minimale en maximale gewasgeleidbaarheid en niet door verschil in reacties van de huidmondjes op omgevingsfactoren. Het transpiratiemodel is erg gevoelig voor de waarde van de maximale gewasgeleidbaarheid. Deze factor is soort- en opstandafhankelijk en voor slechts enkele situaties bekend. Schattingen van gewasgeleidbaarheid worden gedaan uit de stomatale geleidbaarheid en de Leaf Area Index (LAI = bladoppervlak per eenheid van grondoppervlak).

2.2.2 Interceptie

Voor het beschrijven van de interceptie (vrije verdamping van stam, tak en blad) zijn modellen ontwikkeld, waarvoor een aantal opstands- en klimaatsgegevens als invoer gebruikt worden. Het grootste probleem bij het ontwikkelen van deze modellen is de beschrijving in wiskundige termen van de evaporatie van nat oppervlak.

Bij het thema Bos is gebruik gemaakt van twee modellen om de interceptie te berekenen: het model van Gash en dat van Mulder. Beide modellen zijn geënt op het model van Rutter (1971, 1975). Er worden in de beschrijving van de neerslag in dit model verschillende compartimenten onderscheiden, zoals vrije doorval, stamafvoer en kruintoevoer (fig.2).

Uitgangspunt bij dit Rutter-model is de aanname dat afstromen vanuit de kruin pas plaatsvindt als de opslagcapaciteit van de kruin bereikt is. Is het reservoir vol, dan is de evaporatie maximaal. Het model van Rutter stelt per uur een balans op van wat er in en uit dat reservoir gaat. Gash en Mulder hebben een aantal vereenvoudigingen in dit model aangebracht om de benodigde hoeveelheid invoergegevens te beperken.

Om te beginnen onderscheiden beiden drie fasen binnen een neerslagperiode. De fase van

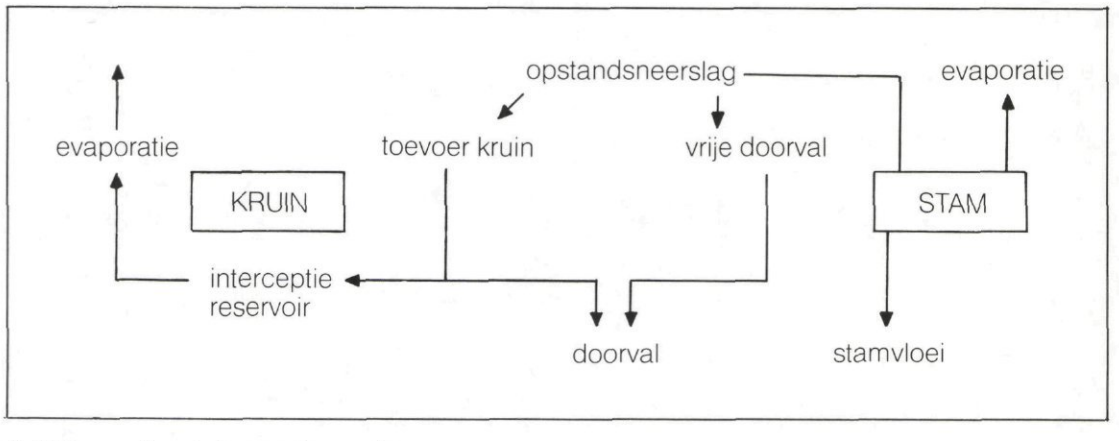


fig.2: Compartimentering van de neerslag.

start van de bui tot aan de verzadiging van de kruin (bevochtigingsfase). Daarna is er een periode waarin de kruin verzadigd is (verzadigingsfase). Tenslotte volgt de tijd vanaf het einde van de ene bui tot het begin van de volgende bui (opdroogfase). Er zijn echter ook duidelijke verschillen tussen de opvattingen van Gash en Mulder.

Gash gaat ervan uit dat het interval tussen twee buien zo lang duurt dat de kruin tijd genoeg heeft om volledig op te drogen. Er valt slechts een bui per dag waardoor er geen water dat op de kruin achterblijft naar de volgende dag getransporteerd hoeft te worden. Daarnaast heeft hij een aantal aannames. De verdampingssnelheid en regenintensiteit per individuele bui zijn gelijk aan de seizoensgemiddelden over alle buien. Verder onderscheidt Gash twee typen buien; een dat groot genoeg is om de hele kruin te verzadigen, en een dat niet groot genoeg is.

Mulder houdt daarentegen rekening met het aantal buien dat per dag valt en rekent deze om tot een gemiddeld type bui voor die dag (neerslagduur, hoeveelheid neerslag etc.). In zijn model is het wel mogelijk om achterblijvend vocht naar de volgende dag te transporteren. Verder berekent hij de evaporatie in de opdroogfase anders dan in de bevochtigings- en verzadigingsfase.

Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat de modellen gevoelig zijn voor de aerodynamische geleidbaarheid, die afhankelijk is van de structuur en grootte van het bos. Het gevolg hiervan is dat de grootte van het interceptieverlies bepaald wordt door het type opstand en de boomsoort.

De gebruikte modellen voor transpiratie en interceptie kunnen worden gekoppeld volgens het idee van Gash & Stewart (1977). Hierbij vindt een correctie plaats voor de transpiratie tijdens natte uren.

2.2.3 Meten van verdamping

Uit de literatuurstudie blijkt dat in het buitenland voor het berekenen van verdamping veel modellen ontwikkeld zijn, die ook voor het bos in de Nederlandse situatie gebruikt kunnen worden. Voor de toepassing ontbreken echter de benodigde meetgegevens om de in het buitenland gevonden variabelen te toetsen op hun geldigheid voor onze situatie. Daarnaast kan men voor de bepaling van de totale verdamping van een bos niet zondermeer methoden gebruiken die voor korte vegetaties goede resultaten geven. Bos is een hoge en structuurrijke vegetatie, waardoor uitwisseling met de atmosfeer veel sneller verloopt. Dit heeft tot gevolg dat advectieve processen (horizontale aanvoer van warmte en drogere lucht) een belangrijke rol spelen. Daarnaast is de interceptie bij bos een belangrijk sturend proces. De evaporatiesnelheid van interceptiewater is veel groter voor bos dan voor korte vegetaties. Verder blijkt de verdamping van bos afhankelijk te zijn met boomhoogte, bosoppervlak, boomsoort en dichtheid van de opstand.

Bowen ratio of energiebalansmethode

De evapotranspiratie van bos kan met een redelijke betrouwbaarheid worden bepaald met de Bowen-ratio - energiebalansmethode. De Bowen-ratio B is de verhouding tussen de voelbare warmtestroom (H) van de vegetatie naar hogere luchtlagen en de latente warmtestroom (LE), dat is de warmte die nodig is om water te verdampen. Deze verhouding is evenredig aan de verhouding tussen de afname van de temperatuur (T) en de luchtvochtigheid (dampdruk = e), gemeten over een bepaald hoogte-interval boven de opstand. Een belangrijke variabele die nodig is voor het berekenen van de transpiratie is de hoeveelheid energie, die beschikbaar is (A). De transpiratie kan dan als volgt berekend worden:

$$LE = A - H = \frac{A}{1 + B}$$

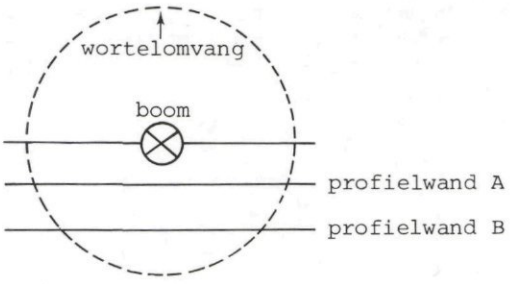
De gradiënten in temperatuur en luchtvochtigheid boven bos zijn erg klein en hebben dezelfde orde van grootte als de fout die het meetinstrument maakt. Het is daarom nodig om de sensoren steeds van hoogte te laten wisselen tijdens het meten.

2.2.4 Bepalen structuur wortelstelsels

Binnen het thema Bos is ook een studie gestart naar de structuur en de uitgebreidheid van wortelstelsels van bomen. Doel van dit onderdeel is na te gaan of er een relatie bestaat tussen uitgebreidheid en diepte van de beworteling, de grondwaterstand en de bodemopbouw. Ook kan op deze wijze bekeken worden of wortels inderdaad achter het dalende waterniveau aangroeien. Hiervoor was een inventarisatie noodzakelijk van de bruikbare methoden om de wortelstelsels zo nauwkeurig en ongestoord mogelijk bloot te leggen en te beschrijven (rapport 7d). De gebruikte methode is hieronder in het kort weergegeven.

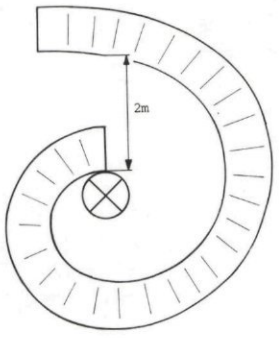
Profielwandmethode

Bij de profielwandmethode worden de wortelstelsels bestudeerd aan de hand van dwarsdoorsneden, die gegraven kunnen worden als verticale (loodrecht op het maaiveld; fig.3) en horizontale (evenwijdig aan het maaiveld; fig.4) profielwanden. Het resultaat is een duidelijk beeld van het wortelstelsel. Maar deze methode is zeer arbeidsintensief en gaat ten koste van de boom. De vorm waarin de profielwand gestoken wordt, kan recht, rond of spiraalvormig zijn. Vastleggen van de informatie (fig.5) uit de profielwanden, kan gebeuren door tellen van de worteluiteinden met behulp van een raster, door het tekenen op schaal van de wortels of door fotograferen.
Wortelonderzoek met behulp van de profielwandmethode leverde de meeste gegevens op. Met name de verticale rechte profielwand voldeed het beste en gaf bruikbare informatie over ligging,

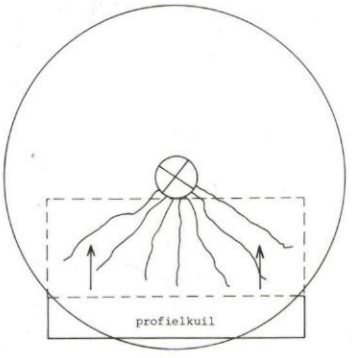


profielwand	informatie	schade
A	groot	groot
B	klein	gering

figuur 3: Verticale profielwandmethode



figuur 4: Spiraalvormig profiel



figuur 5: Combinatie van verticaal en horizontaal profiel

kleur, vorm, diepte en aantal van de wortels. De methode is bovendien goed te reproduceren. Voordat met graven begonnen wordt, moet er eerst een goede onderzoeksboom geselecteerd worden. De bomen eromheen moeten worden opgesnoeid. Het is het handigst om de wortelbeelden vast te leggen door ze te tekenen (methode Oskamp-Batjes). Na het onderzoek moet het terrein in de oorspronkelijke staat hersteld worden. Gemiddeld zijn drie dagen nodig voor het bestuderen van een boom, waarvan twee dagen voor het graven en dichtgooien van het gat. Mechanisering van het werk kan een grote tijdswinst betekenen.

A	mm	% van gem. neerslag (663 mm)
schaarse begroeiing	332	50.1%
akker	232	35.0%
grasland	166	25.0%
Am. eik/beukenbos	127	19.2%
struikvegetatie	99	14.9%
naald/eikenbos	31-56	5.7 – 8.5%

B	mm	% van gem. neerslag (581 mm)
schaarse begroeiing	278	48
akker	203	35
grasland	145	25
struikenvegetatie	87	15
bos	64	11

Tabel 3: Afvoer naar het grondwater onder verschillende begroeiingsvormen in de omgeving van Frankfurt am Main (A: Brechtel & Scheel 1982) en van Berlijn (B: Brechtel 1980).

2.3 BOS - WATER

2.3.1 Afvoer grondwater bossen

De wegzijging van neerslagwater naar het grondwater is sterk afhankelijk van de hoeveelheid gevallen neerslag, het vochthoudend vermogen van de bodem en de evapotranspiratie van het bos. Het is duidelijk dat er grote verschillen zijn in de grootte van de afvoer, afhankelijk van het type

begroeiing in een gebied. In met name Duitsland is het nodige onderzoek met behulp van lysimeters en neutronensondes gedaan naar het afvoergedrag van verschillende begroeiingstypen. Wat bossen betreft kan vastgesteld worden dat, afhankelijk van de leeftijd en de boomsoort, de interceptie en transpiratie verschilt. Hierdoor verandert ook de hoeveelheid water die de bodem en vervolgens het grondwater bereikt (tabel 3).

3. Resultaten

3.1 INLEIDING

Met behulp van de in de vorige paragraaf aangeduide concepten, modellen en methoden is in een aantal deelstudies geprobeerd antwoorden te vinden op de in de praktijk gestelde vragen. De uit de buitenlandse literatuur bekende modellen zijn getoetst voor de Nederlandse situatie. Dit was nodig om de parameters die in de waterbalans worden gebruikt beter te kunnen inschatten (rapport 7g). Deze parameters geven zicht op de effecten van veranderingen in de waterhuishouding op de waterbalans.

Voor een concrete toetsing van deze berekende parameterwaarden is het meten van verdamping en interceptie noodzakelijk. Ook dit onderdeel is binnen de SWNBL opgepakt. Daarnaast is de ondergrondse structuur van bomen, de uitgebreidheid en de verspreiding van wortelstelsels, afhankelijk van bodemtype en grondwaterstand ter hand genomen (rapport 7c, 7d). Hieronder worden in het kort de resultaten besproken.

3.2 BEREKENINGEN MET MODELBOSSEN VOOR NEDERLAND

Doel van dit onderdeel van het thema Bos was om met behulp van boshydrologische modellen voor een aantal bostypen een schatting te maken van het waterverbruik op een aantal representatieve plaatsen in Nederland. Op die manier kunnen schattingen gemaakt worden van variabelen die door processen als interceptie en transpiratie beïnvloed worden. De modellen die hiervoor gebruikt zijn, zijn beschreven in paragraaf 2. De belangrijkste invoergegevens betreffen de meteorologie, de opstanden en de bodem. De meeste van de gebruikte gegevens zijn afkomstig uit de literatuur (rapport 7g).

Voor de modelbossen zijn de soorten Groveden, Sitka en fijnspar, Douglas, eik, beuk, populier, berk en lariks gebruikt. Voor de representatieve gebieden is men uitgegaan van plekken waarvan meteorologische gegevens beschikbaar zijn over de periode 1974 - 1978: De Kooy (Texel), De Bilt, Eelde, Vlissingen, Zuid Limburg.

Uit studie van waterbalansen van bossen blijkt dat de interceptie, afhankelijk van de boomsoort, zorgt voor een waterverlies van 20 - 70% van de jaarlijkse neerslag. Dit betekent voor de praktijk dat bos een duidelijke invloed kan hebben op de waterbalans van een gebied. Bij zaken als herbebossing zou hiermee terdege rekening gehouden moeten worden.

Een modelopstand wordt in deze studie gekarakteriseerd door ouderdom, hoogte en dichtheid van de opstand en de diameter van de bomen op borsthoogte. De gebruikte boomsoorten zijn: Groveden, sparren (Sitka-, fijnspar), Douglas, lariks, zomereik, beuk, berk, populier. In tabel 4 staan de op basis van literatuurgegevens samengestelde modelbossen.

Bewerkingen

Er zijn voor de acht modelopstanden computerberekeningen uitgevoerd voor twee grondsoorten, vijf plaatsen en gedurende een periode van vijf jaar. Hiermee zijn de gemiddelde interceptie- en transpiratieverliezen en het totale waterverbruik berekend.

Interceptie is afhankelijk van de hoeveelheid neerslag en vindt het gehele jaar door plaats. Voor vergelijkingen tussen bostypen is het het meest zinvol om met interceptieverlies als percentage van de totale neerslag te werken. Dit percentage is per jaar per opstand en per station redelijk constant. De verliezen zijn voor loofbossen kleiner dan voor naaldbossen. Zij zijn het grootst voor spar en douglas (50 - 70%), dan volgt de groveden (25-46%) en daarna de andere boomsoorten (16-33%). De verliezen zijn langs de kust groter dan in het binnenland. Dit is waarschijnlijk een gevolg van de hogere windsnelheden aan de kust. Opvallend is verder dat de waarden voor het interceptieverlies in Nederland gemiddeld hoger zijn dan de gevonden waarden in het buitenland. Ook dit lijkt een gevolg van de hier heersende hardere wind.

Transpiratie is seizoensgebonden en onafhankelijk van de jaarlijkse neerslag. Spar en eik verdampen de grootste hoeveelheden (230-350 mm), de berk volgt met 212-260 mm, dan de groveden en de overige boomsoorten met 170-230 mm per jaar. De standplaatsen in het binnenland hebben een grotere verdamping dan die langs de kust. Opvallend is dat de hoeveelheid beschikbaar vocht van de bodem onder Nederlandse condities waarschijnlijk weinig invloed heeft op de grootte van het jaarlijks transpiratieverlies.

Het gebruikte transpiratiemodel is erg gevoelig voor de waarde van de gewasgeleidbaarheid. Het is belangrijk dat deze zo nauwkeurig mogelijk bepaald wordt. Als dit door middel van de Bowen-ratio of eddycorrelatie op diverse plaatsen in Nederland gedaan gebeurt, zou de transpiratie veel nauwkeuriger geschat kunnen worden.

	eik		beuk		berk		populier		den		spar		douglas		lariks	
	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W
leeftijd (jaar)	60		60		40		20		50		30		30		50	
hoogte (m)	19		22		18		25		15		13		20		22	
dichtheid (stam/ha)	500		450		713		625		850		2700		1300		500	
LAI	4.0	0.0	5.5	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	6.0	4.5	12	11	5.0	4.5	4.0	0.0
opslagcapaciteit, S (mm)	0.9	0.3	1.0	0.3	1.0	0.3	1.0	0.3	1.0		2.8		2.4		1.0	0.3
vrije doorval coëfficiënt, p	0.3	0.8	0.1	0.8	0.2	0.8	0.2	0.8	0.1		0.1		0.05		0.1	0.8
stamafvoer	0.02		0.12		0.06		0.01		0.03		0.03		0.01		0.03	
albedo	0.22		0.17		0.17		0.14		0.08		0.10		0.09		0.10	
nulvlak, d (m)	14.3	11.4	16.5	13.5	13.5	10.8	15.0	12.0	11.25		9.75		15.0		16.5	13.6
ruwheidslengte,k z0 (m)	1.9	1.7	2.2	2.0	1.8	1.6	2.0	1.8	1.5		1.3		2.0		2.2	2.0
max. stom. geleidbh., g_s (mm/s)	1.57		3.13		3.13		4.00		1.67		3.13		3.33		2.85	
min. gewasgeleidbh g_g (mm/s)	20.0		11.6		15.6		14.1		8.33		25.0		11.6		11.6	

tabel 4: De variabelen van de modelopstanden van eik, beuk, populier, berk, groveden, spar, Douglas en lariks voor het groeiseizoen (Z) en het winterseizoen (W).

Totaal waterverbruik

Het totaal waterverbruik wordt berekend uit de interceptie en de transpiratie op zandgrond. Het is een soort minimumwaarde, die voor modeltypen van de loofbomen en de groveden tussen 320-430 mm per jaar ligt, voor douglas en spar tussen 550 en 660 mm per jaar. Opvallend is dat de verliezen in Vlissingen groter zijn dan in de rest van Nederland. Relatief gezien gebruikt de spar het grootste deel van de neerslag (90%), gevolgd door douglas (80%), het laagst verbruik heeft de beuk met 48-65% (tabel 5). Dit totale waterverbruik is een maat voor de invloed die verschillende bostypen hebben op het afvoergedrag van hun groeiplaats.

Conclusie

Berekeningen via modellen voor transpiratie en interceptie zijn vergeleken met metingen in Castricum. Hieruit blijkt dat de uitkomsten redelijk overeenkomen. Een voorwaarde voor verdere toetsing en optimalisering van de resultaten is dat er meetgegevens van de Nederlandse bossen beschikbaar moeten komen. Pas dan kunnen er nauwkeuriger waterbalansen opgesteld worden, waarmee goed onderbouwd keuzen gemaakt kunnen worden binnen de praktijk van de bosbouw en het bosbeheer. Bij de bepaling van de mate van de invloed van bossen op het afvoergedrag van de groeiplaatsen kan zo'n waterbalans een goed hulpmiddel zijn. Voorlopig zou men als vuistregel voor de factoren transpiratie en interceptie verdamping in waterbalansen uit kunnen gaan van de waarden die weergegeven staan in tabel 5.
Voor optimalisering van de resultaten van de uitgevoerde berekeningen en vergroting van de betrouwbaarheid van bovenstaande tabel is het nodig dat de werkwijze uitgebreid wordt. De meteogegevens, die gemeten zijn boven grasland, worden getransformeerd naar de situatie boven bos en verder uitgewerkt. De verkregen waarden komen dan meer overeen met de werkelijkheid. Door tegelijkertijd de fluxen van de voelbare en latente warmte boven bos en grasland te meten kan het transformatieschema volgens McNaughton & Jarvis (1983) getoetst worden. Hierdoor kan duidelijkheid ontstaan over de wijze van transformeren en de toepasbaarheid en betrouwbaarheid van de modelberekeningen.

Locatie	De Kooy		De Bilt		Eelde		Vlissingen		Z. Limburg	
	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
den	30	26	26	27	30	25	33	27	28	26
fijnspar	51	35	49	42	52	38	52	40	49	44
douglas	52	28	46	24	53	30	55	32	49	33
eik	21	34	17	41	21	38	24	38	19	42
beuk	20	29	16	30	20	28	27	29	18	29
populier	26	29	20	34	26	28	33	32	23	33
berk	20	32	16	37	20	35	25	35	18	37
lariks	24	28	19	30	24	28	29	29	21	28

tabel 5:
Gemiddelde transpiratie (T) en interceptie (I) uitgedrukt als percentage van de bruto neerslag voor 1974-1978. De waarden voor interceptie hebben betrekking op simulaties met het Gash model; de transpiratie is uitgerekend voor een bos op zandgrond.

3.3 RELATIE BOOMGROEI - VOCHTLEVERANTIE BODEM

Voor diverse boomsoorten is op basis van bewerkingen van literatuurgegevens en onderzoeksgegevens van het RIBL de relatie bestudeerd tussen de boomgroei en het vochtleverend vermogen van de bodem. Het betreft de naaldhoutsoorten groveden, Corsicaanse den, fijnspar, douglas, Europese en Japanse lariks en de loofboomsoorten hybride zwarte populier (Populus x euramericana; Populus x canadensis), balsampopulier, grauwe wilg, schietwilg, els, es, beuk, eik (zomer-, winter-, Amerikaanse), tulpenboom en Ribes alpinum. Om de resultaten zoveel mogelijk vergelijkbaar te maken zijn op de gegevens transformaties uitgevoerd.

De uiteindelijke gegevens zijn weergegeven in tabel 6.Hieruit is de volgorde in droogtegevoeligheid van de soorten af te lezen, evenals de procentuele afname in volumeboniteit (I max) van een aantal boomsoorten bij afname van de gradatie van het vochtleverend vermogen.
In de praktijk kan op basis van deze tabel een schatting worden gemaakt van veranderingen in de volumeboniteit bij veranderingen in het vochtleverend vermogen van de bodem. Als kanttekening moet hierbij worden opgemerkt dat de hoeveelheid gegevens waarop deze tabel gebaseerd is, vaak beperkt is en dat voor een aantal boomsoorten gegevens ontbreken. Ook is er vanuit gegaan dat verschillen in bodemvruchtbaarheid geen invloed hebben op de veranderingen.

Voor drie boomsoorten zijn wel voldoende gegevens beschikbaar om na te kunnen gaan of de bodemvruchtbaarheid inderdaad invloed heeft op de volumeboniteit indien het vochtleverend vermogen van de bodem wijzigt (fig.6). Deze invloed lijkt echter te verwaarlozen, ondanks dat bij een daling in het vochtleverend vermogen de relatieve boniteit op armere gronden iets meer lijkt af te nemen dan op rijkere gronden. Daarnaast vertonen droogte-gevoelige boomsoorten een grotere afname dan meer droogte-resistente soorten zoals de eik.

gradatie vochtl. verm.	g.d.	c.d.	dou.	j.l.	f.s.	z.e.	esp	w.e.	a.e
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	98	98	96	83	94	97	83	80
3	93	84	84	77	59	88	89	66	62
4	70	60	54	49	40	67	58	50	49
5	geen waarnemingen								

gradatie vochtl. verm.	beuk	hybr. z.p.	es	zw.e
1	100	100	100	100
2	85	90	87	100
3	64	74	54	37
4	38	21	14	0
5	geen waarnemingen			

g.d. = groveden
c.d. = corsicaanse den
dou = douglas
j.l. = japanse lariks
f.s. = fijnspar
z.e. = zomereik
w.e. = wintereik
a.e. = amerikaanse eik
z.p. = zwarte populier
zw.e. = zwarte els

tabel 6: Gemiddelde relatieve volumeboniteit van een aantal boomsoorten bij diverse gradaties van het vochtleverend vermogen (als gehanteerd door STIBOKA in het WIB-systeem; 100 = Imax, bij gradatie van het vochtleverend vermogen = 1).

Conclusies

Uit de gepresenteerde resultaten zijn een aantal voor de praktijk belangrijke conclusies te trekken. Zo wordt voor soorten met uiteenlopende eigenschappen zoals populier, fijnspar en groveden een duidelijk verband aangetroffen tussen groei en transpiratie. Hiervan kan worden aangenomen dat dit verband geldt voor de meeste boomsoorten:

produktie = constante x transpiratie.

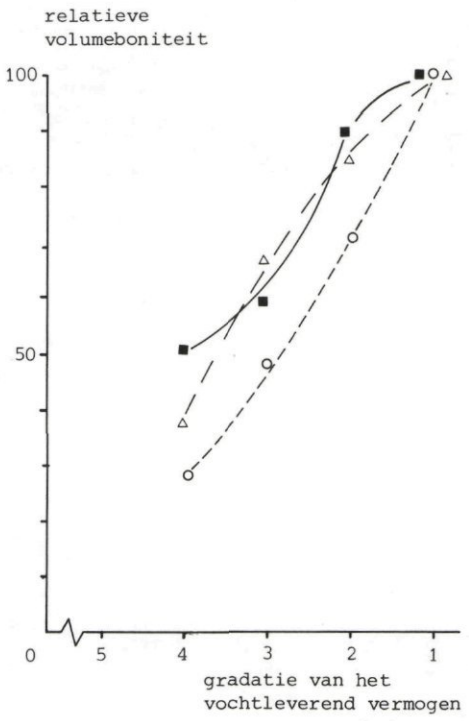
Voor de diverse in de bosbouw gebruikte groeiparameters kan opgemerkt worden dat er een eenvoudige relatie bestaat tussen het vochtleverend vermogen van de bodem en de relatieve volumeboniteit. Als het vochtleverend vermogen afneemt met x% dan daalt de volumeboniteit eveneens met grofweg x%. Deze relatieve afname is min of meer afhankelijk van de bodemvruchtbaarheid.

Daarnaast is een positieve correlatie tussen de hoeveelheid getranspireerd water en de grondvlaksbijgroei resp. droge stofproduktie gevonden. Een verband tussen de hoogtegroei en de transpiratie is echter niet altijd te vinden.

3.4 VERDAMPINGSMETINGEN

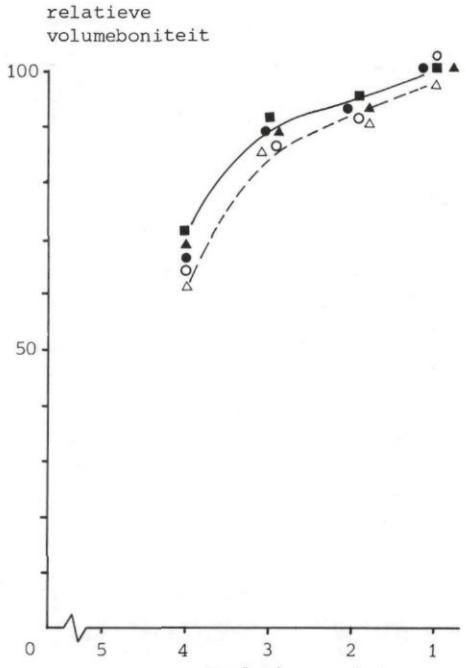
Doel van verdampingsmetingen is het bepalen van de invoerparameters (zie 2.2) die nodig zijn voor meer gedetailleerde en meer betrouwbare berekeningen van de transpiratie, interceptie en gewasweerstand . De modellen van Penman-Rijtema, Stewart en Gash/Mulder worden hiervoor gebruikt. In het onderzoek zullen de energiebalans, de Bowen-ratio en de waterbalans bepaald worden in een proefbos. Hiervoor is het Edesche Bos gekozen, een loofbos van ongeveer 45 jaar oud, 16 ha groot en bestaande uit 19 m hoge eiken, afgewisseld met wat berk en douglas. Voor de energiebalans worden de volgende parameters gemeten: de netto-straling (op 19,5 m), de bodemwaterflux en de opslag van warmte in de opstand (temperatuur en luchtvochtigheid op 2.30 m en op 20.30 m). Ten behoeve van de Bowen-ratio wordt de gradient in temperatuur en luchtvochtigheid gemeten tussen 17.95 m en 20.30 m en tussen 20.30 m en 22.65 m. De sensoren wisselen hiervoor elke vijf minuten van hoogte.

Voor de waterbalans wordt de bruto-neerslag gemeten, de doorval van de neerslag en de stamvloei. Daarnaast worden vochtprofielen en grondwaterstanden bepaald. Invullen van deze gegevens in de waterbalans maakt het mogelijk de waterafvoer naar het grondwater te bepalen. Ten behoeve van de modelberekeningen worden ook nog de luchtdruk, de bladvochtigheid, de windrichting en de globale straling gemeten. Elke zes

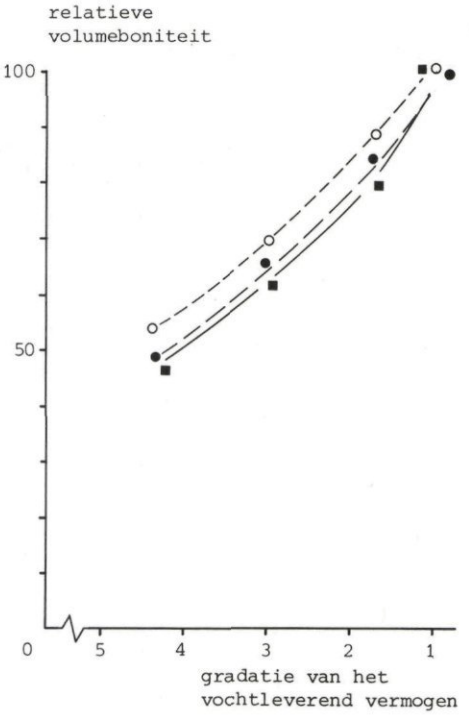


a) fijnspar (naar gegevens van Schoenfeld en Waenink 1974)

o--o humuspodzolgronden
△--△ holtpodzolgronden en brikgronden
■-■ enkeerdgronden en akkereerdgronden



b) zomereik (naar gegevens van Oosterbaan e.a., in voorbereiding)



c) wintereik (naar gegevens van Van den Burg en Schoenfeld, in voorbereiding)

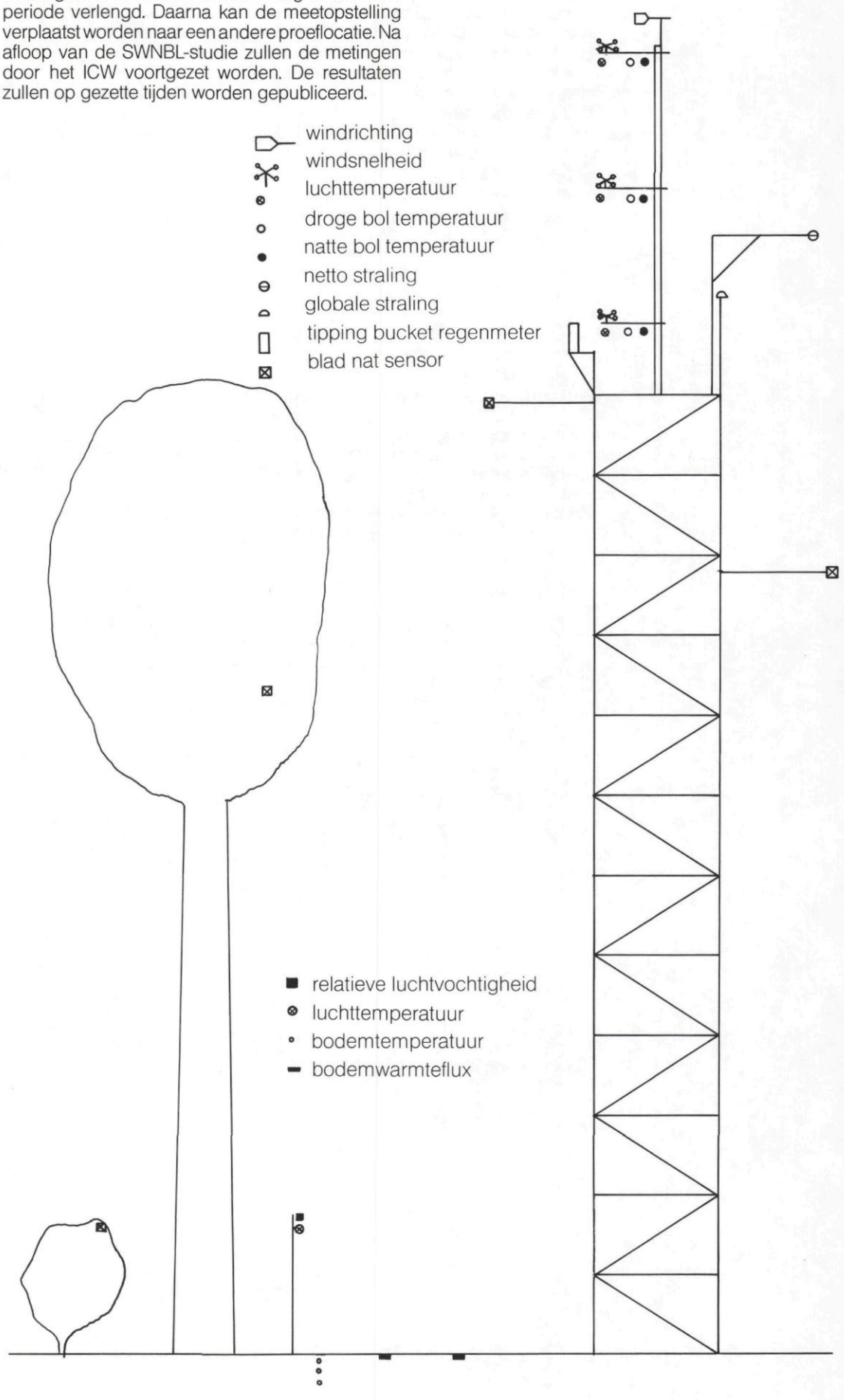
■-■ gradatie van de voedingstoestand = 1
▲ " " " " = 2
● " " " " = 3
o " " " " = 4
△--△ " " " " = 5

o--o gradatie van de voedingstoestand = 2 (3)
●-● " " " " = 3
■-■ " " " " = 3 (4)

figuur 6: Relatieve volumeboniteit van drie boomsoorten de gradaties van het vochtleverend vermogen, op gronden met uiteenlopende bodemvruchtbaarheid.

seconden wordt er gemeten en iedere twintig minuten wordt het gemiddelde bepaald en opgeslagen in de computer voor gebruik bij berekeningen van transpiratie en interceptie.
Het ligt in de bedoeling om tenminste een seizoen volledig door te meten. Indien nodig wordt deze periode verlengd. Daarna kan de meetopstelling verplaatst worden naar een andere proeflocatie. Na afloop van de SWNBL-studie zullen de metingen door het ICW voortgezet worden. De resultaten zullen op gezette tijden worden gepubliceerd.

figuur 7: Meetopstelling voor verdampingsmetingen (ICW)



4. Toepassing resultaten

4.1 VERDROGING EN VERNATTING

Bij de problematiek rond vernatting en verdroging van groeiplaatsen van bos kan een nauwkeurig berekende waterbalans als instrument fungeren om de gevolgen van deze processen op de waterhuishouding van het bos na te gaan. Als er iets verandert in de bodemvochtigheid, kan met behulp van de waterbalanssimulaties nagegaan worden in hoeverre de transpiratie en daarmee de groei en houtproduktie van het bos beïnvloed worden. De uit onderzoek en literatuur samengestelde tabel, waarin de relatie tussen vochtleverend vermogen van de bodem en de groei van boomsoorten is weergegeven, kan als instrument dienen bij het inschatten van de verliezen voor de houtproduktie. Daarnaast is deze tabel te gebruiken als een hulpmiddel bij het bepalen van de passende boomsoortencombinaties voor een bepaalde groeiplaats.

Hierbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat voor een nauwkeurige kwantificering met behulp van de beschikbare modellen meetgegevens voor de Nederlandse situatie noodzakelijk zijn. Pas dan kunnen de effecten van ingrepen in de waterhuishouding op bos exacter voorspeld worden. Ook de tabel over de relatie tussen groei en vochtleverend vermogen van de bodem is thans reeds goed bruikbaar, ondanks dat hij aanvulling en onderbouwing behoeft.

4.2 AANLEG NIEUWE BOSSEN

Ook in het kader van de omvorming van marginale landbouwgronden in bos kunnen de geïnventariseerde en ontwikkelde instrumenten een directe toepassing vinden. Ten behoeve van de aanleg van bos op dergelijke terreinen zijn aanpassingen vereist in de waterhuishoudkundige inrichting. De nieuwe inrichting strookt misschien niet met de belangen van de landbouw in de omgeving en met de regels ten aanzien van waterafvoer en onderhoud van de watergangen zoals door het waterschap voorgeschreven.

Voor een goede ontwikkeling en groei van bomen is de vochtvoorziening van grote betekenis. Deze wordt in hoge mate bepaald door de grondwaterstand. In dit kader zou men antwoord willen hebben op de vraag in welke mate de groei en ontwikkeling van bomen afhankelijk is van de waterhuishoudkundige toestand van de bodem en bij welke grondwaterstand de diverse in de bosbouw gebruikte boomsoorten hun optimum hebben. Ook is het belangrijk te weten wat de gevolgen zijn van veranderingen in die waterhuishouding voor de groei van bomen.

Daarnaast is het voor een goed functioneren van het bos als geheel en voor het voorkomen van randeffecten belangrijk dat er een oppervlak van bepaalde grootte met bos beplant wordt. Dan alleen zal het bos immers de gewenste produktie aan hout kunnen leveren. Om hieraan te kunnen voldoen zal de inrichting van het gebied aangepast moeten worden, vooral wat betreft de dichtheid en dimensionering van de sloten. Enkele vragen komen hierbij op. Wat is het verschil in verdamping tussen bos en andere vormen van begroeiing zoals akkers en graslanden? Is dit verschil afhankelijk van de leeftijd van de bomen? Voor een deel zullen dergelijke vragen met de resultaten van de SWNBL te beantwoorden zijn.

Tenslotte spelen ook financiële aspecten een belangrijke rol bij een dergelijk bosbeheer. In hoeverre moet een boseigenaar dezelfde waterschapslasten betalen als een landbouwer in een dergelijk gebied. En is het nodig dat bij een landgebruik als bos verplichtingen zoals schoningsplicht nagekomen worden? Welke functie hebben sterk door bos overgroeide sloten nog voor de afvoer- en bergingscapaciteit van een gebied?

Om antwoorden te vinden op de problemen die bij een dergelijk omvormingsbeleid spelen, is het nodig te beschikken over gefundeerde kennis en inzicht in de relaties tussen bos en waterhuishouding. Het gaat hierbij niet alleen om de invloed die de waterhuishouding heeft op de groei en produktie van bossen, maar ook om de vraag of bosbegroeiingen op hun beurt de waterhuishouding beïnvloeden.

Nauwkeurige schattingen van de gevolgen van veranderingen in een compartiment van de waterbalans voor de andere processen kunnen worden gemaakt. Dat kan via modellen voor de waterbalans en de modellen waarmee de verschillende compartimenten kunnen worden gekwantificeerd.

Zo kan bekeken worden wat de gevolgen zijn van toename van de evapotranspiratie bij aanleg van bos op het afvoergedrag van het gebied. Daarnaast kunnen de gevolgen van veranderingen in de hoeveelheid beschikbaar water in de bodem voor de opname van water en daarmee voor de groei van de bomen ingeschat worden. Op dit moment kunnen alleen nog maar richtingen van veranderingen aangegeven worden. In de nabije toekomst, als er meer meetgegevens beschikbaar zijn voor de verschillende Nederlandse situaties, zullen deze voorspellingen beter gekwantificeerd en nauwkeuriger aangegeven kunnen worden. De tabel over de relatie tussen de groei van diverse boomsoorten en het vochtleverend vermogen van de bodem kan richting geven aan de keuze van boomsoorten, afhankelijk van het bodemtype en de waterhuishouding. Ook hier geldt dat er meer en gedetailleerder gegevens nodig zijn om die keuzen beter te onderbouwen.

THEMA LANDSCHAP

Inhoudsopgave

1. Inleiding 74

1.1 Benaderingswijze 74

2. Uitwerking binnen SWNBL 74

2.1 Globale landschappenkaart 75
2.2 Proefgebiedstudies 75
2.2.1 Krimpenerwaard 76
2.2.2 Baakse Beek-Veengoot 81
2.3 Voorstel voor omgaan met water en landschap 87

3. Toepassing in de praktijk 90

3.1 Beschrijvingsmethoden/instrumenten 90
3.2 Planningsinstrumenten 90
3.3 Planningsstrategie voor het omgaan met water en landschap 90

1. Inleiding

Het begrip landschap wordt op veel verschillende wijzen gedefinieerd. Binnen de SWNBL wordt landschap beschouwd als het waarneembare deel van de aarde dat wordt bepaald door de onderlinge samenhang tussen en beïnvloeding van factoren als bodem, reliëf, water, klimaat, flora, fauna en de mens (visie Landschapsbouw, 1977). Water en het omgaan van mensen met water hebben bij het ontstaan van het Nederlandse landschap een belangrijke rol gespeeld. Daarbij moet niet alleen gedacht worden aan de zichtbare vorm waarin water zich manifesteert, maar ook aan de rol die water gespeeld heeft bij het in gebruik nemen van ons land en daarmee op de verdeling van verschillende gebruiksfuncties. Daarnaast is het water van oudsher ook gebruikt bij de locatiekeuze, inrichting en vormgeving van landgoederen en buitenplaatsen. Ook zijn ten behoeve van de recreatie waterlopen omgelegd en watersystemen gecreëerd. In het recente verleden is daar het aspect van de landschapsplanning bijgekomen om de rol van water welbewust in samenhang met de functionele aspecten van bestemming, inrichting en beheer bij de structurering van het landschap te betrekken.

Landschappen zijn voortdurend aan verandering onderhevig. In het recente verleden hebben naast de natuurlijke processen ook de effecten van ingrepen in de waterhuishouding, inrichting en beheer een belangrijke rol gespeeld bij die verandering. Het is nodig voor het bevorderen van het behoud, herstel dan wel de ontwikkeling binnen landschappen zodanige voorwaarden en omstandigheden te creëeren, dat de verscheidenheid en samenhang in het landschap gewaarborgd blijft. Hiervoor is het essentieel inzicht te hebben in het samenspel van alle betrokken factoren en belangen. Dan kan een goede afweging gemaakt worden van deze belangen en gezocht worden naar een geïntegreerde aanpak van de problemen die spelen in het landschap.

De rol van water in het landschap is tot dusverre in de praktijk van beleid, beheer en onderzoek onderbelicht gebleven. In SWNBL-kader is getracht om iets aan deze achterstand te doen door het vergroten van het inzicht in de relevante processen waarbij water een rol speelt, binnen en de structuur van het landschap. Op basis van dit inzicht heeft men gewerkt aan een nieuwe manier van omgaan met waterbeheer en landschapsplanning, toegespitst op de rol van water daarin. Dit alles met het doel om een betere afstemming van deze twee op elkaar mogelijk te maken.

Landschapsplanning wordt in dit kader beschouwd als een verzamelbegrip voor alle activiteiten (m.n. van de overheid), die gericht zijn op het planmatig ingrijpen in of sturen van de landschapsontwikkeling. Het is de taak van de landschapsplanning om de uiteenlopende maatschappelijke wensen ten aanzien van vaak heel verschillende functies voor gebieden zo te vertalen dat de samenhang op landschapsniveau in stand blijft, verduidelijkt wordt of opnieuw ontstaat. Dit alles met het doel een landschap van hoge kwaliteit te laten ontstaan. Een hoge kwaliteit houdt in dit verband in: Een harmonieus samengaan binnen het landschap van economische bruikbaarheid, ecologisch functioneren en een hoge belevingswaarde.

1.1. BENADERINGSWIJZE

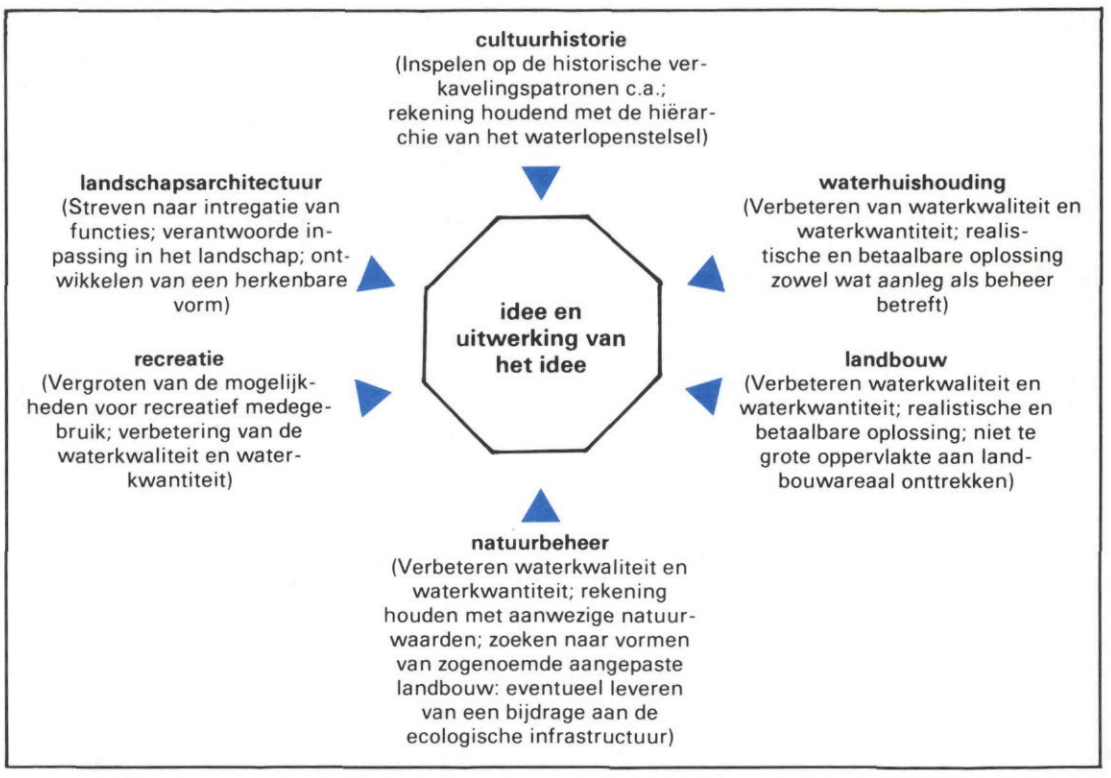
In vergelijking met de andere thema's is er binnen het thema Landschap sprake van een ander integratieniveau waarop gewerkt wordt. Dit andere integratieniveau en de relatief blanco start hadden consequenties voor de aanpak van de studie. Het gaat er vooral om een benaderingswijze te ontwikkelen voor het omgaan met water en landschap, naast het geven van een overzicht van bestaande kennis en informatie en het ontwikkelen van een indeling van de Nederlandse landschappen naar visuele kenmerken van water.

Hoewel de benadering operationeel is, is de uitwerking naar landschapstypen beperkt en de ontwikkeling van een technisch instrumentarium nog zeer bescheiden. Bij deze benadering staan de processen en functies, die zich ten aanzien van water afspelen in het landschap, centraal. Het gevolg hiervan is dat ook de hoofdstukindeling voor dit thema afwijkt van die van de beide andere thema's. Binnen deze landschapsstudie wordt gebruik gemaakt van de kennis van verschillende disciplines zoals geologie, geomorfologie, cultuurhistorie, hydrologie en ecologie. Deze informatie wordt vervolgens geïntegreerd op het landschapsniveau (fig.1). Voor de informatie, die in deze studie tijdens de verschillende fasen gebruikt is, wordt verwezen naar de diverse deelrapporten.

2. Uitwerking binnen SWNBL

In veel landschapsindelingen is water impliciet als indelingscriterium meegenomen. Om nu inzicht te krijgen in de expliciete rol die water speelt als structuurbepalend en visueel belangrijk element in het landschap is een globale landschapsindeling van Nederland gemaakt naar de visuele aspecten van water. Daarnaast is de rol van water in het ontstaan en functioneren van de huidige verschijningsvorm verder uitgewerkt in een aantal proefgebiedstudies. Deze studies zijn representatief voor enkele belangrijke landschapstypen. Hierbij is ook aandacht geschonken aan het oplossen van problemen met betrekking tot het waterbeheer op een wijze die goed aansluit bij die historische ontwikkeling en de huidige verschijningsvorm van het landschap. Op basis van deze studies is een set richtlijnen geformuleerd voor een betere omgang met water en landschap en een betere onderlinge afstemming van waterbeheer en landschapsplanning.

Aan de rol die water speelt bij de beleving van het landschap is aandacht besteed in de regiostudie in de Krimpenerwaard. Dit als aanvulling op eerder belevingsonderzoek, dat is uitgevoerd voor SBB. Ook is bestudeerd hoe het belevingsonderzoek een inbreng kan hebben bij de planning in verschillende beleidskaders.



figuur 1: Geïntegreerde benadering op landschapsniveau.

2.1 GLOBALE LANDSCHAPPENKAART

Er is een nieuwe indeling gemaakt van Nederland op basis van de rol die water speelt als visueel ruimtelijk kenmerk van het landschap. Er zijn in eerste instantie een aantal hoofdlandschappen onderscheiden op grond van de aan/afwezigheid van water, de vorm waarin dit voorkomt en de zoet-zout verschillen. De grenzen tussen deze landschappen zijn in hoofdlijn gekozen volgens de landschappenkaart voor de Benelux (Oosthoek, 1984). Deze hoofdlandschappen zijn onderverdeeld op basis van (oppervlakte)waterkenmerken. Gebruikt zijn kenmerken zoals de verhouding water-land, ruimtelijke kenmerken (vorm en patroon), temporele aspecten (getijden, seizoenswisseling in waterstand, beheersmaatregelen) en functies (transport, recreatie, industrie, drinkwater).

Ook zijn abiotische, biotische en anthropogene uitingen van de aanwezigheid van water gebruikt als indicatoren voor de invloed van water op het landschapsbeeld. Tenslotte is ook de mate waarin het oppervlaktewater bijdraagt aan het landschapsbeeld gebruikt als kenmerk bij de indeling. Zo worden de volgende categorieën onderscheiden: water als beeldbepalend element, als hoofdbeelddrager, als belangrijke beeldcomponent en als ondergeschikte beeldcomponent.

2.2 PROEFGEBIEDSTUDIES

Binnen het landschapsonderzoek zijn een tweetal proefgebiedstudies uitgevoerd, die dienden als instrument bij de ontwikkeling van een methode voor nadere detaillering van de globale landschappenkaart. Daarnaast kon op die manier in concrete situaties gezocht worden naar een werkwijze voor het geintegreerd omgaan met waterbeheer en landschapsplanning. Deze studies omvatten een beschrijvend, inventariserend en een "experimenteel planvormend" deel. Gekozen is voor het veenweidegebied van de Krimpenerwaard en het dekzandgebied rond de Baakse Beek-Veengoot (Achterhoek). Bij deze keuze is er gezocht naar een gebied in het holocene deel van Nederland en één in het pleistocene deel. Daarnaast was van belang dat het een gebied betrof met een gesloten (Krimpenerwaard; beheerste peilen) en een met een open waterhuishouding (vrije afstroming).

Het doel van deze proefgebiedstudies is meerledig. Allereerst is de uitwerking van de globale landschappenkaart tot een meer gedetailleerde landschapstypering met nadruk op de visuele aspecten van water aangepakt. Deze heeft geleid tot een methode voor het beschrijven van landschappen ten aanzien van het aspect water. De daarbij uitgevoerde probleemanalyse is basis voor een voorstel tot richtlijnen voor het afstemmen van waterbeheer en landschapsplanning op elkaar.

Een goede afweging van alle betrokken belangen bij het doen van ingrepen wordt daardoor mogelijk, evenals het inschatten van de effecten van deze maatregelen.

Bij deze studie is veel aandacht geschonken aan de functies van water in het landschap en het beeld dat daar de uitdrukking van is. Hiervoor is kennis nodig over ontstaan en functioneren van de samenhang tussen abiotische, biotische en anthropogene processen. Ook is kennis over de huidige ontwikkelingen in het landschap en de knelpunten ten aanzien van de verschillende gebruiksfunkties daarbinnen belangrijk, wil men wijzigingen in die samenhang in goede banen kunnen leiden. Een belangrijk uitgangspunt blijft dat er rekening gehouden moet worden met de grote verscheidenheid aan karakteristieke landschappen, met name voorzover die verscheidenheid door water bepaald wordt. De landschapsbeschrijving vereist dat er informatie verzameld wordt over veel aspecten (zie bijlage) van de ontwikkelingsgeschiedenis, waterbeheer, watergebruik, recente ingrepen in waterbeheer en - gebruik en de visuele effecten daarvan.

2.2.1 Krimpenerwaard

In figuur 2 zijn de visuele kenmerken van water voor de Krimpenerwaard aangegeven. Deze kenmerken zijn vervolgens geconfronteerd met de ingrepen die in de Krimpenerwaard aan de orde zijn en welke gevolgen deze hebben voor de verschillende categorien van visuele kenmerken van water in het landschap (fig.3). Er is nader ingegaan op de volgende veranderingen in het landschap: De aanleg van spaarbekkens/moeraszones, verlaging van het waterpeil, slootdemping en verandering van tiendwegen en/of tiendweteringen. Op creatieve wijze zijn mogelijke oplossingen geschetst voor de problemen. Soms zijn meerdere varianten uitgewerkt om aan te geven hoe integratie en afstemming van functies kan plaatshebben en hoe water en landschapsbeheer op elkaar afgestemd kunnen worden. Met behulp van het computerprogramma TWINSPAN (Hill 1979) is op basis van de op kaart aangegeven waterkenmerken (fig.4) een indeling gemaakt van de verschillende te onderscheiden karakteristieke deelgebieden. Dit heeft geleid tot een zoneringsmodel dat tot uitgangspunt gediend heeft bij het schetsen van oplossingen voor de bovengenoemde problemen (fig.5).

VISUELE WATERKENMERKEN

ruimtelijk	wateren	wiel veenstroom veenput wetering
	sloten	patroon dichtheid breedte slootpeil
tem-po-reel	slootpeil	fluctuatie slootpeil peilverschil
functioneel	regulatie	kade dam stuw sluis gemaal molen onderbemalingsmolen dijk stormvloedkering
	gebruik	transport vissen kanoën/ schaatsen

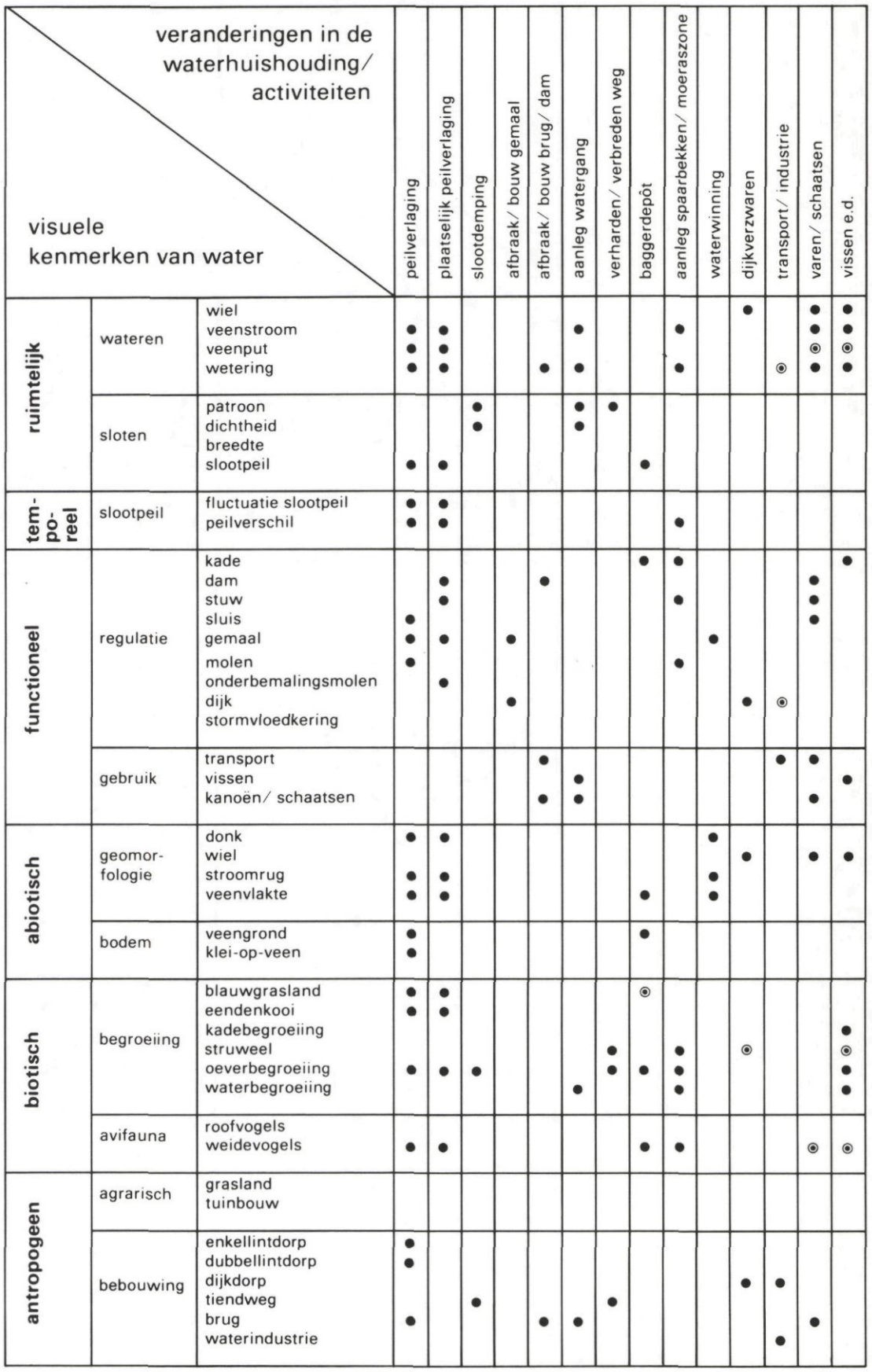
abiotisch	geomor-fologie	donk wiel stroomrug veenvlakte
	bodem	veengrond klei-op-veen
biotisch	begroeiing	blauwgrasland eendenkooi kadebegroeiing struweel oeverbegroeiing waterbegroeiing
	avifauna	roofvogels weidevogels
antropogeen	agrarisch	grasland tuinbouw
	bebouwing	enkellintdorp dubbellintdorp dijkdorp tiendweg brug waterindustrie

figuur 2: Schema met de visuele kenmerken van water in de Krimpenerwaard.

Voorbeelden:

Effect peilverlaging

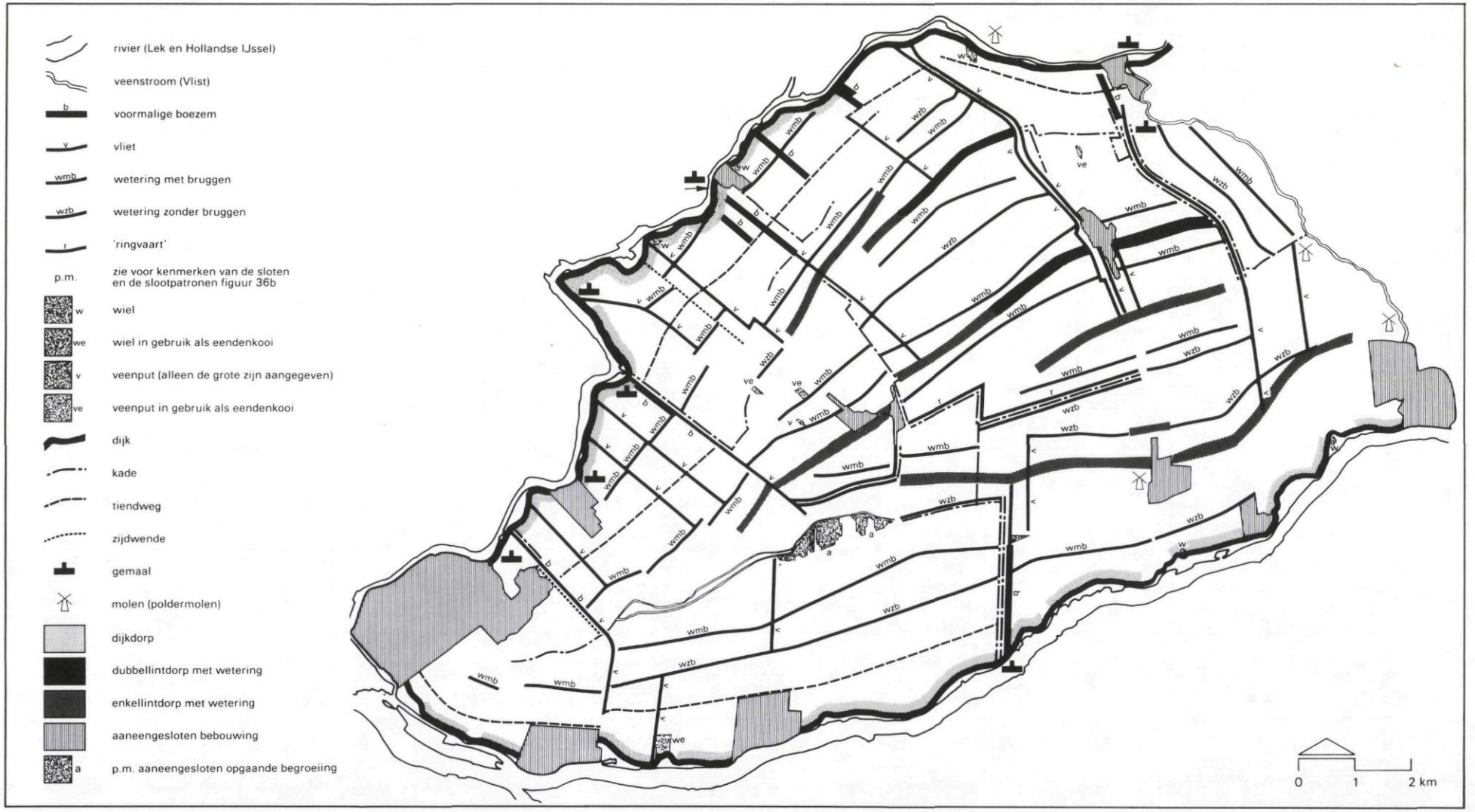
Peilverlaging in veenweidegebieden leidt veelal tot versnelling van de maaivelddaling. Als gevolg daarvan kan verzakking van onvoldoende gefundeerde bouwwerken optreden. Daarnaast kan peilverlaging verdroging van met name natte natuurterreinen veroorzaken. Om de effecten van deze processen zoveel mogelijk te voorkomen, zouden bouwwerken en natuurgebieden hydrologisch gezien afgesloten moeten worden van de rest van de polder door middel van bijvoorbeeld damwanden en/of peilscheidingen (fig.6). Er zouden, indien de hydrologische omstandigheden er geschikt voor zijn, hoogwatereilanden aangelegd kunnen worden, waarbinnen de waterstand op een constant hoog peil gehouden kan worden. Door de peilverlaging worden de geomorfologische verschillen in een gebied geaccentueerd. Daarnaast neemt het aantal planten en dieren dat indicatief is voor water en natte omstandigheden af. Ook zal door peildaling de hoeveelheid open water afnemen.



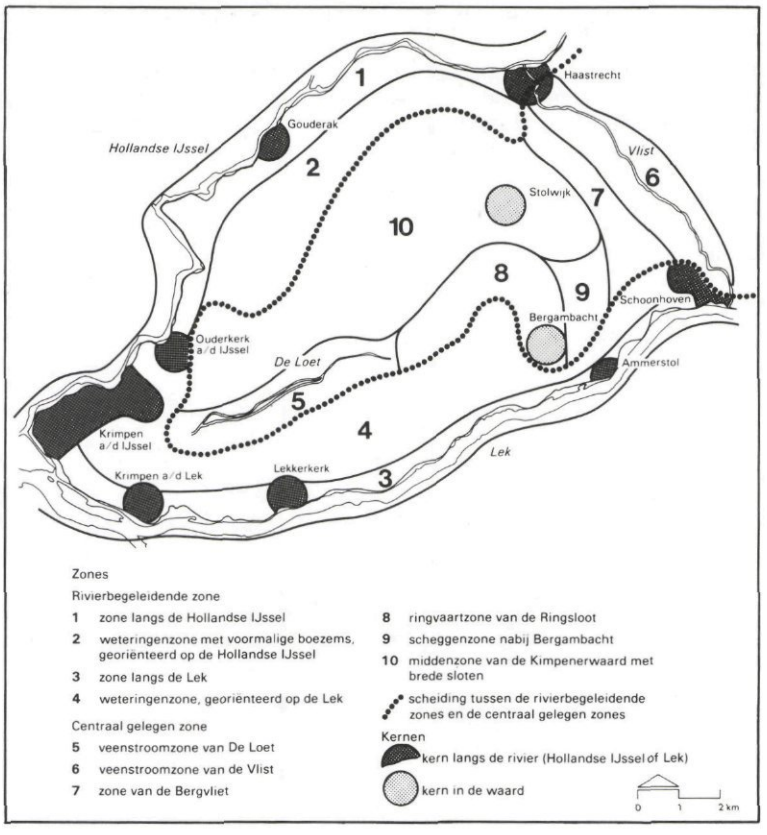
● betreffende verandering/ activiteit heeft effect op het kenmerk van water

◉ betreffende verandering/ activiteit heeft gering of plaatselijk effect op het kenmerk van water

figuur 3: Confrontatie van veranderingen in de waterhuishouding/activiteiten op en aan het water met de visuele kenmerken van water.



figuur 4: Waterkenmerken van het landschap van de Krimpenerwaard.



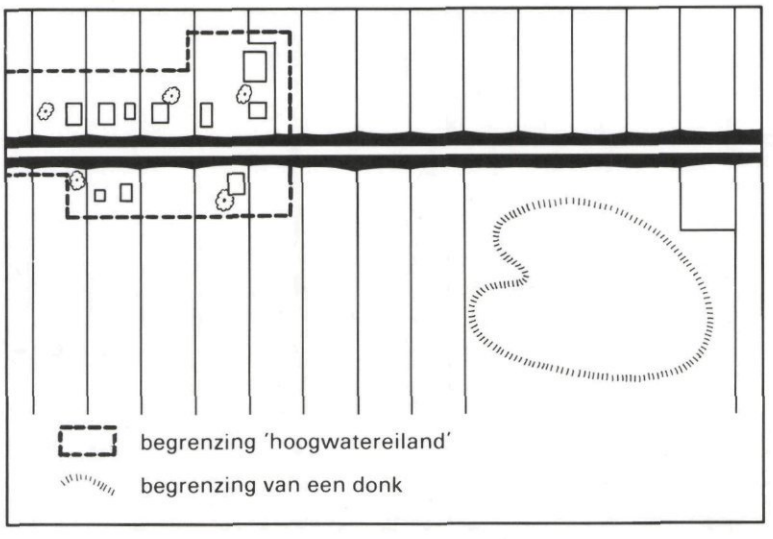
figuur 5: Zonering van het veenweidelandschap van de Krimpenerwaard op basis van kenmerken van water (clustering met TWINSPAN; Hill 1979).

Als gevolg van de aanleg van dammen zal het peil tussen sloten onderling verschillen waardoor een samenhang verbroken wordt. Om deze visuele effecten zoveel mogelijk te minimaliseren kan men vrij eenvoudige maatregelen nemen. Zo kan men de doorgaande watergangen op gelijk peil houden of in plaats van dammen stuwen of schotten aanbrengen. Ook kan men, rekening houdend met de bestaande vormen in het landschap, de hydrologische scheiding tussen boerderij en weiland recht en kunstmatig houden. Hierdoor wordt het karakteristieke, kunstmatige karakter van de polder geaccentueerd, terwijl men bij natuurgebieden zou kunnen aansluiten bij de huidige vorm van het terrein.

De aanleg van moeraszones en spaarbekkens

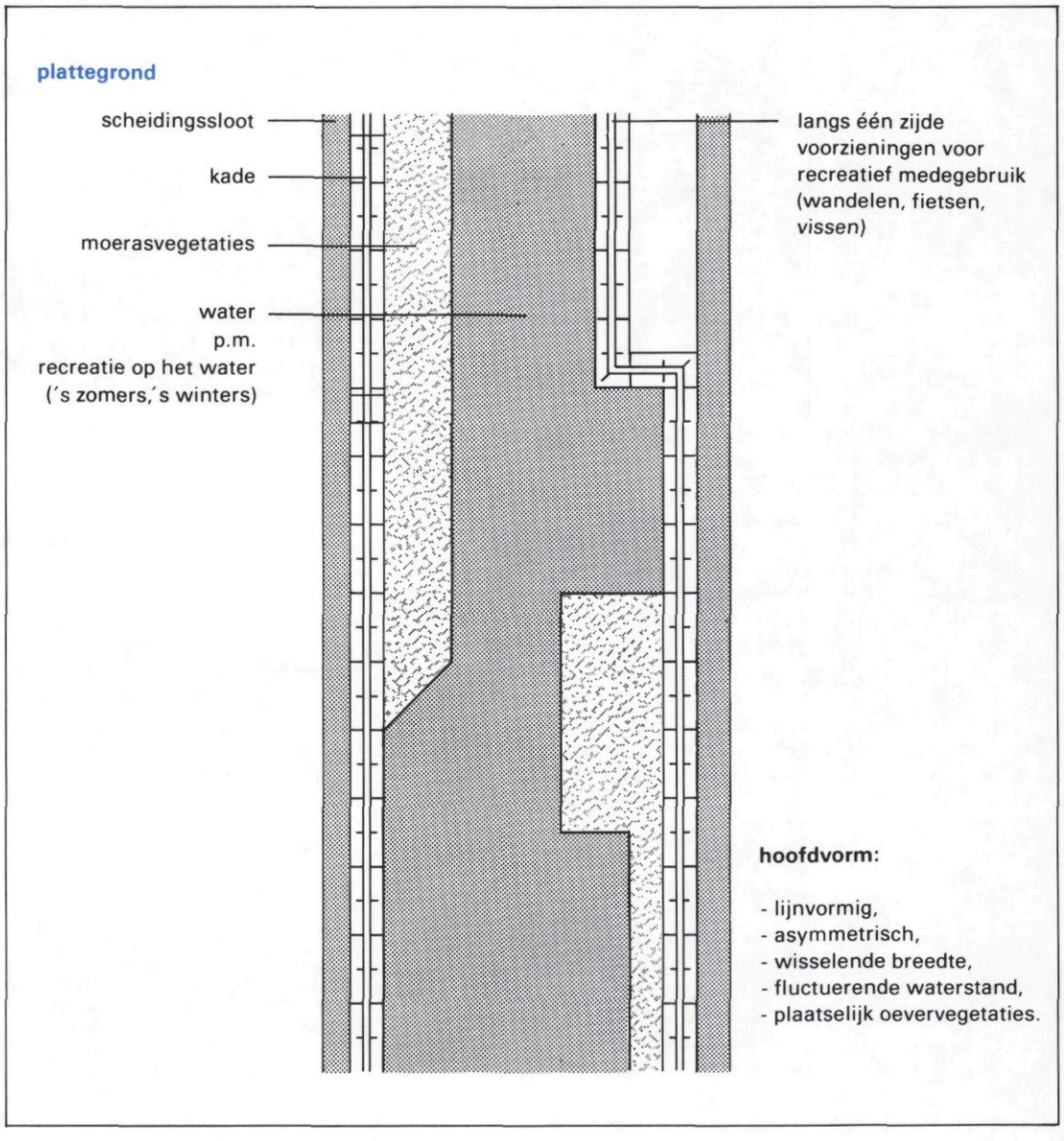
Een ander probleem is het tekort aan water in de zomer. Dit tekort moet aangevuld worden met rivierwater, dat meestal vervuild is en daardoor van slechte kwaliteit is. Bij de oplossing van dit probleem staat het zorgvuldiger omgaan met gebiedseigen water centraal. Door de aanleg van spaarbekkens is het mogelijk om een deel van het overtollige water uit de winterperiode te conserveren en dit in droge perioden weer te gebruiken.

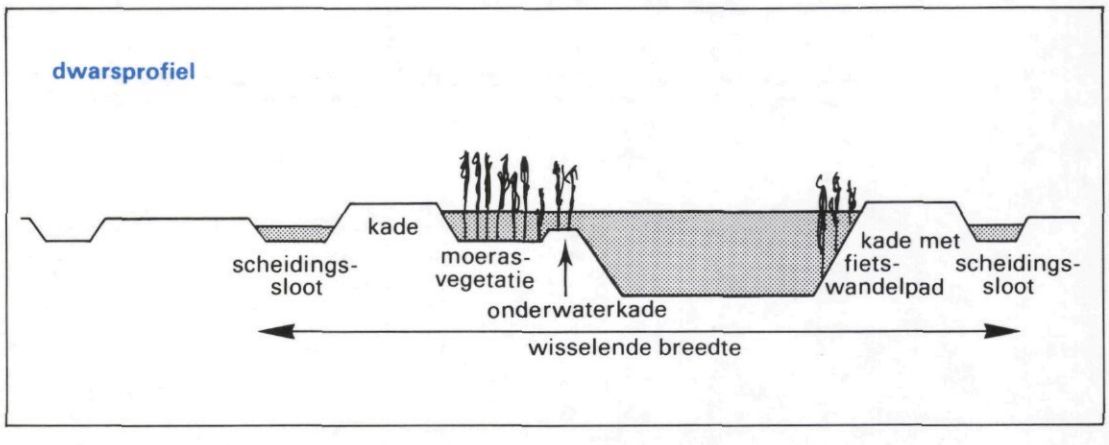
figuur 6: Door de begrenzing van de 'hoogwatereilanden' evenwijdig aan de wetering te leggen wordt het kunstmatige karakter ervan benadrukt; de processen zijn natuurlijk, de ruimtelijke weerslag ervan is kunstmatig en als zodanig passen bij het polderlandschap.



Een andere oplossing zou kunnen zijn om het rivierwater te zuiveren van de overtollige (voedings) stoffen door dit water door moeraszones met helofytenfilters te leiden. Het effect van dergelijke maatregelen moet per gebied bekeken worden.

Voor de aanleg van deze spaarbekkens en/of moeraszones zou men gebruik kunnen maken van het werkingsprincipe van de oude boezems (fig.7). Dit vormgevingsidee past goed in het zoneringsmodel. Bij de aanleg van spaarbekkens zou er naast de hydrologische functie ook gedacht kunnen worden aan de nevenfunctie recreatie, bij de moeraszones aan natuur en recreatie ('verweving'). Op gebiedsniveau is het echter wel belangrijk om een functiescheiding te hanteren tussen enerzijds natuur, aangepaste vormen van landbouw en verblijfsrecreatie en anderzijds de gangbare landbouw in verband met de verschillende eisen aan de waterkwaliteit.





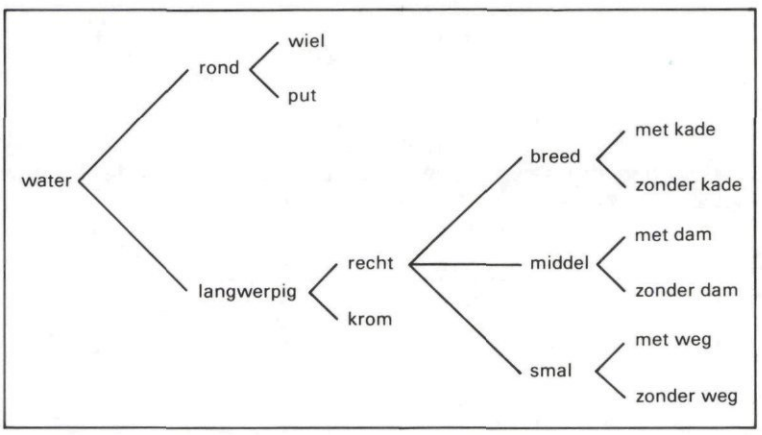
figuur 7: Eerste aanzet voor de vormgeving van een spaarbekken met mogelijkheden voor recreatief medegebruik.

Belevingsonderzoek

In aansluiting op de uitgebreide beschrijving van water en landschap in de Krimpenerwaard is een belevingsonderzoek uitgevoerd. Met dit type onderzoek kan men te weten komen hoe bewoners en gebruikers van een landschap dit waarnemen, waarderen en gebruiken en hoe ze reageren op veranderingen met betrekking tot water in het landschap. Belangrijke vragen bij een dergelijk onderzoek zijn: welke betekenis heeft water voor de beleving en het gebruik van het landschap voor de bewoners en welke waterkenmerken worden door deze onderscheiden bij waarneming en waardering van het landschap?

Het belevingsonderzoek kan een inventariserend en een toetsend karakter hebben. Er wordt bij belevingsonderzoek gebruik gemaakt van het enqueteren van een geselecteerde groep personen. In de verkennende fase van planvorming kan juist met open vragen (kwalitatief) een beeld verkregen worden van het standpunt van betrokkenen. Het toetsend element zit vooral in het nagaan of ingrepen in de waterhuishouding invloed hebben op de beleving en het gebruik van het landschap. Men maakt hiervoor gebruik van kwantitatieve vragen (multiple-choice).

figuur 8: Indeling van de wateren in de Krimpenerwaard op grond van visueel-ruimtelijke kenmerken.



Resultaat belevingsonderzoek

De ondervraagden geven een aantal criteria aan op grond waarvan de verschillende typen water onderscheiden worden. Hiermee wordt het belang van water als beelddrager bevestigd. Gebruikte criteria zijn: het gebruik van water (functies), visueel-ruimtelijke kenmerken van water (beeld), de functionele ordening binnen het afwateringssyteem (hierarchie) en de mate van onderhoud (beheer).

Opvallend is het, dat de bewoners en gebruikers van de Krimpenerwaard de visuele kenmerken koppelen aan de functie van water, terwijl de onderzoekers ook andere criteria hiervoor hanteren (biologische en geomorfologische).

In samenhang met het Krimpenerwaard onderzoek (rapport 6b; paragraaf 2.2) zijn de ingrepen, peilverlaging en aanleg moeraszones, waarvoor een vormstudie gemaakt is voorgelegd aan de ondervraagden om hun reacties daarop te testen. In het kort samengevat leverden de twee behandelde voorstellen het volgende aan reacties op. Globaal gezien is men niet tegen veranderingen mits zij nuttig zijn, geleidelijk doorgevoerd worden en goed passen binnen het bestaande landschap.

* Van peilverlaging ziet men heel duidelijk de voor- en nadelen. In de eerste plaats zal het nodig zijn de waterhuishouding rond bebouwing te scheiden van de rest van de polder in verband met de funderingen. Peilverlaging heeft verder tot gevolg dat het veen zal uitdrogen en inklinken, maar in eerste instantie zal er wel een hogere opbrengst gehaald kunnen worden van het weiland. Nadeel is verder dat er meer gebaggerd zal moeten worden.

* Zoals eerder vermeld zijn moeraszones bedoeld voor de opslag en zuivering van water. Op dit moment is de waterkwaliteit in de polder beter dan erbuiten. Toch vinden de bewoners de buffering bij inlaat van rivierwater niet nodig, vooral omdat dijkaanleg (vooral het onderhoud) als een probleem ervaren wordt. Als er toch besloten wordt moeraszones aan te leggen dan pleiten zij voor een zo natuurlijk mogelijk karakter, een zo groot mogelijk oppervlak en voor een waarborg voor blijvende goede doorstroommogelijkheden voor het water.

2.2.2 Baakse Beek-Veengoot

In aansluiting op de studie "Het landschap van de dekzandgebieden" (Kerkstra & Vrijland 1988) is als tweedé studiegebied het gebied rond de Baakse Beek en Veengoot genomen. Hier spelen als gevolg van het open watersysteem heel andere problemen dan in het veenweidegebied. Men heeft ter optimalisering van de landbouw de waterhuishouding aangepast door beken te kanaliseren en van de overige hoofdwaterlopen de oevers breed en strak te maken met een lage begroeiing. Gevolg hiervan is dat in droge perioden er in de hogere delen verdroging optreedt. Om dit te voorkomen wordt er water ingelaten dat afkomstig is uit de Rijn (via de IJssel) en dat een andere kwaliteit heeft dan het gebiedseigen water.

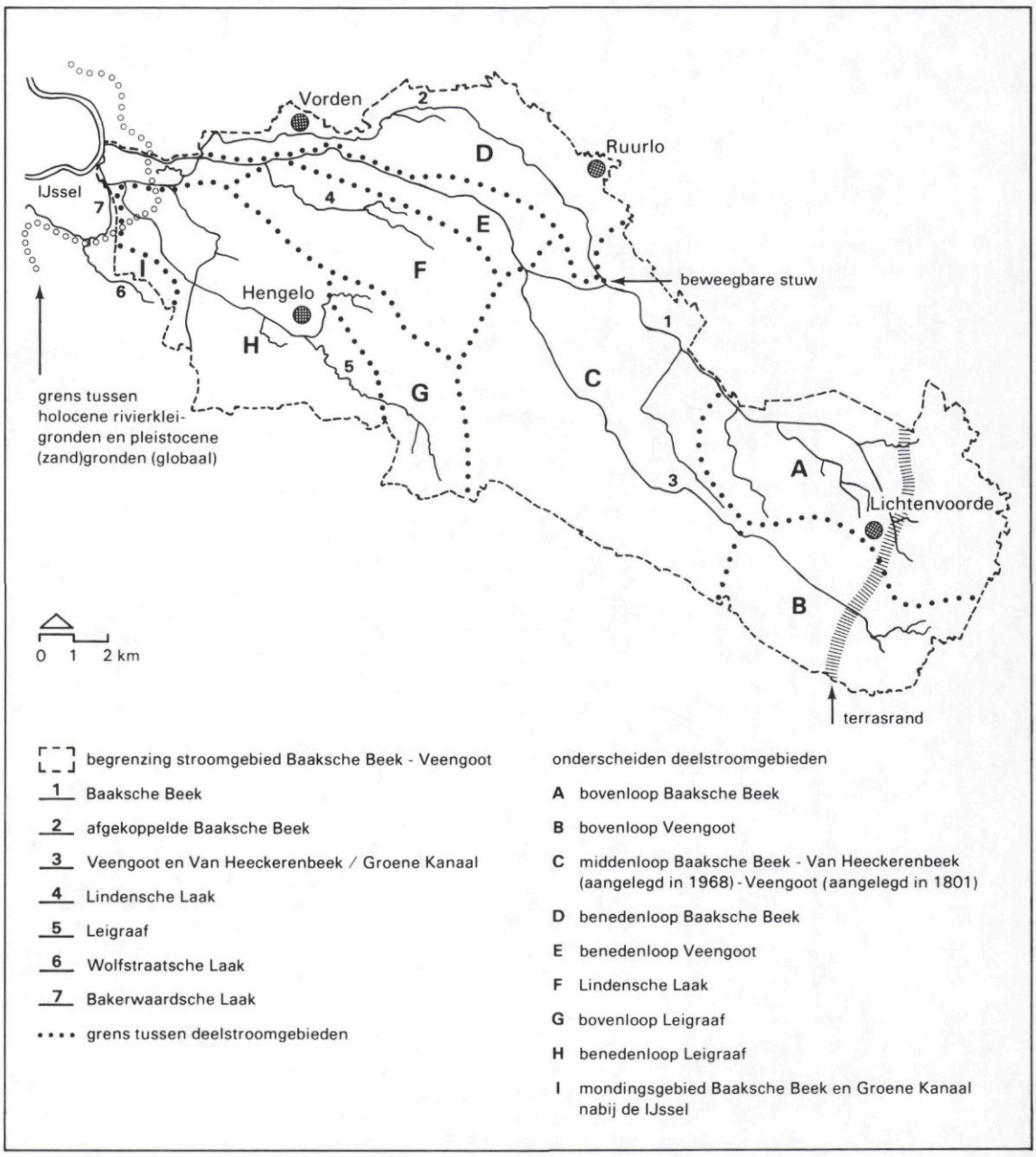
In de SWNBL-studie in het stroomgebied van de Baakse Beek en de Veengoot is de problematiek van het omgaan met water en landschap op twee niveaus aangepakt, te weten het stroomgebiedsniveau en het deelstroomgebiedsniveau (fig.9). Een stapsgewijze typering van waterlopen en landschappen (fig.10, 11) heeft geleid tot een onderscheid in deelstroomgebieden, die het meest in aanmerking komen voor het opslaan van water

en verweving van funkties en deelstroomgebieden met hoofdfunctie landbouw en een daarop afgestemd waterbeheer (fig.12). Vervolgens zijn zowel op het stroomgebiedsniveau als op het deelstroomgebiedsniveau ideëen ontwikkeld om verdere uitwerking te geven aan de onderscheiden gebieden (fig.13).

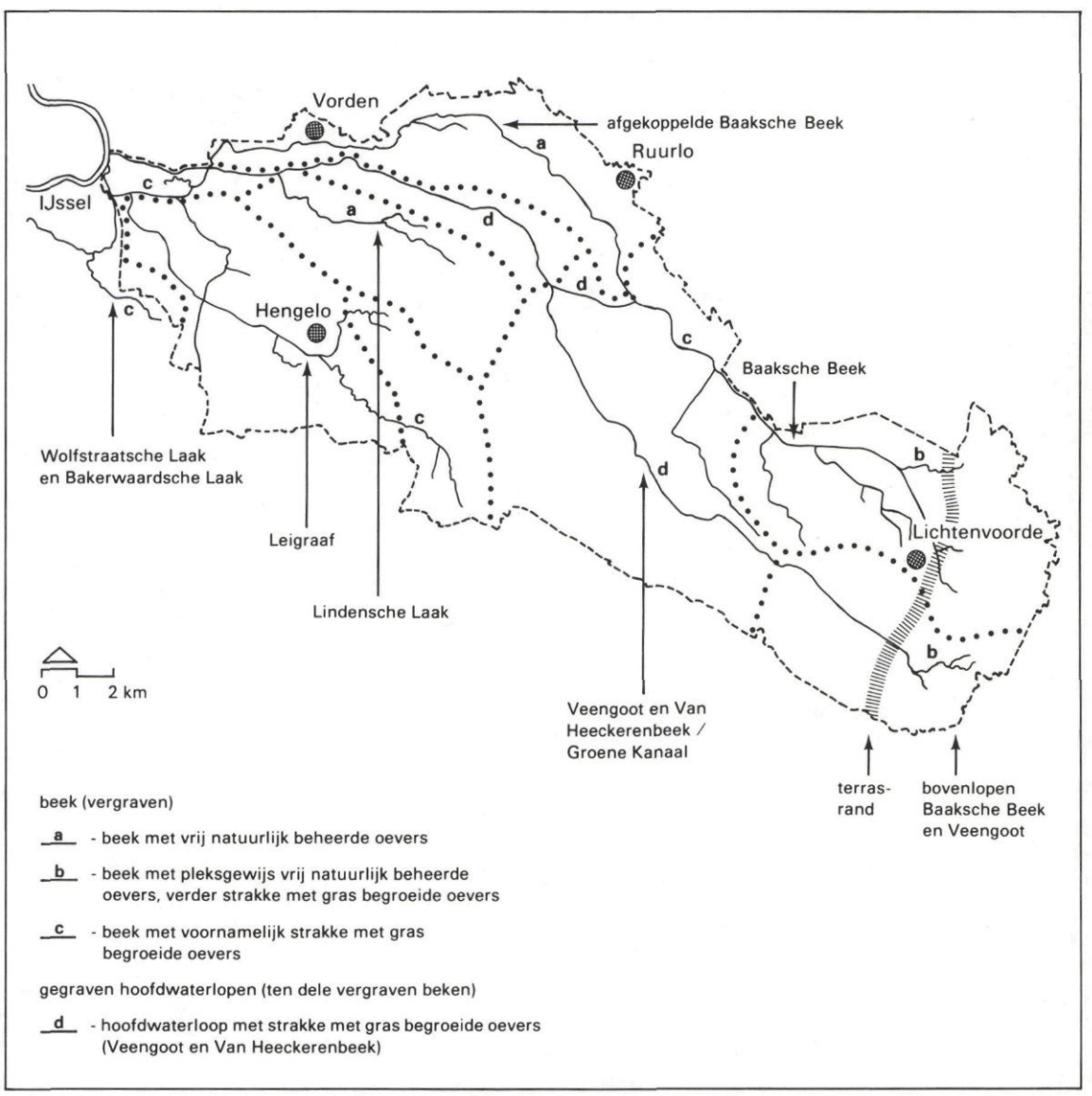
De kaarten van figuur 9 - 13 zijn te lezen als een opeenvolgende serie stappen die in een gebiedsstudie naar de problematiek van omgaan met water en landschap gezet moeten worden. Deze gebiedsgerichte benadering leidt tot een gedifferentieerde invulling van vorm en functie van de twee beeklopen. Zo wordt voorgesteld het beekkarakter voor de Baakse Beek en de bovenloop van de Veengoot te versterken, terwijl de midden- en benedenloop van de Veengoot als af- en aanvoerweg voor landbouwwater gaat dienen.

Voor twee deelstroomgebieden is bekeken hoe de daar van toepassing zijnde functies onderling afgestemd kunnen worden en hoe dit resulteert in een bepaalde vormgeving. Hierbij is vooral aandacht besteed aan het voorkomen van ecologische gradienten, de samenhang tussen kwel- en infiltratiegebieden en de mogelijkheden voor aanleg van voorzieningen voor waterretentie. Bij de verdere uitwerking op elementniveau van deze mogelijke oplossingen kan men denken aan het maken van een staalkaart. Deze biedt een overzicht van de oplossingen die specifiek voor dit stroomgebied ontwikkeld kunnen worden.

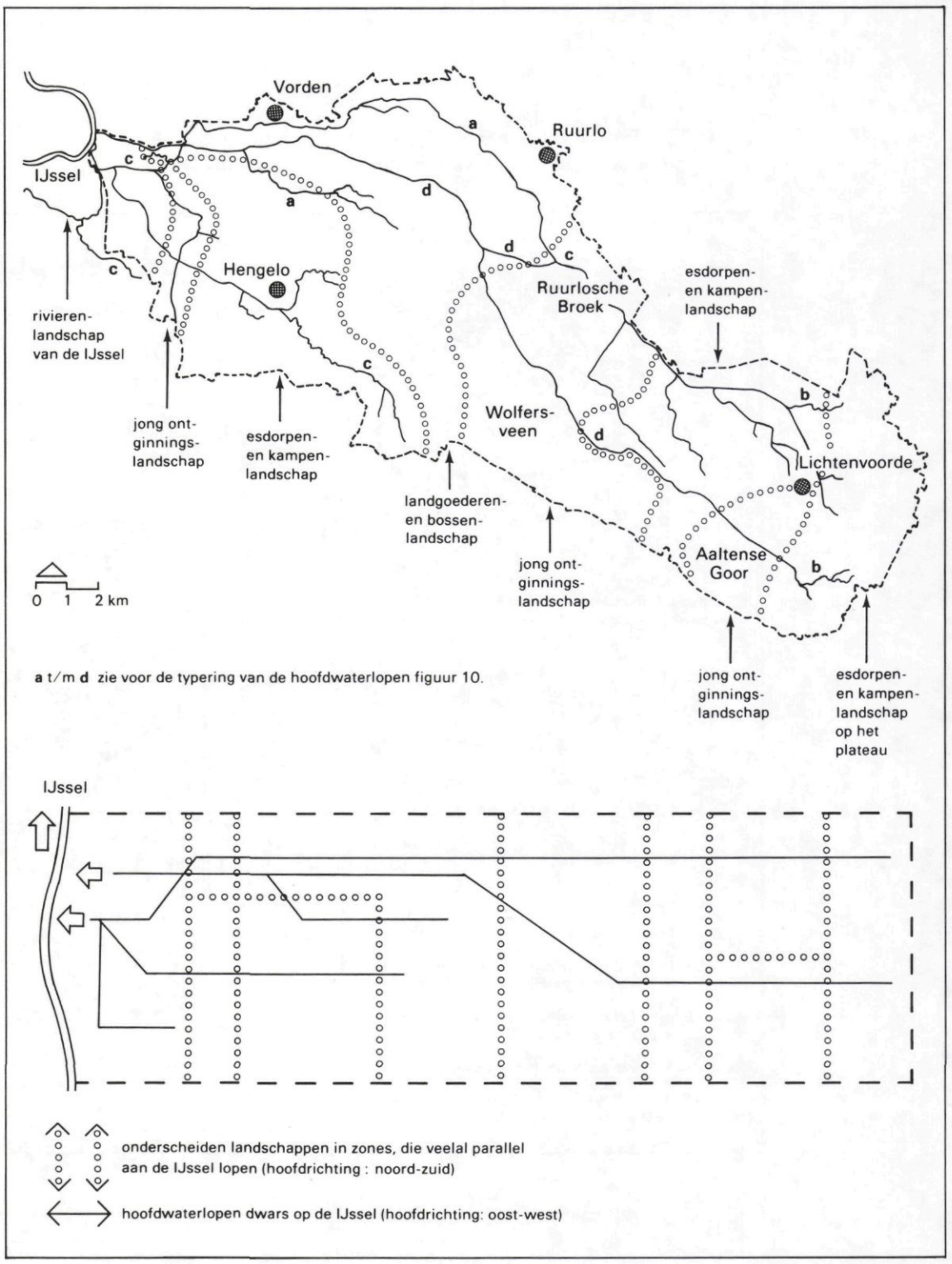
Figuur 9. Indeling in afwateringseenheden (deelstroomgebieden) voor het stroomgebied van de Baaksche Beek en de Veengoot.



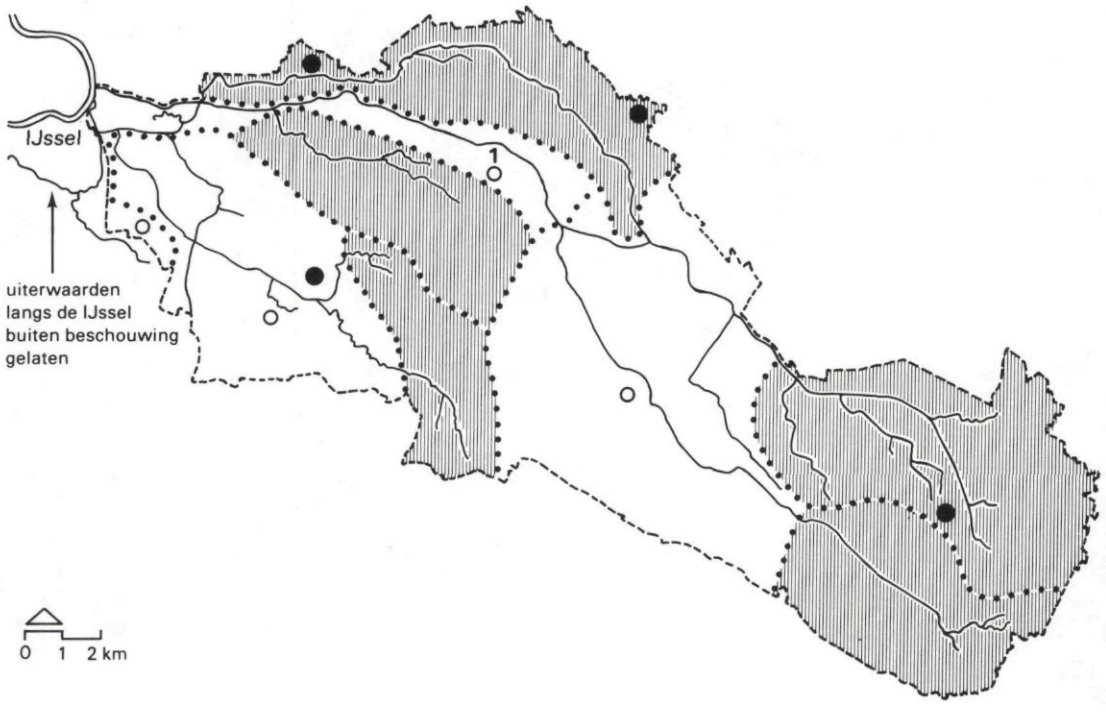
Figuur 10. Typering hoofdwaterlopen op stroomgebiedsniveau (nader uit te werken op deelstroomgebiedsniveau).



Figuur 11. Combinatie van de onderscheiden landschappen en typering van de hoofdwaterlopen op stroomgebiedsniveau.



Figuur 12. Deelstroomgebieden, die uit landschappelijke en hydrologische overwegingen het meest in aanmerking komen voor het opslaan van water en voor andere functieveranderingen (onderzoeksvoorbeeld).

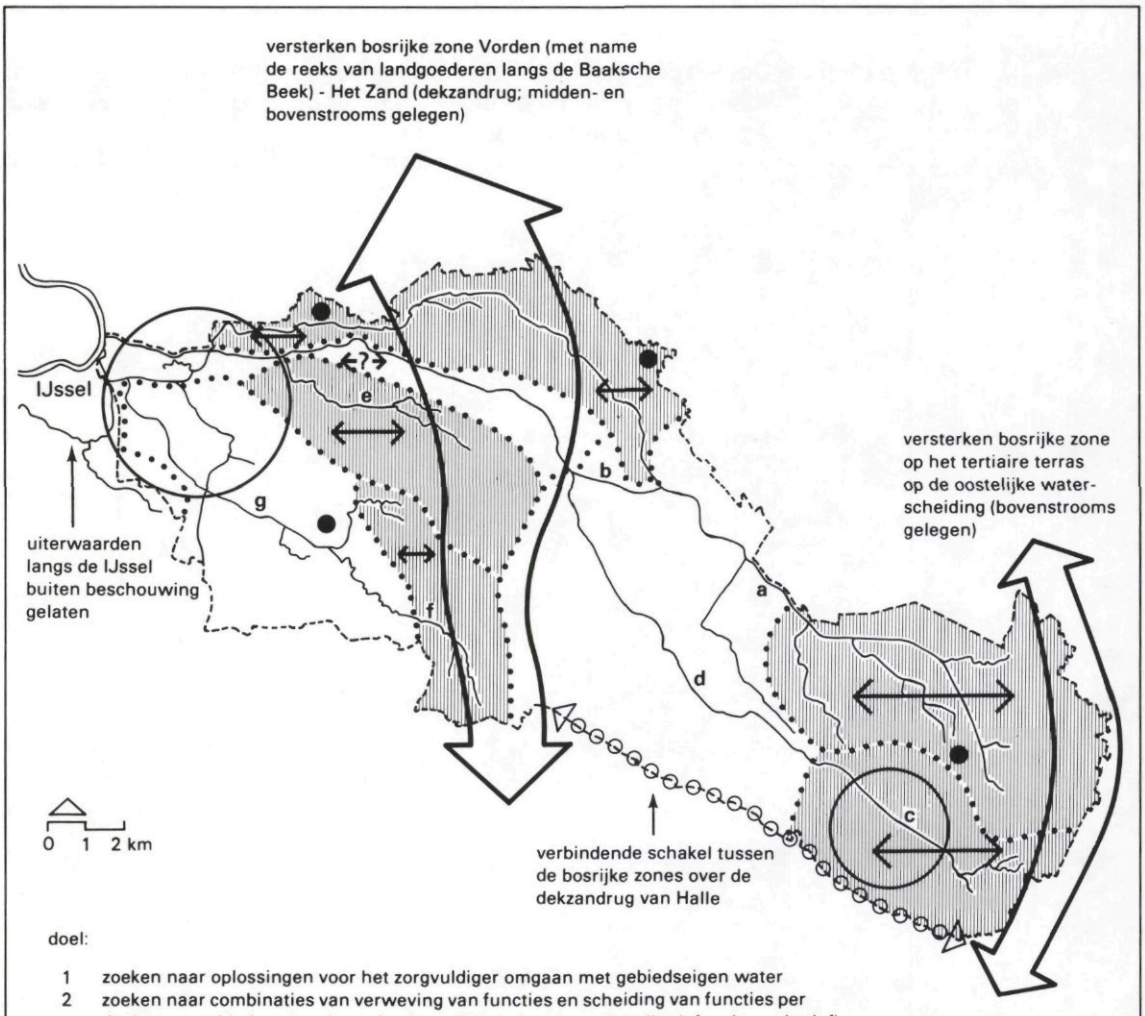


deelstroomgebieden, die uit landschappelijke (inclusief landschapsecologische) en hydrologische overwegingen het meest in aanmerking komen voor het opslaan van water en voor andere functieveranderingen, zoals extensivering van landbouwgronden, "natuurtechnische milieubouw" en bosaanleg.
overwegingen gebaseerd op:
- ligging (bovenstrooms; afgekoppeld beekgedeelte)
- waterkwaliteit (geen of zo min mogelijk verontreiniging van buitenaf)
- aanwezigheid van inzijgings- en kwelgebied(en)
- waterkwantiteit (potentiële capaciteit voor opslag van water)
- afwisselend grondgebruik (multifunctioneel)
- actuele en potentiële landschapsecologische kwaliteiten
- cultuurhistorische kwaliteiten van het landschap
- typering van de hoofdwaterlopen

O landbouw als hoofdfunctie in het deelstroomgebied handhaven (eisen ten aanzien van de grondwaterstand en de inrichting en het beheer van de waterlopen vooral afstemmen op de functie landbouw; partiële veranderingen binnen het deelstroomgebied blijven mogelijk)

1
O deelstroomgebied waarvoor in verband met de betekenis voor de aangrenzende deelstroomgebieden nader onderzoek nodig is

Figuur 13. Ideevorming op stroomgebiedsniveau (ontwikkeling van een ruimtelijk principe; onderzoeksvoorbeeld).



doel:

1 zoeken naar oplossingen voor het zorgvuldiger omgaan met gebiedseigen water
2 zoeken naar combinaties van verweving van functies en scheiding van functies per deelstroomgebied op grond van de eisen die aan het water (kwalitatief en kwantitatief) worden gesteld

deelstroomgebied dat in aanmerking komt voor een multifunctionele ontwikkeling (verweving van functies die ten aanzien van het waterbeheer niet strijdig met elkaar worden geacht)

↔ zone grenzend aan de te versterken bosrijke zone;
- omvang: variabel (nader te bepalen)
- te versterken functies: bosbouw, natuur, aangepaste landbouw, recreatie, wateropslag en zo mogelijk drinkwaterwinning
- inrichting en beheer waterlopen: richten op een meer natuurlijke ontwikkeling ("natuurproceswater"); dit betreft:
a - de Baaksche Beek (van oorsprong een natuurlijke beek)
c - de bovenloop van de Veengoot (van oorsprong een stelsel van natuurlijke beekjes)
e - de bovenloop van de Lindensche Laak (van oorsprong een natuurlijke beek)
f - de bovenloop van de Leigraaf (van oorsprong een natuurlijke beek)

deelstroomgebied dat in aanmerking komt voor het verder ontwikkelen van de landbouw (scheiding van functies, met landbouw als hoofdfunctie)
- nevenfuncties: p.m.
- inrichting en beheer waterlopen: gericht op de eisen die de landbouw stelt ("landbouwproceswater"), dat betreft:
b - de Van Heeckerenbeek (gegraven waterloop)
d - de middenloop en de benedenloop van de Veengoot (voornamelijk gegraven waterloop) en het Groene Kanaal
g - de benedenloop van de Leigraaf (vergraven beek en gegraven waterloop)

p.m. streven naar differentiatie in vorm en functie tussen (delen van) de waterlopen (a, c, e en f ten opzichte van b, d en g)
p.m. situering van macrohelofytenfilters

○ extra aandacht voor de gradiéntrijke zones langs oostzijde van het IJsseldal (o.a. de landgoederen Suderas en Hackfort) en langs de terrasrand van het Oostnederlandse Plateau (het Aaltense Goor o.a.)

2.3 VOORSTEL VOOR OMGAAN MET WATER EN LANDSCHAP

De landschapstypologie op nationale schaal en de landschapsbeschrijvingen in de beide gebiedsstudies zijn aanzetten voor een methodische beschrijving van karakteristieke landschapskenmerken, zoals die door het water worden bepaald. Deze beschrijvingen zijn noodzakelijk voor planvormende studies met betrekking tot zowel het waterbeheer als de landschapsplanning (waterbeheersplannen, streekplannen, landinrichtingsplannen). In de gebiedsstudies is verder een aanpak ontwikkeld voor het omgaan met water en landschap in twee voor Nederland belangrijke landschapstypen: het veenweidelandschap en het dekzandlandschap.

Beschrijvingsmethodiek

Voor de beschrijving van de vaak zo belangrijke samenhangen tussen water en landschap op regionaal niveau zijn verschillende stappen onderscheiden. Allereerst wordt een beeld gegeven van de ontwikkelingsgeschiedenis van het landschap, toegespitst op de rol van water daarin. Daarnaast wordt nagegaan welke voor het landschap bepalende invloeden er zijn uitgegaan van het waterbeheer.

Vervolgens wordt een beschrijving gegeven van de functies die voor hun ontwikkeling afhankelijk zijn van het water en van de ruimtelijk-functionele verbanden, die er tussen water en watergebruik zijn. Hierbij wordt ook een eerste indicatie gegeven van de landschappelijke knelpunten die er bij het watergebruik resp. het waterbeheer optreden. De knelpunten vormen samen met een overzicht van recente ingrepen en voorgenomen plannen en maatregelen de opstap voor een planningsbenadering van water en landschap. De beschrijving wordt afgerond met een matrix van waterkenmerken en ingrepen in de waterhuishouding die daar een belangrijke invloed op uitoefenen. De waterkenmerken worden ook samengevat in een kaartbeeld, waaruit de structuurbepalende kenmerken van het water zijn af te lezen. Bij de vervaardiging van dit laatste kaartbeeld kan het computerprogramma TWINSPAN een belangrijk hulpmiddel vormen. Met behulp daarvan worden de voor het landschap belangrijke waterkenmerken op verschillende niveaus geclusterd tot eenheden.

Planningsaanpak en -instrumentarium

In het kader van de probleemgerichte aanpak in de gebiedstudies zijn verschillende stappen uitgewerkt die een instrument kunnen leveren voor de landschapsplanning en het waterbeheer op regionaal niveau.

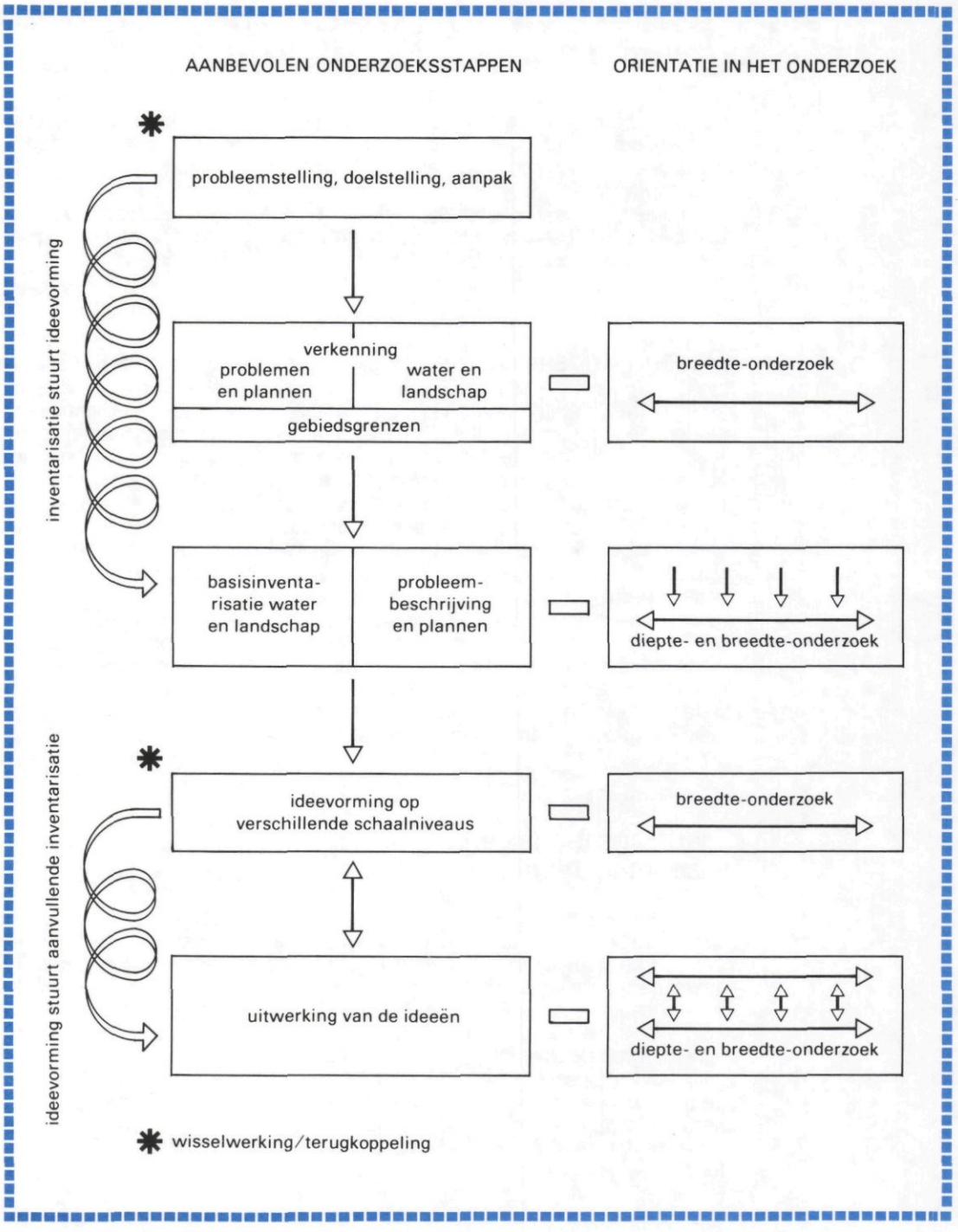
De eerste stap (fig.14) is het onderscheiden van de waterkenmerken die van belang zijn voor de landschapstructuur, zoals hierboven vermeld. In de Krimpenerwaard heeft dit geleid tot een ruimtelijke zonering (fig.5). Het TWINSPAN programma wordt daarbij gebruikt om deze indeling te toetsen en eventueel te verfijnen. In de studie van de Baakse Beek-Veengoot is eerst een ruimtelijk-functionele indeling gemaakt van de deelstroomgebieden (fig.9). De belangrijkste vraag bij het maken van dit soort indelingen is op welk niveau een eenheid wordt onderscheiden en welke water- en landschapskenmerken daarbij van doorslaggevend belang worden geacht.

Een tweede stap die bij een planningsaanpak een belangrijk hulpmiddel kan vormen, is een referentiekader voor de beoordeling van de landschappelijke effecten van de veranderingen in het waterbeheer en het watergebruik. In de Krimpenerwaard-studie zijn hiervoor aanzetten gegeven bij de nader bestudeerde veranderingen; peilverlaging, slootdemping, verbreding tiendwegen en de aanleg van spaarbekkens. Het referentiekader is opgebouwd uit interpretaties van de indeling naar waterkenmerken op gebiedsniveau (ruimtelijk-functioneel model) en een karakterisering van de ingreep op elementsniveau.

Een derde stap in de planningsaanpak is het op basis van de gebiedsanalyse en de gesignaleerde knelpunten ontwikkelen van ideeen voor oplossingsrichtingen. Dit in samenhang met de aan de orde zijnde planningskaders. De keuze van oplossingsrichtingen is weer bepalend voor de soort informatie die omtrent waterbeheer en watergebruik verder moet worden verzameld. Hiermee komen we aan het cyclisch verloop van het planning c.q. onderzoeksproces, zoals dat in figuur 15 is weergegeven. Naarmate de probleemstelling aan het begin van het onderzoek duidelijker kan worden aangegeven, kan het onderzoek ook een efficienter verloop hebben. De ideeën hiervoor kunnen in de vorm van plansuggesties c.q. vormgevingsprincipes worden uitgewerkt, die aan de hand van belevingsonderzoek door bewoners en gebruikers van het landschap kunnen worden getoetst.

Het vaststellen van het niveau waarop de ingreep speelt, is bij dit onderzoek van bijzonder belang in verband met de samenhang tussen waterkenmerken en landschapseenheid en de samenhang tussen de watergebruiksfuncties en de waterkenmerken. In de SWNBL-studie zijn voor de open waterhuishoudingssystemen vier niveaus onderscheiden; het bovenregionale niveau, het stroomgebiedsniveau, het deelstroomgebiedsniveau en het uitwerkings- of elementenniveau.

In de ontwikkelde planaanpak vormen de karakteristieken van de onderscheiden landschapseenheden een gegeven, waarmee zorgvuldig dient te worden omgegaan. Met andere woorden: de ideevorming wordt geplaatst binnen de context van de landschapstructuur, zoals die tot op heden zich heeft ontwikkeld (contextuele landschapsbenadering). Afhankelijk van de omvang van de ingrepen is deze benadering toereikend. Een conclusie van noodzakelijke structuurveranderingen stelt andere eisen aan de planningsaanpak, die in deze fase van de studie niet verder zijn uitgewerkt.



figuur 14: Werkwijze voor onderzoek en ideevorming aangaande water en landschap ten behoeve van op integratie gericht ontwerpen (een cyclisch of spiraalsgewijs verlopend planningsproces).

Planningsstrategie

Omgaan met water als integraal bestanddeel van een landschap stelt zijn eigen eisen aan de planningskaders en -procedures. Het is van belang om planningskaders te ontwikkelen waarbinnen een betere onderlinge afstemming van waterbeheer en landschapsplanning mogelijk wordt dan thans vaak het geval is. In de SWNBL-landschapsstudie is geleidelijk aan het inzicht gegroeid dat het een stap vooruit zou zijn, indien voor zowel het beschrijvende deel als de ideevorming gebruik zou worden gemaakt van een raamwerkplanning. Hierbij komt het accent te liggen op de ruimtelijke hoofdstructuur en de rol van water daarin. De idee hierachter is een kader (raamwerk) te scheppen om het landschap als totaliteit te kunnen bestuderen en zo de voorwaarden (condities) te kunnen achterhalen waardoor het mogelijk wordt oude functies voor langere tijd te handhaven en nieuwe te ontwikkelen. Op deze wijze is er meer zicht te krijgen op de condities voor de verschillende functies van water, hun plaats in de structuur van het landschap en de effecten over en weer.

Bij de inventarisatie wordt er vanuit veel verschillende aspecten aan het raamwerk invulling

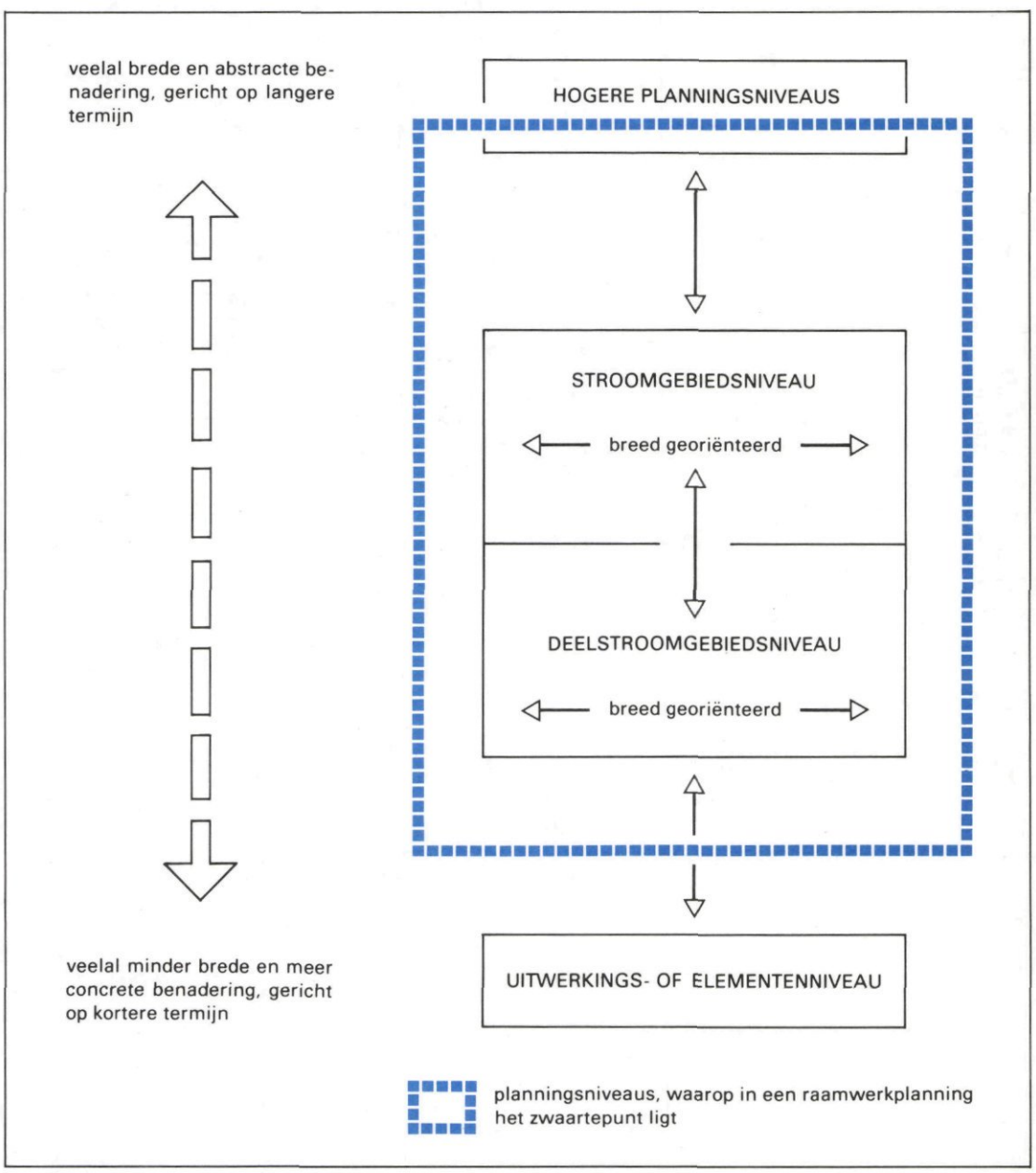
gegeven. Zo wordt informatie verzameld over bodem, waterhuishouding, ecologie, cultuurhistorie, ruimtelijke structuur en visueel ruimtelijke opbouw en de ordening van functies zoals landbouw, natuur, bosbouw, wonen, verkeer, recreatie en waterwinning (zie bijlage 14). Op basis van deze specifieke informatie kan er per landschapstype een eigen karakteristiek uitgewerkt worden. Binnen deze werkwijze is een uitgebreide, meer gebiedsgerichte benadering mogelijk of een verkorte, op de waterlopen gerichte benadering. Afhankelijk van de ontwikkelingen in een gebied moet bekeken worden welke werkwijze de voorkeur verdient.

Om de voorgestelde werkwijze goed te kunnen toepassen moet er veel aandacht besteed worden aan het beschikbaar komen van basisgegevens betreffende hydrologie en ecologie.

Toetsing methode

De toetsing van de in paragraaf 2.3 voorgestelde werkwijze voor het omgaan met water is uitgevoerd in het ruilverkavelingsgebied Brummen-Voorst (rapport 6f). De bestaande planvorming voor de ruilverkaveling is beschouwd in het licht van de *hiervoor aangegeven gezichtspunten.*

Alleen de belangrijkste conclusies uit deze toetsing zijn hier weergegeven. Allereerst is er van een samenhangende op integratie gerichte ideëen planvorming ten aanzien van water en landschap geen duidelijk spoor te vinden in het uiteindelijke landinrichtingsplan. Het stroomgebied is niet als samenhangend geheel beschouwd bij de planvorming. De beschikbare gegevens over het hydrologische systeem en de ecologie waren niet toereikend. Dit is er mede oorzaak van dat de blokgrens voor de verkaveling willekeurig gekozen is ten aanzien van de cultuurhistorische, geomorfologische, hydrologische en ecologische samenhang. Ook worden de betrokken functies ten aanzien van water en landschap pas in een zeer laat stadium van de planvorming betrokken. Verder heeft er te weinig afstemming plaatsgehad van de verschillende planningsniveau's op elkaar. De hier voorgestelde werkwijze voor het omgaan met water en landschap kan veel perspektief bieden voor die betere afstemming binnen de planvorming.



figuur 15: Raamwerkplanning voor het omgaan met water en landschap (schematische weergave).

3. Toepassing in de praktijk

Doel van de studie is vooral een bijdrage te leveren aan een zorgvuldige begeleiding van de ongewilde en geplande veranderingsprocessen, die zich ten aanzien van water in het hedendaagse landschap voltrekken. De in SWNBL-verband verzamelde informatie, de ontwikkelde beschrijvingsmethodieken en planningsinstrumenten alsmede de geformuleerde richtlijnen voor een geintegreerde planningsstrategie kunnen een belangrijke rol spelen in de praktijk van beleid en beheer.

3.1 BESCHRIJVINGSMETHODEN/INSTRUMENTEN

Globale landschappenkaart

De globale landschappenkaart heeft een belangrijke functie als uitgangspunt voor de rest van de studie en andere landschapsstudies op regionaal en nationaal niveau. Deze geeft indicaties voor de rol van water in het landschap en kan daarmee dienen als basis voor de gedetailleerde uitwerking van gebieden, waarbij specifieke regionale problemen en verschillen aan de orde komen. Voorts kan de kaart een goed instrument zijn bij het opstellen van beleidsadviezen ten behoeve van inrichtings- en beheersmaatregelen op nationale schaal. Ook voor dit gebruik is de uitwerking op regionale schaal een belangrijke aanvulling.

Aanpak op gebiedsniveau

Bij de proefgebiedsstudies is men uitgegaan van een checklist (bijlage 14) met onderwerpen waarover informatie betreffende water en landschap verzameld zou moeten worden. Met behulp van deze gegevens kan een landschapstypering en -beschrijving gemaakt worden zoals voor de Krimpenerwaard en een deel van de Achterhoek is gebeurd. De op deze wijze verkregen informatie levert basiskennis die onontbeerlijk is voor de landschapsplanning. Het verdient aanbeveling zoveel mogelijk op de aangegeven wijze informatie te verzamelen bij de voorbereiding en verkenning van regionale plannen betreffende ondermeer landinrichting en waterbeheer.

3.2 PLANNINGSINSTRUMENTEN

Landschapsmodellering

Met behulp van de verzamelde informatie kan door gebruik van ondermeer het computerprogramma TWINSPAN een model gemaakt worden van de structuur en samenhang van de verschillende landschapselementen. Op deze wijze kan men komen tot een zoneringsmodel bij een gesloten waterhuishouding en tot een deelstroomgebiedsmodel bij een gebied met een open waterhuishoudkundig systeem. Deze modellen kunnen dienen als basis voor het uitwerken van schetsontwerpen voor mogelijke oplossing van problemen die spelen in een gebied, rekening houdend met de aanwezige samenhang.

Belevingsonderzoek

Het belevingsonderzoek kan een duidelijke rol spelen bij de planvorming. In de verkennende fase kan het veel extra informatie opleveren over de ideeën van de bewoners en gebruikers, terwijl aan het eind een toetsing van de plannen plaats kan hebben door middel van een dergelijk onderzoek.

In het kader beheer- en inrichtingplanning moet vooral rekening gehouden worden met visuele aspecten van water zoals hiërarchie, beeld, gebruiksfunctie en beheer.

3.3 PLANNINGSSTRATEGIE VOOR OMGAAN MET WATER EN LANDSCHAP

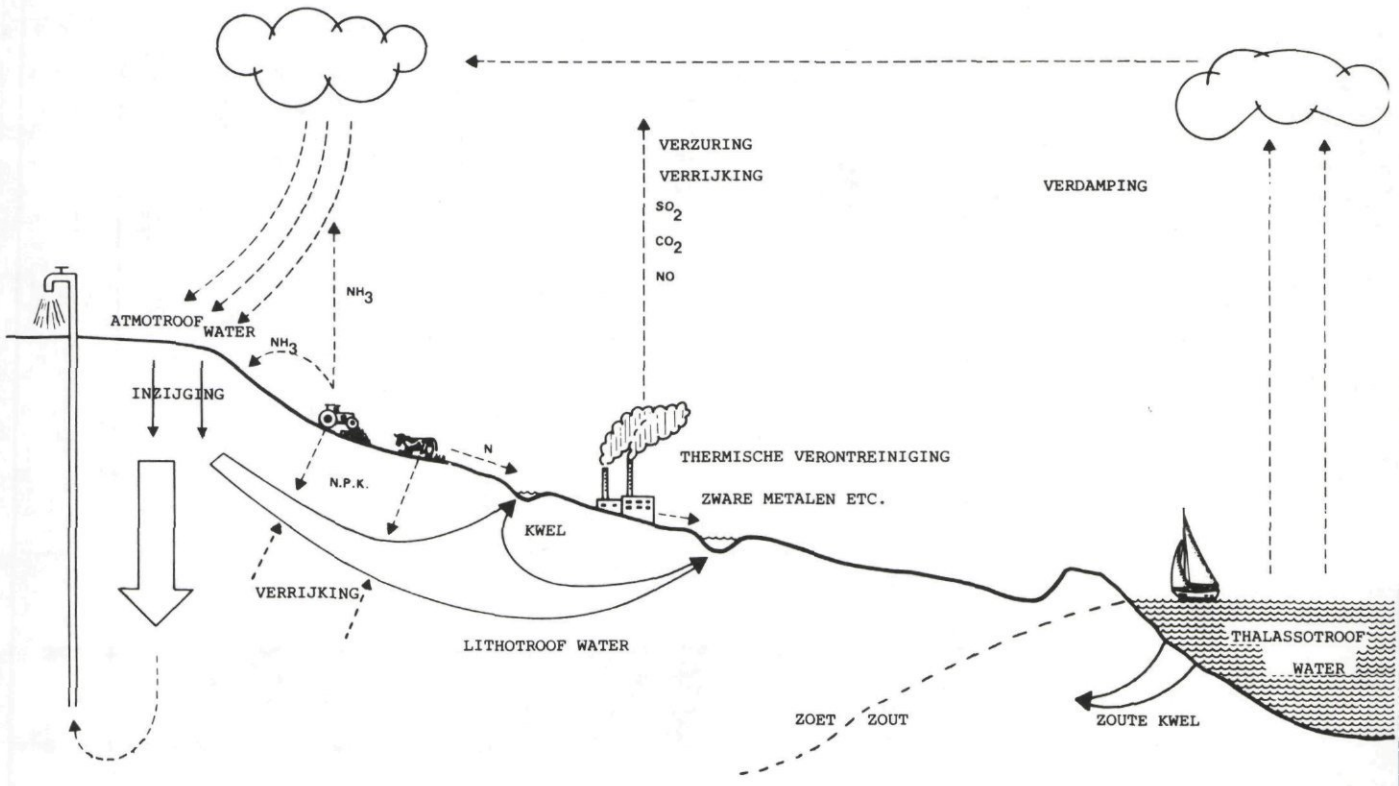
Omdat op dit moment de betrokken functies ten aanzien van water en landschap vaak in een zeer laat stadium pas betrokken worden bij de planning, vindt er te weinig afstemming plaats tussen de verschillende plannen en planningsniveau's. De voorgestelde werkwijze kan hier duidelijke veranderingen in aanbrengen. Door een betere afstemming van de verschillende gebruiksfuncties op elkaar, bezien in het perspectief van de ontstaansgeschiedenis en de structuur van het landschap (raamwerkplanning), kan behoud, herstel en ontwikkeling zo op een verantwoorde wijze gewaarborgd worden.

SAMENVATTING

Inleiding

Niet alleen voor mens en dier, maar ook voor planten is water van levensbelang. Water is een van de voornaamste bestanddelen waaruit organismen zijn opgebouwd. Bovendien hebben alle organismen water nodig om voedsel te kunnen opnemen en afvalstoffen te kunnen afscheiden. Elk organisme stelt weer zijn eigen, soortspecifieke eisen aan de hoeveelheid water die het nodig heeft en aan de kwaliteit ervan.

De mens heeft gedurende de laatste decennia zijn aanspraken op de hoeveelheid water sterk vergroot als gevolg van de technische en industriële maatschappelijke ontwikkelingen. Hij gebruikt water traditioneel als eerste levensbehoefte en daarnaast in steeds toenemende mate voor het onderhouden van een betere hygiëne, als grondstof, proceswater en lozingsmedium voor de industrie (fig.1). Daarnaast zijn ook de aanspraken die door de moderne landbouw op water en waterbeheersing gedaan worden sterk toegenomen (verlagen grondwaterstand, beregenen). Hierdoor is een duidelijke achteruitgang waar te nemen in de hoeveelheid beschikbaar water en de kwaliteit ervan. Het gevolg van al deze ontwikkelingen is dat we nu te maken hebben met verdroging van de bovenste bodemlagen en eutrofiëring van grond- en oppervlaktewater, maar ook bijvoorbeeld met zure regen. Tegelijkertijd kan men een sterke achteruitgang waarnemen in het aantal plante- en diersoorten, levensgemeenschappen en biotopen, met name in de natte en voedselarme delen van Nederland. Het op deze manier omgaan met water door de mens raakt duidelijk ook de bestaansvoorwaarden van plant en dier. Gezien de grote schaarste aan kwalitatief goed water en de tegenstrijdigheid van belangen is het van groot belang door afstemming van vraag en aanbod te komen tot een evenwichtig beleid ten aanzien van het waterbeheer.



figuur 1: Globale kringloop van water en de effecten van menselijk ingrijpen.

In het verleden is men bij de besluitvorming altijd uitgegaan van de belangen die het best in harde, economisch aansprekende termen vertaald konden worden. Dat betrof vooral de directe belangen en eisen van de mens. Voor de belangen van de natuur, planten en dieren ligt dit duidelijk anders. In de eerste plaats zijn deze niet gemakkelijk in geld uit te drukken en verder weten wij dikwijls nog te weinig van die eisen af om er goed over te kunnen oordelen. Naast deze grote achterstand in toepasbare kennis over natuur, bos en landschap spelen natuurlijk ook maatschappelijk-culturele aspecten als waardering en aanvaarding van natuur, bos en landschap een rol bij achterstelling van deze sectoren in het afwegings- en verdelingsproces.

Tegen deze achtergrond is het dan ook van groot belang om meer zicht te krijgen op de eisen die de natuur, het bos en het landschap stellen aan de waterhuishouding, de samenhang met bodem en standplaats en naar de effecten die ingrepen van de mens hierin kunnen veroorzaken.

Dan pas is het beleid in staat om het belang van natuur, bos en landschap in voldoende mate in te brengen bij besluitvorming over het uitvoeren van maatregelen die ook deze belangen raken. Tevens kan men dan vanuit natuur, bos en landschap programma's van eisen formuleren ten behoeve van een voor deze belangen optimale waterhuishouding.

SWNBL

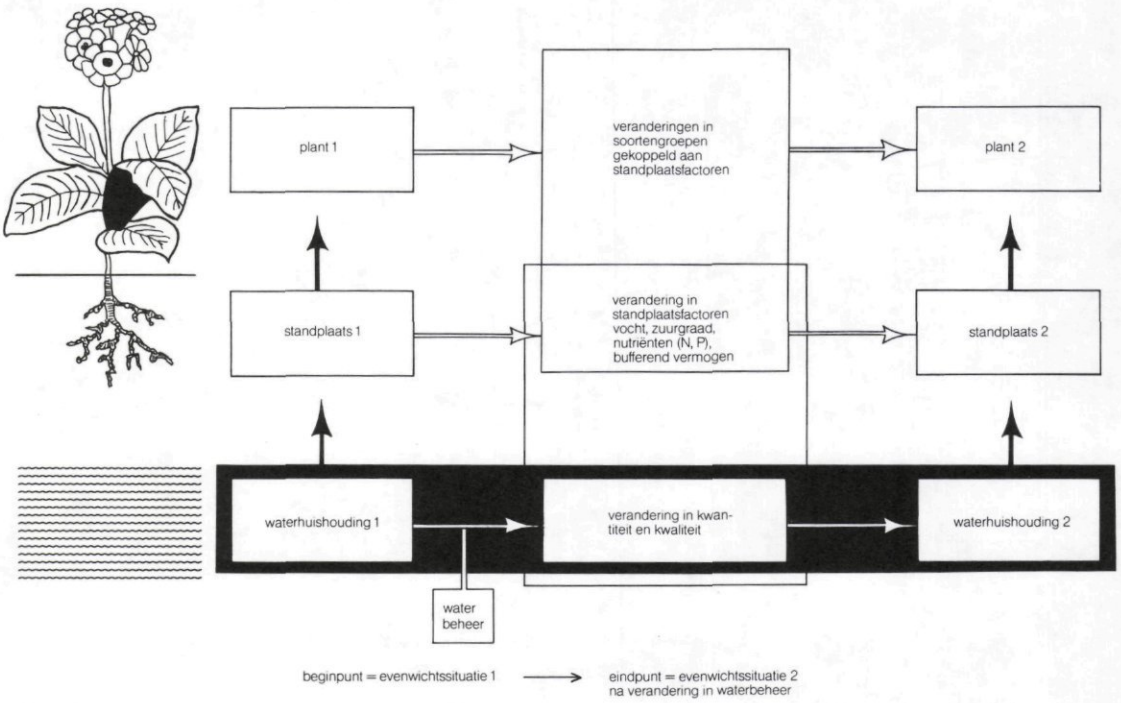
Om onderzoek naar de relaties tussen waterhuishouding en natuur, bos en landschap uit te voeren, is in 1982 de Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap ingesteld. Doel was om de op dat moment beschikbare kennis en inzichten op dit terrein te inventariseren en te toetsen op bruikbaarheid voor de praktijk van beleid, inrichting en beheer om de effecten van ingrepen in de waterhuishouding te kunnen voorspellen. Op basis van deze inventarisatie zou verder onderzoek plaats kunnen vinden om de aangetroffen leemten in kennis aan te vullen.

Om duidelijkheid te scheppen in het brede en complexe werkveld van de studiecommissie is dit opgedeeld in een drietal thema's: Natuur, Bos en Landschap. Ook is men uitgegaan van een opdeling in de tijd van drie fasen: een inventariserende fase, een onderzoeksfase en een implementatiefase. De beide eerste fasen zijn in 1987 afgesloten, wat de implementatie van de studie betreft wordt er nog doorgewerkt tot 1990. Op dat moment zullen de nu ontwikkelde prototypen van instrumenten in een voor de praktijk van beleid en beheer bruikbare vorm beschikbaar komen.

RESULTATEN STUDIE 1983 - 1987

* Thema Natuur

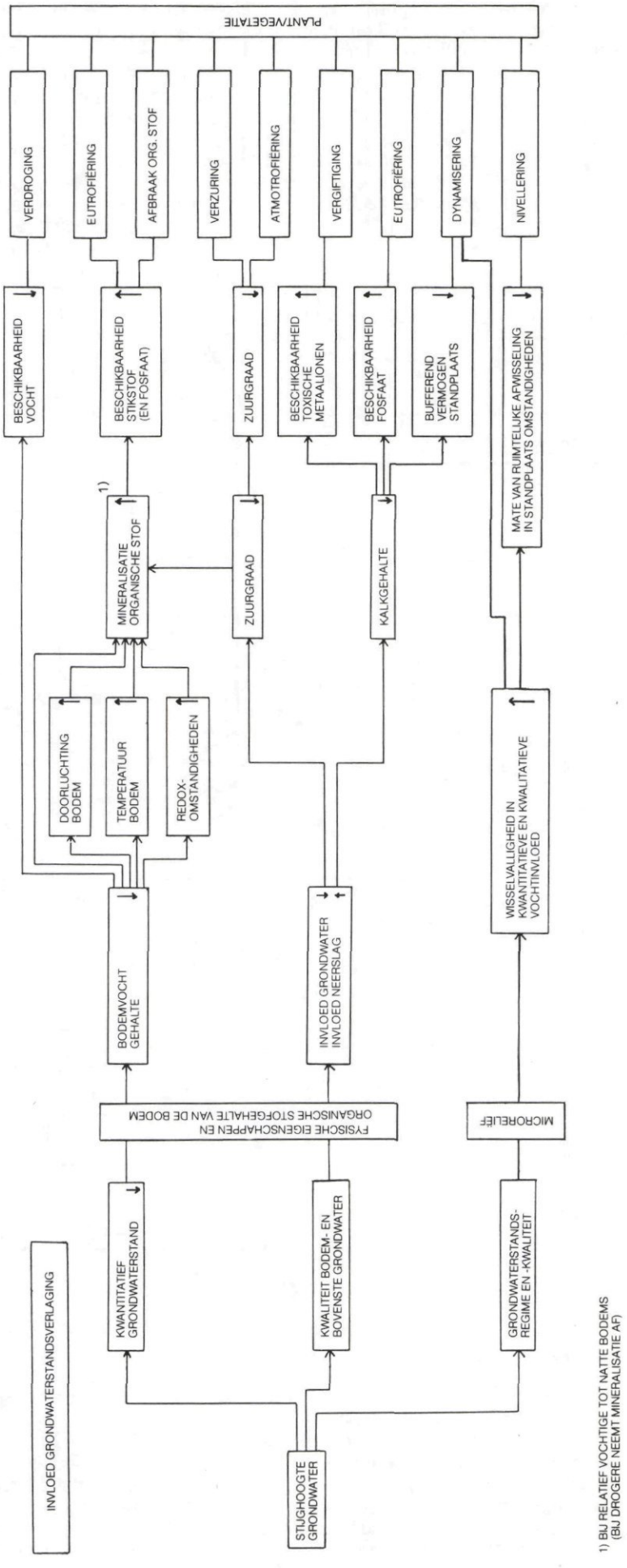
Op basis van de inventarisatie is een omschrijving van de relatie tussen waterhuishouding en natuur tot stand gekomen. In figuur 2 zijn de belangrijkste betrokken variabelen aangegeven, evenals de invloed van ingrepen in de waterhuishouding op deze variabelen.
Dit relatieschema heeft als basis gediend voor het ontwikkelen van beschrijvingsmethoden en modellen, die meer zicht moeten geven op de effecten van veranderingen in waterbeheer op de natuur, met name op de vegetatie. Op verschillende niveau's van detail is men hiermee bezig geweest en dat heeft geleid tot diverse typen instrumenten. Men is er hierbij vanuit gegaan dat het landschap een systeem is waarvan de structuur en karakteristieke eigenschappen bepaald worden door de processen die erbinnen spelen. Er zijn instrumenten ontwikkeld volgens twee ingangen:
- een globale indicatieve manier gebaseerd op waarnemingen en beschrijvingen, en
- een meer kwantitatieve benadering, die gebruik maakt van simulatiemodellen.



figuur 2: Invloed van verandering in waterbeheer op natuur.

Globale instrumenten

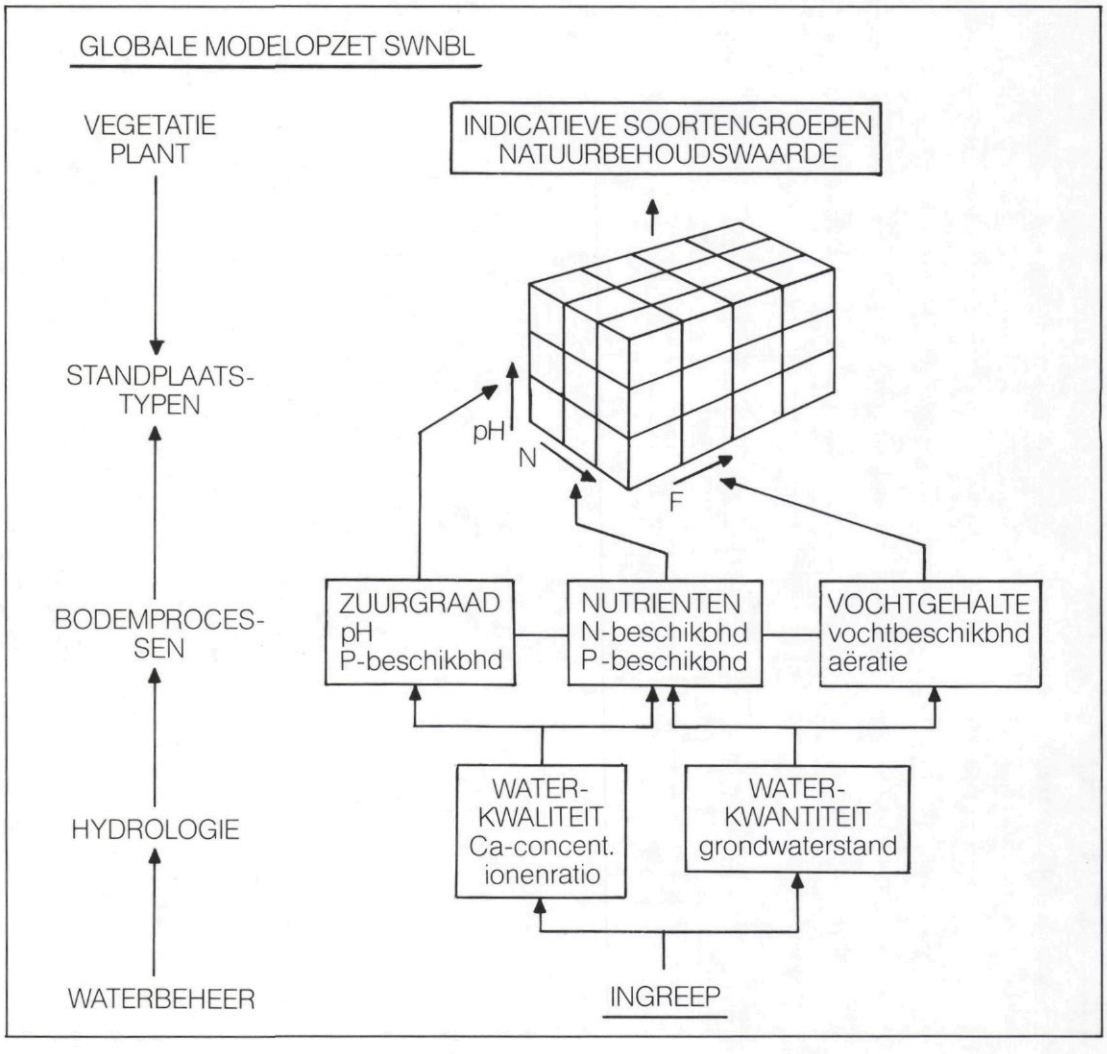
De globale benadering heeft geleid tot een aantal eenvoudige instrumenten om de relatie waterhuishouding - natuur te beschrijven en te doorgronden. In de eerste plaats zijn beschrijvingsmethoden ontwikkeld, die inzicht kunnen geven in de globale opbouw van gebieden wat betreft hydrologie, standplaatstypen en ecologische waarden en de relaties tussen deze beide (ecohydrologische terreinbeschrijving, hydrologische systeembeschrijving). Daarnaast zijn methoden aangegeven om gericht op de door de SWNBL behandelde problematiek vegetatie en indicatorsoorten te kunnen karteren.



figuur 3: De belangrijkste processen die beïnvloed worden door verandering in grondwaterstand.

Naast deze beschrijvingsmethoden zijn er op grond van waarnemingen en bestaande onderzoeken schema's samengesteld waarin de processen, die plaatsvinden in bodem, standplaats en hydrologie, met de belangrijkste variabelen zijn aangegeven (zie fig.3). Voor de meest toegepaste ingrepen in de waterhuishouding, grondwaterstandsdaling, - stijging en wateraanvoer, is aangegeven in welke richting de processen veranderen en welke gevolgen dat heeft voor die variabelen. Er is hier sprake van richtinggevende indicaties.
Om te komen tot globale relatieschema's waarin verschillende situaties voor en na ingreep met elkaar verbonden zijn, heeft men gebruik gemaakt van een schematisering van het systeem landschap. Hier zijn een drietal zones onderscheiden, die gekarakteriseerd worden door standaardprofieltypen met de daarbij behorende standplaatstypen en ecologische kenmerken. In combinatie met de eerder genoemde relatieschema's, zijn tabellen samengesteld, waarin de overgang van de ene situatie in de andere als gevolg van de ingrepen zijn weergegeven. De richting van veranderingen is hiermee te voorspellen.

Deze relatieschema's en standaardindeling van een landschap zijn direct in de praktijk van beleid en beheer toepasbaar als het gaat om de grote lijnen in de effecten van ingrepen te voorspellen. Zij geven indicaties voor die veranderingen en aanwijzingen voor aanpak en noodzaak van verdergaand onderzoek. Deze vuistregels kunnen met name worden toegepast als er te weinig tijd en geld beschikbaar is.



figuur 4: Globale modelopzet en modelsamenhang binnen de SWNBL.

Complexe modellen

Naast deze globale benadering zijn complexe modellen ontwikkeld, die de simulatie van de processen in het hydrologisch systeem en de standplaats mogelijk maken en daarmee kwantificering van de betrokken variabelen. Uitgaande van het regionale hydrologisch systeem wordt via het lokale hydrologisch systeem en de standplaats verband gelegd met de natuur (zie figuur 4).
Om het verband tussen standplaats en vegetatie te kunnen leggen is het natuurtechnisch model ontwikkeld. Dit model heeft als basis de ingreepeffectrelaties zoals de combinatie grondwaterstandsdaling, temperatuurverhoging en mineralisatie. In dit model staat de standplaats centraal, die gekwantificeerd wordt op basis van de ecologische indicatiewaarden (o.a. Ellenberg 1979) voor de belangrijkste standplaatsfactoren. Bij de zo geformuleerde standaardcombinaties van zijn kenmerkende soortencombinaties te vinden en een bijbehorende natuurbehoudswaarde.

Complexe modellen zijn ontwikkeld voor grondwaterafhankelijke standplaatsfactoren zoals de nutrientenhuishouding in de standplaats (ECONUM), de waterhuishouding en aëratie

(WATBAL/SWATRE, ANIMO) en de zuurgraad (TRAWOS/EPIDIM). Deze modellen zijn op hun beurt gekoppeld aan een aantal hydrologische modellen (SIMGRO/WATBAL, STRELIN, MIXING CELL/EPIDIM), die de processen binnen de regionale en lokale hydrologie simuleren evenals de kwalitatieve en kwantitatieve relaties onderling.

De toepassing van het complexe instrument is duidelijk gestoeld op de relatie tussen de regionale en lokale abiotische faktoren en daarmee op de externe beïnvloeding van de standplaats en tevens van de natuur. De hele reeks van gekoppelde modellen overziend, is het mogelijk om gekwantificeerd voorspellingen te doen over de effecten op de natuur van veranderingen in de regionale hydrologie en/of de standplaats. De uitvoer van de complexe procesmodellen voor de standplaats vormen weer de invoer voor het natuurtechnisch model.

In vergelijking met de vuistregels vragen de modellen als instrument voor gebruik veel tijd en deskundigheid, zowel op het gebied van informatica als veldkennis. Dit betekent dat toepassing alleen door middel van uitbesteding aan specialisten mogelijk is. Op dit moment zijn prototypen van modellen beschikbaar en is de koppeling tussen de diverse deelmodellen nog in voorbereiding. Het is essentieel dat binnen korte tijd deze modellen vereenvoudigd worden en meer gebruiksvriendelijk worden gemaakt, zodat de algemene toepasbaarheid wordt vergroot.

Conclusie

Door de SWNBL zijn instrumenten ontwikkeld om op verschillende detailniveau's, afhankelijk van de beschikbare financiën en tijd en van de behoefte aan kwantificering van gegevens, inzicht te geven in de relatie tussen waterbeheer en natuur. Daarmee worden voorspellingen mogelijk van effecten van veranderingen in die waterhuishouding. De globale instrumenten zijn op dit moment operationeel, voor de complexe modellen geldt dit in principe ook. Vereenvoudiging van de complexe kwantitatieve modellen tot gebruiksvriendelijke, praktisch toepasbare instrumenten is binnen het beschikbare tijdsbestek niet gerealiseerd, maar ligt met de nu voorhanden resultaten binnen handbereik.

De door de SWNBL ontwikkelde instrumenten kunnen o.a. worden toegepast bij het opstellen van waterbeheersplannen, terreinbeheersplannen, landinrichtingsplannen en provinciale waterbeheersplannen. Het resultaat is derhalve bedoeld voor instanties als drinkwaterleidingbedrijven, waterschappen, terreinbeherende instanties, landinrichtingsdienst en provinciale diensten.

---

* Thema Bos

Omdat bos als natuurlijk ecosysteem onder het thema Natuur valt, worden onder thema Bos alleen die aspecten behandeld die te maken hebben met de beïnvloeding van vitaliteit, groei en produktie van bos door water(beheer). Ook is gekeken naar het omgekeerde proces, dus in hoeverre beïnvloedt het bos het afvoergedrag van een gebied. Het gaat hierbij met name om de kwantitatieve beschikbaarheid van water. Met behulp van bestaande kennis en inzichten is getracht op de volgende vragen een antwoord te geven.

Welke processen zijn kwantitatief belangrijk in de waterbalans van bos? Hoe worden deze processen beïnvloed door wijzigingen in de grondwaterstand en/of bodemvochtigheid? Welke veranderingen in de waterhuishouding zijn toelaatbaar bij een goede groei en houtproduktie? En tenslotte: hoe beïnvloedt bos het afvoergedrag van de groeiplaats in vergelijking met andere begroeiingstypen?

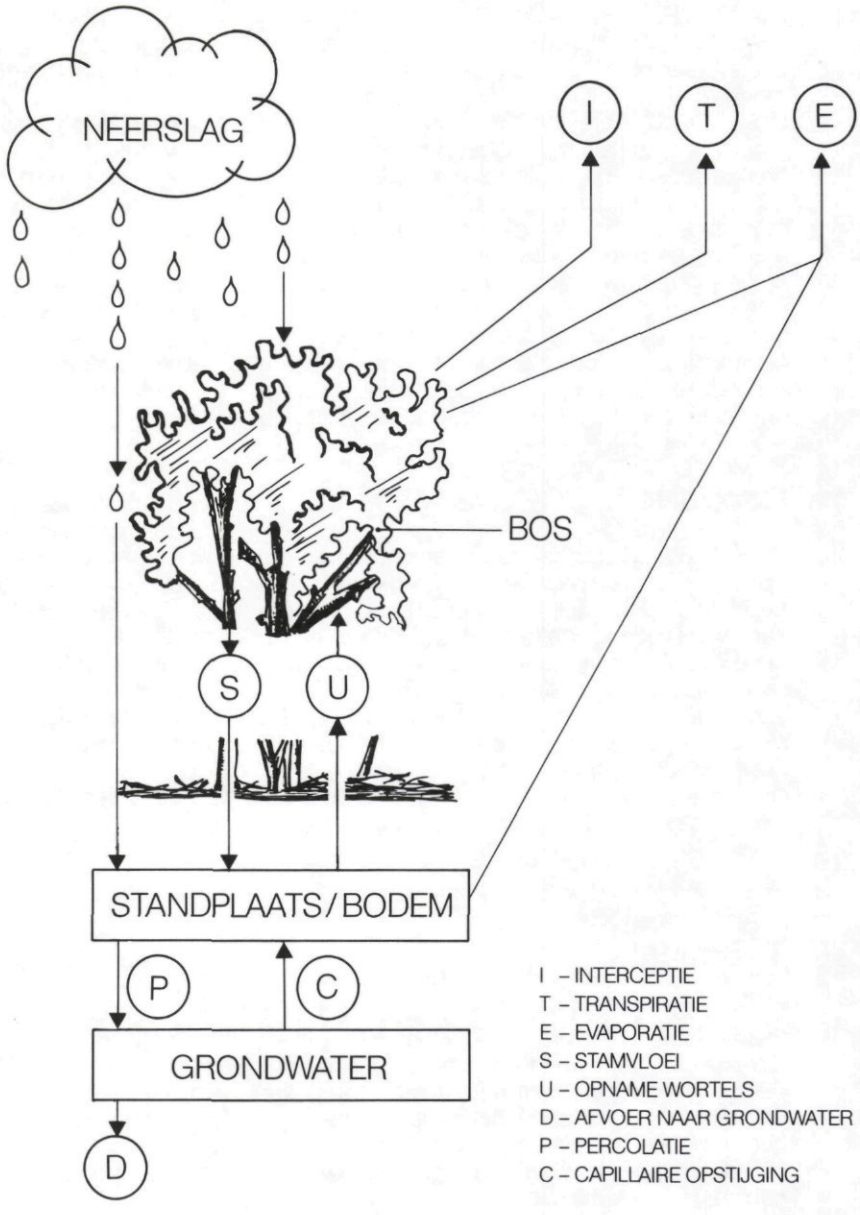
Bestaande kennis en inzichten

In een aantal literatuurstudies is weergegeven wat er bekend is over waterbalansen van bossen, de belangrijkste processen daarbinnen en hoe deze inwerken op het afvoergedrag van bos (fig.5). Uit de literatuur zijn berekeningswijzen en simulatiemodellen verzameld voor processen als interceptie en transpiratie. Deze modellen zijn voor de Nederlandse situatie getoetst in een deelproject van de SWNBL.
Ook is nagegaan wat er bekend is over de invloed van waterbeheersmaatregelen als grondwaterstandsverhoging of -verlaging op de groei en vitaliteit van bomen. Meer in detail is bestudeerd hoe de relatie is tussen de vochtbeschikbaarheid in de bodem en de groei van afzonderlijke, veel in de bosbouw gebruikte boomsoorten.

Duidelijk is dat water onontbeerlijk is voor de vitaliteit en groei van bomen. De stuurvariabele in dit beïnvloedingsproces is de grondwaterstand. Belangrijke factoren voor de opname van water uit de bodem zijn de fysisch-chemische eigenschappen van de bodem en de daardoor ontstane structuur en uitgebreidheid van het wortelstelsel van de boom. Dit heeft aanleiding gegeven tot een onderzoek naar de beworteling van de bodem door de Douglasspar. Dit onderzoek is op dit moment nog in stadium van afronding.

Modelberekeningen aan Nederlandse modelbossen

De hierboven genoemde modellen voor berekening van transpiratie en interceptie zijn voor een aantal "model"bossen voor vijf representatieve standplaatsen in Nederland getoetst. Het betrof gebieden waarvan standaard meteorologische gegevens bekend zijn. Uit dit onderzoek is tabel 1 gekomen die kan dienen als leidraad voor het inschatten van de variabelen transpiratie en interceptie in de formule voor de berekening van de waterbalans voor bos. Zo kan het afvoergedrag van bos bepaald worden en kunnen voorspellingen gedaan worden voor de invloed van bos op de afvoer in een gebied.



figuur 5: Waterbalans van bos.

Hierbij moet aangetekend worden dat deze tabel verdere toetsing en onderbouwing met behulp van meetresultaten vereist om deze verder te optimaliseren. Ook is het nodig te werken aan een goede transformatieformule voor het omzetten van meteogegevens boven bos, zoals die standaard worden verzameld boven grasland.

Relatie boomgroei - vochtbeschikbaarheid

Uit de literatuur is door omrekening en transformatie een bruikbare tabel (2) geformuleerd die voor een groot aantal boomsoorten de gemiddelde relatieve boniteit (groeiverwachting) geeft bij verschillende gradaties van vochtleverend vermogen van de bodem. Met behulp van deze tabel zijn schattingen te maken van de veranderingen in volumeboniteit na ingrepen in de waterhuishouding als gevolg van wijzigingen in vochtleverend vermogen van de bodem. Ook hier moet aangetekend worden dat deze tabel verdere onderbouwing behoeft.

Verdampingsmetingen

Steeds weer blijkt dat er te weinig meetgegevens beschikbaar zijn voor de transpiratie en interceptieverdamping van bossen. Daarnaast ontbreken meteogegevens gemeten boven bossen.

Om deze leemten op te vullen is er binnen SWNBL-kader een meetprogramma gestart. In een gemengd eikenbos bij Ede worden op dit moment in een meetmast de ontbrekende gegevens verzameld. Dit programma heeft een lange voorbereidingstijd gevergd en loopt sinds kort. Daarom zal het na de studieperiode van de SWNBL voortgezet worden. Men hoopt op deze wijze voldoende gegevens beschikbaar te krijgen om de bovengenoemde modellen voor interceptie en transpiratie te toetsen en te ijken, zodat door extrapolatie ook andere situaties snel en goed te simuleren zijn.

Locatie	De Kooy		De Bilt		Eelde		Vlissingen		Z. Limburg	
	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
den	30	26	26	27	30	25	33	27	28	26
fijnspar	51	35	49	42	52	38	52	40	49	44
douglas	52	28	46	24	53	30	55	32	49	33
eik	21	34	17	41	21	38	24	38	19	42
beuk	20	29	16	30	20	28	27	29	18	29
populier	26	29	20	34	26	28	33	32	23	33
berk	20	32	16	37	20	35	25	35	18	37
lariks	24	28	19	30	24	28	29	29	21	28

tabel 1:
Gemiddelde transpiratie (T) en interceptie (I) uitgedrukt als percentage van de bruto neerslag voor 1974-1978. De waarden voor interceptie hebben betrekking op simulaties met het Gash model; de transpiratie is uitgerekend voor een bos op zandgrond.

gradatie vochtl. verm.	g.d.	c.d.	dou.	j.l.	f.s.	z.e.	esp	w.e.	a.e
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	98	98	96	83	94	97	83	80
3	93	84	84	77	59	88	89	66	62
4	70	60	54	49	40	67	58	50	49
5	geen waarnemingen								

gradatie vochtl. verm.	beuk	hybr. z.p.	es	zw.e
1	100	100	100	100
2	85	90	87	100
3	64	74	54	37
4	38	21	14	0
5	geen waarnemingen			

g.d. = groveden
c.d. = corsicaanse den
dou = douglas
j.l. = japanse lariks
f.s. = fijnspar
z.e. = zomereik
w.e. = wintereik
a.e. = amerikaanse eik
z.p. = zwarte populier
zw.e. = zwarte els

tabel 2: Gemiddelde relatieve volumeboniteit van een aantal boomsoorten bij diverse gradaties van vochtleverend vermogen (100 = Imax, bij gradatie van vochtleverend vermogen van 1).

Toepassing

De genoemde tabellen en daarmee de invulling van de voor de waterbalans benodigde parameters, kunnen zorgen voor goed gefundeerde waterbalansberekeningen. Hiermee is het mogelijk na te gaan welke gevolgen vernatting of verdroging heeft op de groei en vitaliteit van bossen. Aan de hand hiervan kunnen schattingen gemaakt worden van schade en produktieverlies als gevolg van dergelijke ingrepen. Daarnaast kan men nagaan hoe bos het afvoergedrag van een gebied beïnvloedt in vergelijking met andere landgebruiksvormen (waterschapslasten).

Ook in het kader van de ontwikkelingen rond de omvorming van marginale landbouwgronden tot nieuwe bossen kan deze kennis veel toepassing vinden. Met name als we denken aan de invloed van bos op het afvoergedrag van een gebied. Welke aanpassingen van de waterhuishoudkundige inrichting zijn nodig? Welke regels moeten er gesteld worden ten aanzien van waterafvoer en onderhoud van watergangen?. En daarnaast welke grondwaterstand is optimaal voor een goede houtproduktie?

---

* Thema Landschap

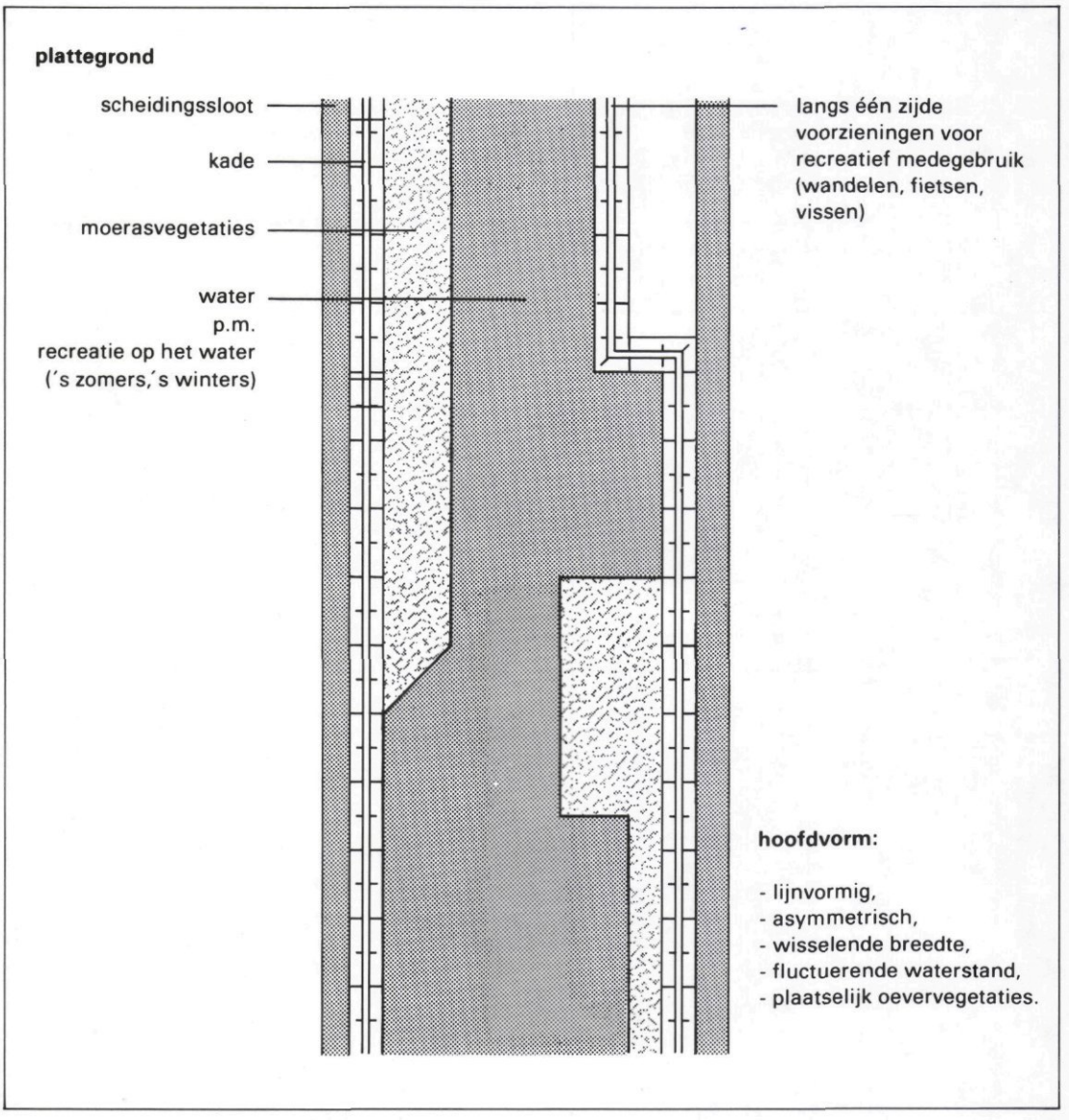
Water speelt een zeer belangrijke rol binnen een landschap door zijn functie als transportmedium en verbindingselement tussen de verschillende onderdelen van het landschap. Om een goede afweging van belangen te kunnen maken bij behoud, herstel, ontwikkeling en planning van landschappen is het belangrijk om inzicht te hebben in de rol van water bij het ontstaan van en de relaties

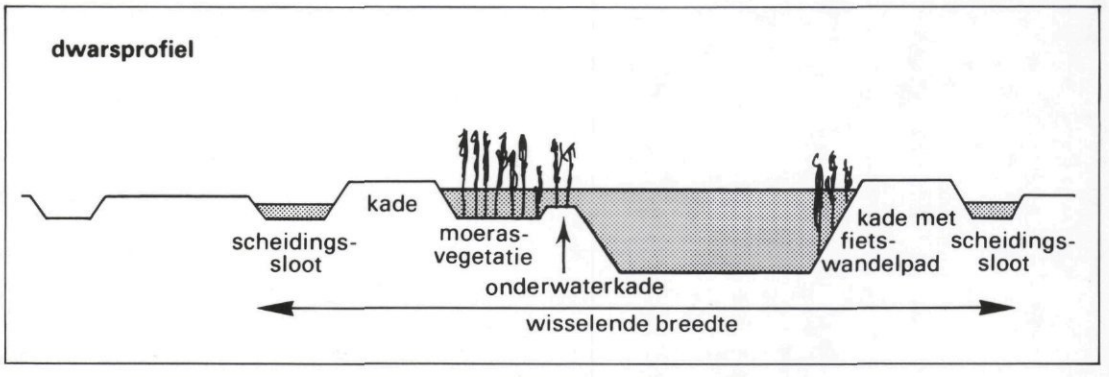
binnen zo'n landschap. In tegenstelling tot de beide andere thema's is de stand van kennis over dit thema nog vrij beperkt.

Naast het verzamelen van bestaande informatie heeft de SWNBL zich dan ook bezig gehouden met het zoeken naar een benaderingswijze voor het omgaan met water en landschap. Hierbij stond de integratie van de aanpak van problemen voor beide elementen centraal.

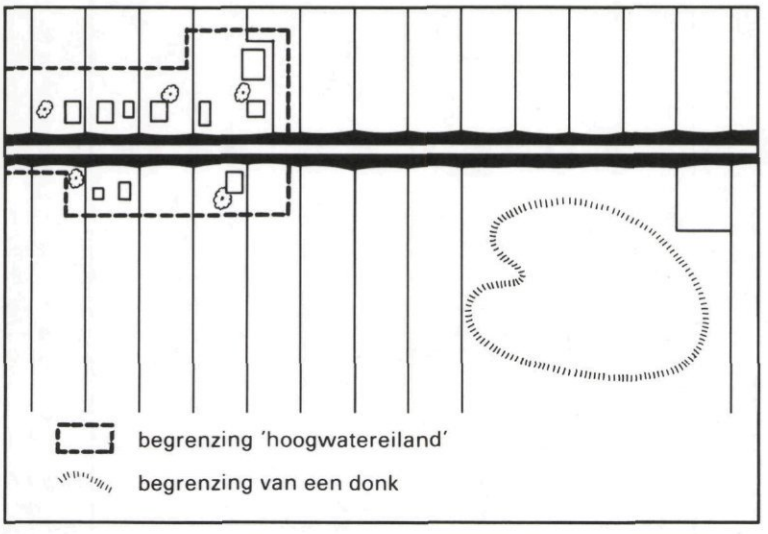
Globale landschappenkaart

Binnen het thema Landschap is een indeling ontworpen die gebaseerd is op de visuele aspecten van water, omdat in bestaande landschapsindelingen voor Nederland water meestal een impliciete rol speelt. Er zijn op basis van aan/afwezigheid van water, de vorm waarin dit voorkomt en of het zoet dan wel zout is een aantal hoofdlandschappen onderscheiden. Deze zijn weer onderverdeeld naar structuur, vorm en verschijningspatroon van het water.





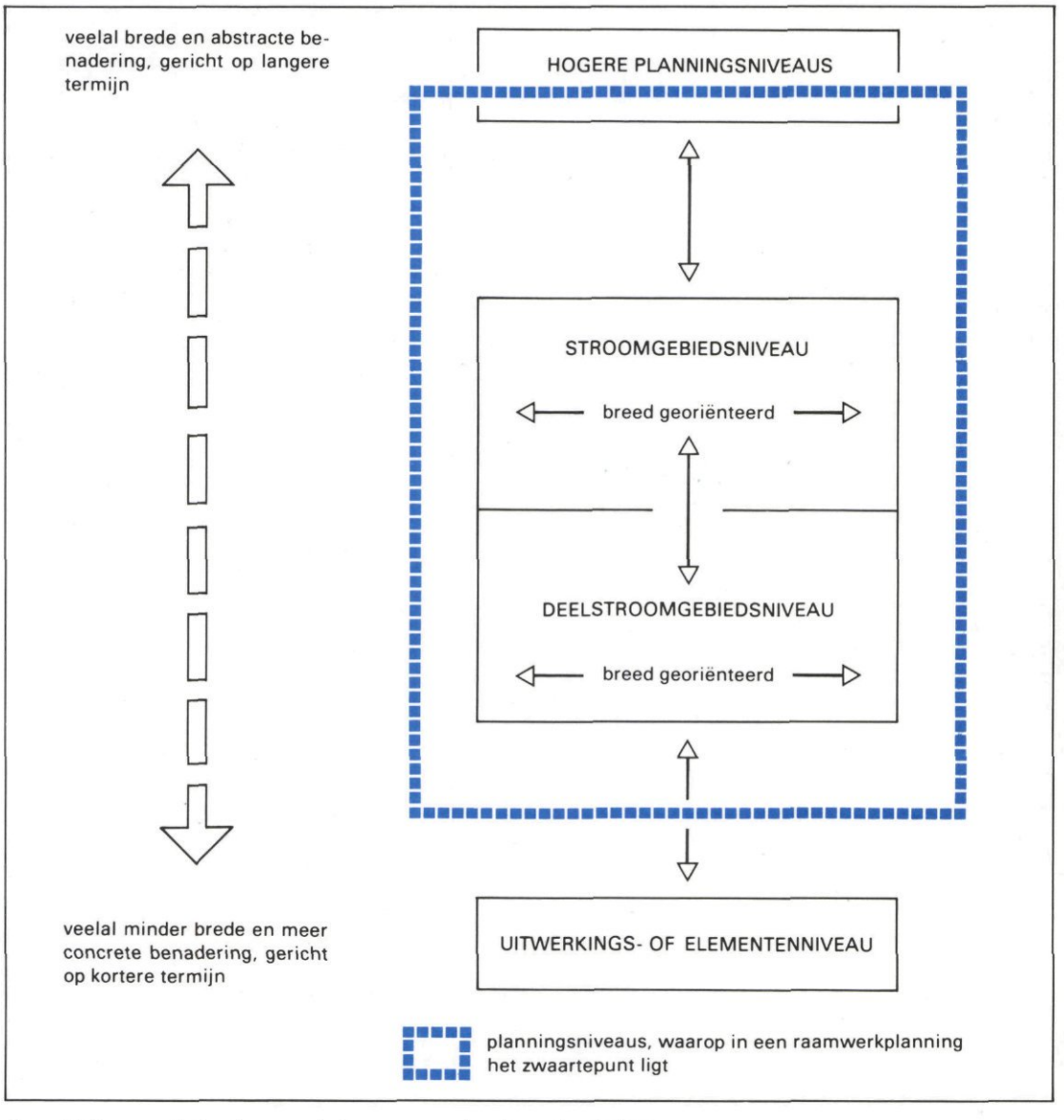
figuur 6: Voorbeelden van een schetsontwerp.



Voor enkele landschapstypen zijn in proefgebieden uitgebreide landschapsbeschrijvingen gemaakt om een gedetailleerde typering te krijgen van een aantal van de onderscheiden eenheden. Dit betreft de gebieden Krimpenerwaard, Baakse Beek-Veengoot en Brummen-Voorst. In deze beschrijvingen is aandacht besteed aan ontstaansgeschiedenis, geomorfologie, bodem en hydrologie. Daarnaast zijn ook de functies van water en het waterbeheer in het landschap aangegeven. Voor een aantal specifieke problemen ontstaan door ingrepen in de waterhuishouding is een alternatieve oplossing geschetst in de sfeer van de landschapsplanning. Deze schetsontwerpen zijn meestal gebaseerd op wat er in het oorspronkelijke landschap aanwezig is.

Belevingsonderzoek

In aansluiting op de gedetailleerde landschapstypering van de Krimpenerwaard is een belevingsonderzoek uitgevoerd. Doel van een dergelijk onderzoek is te weten te komen hoe bewoners en gebruikers een landschap waarnemen, waarderen en gebruiken. En hoe ze reageren op veranderingen in dat landschap. Dit alles toegespitst op de rol van water daarin. Men kan dit type onderzoek gebruiken voorafgaand aan de planvorming in inventariserende zin, of aan het einde, maar dan heeft het een meer toetsend karakter. Centraal in deze studie staat de rol, de beleving en het gebruik van water in het landschap en hoe beïnvloeden ingrepen in de waterhuishouding dit alles.



figuur 7: Raamwerkplanning voor het omgaan met water en landschap

Werkwijze voor omgaan met water en landschap

Op basis van de ervaring opgedaan met de proefgebiedstudies is een standaard methode ontwikkeld om landschappen te beschrijven tesamen met een voorstel voor een werkwijze voor het omgaan met waterbeheer en landschapsplanning (fig.7). Eerst vindt een algemene verkenning van het gebied en de problemen, die er spelen, plaats. Dit wordt gevolgd door een inventarisatie van de in ontwikkeling zijnde plannen. Vervolgens kunnen op basis van deze informatie ideëen ontwikkeld worden voor alternatieve oplossingen die in schets uitgewerkt kunnen worden. Bij dit proces staat de integratie van functies in het landschap centraal. Deze integratie krijgt gestalte door gebruik te maken van een raamwerkplanning, die als kader dient voor een benadering van het landschap als totaliteit. Hierbinnen kunnen oude en nieuwe functies een plaats vinden. Op dit moment worden de betrokken functies ten aanzien van water en landschap vaak in een zeer laat stadium pas betrokken bij de planning en vindt er te weinig afstemming plaats van verschillende planningsniveau's op elkaar. Deze richtlijnen kunnen hier duidelijke veranderingen in aanbrengen.

Toepassing

De globale landschappen kaart kan worden gebruikt als basis voor gedetailleerde landschapstyperingen en een te ontwikkelen standaardbenadering in de landschapsplanning met betrekking tot de factor water. Daarnaast is deze globale kaart van belang voor het samenstellen van beleidsadviezen op nationale schaal voor beheer en inrichting. De richtlijnen voor een gedetailleerde typering van landschappen kunnen dienen als checklist voor inventarisaties ten behoeve van de planvorming, in aansluiting op de richtlijnen voor het omgaan met water en landschap. Door een betere onderlinge afstemming van de verschillende gebruiksfuncties van water, is het mogelijk om een inrichting te realiseren waardoor het landschap aan kwaliteit zal winnen. Hierbij dient steeds rekening te worden gehouden met de ontstaansgeschiedenis van het landschap.

BIJLAGENOVERZICHT

1: Instellingsbeschikking
2: Samenstelling van de studiecommissie
3: Overzicht SWNBL-rapporten
4: Waterkwaliteit
5: Standplaatstyperingen
6: Relatieschema's/vuistregels
7: Modellen voor het verband plant - standplaats
8: Opzet ecohydrologische terreinbeschrijving
9: Opzet hydrologische systeembeschrijving
10: Natuurtechnisch model
11: Opzet landschapsbeschrijving
12: Verklarende woordenlijst
13: Literatuur

Bijlage 1

INSTELLINGSBESCHIKKING

Afdeling en nummer
NLB/RKB 50762

RIJSWIJK (ZH)
6 oktober 1982

DE MINISTER VAN CULTUUR, RECREATIE EN MAATSCHAPPELIJK WERK

Overwegende dat een studie wenselijk is naar de betekenis van de waterhuishouding voor natuur, bos en landschap;
Handelende in overeenstemming met de Ministers van Landbouw en Visserij en van Verkeer en Waterstaat;

B E S L U I T :

Artikel 1

Ingesteld wordt een Studiecommissie waterbeheer natuur, bos en landschap, verder te noemen de commissie.

Artikel 2

De commissie heeft tot taak een studie te verrichten naar de betekenis van water, van de waterhuishouding en van het waterbeheer voor natuur, bos en landschap alsmede aanbevelingen te doen voor inrichtings- en beheersmaatregelen op het gebied van natuur, bos en landschap in relatie tot de waterhuishouding en het waterbeheer.

Artikel 3

De commissie rapporteert aan de Ministers van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk, van Landbouw en Visserij en van Verkeer en Waterstaat.

Artikel 4

In de commissie hebben zitting:

Dr. C.F. van Beusekom — voorzitter
Directeur Natuurbehoud van het Staatsbosbeheer

Ir. A.W.H. van Weelderen — vice-voorzitter
Inspecteur Bosbouw van het Staatsbosbeheer

Ir. W.P.C. Zeeman — secretaris
Hoofd van de Afdeling Waterhuishouding
van het Staatsbosbeheer

Ir. J.C.A.M. Bervaes
Onderzoekscoördinator van het Staatsbosbeheer

Drs. B.H. van Leeuwen
Onderzoeksmedewerker van het Stafbureau
Natuurbehoud, Recreatie en Media

Ir. P.J. Kusse
Medewerker van de Afdeling Grondwaterbeheer van de
Landinrichtingsdienst

Dr. J.G. de Molenaar
Plaatsvervangend Hoofd van de Afdeling Adviezen en
Algemeen Onderzoek van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Ir. F.M. Post
Medewerker van het Bureau Beleidsvoorbereiding van de
Afdeling Waterhuishouding van de Hoofddirectie van de
Waterstaat

Jhr. Ir. J.A. Stoop
Medewerker van de Sector Ruimtelijk Kwaliteitsbeheer
van de Directie Natuur- en Landschapsbescherming

Ir. H. Ton
Adjunct-inspecteur Onderzoek van de Landinrichtingsdienst

Ir. G. Verbrugh
Medewerker van de Afdeling Voorbereiding Waterbeleid van
de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging van de
Rijkswaterstaat

Ir. G. Verwolf
Medewerker van de Onderafdeling Natuur en Landschap,
Openluchtrecreatie en Ontgrondingen van de Hoofddirectie
van de Waterstaat

Ir. G.A. Oosterbaan
Directeur van het Instituut voor Cultuurtechniek en
Waterhuishouding

Ir. C.P. van Goor
Waarnemend directeur van het Rijksinstituut voor Onderzoek
in de Bos- en Landschapsbouw

Dr. A.J. Wiggers
Algemeen Directeur van het Rijksinstituut voor
Natuurbeheer

Artikel 5

De secretaris wordt bijgestaan door ambtenaren van het Staatsbosbeheer, van de Landinrichtingsdienst en van de Rijkswaterstaat.

Artikel 6

De beschikking, waarvan mededeling zal worden gedaan in de Staatscourant, treedt in werking met ingang van 7 oktober 1982.

De Minister voornoemd,

H.A. de Boer

Bijlage 2

SAMENSTELLING VAN DE STUDIECOMMISSIE PER 31 DECEMBER 1987

Dr. C. F. van Beusekom	Staatsbosbeheer; voorzitter
Ir. J. van den Bos	Rijksinstituut voor Bos- en Landschapsbouw
Dr. G. R. Hekstra	Directoraat-generaal Milieuhygiëne, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Ir. J. Keuning	Rijkswaterstaat; opvolger van ir. F. M. Post
Dr. B. H. van Leeuwen	Directie Natuur, Milieu en Faunabeheer
Mevr. ir. J. M. Leemhuis-Stout	Unie van Waterschappen
Drs. A. Littel	Rijks Planologische Dienst
Ir. J. A. Los	Provinciale Waterstaatsdiensten / PWS Drente
Ir. H. R. M. Mentink	Landinrichtingsdienst; opvolger van ir. H. J. Jonkers
Dr. J. G. de Molenaar	Rijksinstituut voor Natuurbeheer; studiecoördinator
Ir. G. A. Oosterbaan	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Mevr. drs. R. Peters	Staatsbosbeheer; opvolgster van ir. J. C. O. M. Bervaes
Ir. H. Prak	Landinrichtingsdienst; secretariaatslid; opvolger van ir. P. Kusse
Dr. A. B. J. Sepers	Rijksinstituut voor Natuurbeheer; opvolger van dr. A. J. Wiggers
Dr. F. Sonneveld	Stichting Bodemkartering; opvolger van ir. R. P. H. P. van der Schans
Jhr. ir. J. A. Stoop	Directie Natuur, Milieu en Faunabeheer
Ir. G. Verbrugh	Rijkswaterstaat; secretariaatslid
Dr. J. G. Vermeer	Staatsbosbeheer; secretariaatslid
Ir. D. Vreugdenhil	Rijkswaterstaat; opvolger van ir. J. H. Woudstra, ir. G. Verwolf
Ir. A. W. H. van Weelderen	Staatsbosbeheer; plv. voorzitter
Ir. W. P. C. Zeeman	Staatsbosbeheer; secretaris

Bijlage 3

OVERZICHT SWNBL-RAPPORTEN

1 Bepaling van de belangrijkste standplaatsfactoren. G. van Wirdum, D. van Dam, 1984.

1a Een schema voor de ecohydrologische beschrijving van natuurgebieden. M.R. Dijkema e.a., 1985.

1b Ecohydrologische beschrijvingen en vergelijking van een tiental natuurterreinen. M.R. Dijkema e.a., 1985.

1c De invloed van ingrepen in de waterhuishouding op de verspreiding van moeras- en hooiplanten. A.P. Grootjans, 1985.

1d Het verband tussen standplaatsindicatie en natuurbehoudsindicatie van vaatplanten. N.J.M. Gremmen, 1986.

1e Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van effecten van veranderingen in waterregime op de waarde van een gebied vanuit natuurbehoudsstandpunt: theorie. N.J.M. Gremmen, 1987.

1f Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van effecten van veranderingen in waterregime op de waarde van een gebied vanuit natuurbehoudsstandpunt: operationalisatie. N.J.M. Gremmen, 1987.

1g Databestanden met indicatiegetallen van vaatplanten, aangemaakt in het kader van de SWNBL-studie. N.J.M. Gremmen & D. van Dam, 1987.

1h Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van effecten van veranderingen in waterregime op de waarde van een gebied vanuit natuurbehoudsoogpunt. III Toepassing in twee proefgebieden. N.J.M. Gremmen, 1988.

2 Bewerking van ecologische indicatiewaardenlijsten. G. van Wirdum, D. van Dam, 1984.

2a Responsie van slootplanten op standplaatsfactoren: uitwerking van een methode. C.W.N. Looman, 1985.

3 Fysiologische betekenis van enkele standplaatsfactoren. W. van Doorn, 1985.

4 Bepaling van de belangrijkste waterhuishoudkundige variabelen. Rijkswaterstaat e.a., 1984.

4a Geohydrologische variabelen in relatie tot geselecteerde standplaatsfactoren. Rijkswaterstaat e.a., 1985.

4c Calciummodellering in grondwater 1. Waterloopkundig Laboratorium, 1985.

4d Calciummodellering in grondwater 2. Waterloopkundig Laboratorium, 1985.

4e Calciummodellering in grondwater 3. Waterloopkundig Laboratorium, 1987.

4f Een leidraad voor de hydrologische systeembeschrijving van natuurgebieden. A.J. van Ganswijk, F.A.M. Claessen, G. Veenbaas, 1988.

4g Modelonderzoek naar de effecten van ingrepen in de waterhuishouding van het reservaat "de Reitma". J.M.J. Gieske, 1988.

5 Naar een methode van integratie, kartering en toepassing. J.J. den Besten, 1985.

6 Verkenning naar visueel-ruimtelijke kenmerken van water in het Nederlandse landschap. J.V. Wackerlin, 1984.

6a Globale landschapskaart van Nederland naar visuele kenmerken van water. J. de Jongh, K.R. de Poel, O. Vaessen, 1986.

6b Water en landschap in de Krimpenerwaard. J. de Jongh, K.R. de Poel, O. Vaessen, 1987.

6c De beleving van water in de Krimpenerwaard. J.F. Coeterier, M.A. van der Haar, A.M. Langezaal-van Swaay, 1986.

6g Samenvattend overzicht van SWNBL-project 6: Water en landschap. K.R. de Poel e.a., 1988.

7a Wasserhaushalt von Forsten und Wäldern und der Einfluss des Wassers auf Wachstum und Gesundheit von Forsten und Wäldern: eine Literaturstudie. W. Hiege, 1985.

7b Transpiratie en interceptie van bos: een literatuurstudie. J. van Roestel, 1984.

7d Bewortelingsonderzoek bij bomen: theorie en praktijk. A.J.M. Kienhuis, 1987.

7e Relaties tussen het vochtleverend vermogen van de grond, het waterverbruik en de groei van een aantal boomsoorten: een literatuurstudie. J. van den Burg, 1987.

7g Waterverbruik van Nederlandse bossen: een modellenstudie. S. Nonhebel, 1988.

8 Verkenning karteringsmogelijkheden. Stichting voor Bodemkartering, 1984.

8a Berekeningsmethoden vochtleverantie en aeratie: evaluatie en bruikbaarheid simulatiemodellen. J.J. den Besten, 1986.

8b Simulatie van vochtleverantie en aeratie in de natuurgebieden Veerstalblok en Tondensche Heide. R.W. de Waal, 1987.

8c ECONUM: een model voor de simulatie van de stikstof en fosfaathuishouding. J. Mankor & R.H. Kemmers, 1988.

9a Inventarisatie en evaluatie van methoden van vegetatiekarteren. H. de Vries, 1985.

9c Proefgebied Veerstalblok (Krimpenerwaard): de vegetatie. J.G. Vermeer, R.H. Rijntjes, 1986.

Voortgangsrapport. Overzicht resultaten fase 1, 1984.

Interimrapport. Overzicht resultaten verkennende fase (1 en 2), 1985.

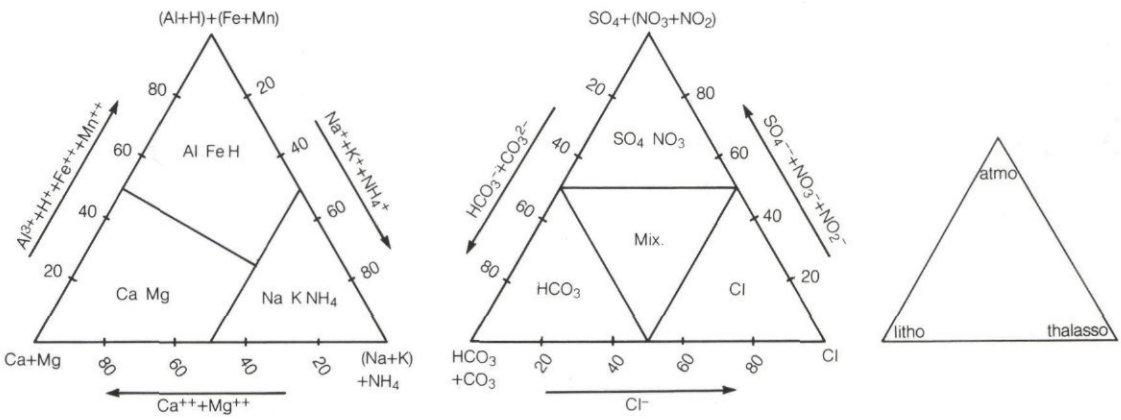
Bijlage 4

WATERKWALITEIT

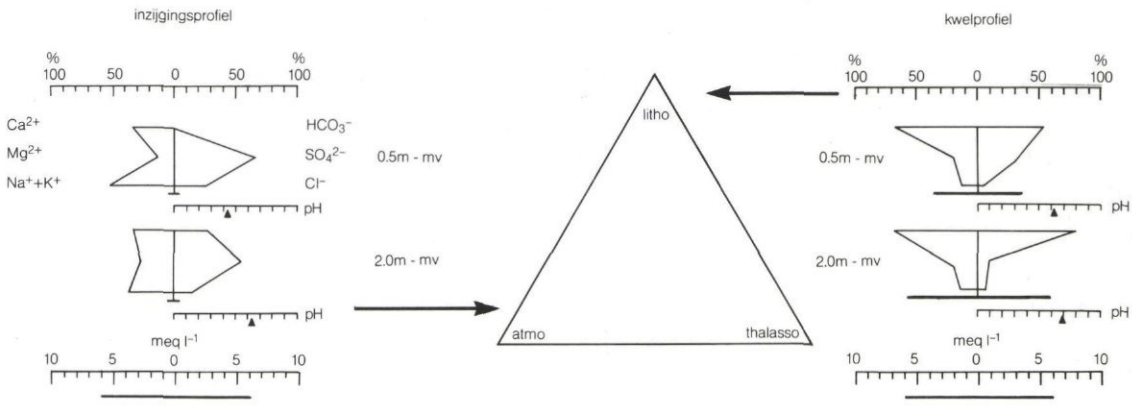
De formule voor de ionenratio (IR) is:

$$IR = \frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + Cl^{-}} \text{ in meq/l, of: } \frac{\frac{1}{2}(Ca^{2+})}{\frac{1}{2}(Ca^{2+}) + (Cl^{-})} \text{ in mol/l}$$

De indeling van Stuyfzand gaat, evenals die van Van Wirdum volgens het IR-EGV-diagram, uit van een driedeling maar detailleert verder op basis van het procentuele aandel van de hoofdbestanddelen. De hoofdindeling is als volgt (zie verder Stuyfzand 1986):



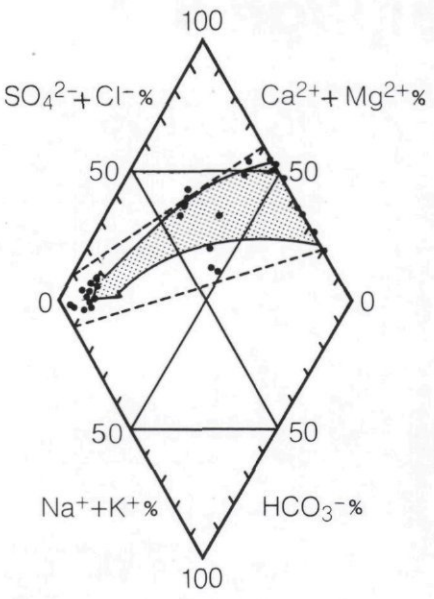
Een andere veel gebruikte mogelijkheid om de waterkwaliteit te typeren is in de vorm van Stiff-diagrammen. Hierin worden de aandelen van de belangrijkste positieve en negatieve ionen (Ca, Mg en Na+K, resp. Cl en SO_4) weergegeven in percentages van de totale kationen- en anionensom. Daarbij kunnen de totale kationen- en anionenconcentraties (in meq/l) en de zuurgraad worden aangegeven; zie het voorbeeld hieronder van enige veel voorkomende grondwatertypen (naar Kemmers 1982).



Ten slotte wordt de waterkwaliteit ook wel aangegeven in de vorm van zgn. Piperdiagrammen. Het voorbeeld hieronder betreft een hydrochemische typering van grondwater van de pleistocene zandgronden, waarin elk punt de weergave is van de percentages van de belangrijkste ionen, gevonden in een grondwatermonster; met

een stippellijn zijn de grenzen van de natuurlijke grondwatertypen aangegeven, en de pijl geeftde richting aan van de ontwikkeling van de ionensamenstelling die wenselijk is voor natuurbeheer (Kemmers & Jansen 1985).

Voor het omzetten van analysegegevens in een van deze uitdrukkingsvormen en van de ene in de andere, en voor de cotrole van de analyseresultaten, bestaan verschillende computerprogramma's (o.a. RIN, Landinrichtingsdienst)



Bijlage 5

STANDPLAATSTYPERINGEN

Wortelzone - standplaats

Het verband plant/vegetatie - grondwaterregime speelt zich af in de wortelzone. Omdat de bewortelingsintensiteit daarbij van betekenis is, wordt het begrip effectieve wortelzone gehanteerd. Dat is de bodemlaag waarin 80 á 90 % van de wortels voorkomt. Deze laag kan in de praktijk gelijk worden gesteld aan de standplaats.

Standplaatsindeling naar vocht

De standplaatsen kunnen naar de factor vocht volgens het Natuurtechnisch Model worden ingedeeld in drie categorieën: droog, vochtig en nat. Dat zegt verder niets over de achtergrond van die omstandigheden. Die vochtsituatie in de standplaats is afhankelijk van de neerslag en/of het ondiepe grondwater. Naar deze afhankelijkheid kunnen de drie categorieën in termen van hydrologische profieltypen worden gekarakteriseerd als: hangwaterprofielen, contactprofielen en grondwaterprofielen (noot: de effectieve wortelzone geldt hier voor vaatplanten, exclusief bomen, struiken).

Twee uitwerkingen

De nadere uitwerking kan twee sporen volgen. Het Natuurtechnisch Model gaat uit van de plantesoort en relevante indicatiewaarden, de globale standplaatstypering in het deel thema natuur, par. 2.4, gaat op een abstracter niveau uit van de waterhuishouding en de algemene ecologische aspecten daarvan. Hierbij moet worden bedacht dat iedere systematische indeling in standplaatstypen kunstmatig is en door de keuze van uitgangspunten en doel bepaalde voordelen naast bewuste beperkingen heeft.

Natuurtechnisch Model tegenover globale standplaatstyperingen

Het Natuurtechnisch model
- omvat alle denkbare situaties en maakt daarbij geen onderscheid tussen algemene en bijzondere, meer of minder relevante situaties; het kan door de systematiek geen onderscheid maken tussen in werkelijkheid meer of minder natuurlijke, veel of juist schaars voorkomende, en/of binnen hun definitie zeer variabele of juist weinig geschakeerde standplaatstypen;
- kan bij het onderscheiden van standplaatstypen geen rekening houden met verschillen in de breedte van de ecologische amplitudo's van de afzonderlijke soorten;
- brengt elke soort bij één standplaatstype onder, zonder onderlinge weging van de betekenis van de afzonderlijke standplaatsfactoren per soort in de werkelijkheid (denk b.v. aan meertoppige optimumkurven).

De globale standplaatstypering
- is gericht op een algemene beeldvorming van de gemiddelde omstandigheden in ons land, en veronachtzaamt daarbij meer bijzondere situaties (zowel natuurlijke als minder natuurlijke);
- legt, als basis voor een waardering, accent op grondwaterkwaliteit en bufferend vermogen, grondwaterstandsdynamiek, standplaatsvariatie onder invloed van de grondwaterinvloed en soortendiversiteit;
- beoogt een uitgangspunt te bieden voor een geschematiserde ruimtelijke voorstelling.

Tabel 1 geeft de standplaatstypen en hun waardering uit het Natuurtechnisch Model, geordend naar de factor vocht. Tabel 2 vat de hoogst gewaardeerde standplaatstypen nog eens samen (zie SWNBL-rapport 1e: fig.22).

Tabel 3 geeft de globale standplaatstyperingen volgens par. 2.4, thema natuur, iets verder uitgewerkt. Tabel 4 ten slotte geeft een nadere karakteristiek van de drie hydrologische profieltypen.

Hangwaterprofielen
- dikte effectieve wortelzone: doorgaans 0.5 - > 0.75 m (m.u.v. in het bijzonder voorjaarsannuellen);
- grondwaterstand: gedurende het gehele groeiseizoen te diep voor capillaire nalevering vanuit het grondwater naar de standplaats;
- gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG): dieper 1.5 m -mv (GT VII*);
- vochtregime in de standplaats: uitsluitend bepaald door klimatologische omstandigheden en vochtleverend vermogen van de bodem; is m.a.w. neerslagafhankelijk;
- kwaliteit bodemwater: atmoclien/regenwaterachtig;
- vochttekort: meer dan 100 mm/groeiseizoen in 10% droog jaar.

Contactprofielen
- dikte effectieve wortelzone: doorgaans 0.25 tot 0.5 m;
- grondwaterstand: aanvankelijk nog zo ondiep dat capillaire nalevering vanuit het freatisch water naar de standplaats mogelijk is, in de loop van het groeiseizoen zo diep dalend dat dit contact wordt verbroken;
- gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG): 0.5 tot 1.5 m -mv (GT III*-IV-V-VI);
- vochtregime in de standplaats: op jaarbasis aanvankelijk grondwaterafhankelijk, later neerslagafhankelijk als bij hangwaterprofiel;
- kwaliteit bodemwater: afhankelijk van grondwaterkwaliteit permanent atmoclien/regenwaterachtig of op jaarbasis aanvankelijk min of meer lithoclien/grondwaterachtig en later meer atmoclien;
- vochttekort: 25 - 100 mm/groeiseizoen in 10% droog jaar.

	standplaatstypering naar factor vocht		
A. waardering	droog	vochtig	nat
6	N-arm/basisch	N-matig/neutraal	
5	N-arm/neutraal		N-arm/neutraal
4	N-arm/zuur N-matig/neutraal N-matig/basisch	N-arm/zuur N-matig/zuur N-matig/basisch N-rijk/basisch	N-arm/zuur N-rijk/zuur
3		N-arm/neutraal N-rijk/neutraal	N-arm/neutraal N-arm/basisch
2	N-matig/zuur N-rijk/neutraal		N-matig/basisch
1	N-rijk/zuur N-rijk/neutraal	N-rijk/zuur N-arm/basisch	N-matig/zuur N-rijk/neutraal N-rijk/basisch
B. bufferend vermogen	droog	vochtig	nat
6		N-matig/neutraal	N-matig/zuur
5		N-arm/zuur	N-matig/neutraal N-arm/basisch
4		N-matig/zuur N-matig/basisch	N-arm/neutraal
3		N-arm/neutraal N-rijk/neutraal	N-matig/basisch
2	N-arm/neutraal N-arm/basisch		
1	N-arm/zuur N-matig/zuur N-matig/neutraal N-matig/basisch N-rijk/zuur N-rijk/neutraal N-rijk/basisch	N-arm/basisch N-rijk/zuur N-rijk/basisch	N-matig/zuur N-rijk/zuur N-rijk/neutraal N-rijk/basisch

Tabel 1: De standplaats het Natuurtechnisch Model, geordend naar vocht;
A: waardering, B: belang bufferend vermogen in de standplaats

Grondwaterprofielen
- dikte effectieve wortelzone: tot 0,3 m;
- grondwaterstand: blijvend zo ondiep dat het vochtregime in de standplaats gedurende het gehele groeiseizoen wordt bepaald door (capillaire nalevering vanuit) het freatische grondwater, is m.a.w. grondwaterafhankelijk;
- gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG): van 0 tot 0.5 m -mv (GT I-II-III);
- vochtregime in de standplaats: gedurende gehele jaar grondwaterafhankelijk;
- kwaliteit bodemwater: varieert met de kwaliteit van het freatische water van atmotroof tot lithotroof;
- vochttekort: minder dan 25 mm/groeiseizoen in 10% droog jaar.

Noot: voor omzetting van GT's in tijdsduurklassen en de berekening van de GVG uit de GHG, zie Van der Sluijs (1982) en Algemene begrippen en indelingen bij de Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50.000 (Stiboka, 1983)

DROOG	1. stikstofarm (tot matig stikstofrijk) + basisch tot neutraal
	2. stikstofarm + zuur
VOCHTIG	1. matig stikstofrijk + neutraal
	2. stikstof variabel + basisch
NAT	1. stikstof variabel + neutraal tot zuur
	2. stikstofarm + neutraal tot basisch

Tabel 2: Samenvatting hoogst gewaardeerde standplaatsfactorencombinaties

hydrol.profieltype standplaats NTM (1)	hangwaterprofiel droog		contactprofiel vochtig	grondwaterprofiel nat
grondwateronafhankelijke plantesoorten	++++++++++++++++		+ + + + + + +	
grondwaterafhankelijke plantesoorten			+ + + + + + +	++++++++++++++++
invloed grondwater	-		+/-	+
id. neerslagregime	+		-/+	-
grondwatertrappen	VII^{+}	VII	VI-V-IV-III^{+}	III-II-I
toenemende invloed	VII^{+}	VII	VI-V-IV-III^{+}	III-II-I
GT-varianten (2)	VIId		VIIn-VId-VIn-Vd-IVd-IVn-IIId-IId	Vn-IIIn-IIn-Id-In
toenemende invloed	VIId		VIIn-IVd-VId-Vd IIId/VIn-IId-IVn	Vn-IIIn-Id-IIn-In
afnemende fluctuatie (GT: GVG min GLG)	VII^{+}	VII	V-VI-III^{+}-IV	III/II/I
afnemende fluctuatie (GT-varianten idem)	VIId		VIn-Vd-VIIn-IIId-VId-IVd-IId-IVn	Vn-IIIn-IIn-In-Id
grondwaterkwaliteit	(regen-water-achtig)	regen-water-achtig	wisselend/gemengd	regen-water-achtig	grond-water-achtig
bufferend vermogen	(-)	-	+	-	++
grondw.st.dynamiek	(groot)	variabel	variabel	gering	gering
standplaatsvariatie o.i.v. grondwaterinvl.	(-)	-	+	+	++
soortendiversiteit	+	+	++	+++	+++
natuurbehoudswaarde	+	+	+-++	+++	+++

noten: (1) NTM = Natuurtechnisch Model
(2) voor grondwatertrappenvarianten, zie: Van der Sluijs (1982); n = natste variant, d = droogste variant

Tabel 3: Karakteristiek grondwaterafhankelijkheid

Natuurtechnisch Model naast globale standplaatstyperingen

Door de verschillende benaderingswijzen kunnen het Natuurtechnisch Model en de globale standplaatstyperingen met elkaar in tegenspraak lijken. De in het Natuurtechnisch Model onderscheiden stikstofrijke standplaatsen b.v. betreffen van nature beperkt voorkomende storingssituaties met een hoge dynamiek die samengaat met een geringe differentiatie en soortenrijkdom (vloedmerken, veekzones, e.d.), en scoren laag. Deze spelen daardoor in de globale standplaatstypering een ondergeschikte rol, evenals andere van nature minder gangbare en kleinere oppervlakten betreffende combinaties. Het uitgaan van een gemiddelde situatie in die globale standplaatstypering maakt ook dat bijzondere, in het Natuurtechnisch Model hoog scorende standplaatstypen zoals droog/N-arm/basisch tot neutraal (kalkgraslanden e.d.) geen rol spelen. De tegenspraak tussen beide benaderingen is dus betrekkelijk. Het is eerder zo dat ze elkaar aanvullen.

De standplaatscategorieën in het kort

De groep droge standplaatsen is het meest homogeen m.b.t. de factor vocht en daarmee samenhangende omstandigheden. De hoogste waarderingen in het Natuurtechnisch Model hebben betreking op geografisch beperkte, bijzondere bodemomstandigheden (kalkgraslanden b.v.) die de globale standplaatstypering verontachtzaamt.

De vochtige groep is heterogeen t.a.v. de factor vocht en daarmee samenhangende omstandigheden. De invloed van het grondwater loopt uiteen afhankelijk van relatieve duur, kwaliteit en dynamiek in de grondwaterstandsfluctuaties. Op basis van de benadering volgens de globale standplaatstypering ligt het in de rede de hoger gewaardeerde standplaatsen te zoeken bij omstandigheden met hogere en minder fluctuerende grondwaterstanden (ongeveer vanaf de natste variant van GT IV), met de kwaliteit grondwaterachtig.

De natte groep is ook heterogeen t.a.v. de factor vocht, enz. De invloed van het grondwater variëert afhankelijk van de kwaliteit, het optreden en de duur van eventuele inundatie in het groeiseizoen en de dynamiek in de grondwaterstandsfluctuaties. De benadering van de globale standplaatstypering geeft aan dat de hoger gewaardeerde situaties i.h.a. gezocht moeten worden bij GT I, droogste variant, GT II, en GT III en IV, natste varianten, met de kwaliteit grondwaterachtig; daarnaast ook in ombrotrofe situaties.

HANGWATERPROFIELEN
- dikte effectieve wortelzone: doorgaans 0.5 - 0.75 m (m.u.v. in het bijzonder voorjaarsannuellen);
- grondwaterstand: gedurende het gehele groeiseizoen te diep voor capillaire nalevering vanuit het grondwater naar de standplaats;
- gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand: dieper dan 1.5 m -mv (GT VII$^+$);
- vochtregime standplaats: uitsluitend bepaald door klimatologische omstandigheden en vochtleverend vermogen van de bodem (neerslagafhankelijk;
- kwaliteit bodemwater: atmoclien/regenwaterachtig;
- vochttekort: meer dan 100 mm/groeiseizoen in 10 % droog jaar.

CONTACTPROFIELEN
- dikte effectieve wortelzone: doorgaans 0.25 tot 0.5 m;
- grondwaterstand: aanvankelijk nog zo ondiep dat capillaire nalevering vanuit het freatisch water naar de standplaats mogelijk is, in de loop van het groeiseizoen zo diep dalend dat dit contact wordt verbroken;
- gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand: 0.5 tot 1.5 m -mv (GT III$^+$-VI);
- vochtregime standplaats: in loop jaar aanvankelijk grondwaterafhankelijk, later neerslagafhankelijk als bij hangwaterprofiel;
- kwaliteit bodemwater: afhankelijk van grondwaterkwaliteit permanent atmoclien/regenwaterachtig, of op jaarbasis aanvankelijk min of meer lithoclien/grondwaterachtig en later meer atmoclien;
- vochttekort: 25 - 100 mm/groeiseizoen in 10 % droog jaar.

GRONDWATERPROFIELEN
- dikte effectieve wortelzone: ca. 3 dm of minder;
- grondwaterstand: blijvend zo ondiep dat het vochtregime in de standplaats gedurende het gehele groeiseizoen wordt bepaald door (capillaire nalevering vanuit) het freatisch water (grondwaterafhankelijk);
- gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand: van 0 tot 0.5 m -mv (GT I-III);
- vochtregime standplaats: gehele jaar grondwaterafhankelijk;
- kwaliteit bodemwater: variëert met de kwaliteit van het freatisch water van atmotroof tot lithotroof (veelal min of meer lithotroof);
- vochttekort: minder dan 25 mm/groeiseizoen in 10 % droog jaar.

Noot: voor omzetting van GT's in tijdsduurklassen en de berekening van de GVG uit de GHG, zie: Van der Sluijs (1982)

Tabel 4: Hydrologische profieltypen

Toepassingsmogelijkheden van beide benaderingen

Wat de effecten van waterbeheer betreft, kunnen tabel 1 en 3 worden gelezen als overgangsschema's, met de vuistregels in de relatieschema's (bijlage 6) als aanvulling daarop. Grondwaterstandsdaling heeft in de droge categorie als regel geen uitgesproken invloed. De vochtige en natte standplaatsen kunnen door grondwaterstandsdaling veranderen in de richting van droge standplaatsen, waarbij de grondwaterinvloed geleidelijk wegvalt. Die verandering is afhankelijk van de oorspronkelijke grondwaterkwaliteit en de fysisch-chemische eigenschappen van de bodem. Grondwaterstandsstijging en wateraanvoer kunnen in de droge, vochtige en natte standplaatsen leiden tot toenemende invloed van het grondwater, en daarmee gepaard gaande veranderingen in de standplaats en de vegetatie in de richting van vochtiger tot zeer natte omstandigheden. De beoordeling van die invloed is afhankelijk van de uitgangssituatie en de kwaliteit van dat water. Verdere verandering tot open water valt buiten het bestek van deze studie.

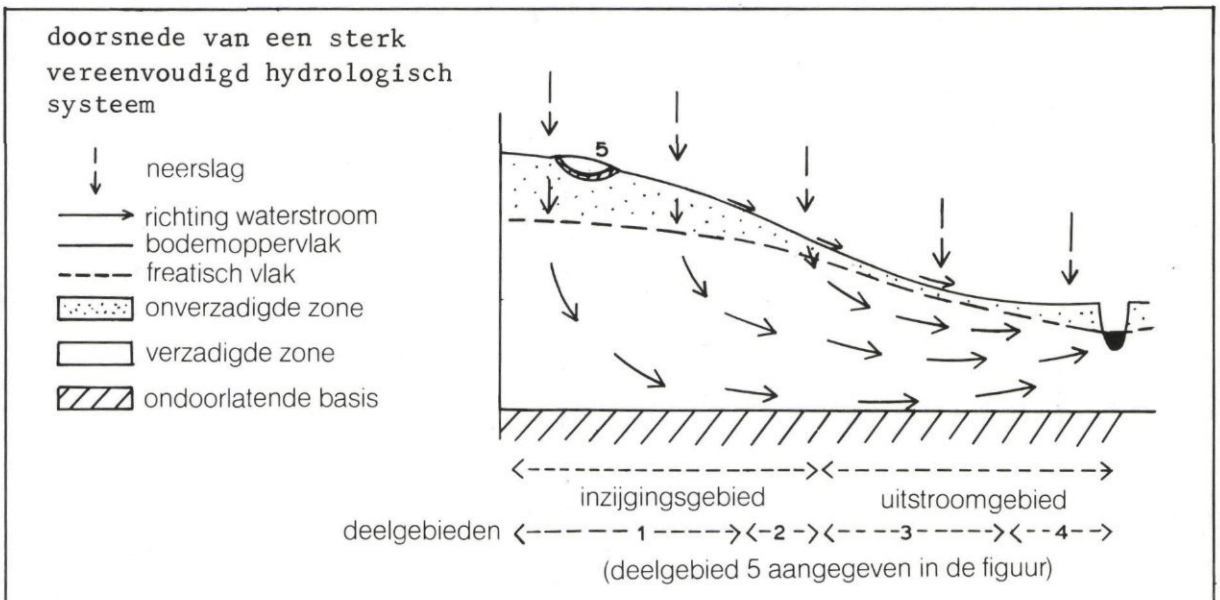
Toepassingsmogelijkheden in ruimtelijk verband

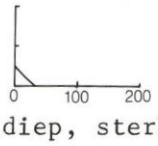
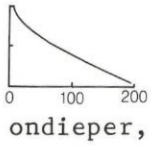
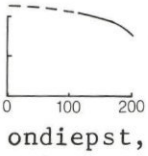
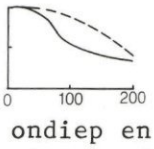
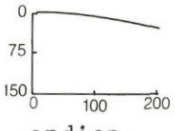
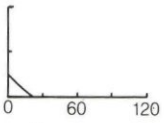
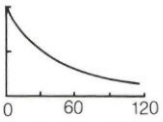
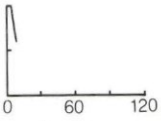
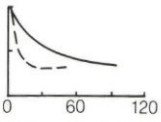
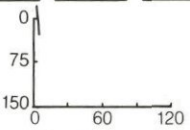
Figuur 1 geeft verdere uitwerking aan hoe men zich de positie van de globale standplaatstypen in het landschap kan voorstellen, om op die schaal wat meer inzicht in patronen en samenhang te geven. Daarmee wordt beoogd meer context te bieden voor het hanteren van de vuistregelschema's.

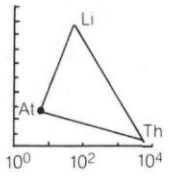
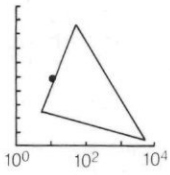
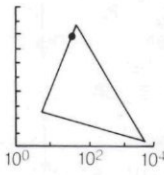
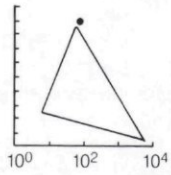
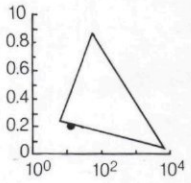
Het laat zich zo b.v. aflezen dat het effect van waterstandsdaling op de beschikbaarheid van nutriënten niet overal hetzelfde zal zijn. Dat effect is, via de invloed op mineralisatieprocessen, met name afhankelijk van het organische stofgehalte en de vochtigheid van de uitgangssituatie. Het is in deelgebied 1 en in het aangrenzende stuk van deelgebied 2, nihil tot wat remmend. In het onderste, vochtiger stuk van deelgebied 2 begint het zich geleidelijk duidelijker te manifesteren door stijging van de beschikbaarheid van nutriënten. Dat effect is vervolgens in de deelgebieden 3 en 5 het grootst, en in deelgebied 4 weer beperkter en variabel. Zo

laten ook andere effecten van waterstandsdaling, die van waterstandsstijging en van aanvoer van verschillende typen oppervlaktewater zich naar ruimtelijke differentiatie wat makkelijker globaal verkennen en voorstellen.

Figuur 1: Globale standplaatstypering in de ruimtelijke context van een zeer sterk vereenvoudigd hydrologisch systeem (aangepast naar De Molenaar 1980, 1987)



deelgebied	1	2	3	4	5
gebiedstype	inzijgings-gebied	inzijgings-gebied (onderaan)	uitstroom-gebied	uitstroom-gebied met periodieke	geïsoleerd stagnatie-gebied (bv hoogveen)
typering NTM	droog	vochtig	nat	vochtig/nat	nat
typering bodemsamen-stelling	mineraal materiaal	min of meer mineraal-organisch (humeus)	rijk aan organisch materiaal (venig)	gelaagd, mineraal/ organisch	rijk aan organisch materiaal (veen)
typering duurlijnen-verloop [1]					
grondwater-stand	diep, sterk wisselend	ondieper, minder wisselend	ondiepst, minst wisselend	ondiep en wisselend	ondiep, minst wisselend
hydrolog. prof.type	hangwater-profiel	contact-profiel	grondwater-profiel	grondw./ contact-profiel	grondwater-profiel
GT's	VII	IV-V-VI	I-II-III	(I-)IV-V-VI	I-II
typering bodemvocht-condities [2]					
beschikbaar-heid vocht	laag	intermediair	hoog	+/- interm.	hoog
capillaire nalevering	geen	wisselend	constant	wisselend	constant

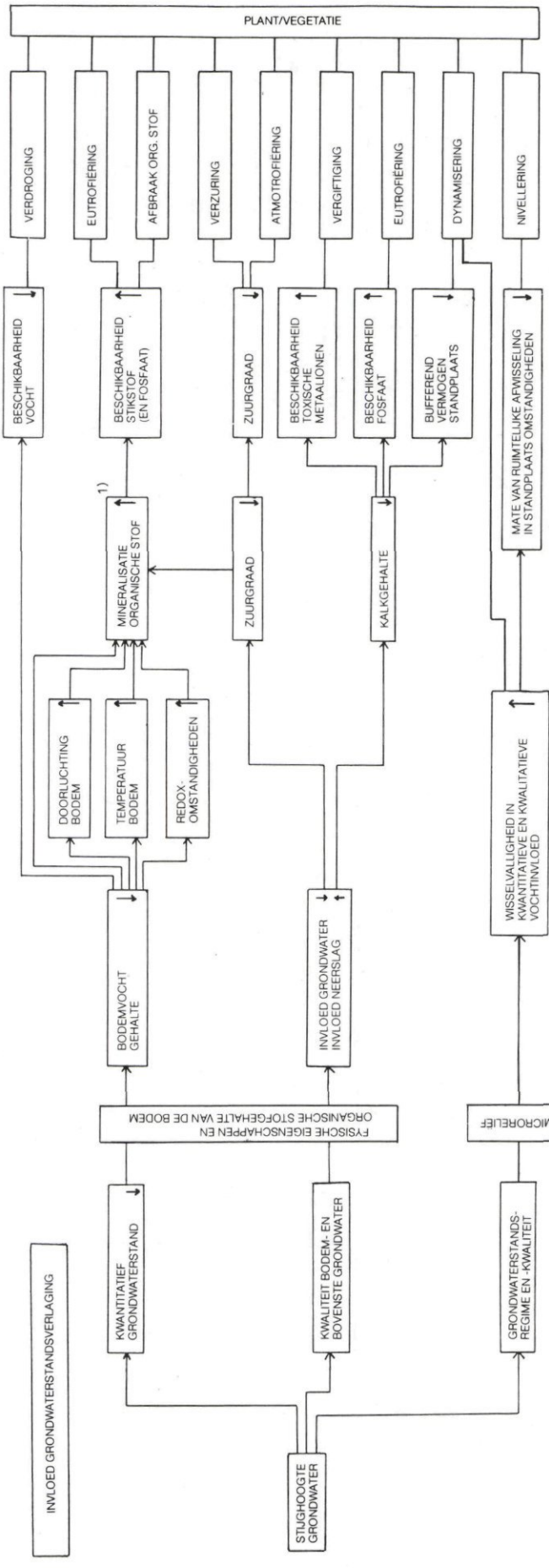
typering grondwater-kwaliteit (IR-EGV diagram) [3]					
voeding	neerslag	grondwater en neerslag	grondwater	grondwater, neerslag / opp.water	neerslag
mineralen-last	laagst	laag	intermediair	hoog	laagst
kwaliteit freatisch vocht/water	regenwater-achtig, zuur	regenwater-achtig, zuur	grondwater-achtig neutraal	grond- tot regenwater-achtig basisch-zuur	regenwater-achtig (ombrotr.) zuur
bufferend vermogen	geringst	gering	groot	variabel	gering
patroon ruimtelijke variatie in de vegetatie					
	grof	fijner	zeer fijn	variabel	fijner
soortenrijk-dom i.h.a.	laag	intermediair	hoog	variabel	laag
globale, rel. invloed van:					
* gr.w.st. daling	nihil	variabel	grootst	beperkt	grootst
* gr.w.st. stijging [4]	variabel	aanzienlijk	groot	variabel	beperkt

[1] horizontale as: overschrijdingsduur (in dagen per groeiseizoen)
verticale as : grondwaterstand (in cm -mv)
[2] horizontale as: bodemvochtverlies (in mm)
verticale as : grondwaterstand (in cm -mv)
[3] horizontale as: elektrisch geleidingsvermogen (EGV, in mS/m)
verticale as : ionenratio (IR)
[4] ex inundatie

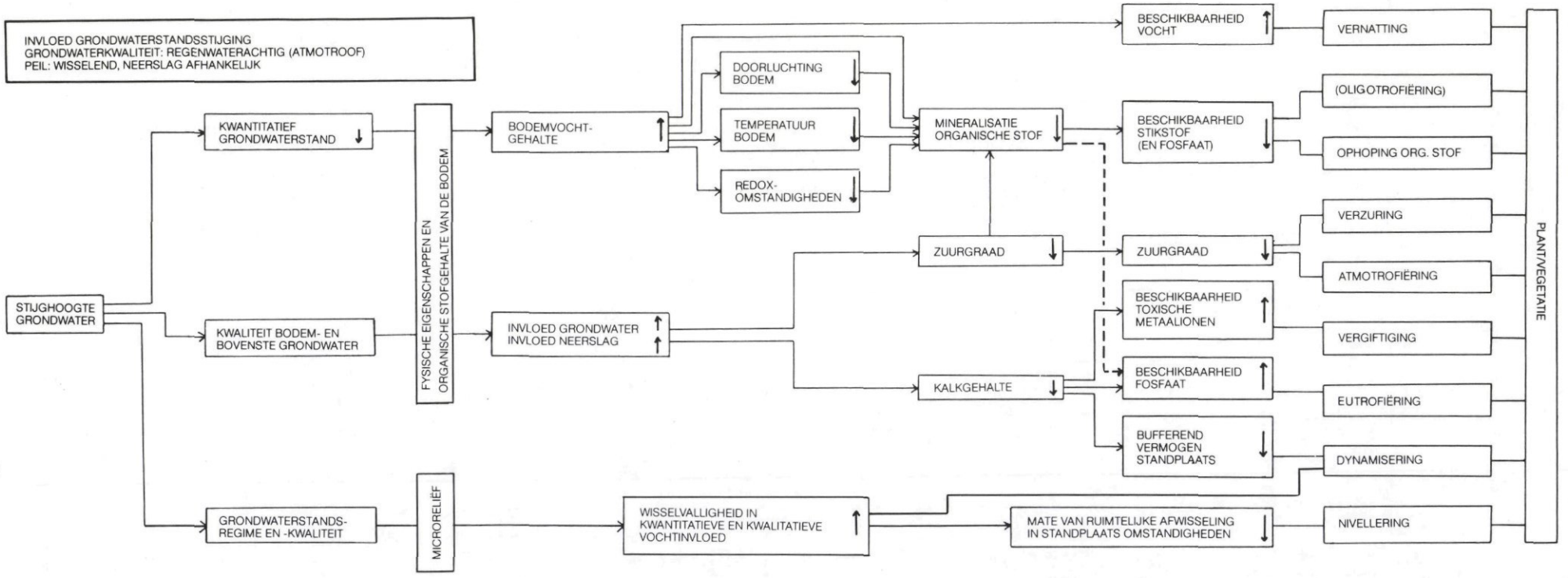
Figuur 1: Globale standplaatstypering in de ruimtelijke context van een zeer sterk vereenvoudigd hydrologisch systeem (aangepast naar De Molenaar 1980, 1987)

Bijlage 6

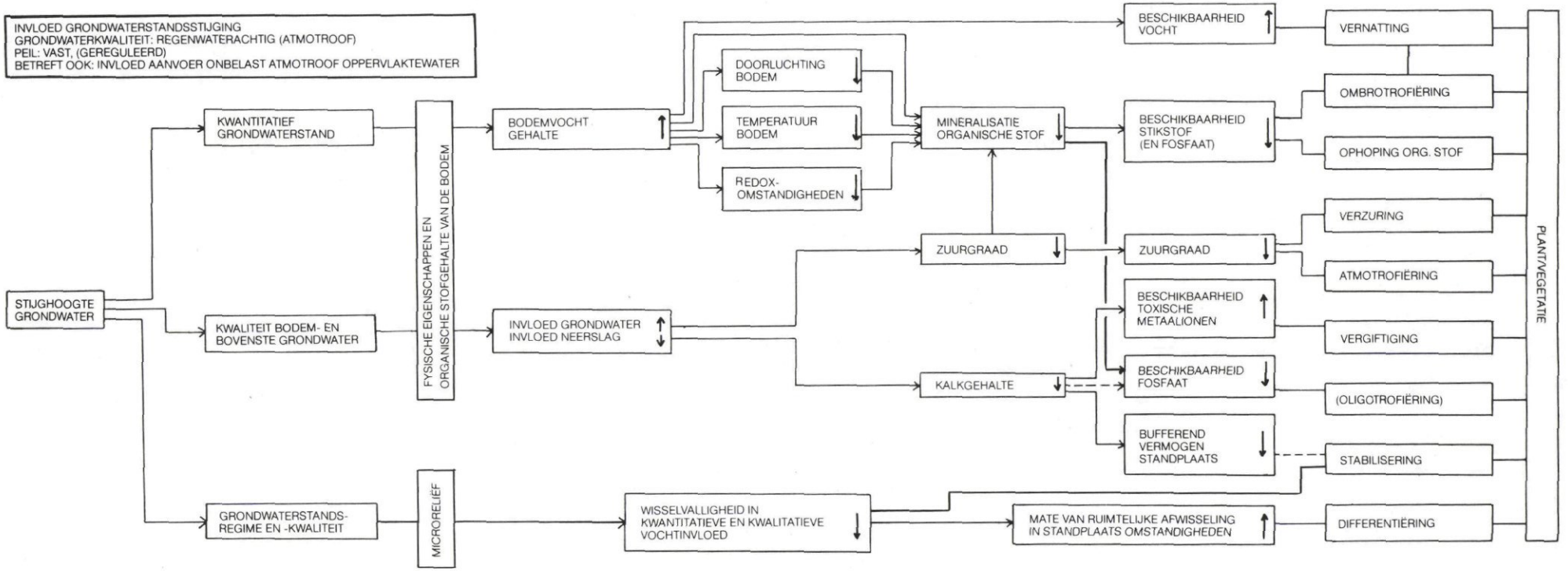
RELATIESCHEMA'S / VUISTREGELS



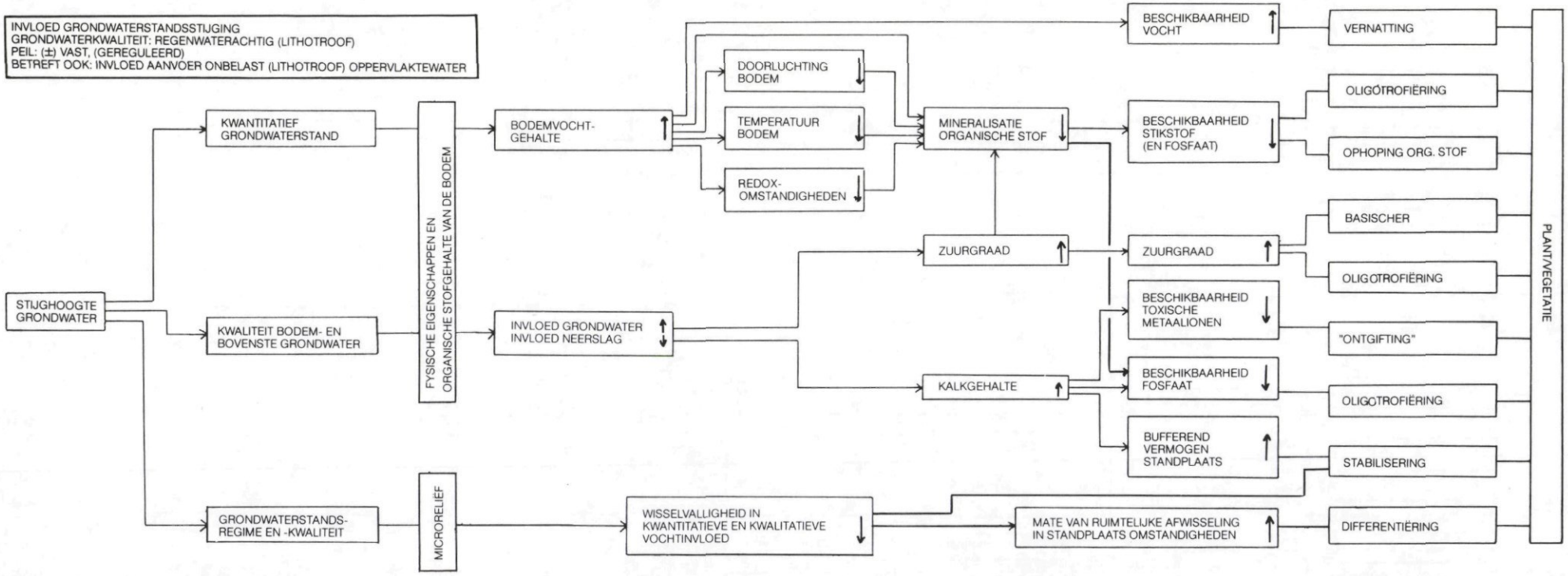
Figuur 1: Invloed grondwaterstandsdaling bij een grondwaterafhankelijke standplaats.
Noten: (1) de mineralisatie van organische stof stijgt bij relatief vochtige tot natte bodems, bij drogere neemt die mineralisatie af;
(2) bij de verhouding tussen de invloed van grondwater en die van neerslag moet onderscheid gemaakt worden tussen lithocliene (grondwaterachtige), atmocliene (regenwaterachtige) en ombrotrofe standplaatsen



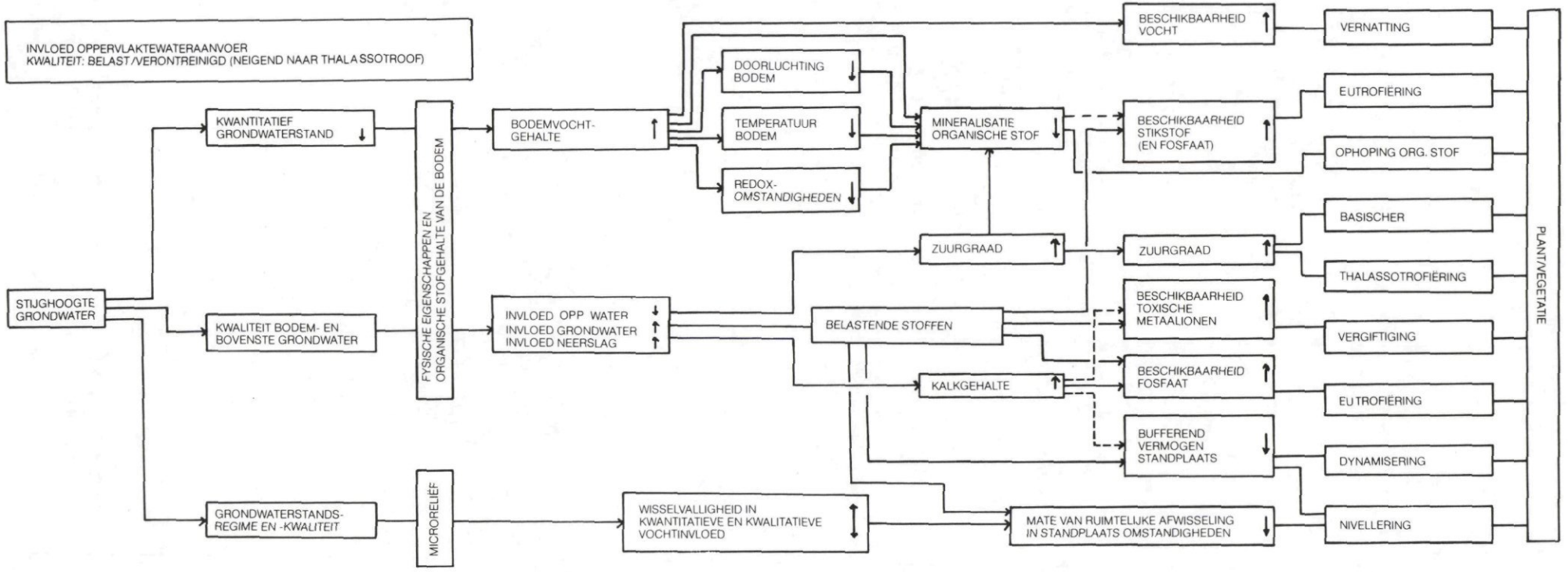
Figuur 2: Invloed van grondwaterstandsstijging; grondwaterkwaliteit = regenwaterachtig (atmotroof), peil = wisselend, neerslagafhankelijk



Figuur 3: Invloed van grondwaterstandsstijging; grondwaterkwaliteit als in fig. 2 (regenwaterachtig/atmotroof), maar peil = vast (gereguleerd); betreft ook invloed van aanvoer van onbelast, atmotroof oppervlaktewater



Figuur 4: Invloed van grondwaterstandsstijging; grondwaterkwaliteit = grondwaterachtig (lithotroof), peil = (min of meer) vast (gereguleerd); betreft ook invloed van aanvoer van onbelast, lithotroof oppervlaktewater



Figuur 5: Invloed van oppervlaktewateraanvoer; waterkwaliteit: belast c.q. verontreinigd, neigend naar lithotroof

Bijlage 7

MODELLEN VOOR HET VERBAND PLANT - STANDPLAATS

a. Landschappelijke systeembenadering (RU-Groningen)

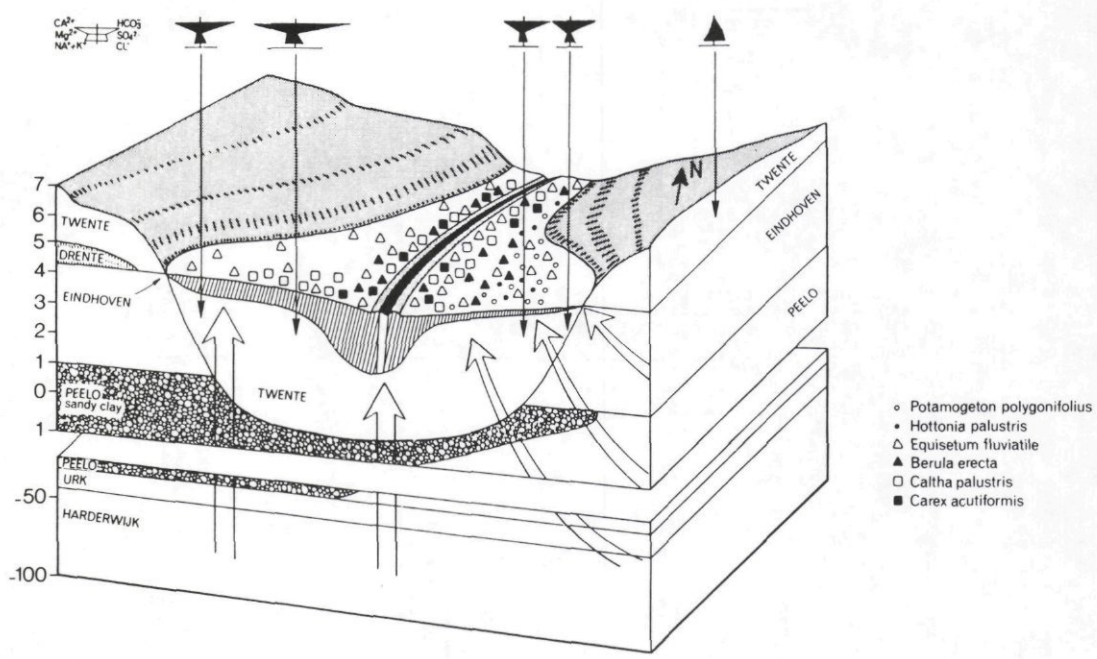
Bij het Laboratorium voor Plantenoecologie te Haren wordt veel onderzoek gedaan naar de relatie hydrologie - vegetatie, met name aan de beschrijving en kwantificering ervan. Hierbij wordt tevens de invloed van ingrepen in de waterhuishouding op het voorkomen van vegetatietypen en plantesoorten bestudeerd. Er wordt op dit moment in het noorden van ons land door instanties zoals Staatsbosbeheer, Landinrichtingsdienst, Provinciale Planologische Diensten en Natuurmonumenten gewerkt met een vegetatiekundige en landschapsoecologische karteringsmethode die door de RUG ontwikkeld is.

Met behulp van een beperkt aantal lokale indicatorsoorten en de vegetatie wordt een gebied hydrologisch en oecologisch in kaart gebracht. Deze soorten hebben grote indicatieve waarde, (gebaseerd op de indicatielijsten van Londo, Landolt, Ellenberg én veldervaring) voor grondwaterstand en waterkwaliteit. De kaarten gemaakt van de verspreiding van diverse soorten en de vegetatie worden samen met kaarten met abiotische gegevens gecombineerd tot een landschapsoecologische kaart op vegetatiekundige grondslag.

De volgende abiotische gegevens worden verwerkt:
- geologische kaart;
- keileem- en beekkleikaarten;
- potkleikaart;
- hoogtelijnenkaart;
- bodem- en grondwatertrappenkaart;
- isohypsenkaarten van zowel diep als freatisch grondwater.

Op basis van de gevonden relaties tussen die abiotische factoren en de vegetatie/soorten wordt een model opgesteld voor de veronderstelde samenhang tussen de verschillende onderdelen van het gebied/landschap. Op basis van deze modellen kan een indeling worden gemaakt in samenhangende landschapseenheden. Zo kan inzicht worden verkregen in de relaties op landschapsniveau via de factor water. De mogelijke gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding voor natuur, bos en landschap kunnen dan redelijk worden geschat op basis van lokale ervaring.

De belangrijkste eindprodukten van een dergelijke studie zijn driedimensionale doorsneden door landschapseenheden (zie hiernavolgend voorbeeld) en een landschapsoecologische kaart. Beide zijn zeer bruikbaar bij het opstellen, het aanpassen en bijsturen van landinrichtings-, grondwaterwinnings- en beheersplannen. Voorbeelden geven o.a.
- het Laaglandbekenproject (i.s.m. de PPD's van Groningen en Drente);
- het project Dwingelderveld (i.s.m. Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten);
- de uitgewerkte SWNBL-methode besproken in thema natuurt, par. 5.3 (Vermeer & Rijntjes, 1987: SWNBL-rapport 9c).



Figuur 1: Voorbeeld van een driedimensionale doorsnede

b. Ecotopensysteem

(Centrum voor Milieukunde RU-Leiden)

Het ecotopensysteem (Runhaar et al., 1985, 1987) is gebaseerd op expert-judgement en gevonden correlatieve verbanden. Het abiotisch milieu staat hierin centraal. Vervolgens zijn plantesoortencombinaties (ecologische soortengroepen) onderscheiden om de verschillende milieutypen of ecotopen te karakteriseren. Daarna is op basis van

indicatiewaarden nagegaan welke soorten (groepen) optimaal in een bepaald milieutype voorkomen.

De basiseenheid is het ecotoop: de ruimtelijke eenheid die homogeen is ten aanzien van successiestadium, vegetatiestructuur en abiotische factoren die voor de vegetatie bepalend zijn. Elk ecotoop wordt gekenmerkt door een bepaalde karakteristieke combinatie van deze kenmerken; dit is een gemiddelde van de binnen het ecotoop aangetroffen waarden voor de verschillende milieufactoren. De gehanteerde milieufactoren zijn: klimaat, vochttoestand, saliniteit, zuurgraad, dynamiek van het substraat, beheer, tijd (successiestadium) en operationele factoren zoals trofiegraad. Elk van deze factoren is weer ingedeeld volgens een ordinale schaal in kenmerkklassen, die verdere karakterisering mogelijk maken. Kwantificering van deze klassen heeft nog niet plaatsgehad.

Belangrijk bij de ecotopenindeling is de hierarchie die in de kenmerken wordt aangehouden. Dit betekent dat hoger in de hierarchie geplaatste kenmerken dominant zijn over lager geplaatste.

Verder worden de soorten ingedeeld volgens het criterium dat de soort in zoveel ecologische soortengroepen terecht komt als nodig is om minimaal 2/3 van het voorkomen van de soort te verklaren, gesteld dat alle ecotopen over dezelfde oppervlakte verspreid zouden voorkomen. De soortengroepenindeling is deels informeel. Thans wordt een toetsing uitgevoerd van het systeem aan ecologische groepen die gecombineerd zijn met rechtstreeks gemeten milieufactoren.

Het ecotopensysteem kan worden gekenschetst als een stelsel van overgangsmatrices, dat het mogelijk moet maken om algemene uitspraken te doen over het effect van ingrepen die de gehanteerde kenmerken beïnvloeden.

Beoogde toepassing:

- bepalen ecotooptypen uitgaande van de ecologische soortengroepen; voorwaarde is dat de vegetatie en het abiotische milieu met elkaar in evenwicht zijn;
- op basis van informatie over de huidige situatie doen van voorspellingen over welke ecotooptypen kunnen worden verwacht na een ingreep en over welke ecologische soortengroep daarbij hoort.

De ontwikkeling van het ecotopensysteem is geografisch geconcentreerd op middenwest-Nederland (het "Randstadgebied").

---

c. ICHORS-model

(Vakgroep Milieukunde RU-Utrecht)

Het zgn. ICHORS-model (Barendregt et al., 1986) bedoelt het verband te leggen tussen fysisch-chemische factoren in grond- en oppervlaktewater en het voorkomen van plantesoorten in water- en moerassystemen. Het betreft statistisch bepaalde, correlatieve verbanden. De gemeten milieuvariabelen zijn:

- chemische samenstelling oppervlaktewater; pH, concentratie van Na, Ca, Mg, K, Cl, HCO_3, SO_4, NO_3, NH_4, PO_4, Si en Te; ionenratio;
- fluctuatie in oppervlaktewaterstand;
- mate van kwel of infiltratie;
- verschil in potentiaal eerste watervoerende pakket in zomer en winter;
- maaiveldhoogte;
- textuur bodem;
- voorkomen van freatofyten en hydrofyten;

Het model geeft de kans op voorkomen van een soort bij een bepaalde waarde van een milieuvariabele (responsiecurve). Op deze basis is het mogelijk voorspellingen te doen voor de effecten van veranderingen in de gemeten variabelen op de soortensamenstelling in een bepaalde gebied. Het programma geeft bij invoer van bepaalde waarden voor de milieuvariabelen als uitvoer de trefkans bij de ingevoerde gegevens van 200 hydro- en freatofyten. De veranderingen in de milieuvariabelen als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding moeten worden ingeschat. Er zijn een aantal beperkingen en tekortkomingen aan deze methode verbonden:

- de gelegde verbanden gelden zeer lokaal voor de daar berekende responsiecurven (Vechtstreek, Noord-Holland); elders alleen toepasbaar voor zeer algemene soorten;
- de basis is inconsistent en als geheel wankel: metingen aan de genoemde variabelen zijn vaak slechts één keer uitggevoerd;
- er zijn geen waarden gemeten voor de stand, fluctuaties en kwaliteit van het grondwater; voor moerassystemen is het oppervlaktewater op enige afstand in de omgeving beschouwd;
- er zijn alleen correlatieve verbanden gelegd; op deze wijze kunnen geen oorzakelijke verbanden worden gelegd, begrepen of verklaard;
- er wordt niet voldaan aan het uitgangspunt van homogene gebieden en een constante proefvlakgrootte;
- er is (nog) geen correctie uitgevoerd voor interactie tussen twee of meer milieufactoren of interactie tussen planteïndividuen of -soorten (vgl. Looman, 1985; SWNBL-rapport 2a).

---

d. WAFLO-model

(Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum)

Het WAFLO-model (WAter-FLOra; Reijnen et al., 1981; Reijnen & Wiertz, 1984; Gremmen et al. 1985) heeft een meer verklarende, procesmatige en systeemanalytische benadering. Het is als ICHORS en in tegenstelling tot het Ecotopensysteem gebaseerd op duidelijk gedefiniëerde en ecologisch relatief helder en ondubbelzinnig reagerende eenheden (plantesoorten). Het model bestaat uit vijf sets van beslisregels die elk betrekking hebben op één standplaatsfactor of een complex van die factoren. De eerste vier hebben betrekking op terrestrische tot semiterrestrische standplaatsen, de laatste op aquatische. Zij betreffen: milieudynamiek, stikstofbeschikbaarheid, aëratie, vochtbeschikbaarheid en oppervlaktewaterdiepte.

Uitgangspunten zijn de indicatiegetallen van Ellenberg voor vocht en stikstof en de indeling van Londo betreffende gevoeligheid voor milieudynamiek. De beslisregels zijn deels onderbouwd met empirische gegevens (zie 2.1.1), deels gebaseerd op "expert judgement". Het model betreft het effect van grondwateronttrekking op de aanwezigheid van plantesoorten en wordt geldig

geacht voor de pleistocene helft van Nederland. Het levert als uitkomst de verdwijnkans van aanwezige soorten als gevolg van een gespecificeerde grondwaterstandsdaling. Het doet geen uitspraken over een verschijnkans. De gevoeligheidsanalyse van het model geeft betrekkelijk bevredigende uitkomsten, maar een toetsing met langjarige waarnemingsreeksen is vooralsnog niet mogelijk gebleken wegens het ontbreken van voldoende betrouwbare gegevens. Het model is inmiddels verder ontwikkeld en geoperationaliseerd (zie voor gebruikersvriendelijke handleiding c.s.: Fahner & Wiertz, 1988). Een samenvattend overzicht van het WAFLO-model geeft fig. 2.

Alle hiervoor besproken modellen zijn volgens de indeling in thema natuur, par. 4.1, eenvoudige instrumenten. Zij voldoen (vooralsnog) niet of onvoldoende aan het doel van de SWNBL. Voor meer informatie: zie de genoemde verwijzingen, CHO/TNO Proceedings and Information no. 34 (1986) en Wiertz (1987).

VERANDERENDE MILIEU VARIABELE	SOORTS-RESPONS
in terrestrische vegetatie	
1. Vochtleverantie	
uiteind. VL > 0 mm	soorten met F = 11 of 12 zullen verdwijnen
uiteind. VL ≥ 60 mm	soorten met F = 10 zullen verdwijnen
oorspr. VL < 60 cm en uiteind. VL ≥ 60 mm en < 80 mm	kans voor soorten met F = 9 te verdwijnen = 0.5
oorspr. VL < 60 cm en uiteind. VL ≥ 60 mm en < 110 mm	kans voor soorten met F = 8 te verdwijnen = 0.5
uiteind. VL ≥ 80 mm	soorten met F = 9 zullen verdwijnen
uiteind. VL ≥ 110 mm	soorten met F = 8 zullen verdwijnen
oorspr. VL < 130 cm en uiteind. VL ≥ 130 mm en < 180 mm	kans voor soorten met F = 7 of 6 te verdwijnen = 0.5
oorspr. VL < 150 cm en uiteind. VL ≥ 150 mm en < 180 mm	kans voor soorten met F = 5 te verdwijnen = 0.5
uiteind. VL ≥ 180 mm	soorten met F = 7, 6, 5 of 4 zullen verdwijnen
2. Aeratie	
uiteind. GVG ≥ 10 cm	soorten met F = 12 of 11 zullen verdwijnen
oorspr. GVG < 30 cm en uiteind. GVG ≥ 30 cm en < 60 cm	kans voor soorten met F = 10 te verdwijnen = 0.5
uiteind. GVG > 60 cm	soorten met F = 10 zullen verdwijnen
oorspr. GVG < 60 cm en uiteind. GVG ≥ 60 cm en < 70 cm	kans voor soorten met F = 9 te verdwijnen = 0.5
uiteind. GVG ≥ 70 cm	soorten met F = 9 zullen verdwijnen
oorspr. GVG < 60 cm en uiteind. GVG ≥ 60 cm en < 90 cm	kans voor soorten met F = 8 te verdwijnen = 0.5
uiteind. GVG ≥ 90 cm	soorten met F = 8 zullen verdwijnen
oorspr. GVG < 70 cm en uiteind. GVG ≥ 70 cm en < 100 cm	kans voor soorten met F = 7 of 6 te verdwijnen = 0.5
uiteind. GVG ≥ 100 cm	soorten met F = 7 of 6 zullen verdwijnen
3. Stikstofmineralisatie	
bodem met N-mineralisatie klasse 3-5, en daling van grondwaterpeil met ≥ 10 cm	soorten met stikstofgetal 1, 2 of 3 zullen verdwijnen
in aquatische en terrestrische vegetatie	
4. Milieudynamiek	
oorspr. GVG < 130 cm en kwel neemt af of daling van waterpeil ≥ 10 cm	gevoelige soorten zullen verdwijnen
oorspr. GVG < 80 cm en kwel neemt af of willekeurige daling van waterpeil	gevoelige soorten zullen verdwijnen
in aquatische vegetatie	
5. Diepte oppervlaktewater	
bodem valt soms droog	soorten met F = 12 zullen verdwijnen; kans voor soorten met F = 11 te verdwijnen = 0.5
bodem valt vrijwel permanent droog in groeiseizoen	soorten met F = 12 of 11 zullen verdwijnen

Figuur 2: Modelbeschrijving WAFLO

Bijlage 8

OPZET ECOHYDROLOGISCHE TERREINBESCHRIJVING

1. INLEIDING

1.1 Ingevuld door/invuldatum:
1.2 Geraadpleegde informanten:
1.3 Gebiedsnaam:
1.4 Reden tot bescherming:
1.5 Beschermingsstatus en datum van instelling:
1.6 Lokatie:
1.7 Oppervlakte:
1.8 Eigenaar:
1.9 Beheerder:
1.10 Onderzoekscontactadres:

2. GEBIEDSBESCHRIJVING

2.1 Algemene typering:
2.2 Geologische opbouw ondergrond en geomorfologie:
2.4 Bodemsoorten:
2.5 Geschiedenis:
2.6 Recente ontwikkelingen

3. STANDPLAATSTYPEN

4. BIOLOGIE

4.1 Plantesoorten:
4.2 Plantengemeenschappen:
4.3 Ontwikkeling van de vegetatie:
4.4 Faunasoorten:

5. HYDROLOGIE

5.1 Wateraanvoer
  5.1.1 Vrije aanvoer van oppervlaktewater:
  5.1.2 Geforceerde aanvoer door molens, gemalen of sluizen:
  5.1.3 Kwel:
  5.1.4 Vanggebied:
5.2 Waterafvoer
  5.2.1 Vrije afvoer van oppervlaktewater:
  5.2.2 Geforceerde afvoer door molens, gemalen of sluizen:
  5.2.3 Wegzijging:
  5.2.4 Drainagestructuur en -dichtheid binnen het gebied:
  5.2.5 Ontwatering vanuit de omgeving:
5.3 Waterbalans:
5.4 Waterstanden van grondwater en oppervlaktewater:
5.5 Chemische eigenschappen van het water:

6. MENSELIJKE ACTIVITEITEN

6.1 Gebruik van de omgeving:
6.2 Menselijke activiteiten binnen het gebied, niet ten behoeve van de natuurbescherming:
6.3 Inrichtings- en beheersmaatregelen ten behoeve van de natuurbescherming:

7. BELANGRIJKSTE ONDERZOEKPROGRAMMA'S

8. LITERATUUR

Bijlage 9

OPZET HYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING

1. INLEIDING

1.1 Doel
1.2 Kader
1.3 Problematiek

2. GEBIEDSBESCHRIJVING

2.1 Regionaal
  2.1.1 Geologische opbouw en geomorfologie
  2.1.2 Geohydrologische ondergrond
  2.1.3 Grondwater
  2.1.4 Oppervlaktewater
2.2 Lokaal
  2.2.1 Geomorfologie
  2.2.2 Bodemtype/ontwikkeling
  2.2.3 Bodemfysische/chemische eigenschappen
  2.2.4 Bodemgebruik

3. SYSTEEMBESCHRIJVING

3.1 Regionaal
  3.1.1 Stromingspatronen
3.2 Lokaal
  3.2.1 Stromingspatronen
  3.2.2 Waterbalans
  3.2.3 Stoffenbalans

4. CONCLUSIES

5. TOEKOMSTIGE MAATREGELEN/INGREPEN

5.1 Aard ingreep/effekten/invloedgebied
5.2 Effekt natuurbehoudswaarde
5.3 Alternatieve ingrepen

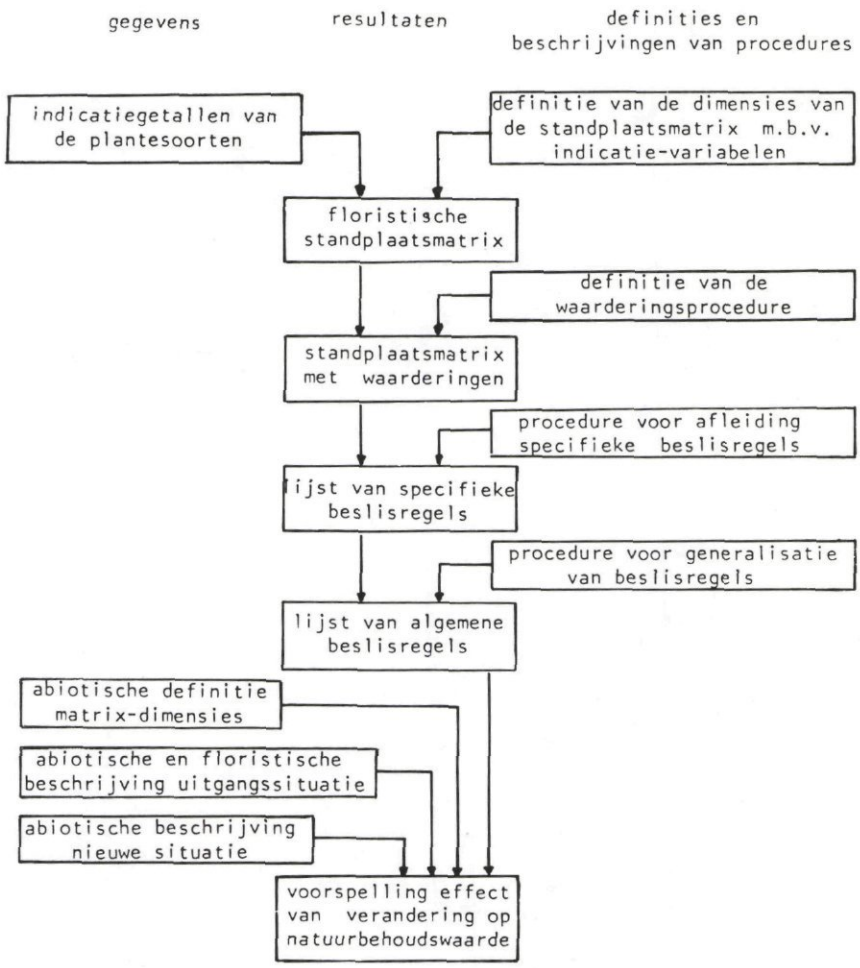
6. AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK

7. LITERATUUR

Bijlage 10

NATUURTECHNISCH MODEL

Schema van de werkwijze die is gevolgd bij het operationaliseren van het Natuurtechnisch Model



Bijlage 11

OPZET LANDSCHAPSBESCHRIJVING

I. A-biotische ontwikkeling

I.1. Fysische geografie

Van belang zijn:
- Verschijnselen die onder invloed van water zijn ontstaan,
- Verschijnselen die het huidige voorkomen van water beinvloeden (bijv. hoogteverschillen).

Rekening houdend met bovengenoemde beperking worden de volgende onderwerpen geinventariseerd:
A. Geologie/geomorfologie (bijv. veenvlakte, stroomrug, uiterwaarde, dekzandrug, «verlaten» beekdal, enz.),
B. Bodem (bijv. klei op veen, keileem in ondergrond, enz.),
C. Grondwaterpeilen.

I.2. Hydrologie

Van belang zijn:
- De met de fysische geografie samenhangende natuurlijke processen van het oppervlakte- als grondwater.

De volgende onderwerpen worden geinventariseerd:
A. Natuurlijke stroming en patroon van het oppervlaktewater (bijv. bekenstelsel). (Omdat deze in de meeste gebieden sterk beinvloed is door het waterbeheer van de mens, kan dit onderwerp daar beter bij "waterbeheer" worden beschreven),
B. Natuurlijke stroming en diepte van het grondwater (bijv. watervoerende pakketten, grondwaterstroming op regionaal en lokaal schaalniveau, inzijgings- en kwelgebieden). Deze informatie is in veel gevallen niet direct beschikbaar.

II. Biotische ontwikkeling

II.1 Vegetatie

Van belang zijn:
- De ontwikkeling van de begroeiing van het gebied, die samenhangt met de natuurlijke en antropogene ontwikkeling,
- De sterk met water samenhangende vegetaties.

De volgende onderwerpen worden geinventariseerd:
A. Ontwikkeling van de vegetatie in de loop van de tijd (bijv. natuurlijk bos - heide - aanplant van bos),
B. Regionale verschillen in begroeiing,
C. Lokale met water samenhangende begroeiing (bijvoorbeeld oevervegetatie en/ watervegetatie),
D. De actuele gradiënten en in samenhang met bodem- en vochtverschillen de potentiële gradiënten (Baaijens, 1985 en 1986). Deze informatie is in veel gevallen niet direct beschikbaar.

II.2 Fauna

Van belang zijn:
- De met water* samenhangende en aan de bovengenoemde vegetatie gebonden gebonden soorten.

De volgende onderwerpen worden geinventariseerd:
A. Verspreiding van soorten over het gebied en in de loop van het jaar (bijv. weidevogels, wintergasten, enz.),
B. Bijzondere zeer plaatselijk voorkomende soorten.
N.B. Door de vaak geringe beschikbaarheid van gegevens moet men zich hier vaak beperken tot de avifauna.

III. Antropogene ontwikkeling

Van belang zijn:
- De invloed van de mens op de natuurlijke omgeving in het verleden voor zover met water samenhangend,
- De patronen en strukturen in het landschap als gevolg van deze invloed.

De volgende onderwerpen worden geinventariseerd:
A. De ontginning van het gebied (bijv. heideontginning en broekontginning),
B. Occupatiegeschiedenis en -patroon (kanaaldorp, esdorp, landgoederen, enz.),
C. Ontwikkelingen in het huidige landschap,
D. Kunstwerken die oorspronkelijk zijn aangelegd ten behoeve van het waterbeheer, maar die functie nu niet meer (in die mate) hebben (bijvoorbeeld molens en bepaalde kanoes).

IV. Typering van het oppervlaktewater

Van belang zijn:
- De huidige verschijningsvorm van het oppervlaktewater,
- De samenhang van deze verschijningsvorm met het omliggende landschap,
- Een typering op verschillende schaalniveaus.

De volgende onderwerpen worden geinventariseerd:
A. De vorm van het water (bijv. beek, kanaal, wiel, enz.),
B. Lengteprofiel en dwarsprofiel,
C. Vorm en inrichting van de oevers,
D. Koppeling van watertypen met de in paragraaf 4.2. aangegeven landschappen.

V. Waterbeheer

Van belang zijn:
- De invloed van de mens op het natuurlijke voorkomen van oppervlakte- en grondwater, zowel in kwantitatief als in kwalitatief opzicht.

De volgende onderwerpen worden geïnventariseerd:
A. Waterkwantiteitsbeheer:
   - peilbeheer,
   - afwatering (bijv. afwateringseenheden en patroon van waterlopen),
   - wateraanvoer,
   - kunstwerken (bijv. gemaal en dijk);
B. Waterkwaliteit van oppervlaktewater en grondwater (bijv. chemische samenstelling, bron van verontreiniging);
C. Waterwinning van zowel oppervlaktewater als grondwater (bijv. omvang van de onttrekking en diepte van winning).

VI. Watergebruik

Van belang zijn:
- Verschillende manieren waarop door de mens gebruik van het water* wordt gemaakt,

Aan de orde komen de volgende functies:
A. Landbouw,
B. Recreatie,
C. Transport,
D. Natuur,
E. Waterwinning,
F. Industrie,

VII. Water als belevingsfactor (Coeterier et al. 1986)

Van belang zijn:
- De dominante waarnemingskenmerken, die in ieder landschap belangrijk blijken te zijn bij de beleving van het landschap,
- Betekenisaspecten van het water in de beleving door mensen,

De volgende onderwerpen worden geïnventariseerd:
A. Dominante waarnemingskenmerken *en de manier waarop deze zich manifesteren* ten aanzien van het aspect water:
   - eenheid en totaalbeeld van het landschap,
   - bodemgesteldheid en waterhuishouding,
   - gebruik en gebruiksmogelijkheden,
   - onderhoud en verzorging,
   - natuurlijkheid,
   - ruimtelijkheid,
   - historisch karakter,
   - seizoenskenmerken.
B. Een of meer van de betekenisaspecten van het water, afhankelijk van de dominantie van het oppervlaktewater in het betreffende landschap:
   - watergebruik, actueel en potentieel,
   - beeld van het water,
   - aanwezigheid van een hiërarchie,
   - waterbeheer,
   - ontstaanswijze.

Bijlage 12

VERKLARENDE WOORDENLIJST

abiotisch - behorend tot de niet-levende natuur
advectie - het proces waarbij een atmosferische grootheid wordt getransporteerd door horizontale beweging in de atmosfeer; ook de verandering per tijdseenheid in de waarde van een grootheid x op een zeker punt
aëratie - doorluchting (van de bodem)
aërodynamische geleidbaarheid - de reciproke van de weerstand voor het transport van waterdamp in de luchtlaag tussen het gewas/bodemoppervlak en de hoogte van meting
afstroming - het transport van water uit een bepaald gebied
afvoer - de hoeveelheid water, die per tijdseenheid uit een gebied stroomt
afwatering - afvoer van water (uit een gebied)
anion - positief geladen ion
atmoclien - regenwaterachtig; gezegd van grond- en oppervlaktewater waarvan de samenstelling en het gehalte aan opgeloste stoffen grote overeenkomst vertonen met die van regenwater
basisch milieu - milieu met een pH > 6
beperkende factor - factor die ten opzichte van de andere van een geheel van een op een organisme of levensgemeenschap inwerkende factoren, het meest in het minimum verkeert en daardoor de andere in hun uitwerking beperkt
berging - de geborgen hoeveelheid water, waterinhoud; het volume water dat aanwezig is in een nader aan te geven deel van de bodem/grond
bergingsvermogen - het volume water dat nodig is om een deel van de grond/bodem, met gegeven afmetingen en met gegeven waterinhoud, in de verzadigde toestand te brengen
beschikbaar bodemwater - het volume water dat per eenheid van horizontaal oppervlak in de bewortelbare zone aanwezig is, voorzover dit volume door de planten kan worden opgenomen
biotisch - tot de levende natuur behorend
bladwaterpotentiaal - het verschil tussen de turgorpotentiaal en de osmotische potentiaal van een blad
bladweerstand - een maat voor de te overwinnen weerstand bij verdamping van een blad als gevolg van straling, verzadigingsdeficiet en bodemvochtinhoud; m.n. weerstand van de huidmondjes
bodemvocht/bodemwater - water dat zich in het bovenste deel van de grond (bodem) bevindt
bodemvochtdeficiet - het watertekort in de onverzadigde zone van de bodem, waarbij "tekort" is gedefinieerd ten opzichte van het watergehalte van de bodem bij veldcapaciteit
bufferend vermogen - het vermogen van een systeem om een zekere inwendige stabiliteit te handhaven tegenover uitwendige veranderingen
capillaire nalevering - aanvulling op vochtverlies uit de onverzadigde zone door capillaire opstijging
capillaire opstijging - opwaartse stroming van grondwater boven de grondwaterspiegel; de opwaarts gerichte volumestroom van water per oppervlakte-eenheid boven de grondwaterspiegel
capillaire zoom - het gedeelte van de verzadigde zone dat direct boven de grondwaterspiegel gelegen is
conditionele relatie - relatie tussen twee verschijnselen die verloopt via een tussengeschakeld derde verschijnsel (vgl. operationele relatie)
convectie - algemeen: het transport van een grootheid door een stromend medium; hier: het proces waarbij een atmosferische grootheid wordt getransporteerd door verticale beweging in de atmosfeer
cuticula - afdekkend waslaagje op bladeren; zo wordt vochtverlies beperkt
dampdruk - de partiële druk van de waterdampmoleculen bij een zekere temperatuur
debiet - het vloeistofvolume dat per tijdseenheid door een doorsnede stroomt
doorlatendheid - het vermogen van de grond om vloeistof of gas door te laten
dosis-effectrelatie - het verband tussen de mate van ingrijpen (dosis) en de verandering die dit ingrijpen teweeg brengt in de oorspronkelijk situatie (effect)
duurlijn - lijn die het verloop van een bepaalde factor in de tijd weergeeft, uitgaande van de gesommeerde tijd waarin die factor een bepaalde waarde aanneemt; hier gebruikt voor de stijghoogte van het grondwater, waarbij de lijn aangeeft welk deel van een tijdvak (jaar) een bepaalde waarde (stijghoogte) wordt over- of onderschreden
duurlijnbundel - verzameling van duurlijnen die een beeld geeft van de spreiding daarin
ecohydrologie - studie van de ecologische aspecten van de waterhuishouding
ecologische amplitude - verschil tussen de minimale en de maximale waarde van een bepaalde milieufactor, of het traject van variatie in het milieu, waarbinnen een bepaalde soort onder natuurlijke omstandigheden voorkomt, mede bepaald door de invloed van andere organismen
ecologische indicatiewaarde - een waarde, die het optimum voor een bepaalde milieufactor aangeeft waarbij een bepaalde soort optimaal voorkomt
ecotoop - ruimtelijk begrensde ecologische eenheid met een karakteristieke abiotische en biotische homogeniteit (vgl. standplaats en hydrologisch deelgebied)
effectieve neerslag - deel van de netto neerslag (verschil tussen bruto neerslag en de interceptie) dat oppervlakkig en/of ondergronds tot afvoer komt in het oppervlaktewater
eutrafent - gezegd van planten, voorkeur hebbend voor voedselrijke omstandigheden
eutroof - voedselrijk (vgl. eutrafent; tegenstelling is oligotroof)
evaporatie - de verdamping van het interceptiewater en vanuit de bodem
evapotranspiratie - de totale verdamping (van plant, bodem en interceptie) van een begroeid oppervlak
freatofyt - "grondwaterplant"; gezegd van plantesoorten die in het veld voorkomen waar de invloed van het freatisch water tot in de wortelzone reikt; daarom met een veronderstelde voorkeur voor een dergelijk milieu
freatisch vlak - zie: grondwaterspiegel
freatisch water - vrij grondwater; water onder grondwaterspiegel in een relatief goed doorlatende laag en boven een eerste slecht doorlatende of ondoorlatende laag
gewasweerstand - de schijnbare diffusieweerstand voor het transport van waterdamp van de stomata (huidmondjes) van een hypothetisch platgeslagen gewas naar de atmosfeer

gebiedsvreemd water - van elders aangevoerd water, met een andere samenstelling dan van nature ter plekke thuis hoort
grondwater - water beneden het grondoppervlak, meestal beperkt tot water beneden de grondwaterspiegel
grondwater, diep - grondwater beneden het freatisch water, daarvan min of meer gescheiden door een eerste slecht doorlatende of ondoorlatende laag en daardoor in hoedanigheden en/of gedragingen daarvan min of meer afwijkend
grondwaterachtig - zie: lithoclien
grondwaterspiegel - het oppervlak door de punten waar het grondwater een waterdruk (druk van het grondwater t.o.v. de atmosferische druk) gelijk nul heeft
hoogteboniteit - een aanduiding in de bosbouw voor de kwaliteit van de grond of groeiplaats met betrekking tot het produktievermogen, die zich openbaart in de hoogtegroei
huidmondjes - openingen in de epidermis (opperhuid) van de planten, waardoor de verdamping en gaswisseling van de plant geregeld worden
humus - de min of meer stabiele fractie van de organische stof in de bodem, die zover is afgebroken dat de oorspronkelijke herkomst niet meer te bepalen is
hydrologische kringloop - het door het water doorlopen van een reeks opeenvolgende processen en toestanden (zoals neerslag, berging, afvoer, verdamping), waarbij telkens weer een andere toestand wordt bereikt
indicatiewaardenlijst - lijst waarin voor één of meer ecologische factoren per plantesoort met een cijfer wordt aangegeven bij welke waarde van die factor of elk der factoren iedere soort zijn optimum heeft in het veld
infiltratie - het verschijnsel dat water aan het grondoppervlak de grond binnentreedt (tegenstelling: kwel)
interceptie - deel van de neerslag dat door de vegetatie of andere structuren wordt onderschept en dat vervolgens verdampt
inundatie - overstroming; totaal verzadigd raken met water van de bodem
kalkpotentiaal - een maat voor de verhouding tussen de waterstof- en calciumionen in een oplossing, die in evenwicht is met de aan het adsorptiecomplex gebonden waterstof- en calciumionen; bij een gegeven bezetting van het adsorptiecomplex met waterstof- en calciumionen is de kalkpotentiaal een constante
kation - negatief geladen ion
kwel - in het algemeen het uittreden van grondwater; in het bijzonder: het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogten buiten het beschouwde gebied; het aan het oppervlak treden van water dat binnen het gebied is toegevoerd ("lokale kwel") valt dus buiten deze term; het uittreden kan onder meer geschieden direct aan het grondoppervlak, in sloten, drains of via capillaire opstijging
landschap - het waarneembare deel van de aarde dat bepaald wordt door de onderlinge samenhang en beïnvloeding van de factoren bodem, reliëf, water, klimaat, vegetatie, fauna en de mens
lithoclien - grondwaterachtig; gezegd van grond- en oppervlaktewater waarvan de samenstelling en het gehalte aan opgeloste stoffen grote overeenkomst vertoont met die van gerijpt grondwater, dat is grondwater dat op zijn weg door bodem en grond door natuurlijke processen een samenstelling heeft bereikt die daarna niet meer verandert
lozing - natuurlijke of kunstmatige afvoer van overtollig water
macro-ionen - ionen die in hoofdzaak de totale ionenbelasting of concentratie in een oplossing uitmaken (balansionen)
mesotrafent - gezegd van planten, voorkeur hebbend voor matig voedselrijke milieus
mesotroof - matig voedselrijk (tussen eutroof en oligotroof in)
milieudynamiek - mate van veranderlijkheid in de tijd van milieueigenschappen, die voor levende organismen van belang zijn
milieugradiënt - geleidelijke overgang in de ruimte van abiotische en biotische factoren die op een organisme of levensgemeenschap inwerken
mineralisatie - afbraak van organische stof tot anorganische verbindingen door microörganismen
natuur - in SWNBL: (vegetaties van) land- en moerasplanten
natuurbehoudswaarde - beoordeling van een verschijnsel op basis van de doelstellingen van het natuurbehoud
neerslag - de massa waterdeeltjes, zowel vloeibaar als vast, die vanuit de atmosfeer het aardoppervlak bereikt
netto N-mineralisatie - afbraak van organische stof tot anorganische verbindingen met betrekking tot stikstof, na aftrek van de afbraakproducten die niet ter beschikking komen van de plant
netto-straling - het verschil tussen alle op een bepaald oppervlak invallende (kort- en langgolvige) starling, en alle erdoor uitgezonden en gereflecteerde straling
niet-synergistische interactie - het gezamenlijke effect van twee of meer factoren op een bepaald proces is niet meer dan de som van de effecten van de afzonderlijke faktoren op dat proces
oligotrafent - gezegd van planten, voorkeur hebbend voor voedselarme omstandigheden
oligotroof - voedselarm (tegenstelling: eutroof)
ontwatering - de afvoer van water uit percelen over en door de grond en eventueel door drainbuizen en greppels naar een stelsel van grotere waterlopen
ontwateringsbasis - de grondwaterstand die bereikt wordt na een droge periode en dan bij benadering overeenkomt met: (a) de waterstand in de ontwateringsmiddelen, (b) de hoogteligging van de drainbuizen, (c) de bodem van waterlopen op het moment dat deze droogvallen
onverzadigde zone - deel van de grond/bodem boven de grondwaterspiegel, waarin de poriën zowel water als lucht bevatten
operationele relatie - relatie tussen twee verschijnselen, die verloopt zonder tussenschakel (direct werkzaam)
oppervlaktewater - het water dat stroomt over of verblijft in het wateroppervlak
organisch materiaal - weefsel gevormd door levende organismen
oxidatie - reactie, waarbij electronen worden onttrokken; oorspronkelijk het binden van zuurstof of het wegnemen van gebonden waterstof
peil - waterhoogte, waterstand; kortstondig gemiddelde van de hoogteligging van de waterspiegel t.o.v. een referentievlak
polderpeil - het peil in de waterlopen van een polder dat d.m.v. inlaten en afvoeren wordt beheerst; het reglementair vastgestelde waterpeil in een polder dat door het beherende instantie wordt nagestreefd
positionele relatie - relatie tussen twee verschijnselen, die in de ruimte varieert; relatie waarbij de (ecologische) werking van een werkzame factor of een complex van dergelijke factoren in een (ecologisch) veld (karakterisering van de toestand van een ruimte voor een of meerdere, ruimtelijk ver-

lopende factoren) afhankelijk is van het beschouwde punt binnen dat veld

redoxpotentiaal - de verhouding tussen oxidatie- en reductieomstandigheden in de bodem

reductie - reactie waarbij electronen worden opgenomen; oorspronkelijk het wegnemen van gebonden zuurstof of het binden van waterstof

responsie - de kans op aantreffen van een soort in een monster, afhankelijk van de beschouwde milieufactor

sequentiële relatie - relatie in de tijd (als vierde van de serie operationele, conditionele en positionele relaties)

standplaats - (a) in stricte zin: de kleinste in een bepaald verband als eenheid beschouwde omgeving van de plant (hier: plantewortels); de meest directe omgeving van de plant die nog toegankelijk is voor veldecologisch onderzoek; (b) hier in practische zin: de wortelzone van een bodemkundig, waterhuishoudkundig en vegetatiekundig (relatief) homogeen deelgebied op lokale schaal, dat is op de schaal van een perceel of klein natuurgebiedje van één tot enkele hectaren

standplaatsfactor - een variabele eigenschap van de standplaats, waaraan een statistisch verklarend kenmerk ontleend kan worden met betrekking tot de bestaansvoorwaarden voor de plant

stomata - zie: huidmondjes

stomatale geleidbaarheid - de reciproke van de weerstand van de huidmondjes voor het transport van gassen (hier in het bijzonder van waterdamp) tussen de plant en de omgevende lucht

stuurvariabele - factor die de aard en intensiteit van samenhangende processen en andere factoren stuurt

stijghoogte - de som van de drukhoogte (hoogte van een waterkolom die een druk levert gelijk aan de relatieve waterdruk) en plaatshoogte (hoogte t.o.v. referentieniveau); deze grootheid kan worden gemeten met een peilbuis (met een kort filter) waarvan de hoogte t.o.v. een referentiepunt gegeven is; het resulaat heeft betrekking op de plaats waar het filter is gesteld

thalassoclien - zeewaterachtig; gezegd van grond- en oppervlaktewater, waarvan de samenstelling en het gehalte van opgeloste stoffen neigt naar die van zeewater

trofie - intensiteit, waarmee een ecosysteem in staat is zich van energie te voorzien; intensiteit van productie van organische stof; aanbod van anorganische voedingsstoffen

tijd-stijghoogtelijn - lijn die het verloop in de tijd weergeeft van de stijghoogte in een bepaald punt

transpiratie - verdamping, hier van de plant; de massa water die per tijdseenheid via huidmondjes en cuticula van een droog bladoppervlak van planten verdampt

veldcapaciteit - het watergehalte dat in de bovenlaag van de grond enige dagen na een natte periode wordt aangetroffen

verrijking - hier: proces ten gevolge waarvan de trofiegraad toeneemt

verzadigde zone - deel van de grond warin de poriën geheel met water gevuld zijn, dus inclusief de capillaire zoom

verzadigingsdeficiet - het verschil tussen de verzadigingsdampdruk (die druk waarbij waterdamp in evenwicht is met een oppervlak van zuiver water/ijs van dezelfde temperatuur en druk) en de actuele dampdruk (de partiële druk van de waterdampmoleculen bij een zekere temperatuur) bij de heersende temperatuur

verzilting - het toenemen van het zoutgehalte in oppervlaktewater of in de grond

vochtbeschikbaarheid - zie beschikbaar bodemwater

voedingstoestand - gezegd van de bodem: de mate van beschikbaarheid van voedingsstoffen voor de plant

waterbeheer - het geheel van onderzoekingen, plannen, technische werken en bestuurlijke maatregelen, dat dient om te komen tot een zo doelmatig mogelijk integraal beheer van het aanwezige grond- en oppervlaktewater

waterbeheersing - het geheel van meten en regelen van debieten, waterstanden en stroomsnelheden ten behoeve van het waterbeheer

waterdruk - de druk van het grondwater t.o.v. de atmosferische druk

waterhuishouding - de wijze waarop water in een bepaald gebied wordt opgenomen, zich verplaatst, gebruikt, verbruikt en afgevoerd wordt; in veruit de meeste gevallen wordt dit beïnvloed door menselijk handelen

waterhoudend vermogen - de hoeveelheid water, die per tijdseenheid in een horizontaal oppervlak bij veldcapaciteit in de bewortelbare zone aanwezig is; gezien de onzekerheden in het bepalen van de veldcapaciteit en bewortelbare zone is deze term niet aan te bevelen

wegzijging - neerwaartse stroming van grondwater

zeewaterachtig - zie: thalassoclien

zuigspanning - de absolute waarde van de relatieve waterdruk indien deze druk een negatieve waarde heeft; deze term wordt alleen in de onverzadigde zone en de capillaire zoom gebruikt

Bijlage 13

LITERATUUR

In dit rapport wordt voornamelijk verwezen naar de achterliggende SWNBL-rapporten over het desbetreffende onderwerp. Bijlage 3 geeft een overzicht van deze rapporten. De hierna volgende lijst betreft de overige literatuurvermeldingen in dit rapport.

Barendrecht, A., M.J. Wassen, J.T. de Smidt & E. Lippe, 1986: Ingreep-effectvoorspelling voor waterbeheer. Landschap 3:40-55

Belmans, C., J.G. Wesseling & R.A. Feddes, 1983: Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. J.Hydrol. 63(3/4):271-286 / Techn. Bull. nr. 21, ICW, Wageningen

Berghuys-Van Dijk, J.T., 1985: WATBAL. A simple water balance model for a saturated/unsaturated soil profile. Nota 1670, ICW, Wageningen

Berghuys-Van Dijk, J.T., P.E. Rijtema & C.W.J. Roest, 1985: ANIMO, an agricultural nitrogen model. Nota 1671, ICW, Wageningen

Crebus, J.I. & J.W. Wesseling, 1983: PREDIS, een mathematisch model van het land gedeelte van de hydrologische cyclus. Cultuurtechn.Tijdschr. 23(3):113-123

Drijver, C.A. & Th.C.P. Melman, 1983: Voorspelling en beoordeling van de effecten op de plantengroei van de in het IODZH te onderzoeken waterwinningsprojekten. RID, Leidschendam/PW-Zuid-Holland, Den Haag

Ellenberg, H., 1979: Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. 2.Aufl. (1. Aufl. 1974). Scripta Geobotanica 9

Fahner, F. & J. Wiertz, 1987: Handleiding bij het WAFLO-model. Rapport 87/15, RIN, Leersum

Gremmen, N.M.J., M.J.S.M. Reijnen, J. Wiertz & G. van Wirdum, 1985: Modelling of the effects of groundwater withdrawal on the species composition of the vegetation in the pleistocene areas of The Netherlands. Annual Report 1984, RIN, Leersum:89-112

Grootjans, A.B., 1985: De invloed van ingrepen op de waterhuishouding op de verspreiding van moeras- en hooilandplanten. Laboratorium voor Plantenoecologie, Haren

Harms, W.B. & J.T.R. Kalkhoven, 1979: Landschapsecologie en natuurbehoud in Midden-Brabant. Rapport 208, RIBL "De Dorschkamp", Wageningen/ rapport 79/15, RIN, Leersum

Jansen, P.C., 1983: Projectgroep Zuidelijk Peelgebied. 28. De effecten van veranderd waterbeheer op natuurlijke vegetaties. Nota 1476, ICW, Wageningen

Jenny, H., 1946: Arrangements of soil series and types according to functions of soil-forming factors. Soil Sci. 61:375-392

----, 1958: Role of the plant factor in the pedogenic functions. Ecology 39:5-16

Kemmers, R.H., 1982: Interfering stream patterns as cause of the presence of gradient vegetations. In: S.P. Tjallingii & A.A. de Veer (eds.), Perspectives in Landscape Ecology: contributions to research, planning and management of our environment. Proc.Int.Congr., Veldhoven, the Netherlands, April 6-11, 1981:275. Pudoc, Wageningen

----, 1985: Calcium as hydrochemical characteristic for ecological states. Proc. 7th Int. Symp. on Problems of Landscape Ecological Research, Bratislava, 21-26 October 1985

----, 1986: Perspectives in modeling of processes in the root zone of spontaneous vegetation at wet and damp sites in relation to regional water management. In: Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, Water management in relation to nature, forest and landscape management; CHO/TNO Verslagen en Mededelingen No. 34:91-116

Kemmers, R.H. & P.C. Jansen, 1985: Hydrologie in relatie tot de beschikbaarheid van vocht en voedingsstoffen voor natuurlijke begroeiingen. Cultuurtechn. Tijdschr. 24(4):195-211

Laat, P.J.M. de, 1985: MUST - a simulation model for unsaturated flow. Report 16, IHE, Delft

Laat, P.J.M. de, R.H.C.M. Awater, P.J.T. van Bakel, 1981: GELGAM. A model for regional water management. CHO/TNO Verslagen en Mededelingen 27:23-53

Landolt, E., 1977: Oekologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff.Geobot. Inst. E.T.H. 64

Londo, G., 1988: Nederlandse freatofyten. Pudoc, Wageningen

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer & Ministerie van Landbouw en Visserij, 1985: Milieu-EffectRapportage 21 / Effectvoorspelling III. Oppervlaktewater. Staatsuitgeverij, Den Haag

----, 1987: Milieu-EffectRapportage 22 / Effectvoorspelling IV. Bodem. Staatsuitgeverij, Den Haag

Molenaar, J.G. de, 1980: Bemesting, waterhuishouding en intensivering in de landbouw en het natuurlijk milieu. Rapport 80/6, RIN, Leersum

----, 1987: An ecohydrological approach to floral and vegetational patterns in arctic landscape ecology. Arctic and Alpine Res.19(4):414-424

Querner, E.P., 1986: User's manual for groundwater model SIMGRO. Nota 1745, ICW, Wageningen

Querner, E.P. & P.J.T. van Bakel, 1984: Description of second level water quality model, including results. Projectgroup Southern Peel Region Report No. 37. Nota 1586 ICW, Wageningen

Refsgaard, J.C. & E. Hansen, 1982: An integrated surface/subsurface catchment model. Proc. Symp. Hydr. Research Basins. Sonderheft Land Hydr., Bern: 571-581

Reijnen, M.J.S.M., A. Vreugdenhil & H.M. Beije, 1981: Vegetatie en grondwaterwinning in het gebied ten zuiden van Breda. Rapport 81/24, RIN, Leersum

Reijnen, M.J.S.M. & J. Wiertz, 1984: Grondwater en vegetatie: een nieuw systeem voor kartering en effektvoorspelling. Landschap 4:261-281

Runhaar, J., R.A.M. Stevers & H.A. Udo de Haes, 1985: Uitwerking CML-Ecotopensysteem voor de Randstad. CML Mededelingen 20, CML, Leiden

Runhaar, J., C.L.G. Groen, R. van der Meijden & R.A.M. Stevers, 1987: Een nieuwe indeling van plantesoorten in ecologische soortengroepen binnen de Nederlandse flora. Gorteria

Schuurmans, A. & P. Schuurmans, 1974: De invloed van grondwaterstandsdaling op de vegetatie van de natuurgebieden in Oost-Gelderland. Rapport Geobotanie KUN, Nijmegen

Sluijs, P. van der, 1982: De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop. H_2O 15:42-46

Soesbergen, G.A. van, C. van Wallenburg, K.R. van Lynden & H.A.J. van Lanen, 1986: De interpretatie van bodemkundige gegevens. Rapport 1967, STIBOKA, Wageningen

Stevers, R.A.M., J. Runhaar, K.J. Canters & H.A. Udo de Haes, 1984: Beleidsanalyse Kustverdediging Texel. De effekten van kustverdedigingsalternatieven op het natuurlijk milieu. CML, Leiden

Stuyfzand, P.J., 1986: Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing. H_2O 19(23):562-568

Volp, C. & A.C.W. Lambrechts (eds.), 1988: The SAMWAT database for computer models in water management. SAMWAT rapport no. 2, Den Haag

Wiertz, J., 1987: Modelvorming in de projecten van WAFLO en SWNBL; balans van een tussentijds overleg. Rapport 87/16, RIN, Leersum

Wirdum, G. van, 1980: Een eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop. CHO/TNO Rapporten en Nota's nr. 5:118-143

----, 1981: Linking up the natec subsystem in models for the water management. CHO/TNO Proc. and Inf. 27:108-128

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink & J. Beuving, 1987: Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. ICW-rapport 18 / STIBOKA-rapport 1932, Wageningen

COLOFON

Uitgave: Studiecommissie Waterbeheer-, Natuur, Bos en Landschap

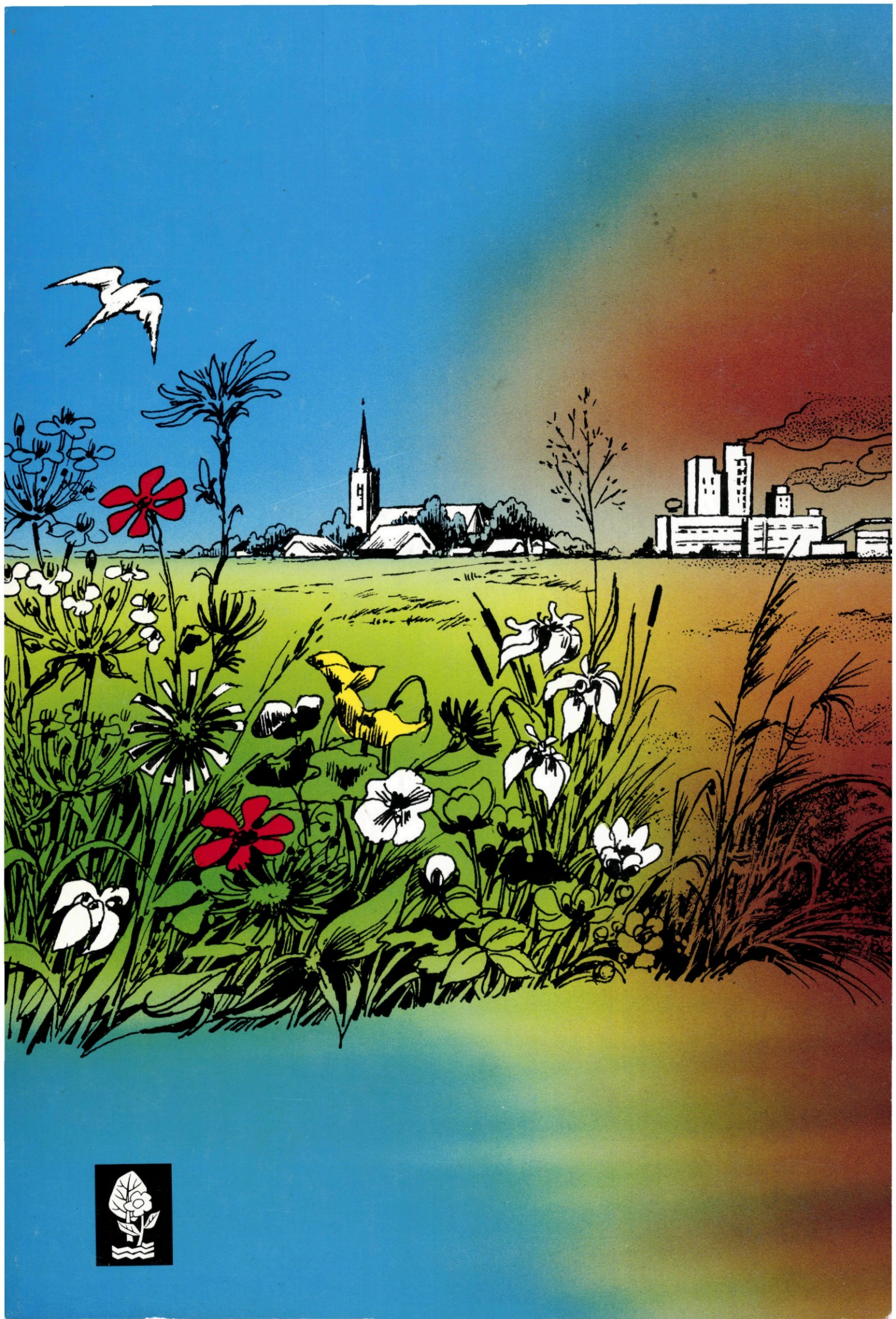
Figuren: J. G. de Molenaar en J. G. Vermeer (tenzij anders vermeld)

Tekenwerk figuren en tabellen: Tekenkamer afdeling Kartografie Staatsbosbeheer

Vormgeving en produktie: P. Oudenbroek

Zetwerk: Assist

Lithografie: Scanmail/Arti-bloc

Druk: Klomp

Afwerking: Van der Zalm