



ALTERRA

stowa

rijn



Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische levensgemeenschappen

P.F.M. Verdonchot

P.W. Goedhart



Alterra-rapport 172, ISSN 1566-7197

Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische levensgemeenschappen

Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische levensgemeenschappen

Het 'Cenotypenvoorspellingsmodel'

**P.F.M. Verdonschot
P.W. Goedhart**

Alterra-rapport 172

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

Verdonschot, P.F.M. en P.W. Goedhart, 2000. *Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische levensgemeenschappen* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 172. 112 blz. ... fig.; 23 tab.; 16 ref.

Dit rapport geeft de resultaten weer van de ontwikkeling van het cenotypenvoorspellingsmodel en is uitgevoerd in het kader van het project RISTORI fase 2. Dit model borduurt voort op het prototypemodel ontwikkeld in fase 1 van genoemd project.

Het ontwikkelde model is gebaseerd op multinomiale logistische regressie. De gegevens waarop het model is gebaseerd zijn afkomstig van het project "Ecologische karakterisering van Oppervlaktewateren in Overijssel".

Het model is gebaseerd op drie niveau's: hoofdgroepen, groepen en cenotypen. Hiermee is het model ook bruikbaar op verschillende toepassingsniveau's. Met kruisvalidatie is het model geoptimaliseerd.

Met drie waterbeheerders is een praktijkvalidatie uitgevoerd. Voor de Marswetering, Bergambacht en de Lunterse beek zijn 5 tot 6 scenario's doorgerekend. De resultaten zijn voldoende vertrouwenwekkend om fase 3 van het project te starten.

Trefwoorden: cenotypen, macrofauna, model, multinominale logistische regressie, voorspelling, waterbeheer

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 50,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 172. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Doelstelling	11
3 De cenotypenbenadering in kort bestek	13
3.1 De gemeenschapsbenadering	13
3.2 Ecologische typologie of cenotypologie	13
3.3 Een effectmodel op basis van EKKO-cenotypologie	15
4 Aanpak cenotypenvoorspellingsmodel	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Cenotypen	17
4.3 Modelleren	17
4.4 Toetsing	18
4.5 Opschaling voor provinciaal en landelijk gebruik	18
4.6 Prototype 'Cenotypenmodel' fase 2	18
5 Reeksen van cenotypen	19
5.1 Inleiding	19
5.2 Morfologische reeksen	20
5.3 Kwaliteitsreeksen	21
5.4 Ecologische reeksen	25
5.5 Keuze van de optimale reeks en parameters	26
6 Modelleren	29
6.1 Multinomiale logistische regressie-analyse	29
6.2 Selectie van milieuvariabelen/predictoren	30
6.3 Evaluatie van de modellen door middel van kruisvalidatie	30
7 Resultaten	31
7.1 Eerste serie analyses: voorspelling met twee hiërarchische niveaus en simultane aanpassing aan alle data	31
7.1.1 Inleiding	31
7.1.2 Modellen I, II en III	31
7.2 Tweede serie analyses: voorspelling met drie hiërarchische niveaus en aanpassing per niveau	35
7.2.1 Inleiding	35
7.2.2 Model IV: Modelselectie, kruisvalidatie en resubstitutie	37
7.2.3 Model V: Modelselectie, kruisvalidatie en resubstitutie	42
7.2.4 Model VI: modelselectie, kruisvalidatie en resubstitutie	45
7.3 Conclusies modelontwikkeling	50
8 Praktijkvalidatie	51
8.1 Inleiding	51
8.2 Scenario's	51
8.2.1 Marswetering	51

8.2.2 Lunterse beek	51
8.2.3 Bergambacht	52
8.3 Model-invoerparameters	53
8.4 Voorspellingsresultaten	54
8.4.1 Marswetering	54
8.5 Lunterse beek	56
8.5.1 Bergambacht	58
8.6 Conclusies praktijkvalidatie	63
Literatuur	67
Bijlagen	69
1 Relevante milieuvariabelen in ordinatiediagrammen en “forward selectie”.	71
2 Indeling van cenotypen naar groepen.	77
3A. Box-plots van ongetransformeerde kwantitatieve predictoren.	79
3A Box-plots van getransformeerde kwantitatieve predictoren (Log of Logit).	80
3B.: Gemiddelde kruisvalidatie terugvoorspelkans van groep naar groep voor model I, II en III.	81
3C1. Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor model I.	82
3C2: Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor model II.	83
3C3. Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor model III.	85
3E. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model IV.	86
3F. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model V.	87
3G. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model VI.	88
4. Indeling van cenotypen naar hoofdgroepen.	89
5. Parameterwaarden voor de scenario's voor Marswetering, Lunterse beek en Bergambacht.	91
6. Cenotypenbeschrijvingen.	93
7. Lijst met cenotypen.	103
8. Het netwerk van cenotypen. De contourlijn omvat alle monsterpunten van het EKKO-project.	105
9. Milieuvariabelen: code, naam en eenheid.	107

Samenvatting

Dit rapport geeft de resultaten weer van de ontwikkeling van het cenotypenvoorspellingsmodel en is uitgevoerd in het kader van het project RISTORI fase 2. Het doel van dit deelproject is het ontwikkelen van de effectmodule voor het toekomstige ingreep-effect-model voor aquatische ecosystemen in regionale wateren op basis van gemeenschap-factorgroep relaties. Met het model moeten ecologische effecten van maatregelen en ingrepen kunnen worden voorspeld op het niveau van levensgemeenschappen. Hiermee moeten afgewogen besluiten genomen kunnen worden over voorgenomen ingrepen in een watersysteem. Ook moeten met het model gebiedspecifieke normdoelstellingen onderbouwd kunnen worden. Dit model borduurt voort op het prototypemodel ontwikkeld in fase 1 van genoemd project.

Het ontwikkelde model is gebaseerd op multinomiale logistische regressie. De gegevens waarop het model is gebaseerd zijn afkomstig van het project “Ecologische Karakterisering van Oppervlaktewateren in Overijssel (EKKO)”. Met het cenotypenvoorspellingsmodel worden in feite geen nieuwe situaties voorspeld, maar worden richtingen binnen een bestaande ruimte aan cenotypen aangegeven. Omdat naast biotische parameters de cenotypen ook worden gekarakteriseerd door abiotische parameters is deze techniek mogelijk. De toepassing van de EKKO-data heeft een voorspellingsmodel opgeleverd voor Overijsselse situatie.

Het model is nog niet in de praktijk toepasbaar. Er is uitgegaan van het voorliggende prototype met het accent op de functionaliteit daarvan en niet op uitvoering en gebruikersvriendelijkheid. Het model is vooralsnog in Genstat geprogrammeerd en toegepast.

Het model is gaat uit van drie niveau's: hoofdgroepen, groepen en cenotypen. Hiermee is het model ook bruikbaar op verschillende toepassingsniveau's van landelijk beleid tot regionaal beheer.

Met resubstitutie en kruisvalidatie is het model geoptimaliseerd.

Met drie waterbeheerders is een gezamenlijk praktijkvalidatie uitgevoerd. De samenstelling van de aangeleverde scenario's is feitelijk onvoldoende voor een gedegen voorspelling. Op basis van deskundigen-inschatting zijn de scenario's geoptimaliseerd. Voor de Marswetering, Bergambacht en de Lunterse beek zijn 5 tot 6 scenario's doorgerekend. Voor de Marswetering blijkt dat deze wetering heeft weinig baat bij allerlei ingrepen. De voorspelling voor de Lunterse beek komt overeen met gemeten trends door het waterschap. Bergambacht blijkt weinig baat te hebben bij de geschetste ingrepen. De resultaten zijn voldoende vertrouwenwekkend om fase 3 van het project te starten.

1 Inleiding

In het kader van de Watersysteemverkenningen (WSV) worden door het RIZA beleidsanalyses uitgevoerd op het gebied van integraal waterbeheer. Voor die beleidsanalyses worden diverse modelinstrumenten ingezet waarmee effecten van maatregelen in het waterbeheer voorspeld kunnen worden. In deze keten van modellen mist nog een ingreep-effect-model voor aquatische ecosystemen in regionale wateren. Dat gemis wordt niet alleen ervaren in het landelijke WSV-kader, ook in de (aanstaande) regionale watersysteemrapportages en -verkenningen. Het RIVM heeft eveneens behoefte aan een dergelijk model voor de natuur- en milieuverkenningen waarmee ook de effecten van ingrepen voorspeld moeten kunnen worden. Vanuit haar positie als coördinator voor het onderzoek naar regionale watersystemen heeft ook de STOWA haar belangstelling voor een ingreep-effect-model.

Door de opdrachtgevers (RIZA, STOWA en RIVM) is bovenstaande behoefte vertaald in het project RISTORI met als doel het ontwikkelen van een ingreep-effect-model met behulp waarvan afgewogen (op ecologisch inzicht gebaseerde) besluiten genomen kunnen worden over effecten van ingrepen in watersystemen. Ook moet het model bijdragen aan het formuleren van gebiedspecifieke normdoelstellingen. Het model zal zoveel mogelijk moeten aansluiten op beschikbare gegevensbestanden, modellen en lopende ontwikkelingen.

Het project wordt in stappen uitgevoerd.

Definitiefase: Als eerste stap op weg naar een effectmodel voor aquatische natuurwaarden in regionale wateren is een definitiefase verricht. De resultaten van deze fase hebben geleid tot een plan van aanpak waarin drie fasen en twee benaderingen zijn onderscheiden:

Fase 1: Fase 1 richtte zich op het ontwikkelen van een prototype van het effectmodel, ingevuld voor twee subtypen oppervlaktewateren: veensloten en middenlopen van laaglandbeken;

Fase 2: Fase 2 richtte zich op het verbreden van de inzetbaarheid van het effectmodel door gebruik te maken van meer gemeenschapstypen van een regionale set van wateren;

Fase 3: In de derde fase worden meerdere watertypen in het effectmodel ingebracht en wordt het model geoperationaliseerd.

Het project omvat twee benaderingen, die beide fase 1 tot en met 3 doorlopen:

Benadering A: de soortbenadering waarin het ontwikkelen van een effectmodel op basis van soort-factor relaties voortvloeiend uit de bestaande STOWA-base (WUR en WiBo) is beoogd.

Benadering B: de gemeenschapsbenadering: het ontwikkelen van een prototype effectmodel op basis van levensgemeenschappen (cenotypen) in relatie tot factorencomplexen (Alterra).

Dit rapport bevat de resultaten van *Fase 2, benadering B*; de gemeenschapsbenadering: "het ontwikkelen van een prototype voor een ingreep-effectmodel op basis van de cenotypen zoals die ontwikkeld zijn in het project Ecologische Karakterisering van Oppervlaktewateren in Overijssel". Deze cenotypen omvatten allerlei watertypen, zoals sloten, beken, vennen etc. Een verkennende praktijkvalidatie door toepassing van het model op praktijkgegevens van drie waterbeheerders is uitgevoerd.

Het rapport is een technisch verslag van het operationeel maken van het EKKO-cenotypenvoorspellingsmodel. Voor achtergrondinformatie wordt verwezen naar Nijboer *et al.* 1998.

Speciale dank gaat uit naar de RISTORI financierders die het project mogelijk hebben gemaakt, naar Francisco Leus (RIZA) voor zijn begeleiding en commentaar, en naar Rob Gerritsen (Waterschap Vallei & Eem), Bert Moonen (Waterschap Groot-Salland) en Wim Twisk (Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden) voor hun bijdrage aan de praktijkvalidatie.

2 Doelstelling

Het doel van dit deelproject is het ontwikkelen van de effectmodule voor het toekomstige ingreep-effect-model voor aquatische ecosystemen in regionale wateren op basis van gemeenschap-factorgroep relaties. Met het model moeten ecologische effecten van maatregelen en ingrepen kunnen worden voorspeld op het niveau van levensgemeenschappen. Hiermee moeten afgewogen besluiten genomen kunnen worden over voorgenoemen ingrepen in een watersysteem. Ook moeten met het model gebiedspecifieke normdoelstellingen onderbouwd kunnen worden.

Het effectmodel moet aansluiten op het dosismodel. Het dosismodel berekent de abiotische gevolgen van een voorgenoemen ingreep. Deze abiotische variabelen dienen als invoer voor het effectmodel. Het dosismodel gaat in de toekomst voldoen aan de eisen die het effectmodel stelt. Vooralsnog wordt zonder dosismodel gewerkt.

In de eerste fase van het project RISTORI is een prototype van een effectmodel ontwikkeld (Nijboer *et al.* 1998). Dit effectmodel wordt in deze fase gevuld met de gegevens zoals die verzameld zijn in het project "Ecologische Karakterisering van Oppervlaktewateren in Overijssel (EKKO) (Verdonschot 1990a, 1990b)". Onderzocht wordt welke variabelen een belangrijke rol in het toekomstige model zullen gaan spelen en hoe deze in het model in te passen.

Het model zal echter nog niet in de praktijk toepasbaar zijn. Voor het model noch het prototype wordt momenteel een beschrijving of functioneel ontwerp opgesteld. Er is uitgegaan van het voorliggende prototype met het accent op de functionaliteit daarvan en niet op uitvoering en gebruikersvriendelijkheid. Het model is vooralsnog in Genstat geprogrammeerd en toegepast.

Ook dit tweede prototype is bedoeld om aan te tonen dat met het model reproduceerbare relaties tussen ingrepen in de watersystemen (in termen van gewijzigde milieu-omstandigheden) en de respons van levensgemeenschappen weergegeven kunnen worden. Door middel van een validatie met onafhankelijke veld- en scenario-gegevens zullen voorspellingen vergeleken worden met gemeten responsies in het veld.

3 De cenotypenbenadering in kort bestek

3.1 De gemeenschapsbenadering

Soorten zijn de expressie van hun omgeving. Deze omgeving is een samenspel van vele soorten en milieuvariabelen. Tussen één soort en één milieuvariabele bestaat een verband dat als optimumcurve kan worden weergegeven. Bij relaties tussen soorten spelen concurrentie, predatie, mutualisme en parasitisme een belangrijke rol. Theoretisch heeft iedere soort voor iedere milieuvariabele een optimum, een tolerantie-range en een lethaal gebied (een teveel of een te weinig). Echter dit is slechts theorie. Soorten leven in een omgeving opgebouwd uit een complex van milieuvariabelen (Pianka 1978, Karr 1991), inclusief andere soorten. Ook onder optimale milieuomstandigheden voor een soort kan een predator of een concurrent deze soort in aantal doen afnemen. Een soort kan dus in lagere aantallen voorkomen bij de optimale waarde voor een milieuvariabele indien gelijktijdig een andere milieufactor, die ook biotisch van aard kan zijn, een negatief effect heeft op deze soort. Ook is het mogelijk dat de ene milieuvariabele het negatieve effect van een andere opheft, waardoor de soort juist in grotere aantallen voorkomt dan verwacht. In verschillende watertypen kan een soort dus verschillende optima hebben. De relatie tussen een soort en één milieuvariabele kan in de praktijk dus moeilijk worden vastgesteld. De interacties tussen soorten is een extra argument om alle soorten gezamenlijk te beschouwen. Vanaf het begin van deze eeuw zijn groepen van soorten gebruikt voor typologieën (Thienemann 1925, Den Hartog 1963) en beoordelingssystemen (Armitage *et al.* 1983, Verdonschot 1990a, 1990b).

In de toepassing zullen verschillende combinaties van soorten te onderscheiden zijn bij verschillende complexen van milieuvariabelen. Veranderen de omstandigheden dan zullen er verschuivingen optreden in de aanwezige levensgemeenschap. Deze verschuivingen zijn te herkennen aan het verdwijnen van soorten en het verschijnen van andere soorten. Bij kleine veranderingen zullen slechts verschuivingen in aantallen individuen waar te nemen zijn. Grote veranderingen in milieu kunnen echter ook leiden tot verschuivingen in aantallen als gevolg van verschuivende concurrentie of predatie verhoudingen of omgekeerd kleine veranderingen in grote veranderingen in aantallen of soorten als gevolg van wijzigingen in biotische interacties. De wijze waarop deze veranderingen verlopen is vaak nog niet wetenschappelijk onderbouwd. Zeker is dat de relaties veelal niet lineair verlopen.

3.2 Ecologische typologie of cenotypologie

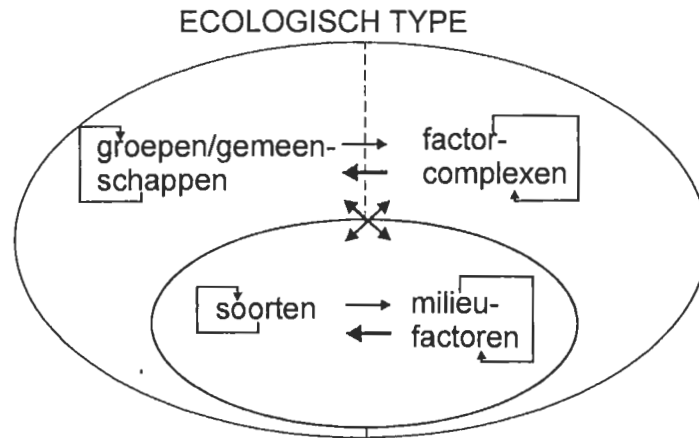
Milieuomstandigheden kunnen, vooral daar waar geologie, geomorfologie en klimaat vergelijkbaar zijn, in redelijk vergelijkbare samenstelling van combinaties van waarden voor alle milieuvariabelen voorkomen. Dit is vooral het geval binnen een watertype en een regio. Tussen verschillende watertypen of tussen verschillende regio's kunnen de verschillen beduidend groter zijn. Ook menselijke beïnvloeding

kan de variatie vergroten. Het is belangrijk dat de effecten van menselijke verandering (ingrepen) van milieuvariabelen binnen een regio en/of watertype op soorten inzichtelijk gemaakt kunnen worden (Preston & Bedford 1988). In Nederland komen nog maar weinig natuurlijke situaties voor. Hierdoor bevinden zich in de meeste wateren vooral algemene soorten met brede toleranties. Deze soorten zijn op zich niet erg geschikt als indicator (Rosenberg & Resh 1993). Door echter alle soorten samen te beschouwen kan een beter beeld verkregen worden van onderliggende milieu-omstandigheden (Higler & Tolkamp 1984, Zonneveld 1984).

Omdat het vrijwel onmogelijk is om voor ieder oppervlaktewater apart een beoordeling uit te voeren en een beheersplan op te stellen worden wateren onderverdeeld in typen. Per type kan dan een beoordelings- en beheersinstrument gebouwd worden. Dit geldt ook voor het voorspellen van effecten van ingrepen. Een ingreep zal in het ene watertype een ander effect hebben dan in het andere. Het is dan ook noodzakelijk om een ingreep-effectmodel te baseren op een typologie. Volgens de doelstelling van het project moet het model gebaseerd zijn op ecologische inzichten. Daarom is voor de bouw van het model uitgegaan van een ecologische typologie.

Een type is de gemeenschappelijke grondvorm van een bepaald aantal verschijnselen. In dit geval gaat het om ecologische verschijnselen: een netwerk van organismen, milieuvariabelen en hun onderlinge relaties. Een type wordt gekarakteriseerd door een complex van milieuvariabelen en het voorkomen van een bepaalde "levens-gemeenschap" (soortengroep of -associatie; in het engels als 'species-assemblage' aangeduid: figuur 1). Binnen een type is variatie mogelijk. Het type bepaalt slechts de algemene overeenkomst. Typen lopen vaak geleidelijk in elkaar over. Duidelijke grenzen zijn niet aan te geven. Overgangen worden geïnitieerd door veranderingen in bepaalde milieuvariabelen. Verschillen tussen typen worden bepaald door abiotische hoofdfactoren, dit zijn de milieuvariabelen die de grootste variatie tussen twee verschillende typen verklaren.

Het doel van een dergelijke ecologische typologie, ook wel cenotypologie genoemd (Verdonschot 1990a) is de multidimensionele relatie tussen soorten en milieuvariabelen te reduceren tot een weinig dimensionele praktisch hanteerbare en inzichtelijke relatie (Verdonschot 1983).

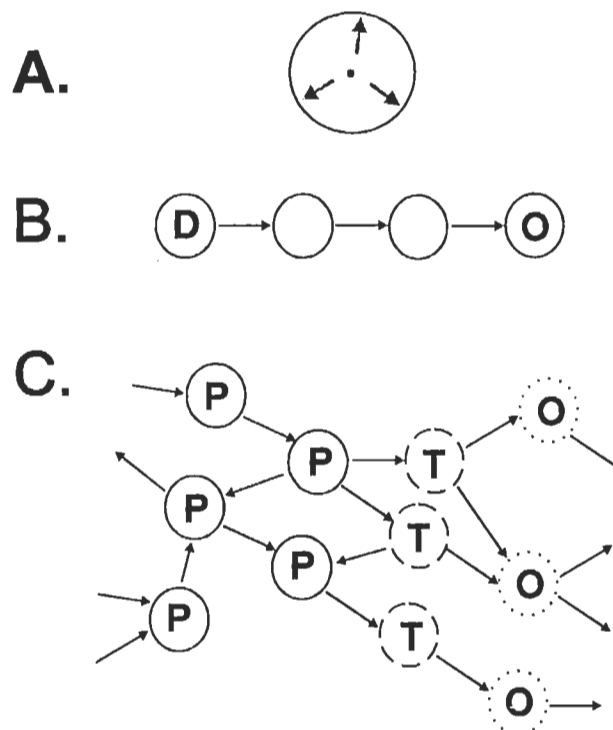


Figuur 1. Soort, factor, gemeenschap en factorcomplex in een ecologisch type.

3.3 Een effectmodel op basis van EKKO-cenotypologie

Het ingreep-effectmodel is gebaseerd op een ecologische typologie. Uitgangspunt voor het model zijn de cenotypen voor de provincie Overijssel (Verdonschot 1990b). Deze cenotypen zijn gekarakteriseerd aan de hand van soortengroepen en milieuvariabelen. De relaties tussen de cenotypen zijn weergegeven door de typen in een netwerk te plaatsen en de cenotypen onderling met pijlen te verbinden. De pijlen geven weer welke milieuvariabelen als stuurvariabelen beschouwd kunnen worden voor de overgang van het ene cenotype naar het andere.

Ingrepen leiden in eerste instantie tot een kleine verschuiving binnen een cenotype (figuur 2A). Pas als er soorten verdwijnen en andere verschijnen is sprake van een overgang naar een ander cenotype (figuur 2B). De werkelijkheid is echter complexer dan een eenvoudige ontwikkelingsreeks. Toestanden kunnen zich in meerdere richtingen ontwikkelen als gevolg van veranderingen in het milieu. Een hydrologische ingreep zal tot andere veranderingen in het systeem leiden als bijvoorbeeld het terugdringen van nutriëntengehalten. Voor een bepaalde actuele toestand zijn dus verschillende ontwikkelingsrichtingen mogelijk. Om deze ontwikkelingsmogelijkheden te omvatten is een netwerk van ontwikkelingsreeksen een goed instrument om dit eenvoudig te presenteren (figuur 2C). Complexe netwerken kunnen ook in meerdere reeksen worden omgezet. Een voorbeeld is uitgewerkt door Verdonschot, Gerritsen en Koopmans (1999). Uit een netwerk is eenvoudig af te lezen in welke toestand een cenotype zich bevindt, welke ontwikkelingsmogelijkheden er voor het cenotype zijn (tot welke andere cenotypen het zich kan ontwikkelen) en welke stuurvariabelen beïnvloed moeten worden om deze ontwikkeling te sturen.



Figuur 2. Relaties binnen (A: • = centroïd) en tussen (B, C) cenotypen die uiteindelijk leiden tot een netwerk (C). de pijlen stellen de stuurvariabelen voor. O = optimale toestand of referentie, P = huidig voorkomende toestand, T = toestand streefbeeld en D = extreem beïnvloed (dood) water.

Het model kan aan de hand van het netwerk voorspellen in welke richting een cenotype zich zal ontwikkelen. Een ingreep heeft direct effect op één of meer milieuv variabelen. De effecten kunnen echter ook doorwerken van de ene milieuv variabele op de andere. De effectmodule die in dit onderzoek is ontwikkeld, richt zich op de effecten die ontstaan als gevolg van een verandering in een milieuv variabele of een combinatie van milieuv variabelen. Voor veel ingrepen geldt het laatste en bij de ontwikkeling van de input- of dosismodellen dient hier rekening mee te worden gehouden. De milieuv variabelen die veranderen als gevolg van een bepaalde ingreep worden bekend verondersteld; deze komen voort uit het dosismodel. De effectmodule start dus bij de milieuv variabele(n) en niet bij de ingreep zelf. De effectmodule heeft aan de andere kant ook een beperking. De voorspelling kan niet verder reiken dan de typen die vooraf in het model zijn opgenomen.

Het model kan voor twee doeleinden worden gebruikt:

1. toedeling van de huidige situatie aan één van de bestaande cenotypen op basis van abiotiek
2. voorspelling van de ontwikkelingsrichting (het toekomstige cenotype) aan de hand van de voorspelde waarde(n) (uit het dosismodel) voor de betreffende milieuv variabele(n).

Beide delen zijn gebaseerd op een techniek waarmee aan de hand van de abiotische variabelen een kansverdeling weergegeven wordt voor het voorkomen van een monster in elk van de cenotypen in het model.

4 Aanpak cenotypenvoorspellingsmodel

4.1 Inleiding

Het doel van fase II is het prototype effectmodel “middenlopen” (Nijboer *et al.* 1998) verder te verfijnen en optimaliseren. Hiervoor wordt een uitgebreidere en gedetailleerdere dataset gebruikt. Deze reeds geanalyseerde dataset met daarin 40 cenotypen is afkomstig uit het zogenaamde EKKO project (Verdonschot 1990b).

Het nieuwe model, dat gebaseerd is op het “middenlopen”-prototype, resulteert uit modellering van deze gegevens en zal worden getoetst met behulp van een aantal verschillende monstervelden uit dezelfde gegevensset (terugvoorspelling).

Tevens is een verkennende studie uitgevoerd waarin het model in drie praktijksituaties is toegepast.

4.2 Cenotypen

Uit het onderzoek is gebleken dat de data-bestanden veensloten en middenlopen minder geschikt waren voor het beoogde doel. Desondanks was besloten om in eerste instantie het prototype voor de middenlopen data te ontwikkelen. Dit is inmiddels gebeurd. De cenotypen die in deze fase gebruikt worden zijn fijnschaliger beschreven dan die uit de middenlopen-dataset uit het STOWA-bestand. Bovendien bevat het meerdere watertypen en verschillende gradiënten van milieuvariabelen in (dus niet alleen organische belasting maar ook vorm, stroming, etc.).

Behalve cenotypen die afkomstig zijn uit analyses van grote data-analyses wordt rekening gehouden met de mogelijkheid om op basis van expert judgement andere cenotypen in het model in te kunnen voeren. Dit is bijvoorbeeld van belang voor de implementatie van referentie- en streefbeeldenvan waarvan geen data (meer) aanwezig zijn.

4.3 Modellering

De modelformuleringen zelf zijn niet aangepast. In het eerste prototype waren nog twee modelleringstechnieken gebruikt die vergelijkbare resultaten genereerden. Voor de modellering van deze dataset is gekozen om gebruik te maken van gewone multinominale logistische regressie.

4.4 Toetsing

Toetsing heeft allereerst plaats gevonden door middel van een bureaustudie (resubstitutie en kruisvalidatie). Monsters afkomstig uit de eigen dataset zijn gebruikt om het model te toetsen door terugvoorspelling (resubstitutie) van deze monsters. De resultaten van de toetsing door terugvoorspelling en door kruisvalidatie kunnen in de verdere modelontwikkeling gebruikt worden ter verbetering van het model.

Om de functionaliteit van het prototypemodel gevuld met EKKO levensgemeenschappen aan een pilot studie te kunnen onderwerpen, is het noodzakelijk het effectmodel te koppelen aan gegevens uit proefgebieden. Dit is alleen reëel voor gebieden die binnen het bereik van de basisgegevens (Overijssel) liggen. De invoerparameters zoals nodig voor het effectmodel zijn door de opdrachtgever aangeleverd in voor het prototype benodigde format. Voor de proefgebieden is het functioneren van het effectmodel onderzocht en zijn de resultaten in samenspraak met de beheerders beoordeeld.

4.5 Opschaling voor provinciaal en landelijk gebruik

Om met het prototype ook een doorkijk te geven naar het provinciaal en landelijk gebruik zijn de cenotypen geaggregeerd tot groepen en hoofdgroepen. Op basis van abiotische factoren kan dan met het model voorspeld worden welke groepen en hoofdgroepen aanwezig zullen zijn. Indien het prototype voor provinciale of landelijke schaal gebruikt wordt kan gekozen worden voor een voorspelling van een groep of hoofdgroep.

4.6 Prototype 'Cenotypenmodel' fase 2

Het prototype 'Cenotypenvoorspellingsmodel' is een model waarmee het effect van een ingreep op het cenotype voorspeld kan worden. Het prototype is bruikbaar op regionale schaal en toepasbaar voor allerlei ingrepen (i.t.t. het vorige prototype dat slechts voor organische belasting bruikbaar is) maar alleen in Overijssel. Het prototype is getoetst op betrouwbaarheid en validiteit. Het prototype is alleen onder GENSTAT geoperationaliseerd mede omdat het vooralsnog alleen in Overijssel bruikbaar zal zijn.

5 Reeksen van cenotypen

5.1 Inleiding

Voor een volledige beschrijving van de EKKO-cenotypen; de totstandkoming en het potentiële en huidige gebruik wordt verwezen naar Verdonschot (1990a en 1990b) en Verdonschot & Nijboer (2000).

Om de cenotypen uit Overijssel te gebruiken in het effectmodel is allereerst een model gemaakt met de volledige data-set. Deze verkenning moest duidelijk maken in hoeverre het prototype in staat was om data van dergelijke omvang te behandelen. De data-set uit EKKO bevatte oorspronkelijk:

- 664 monsters (er zijn er uiteindelijk 649 gebruikt)
- 856 soorten
- 87 milieuvariabelen
- 40 cenotypen

Een data-set van dergelijke omvang stuitte in het prototype model op het probleem van het te grote aantal milieuvariabelen en voorts nog te hoge aantal typen. Een formele parametersselectie was niet mogelijk met de huidige beschikbare rekenapparatuur. Hiervoor was de verhouding tussen het aantal te schatten parameters in het multinomiale logistische model en de hoeveelheid monsters (40 cenotypen variërend in grootte van 5 tot 50 monsters met een totaal van 664 monsters) te scheef verdeeld. Een selectie van parameters en/of typen was nodig en is mede in het licht van een toekomstige monitoringsinspanning ook zeer reëel. Voor de parametersselectie is gebruikt gemaakt van de beschikbare kennis over de data. Gekozen is om tweeledig te werk te gaan:

1. het beperken van de milieuvariabelen op basis van bestaande kennis
2. het gelijktijdig opschalen van de typen zodat voor hogere schalen minder typen voorspeld behoeven te worden

Voor het beperken van het aantal milieuvariabelen is gebruik gemaakt van de volledige beschrijvingen van de cenotypen (Verdonschot 1990b) en de reeds beschikbare analyse resultaten (DCCA en forward selectie in CANOCO) beschreven door Verdonschot (1990a). Bij de selectie is gezocht naar een combinatie van milieuvariabelen die tezamen voldoen aan de volgende eisen:

- een zo minimaal mogelijk aantal
- het cenotype wordt uit de variabelen afdoende verklaard

Bij de keuze van de meest relevante milieuvariabelen en de aggregatie van cenotypen (opschalen) is daarom uitgegaan van drie mogelijke reeksen:

1. Morfologische reeksen: het indelen van de cenotypen naar hoofdgroepen volgens morfologische reeksen/eenheden met als voordeel dat een dergelijke indeling direct (één op één) aansluit bij een opschaling en gebiedsgerichte toepassing.
2. Kwaliteitsreeksen: het indelen van de cenotypen naar kwaliteitsreeksen met als voordeel dat een dergelijke indeling direct aansluit op de wens tot het waarderen van

de cenotypen en de modelresultaten.

3. Ecologische reeksen: het indelen van de cenotypen naar hoofd- en subgroepen op basis van ecologische similariteit met als voordeel dat een dergelijke indeling direct aansluit op de ecologische realiteit en daarmee op de mogelijkheid tot het impliciet opschalen van te verwachten effecten (de respons van een fijnschalig type maakt onderdeel uit van de respons van een grofschalig hoofdtype).

Bij de morfologische en kwaliteitsreeksen kunnen bepaalde cenotypen in meerdere hoofdgroepen voorkomen. De ecologische reeks is hiërarchisch, dat wil zeggen dat elk cenotype slechts in één (hoofd)groep voorkomt.

5.2 Morfologische reeksen

Het onderscheiden van morfologische reeksen heeft als bijkomend voordeel dat deze vaak passen in een gebiedsgerichte toepassing en op eenvoudige wijze in allerlei ruimtelijke toepassingen (bijvoorbeeld GIS) geïmplementeerd kunnen worden. Overigens betekent dit niet, dat als morfologische reeksen niet optimaal zouden zijn voor modelformulering, deze niet toegepast kunnen worden bij de interpretatie van de voorspelling. Dit laatste is wel degelijk mogelijk en zou de toepassing van de opgestelde reeksen sterk kunnen vereenvoudigen. Voor de morfologische reeksen zijn 12 reeksen geformuleerd (tabel 1).

Tabel 1. Morfologische reeksen in EKKO (de letter en cijfercode (bijvoorbeeld H1) refereert naar een bepaald cenotype: horizontaal staat de reeks in volgorde van bron naar monding of van klein naar groot en verticaal staan uitwisselbare typen).

bron-bronbeek-bovenloop-middenloop
H5 (voedselarm)
H3 – S1 – S2 – S6
H1 (voedselrijk)
regenbeek (droogvallende bron-droogvallende bovenloop-middenloop)
H2 – S3 – S4 – S6
H6 S13 S9 (seizoen)
(zuur) (seizoen)
genormaliseerde (droogvallende) bovenloop-middenloop
H6 – S12 – S10 – S7
H5 D8 R4 (belast)
(voedselarm) (sloot)
(droogvallende) weteringen
S12 – S10 – R4 – R1
D3 (permanent, sloot)
grote stromende wateren (benedenloop-rivier(tje)-randmeer)
R9 – R3 – R11 – R8

sloten	D6 (zuur) (droogvallend/stromend) D8 – D3 – D2A – P8 (groot) (laagveen) P5 (verlandend, klein)
kanalen	P11 – R7
laagveen	lijnvorm D2A – R2 – R7 (sloot – vaart) D3 afgerond P6 – P8 – P9 (petgat/meertje) R12? P4 poel
plassen	P11 – P7
zure wateren (bronnen en vennen)	H5 – H6 (bronnen) S12 P1 – P2 – P3 – P4 (vennen) D6
basische wateren (wielen/laagveen, plassen/wielen, meren)	P9 P8 – R12 – P11 – R8
droogvallende wateren	S13 – S9 zomer H2 S10 – D8 S3 – S4 – S5 – S14

5.3 Kwaliteitsreeksen

Het onderscheiden van kwaliteitsreeksen heeft als voordeel dat deze gebruikt kunnen worden om cenotypen te waarderen. Dit betekent opnieuw dat als kwaliteitsreeksen niet optimaal zouden zijn voor modelformulering, deze nog wel toegepast kunnen worden bij de interpretatie en vooral waardering van de voorspellingsresultaten. De kwaliteitsreeksen omvatten 23 reeksen (tabel 2) met gemiddeld vijf variabelen per groep. In de reeksen zijn de slechte en goede kwaliteitstoestanden van een watertype opgenomen als ook streef- en referentietoestand. Cenotypen kunnen in meerdere reeksen voorkomen.

Tabel 2. Kwaliteitsreeksen EKKO (de letter en cijfercode (bijvoorbeeld H1) refereert naar een bepaald cenotype; ' = streefbeeld toestand; + = referentietoestand).

bronnen	
permanent	H1 – H3 – H5 – H3/5' – H3/5+
droogvallend	H2 - - - - - H6 – H6' – H6+
<i>belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:</i>	
debiet, organisch substraat, mineraal substraat, vegetatie, zuurgraad	
basiskwaliteit	H1
referentie	H3/5+
bronloopjes en bovenloopjes	
S14 – S5 – S12 – S3(S13) – S1 – S1' – S1+	
droogval	(S12)
<i>belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:</i>	
verhang, profielvorm, organisch substraat, mineraal substraat, nitraat	
basiskwaliteit	S3
referentie	S1+
bovenlopen	
S14 – S5 – – S10 – S4(S9) – S2 – S2' – S2+	
regulatie	D8/S7
droogval	S10
<i>belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:</i>	
verhang, profielvorm, organisch substraat, mineraal substraat, nitraat	
basiskwaliteit	S10
referentie	S2+
middenlopen	
S14 – S5 – – S7 – S6 – S6' – S6+	
regulatie	R4 – R9
droogval	S9/S10
<i>belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:</i>	
stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten	
basiskwaliteit	S7
referentie	S6+
slootbeken	
S14 – S5 – D3 – S7 – S6'	
breder	R4 – R9
droogval	S10/D8
<i>belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:</i>	
stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten	
basiskwaliteit	D3
streefbeeld	S6'
smalle weteringen	
S14 – S12 – S10 – S7 – S7' – S7+	
– D3 – S7 – S7'	
<i>belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:</i>	
stroomsnelheid, slib, zand, vegetatie, nutriënten	
basiskwaliteit	S10
referentie/streefbeeld	S7+/S7'
brede weteringen	
R4 – (R1 breder) – R9'	
<i>belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:</i>	
stroomsnelheid, slib, zand, vegetatie, nutriënten	
basiskwaliteit	R4
streefbeeld	R9'

benedenlopen

R4 – R1 – R9 – R9' – R9+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:

stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

basiskwaliteit R1*referentie* R9+**riviertjes**

R4 – R1 – R3 – R3' – R3+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:

stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

basiskwaliteit R1*referentie* R3+**kanaalbeken**

R4 – R1 – R9 – R9'

R5 – R3 – R3'

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:

stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

basiskwaliteit R1 (R5)*streefbeeld* R9' (R3')**rivier**

R5 – R11 – R11' – R11+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:

stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

basiskwaliteit R5*streefbeeld* R11'**laagveensloten**

D11 – D3 – P8 – D2A – D2A' – D2A+

ondiep P5

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:

peil, profielvorm, vegetatie, zuurgraad, nutriënten

basiskwaliteit P8*referentie* D2A+**hoogveensloten**

D11 – D8 – D6 – P3 – D6/P3' – D6/P3+

droogval S12

ondiep P5

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:

peil, profielvorm, vegetatie, zuurgraad, nutriënten

basiskwaliteit D6*referentie* D6/P3+**kleislotten**

D11 – D8 – D3 – D3' – D3+

ondiep P5

breed R2

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:

peil, profielvorm, vegetatie, zuurgraad, nutriënten

basiskwaliteit klei D3*referentie* klei D3+**zandsloten**

D11 – D8 – D3 – (P3)D6 – D6' – D6+

droogval S12

stromend S10

ondiep P5

breed R4

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 peil, profielvorm, vegetatie, zuurgraad, nutriënten
basiskwaliteit zand D8
streefbeeld zand D6'

brede sloten en kanaaltjes

R4 – P8 – R2 – P6' – R2' – R2+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, zuurgraad
basiskwaliteit P8
referentie R2+

kanalen

R5 – R4 – R12 – P11 – R7 – R7' – R7+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht
basiskwaliteit R12
streefbeeld R7'

vaarten

R4 – R2 – (R12) – R2' – R2+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht
basiskwaliteit R2
referentie R2+

poelen en kleine plassen

R4 – P8 – P4 – P4' – P4+

zwak zuur zie vennen

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 droogval, oevervorm, vegetatie, nutriënten, zuurgraad
basiskwaliteit P4
referentie P4+

vennen

P1[droog] (P7[groot]/P8[klein]) – P2 – P3 – P3' – P3+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 droogval, oevervorm, vegetatie, nutriënten, zuurgraad
basiskwaliteit P2
referentie P3+

petgaten en meertjes (=incl. kleine wingaten en ondiepe kolken)

P9 – P8 – P6 – P6' – P6+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht
basiskwaliteit P8
referentie P6+

grote plassen meren (=incl. grote wingaten en diepe kolken)

P9 – R12 – P11 – P7 – P7' – P7+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht
basiskwaliteit R12
referentie P7+

randmeren

R8 – R8' – R8+

belangrijkste milieu- en habitatstuurvariabelen:
 expositie, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht
basiskwaliteit R8
referentie R8+

5.4 Ecologische reeksen

Het onderscheiden van ecologische reeksen heeft als voordeel dat deze direct aansluiten op de ecologisch similariteit tussen cenotypen. De ecologische reeksen omvatten drie schalen met een onderscheid naar hoofdgroep, groep en cenotype. De genoemde abiotische parameters karakteriseren het onderscheid tussen respectievelijk hoofdgroepen, tussen groepen binnen hoofdgroepen en tussen cenotypen binnen groepen. De opbouw van tabel 3 is als volgt:

HOOFDGROEP	stuurvariabelen (zie legenda)
Groep	stuurvariabelen (zie legenda)
Cenotype	stuurvariabelen (zie legenda)

Tabel 3. Ecologische reeksen EKKO.

hoofdgroep groep	cenotype	stuurvariabelen
BRONNEN EN BOVENLOPEN		
		S, VERVAL, D, B, droogval, regulatie, profiel, EGV, NH ₄ , pH, O ₂
<i>zuurbron</i>	H5	pH, D, S, egv, NH ₄
	H6	droogval, pH, regulatie, Ca
<i>neutraalbron</i>	H2	s, VERVAL, D, B, droogval, regulatie, profiel
	S1	
	H1	
	H3	t-P, NO ₃ , pH, B, D, droogval, NH ₄
<i>droogboven</i>	S2	B, D, S, droogval, VERVAL
	S12	
	D6	
	S3	
	S4	NH ₄ , O ₂ , droogval, B, D, pH, regulatie
<i>normboven</i>	S5	regulatie, B, D, NH ₄ , O ₂ , droogval
	S10	
	D8	S, NH ₄ , O ₂ , droogval, EGV
<i>beekpoel</i>		B, D, droogval, seizoen, regulatie, NH ₄
	S13	
	S9	NH ₄ , O ₂ , B, D, regulatie
MIDDEN- EN BENEDENLOPEN/RIVIERTJES		
		B, D, S, VERVAL, NO ₃ , EGV, pH, regulatie, profiel
<i>middenloop</i>		B, D, VERVAL, S, NO ₃ , EGV, pH, regulatie
	S6	
	S7	
	R9	regulatie, B, D, NH ₄ , O ₂ , EGV, S
<i>benedenloop</i>		B, D, profiel, regulatie, NO ₃

	R3 R1 R4	S, B, D, NH4, NO3, t-P, %-T, EGV, regulatie
SLOTEN EN KANALEN		
		B, D, EGV, NO3, regulatie, %-T, laagveen, profiel
<i>kanaal</i>	R5 R11 R7	B, D, profiel, NO3, EGV, pH, regulatie B, D, t-P, NO3, NH4, %-T, S, EGV, regulatie
<i>sloot</i>	R2 D3 D2A P5	B, D, %-T, laagveen, regulatie, EGV B, D, t-P, NO3, EGV, %-T, NH4, pH
POELEN, PLASSEN EN MEREN		
		B, D, t-P, NO3, profiel, %-T, O2, NH4, EGV
<i>meer</i>	P7 P11 R12 P9 R8	B, D, profiel, t-P, NO3, regulatie, %-T B, D, NH4, t-P, NO3, %-T, O2
<i>poelplas</i>	P6 P8 P4	B, D, laagveen, t-P, NO3, %-T, O2, NH4 B, D, NH4, t-P, NO3, %-T, laagveen, O2, pH
<i>ven</i>	P3 P2 P1	pH, NH4, EGV, t-P, NO3, Ca, Cl pH, droogval, B, D, EGV, t-P, NO3
legenda: D = diepte S = stroomsnelheid EGV = geleidbaarheid NH4 = ammonium-gehalte O2 = zuurstofgehalte droogval = droogval pH = zuurgraad ISRE, IRIR, LSRE, LSIR = mate van regulatie VERVAL = verval B = breedte ISRE, IRIR, LSRE, LSIR = profielvorm t-P = totaal fosfaat-gehalte %-T = percentage vegetatiebedekking		

5.5 Keuze van de optimale reeks en parameters

Om uit de 87 beschikbare milieuvariabelen de meest voorspellende te kiezen is gebruik gemaakt van de resultaten van de geïnterpreteerde ordinatiediagrammen in termen van stuurvariabelen in het EKKO-netwerk en van de optie 'forward selectie'

in het programmapakket CANOCO. Beide vormen van parametersselectie zijn getabelleerd in bijlage 1.

Uit bijlage 1 blijkt dat de meest onderscheidende parameters ook het meest aansluiten bij de ecologische reeksen. De meest belangrijke sturende factoren zijn vertaalbaar naar concrete parameters. Deze laatste zijn gebruikt om de reeksen te definiëren (zie ook tabel 3).

De milieuv variabelen zijn log-getransformeerd met uitzondering van de zuurgraad. Na verschillende proefanalyses is besloten om niet verder te gaan met de morfologische reeksen omdat bij morfologische reeksen de variatie tussen de verschillende reeksen klein is en de variatie binnen één reeks relatief groot. Dit leverde voor het model uiteindelijk rekendige problemen op. Het voorspellen van een reeks bleek erg moeilijk door de grote interne variatie en de sterke onderlinge cumulatieve overlap.

Ook is besloten om niet met kwaliteitsreeksen te gaan werken omdat in deze benadering cenotypen in meerdere reeksen gelijktijdig voorkomen. Ook dit veroorzaakte methodische problemen.

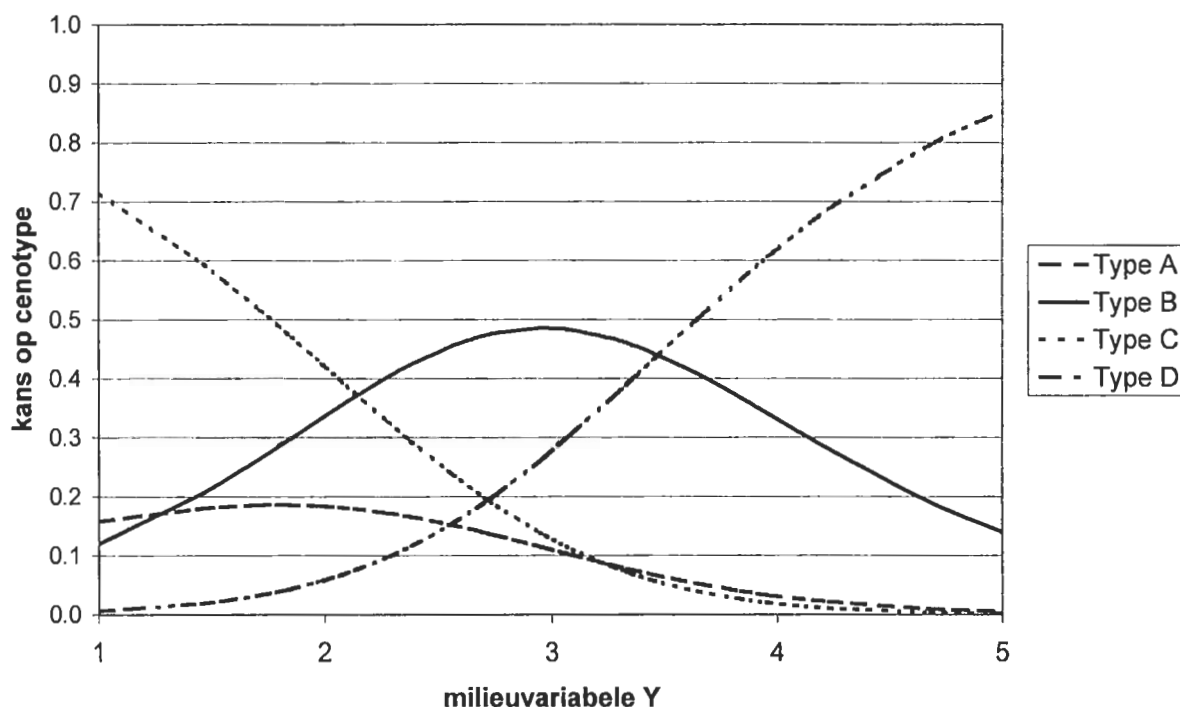
Daarom is verder gegaan met de ecologische reeksen. De ecologische reeksen zijn gemodelleerd met klassieke multinomiale logistische regressie. De modellen zijn geëvalueerd met behulp van kruisvalidatie.

De Bayesiaanse logistische regressie uit fase 1 is niet toegepast vanwege het toch grote aantal te schatten parameters en de te verwachten extreem hoge rekentijd voor kruisvalidatie.

6 Modelling

6.1 Multinomiale logistische regressie-analyse

In het effectmodel is een complex van milieuvariabelen gebruikt om het cenotype te voorspellen. Het “middenlopen” prototype model, een model waarin meerdere milieuvariabelen gelijktijdig worden gebruikt, is ontstaan uit multinomiale logistische regressie-analyse (Hosmer & Lemeshow 1989). Bij multinomiale logistische regressie wordt de kans op een cenotype, gegeven een set milieuvariabelen, rechtstreeks gemodelleerd. Voor een nieuw monster met bekende milieuvariabelen kan dan de kans op elk cenotype voorspeld worden, bijvoorbeeld een voorspelde kans van 0.6 op H5, 0.4 op H6 en 0.0 op de andere centypen. Voor het multinomiale logistische model is het hele scala aan methoden en technieken voor het gegeneraliseerde lineaire model beschikbaar, waarbij bijvoorbeeld gedacht kan worden aan subset selectie van milieuvariabelen. Tevens wordt er niet uitgegaan van een multivariaat normale verdeling van de milieuvariabelen, zoals bij discriminant analyse. Dit is een voordeel, omdat er nominale variabelen in de dataset voorkomen. Een model gebaseerd op multinomiale logistische regressie bevat regressiecoëfficiënten voor de milieuvariabelen, die uit de gegevens geschat worden.



Figuur 3 De kans op voorkomen van vier centypen A, B, C en D langs een milieuvariabele Y. De som van de kans op type A + B + C + D is gelijk aan 1 voor een bepaalde waarde van de milieuvariabele Y. In multinomiale regressie wordt niet met een maar met meerdere milieuvariabelen tegelijk gerekend.

6.2 Selectie van milieuvariabelen/predictoren

Er zijn verschillende manieren om tot een voorspellingsmodel te komen. Het eenvoudigste is om alle milieuvariabelen in het model op te nemen. Dit wordt het 'volledige model' genoemd. Maar in de dataset is het aantal milieuvariabelen zo groot, dat een vorm van selectie van variabelen in de regressie noodzakelijk is. Immers, in de dataset zijn onderling gecorreleerde milieuvariabelen aanwezig en dat geeft een instabiele schatting van het regressiemodel en daarmee onnauwkeurige voorspellingen. Met behulp van selectie van variabelen wordt geprobeerd een zo klein mogelijk model te vinden dat bijna evenveel verklaart als het volledige model. In de regel geeft dat een beter voorspellingsmodel. Een veel gebruikte methode van selectie van variabelen is het aanpassen van alle mogelijke modellen, dat wil zeggen alle mogelijke combinaties van variabelen, om vervolgens het 'beste' model te kiezen. Deze methode is echter zeer rekenintensief en daarom niet altijd haalbaar. Alternatieven zijn selectie van variabelen op basis van a priori kennis en (1) voorwaartse selectie of (2) achterwaartse eliminatie van milieuvariabelen.

In de eerste analyse met twee hiërarchische niveaus is gekozen voor selectie op basis van a priori kennis gevolgd door een eenvoudige eliminatie van variabelen (model I, II en III). In de tweede analyse met drie hiërarchische niveaus en een aparte modellering per niveau, is een zorgvuldige modelselectie toegepast via een combinatie van a priori kennis én het aanpassen van alle mogelijke selecties van variabelen (model IV, V en VI).

6.3 Evaluatie van de modellen door middel van kruisvalidatie

Resubstitutie of terugvoorspellen geeft in het algemeen een te optimistisch beeld van de voorspelkracht van een model. Immers, dezelfde data worden dan gebruikt om het model aan te passen én om de voorspelkansen te berekenen. Kruisvalidatie is daarom beter om de voorspelkracht in kaart te brengen. Er is kruisvalidatie met aselechte groepen van 10 waarnemingen toegepast, maar ook met individuele waarnemingen. Voor kruisvalidatie met aselechte groepen wordt allereerst de eerste groep waarnemingen weggelaten, het model wordt vervolgens aangepast aan de overige waarnemingen en het aangepaste model wordt gebruikt om een voorspelling te berekenen voor de weggelaten waarnemingen. Op dezelfde manier worden alle groepen van waarnemingen successievelijk weggelaten en worden voorspelkansen verkregen. De selectie van variabelen, zoals beschreven in de vorige paragraaf, was geen onderdeel van de kruisvalidatie.

7 Resultaten

7.1 Eerste serie analyses: voorspelling met twee hiërarchische niveaus en simultane aanpassing aan alle data

7.1.1 Inleiding

De eerste opbouw van het model naar ecologische reeksen is gebaseerd op een indeling in 12 groepen zonder hoofdgroepen, zoals gegeven in tabel 3. Een groep is een zodanige verzameling van bij elkaar horende cenotypen, dat aangenomen kan worden dat sommige predictoren een gelijk effect hebben op alle cenotypen binnen een groep. Dit maakt een onderscheid mogelijk tussen predictoren op groepsniveau (groepspredictoren) en predictoren op cenotype-niveau binnen groepen (predictoren binnen groepen). Door dit onderscheid wordt het aantal te schatten regressiecoëfficiënten kleiner, immers voor de groepspredictoren worden alleen regressiecoëfficiënten op groepsniveau geschat, en niet op cenotype-niveau en dat geeft voor alle groepspredictoren een reductie van 39 naar 11 parameters. Overigens heeft toevoeging van een predictor op cenotype-niveau binnen een groep, niet alleen consequenties voor de voorspelde kansen op cenotypen binnen dezelfde groep, maar ook voor alle andere cenotypen. Een uitgebreid overzicht van de 12 groepen en hun parameters is gegeven in bijlage 2. In de eerste stap heeft nog geen selectie van predictoren plaatsgevonden. De relevante predictoren zijn geselecteerd op basis van a priori kennis en staan vermeld in tabel 4.

De kwantitatieve predictoren zijn getransformeerd aan de hand van een Box plot, zoals opgenomen in bijlage 3A. Scheef verdeelde predictoren zijn log getransformeerd, dit betreft de predictoren: tp (totaal fosfaat-gehalte), no3 (nitraat-gehalte), nh4 (ammonium-gehalte), b (breedte), d (diepte), s (stroomsnelheid), verval, egv (geleidbaarheid) en bd (breedte-diepte verhouding). De laatste predictor staat voor het quotiënt van breedte (b) en diepte (d). De percentages drijf (percentage drijvende vegetatie), onder (percentage ondergedoken vegetatie) en totb (percentage totale vegetatiebedekking) zijn niet logaritmisch getransformeerd.

7.1.2 Modellen I, II en III

Er zijn drie modellen aangepast. Model I is het model met de op basis van de ordinatiediagrammen en de “forward selectie”-procedure geselecteerde predictoren (tabel 4). Tabel 4 wijkt af van tabel 3, de eerste is gebaseerd op de vooraf geformuleerde indeling en de laatste op de uiteindelijke na alle runs.

Tabel 4. Predictoren in Model I (de gecodeerde variabelen zijn gedefinieerd in bijlage 9).

Model I		
groep	groepspredictoren	predictoren binnen groepen
ZuurBron	ph, d, s	droogval, ph, isre, irir, lsre, lsir
NeutraalBron	s, verval, d, b	tp, no3, ph, bd
DroogBoven	b, d, s, droogval	nh4, o2, droogval, bd, ph
NormBoven	isre, irir, lsre, lsir, b, d	s
BeekPoel	b, d, droogval	nh4, o2, bd
MiddenLoop	b, d, verval, s	isre, irir, lsre, lsir, bd, nh4, o2
BenedenLoop	b, d, isre, irir, lsre, lsir	s, bd, nh4, o2, tp, no3, totb
Kanaal	b, d, isre, irir, lsre, lsir	bd, nh4, o2, tp, no3, totb
Sloot	b, d, drijf, onder, totb	tp, no3, bd, egv, totb
Meer	b, d, isre, irir, lsre, lsir, tp, no3	bd, nh4, o2, tp, no3, totb
PoelPlas	b, d, laagveen, tp, no3	bd, nh4, o2, tp, no3, totb, laagveen
SlootVen	ph, nh4, o2, egv	ph, droogval, bd, egv

Alle termen in het model zijn successievelijk aan het model toegevoegd, eerst alle groepspredictoren, daarna alle predictoren binnen groepen. Dit maakt een beoordeling van de significantie van de afzonderlijke predictoren mogelijk. Zoals altijd bij regressie, hangt de significantie af van de volgorde waarmee de predictoren aan het model worden toegevoegd. De groepspredictoren zijn daarom in twee volgorden aangepast, namelijk in de volgorde zoals in bovenstaande tabel beginnend bij ZuurBron en eindigend bij SlootVen. De tweede volgorde is precies andersom, te weten van SlootVen naar ZuurBron.

Model II is tot stand gekomen door de predictoren binnen groepen weg te laten die in beide volgorden van model I niet significant waren (bij een p-waarde van 0.02) (tabel 5).

Tabel 5. Predictoren in Model II (de gecodeerde variabelen zijn gedefinieerd in bijlage 9).

Model II		
groep	groepspredictoren (identiek aan model I)	predictoren binnen groepen (veranderd t.o.v. model I)
ZuurBron	ph, d, s	ph, lsir
NeutraalBron	s, verval, d, b	no3, ph
DroogBoven	b, d, s, droogval	nh4, droogval, bd, ph
NormBoven	isre, irir, lsre, lsir, b, d	
BeekPoel	b, d, droogval	o2
MiddenLoop	b, d, verval, s	lsre, nh4
BenedenLoop	b, d, isre, irir, lsre, lsir	s, nh4, o2, no3, totb
Kanaal	b, d, isre, irir, lsre, lsir	bd, nh4, no3, totb
Sloot	b, d, drijf, onder, totb	no3, egv, totb
Meer	b, d, isre, irir, lsre, lsir, tp, no3	bd, o2, tp, no3, totb
PoelPlas	b, d, laagveen, tp, no3	bd, nh4, o2, tp, no3, totb, laagveen
SlootVen	ph, nh4, o2, egv	ph, bd, egv

Model III is verkregen door de hierboven beschreven modelselectie te herhalen voor model II maar dan met de groepspredictoren. Dat wil zeggen dat allereerst de predictoren binnen groepen in model II zijn opgenomen en vervolgens, weer in twee volgorden, de groepspredictoren. Groepspredictoren die in beide analyses niet significant waren (bij een p-waarde van 0.02) zijn uit model III weggelaten (tabel 6).

Tabel 6. Predictoren in Model III (de gecodeerde variabelen zijn gedefinieerd in bijlage 9).

Model III		
groep	groepspredictoren (veranderd t.o.v. model II)	predictoren binnen groepen (identiek aan model II)
ZuurBron	ph, d	ph, lsir
NeutraalBron	s, verval, d, b	no3, ph
DroogBoven	b, d, s, droogval	nh4, droogval, bd, ph
NormBoven	irir, lsre, lsir, b, d	
BeekPoel	b, droogval	o2
MiddenLoop	b, d, verval, s	lsre, nh4
BenedenLoop	b, isre, irir	s, nh4, o2, no3, totb
Kanaal	b, d, isre, irir, lsre, lsir	bd, nh4, no3, totb
Sloot	b, d, onder, totb	no3, egv, totb
Meer	b, d, isre, irir, tp, no3	bd, o2, tp, no3, totb
PoelPlas	b, d, laagveen, tp, no3	bd, nh4, o2, tp, no3, totb, laagveen
SlootVen	ph, egv	ph, bd, egv

Meer geavanceerde methoden voor modelselectie, zoals voorwaartse selectie en achterwaartse eliminatie, zijn praktisch niet uitvoerbaar vanwege het zeer grote aantal predictoren. Een dergelijke analyse zou op een snelle computer al gauw enige weken vergen.

De drie modellen kunnen op verschillende manieren onderling vergeleken worden. De eerste manier is via een formele toets met behulp van de "residual deviance" van de modellen. De volgende "analysis of deviance" kan opgesteld worden:

Model	Df	Deviance	Verschil (df)	Prob
Model III	25100	1951.638	39.214 (11)	< 0.001
Model II	25089	1912.424	102.559 (68)	< 0.001
Model I	25021	1809.865		

Volgens deze tabel kan model I niet vereenvoudigd worden tot model II en model II niet tot model III. De tweede manier is om te beoordelen hoe goed de modellen de groepen en de cenotypen terug voorspellen. Na het aanpassen van een model kunnen deze voorspelkansen eenvoudig met resubstitutie berekend worden. De resubstitutie resultaten zijn niet in dit rapport opgenomen omdat de kruisvalidatie (paragraaf 7.2) meer en betere informatie bleek te verschaffen.

Evaluatie van de modellen I, II en III door middel van kruisvalidatie

Om de rekentijd te bepalen is de kruisvalidatie uitgevoerd met aselechte groepen van 10 monsters. De gemiddelde voorspelkansen kan op drie niveaus worden geëvalueerd:

1. van groep naar groep (bijlage 3B),
2. van cenotype naar groep,
3. van cenotype naar cenotype (bijlage 3C).

De hoofddiagonalen van de bijlagen 3B en 3C zijn de kansen op een correcte voorspelling van groep respectievelijk cenotype. Deze diagonalen zijn in de tabellen 7 en 8 nogmaals weergegeven, nu tezamen met de gemiddelde resubstitutie kansen op een correcte voorspelling. Uit beide tabellen blijkt dat de resubstitutie voorspelkracht

te optimistisch is. Daarom worden verder alleen de kruisvalidatie resultaten besproken. Dan blijkt dat de gewogen gemiddelde voorspelkans (laatste regel in elke tabel) weinig verschilt voor de modellen I, II en III. Op groepsniveau is de gewogen gemiddelde voorspelkans namelijk 0.543, 0.537 en 0.529 voor respectievelijk model I, II en III. De kleine verschillen worden met name veroorzaakt door een achteruitgang in voorspelkracht voor de groep ZuurBron. Dit wordt op zijn beurt weer veroorzaakt door een verminderde voorspelkracht voor de cenotypen "h5" (van 0.39 naar 0.12 in tabel 8) en "s12" (van 0.48 naar 0.25 in tabel 8).

Tabel 7. Gemiddelde correcte kruisvalidatie en resubstitutie voorspelkans op groepsniveau.

groep	N	Kruisvalidatie correcte voorspelkans			Resubstitutie correcte voorspelkans		
		Model I	Model II	Model II	Model I	Model II	Model II
ZuurBron (1)	16	0.67	0.53	0.47	0.82	0.64	0.57
NeutraalBron (2)	51	0.64	0.64	0.63	0.73	0.69	0.68
DroogBoven (3)	42	0.41	0.41	0.41	0.47	0.45	0.44
NormBoven (4)	35	0.31	0.31	0.30	0.37	0.35	0.33
BeekPoel (5)	19	0.70	0.70	0.68	0.74	0.74	0.71
MiddenLoop (6)	76	0.54	0.53	0.52	0.57	0.56	0.55
BenedenLoop (7)	80	0.46	0.46	0.45	0.51	0.51	0.49
Kanaal (8)	66	0.51	0.53	0.53	0.59	0.58	0.58
Sloot (9)	73	0.51	0.49	0.49	0.57	0.54	0.52
Meer (10)	67	0.53	0.53	0.53	0.57	0.57	0.56
PoelPlas (11)	85	0.61	0.61	0.60	0.65	0.64	0.63
SlootVen (12)	39	0.82	0.80	0.78	0.87	0.86	0.83
Gewogen gemiddelde	649	0.543	0.537	0.529	0.600	0.582	0.569

Tabel 8. Gemiddelde correcte kruisvalidatie en resubstitutie voorspelkans op cenotype-niveau.

Cenotype	N	Kruisvalidatie correcte voorspelkans			Resubstitutie correcte voorspelkans		
		Model I	Model II	Model II	Model I	Model II	Model II
h5 (1)	4	0.39	0.23	0.12	0.81	0.43	0.36
h6 (1)	5	0.61	0.70	0.63	0.86	0.81	0.76
s12 (1)	7	0.48	0.28	0.25	0.65	0.39	0.31
s2 (2)	5	0.08	0.09	0.09	0.22	0.15	0.14
s1 (2)	18	0.36	0.34	0.33	0.42	0.38	0.37
h1 (2)	14	0.23	0.25	0.24	0.33	0.31	0.30
h3 (2)	14	0.38	0.32	0.32	0.50	0.39	0.38
h2 (3)	5	0.15	0.25	0.24	0.40	0.37	0.35
s3 (3)	5	0.02	0.02	0.02	0.10	0.09	0.09
s4 (3)	21	0.38	0.38	0.38	0.45	0.43	0.42
s5 (3)	11	0.19	0.19	0.20	0.25	0.24	0.25
s10 (4)	25	0.20	0.22	0.20	0.24	0.25	0.23
d8 (4)	10	0.10	0.08	0.09	0.14	0.10	0.11
s13 (5)	11	0.57	0.55	0.50	0.62	0.59	0.54
s9 (5)	8	0.12	0.14	0.16	0.21	0.19	0.20
s6 (6)	12	0.10	0.09	0.09	0.14	0.11	0.11
s7 (6)	19	0.12	0.13	0.12	0.15	0.14	0.14
r9 (6)	45	0.35	0.33	0.33	0.38	0.36	0.36
r3 (7)	10	0.15	0.17	0.16	0.24	0.24	0.23
r1 (7)	16	0.28	0.29	0.29	0.33	0.34	0.34
r4 (7)	49	0.28	0.28	0.27	0.32	0.31	0.30
r5 (7)	5	0.31	0.23	0.24	0.52	0.45	0.46

Cenotype	N	Kruisvalidatie correcte voorspelkans			Resubstitutie correcte voorspelkans		
		Model I	Model II	Model II	Model I	Model II	Model II
r11 (8)	10	0.22	0.26	0.27	0.35	0.35	0.36
r7 (8)	4	0.11	0.38	0.38	0.73	0.68	0.67
r2 (8)	52	0.59	0.58	0.58	0.62	0.60	0.60
d3 (9)	53	0.38	0.36	0.37	0.42	0.39	0.40
d2a (9)	9	0.17	0.16	0.15	0.27	0.21	0.19
p5 (9)	11	0.09	0.09	0.08	0.23	0.19	0.17
p11 (10)	12	0.12	0.12	0.12	0.16	0.16	0.16
r12 (10)	22	0.09	0.09	0.09	0.15	0.14	0.13
p9 (10)	24	0.40	0.36	0.36	0.46	0.42	0.42
r8 (10)	9	0.50	0.43	0.43	0.59	0.51	0.51
p6 (11)	28	0.63	0.62	0.61	0.67	0.66	0.66
p8 (11)	28	0.17	0.17	0.17	0.24	0.23	0.23
p7 (11)	7	0.05	0.06	0.06	0.16	0.17	0.16
p4 (11)	22	0.42	0.42	0.40	0.48	0.47	0.46
d6 (12)	4	0.17	0.12	0.10	0.32	0.30	0.22
p3 (12)	11	0.37	0.36	0.32	0.51	0.48	0.43
p2 (12)	15	0.56	0.49	0.48	0.60	0.53	0.53
p1 (12)	9	0.29	0.26	0.26	0.44	0.37	0.36
gewogen gemiddelde	649	0.322	0.313	0.307	0.392	0.365	0.356

Conclusies van het voorspellen met twee hiërarchische niveaus

In de eerste serie analyses met twee hiërarchische niveaus is gekozen voor selectie op basis van a priori kennis gevolgd door een eenvoudige eliminatie van variabelen. Er zijn drie modellen aangepast:

- Model I is het model met de op basis van de ordinatiediagrammen en de “forward selectie”-procedure geselecteerde predictoren,
- Model II is tot stand gekomen door de predictoren binnen groepen weg te laten die in beide volgorden van model I niet significant waren,
- Model III is verkregen door de hierboven beschreven modelselectie te herhalen voor model II maar dan met de groepspredictoren.

Op basis van kruisvalidatie blijkt dat de gewogen gemiddelde voorspelkans weinig verschilt voor de modellen I, II en III. Op groepsniveau is de gewogen gemiddelde voorspelkans namelijk 0.543, 0.537 en 0.529 voor respectievelijk model I, II en III. Model I is hier het beste model gebleken.

7.2 Tweede serie analyses: voorspelling met drie hiërarchische niveaus en aanpassing per niveau

7.2.1 Inleiding

In het voorgaande is de dataset in zijn geheel gemodelleerd met multinomiale logistische regressie, waarbij predictoren op groepsniveau en op cenotype-niveau zijn gebruikt. Het aantal regressoren was zo groot dat een zorgvuldige modelselectie niet mogelijk was. Daarom waren zowel de predictoren op groepsniveau als de predictoren op cenotype-niveau in twee volgorden aangepast. Op basis hiervan zijn

predictoren geselecteerd en dit resulteerde in drie verschillende modellen, aangeduid met I, II en III (paragraaf 7.2).

Een alternatief wordt geboden door wat hier hiërarchische modellering genoemd wordt. Allereerst is een derde niveau gedefinieerd door de groepen in te delen in de volgende 4 hoofdgroepen:

- bronnen en bovenlopen
- midden- en benedenlopen van beken / riviertjes
- sloten en kanalen
- poelen, meren, plassen en vennen.

Er worden nu aparte modellen aangepast voor de hoofdgroepen, voor de groepen binnen de hoofdgroepen en voor de cenotypen binnen de groepen. Dit geeft in totaal $1 + 4 + 12$ modellen; 1 voor de onderverdeling in hoofdgroepen, 4 voor de onderverdeling van groepen binnen de 4 hoofdgroepen en 12 voor de onderverdeling van cenotypen binnen de 12 groepen. Het extra hoofdgroepniveau maakt de selectie van predictoren eenvoudiger omdat per niveau minder parameters nodig zijn. Aangezien er weinig hoofdgroepen zijn en binnen hoofdgroepen weinig groepen, is een uitgebreide zorgvuldige modelselectie met alle predictoren haalbaar.

Elk model wordt steeds aangepast op het betreffende deel van de dataset. Het aantal monsters wat gebruikt wordt om elk deelmodel aan te passen is opgenomen in tabel 9. Er worden bijvoorbeeld

- 649 monsters (de gehele dataset) gebruikt voor de onderverdeling in de 4 hoofdgroepen 1-4;
- 167 monsters gebruikt voor de onderverdeling in groepen A-E binnen hoofdgroep 1;
- 9 monsters gebruikt voor de onderverdeling in cenotypen h5 en h6 binnen groep A.

Voor de modellen die lager in de hiërarchie staan zijn dus minder waarnemingen beschikbaar.

Er worden dus aparte modellen aangepast voor de hoofdgroepen, voor de groepen binnen de hoofdgroepen en voor de cenotypen binnen de groepen. Een nieuw monster wordt dan eerst met bepaalde kans toegewezen aan elk van de hoofdgroepen, daarna aan elk van de groepen en tenslotte aan elk van de cenotypen. De zo verkregen kansen worden doorvermenigvuldigd. Veronderstel bijvoorbeeld dat er twee hoofdgroepen zijn (1 en 2), met binnen hoofdgroep 1 drie groepen (A, B en C) en binnen hoofdgroep 2 twee groepen (D en E). Veronderstel verder dat voor een nieuw monster de voorspelde kans op hoofdgroep-niveau respectievelijk 0.8 (hoofdgroep 1) en 0.2 (hoofdgroep 2) is; dat de voorspelde kans op A, B en C binnen hoofdgroep 1 gelijk is aan respectievelijk 0.9, 0.1 en 0.0, en op D en E binnen hoofdgroep 2 gelijk aan 0.4 en 0.6. De kans op elk van de groepen A - E is dan

$$A: 0.8 \times 0.9 = 0.72$$

$$D: 0.2 \times 0.4 = 0.08$$

$$B: 0.8 \times 0.1 = 0.08$$

$$E: 0.2 \times 0.6 = 0.12$$

$$C: 0.8 \times 0.0 = 0.00$$

De som van de kansen over de groepen A - E is dan weer 1.0. Merk op dat de voorspelde kans op een groep nooit hoger kan zijn dan de voorspelde kans op de bijbehorende hoofdgroep. Bij hiërarchische modellering blijft het aantal te schatten parameters steeds binnen de perken, omdat het aantal klassen binnen elk niveau van de hiërarchie gering is. Een uitgebreide zorgvuldige modelselectie met alle predictoren is dan steeds mogelijk en dus ook uitgevoerd.

Er zijn twee verschillende indelingen in hoofdgroepen en groepen gebruikt. De op basis van ordinatiediagrammen en “forward selectie” geselecteerde predictoren zijn weer als eerste in een modelselectie gebruikt, met dien verstande dat cenotype R5 teruggeplaatst is in de Benedenloopgroep en dus in hoofdgroep Midden- en Benedenlopen/Riviertjes. In een eerdere analyse was cenotype R5 namelijk ingedeeld bij de Kanaalgroep (H). Vanwege teleurstellende kruisvalidatie resultaten is R5 vervolgens in de Benedenloop groep geplaatst. Deze indeling geeft de iteratie van runs met modellen die aangeduid worden als model IV.

Modelselectie is steeds uitgevoerd met behulp van de Genstat procedure SELECT. Deze past alle mogelijke modellen aan voor maximaal 12 predictoren en geeft aan welke van de aangepaste modellen de beste zijn. Aangezien er in totaal 21 predictoren zijn, is SELECT iteratief toegepast. Een eerste selectie van predictoren is gemaakt op grond van de in tabel 3 geselecteerde predictoren (bijlage 1) én op grond van een variantie analyse van de predictoren met bijvoorbeeld hoofdgroep als behandeling. De geselecteerde modellen zijn steeds geëvalueerd met behulp van kruisvalidatie. Hierbij zijn individuele waarnemingen weggelaten (leave-one-out), behalve voor het model op hoofdgroep niveau waar groepen van 10 waarnemingen successievelijk zijn weggelaten. De kruisvalidatie is per model in de hiërarchie uitgevoerd, met doorvermenigvuldiging van de kansen hoger in de hiërarchie. Merk op dat weglating van waarnemingen uit een bepaalde groep géén gevolgen heeft voor de kruisvalidatie voorspelling binnen een andere groep. In een enkel geval kon het geselecteerde beste model niet aangepast worden na weglating van één of meer waarnemingen. In zulke gevallen is één of meerdere parameterschattingen gelijk aan oneindig en dat betekent instabiele schattingen, waarschijnlijk ook voor het model zonder weglating van waarnemingen. In zulke gevallen is een ander model geselecteerd. Resubstitutie wordt gebruikt om het voorspelgedrag voor het geheel in kaart te brengen; resubstitutie is in het algemeen te optimistisch.

7.2.2 Model IV: Modelselectie, kruisvalidatie en resubstitutie

Onder model IV werden de Kanalen voor 69% terugvoorspeld als BenedenLoop. Daarom is voor de tweede indeling de Kanalen groep (met R11 en R7) als aparte groep bij de hoofdgroep Midden/Benedenlopen/Riviertjes te geplaatst. Verder zijn de groepen C en D opnieuw ingedeeld. Groep C bevat nu de cenotypen S2, S3, S4 en S5 terwijl groep D de cenotypen S12, D6, S10 en D8 bevat. Daarnaast zijn ook enkele nieuwe predictoren toegevoegd; het betreft meand, meandsl, meandernt, regulnt, regul en st. Deze predictoren kunnen de voorspellingen voor de groepen MiddenLoop (F), Meer (J) en PoelPlas (K) verder verbeteren.

De tweede indeling wordt verderop uitgebreider beschreven en de iteratieve runs van modellen worden aangeduid als model V. Beide indelingen verschillen nog meer van de modellering in twee niveaus. Er zijn in beide laatste modellen twee predictoren extra toegevoegd, namelijk Ca en Cl. De predictor Cl bleek erg scheef verdeeld te zijn, deze is daarom logaritmisch getransformeerd. De predictor bd, het quotiënt van b en d, is niet gebruikt. Tabel 9 geeft de indeling van cenotypen in groepen en hoofdgroepen.

Tabel 9. Indeling van cenotypen in groepen en hoofdgroepen voor model IV.

Hoofdgroepen / groepen	Cenotypen	Aantal waarnemingen
1 Bronnen en bovenlopen		167
A ZuurBron	H5 H6	9 (4, 5)
B NeutraalBron	H2 S1 H1 H3	51 (5, 18, 14, 14)
C DroogBoven	S2 S12 D6 S3 S4	42 (5, 7, 4, 5, 21)
D NormBoven	S5 S10 D8	46 (11, 25, 10)
E BeekPoel	S13 S9	19 (11, 8)
2 Midden- en benedenlopen / riviertjes		156
F Middenloop	S6 S7 R9	76 (12, 19, 45)
G Benedenloop	R3 R1 R4 R5	80 (10, 16, 45, 5)
3 Sloten en kanalen		139
H Kanaal	R11 R7	14 (10, 4)
I Sloot	R2 D3 D2A P5	125 (52, 53, 9, 11)
4 Poelen, plassen en meren		187
J Meer	P7 P11 R12 P9 R8	74 (7, 12, 22, 24, 9)
K PoelPlas	P6 P8 P4	78 (28, 28, 22)
L Ven	P3 P2 P1	35 (11, 15, 9)

In tabel 10 zijn de geselecteerde predictoren voor alle hiërarchische deelmodellen weergegeven.

Tabel 10. Geselecteerde predictoren voor model IV. Top betreft het model op hoofdgroep niveau (de "%Adjusted rij" geeft het percentage verklaarde deviance, de "Npar" rij het totaal aantal regressiecoëfficiënten: + elke klasse heeft zijn eigen regressiecoëfficiënt; o sommige klassen hebben een eigen regressiecoëfficiënt).

	Top	Hoofdgroepen				Groepen											
Predictor		1	2	3	4	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
tp			+						+	+					+		
no3	+				+							+			+		
nh4		+	+				o								+		
o2	+													o		+	
b	+	+	+		+		+				+	+		+		+	
d	+			+					+					o			
s	+							+			o			+			
verval	+		+				+	+	+	+		+					
ph		+	+		+		+					+	+	+	+		+
egv			+						+					o	o		
droogval	+	+					o		+								
laagveen	+				o									+		+	
%drijf			+											+			
%onder	+				+							+		+			+
%totb			+		+							+					+
isre	+				o										+	+	

Predictor	Top	Hoofdgroepen				Groepen											
		1	2	3	4	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
irir	+				o		+										
lsre		+	+								o				+	+	
lsir		+												+			
ca		+				+					+					+	
cl	+		+														+
%Adjusted	66	84	70	99	79	99	72	63	77	70	48	76	99	72	62	73	78
Npar	36	21	27	3	18	6	14	8	17	8	8	20	5	26	19	19	13

De kruisvalidatie-resultaten per model zijn opgenomen in onderstaande tabellen. De kolom "In" bevat de som van de kansen in een rij, dit is de kruisvalidatie voorspelkans op dezelfde hoofdgroep of groep. De kolom "Uit = 1 - In" geeft de kans om buiten dezelfde hoofdgroep of groep voorspeld te worden. De eerste tabel betreft de opsplitsing in hoofdgroepen. In de BronBoven rij staat bijvoorbeeld de gemiddelde kruisvalidatie-kans dat een BronBoven monster terugvoorspeld wordt als respectievelijk een BronBoven, MiddenBeneden, SlootKanaal en PoelMeer monster. In de eerste kolom zijn tussen haakjes de kruisvalidatie terugvoorspelkansen van Model I vermeld. De kolom "Ny" bevat de aantallen waarnemingen.

HoofdGroep	Code	(1)	(2)	(3)	(4)	In	Uit	Ny
BronBoven (0.82)	(1)	0.852	0.107	0.027	0.014	1.000	0.000	167
MiddenBeneden (0.64)	(2)	0.113	0.620	0.170	0.097	1.000	0.000	156
SlootKanaal (0.62)	(3)	0.038	0.186	0.640	0.135	1.000	0.000	139
PoelMeer (0.77)	(4)	0.008	0.084	0.101	0.807	1.000	0.000	187

De kruisvalidatie terugvoorspelkansen op hoofdgroep niveau zijn dus van dezelfde orde grootte als die voor model I. De volgende 4 tabellen betreffen de opsplitsing in groepen binnen elke hoofdgroep. Hierbij zijn de kansen op de betreffende hoofdgroepen doorvermenigvuldigd. In de eerste kolom zijn weer tussen haakjes de kruisvalidatie terugvoorspelkansen van Model I vermeld.

BronBoven: 1	Code	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	In	Uit	Ny
ZuurBron (0.67)	(A)	0.996	0.000	0.000	0.000	0.000	0.996	0.004	9
NeutraalBron (0.64)	(B)	0.000	0.936	0.000	0.009	0.000	0.945	0.055	51
DroogBoven (0.41)	(C)	0.000	0.000	0.513	0.276	0.000	0.789	0.211	42
NormBoven (0.31)	(D)	0.022	0.000	0.208	0.503	0.000	0.733	0.267	46
BeekPoel (0.70)	(E)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.961	0.961	0.039	19

MiddenBeneden: 2	Code	(F)	(G)	In	Uit	Ny
MiddenLoop (0.54)	(F)	0.549	0.114	0.662	0.338	76
BenedenLoop (0.46)	(G)	0.103	0.478	0.581	0.419	80

SlootKanaal: 3	Code	(H)	(I)	In	Uit	Ny
Kanaal (0.51)	(H)	0.115	0.000	0.115	0.885	14
Sloot (0.51)	(I)	0.000	0.699	0.699	0.301	125

PoelMeer: 4	Code	(J)	(K)	(L)	In	Uit	Ny
Meer (0.53)	(J)	0.597	0.139	0.000	0.736	0.264	74
PoelPlas (0.61)	(K)	0.131	0.694	0.000	0.825	0.175	78
Ven (0.82)	(L)	0.000	0.000	0.916	0.916	0.084	35

Bovenstaande terugvoorspelkansen voor model IV zijn dus, in vergelijking met die voor model II, beduidend hoger voor de BronBoven hoofdgroep, vergelijkbaar voor de MiddenBeneden hoofdgroep, voor de Kanalen groep veel lager en voor de Sloot groep beduidend hoger en tenslotte voor de PoelMeer hoofdgroep hoger. Met uitzondering van de Kanalen geeft de hier gebruikte benadering dus betere resultaten op groepsniveau met terugvoorspelkansen die bijna allemaal groter zijn dan 0.5. De volgende 12 tabellen betreffen de opsplitsing in cenotypen binnen groepen, weer met doorvermenigvuldiging van hogere niveaus. In de eerste kolom zijn tussen haakjes de kruisvalidatie terugvoorspelkansen van Model I vermeld.

Zuurbron: A	Code	H5	H6	In	Uit	Ny
H5 (0.39)	H5	0.999	0.000	0.999	0.001	4
H6 (0.71)	H6	0.000	0.994	0.994	0.006	5

Neutraalbron: B	Code	H2	S1	H1	H3	In	Uit	Ny
H2 (0.15)	H2	0.800	0.000	0.000	0.000	0.800	0.200	5
S1 (0.36)	S1	0.000	0.667	0.191	0.101	0.959	0.041	18
H1 (0.23)	H1	0.000	0.283	0.593	0.083	0.959	0.041	14
H3 (0.38)	H3	0.061	0.080	0.193	0.598	0.932	0.068	14

DroogBoven: C	Code	S2	S12	D6	S3	S4	In	Uit	Ny
S2 (0.08)	S2	0.089	0.000	0.000	0.074	0.285	0.448	0.552	5
S12 (0.48)	S12	0.000	0.340	0.034	0.000	0.000	0.374	0.626	7
D6 (0.17)	D6	0.000	0.045	0.134	0.000	0.000	0.179	0.821	4
S3 (0.02)	S3	0.104	0.000	0.000	0.216	0.518	0.838	0.162	5
S4 (0.38)	S4	0.083	0.000	0.000	0.091	0.386	0.561	0.439	21

Normboven: D	Code	S5	S10	D8	In	Uit	Ny
S5 (0.19)	S5	0.363	0.000	0.000	0.363	0.637	11
S10 (0.20)	S10	0.000	0.525	0.089	0.614	0.386	25
D8 (0.10)	D8	0.000	0.142	0.239	0.381	0.619	10

Beekpoel: E	Code	S13	S9	In	Uit	Ny
S13 (0.57)	S13	0.862	0.136	0.998	0.002	11
S9 (0.12)	S9	0.187	0.723	0.910	0.090	8

Middenloop: F	Code	S6	S7	R9	In	Uit	Ny
S6 (0.10)	S6	0.193	0.186	0.146	0.525	0.475	12
S7 (0.12)	S7	0.055	0.163	0.217	0.436	0.564	19
R9 (0.35)	R9	0.040	0.086	0.476	0.603	0.397	45

Benedenloop: G	Code	R3	R1	R4	R5	In	Uit	Ny
R3 (0.15)	R3	0.392	0.080	0.277	0.000	0.748	0.252	10
R1 (0.28)	R1	0.010	0.476	0.154	0.003	0.644	0.356	16
R4 (0.28)	R4	0.021	0.044	0.264	0.020	0.349	0.651	49
R5 (0.31)	R5	0.027	0.100	0.009	0.532	0.668	0.332	5

Kanaal: H	Code	R11	R7	In	Uit	Ny
R11 (0.22)	R11	0.066	0.000	0.066	0.934	10
R7 (0.11)	R7	0.075	0.163	0.238	0.762	4

Sloot: I	Code	R2	D3	D2A	P5	In	Uit	Ny
R2 (0.59)	R2	0.569	0.133	0.028	0.009	0.738	0.262	52
D3 (0.38)	D3	0.086	0.463	0.024	0.087	0.660	0.340	53
D2A (0.17)	D2A	0.175	0.017	0.558	0.061	0.811	0.189	9
P5 (0.09)	P5	0.046	0.370	0.063	0.133	0.612	0.388	11

Meer: J	Code	P7	P11	R12	P9	R8	In	Uit	Ny
P7 (0.05)	P7	0.304	0.141	0.123	0.055	0.000	0.623	0.377	7
P11 (0.12)	P11	0.136	0.219	0.175	0.056	0.047	0.633	0.367	12
R12 (0.09)	R12	0.015	0.098	0.094	0.098	0.061	0.365	0.635	22
P9 (0.40)	P9	0.016	0.039	0.122	0.413	0.075	0.666	0.334	24
R8 (0.50)	R8	0.075	0.024	0.058	0.114	0.641	0.911	0.089	9

PoelPlas: K	Code	P6	P8	P4	In	Uit	Ny
P6 (0.63)	P6	0.706	0.098	0.022	0.826	0.174	28
P8 (0.17)	P8	0.084	0.350	0.043	0.477	0.523	28
P4 (0.42)	P4	0.036	0.090	0.678	0.804	0.196	22

Ven: L	Code	P3	P2	P1	In	Uit	Ny
P3 (0.37)	P3	0.834	0.000	0.000	0.834	0.166	11
P2 (0.56)	P2	0.000	0.766	0.195	0.961	0.039	15
P1 (0.29)	P1	0.000	0.381	0.562	0.943	0.057	9

Uit deze tabellen blijkt dat ook op cenotype-niveau de hiërarchische modellering betere resultaten geeft dan de modellering in twee niveaus met uitzondering van de Kanaalgroep. De Kanaalgroep bestaat echter uit slechts 10 monsters. Om het totale voorspelgedrag te kunnen beoordelen zijn in onderstaande tabel de resubstitutie-terugvoorspelkansen opgenomen op groepsniveau. Dezelfde tabel op cenotype-niveau is opgenomen als bijlage 3D. Tabel 11 is met name opgenomen om te laten zien dat de Kanalengroep voor 67% terugvoorspeld wordt als BenedenLoop. Betere voorspellingen zijn wellicht te verkrijgen door de Kanalengroep als aparte groep bij de Middenloophoofdgroep te plaatsen. Dit is uitgewerkt in de volgende paragraaf.

Tabel 11. Resubstitutie terugvoorspelkansen op groeps niveau voor model IV (Hoofdgroepen zijn aangegeven door een dubbele omlijning. Kansen kleiner dan 0.005 zijn niet weergegeven).

Groep	Code	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	Ny
ZuurBron	(A)	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
NeutraalBron	(B)	-	0.96	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	51
Droogboven	(C)	-	-	0.55	0.26	-	0.15	0.01	-	0.03	-	0.01	-	42
NormBoven	(D)	-	-	0.21	0.54	-	0.15	0.01	-	0.06	-	0.01	-	46
BeekPoel	(E)	-	-	-	-	0.96	0.03	-	-	-	-	0.01	-	19
MiddenLoop	(F)	-	-	0.08	0.12	-	0.59	0.09	0.01	0.09	0.01	0.01	-	76
BenedenLoop	(G)	-	-	-	0.01	-	0.09	0.51	0.05	0.18	0.11	0.05	-	80
Kanaal	(H)	-	-	-	-	-	-	0.67	0.13	-	0.19	0.01	-	14
Sloot	(I)	-	-	0.01	0.03	-	0.07	0.06	-	0.71	0.04	0.07	0.01	125
Meer	(J)	-	-	-	-	-	0.01	0.13	0.03	0.09	0.62	0.12	-	74
PoelPlas	(K)	-	-	-	-	-	0.01	0.05	-	0.10	0.12	0.72	-	78
Ven	(L)	-	-	0.01	0.01	-	-	0.01	-	0.05	-	-	0.93	35

7.2.3 Model V: Modelselectie, kruisvalidatie en resubstitutie

Tabel 12 geeft de gemodificeerde indeling van cenotypen in groepen en hoofdgroepen en tabel 13 de geselecteerde predictoren bij deze indeling. Tabel 13 is nagenoeg gelijk aan tabel 10, behalve de kolommen Top, 2 en 3. Hoofdgroep 3 is gelijk aan groep I.

Tabel 12. Indeling van cenotypen in groepen en hoofdgroepen voor model V.

Hoofdgroepen / groepen	Cenotypen	Aantal waarnemingen
1 Bronnen en bovenlopen		167
A ZuurBron	H5 H6	9 (4, 5)
B NeutraalBron	H2 S1 H1 H3	51 (5, 18, 14, 14)
C DroogBoven	S2 S12 D6 S3 S4	42 (5, 7, 4, 5, 21)
D NormBoven	S5 S10 D8	46 (11, 25, 10)
E BeekPoel	S13 S9	19 (11, 8)
2 Midden/Benedenlopen/Rivier/Kanaal		170
F Middenloop	S6 S7 R9	76 (12, 19, 45)
G Benedenloop	R3 R1 R4 R5	80 (10, 16, 45, 5)
H Kanaal	R11 R7	14 (10, 4)
3 Sloten		125
I Sloot	R2 D3 D2A P5	125 (52, 53, 9, 11)
4 Poelen, plassen en meren		187
J Meer	P7 P11 R12 P9 R8	74 (7, 12, 22, 24, 9)
K PoelPlas	P6 P8 P4	78 (28, 28, 22)
L Ven	P3 P2 P1	35 (11, 15, 9)

Tabel 13. Geselecteerde predictoren voor model V (Top betreft het model op hoofdgroep niveau. De "%Adjusted" rij geeft het percentage verklaarde deviance, de "Npar" rij het totaal aantal regressiecoëfficiënten: + elke klasse heeft zijn eigen regressiecoëfficiënt; o sommige klassen hebben een eigen regressiecoëfficiënt).

	Top	Hoofdgroepen				Groepen											
Predictor		1	2	3	4	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
tp			+						+	+					+		
no3	+				+							+			+		
nh4		+	+				o								+		
o2	+			o										o		+	
b	+	+	+	+	+		+				+	+		+		+	
d	+			o					+					o			
s	+			+				+			o			+			
verval	+		+				+	+	+	+		+					
ph		+	+	+	+		+					+	+	+	+		+
egv	+			o					+					o	o		
droogval	+	+					o		+								
laagveen	+			+	o									+		+	
%drijf	+			+										+			
%onder	+			+	+							+		+			+
%totb			+		+							+					+
isre					o										+	+	
irir					o		+										
lsre	+	+	+								o				+	+	
lsir		+		+										+			
ca		+				+					+					+	
cl	+		+														+
%Adjusted	72	84	72	62	79	99	72	63	77	70	48	76	99	72	62	73	78
Npar	39	21	30	19	18	6	14	8	17	8	8	20	5	26	19	19	13

De kruisvalidatie resultaten per model zijn weer opgenomen in onderstaande tabellen. Allereerst volgt de tabel op Hoofdgroep niveau. In de eerste kolom zijn tussen haakjes de kruisvalidatie terugvoorspelkansen van Model IV vermeld te vergelijken met de vet gedrukte kansen.

HoofdGroep	Code	(1)	(2)	(3)	(4)	In	Uit	N
BronBoven (0.85)	(1)	0.855	0.094	0.037	0.014	1.000	0.000	167
MiddenBeneden (0.62)	(2)	0.098	0.706	0.085	0.112	1.000	0.000	170
Sloot (0.64)	(3)	0.037	0.113	0.727	0.123	1.000	0.000	125
PoelMeer (0.81)	(4)	0.014	0.109	0.075	0.802	1.000	0.000	187

De kruisvalidatie terugvoorspelkansen zijn dus verbeterd voor de MiddenBeneden en de Sloot hoofdgroepen. De volgende 4 tabellen betreffen de opsplitsing in groepen binnen elke hoofdgroep. In de eerste kolom zijn weer tussen haakjes de kruisvalidatie terugvoorspelkansen van Model IV vermeld.

BronBoven: 1		Code	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	In	Uit	N
ZuurBron (1.00)	(A)		0.997	0.000	0.000	0.000	0.000	0.997	0.003	9
NeutraalBron (0.94)	(B)		0.000	0.962	0.000	0.019	0.000	0.981	0.019	51
DroogBoven (0.51)	(C)		0.000	0.000	0.530	0.284	0.000	0.815	0.185	42
NormBoven (0.50)	(D)		0.022	0.000	0.199	0.457	0.000	0.678	0.322	46
BeekPoel (0.96)	(E)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.966	0.966	0.034	19

MiddenBeneden: 2		Code	(F)	(G)	(H)	In	Uit	N
MiddenLoop (0.55)	(F)		0.578	0.133	0.001	0.712	0.288	76
BenedenLoop (0.48)	(G)		0.112	0.503	0.068	0.683	0.317	80
Kanaal (0.12)	(H)		0.003	0.314	0.487	0.803	0.197	14

Sloot: 3		Code	(I)	In	Uit	N
Sloot (0.70)	(I)		0.727	0.727	0.273	125

PoelMeer: 4		Code	(J)	(K)	(L)	In	Uit	N
Meer (0.60)	(J)		0.598	0.142	0.000	0.739	0.261	74
PoelPlas (0.69)	(K)		0.135	0.670	0.000	0.805	0.195	78
Ven (0.92)	(L)		0.000	0.000	0.928	0.929	0.071	35

De kruisvalidatie terugvoorspelkans voor de Kanaal groep is sterk verbeterd ten opzichte van model IV, met vergelijkbare terugvoorspelkansen voor de andere groepen. De laagste terugvoorspelkans op groep niveau is 0.46 voor de NormBoven groep. De volgende 12 tabellen betreffen de opsplitsing in cenotypen binnen groepen. In de eerste kolom zijn tussen haakjes de kruisvalidatie terugvoorspelkansen van Model IV vermeld, weer te vergelijken met de vet gedrukte kansen.

Zuurbron: A		Code	H5	H6	In	Uit	N
H5 (1.00)	H5		1.000	0.000	1.000	0.000	4
H6 (0.99)	H6		0.000	0.995	0.995	0.005	5

Neutraalbron: B		Code	H2	S1	H1	H3	In	Uit	N
H2 (0.80)	H2		0.800	0.000	0.000	0.000	0.800	0.200	5
S1 (0.67)	S1		0.000	0.684	0.193	0.101	0.977	0.023	18
H1 (0.59)	H1		0.000	0.290	0.606	0.084	0.979	0.021	14
H3 (0.60)	H3		0.061	0.128	0.194	0.601	0.984	0.016	14

DroogBoven: C	Code	S2	S12	D6	S3	S4	In	Uit	N
S2 (0.09)	S2	0.093	0.000	0.000	0.069	0.288	0.451	0.549	5
S12 (0.34)	S12	0.000	0.362	0.034	0.000	0.000	0.396	0.604	7
D6 (0.13)	D6	0.000	0.049	0.147	0.000	0.000	0.196	0.804	4
S3 (0.21)	S3	0.105	0.000	0.000	0.214	0.523	0.842	0.158	5
S4 (0.39)	S4	0.087	0.000	0.000	0.093	0.404	0.584	0.416	21

Normboven: D	Code	S5	S10	D8	In	Uit	N
S5 (0.36)	S5	0.346	0.000	0.000	0.346	0.654	11
S10 (0.53)	S10	0.000	0.498	0.077	0.575	0.425	25
D8 (0.24)	D8	0.000	0.105	0.182	0.287	0.713	10

Beekpoel: E	Code	S13	S9	In	Uit	N
S13 (0.86)	S13	0.863	0.136	1.000	0.000	11
S9 (0.72)	S9	0.187	0.732	0.919	0.081	8

Middenloop: F	Code	S6	S7	R9	In	Uit	N
S6 (0.19)	S6	0.187	0.196	0.143	0.526	0.474	12
S7 (0.16)	S7	0.056	0.180	0.237	0.472	0.528	19
R9 (0.48)	R9	0.042	0.085	0.509	0.636	0.364	45

Benedenloop: G	Code	R3	R1	R4	R5	In	Uit	N
R3 (0.39)	R3	0.372	0.081	0.211	0.000	0.664	0.336	10
R1 (0.48)	R1	0.013	0.437	0.195	0.003	0.649	0.351	16
R4 (0.26)	R4	0.027	0.053	0.332	0.014	0.426	0.574	49
R5 (0.53)	R5	0.032	0.119	0.011	0.301	0.463	0.537	5

Kanaal: H	Code	R11	R7	In	Uit	N
R11 (0.07)	R11	0.515	0.000	0.515	0.485	10
R7 (0.16)	R7	0.010	0.406	0.416	0.584	4

Sloot: I	Code	R2	D3	D2A	P5	In	Uit	N
R2 (0.57)	R2	0.545	0.137	0.031	0.008	0.721	0.279	52
D3 (0.46)	D3	0.101	0.500	0.022	0.098	0.721	0.279	53
D2A (0.56)	D2A	0.121	0.006	0.613	0.006	0.747	0.253	9
P5 (0.13)	P5	0.065	0.458	0.084	0.156	0.762	0.238	11

Meer: J	Code	P7	P11	R12	P9	R8	In	Uit	N
P7 (0.30)	P7	0.302	0.145	0.128	0.056	0.000	0.631	0.369	7
P11 (0.22)	P11	0.137	0.223	0.190	0.056	0.054	0.659	0.341	12
R12 (0.09)	R12	0.018	0.104	0.122	0.099	0.060	0.401	0.599	22
P9 (0.41)	P9	0.012	0.035	0.122	0.417	0.074	0.660	0.340	24
R8 (0.64)	R8	0.072	0.023	0.055	0.107	0.550	0.806	0.194	9

PoelPlas: K	Code	P6	P8	P4	In	Uit	N
P6 (0.71)	P6	0.700	0.094	0.022	0.816	0.184	28
P8 (0.35)	P8	0.080	0.319	0.046	0.445	0.555	28
P4 (0.68)	P4	0.037	0.089	0.647	0.772	0.228	22

Ven: L	Code	P3	P2	P1	In	Uit	N
P3 (0.83)	P3	0.832	0.000	0.000	0.832	0.168	11
P2 (0.77)	P2	0.000	0.784	0.202	0.986	0.014	15
P1 (0.56)	P1	0.000	0.382	0.568	0.951	0.049	9

Uit bovenstaande tabellen blijkt dat de cenotypen van de Kanaal groep veel beter terugvoorspeld worden. Dit gaat enigszins ten koste van de terugvoorspelkans voor de cenotypen D8 (groep D), R5 (groep G) en R8 (groep J). Deze cenotype komen relatief weinig voor. Om het totale voorspelgedrag te kunnen beoordelen zijn in tabel 14 de resubstitutie terugvoorspelkansen opgenomen op groep niveau. Dezelfde tabel op cenotype niveau is opgenomen als bijlage 3E. Bestudering van deze tabellen geeft wellicht aanleiding om de indeling in hoofdgroepen en groepen verder aan te passen. Buiten de hoofddiagonaal van beide tabellen staan in het algemeen lage kansen. Of anders gezegd het deel dat niet correct wordt terugvoorspeld wordt meestal uitgesmeerd over een groot aantal groepen of cenotypen. Een voor de hand liggende andere indeling in groepen lijkt er dan ook niet te zijn. Bijlage 3E gaf wel aanleiding om enkele cenotypen te herplaatsen. Dit is uitgewerkt in de volgende sectie.

Tabel 14. Resubstitutie terugvoorspelkansen op groeps niveau voor model V (hoofdgroepen zijn aangegeven door een dubbele omlijning. Kansen kleiner dan 0.005 zijn niet weergegeven).

Groep	Code	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	N
ZuurBron	(A)	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
NeutraalBron	(B)	-	0.98	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	51
Droogboven	(C)	-	-	0.56	0.26	-	0.13	0.01	-	0.03	-	0.03	-	42
NormBoven	(D)	-	-	0.20	0.46	-	0.17	0.01	-	0.12	-	0.03	-	46
BeekPoel	(E)	-	-	-	-	0.97	0.02	-	-	-	-	-	-	19
MiddenLoop	(F)	-	-	0.08	0.10	-	0.62	0.11	-	0.06	0.01	0.02	-	76
BenedenLoop	(G)	-	-	-	0.01	-	0.10	0.56	0.05	0.12	0.12	0.05	-	80
Kanaal	(H)	-	-	-	-	-	-	0.25	0.56	0.01	0.16	0.01	-	14
Sloot	(I)	-	0.02	0.01	0.03	-	0.05	0.06	-	0.73	0.05	0.06	-	125
Meer	(J)	-	-	-	-	-	0.02	0.16	0.03	0.04	0.62	0.13	-	74
PoelPlas	(K)	-	-	0.01	-	-	0.01	0.04	-	0.12	0.12	0.70	-	78
Ven	(L)	-	-	0.02	0.01	-	-	-	-	0.02	-	-	0.94	35

7.2.4 Model VI: modelselectie, kruisvalidatie en resubstitutie

De resultaten voor Model V gaven aanleiding om de volgende aanpassingen door te voeren:

1. Cenotype R5 terugplaatsen naar de kanaalgroep (H)
2. Groepen C en D opnieuw in te delen: S2, S3, S4, S5 vormen groep C; S12,D6,S10,D8 vormen groep D
3. Tevens zijn de volgende nieuwe predictoren uitgetoetst: meand, meandsl, meandernt, regulnt, regul en st. Deze zouden de voorspellingen voor de groepen MiddenLoop (F), Meer (J) en PoelPlas (K) kunnen verbeteren.

Deze aanpassingen pakken alle drie positief uit. De extra predictoren maken geen verschil voor de hoofdgroepen 2 en 3 en ook niet voor groep K, maar wel voor de groepen F en J. De extra predictoren zijn niet getoetst voor andere hoofdgroepen of groepen. De eerste twee aanpassingen geven de indeling zoals opgenomen in tabel 15. De geselecteerde predictoren van de deelmodellen zijn opgenomen in tabel 16. Van de extra toegevoegde predictoren blijken alleen regulnt en regul geselecteerd te worden.

Tabel 15. Indeling van cenotypen in groepen en hoofdgroepen voor model VI.

Hoofdgroepen / groepen	Cenotypen	Aantal waarnemingen
1 Bronnen en bovenlopen		167
A ZuurBron	H5 H6	9 (4, 5)
B NeutraalBron	H2 S1 H1 H3	51 (5, 18, 14, 14)
C DroogBoven	S2 S3 S4 S5	42 (5, 5, 21, 11)
D NormBoven	S12 D6 S10 D8	46 (7, 4, 25, 10)
E BeekPoel	S13 S9	19 (11, 8)
2 Midden/Benedenlopen/Rivier/Kanaal		170
F Middenloop	S6 S7 R9	76 (12, 19, 45)
G Benedenloop	R3 R1 R4	80 (10, 16, 45)
H Kanaal	R5 R7 R11	14 (5, 10, 4)
3 Sloten		125
I Sloot	R2 D3 D2A P5	125 (52, 53, 9, 11)
4 Poelen, plassen en meren		187
J Meer	P7 P11 R12 P9 R8	74 (7, 12, 22, 24, 9)
K PoelPlas	P6 P8 P4	78 (28, 28, 22)
L Ven	P3 P2 P1	35 (11, 15, 9)

Tabel 16. Geselecteerde predictoren voor model VI (top betreft het model op hoofdgroep niveau. De "%Adjusted" rij geeft het percentage verklaarde deviance, de "Npar" rij het totaal aantal regressiecoëfficiënten: + elke klasse heeft zijn eigen regressiecoëfficiënt; o sommige klassen hebben een eigen regressiecoëfficiënt).

Predictor	Top	Hoofdgroepen				Groepen											
		1	2	3	4	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
tp			+					+		+					+		
no3	+				+			+				+					
nh4		+	+				o										
o2	+			o										o		+	
b	+	+	+	+	+		+	+	+		+	+		+	+	+	
d	+			o					+					o			
s	+			+										+			
verval	+	+	+				+			+		+	+				
ph		+	+	+	+		+	+				+		+			+
egv	+			o					+				+	o	+		
droogval	+	+					o										
laagveen	+			+	o									+		+	
%drijf	+			+				+				+		+			
%onder	+			+	+									+			+
%totb			+		+				+			+					+
isre					o											+	
irir					o		+								+		
lsre	+	+	+								+					+	
lsir		+		+								+		+			
ca		+				+					+					+	
cl	+		+														+
meand																	
meandsl																	
meandernt																	
regulnt															+		
regul											+						
st																	
%Adjusted	72	93	75	72	79	99	72	65	69	70	56	76	59	72	66	73	78
Npar	39	24	24	26	18	3	14	15	12	6	12	21	6	26	15	18	12

Op topniveau en voor de hoofdgroepen 3 en 4 veranderd er niets ten opzichte van model V, om terugbladeren te voorkomen worden echter alle tabellen met gemiddelde kruisvalidatie terugvoorspelkansen gegeven. Tussen haakjes staan de kruisvalidatie terugvoorspelkansen van model V.

HoofdGroep	Code	(1)	(2)	(3)	(4)	In	Uit	N
BronBoven (0.86)	(1)	0.855	0.094	0.037	0.014	1.000	0.000	167
MiddenBeneden (0.71)	(2)	0.098	0.706	0.085	0.112	1.000	0.000	170
Sloot (0.73)	(3)	0.037	0.113	0.727	0.123	1.000	0.000	125
PoelMeer (0.80)	(4)	0.014	0.109	0.075	0.802	1.000	0.000	187

BronBoven: 1	Code	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	In	Uit	N
ZuurBron (1.00)	(A)	0.997	0.000	0.000	0.000	0.000	0.997	0.003	9
NeutraalBron (0.96)	(B)	0.000	0.981	0.000	0.000	0.000	0.981	0.019	51
DroogBoven (0.53)	(C)	0.000	0.000	0.640	0.118	0.000	0.758	0.242	42
NormBoven (0.46)	(D)	0.022	0.000	0.108	0.601	0.000	0.730	0.270	46
BeekPoel (0.97)	(E)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.966	0.966	0.034	19

MiddenBeneden: 2	Code	(F)	(G)	(H)	In	Uit	N
MiddenLoop (0.58)	(F)	0.580	0.131	0.000	0.712	0.288	76
BenedenLoop (0.50)	(G)	0.128	0.490	0.052	0.671	0.329	75
Kanaal (0.49)	(H)	0.004	0.191	0.627	0.822	0.178	19

Sloot: 3	Code	(I)	In	Uit	N
Sloot (0.73)	(I)	0.727	0.727	0.273	125

PoelMeer: 4	Code	(J)	(K)	(L)	In	Uit	N
Meer (0.60)	(J)	0.598	0.142	0.000	0.739	0.261	74
PoelPlas (0.67)	(K)	0.135	0.670	0.000	0.805	0.195	78
Ven (0.93)	(L)	0.000	0.000	0.928	0.929	0.071	35

In vergelijking met model V geeft model VI duidelijke verbeteringen voor de groepen DroogBoven, NormBoven en Kanaal. In onderstaande tabellen is te zien dat er ook verbeteringen optreden voor de cenotypen H2, S3, S4, S12, D6, R11, R7, R12, P9 en R8. Voor de cenotype S5 en P7 verslechtert de voorspelkracht. Al met al een duidelijke verbetering ten opzichte van model V.

Zuurbron: A	Code	H5	H6	In	Uit	N
H5 (1.00)	H5	1.000	0.000	1.000	0.000	4
H6 (0.99)	H6	0.000	0.995	0.995	0.005	5

Neutraalbron: B	Code	H2	S1	H1	H3	In	Uit	N
H2 (0.80)	H2	0.990	0.000	0.000	0.000	0.990	0.010	5
S1 (0.68)	S1	0.000	0.684	0.193	0.101	0.977	0.023	18
H1 (0.61)	H1	0.000	0.290	0.606	0.084	0.980	0.020	14
H3 (0.60)	H3	0.061	0.128	0.194	0.601	0.984	0.016	14

DroogBoven: C	Code	S2	S3	S4	S35	In	Uit	N
S2 (0.09)	S2	0.126	0.060	0.407	0.001	0.594	0.406	5
S3 (0.21)	S3	0.157	0.480	0.227	0.050	0.915	0.085	5
S4 (0.40)	S4	0.108	0.054	0.456	0.098	0.717	0.283	21
S5 (0.35)	S5	0.006	0.002	0.145	0.236	0.389	0.611	11

Normboven: D	Code	S12	D6	S10	D8	In	Uit	N
S12 (0.36)	S12	0.852	0.000	0.000	0.000	0.852	0.148	7
D6 (0.15)	D6	0.000	0.584	0.000	0.000	0.584	0.416	4
S10 (0.50)	S10	0.000	0.000	0.471	0.154	0.625	0.375	25
D8 (0.18)	D8	0.000	0.000	0.205	0.165	0.370	0.630	10

Beekpoel: E	Code	S13	S9	In	Uit	N
S13 (0.86)	S13	0.863	0.136	1.000	0.000	11
S9 (0.73)	S9	0.187	0.732	0.919	0.081	8

Middenloop: F	Code	S6	S7	R9	In	Uit	N
S6 (0.19)	S6	0.178	0.202	0.145	0.525	0.475	12
S7 (0.18)	S7	0.070	0.191	0.198	0.459	0.541	19
R9 (0.51)	R9	0.032	0.055	0.559	0.647	0.353	45

Benedenloop: G	Code	R3	R1	R4	In	Uit	N
R3 (0.37)	R3	0.346	0.061	0.225	0.633	0.367	10
R1 (0.44)	R1	0.035	0.438	0.146	0.618	0.382	16
R4 (0.33)	R4	0.029	0.049	0.341	0.419	0.581	49

Kanaal: H	Code	R5	R7	R11	In	Uit	N
R5 (0.30)	R5	0.294	0.345	0.156	0.795	0.205	5
R11 (0.07)	R11	0.063	0.494	0.013	0.570	0.430	10
R7 (0.16)	R7	0.226	0.027	0.306	0.559	0.441	4

Sloot: I	Code	R2	D3	D2A	P5	In	Uit	N
R2 (0.55)	R2	0.545	0.137	0.031	0.008	0.721	0.279	52
D3 (0.50)	D3	0.101	0.500	0.022	0.098	0.721	0.279	53
D2A (0.61)	D2A	0.121	0.006	0.613	0.006	0.747	0.253	9
P5 (0.16)	P5	0.065	0.458	0.084	0.156	0.762	0.238	11

Meer: J	Code	P7	P11	R12	P9	R8	In	Uit	N
P7 (0.30)	P7	0.252	0.233	0.125	0.021	0.000	0.631	0.369	7
P11 (0.22)	P11	0.168	0.201	0.181	0.109	0.000	0.659	0.341	12
R12 (0.12)	R12	0.044	0.092	0.193	0.072	0.000	0.401	0.599	22
P9 (0.42)	P9	0.009	0.028	0.044	0.579	0.000	0.660	0.340	24
R8 (0.55)	R8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.806	0.806	0.194	9

PoelPlas: K	Code	P6	P8	P4	In	Uit	N
P6 (0.70)	P6	0.700	0.094	0.022	0.816	0.184	28
P8 (0.32)	P8	0.080	0.319	0.046	0.445	0.555	28
P4 (0.65)	P4	0.037	0.089	0.647	0.772	0.228	22

Ven: L	Code	P3	P2	P1	In	Uit	N
P3 (0.83)	P3	0.832	0.000	0.000	0.832	0.168	11
P2 (0.78)	P2	0.000	0.784	0.202	0.986	0.014	15
P1 (0.57)	P1	0.000	0.382	0.568	0.951	0.049	9

Om het totale voorspelgedrag te kunnen beoordelen zijn in tabel 17 de resubstitutie terugvoorspelkansen opgenomen op groepsniveau. Dezelfde tabel op cenotype-niveau is opgenomen als bijlage 3F.

Tabel 17. Resubstitutie terugvoorspelkansen op groeps niveau voor model VI (Hoofdgroepen zijn aangegeven door een dubbele omlijning. Kansen kleiner dan 0.005 zijn niet weergegeven).

Groep	Code	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	N
ZuurBron	(A)	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
NeutraalBron	(B)	-	0.98	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	51
Droogboven	(C)	-	-	0.67	0.10	-	0.20	0.01	-	-	-	0.01	-	42
NormBoven	(D)	-	-	0.10	0.68	-	0.08	0.01	-	0.11	-	0.03	-	46
BeekPoel	(E)	-	-	-	-	0.97	0.02	-	-	-	-	-	-	19
MiddenLoop	(F)	-	-	0.13	0.06	-	0.62	0.12	-	0.05	0.01	0.02	-	76
BenedenLoop	(G)	-	-	-	0.02	-	0.11	0.54	0.04	0.13	0.12	0.05	-	75
Kanaal	(H)	-	-	-	-	-	-	0.14	0.68	0.01	0.16	0.01	-	19
Sloot	(I)	-	-	0.01	0.03	-	0.05	0.06	-	0.75	0.05	0.06	0.01	125
Meer	(J)	-	-	-	-	-	0.02	0.14	0.05	0.04	0.62	0.13	-	74
PoelPlas	(K)	-	-	0.01	-	-	0.01	0.04	-	0.12	0.12	0.70	-	78
Ven	(L)	-	-	-	0.03	-	-	-	-	0.02	-	-	0.94	35

De resubstitutie kansen voor de groepen Droogboven, Normboven en Kanaal zijn hoger dan onder model V (tabel 14).

Conclusies van het voorspellen met drie hiërarchische niveaus

In de tweede analyse met drie hiërarchische niveaus en een aparte modellering per niveau, is een zorgvuldige modelselectie toegepast via een combinatie van a priori kennis én het aanpassen van alle mogelijke selecties van variabelen. Er zijn drie modellen aangepast:

- Model IV is het model met de op basis van de ordinatiediagrammen en de “forward selectie”-procedure geselecteerde predictoren met dien verstande dat cenotype R5 is geplaatst in de Benedenloopgroep,
- Model V is het model waarin de Kanalen groep (met R11 en R7) als aparte groep bij de hoofdgroep Midden/Benedenlopen/Riviertjes is geplaatst, waarbij de groepen C (cenotypen S2, S3, S4 en S5) en D (cenotypen S12, D6, S10 en D8) opnieuw zijn ingedeeld en waarbij de nieuwe predictoren meand, meandsl, meandernt, regulnt, regul en st zijn toegevoegd,
- Model VI is het model waarin het cenotype R5 is teruggeplaatst in de Kanalengroep, de groepen C en D opnieuw zijn ingedeeld (met respectievelijk de cenotypen S2, S3, S4, S5 en S12, D6, S10, D8) en waarin de nieuwe predictoren meand, meandsl, meandernt, regulnt, regul en st zijn toegevoegd.

Model VI, tot stand gekomen na het achtereenvolgens toepassen van een aantal wijzigingen, geeft over de gehele linie de beste resultaten.

7.3 Conclusies modelontwikkeling

Bij de hier gebruikte hiërarchische modellering is een uitgebreide, zorgvuldige modelselectie van predictoren op elk niveau in de hiërarchie mogelijk aangezien het aantal klassen op elk niveau beperkt is. Daarom geeft de tweede benadering hogere terugvoorspelkansen dan de eerste benadering met twee hiërarchische niveaus waarvoor zorgvuldige modelselectie niet mogelijk is. Model VI, tot stand gekomen na het achtereenvolgens toepassen van een aantal wijzigingen, geeft over de gehele linie de beste resultaten.

Er is nog getracht de indeling in hoofdgroepen weg te laten en rechtstreeks de indeling in de twaalf groepen te modelleren. Het bleek niet mogelijk een geschikt model te vinden dat de kruisvalidatie doorstaat. Alle in aanmerking komende modellen konden na weglating van één of meerdere groepen van 10 waarnemingen niet aangepast worden. Deze methodische insteek is daarom verlaten.

De hier gebruikte indeling in hoofdgroepen en groepen is gebaseerd op uitgebreide kennis van de cenotypen. De vraag is of hiërarchische modellering ook toegepast kan worden als deze kennis ontbreekt. De cenotypen worden bepaald op basis van een clusteranalyse. Uit het dendrogram van een hiërarchische clusteranalyse kan een indeling in hoofdgroepen en groepen afgeleid worden en met behulp van deze indeling kan er gemodelleerd worden. De voorspelkracht van de modellen kan mogelijk verbeterd worden door een cenotype te verplaatsen naar een andere groep, of door verplaatsing van een groep naar een andere hoofdgroep. Dit is in feite hier toegepast voor diverse verplaatsingen, waaronder verplaatsing van de Kanaalgroep. Een iteratieve procedure ligt dan voor de hand waarbij in elke iteratie enkele verplaatsingen uitgeprobeerd worden. De procedure stopt als de voorspelkracht niet meer verbeterd kan worden. Een probleem hierbij is dat de modelselectie steeds opnieuw moet worden uitgevoerd. Zorgvuldige modelselectie zoals hier uitgevoerd kan moeilijk geautomatiseerd worden, voorwaartse of achterwaartse selectie kan wel geautomatiseerd worden. Een tweede probleem is dat het aantal mogelijke verplaatsingen, van een cenotype van één groep naar een andere groep, erg groot is en daarmee wordt de benodigde rekentijd excessief groot.

8 Praktijkvalidatie

8.1 Inleiding

Drie waterbeheerders is gevraagd om scenario's aan te leveren om een verkennende praktijkvalidatie met model VI uit te voeren. De scenario's betreffen een wetering de Marswetering in Overijssel, een genormaliseerde laaglandbeek de Lunterse beek in Gelderland en een sloot in de polder Bergambacht in Zuid-Holland.

8.2 Scenario's

8.2.1 Marswetering

Voor de Marswetering zijn vijf scenario's (tabel 18) opgesteld:

- Scenario mars1 omvat de huidige toestand en betreft de waarden in het jaar 1998.
- Scenario mars2 richt zich op aanpassing van het peil. Het peil is aangepast door middel van inlaat van Vechtwater. De gemiddelde kwaliteit van het Vechtwater in 1998 is in verhouding gebracht met de waterkwaliteit van de Marswetering (verhouding Vechtwater t.o.v. Marsweteringwater van 1 : 4) ten behoeve van de berekening onder aanpassing peil. Scenario mars3 richt zich op profielaanpassing. Hierin is uitgegaan van het feit dat het huidige profiel is veranderd in een breder dwarsprofiel met lichte meanders.
- Scenario mars4 betreft een nultbemesting. De chemische waarden bij de nultbemesting zijn samengesteld uit de meetwaarden uit een monsterpunt bovenstrooms van de landbouwenclave gemiddeld met de berekende reductie afkomstig van het stoffenmodel INULA.
- Scenario marsd tenslotte is het doelscenario voor de Marswetering.

Tabel 18. Scenario's Marswetering.

scenario	huidige toestand	aanpassing peil	aanpassing profiel	nultbemesting	doelscenario
scenario mars1	X				
scenario mars2		X			
scenario mars3			X		
scenario mars4				X	
scenario marsd					X

8.2.2 Lunterse beek

Voor de Lunterse beek zijn zes scenario's (tabel 19) opgesteld:

- Scenario lunt1 omvat de huidige toestand en betreft de waarden in het jaar 1994.
- Scenario lunt2 beschrijft het stoppen van de lozing van de RWZI in de bovenloop van de Lunterse beek in 1995.

- Scenario lunt3 betreft stopzetting RWZI lozing en nulbemesting. De chemische waarden bij de nulbemesting zijn samengesteld uit de meetwaarden uit een monsterpunt bovenstrooms van de landbouwenclave gemiddeld met de berekende reductie afkomstig van INULA.
- Scenario lunt4 betreft het stoppen van de RWZI lozing en het laten hermeanderen van de beek.
- Scenario lunt5 omvat stopzetting RWZI lozing, nulbemesting en hermeandering.
- Scenario luntd tenslotte is het doelscenario voor de Lunterse beek.

Tabel 19. Scenario's Lunterse beek.

scenario	toestand 1994	stopzetten RWZI	nulbemesting	hermeanderen	doelscenario
scenario lunt1	X				
scenario lunt2		X			
scenario lunt3		X	X		
scenario lunt4		X		X	
scenario lunt5		X	X	X	
scenario luntd					X

8.2.3 Bergambacht

Voor Bergambacht zijn zes scenario's (tabel 20) opgesteld:

- Scenario berg1 omvat de huidige toestand en betreft de waarden in het jaar 1998.
- In scenario berg2 vindt autonome ontwikkeling plaats en deze is uitgedrukt in de toestand zoals die was in 1995. Alleen wettelijk verplichte maatregelen zijn uitgevoerd. Het polderpeil in het landbouwgebied is niet verlaagd.
- In het scenario berg3 "totaalpakket bij huidige peil" blijven polderpeilen en de kwaliteit van het inlaatwater ongewijzigd. Van alle overige maatregelen is de meest verregaande variant doorgevoerd:
 - * Aanpassing bemesting en toepassing slootkantheer.
 - * Vergaande kroosverwijdering d.w.z. een 80 % bedekkingsgraad is teruggebracht tot een bedekkingsgraad van 20 %.
 - * Verwijdering van oude baggerspecie (eutroof). Geen nalevering meer van P vanuit de bodem.
 - * Sanering van alle ongerioleerde lozingen.
 - * Verbetering kwaliteit van effluent door aanpassing van de RWZI volgens de "best technical means". Dit betekent de effluentconcentratie is verlaagd tot 5 mgN/l totaal stikstof-gehalte en 0,5 mgP/l totaal fosfaat-gehalte (was resp. 15 en 2 bij autonome ontwikkeling).
- In scenario berg4 "totaalpakket bij verlaagd peil en verbetering kwaliteit inlaatwater" wordt t.o.v. het vorige scenario nu ook het polderpeil en het landbouwgebied verlaagd en wordt uitgegaan van de toestand waarin de kwaliteit van de Vlist en de Lek voldoen aan de grenswaarden. De hoeveelheid water die wordt ingelaten blijft overigens gelijk.
- In scenario berg5 is aan fosfaat en stikstof de bovengrens toegekend t.o.v. scenario 3.

- Scenario bergd tenslotte is het doelscenario voor Bergambacht.

Tabel 20. Scenario's Bergambacht.

scenario	huidige toestand	autonome ontwikkeling	totaal pakket bij huidig peil	totaal pakket bij wijziging peil en inlaat-kwaliteit	boven-grens totaal P/N	doel-scenario
scenario berg1	X					
scenario berg2		X				
scenario berg3			X			
scenario berg4				X		
scenario berg5					X	
scenario bergd						X

8.3 Model-invoerparameters

De volgende parameters zijn voor het model (model VI) nodig (tabel 21):

Tabel 21. Model-invoerparameters, hun eenheid en code.

volgnr	monstercode	eenheid	parametercode
1	totaal fosfaat	mgP/l	t-P
2	nitraat	mgN/l	NO3
3	ammonium	mgN/l	NH4
4	zuurstof	mg/l	O2
5	breedte	m	b
6	diepte	m	d
7	stroomsnelheid	m/s	s
8	verval	m/km	verval
9	zuurgraad	-	pH
10	geleidendheid	mS/m	EGV
11	droogval	0/1	droogval
12	laagveen	0/1	laagveen
13	% drijvende vegetatie	%	%drijf
14	% ondergedoken vegetatie	%	%onder
15	% totale vegetatiebedekking	%	totb
16	niet lijnvormig regelmatig profiel	nominaal	ISRE
17	niet lijnvormig onregelmatig profiel	nominaal	IRIR
18	lijnvormig regelmatig profiel	nominaal	LSRE
19	lijnvormig onregelmatig profiel	nominaal	LSIR
20	calcium	mg/l	Ca
21	chloride	mg/l	Cl
22	normalisatie niet	0/1	REGULNT
23	normalisatie sterk	0/1	REGUL

8.4 Voorspellingsresultaten

Voor ieder van de scenario's zijn de modelparameters ten dele aangeleverd. Op basis van kennis van de watertypen heeft Alterra de waarden waar nodig ingevuld en sterk afwijkende of minder "logische" waarden aangepast. De uiteindelijke parameterwaarden die zijn toegepast in de navolgende scenario's zijn gegeven in bijlage 5. De cenotypen zijn beschreven in bijlage 6, benoemd in bijlage 7 en in een netwerk geplaatst in bijlage 8.

De voorspellingsresultaten staan in tabel 22. Deze tabel bevat de drie hiërarchische niveaus. Op het hoogste niveau heeft iedere hoofdgroep een kans (de som is gelijk aan 1) waarmee het betreffende scenario behoort tot het respectievelijke type. Voor het tweede niveau is deze kans onderverdeeld naar de groepen binnen de respectievelijke hoofdgroep (som is gelijk kans op de respectievelijke hoofdgroep). Tenslotte bevatten de cenotypen op het derde niveau de verder onderverdeelde kans van de respectievelijke groep (de som is gelijk aan de kans op de respectievelijke groep). Als voorbeeld is de kans op MiddenBeneden voor scenario mars1 gelijk 0.6. Binnen MiddenBeneden is deze kans op het tweede niveau onderverdeeld naar MiddenLoop met kans 0.165 en naar BenedenLoop met kans 0.435 (som is weer 0.6). Voor de cenotypen van de groep BenedenLoop is de kans verder onderverdeeld naar slechts één cenotype R4 met kans 0.435.

De in de navolgende scenario's benoemde cenotypen zijn beschreven in bijlage 6. Tussen haakjes zijn steeds de kansen van betreffend cenotype op betreffend niveau vermeld.

8.4.1 Marswetering

<i>scenario mars1</i>	: huidige situatie
Hoofdgroep	MiddenBeneden (SlootKanaal) [0.60(0.23)]
Groep	BenedenLoop (Sloot) [0.44(0.23)]
Cenotype(n)	De Marswetering in de huidige toestand heeft het karakter van een belaste kleine tot middelgrote lijnvormige watergang (R4; 0.44) met kenmerken van een sloot/stilstaande gereguleerde beek (D3; 0.23)
Kwaliteit	Cenotypen R4 en D3 hebben eenzelfde kwaliteit binnen de slootbeken-reeks (matig: geel)
Ruimte	Weteringen, waarbij R4 en D3 volgen op type S10
Opmerking	Geen

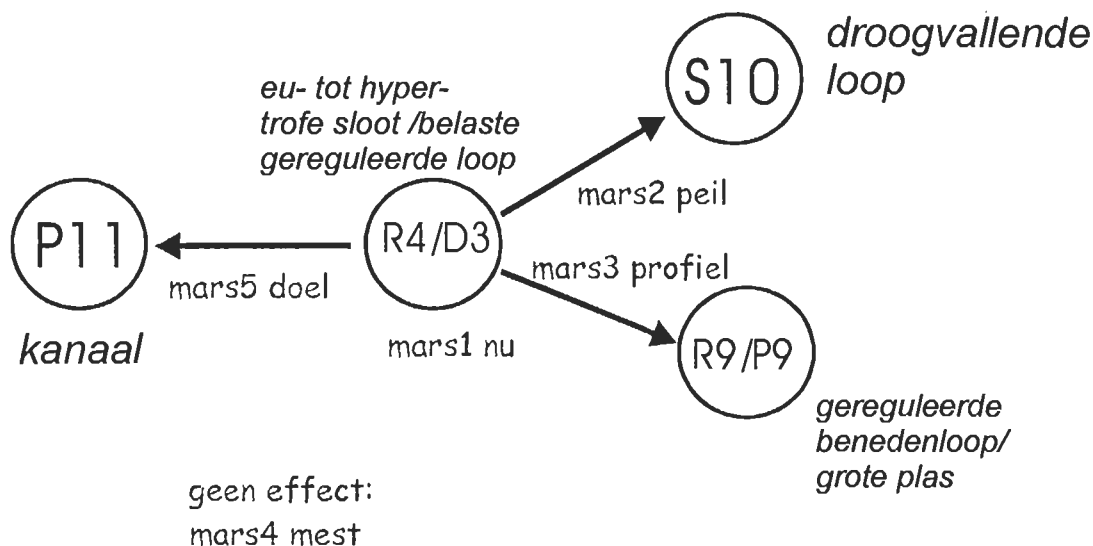
<i>scenario mars2</i>	: aanpassing peil
Hoofdgroep	BronBoven (0.49) en MiddenBeneden (0.47)
Groep	NormBoven (0.40) en MiddenLoop (0.45)
Cenotype(n)	Bij peilaanpassing verschuift het cenotype vanaf de huidige situatie in de richting van een droogvallende gereguleerde bovenloop/sloot (S10; 0.34) met kenmerken van een gereguleerde benedenloop (R9; 0.26)
Kwaliteit	Cenotype S10 heeft eenzelfde kwaliteit als type D3 (matig: geel), terwijl R9 een iets hoger niveau aangeeft (redelijk: groen)
Ruimte	Morfologisch hebben S10 en R9 geen verband en komt S10 wel in het weteringengebied voor maar R9 niet
Opmerking	De hoge stroomsnelheid komt onwaarschijnlijk over in relatie tot droogval in de zomer (2 weken)

<i>scenario mars3</i> : <i>aanpassing profiel</i>	
Hoofdgroep	PoelMeer (0.56) en MiddenBeneden (0.31)
Groep	Meer (0.44) en MiddenLoop (0.24)
Cenotype(n)	Bij een dergelijke profielaanpassing verschuift het cenotype in karakter op in de richting van een grote plas/meertje (P9; 0.24) en een geregleerde benedenloop (R9; 0.23)
Kwaliteit	Cenotype P9 heeft matige kwaliteit (geel), terwijl R9 een iets hoger niveau aangeeft (redelijk: groen)
Ruimte	Morfologisch hebben P9 en R9 geen verband, maar kan het basisch watertype P9 wel voorkomen en R9 (nog) niet
Opmerking	De vergrote dimensionering met een verlaagde stroomsnelheid en droogval leidt tot een vergroot karakter van een stilstaand water. Overigens bevat het model geen beken met dergelijke dimensies en trage stroomsnelheid (incl. droogval) die ook wat betreft stofgehalten vergelijkbaar zijn. Profielaanpassingen in beken worden meestal gericht op verkleining van het profiel

<i>scenario mars4</i> : <i>nulbemesting</i>	
Hoofdgroep	MiddenBeneden (SlootKanaal) [0.59 (0.29)]
Groep	BenedenLoop (0.32), MiddenLoop (Sloot) [0.27 (0.29)]
Cenotype(n)	Dit scenario geeft ten opzichte van de huidige toestand nauwelijks veranderingen in de voorspelde combinatie aan cenarypen (R4;0.32, D3; 0.29)
Kwaliteit	Cenotypen R4 en D3 hebben eenzelfde kwaliteit binnen de slootbeken-reeks (matig: geel)
Ruimte	Weteringen, waarbij R4 en D3 volgen op type S10
Opmerking	Bij de nulbemesting neemt opmerkelijk genoeg het fosfaat- en chloridegehalte (en geleidendheid) toe terwijl nitraat vermindert. Dergelijke 'relatief geringe' verschuivingen in stofgehalten zijn voor een stromend water van minder belang

<i>scenario marsd</i> : <i>doelscenario</i>	
Hoofdgroep	PoelMeer (MiddenBeneden) [0.69 (0.22)]
Groep	Meer (MiddenLoop) [0.54 (0.19)]
Cenotype(n)	In het doelscenario is een spreiding in kansen waarneembaar. Het meest van belang is kanaal/middelgrote diepe plas (P11; 0.28). Op een hoger niveau zien we een belangrijke rol voor een type gerelateerd aan stilstaand water (Meer)
Kwaliteit	Cenotypen P11 heeft een redelijke kwaliteit (groen)
Ruimte	Kanaal
Opmerking	In dit scenario leidt de verbeterde waterkwaliteit en stroming toch tot een dergelijke voorspelling. Opnieuw blijkt het ontbreken van dergelijke langzaam stromende beektypen met goede kwaliteit in de dataset tot een minder betrouwbare voorspelling leiden. Ook kan het zijn dat een dergelijke combinatie aan variabelen niet in beken voorkomt

Marswetering



Bovenstaande figuur geeft een samenvatting van de Marswetering scenario's (cijfers met aanduiding = scenario; cursief is cenotype).

8.5 Lunterse beek

<i>scenario lunt1</i>	<i>: toestand 1994</i>
Hoofdgroep	MiddenBeneden (0.76)
Groep	MiddenLoop (0.76)
Cenotype(n)	De toestand van de Lunterse beek in 1994 wordt gekarakteriseerd als een gereguleerde middenloop (S7; 0.61)
Kwaliteit	De gereguleerde middenloop S7 heeft een redelijke kwaliteit (groen)
Ruimte	S7 vormt onderdeel van de reeks van genormaliseerde boven- en middenlopen
Opmerking	Geen

<i>scenario lunt2</i>	<i>: stopzetten RWZI</i>
Hoofdgroep	MiddenBeneden (0.73)
Groep	MiddenLoop (0.73)
Cenotype(n)	Het stopzetten van de lozing van de RWZI heeft slechts geringe gevolgen, het cenotype blijft met een redelijke kans behoren tot een gereguleerde middenloop (S7; 0.57)
Kwaliteit	De gereguleerde middenloop S7 heeft een redelijke kwaliteit (groen)
Ruimte	S7 vormt onderdeel van de reeks van genormaliseerde boven- en middenlopen
Opmerking	De verbeterde ammoniumgehalten worden door de sterk verlaagde stroomsnelheid mogelijk teniet gedaan

<i>scenario lunt3</i>	<i>: stopzetten RWZI en nulbemesting</i>
Hoofdgroep	MiddenBeneden (0.78)
Groep	MiddenLoop (0.77)
Cenotype(n)	Ten opzichte van scenario lunt2 wordt nauwelijks effect voorspeld (S7; 0.57)

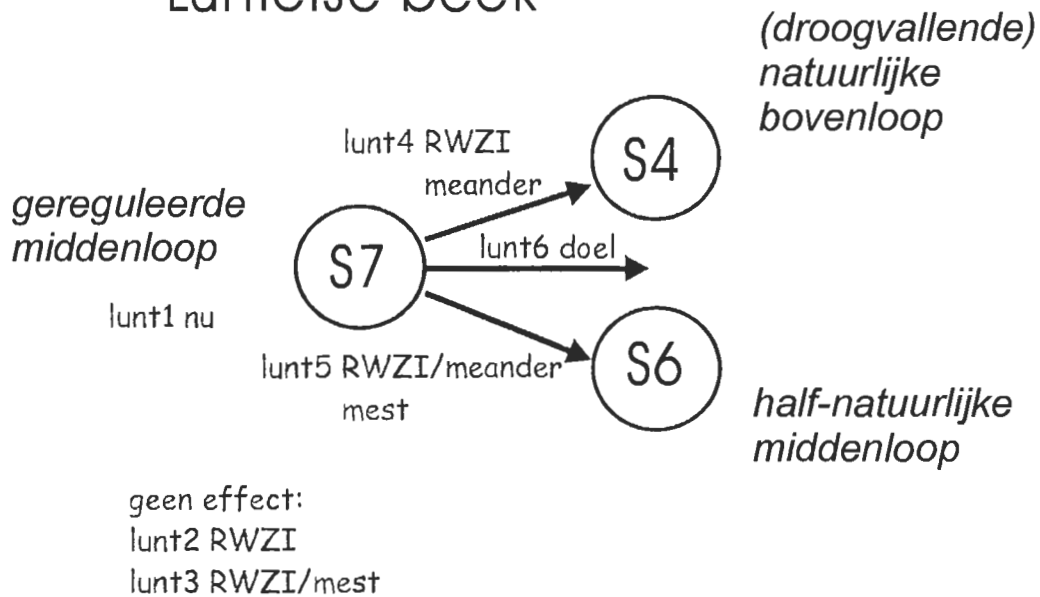
Kwaliteit	De geregleerde middenloop S7 heeft een redelijke kwaliteit (groen)
Ruimte	S7 vormt onderdeel van de reeks van genormaliseerde boven- en middenlopen
Opmerking	Ook hier blijft de stroomsnelheid erg laag

<i>scenario lunt4 : stopzetten RWZI en hermeanderen</i>	
Hoofdgroep	MiddenBeneden (BronBoven) [0.61 (0.34)]
Groep	MiddenLoop (DroogBoven) [0.61 (0.34)]
Cenotype(n)	Dit scenario heeft een ingrijpende wijziging tot gevolg. De beek gaat met een gerede kans tot een (droogvallende) natuurlijke bovenloop (S4; 0.32) en een half-natuurlijke middenloop (S6; 0.32) behoren
Kwaliteit	De natuurlijke bovenloop (S4) en de half-natuurlijke middenloop S6 hebben beide een redelijke kwaliteit (groen)
Ruimte	S4 vormt onderdeel van de reeks van bovenlopen en S6 van middenlopen, morfologisch volgen beide op elkaar en de locatie neemt hier een intermediaire positie in
Opmerking	Meandering en stroming gaan hier duidelijk effect sorteren. Een verkleining van de breedte zou in dit scenario hebben gepast

<i>scenario lunt5 : stopzetten RWZI, nultbemesting en hermeanderen</i>	
Hoofdgroep	MiddenBeneden (BronBoven) [0.68 (0.24)]
Groep	MiddenLoop (DroogBoven) [0.68 (0.24)]
Cenotype(n)	In scenario lunt5 overheerst het cenotype van een half-natuurlijke middenloop (S6; 0.36 met drie begeleidend S5; 0.18, S7; 0.19, R9; 0.13)
Kwaliteit	De half-natuurlijke middenloop S6 heeft een redelijke kwaliteit (groen)
Ruimte	S6 is een middenloop die morfologisch past in betreffend gebied
Opmerking	De rol van nultbemesting blijkt relatief klein in dergelijke stromende wateren. Het is de vraag of de vegetatie-ontwikkeling achterblijft, dit hangt mede samen met beschaduwning

<i>scenario lunt4 : doelscenario</i>	
Hoofdgroep	MiddenBeneden (0.75)
Groep	MiddenLoop (0.75)
Cenotype(n)	In het doelscenario bevindt het toekomstige cenotype van de Lunterse beek zich tussen de half-natuurlijke middenloop (S6; 0.39) en de geregleerde middenloop (S7; 0.21)
Kwaliteit	De half-natuurlijke middenloop S6 en geregleerde middenloop S7 hebben beide een redelijke kwaliteit (groen)
Ruimte	S6 is een half-natuurlijke middenloop en S7 vormt onderdeel van de reeks van genormaliseerde boven- en middenlopen, die beide morfologisch passen
Opmerking	Zie scenario lunt5

Lunterse beek



Bovenstaande figuur geeft een samenvatting van de Lunterse beek scenario's (cijfers met aanduiding = scenario; cursief is cenotype).

8.5.1 Bergambacht

<i>scenario berg1</i>	<i>: huidige toestand</i>
Hoofdgroep	SlootKanaal (0.88)
Groep	Sloot (0.88)
Cenotype(n)	De toestand van Bergambacht 1998 wordt gekarakteriseerd als een brede laagveensloot/vaart (R2; 0.69) met beperkte kans op slootkenmerken (D3; 0.18)
Kwaliteit	De kwaliteit van R2 is matig tot redelijk (geelgroen) terwijl die van D3 matig (geel) is
Ruimte	D3 en R2 vormen type die wat betreft dimensie in elkaar overgaan. R2 is vooral beschreven voor de regio NoordWest Overijssel (laagveen) en D3 is een sloottype dat vooral op klei maar ook op zand en laagveen voorkomt
Opmerking	Geen

<i>scenario berg2</i>	<i>: autonome ontwikkeling</i>
Hoofdgroep	SlootKanaal (0.86)
Groep	Sloot (0.86)
Cenotype(n)	De toestand van Bergambacht 1998 (scenario berg1) als een brede laagveensloot/vaart (R2; 0.77) wordt in scenario berg2 (toestand 1995) versterkt
Kwaliteit	De kwaliteit van R2 is matig tot redelijk (geelgroen)
Ruimte	R2 is vooral beschreven in de regio NoordWest Overijssel (laagveen)
Opmerking	De geringe afnames in stoffen ondersteunen de kwaliteitsverbetering (D3 naar R2)

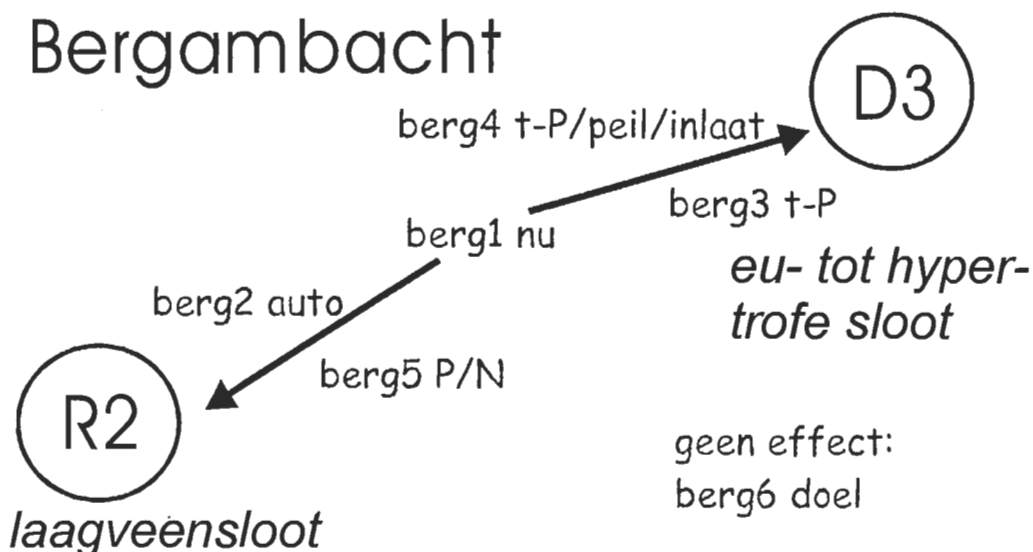
<i>scenario berg3</i>	<i>: totaal pakket bij huidig peil</i>
Hoofdgroep	SlootKanaal (0.80)
Groep	Sloot (0.80)
Cenotype(n)	Door de verhoging van ammonium en verlaging van ionen, totaal fosfaat en nitraat wordt het

	meer saprobe slootkarakter van het cenotype bevoordeeld (sterk verhoogde kans op kenmerken van cenotype D3; 0.30) binnen het nog steeds belangrijkste karakter van de gemeenschap van een brede laagveensloot/vaart (R2; 0.37)
Kwaliteit	De kwaliteit van R2 is matig tot redelijk (geelgroen) terwijl die van D3 matig (geel) is
Ruimte	D3 en R2 vormen type die wat betreft dimensie in elkaar overgaan. R2 is vooral beschreven voor de regio NoordWest Overijssel (laagveen) en D3 is een sloottype dat vooral op klei maar ook op zand en laagveen voorkomt
Opmerking	De toename in ammonium staat in tegenstelling tot de afname in nitraat. Ondanks een daling van totaal fosfaat en nitraat dschuift het cenotype naar een voedselrijkere op. Dit is een gevolg van de opgaven van vegetatie-bedekking en verhoging van ammonium

<i>scenario berg4 : totaal pakket bij wijziging peil en inlaatkwaliteit</i>	
Hoofdgroep	SlootKanaal (0.80)
Groep	Sloot (0.80)
Cenotype(n)	Dit scenario is wat betreft voorspelling gelijk aan scenario berg3 (R2; 0.37, D3; 0.30)
Kwaliteit	De kwaliteit van R2 is matig tot redelijk (geelgroen) terwijl die van D3 matig (geel) is
Ruimte	D3 en R2 vormen type die wat betreft dimensie in elkaar overgaan. R2 is vooral beschreven voor de regio NoordWest Overijssel (laagveen) en D3 is een sloottype dat vooral op klei maar ook op zand en laagveen voorkomt
Opmerking	De geringe verschuivingen in fosfaat en ammonium hebben een tegenstelde of elkaar compenserende werking

<i>scenario berg5 : bovengrens totaal P/N</i>	
Hoofdgroep	SlootKanaal (0.89)
Groep	Sloot (0.89)
Cenotype(n)	In dit scenario neemt de kans op het cenotype sloot (D3; 0.45) sterk toe [met R2 (0.24)]
Kwaliteit	De kwaliteit van D3 is matig (geel)
Ruimte	D3 is een sloottype dat vooral op klei maar ook op zand en laagveen voorkomt
Opmerking	Hogere ammoniumgehalten en geringer diepte zijn debet aan een meer algemeen sloottype

<i>scenario bergd : doelscenario</i>	
Hoofdgroep	SlootKanaal (0.93)
Groep	Sloot (0.93)
Cenotype(n)	Het doelscenario geeft een cenotype dat intermediair is tussen de huidige toestand en scenario berg3 (R2; 0.55, D3; 0.25)
Kwaliteit	De kwaliteit van R2 is matig tot redelijk (geelgroen) terwijl die van D3 matig (geel) is
Ruimte	D3 en R2 vormen type die wat betreft dimensie in elkaar overgaan. R2 is vooral beschreven voor de regio NoordWest Overijssel (laagveen) en D3 is een sloottype dat vooral op klei maar ook op zand en laagveen voorkomt
Opmerking	Geen



Bovenstaande figuur geeft een samenvatting van de Bergambacht scenario's (cijfers met aanduiding = scenario; cursief is cenotype).

Aan de hand van bovenstaande resultaten is een tweede berekening uitgevoerd. Hiervoor zijn gegevens gebruikt van 1996 en 1999. Als scenario's zijn gebruikt:

berg7: toestand zomer 1996

berg8: toestand winter 1996

berg9: toestand zomer 1999

berg10: toestand winter 1999

In tabel 22 zijn de parameterwaarden die zijn toegepast in scenario's.

Tabel 22. Invoerparameters van de Bergambacht scenario's.

	1996	1999	1996	1999
	uitgang	na maatregelen	uitgang	na maatregelen
parameter	zomer	zomer	winter	winter
t-p	0.5	0.98	0.34	0.43
no3	0.15	0.15	1.37	1.02
nh4	0.3	0.3	1.29	1.02
o2	7.4	5.8	3.7	3.7
b	3.8	3.8	3.8	3.8
d	0.3	0.7	0.4	0.4
s	0	0	0	0
verval	0	0	0	0
ph	7.9	7.9	7.75	7.75
egv	820	570	645	645
droogval	0	0	0	0
laagveen	0	0	0	0
%drijf	50	20	50	20
%onder	20	50	20	50
totb	70	70	70	70
isre	0	0	0	0

kroos
submers

irir	0	0	0	0
lsre	1	1	1	1
lsir	0	0	0	0
meandnt	1	1	1	1
meandsl	0	0	0	0
meand	0	0	0	0
regulnt	0	0	0	0
regul	1	1	1	1
s-t	0.7	0.7	0.7	0.7
ca	120	120	120	120
cl	63.5	63.5	63.5	63.5

De nieuwe voorspellingsresultaten staan in tabel 23. Deze tabel bevat ook weer de drie hiërarchische niveaus.

Tabel 23. Voorspellingsresultaten Bergambacht scenario's.

RISTORI Bergambacht	1996	1999	1996	1999
	uitgang	na maatregelen	uitgang	na maatregelen
	zomer	zomer	winter	winter
Hoofdgroep	11996	11999	21996	21999
BronBoven	0.002	0.006	0.168	0.074
MiddenBeneden	0.018	0.071	0.089	0.112
SlootKanaal	0.971	0.897	0.721	0.791
PoelMeer	0.009	0.026	0.022	0.023
Groep				
ZuurBron	0.000	0.000	0.000	0.000
NeutraalBron	0.000	0.000	0.000	0.000
Droogboven	0.000	0.000	0.001	0.000
NormBoven	0.002	0.006	0.168	0.074
BeekPoel	0.000	0.000	0.000	0.000
MiddenLoop	0.004	0.026	0.049	0.062
BenedenLoop	0.014	0.045	0.040	0.050
Kanaal	0.000	0.000	0.000	0.000
Sloot	0.971	0.897	0.721	0.791
Meer	0.001	0.010	0.000	0.002
PoelPlas	0.008	0.016	0.021	0.021
Ven	0.000	0.000	0.000	0.000
Cenotype				
h5	0.000	0.000	0.000	0.000
h6	0.000	0.000	0.000	0.000
h2	0.000	0.000	0.000	0.000
s1	0.000	0.000	0.000	0.000
h1	0.000	0.000	0.000	0.000
h3	0.000	0.000	0.000	0.000
s2	0.000	0.000	0.000	0.000
s3	0.000	0.000	0.000	0.000

s4	0.000	0.000	0.001	0.000
s5	0.000	0.000	0.000	0.000
s12	0.000	0.000	0.000	0.000
d6	0.000	0.000	0.000	0.000
s10	0.002	0.006	0.148	0.065
d8	0.000	0.000	0.020	0.009
s13	0.000	0.000	0.000	0.000
s9	0.000	0.000	0.000	0.000
s6	0.000	0.000	0.000	0.000
s7	0.002	0.014	0.026	0.033
r9	0.002	0.012	0.023	0.029
r3	0.000	0.000	0.000	0.000
r1	0.000	0.000	0.000	0.000
r4	0.014	0.045	0.040	0.050
r5	0.000	0.000	0.000	0.000
r11	0.000	0.000	0.000	0.000
r7	0.000	0.000	0.000	0.000
r2	0.578	0.041	0.147	0.005
d3	0.389	0.831	0.562	0.765
d2a	0.000	0.000	0.000	0.000
p5	0.003	0.024	0.012	0.021
p7	0.000	0.000	0.000	0.000
p11	0.000	0.004	0.000	0.001
r12	0.001	0.006	0.000	0.001
p9	0.000	0.000	0.000	0.000
r8	0.000	0.000	0.000	0.000
p6	0.000	0.000	0.000	0.000
p8	0.008	0.016	0.021	0.021
p4	0.000	0.000	0.000	0.000
p3	0.000	0.000	0.000	0.000
p2	0.000	0.000	0.000	0.000
p1	0.000	0.000	0.000	0.000
maximum hoofdgroep	0.971	0.897	0.721	0.791
maximum groep	0.971	0.897	0.721	0.791
maximum cenotype	0.578	0.831	0.562	0.765

In alle vier de scenario's wordt de sloot in de hoofdgroep Slootkanaal en de groep Sloot geplaatst met kansen groter dan 0.7. Op cenotype-niveau wordt de zomer van 1996 toegedeeld aan R2 (0.56) en D3 (0.39) terwijl de overige drie scenario's steeds een hoogste kans op D3 (respectievelijk 0.83, 0.56, 0.77) geven. De scenario's van zomer en winter van 1996 zijn vergelijkbaar met het eerdere doelscenario. De scenario's van zomer en winter 1999 zijn vergelijkbaar met het autonome ontwikkelingsscenario.

Geconcludeerd kan worden dat in bergambacht ondanks de maatregelen een autonome ontwikkeling heeft plaats gevonden tussen 1996 en 1999.

8.6 Conclusies praktijkvalidatie

Met het cenotypenvoorspellingsmodel worden in feite geen nieuwe situaties voorspeld, maar worden richtingen binnen een bestaande ruimte aan cenotypen aangegeven. Omdat naast biotische parameters de cenotypen ook worden gekarakteriseerd door abiotische parameters is deze techniek mogelijk. De toepassing van de EKKO-data heeft een voorspellingsmodel opgeleverd voor Overijsselse situatie. Dit model is op drie praktijkcases toegepast.

De samenstelling van de aangeleverde scenario's is feitelijk onvoldoende voor een gedegen voorspelling. Op basis van deskundigen-inschatting zijn de scenario's geoptimaliseerd. Aanbevolen wordt om voldoende aandacht te besteden tijdens het vervolgtraject aan de dosismodellen.

Voor de Marswetering blijkt dat deze wetering heeft weinig baat bij allerlei ingrepen. De voorspelling voor de Lunterse beek komt overeen met gemeten trends door het waterschap. Bergambacht blijkt ook weinig baat te hebben bij de geschetste ingrepen. De waterbeheerder is het hier mee eens, maar weinig effect voor macrofauna hoeft niet te betekenen dat macrofyten niet verbeteren. Daar treedt wel verbetering op. De vraag is alleen of de huidige situatie niet terugvalt in een ongewenste situatie.

Het voorspellingsmodel kan hier uiteraard geen antwoord op geven. De nieuwe scenario's van voor (1996) en na de ingreep (1999). Geconcludeerd wordt dat in Bergambacht ondanks de maatregelen een autonome ontwikkeling heeft plaats gevonden tussen 1996 en 1999.

Tabel 22. Voorspellingsresultaten voor de scenario's van Marsuitering, Lanterse beek en Bergambacht.

Hoofdgroep	mars1	mars2	mars3	mars4	marsd	lunt1	lunt2	lunt3	lunt4	lunt5	luntl	berg1	berg2	berg3	berg4	berg5	bergd
BronBoven	0.050	0.486	0.112	0.017	0.065	0.205	0.232	0.157	0.343	0.242	0.148	0.067	0.070	0.066	0.066	0.032	0.003
MiddenBeneden	0.600	0.470	0.309	0.589	0.218	0.762	0.730	0.780	0.612	0.682	0.750	0.038	0.050	0.084	0.084	0.043	0.030
SlootKanaal	0.233	0.012	0.015	0.293	0.025	0.030	0.032	0.054	0.006	0.011	0.018	0.880	0.863	0.798	0.798	0.888	0.932
PoelMeer	0.117	0.032	0.564	0.101	0.691	0.003	0.006	0.009	0.039	0.065	0.084	0.015	0.018	0.052	0.052	0.037	0.036
Groep	mars1	mars2	mars3	mars4	marsd	lunt1	lunt2	lunt3	lunt4	lunt5	luntl	berg1	berg2	berg3	berg4	berg5	bergd
ZuurBron	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NeutraalBron	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Droogboven	0.002	0.082	0.061	0.002	0.046	0.188	0.034	0.105	0.337	0.236	0.044	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
NormBoven	0.048	0.404	0.051	0.015	0.020	0.017	0.199	0.052	0.006	0.005	0.003	0.067	0.069	0.066	0.066	0.032	0.003
BeekPoel	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MiddenLoop	0.165	0.446	0.240	0.265	0.185	0.762	0.727	0.767	0.612	0.681	0.749	0.028	0.019	0.074	0.078	0.043	0.013
BenedenLoop	0.435	0.024	0.069	0.324	0.033	0.000	0.002	0.013	0.000	0.002	0.001	0.010	0.030	0.010	0.005	0.001	0.017
Kanaal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sloot	0.233	0.012	0.015	0.293	0.025	0.030	0.032	0.054	0.006	0.011	0.018	0.880	0.863	0.798	0.798	0.888	0.932
Meer	0.076	0.006	0.444	0.085	0.536	0.000	0.001	0.002	0.004	0.017	0.021	0.000	0.000	0.006	0.006	0.004	0.002
PoelPlas	0.041	0.026	0.120	0.017	0.156	0.002	0.005	0.007	0.035	0.049	0.063	0.015	0.018	0.047	0.047	0.033	0.034
Ven	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cenotype	mars1	mars2	mars3	mars4	marsd	lunt1	lunt2	lunt3	lunt4	lunt5	luntl	berg1	berg2	berg3	berg4	berg5	bergd
h5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
h6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
h2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
s1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
h1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
h3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
s2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
s3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
s4	0.000	0.081	0.000	0.000	0.000	0.183	0.032	0.026	0.323	0.058	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
s5	0.002	0.001	0.061	0.002	0.046	0.005	0.001	0.079	0.014	0.179	0.044	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
s12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
d6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
s10	0.038	0.335	0.026	0.012	0.016	0.014	0.178	0.046	0.005	0.004	0.003	0.060	0.065	0.063	0.063	0.030	0.002
d8	0.010	0.069	0.025	0.003	0.004	0.002	0.021	0.006	0.001	0.001	0.001	0.007	0.005	0.002	0.002	0.002	0.000
s13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Literatuur

Armitage P.D., D. Moss J.F. Wright & M.T. Furse 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.* Vol. 17, no 3: 333-347.

Den Hartog C. 1963. The amphipods of the Caltaic region of the rivers Rhine, Meuse and Schelde in relation to the hydrography of the area. I: Introduction and hydrography. *Netherlands Journal of Sea Research* 2: 29-39.

Higler L.W.G. & H.H. Tolcamp 1984. Karakterisering van stromende wateren met behulp van bioindicatoren: het geslacht *Hydropsyche* (Trichoptera). In E.P.H. Best & J. Haeck (eds). *Ecologische indicatoren voor de kwaliteitsbeoordeling van lucht, water, bodem en ecosysteem*. Symposium van de Oecologische Kring, Utrecht, 14-15 oktober 1982. Pudoc, Wageningen.

Hosmer D.W. & Lemeshow S. 1989.. *Applied logistic regression*. Wiley, New York.

Karr J.R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, 1(1): 66-84.

Nijboer R.C., Goedhart P.W., Verdonschot P.F.M. & Ter Braak C.J.F. 1998. Effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische levensgemeenschappen. cenotypenbenadering, fase 1: ontwikkeling van het prototype. RIZA werkdok. 98.141X, STOWA werkrapportnr 98-W-03, RIVM rap[portnr 70 37 18 004. 140 pp.

Pianka E.R. 1978. *Evolutionary ecology*. Harper and Row Publishers, New York.

Preston E.M. & B.L. Bedford 1988. Evaluating cumulative effects on wetland functions: a conceptual overview and general framework. *Environmental Management* 12: 515-583.

Rosenberg D.M. & V.H. Resh 1993. *Freshwater bio-monitoring and benthic macro-invertebrates*. Chapman & Hall, New York.

Thienemann A. 1925. *Die Binnengewässer Mitteleuropas. Eine Limnologische Einführung*. In: *Die Binnengewässer*, BD. 1. Schweizerbart, Stuttgart.

Verdonschot, P.F.M. (1990): *Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands)*. Thesis, Wageningen, 1-255.

Verdonschot, P.F.M. (1990): *Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Het netwerk van cenotypen als instrument voor ecologisch beheer, inrichting en beoordeling van oppervlaktewateren*. Provincie Overijssel, Zwolle. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 301 pp.

Verdonschot P.F.M., Koopmans M. & Gerritsen R.C. (1999): Ecologisch maatweb stromende wateren. Waterschap Veluwe en Waterschap Vallei & Eem. 142 pp.

Verdonschot P.F.M. 1983. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Provinciale Waterstaat in Overijssel, Zwolle. 1-57.

Verdonschot P.F.M. & Nijboer R.C. 2000. Actueel en potentieel ecologisch typologisch netwerk van beken in Nederland. Alterra, Wageningen.

Zonneveld I.S. 1984. Grondslagen voor de bioindicatie. In: E.P.H. Best & J. Haeck (eds). Ecologische indicatoren voor de kwaliteitsbeoordeling van lucht, water, bodem en ecosystemen.

Bijlagen

- Bijlage 1. Relevante milieuv variabelen in ordinatiediagrammen en “forward selectie”.
- Bijlage 2. Indeling van cenotypen naar groepen.
- Bijlage 3A. Box-plots van getransformeerde kwantitatieve predictoren (Log of Logit).
- Bijlage 3B. Gemiddelde kruisvalidatie terugvoorspelkans van groep naar groep voor model I, II en III. Kansen op een juiste voorspelling zijn onderstreept. N is het aantal waarnemingen.
- Bijlage 3C1. Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor model I. Kansen op een voorspelling binnen dezelfde hoofdgroep zijn onderstreept. N is het aantal waarnemingen.
- Bijlage 3C2. Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor model II. Kansen op een voorspelling binnen dezelfde hoofdgroep zijn onderstreept. N is het aantal waarnemingen.
- Bijlage 3C3. Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor model III. Kansen op een voorspelling binnen dezelfde hoofdgroep zijn onderstreept. N is het aantal waarnemingen.
- Bijlage 3E. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model IV. Groepen zijn weergegeven door een vette omlijning. Kansen kleiner dan 0.005 zijn niet afgedrukt en kansen groter dan 0.995 zijn afgedrukt als 0.99.
- Bijlage 3F. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model V. Groepen zijn weergegeven door een vette omlijning. Kansen kleiner dan 0.005 zijn niet afgedrukt en kansen groter dan 0.995 zijn afgedrukt als 0.99.
- Bijlage 3G. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model VI. Groepen zijn weergegeven door een vette omlijning. Kansen kleiner dan 0.005 zijn niet afgedrukt en kansen groter dan 0.995 zijn afgedrukt als 0.99.
- Bijlage 4. Indeling van cenotypen naar hoofdgroepen.
- Bijlage 5. Parameterwaarden voor de scenario's voor Marswetering, Lunterse beek en Bergambacht.
- Bijlage 6. Cenotypenbeschrijvingen.
- Bijlage 7. Lijst met cenotypen.
- Bijlage 8. Het netwerk van cenotypen. De contourlijn omvat alle monsterpunten van het EKKO-project. De centroiden van elk cenotype is aangegeven met een code in een cirkel (voor de verklaring van de codes zie ommezijde). De verbindingspijlen tussen de cenotypen onderling geven de werkende milieufactoren aan (voor verklaring van de codes zie kader rechtsboven). Het kader middenboven indiceert de werkingsrichting van de vier belangrijkste hoofdfactoren door de gehele figuur.
- Bijlage 9. Milieuv variabelen: code, naam en eenheid.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Bijlage 2 Indeling van cenotypen naar groepen.

GROEPEN

ZuurBron (zure, ondiepe bron(loopjes))

groepsparameters: pH, diepte, stroomsnelheid, geleidendheid, ammonium

cenotypen: H5, H6

cenotypeparameters: droogval, regulatie, zuurgraad, calcium

NeutraalBron (neutrale bron(loopjes))

groepsparameters: verval, diepte, stroomsnelheid, droogval, regulatie, profiel

cenotypen: H2, S1, H1, H3

cenotypeparameters: nutriënten, zuurgraad, breedte, diepte, droogval, ammonium

DroogBoven (droogvallende bovenlopen)

groepsparameters: breedte, diepte, stroomsnelheid, droogval, verval

cenotypen: S2, S12, D6, S3, S4

cenotypeparameters: regulatie, zuurgraad, breedte, diepte, droogval, ammonium

NormBoven (droogvallende bovenlopen)

groepsparameters: regulatie, breedte, diepte, ammonium, droogval

cenotypen: S5, S10, D8

cenotypeparameters: stroomsnelheid, ammonium, droogval, geleidendheid, zuurstof

BeekPoel (beekpoelen)

groepsparameters: breedte, diepte, droogval, seizoen, regulatie, ammonium

cenotypen: S13, S9

cenotypeparameters: ammonium, breedte, diepte, regulatie

MidenLoop (middenlopen)

groepsparameters: verval, stroomsnelheid, breedte, diepte, nitraat, ammonium

cenotypen: S6, S7, R9

cenotypeparameters: regulatie, breedte, diepte, ammonium, geleidendheid, stroomsnelheid

BenedenLoop (benedenlopen, riviertjes)

groepsparameters: breedte, diepte, profiel, regulatie, nitraat

cenotypen: R3, R1, R4

cenotypeparameters: regulatie, breedte, diepte, ammonium, geleidendheid, stroomsnelheid, nutriënten, %-totale vegetatiebedekking

Kanaal (kanalen)

groepsparameters: breedte, diepte, profiel, regulatie, nitraat, geleidendheid, zuurgraad

cenotypen: R5, R11, R7

cenotypeparameters: regulatie, breedte, diepte, ammonium, geleidendheid, stroomsnelheid, nutriënten, %-totale vegetatiebedekking

Sloot (sloten)

groepsparameters: breedte, diepte, %-totale vegetatiebedekking, laagveen, regulatie, geleidendheid, zuurgraad
cenotypen: D3, D2A, R2, P5
cenotypeparameters: breedte, diepte, ammonium, geleidendheid, zuurgraad, nutriënten, %-totale vegetatiebedekking

Meer (meren)

groepsparameters: breedte, diepte, profiel, nutriënten, regulatie, %-totale vegetatiebedekking
cenotypen: P11, P7, R12, P9, R8
cenotypeparameters: breedte, diepte, ammonium, zuurstof, nutriënten, %-totale vegetatiebedekking

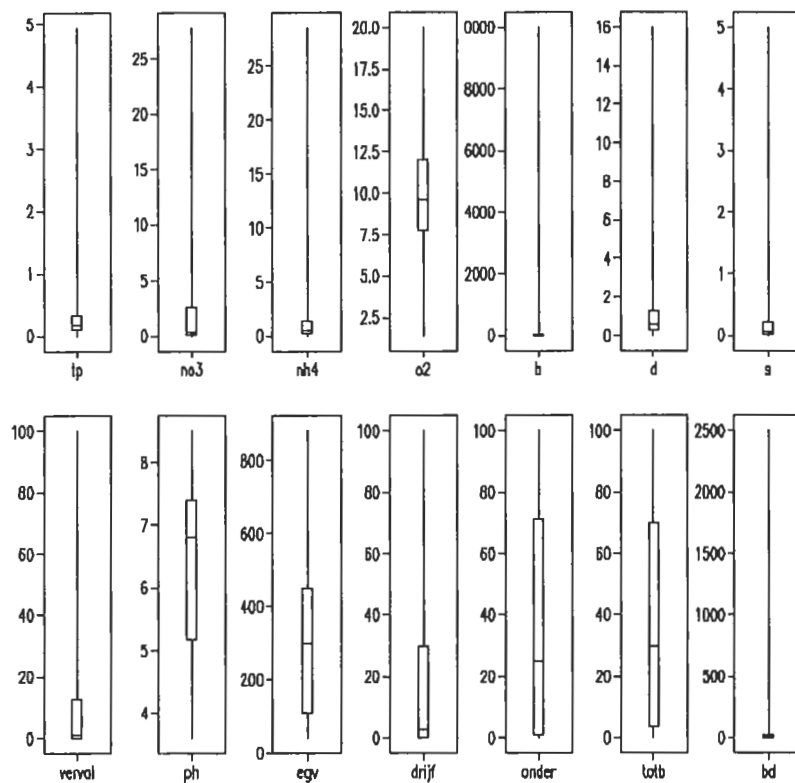
PoelPlas (poelen en plassen)

groepsparameters: breedte, diepte, bodem, nutriënten, zuurstof, %-totale vegetatiebedekking, ammonium
cenotypen: P6, P8, P4
cenotypeparameters: breedte, diepte, ammonium, zuurstof, nutriënten, %-totale vegetatiebedekking, laagveen, zuurgraad

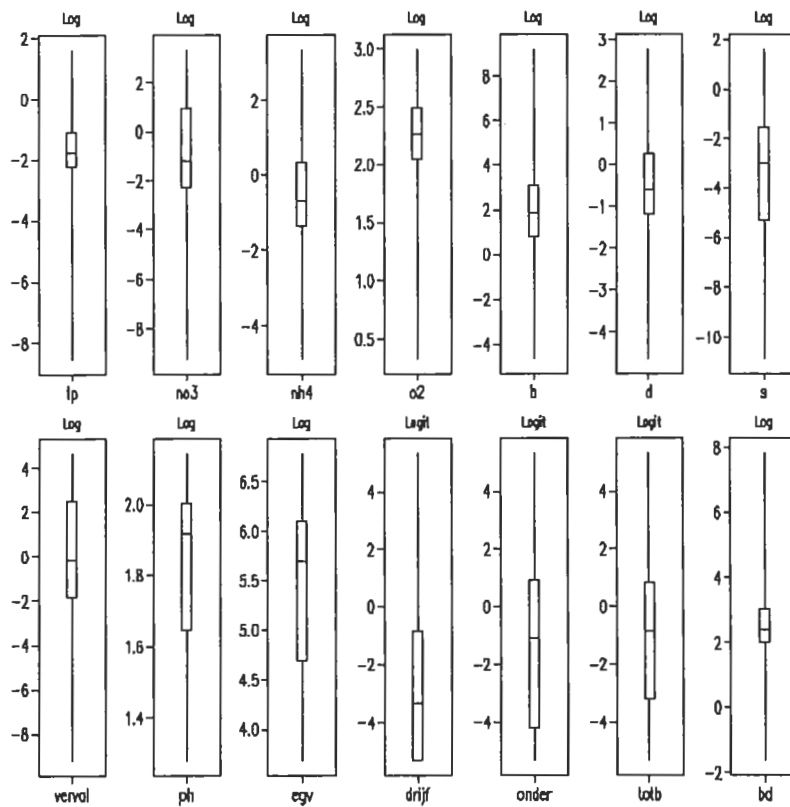
SlootVen (zure sloten en vennen)

groepsparameters: zuurgraad, geleidendheid, nutriënten, calcium, chloride, ammonium
cenotypen: P3, P2, P1
cenotypeparameters: zuurgraad, droogval, breedte, diepte, ammonium, geleidendheid, nutriënten

Bijlage 3A. Box-plots van ongetransformeerde kwantitatieve predictoren.



Bijlage 3A Box-plots van getransformeerde kwantitatieve predictoren (Log of Logit).



Bijlage 3B:.

Gemiddelde kruisvalidatie terugvoorspelkans van groep naar groep voor model I, II en III.

Model I	Code	N	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
ZuurBron	(1)	16	0.67	0.12	0.03	0.11	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
NeutraalBron	(2)	51	0.02	0.64	0.17	0.07	0.01	0.03	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01
DroogBoven	(3)	42	0.03	0.24	0.41	0.04	0.02	0.21	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02
NormBoven	(4)	35	0.01	0.04	0.23	0.31	0.09	0.10	0.04	0.00	0.12	0.01	0.01	0.04
BeekPoel	(5)	19	0.00	0.03	0.02	0.04	0.70	0.05	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00
MiddenLoop	(6)	76	0.00	0.03	0.09	0.07	0.00	0.54	0.14	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01
BenedenLoop	(7)	80	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.15	0.46	0.15	0.04	0.13	0.07	0.00
Kanaal	(8)	66	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.20	0.51	0.09	0.10	0.07	0.00
Sloot	(9)	73	0.00	0.01	0.02	0.10	0.01	0.06	0.05	0.11	0.51	0.02	0.07	0.03
Meer	(10)	67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.14	0.10	0.00	0.53	0.19	0.00
PoelPlas	(11)	85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.02	0.14	0.14	0.61	0.02
SlootVen	(12)	39	0.05	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.05	0.82
Model II	Code	N	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
ZuurBron	(1)	16	0.53	0.16	0.08	0.15	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
NeutraalBron	(2)	51	0.05	0.64	0.17	0.06	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
DroogBoven	(3)	42	0.02	0.23	0.41	0.06	0.02	0.21	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01
NormBoven	(4)	35	0.03	0.04	0.21	0.31	0.07	0.09	0.03	0.00	0.16	0.00	0.01	0.03
BeekPoel	(5)	19	0.02	0.04	0.02	0.06	0.70	0.04	0.01	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
MiddenLoop	(6)	76	0.00	0.03	0.09	0.07	0.00	0.53	0.15	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01
BenedenLoop	(7)	80	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.14	0.46	0.15	0.04	0.13	0.07	0.00
Kanaal	(8)	66	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.18	0.53	0.10	0.10	0.07	0.00
Sloot	(9)	73	0.01	0.00	0.02	0.09	0.00	0.07	0.05	0.12	0.49	0.02	0.07	0.03
Meer	(10)	67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.14	0.10	0.01	0.53	0.20	0.00
PoelPlas	(11)	85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.14	0.14	0.61	0.02
SlootVen	(12)	39	0.05	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.06	0.80
Model III	Code	N	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
ZuurBron	(1)	16	0.47	0.17	0.11	0.13	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
NeutraalBron	(2)	51	0.03	0.63	0.17	0.07	0.01	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01
DroogBoven	(3)	42	0.02	0.22	0.41	0.06	0.02	0.22	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02
NormBoven	(4)	35	0.05	0.04	0.20	0.30	0.09	0.08	0.03	0.00	0.16	0.00	0.01	0.03
BeekPoel	(5)	19	0.04	0.05	0.02	0.06	0.68	0.04	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.01
MiddenLoop	(6)	76	0.00	0.04	0.09	0.07	0.00	0.52	0.15	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01
BenedenLoop	(7)	80	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.14	0.45	0.15	0.04	0.12	0.07	0.00
Kanaal	(8)	66	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.18	0.53	0.10	0.09	0.07	0.00
Sloot	(9)	73	0.01	0.00	0.02	0.10	0.01	0.07	0.05	0.12	0.49	0.02	0.08	0.04
Meer	(10)	67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.15	0.10	0.01	0.53	0.20	0.00
PoelPlas	(11)	85	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.05	0.02	0.14	0.15	0.60	0.02
SlootVen	(12)	39	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.06	0.78

Bijlage 3C1.

Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor model I.
Kansen op een voorspelling binnen dezelfde hoofdgroep zijn onderstreept. N is het aantal waarnemingen.

Ceno Code	N	h5	h6	s12	s2	s1	h1	h3	h2	s3	s4	s5	s10	d8	s13	s9	s6	s7	r9	r3	r1	r4	r5	r11	r7	r2	d3	d2a	p5	p11	r12	p9	r8	p6	p8	p7	p4	d6	p3	p2	p1	
h5 (1)	4	39	23	00	00	00	00	00	37	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
h6 (1)	5	37	61	00	00	00	00	00	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s12 (1)	7	00	00	48	00	00	00	04	05	00	00	02	17	08	01	03	00	02	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s2 (2)	5	00	00	00	08	11	08	01	00	07	18	02	15	04	00	00	06	07	08	00	00	00	00	00	00	00	00	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s1 (2)	18	00	00	00	05	36	21	12	00	03	11	01	05	00	00	00	01	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
h1 (2)	14	00	00	00	02	23	23	11	08	01	06	01	08	03	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	07	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
h3 (2)	14	07	00	00	00	12	17	38	13	01	01	02	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	03	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
h2 (3)	5	00	00	00	01	11	14	50	15	01	00	00	00	00	00	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s3 (3)	5	00	00	20	05	13	06	01	00	02	40	06	01	00	00	03	01	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
s4 (3)	21	00	00	00	07	08	06	01	00	09	38	02	04	01	00	01	06	04	08	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
s5 (3)	11	00	00	02	00	04	02	00	00	02	10	19	05	01	00	01	04	10	29	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
s10 (4)	25	00	00	01	00	02	01	02	00	04	09	07	20	10	05	06	02	04	07	00	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
d8 (4)	10	00	00	01	00	00	00	00	09	01	02	18	24	10	02	03	00	00	01	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
s13 (5)	11	00	00	00	00	02	01	00	00	00	00	00	00	00	00	57	30	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
s9 (5)	8	00	00	00	00	01	01	00	00	01	01	07	03	35	12	01	06	05	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
s6 (6)	12	00	00	00	08	02	02	01	00	01	05	12	10	03	00	00	10	11	25	01	01	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
s7 (6)	19	00	00	00	01	02	01	00	00	03	07	05	14	03	00	00	07	12	32	02	01	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r9 (6)	45	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	08	14	35	06	04	11	00	02	01	04	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r3 (7)	10	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	07	15	15	09	24	04	08	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r1 (7)	16	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	03	04	04	28	34	01	06	00	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r4 (7)	49	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	04	10	04	06	28	00	02	01	11	05	00	01	04	08	02	01	02	05	01	02	00	00	00	
r5 (7)	5	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	01	01	07	31	11	30	13	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r11 (8)	10	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	13	11	17	15	22	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r7 (8)	4	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	09	36	10	08	11	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r2 (8)	52	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
d3 (9)	53	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
d2a (9)	9	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p5 (9)	11	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p11 (10)	11	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p12 (10)	12	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p9 (10)	24	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
r8 (10)	9	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p6 (11)	28	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p8 (11)	28	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p7 (11)	7	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p4 (11)	22	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
d6 (12)	4	00	00	25	00	00	00	00	00	00	00	00	05	15	09	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p3 (12)	11	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00			
p2 (12)	15	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
p1 (12)	9	00	11	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00		
Ceno Code	N	h5	h6	s12	s2	s1	h1	h3</																																		

Biljage 3C2:

Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor model II.

Kansen op een voorspelling binnen dezelfde hoofdgroep zijn onderstreept. N is het aantal waarnemingen.

[illegible]

Ceno Code N h5 h6 s12 s2 s1 h1 h3 h2 s3 s4 s5 s10 d8 s13 s9 s6 s7 r9 r3 r1 r4 r5 r11 r7 r2 d3 d2a p5 p11 r12 p9 r0 p6 p8 p7 p4 d6 p3 p2 p1

Bijlage 3C3.

Gemiddelde Kruisvalidatie terugvoorspelkans van fenotype naar fenotype voor model III.

Kansen op een voorspelling binnen dezelfde hoofdgroep zijn onderstreept. N is het aantal waarnemingen.

Ceno Code	N	h5	h6	s12	s2	s1	h1	h3	h2	s3	s4	s5	s10	d8	s13	s9	s6	s7	r9	r3	r1	r4	r5	r11	r7	r2	d3	d2u	p5	p11	r12	p9	r8	p6	p8	p7	p4	d6	p3	p2	p1	
h5 (1)	4	12	21	04	00	01	01	55	06	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
h6 (1)	5	16	63	01	00	00	00	03	05	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s12 (1)	7	04	00	25	00	00	04	13	00	00	04	21	09	01	07	00	01	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s2 (2)	5	00	00	00	09	13	07	01	00	07	18	02	10	04	00	01	08	05	10	01	01	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s1 (2)	18	00	00	00	06	33	19	15	00	04	12	01	04	01	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
h1 (2)	14	00	00	01	02	23	24	12	04	01	06	01	07	03	02	01	01	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
h3 (2)	14	02	00	10	00	13	17	32	15	01	02	02	02	01	00	01	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
h2 (3)	5	02	00	07	00	17	12	21	24	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
s3 (3)	5	00	00	01	09	13	06	02	00	02	35	07	08	03	00	03	01	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s4 (3)	21	00	00	00	06	18	05	02	01	08	38	02	04	01	00	01	07	04	08	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s5 (3)	11	00	00	00	01	03	03	01	03	03	08	20	06	02	00	01	05	11	30	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s10 (4)	25	00	00	03	00	02	02	01	04	10	06	20	08	04	07	02	03	07	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
d8 (4)	10	06	03	02	00	00	00	00	00	00	01	16	26	09	00	00	01	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s13 (5)	11	00	00	06	02	02	03	00	00	00	00	01	30	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s9 (5)	8	00	00	01	00	01	00	00	00	00	01	09	04	16	01	02	05	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s6 (6)	12	00	00	01	07	02	02	01	00	01	07	11	10	04	00	00	09	10	23	01	01	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
s7 (6)	19	00	00	01	03	02	01	00	03	08	06	11	04	00	00	06	12	33	01	01	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
r3 (6)	45	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	02	01	00	00	00	08	15	33	08	05	11	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
r9 (7)	10	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	03	07	16	18	06	26	02	08	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
r1 (7)	16	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r4 (7)	49	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r5 (7)	5	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r11 (8)	10	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r7 (8)	4	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r2 (8)	52	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
d3 (9)	53	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
d2a (9)	9	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p5 (9)	11	05	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p11 (10)	12	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r12 (10)	22	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p9 (10)	24	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
r8 (10)	9	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p6 (11)	28	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p8 (11)	28	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p7 (11)	7	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p11 (11)	22	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
d6 (12)	4	12	01	17	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p3 (12)	11	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p2 (12)	15	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
p1 (12)	9	00	12	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	

Geno Code N h5 h6 s12 s2 s1 h1 h3 h2 s3 s4 s5 s10 d8 s13 s9 s6 s7 r9 r3 r1 r4 r5 r11 r7 r2 d3 d2a p5 p11 r12 p9 r8 p6 p8 p7 p4 d6 p3 p2 p1

Bijlage 3E. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model IV.

Groepen zijn weergegeven door een vette omlijn. Kansen kleiner dan 0.005 zijn niet afgedrukt en kansen groter dan 0.995 zijn afgedrukt als 0.99.

	h5	h6	h2	s1	h1	h3	s2	s12	d6	s3	s4	s5	s10	d8	s13	s9	s6	s7	r9	r3	r1	r4	r5	r11	r7	r2	d3	d2a	p5	p7	p11	r12	p9	r8	p6	p8	p4	p3	p2	p1	
h5	.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
h6	-	.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
h2	-	-	.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
s1	-	-	-	.74	.16	.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
h1	-	-	-	.24	.65	.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
h3	-	-	-	.05	.11	.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
s2	-	-	-	-	-	-	.14	-	-	.07	.29	.17	.03	-	-	.09	.08	.03	-	-	-	.10	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s12	-	-	-	-	-	-	.39	.03	-	-	-	.12	.27	.04	-	.07	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.03	-	-	-	-	
d6	-	-	-	-	-	-	.05	.18	-	-	-	-	.18	.16	-	.07	-	-	.01	.02	.01	-	-	-	-	.01	.02	-	.15	.01	-	-	-	-	-	.05	-	-	-	-	
s3	-	-	-	-	-	-	.09	-	-	.30	.47	.06	.07	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
s4	-	-	-	-	-	-	.08	-	-	.08	.42	.07	.15	-	-	.08	.04	.06	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s5	-	-	-	-	-	-	.02	.02	-	.02	.14	.40	-	-	-	.10	.14	.13	-	-	-	-	-	-	-	.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s10	-	-	-	-	-	-	.03	.07	.03	.03	.05	-	.57	.07	-	.01	.04	.03	-	-	.01	-	-	-	-	.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	
d8	-	-	-	-	-	-	-	.15	.10	-	-	-	.14	.30	-	.03	.02	.01	-	-	.02	.01	-	-	-	.04	.13	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	.04	-	-	-	
s13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.89	.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
s9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.15	.77	.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	
s6	-	-	-	-	-	-	.06	-	-	.02	.14	.09	.06	-	-	.23	.17	.14	-	-	.01	-	-	-	-	.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	
s7	-	-	-	-	-	-	.06	.02	-	.02	.05	.13	.15	.01	-	.06	.21	.21	.01	.01	.01	-	-	-	-	.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	
r9	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	.01	.03	.01	-	-	.04	.08	.52	.02	.02	.10	-	.01	-	.03	.08	.01	-	-	.01	-	.01	.01	.04	-	.01	-	-	-	-	
r3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.11	.50	.05	.21	-	.03	.01	.01	.02	-	-	-	.02	-	.01	.01	.04	-	.04	-	.05	-	-	
r1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.08	.01	.53	.13	-	.08	-	.03	-	.03	-	.03	-	-	.02	-	.01	.03	.06	.02	.01	.01	.05	-	-	
r4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.01	-	.01	.09	.03	.04	.31	-	.03	-	.03	-	.11	.16	-	-	.01	.03	.06	.02	.01	.01	.05	-	-	-	-	
r5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	.01	-	.67	.17	.02	-	-	-	-	-	-	.04	.09	-	-	-	-	-	-	-	-	
r11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.26	.14	.12	.21	.09	-	-	-	-	-	-	.01	.06	.08	.02	-	-	-	-	-	-	-	
r7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.04	.46	-	.25	-	-	-	-	-	.05	.14	.04	-	-	-	.02	-	-	-	-	
r2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	.07	-	-	-	.62	.11	.01	.01	-	-	.01	.06	.01	-	-	.08	-	-	-	-	
d3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.03	.02	-	.03	.04	.05	-	-	.06	-	-	-	.07	.52	.01	.07	-	-	-	.01	.01	-	-	.05	-	-	-	-	
d2a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	.01	-	-	.01	-	-	-	.11	.01	.69	.02	-	-	-	-	-	.01	.02	.08	.02	.02	-	-	
p5	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	.02	.03	-	.10	-	.02	-	-	.01	-	-	-	.03	.33	.01	.29	-	-	-	-	-	-	-	.04	-	.09	-	-	
p7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.05	-	.08	.01	.02	-	-	-	-	-	.49	.12	.05	.01	-	.04	.12	-	-	-	-		
p11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	.01	.15	.01	.02	.03	.07	.01	-	-	.08	.32	.19	.05	.01	.02	.02	-	-	-	-	
r12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.10	.10	.06	.05	-	.18	.02	.01	-	-	.01	.10	.16	.10	.02	.01	.07	-	-	-	-	-	
p9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	.02	-	-	-	.02	-	-	-	.01	.03	.10	.53	.02	.15	.10	-	-	-	-	-	
r8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.06	.01	.01	-	-	-	-	-	.01	.01	.04	.06	.80	-	-	-	-	-	-	-	
p6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.01	-	-	-	.02	-	.01	-	-	.03	.02	.02	.03	-	.74	.09	.01	-	-	-	-
p8	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	.02	-	-	.01	.07	-	-	.14	.06	.01	.01	.02	-	.04	.08	-	.07	.39	.04	-	-	-	-	-
p4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	.02	-	.01	-	.01	.01	-	-	.01	.02	-	.02	.06	.75	-	-	.86	-	-	-	
p3	-	-	-	-	-	-	.01	.03	-	-	-	-	.01	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	.06	-	-	-	-	-	-	-	-	.81	.15	-	-
p2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	.25	.70	-	-
p1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bijlage 3F. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model V.

Groepen zijn weergegeven door een vette omlijning. Kanssen kleiner dan 0.005 zijn niet afgedrukt en kanssen groter dan 0.995 zijn afgedrukt als 0.99.

	h5	h6	h2	s1	h1	h3	s2	sl2	d6	s3	s4	s5	sl0	d8	sl3	s9	s6	s7	r9	r3	r1	r4	r5	r11	r7	r2	d3	d2a	p5	p7	pl1	r12	p9	r8	p6	p8	p4	p3	p2	p1
h5	.99		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h6	-	.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h2	-	-	.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s1	-	-	-	.75	.16	.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h1	-	-	-	.24	.67	.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h3	-	-	-	.05	.11	.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01
s2	-	-	-	-	-	-	.15	-	-	.06	.29	.16	.03	-	-	-	.10	.09	.04	-	.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sl2	-	-	-	-	-	-	-	.42	.03	-	-	.14	.28	.04	-	-	.04	.01	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01
d6	-	-	-	-	-	-	-	.05	.21	-	-	-	.19	.18	-	-	.06	-	.08	-	-	-	-	-	.02	-	.10	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02
s3	-	-	-	-	-	-	.09	-	-	.29	.48	.06	.07	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s4	-	-	-	-	-	-	.08	-	-	.09	.44	.07	.15	-	-	-	.07	.03	.05	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s5	-	-	-	-	-	-	.02	.02	-	.02	.16	.39	-	-	-	-	.08	.15	.14	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sl0	-	-	-	-	-	-	.03	.07	.03	.03	.05	-	.56	.07	-	-	.02	.04	.03	-	.01	-	-	-	.01	.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	
d8	-	-	-	-	-	-	.13	.07	-	-	-	-	.11	.25	-	-	.03	.03	.01	-	.01	.01	-	-	-	.04	.24	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.05
sl3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.89	.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
s9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.15	.78	.05	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s6	-	-	-	-	-	-	.07	-	-	.02	.14	.07	.06	-	-	-	.23	.19	.14	-	-	-	-	-	-	.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01
s7	-	-	-	-	-	-	.05	.02	-	.02	.04	.12	.13	.01	-	-	.06	.23	.23	.01	.01	.01	-	-	-	.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01
r9	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	.01	.02	-	-	-	.04	.09	.56	.02	.02	.13	-	-	-	.01	.04	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	.02
r3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.14	.48	.06	.19	-	.03	.03	-	-	-	-	-	-	-	-	.03	.01	-	-	-	.01	
r1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.09	.01	.54	.16	-	.05	.01	-	.01	-	-	-	-	.03	-	.03	-	.03	-	.05		
r4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.01	-	-	.01	.09	.03	.05	.39	-	.01	.01	.07	.11	-	-	-	-	.01	.03	.07	.02	.01	.01	.05	-	-	
r5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	.55	.18	.12	-	-	-	-	-	-	.03	.09	-	-	-	-	-	-	
r11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.09	.07	.10	.02	.58	-	-	-	-	-	-	-	.05	.05	.02	-	-	-	-	-	
r7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.04	.13	-	-	-	.51	.03	-	-	-	-	.09	.13	.03	-	-	-	-	-	.03	
r2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	.01	.08	-	-	-	-	-	.61	.11	.01	.01	-	-	.01	.07	.01	-	-	.07	-	-	
d3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.03	.02	-	-	.02	.03	.04	-	.05	-	-	-	.08	.57	.01	.08	-	-	-	-	.01	.02	-	-	.03	-	-	
d2a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.10	.01	.67	.01	-	-	-	-	-	-	.02	.06	.06	.05	.01	-
p5	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	.03	.03	-	-	.02	-	.01	-	-	-	-	-	.04	.39	.02	.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.06
p7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.06	-	-	.07	.01	-	-	-	-	-	-	.49	.12	.05	.01	-	.04	.12	-	-	-	
pl1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	.01	.22	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	.08	.33	.19	.06	.01	.02	.02	-	-	-	
r12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.04	.09	.01	.14	.06	.02	.03	.10	-	-	-	.02	.10	.19	.10	.02	.01	.08	-	-	-	
p9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.02	.03	-	-	.01	-	-	-	-	.01	.03	.10	.53	.02	.15	.10	-	-	-	
r8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.07	.08	.02	-	-	-	-	-	.01	.01	.03	.06	.72	-	-	-	-	-	
p6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	.01	-	-	-	.01	-	.01	-	-	.03	.02	.02	.03	-	.74	.09	.01	-	-	
p8	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	.01	-	-	-	.01	-	.02	-	.01	.06	-	-	.17	.06	.01	-	-	.02	-	.05	.08	-	.07	.37	.04	-	-	
p4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	.01	-	-	-	.04	.01	.01	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.06	.72	-	-	-	.87	
p3	-	-	-	-	-	-	.01	.05	-	-	-	-	.02	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.83	
p2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.16		
p1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.25		

Bijlage 3G. Gemiddelde resubstitutie terugvoorspelkans van cenotype naar cenotype voor Model VI.
 Groepen zijn weergegeven door een vette omlijning. Kansen kleiner dan 0.005 zijn niet afgedrukt en kansen groter dan 0.995 zijn afgedrukt als 0.99.

	h5	h6	h2	s1	h1	h3	s2	s3	s4	s5	s12	d6	s10	d8	s13	s9	s6	s7	r9	r3	r1	r4	r5	r11	r7	r2	d3	d2a	p5	p7	p11	r12	p9	r8	p6	p8	p4	p3	p2	p1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
h5	.99		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
h6		.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
h2	-	-	.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
s1	-	-	-	.75	.16	.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
h1	-	-	-	.24	.67	.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
h3	-	-	-	.05	.11	.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
s2	-	-	-	-	-	-	.23	.04	.36	-	.05	-	-	-	-	-	.11	.09	.03	-	-	.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
s3	-	-	-	-	-	-	.06	.68	.18	.02	.04	-	.01	.01	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
s4	-	-	-	-	-	-	.10	.03	.56	.05	.03	-	.04	.02	-	-	.07	.02	.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
s5	-	-	-	-	-	-	-	.09	.36	.02	.08	.05	.01	-	-	-	.09	.13	.16	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
s12	-	-	-	-	-	-	-	.04	-	.87	-	-	-	-	-	-	.03	.02	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
d6	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	.63	-	-	-	-	-	.02	.02	.10	-	-	-	-	-	-	.02	-	.02	-	.10	.01	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	.08	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
s10	-	-	-	-	-	-	-	.09	.07	-	-	.54	.14	-	-	-	.01	.06	.01	-	.01	-	-	-	.01	.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
d8	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	.01	-	.25	.29	-	-	-	.01	.03	.02	-	.01	-	-	-	.04	.24	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.05	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
s13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.89	.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
s9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.15	.78	.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
s6	-	-	-	-	-	-	.06	.05	.07	.14	-	.03	.01	-	-	.25	.17	.13	-	-	-	-	-	-	-	.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.01	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
s7	-	-	-	-	-	-	-	.12	.10	.01	-	.12	.04	-	-	.07	.26	.18	.01	-	.03	-	-	-	-	.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
r9	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.02	-	-	.01	-	-	.03	.05	.60	.03	.03	.11	-	-	-	-	.01	.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
r3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	.04	.12	.48	.03	.17	-	.06	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.02	.01	.01	-	-	-	-	.01	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
r1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.09	.01	.56	.11	.04	.03	.01	.04	.03	.01	.01	-	-	-	.01	.01	.03	.04	-	-	-	.05	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
r4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-	-	-	.01	.09	.03	.03	.40	-	.01	.01	.07	.11	-	-	-	.01	.04	.07	.02	-	.01	.05	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
r5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.04	.02	.44	.27	.10	-	-	-	-	-	.03	.07	-	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
r11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.09	.11	.02	.06	.58	.01	-	-	-	-	-	.01	.02	-	.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
r7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.08	.13	.02	.46	.03	-	-	-	-	-	.02	.05	.18	-	-	-	-	.03	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
r2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	.01	.08	-	-	-	.61	.11	.01	.01	.01	.01	.01	.02	.06	.01	.01	.02	-	.07	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
d3	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	.01	-	.03	-	-	-	.01	.06	.04	-	.01	.04	-	-	-	.08	.57	.01	.08	-	-	-	.01	.02	-	-	.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
d2a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.10	.01	.67	.01	-	-	-	-	.02	-	.02	-	.06	.06	.05	.01	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
p5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.07	.01	-	-	.01	.02	-	-	-	-	-	-	-	.04	.39	.02	.36	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-	.06	.05	.01	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
p7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.05	.01	.01	.09	-	-	-	-	-	-	-	.35	.21	.11	.02	-	.04	.12	-	-	.02	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
p11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	.01	.01	.15	.01	-	-	.14	.28	.18	.07	-	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
r12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.04	.08	.02	.16	.02	.04	.01	.10	-	-	-	.04	.10	.25	.03	-	.01	.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
p9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	.03	-	-	-	-	.01	-	-	-	-	-	.01	.02	.04	.62	-	.15	.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
r8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.05	.02	.01	.07	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
p6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	.01	-	-	-	.01	-	.01	-	.01	.01	.02	.03	.01	.06	-	.74	.09	.01	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
p8	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	.01	-	-	-	-	-	-	.02	-	.01	.05	-	-	.17	.06	.01	-	.01	.02	.02	.02	.03	.10	-	.07	.37	.04	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
p4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	-	-	.01	-	-	.04	.01	.01	.01	.02	.02	.02	.02	.02	.01	.06	-	.02	.06	.72	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
p3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bijlage 4. Indeling van cenotypen naar hoofdgroepen.

GROEPEN

STROMENDE WATEREN

dimensies, droogval

bronnen : debiet, organisch substraat, mineraal substraat, vegetatie, zuurgraad

bronloopjes en bovenloopjes : verhang, profielvorm, organisch substraat, mineraal substraat, nitraat

bovenlopen : verhang, profielvorm, organisch substraat, mineraal substraat, nitraat

middenlopen : stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

benedenlopen : stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

riviertjes : stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

rivier : stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

ZWAK STROMENDE WATEREN

dimensies

slootbeken : stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

smalle weteringen : stroomsnelheid, slib, zand, vegetatie, nutriënten

brede weteringen : stroomsnelheid, slib, zand, vegetatie, nutriënten

kanaalbeken : stroomsnelheid, profielvorm, vegetatie, schaduw, nutriënten

SLOTEN, KANALEN EN VAARTEN

bodem, dimensies, droogval

laagveensloten : peil, profielvorm, vegetatie, zuurgraad, nutriënten

hoogveensloten : peil, profielvorm, vegetatie, zuurgraad, nutriënten

kleislotten : peil, profielvorm, vegetatie, zuurgraad, nutriënten

zandsloten : peil, profielvorm, vegetatie, zuurgraad, nutriënten

brede sloten en kanaaltjes : peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, zuurgraad

kanalen : peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht

vaarten : peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht

POELEN, PLASSEN EN MEREN

dimensies, bodem

poelen en kleine plassen : droogval, oevervorm, vegetatie, nutriënten, zuurgraad

vennen : droogval, oevervorm, vegetatie, nutriënten, zuurgraad

petgaten en meertjes (=incl. kleine wingaten en ondiepe kolken) : peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht

grote plassen meren (=incl. grote wingaten en diepe kolken) : peil, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht

randmeren : expositie, oevervorm, vegetatie, nutriënten, doorzicht

Bijlage 5. Parameterwaarden voor de scenario's voor Marswetering, Lunterse beek en Bergambacht.

parameter	scenario																
	mars1	mars2	mars3	mars4	marsd	lunt1	lunt2	lunt3	lunt4	lunt5	lunt6	berg1	berg2	berg3	berg4	berg5	bergd
t-P	0.07	0.2	0.07	0.12	0.06	0.81	0.34	0.23	0.34	0.23	0.1	0.7	0.22	0.15	0.3	1.18	0.15
NO3	0.54	3.7	0.54	0.2	0.2	4.83	3.47	1.9	3.47	1.9	1	0.8	0.7	0.4	0.4	0.4	0.2
NH4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	6.03	0.43	0.24	0.43	0.24	0.2	1.85	1.55	2.15	1.95	2.25	1.1
O2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	7.1	9	9	9	9	9	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	8.5
b	4.95	4.95	6.8	4.95	4	3	3	3	3	3	3	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
d	0.33	0.33	0.15	0.4	0.3	0.53	0.55	0.55	0.4	0.4	0.4	0.4	0.55	0.8	0.8	0.55	0.55
s	0.25	0.4	0.15	0.3	0.3	0.16	0.04	0.04	0.2	0.2	0.25	0	0	0	0	0	0
verval	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0	0	0	0
pH	7.7	7.4	7.7	7.7	7.7	7.9	7.5	7.7	7.5	7.7	7	7.75	7.75	7	7	7	7
EGV	430	326	430	550	300	682	460	430	460	430	430	645	645	350	350	350	350
droogval	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
laagveen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%drijf	15	15	2	2	2	15	15	5	15	5	2	80	80	50	50	50	50
%onder	15	15	10	10	10	15	15	5	15	5	5	5	5	20	20	20	40
totb	20	20	15	15	15	20	20	8	20	8	8	80	80	50	50	50	80
ISRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IRIR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LSRE	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
LSIR	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
MEANDNT	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
MEANDSL	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MEAND	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
REGULNT	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
REGUL	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
S-T	0.2	0.16	0.2	0.2	0	0.05	0.08	0.1	0.1	0.1	0.05	0.7	0.7	0.05	0.05	0.05	0.05
Ca	70	42.8	70	50	50	77	100	50	50	50	50	120	120	83	83	83	65
Cl	24	50.4	50.4	24	24	44	41	30	41	30	30	63.5	63.5	50	50	40	35

Bijlage 6. Cenotypenbeschrijvingen.

CENOTYPE S4: DROOGVALLENDE NATUURLIJKE BOVENLOPEN

Karakterisering

Droogvallende, b-mesosaprobe, natuurlijke bovenlopen

Biotische kenmerken

De hier aangetroffen taxa zijn ten dele stromingsminnend en ten dele stromingstolerant, droogte ongevoelig. De eerste bewonen de watertypen 'kleine stromende wateren' en 'stilstaande en langzaam stromende wateren', de tweede voornamelijk 'alle wateren'. Het betreft vooral bodembewonende taxa waarvan de meeste detritivore vergaarders zijn. De taxa indiceren een meso- tot polysaproob milieu. De taxonsamenstelling is matig divers en bestaat vooral uit wormen, vliegen en muggen en vedermuggen terwijl steenvliegen talrijk aanwezig zijn. Ze gedragen zich hoofdzakelijk als gravers en in mindere mate als spartelaars.

Hoog typerende taxa

Psychoda sp., Eriopterinae, Nemoura cinerea, Rhyacodrilus coccineus, Diplocladius cultriger, Nais elinguis

Matig typerende taxa

Stenophylax sp., Macropelopia sp., Hexatominæ, Eiseniella tetraedra, Tabanidae, Tubifex tubifex, Stictochironomus sp.

Laag typerende taxa

Chaetocladius sp., Tipula sp., Conchapelopia sp., Limnodrilus hoffmeisteri

Abiotische kenmerken

Ruim de helft van de monsterplaatsen valt 's zomers droog. De dimensies zijn groter dan die van cenotype S3. Ten opzichte van de overige bronnen en bovenlopen zijn de gehalten aan bicarbonaat en chloride en het elektrisch geleidingsvermogen en de stroomsnelheid hoog.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
Zuurgraad	7.6	0.4	Elek. geleidingsvermogen	368	48
Ammonium	0.5	0.4	Nitraat	9.3	5.6
Slibdikte	0	1	Totaal-fosfaat	0.42	0.46
Breedte	2.2	1.2	Diepte	26	23
Verval	2.8	1.5	Bedek. perc. vegetatie	7	12

CENOTYPE S6: HALFNATUURLIJKE MIDDENLOPEN

Karakterisering

Halfnatuurlijke, α -mesosaprobe middenlopen

Biotische kenmerken

De meeste typerende taxa komen in zowel stromend als stilstaand water voor. De helft van alle taxa bewoont het watertype 'alle wateren', een groot deel van de overige heeft een voorkeur voor 'stilstaande en langzaam stromende wateren' en 'kleine stromende wateren'. Het betreft vooral sedimentbewoners. Een belangrijk deel van de taxa is detritivore vergaarder. De taxa indiceren een meso- tot polysaproob milieu. De monsters zijn divers en de taxa behoren hoofdzakelijk tot de wormen en vedermuggen terwijl relatief veel steenvliegen aanwezig zijn. Een belangrijk deel van de taxa is graver of spartelaar.

Hoog typerende taxa

Macropelopia sp., Prodiamesa olivacea, Hygrobates nigromaculatus, Lebertia inaequalis, Tabanidae, Paratendipes gr. albianus, Phaenopsectra sp., Cladotanytarsus sp., Conchapelopia sp., Dicrotendipes gr. lobiger, Forelia variegator, Limnesia koenikei, Mideopsis crassipes, Limnephilus lunatus, Paracladopelma nigrifrons

Matig typerende taxa

Cryptochironomus sp., Limnodrilus clapparedianus

Laag typerende taxa

Dicranota bimaculata, Micropsectra sp., Hexatominæ, Dicrotendipes gr. notatus, Tubifex tubifex, Anabolia nervosa, Hygrobates longipalpis, Tanytarsus sp., Limnodrilus hoffmeisteri, Procladius sp., Tubificidae juv., Paratanytarsus sp.

Abiotische kenmerken

De dimensies van de monsterplaatsen in S6 zijn geringer dan die van cenotype S7. Een deel van de monsterplaatsen heeft een onregelmatig profiel en is beschaduwd. Het water heeft een matige stroomsnelheid. Het water bevat vrij hoge voedingsstoffengehalten (met name ammonium en fosfaat) maar de belasting is minder in vergelijking met cenotype S5.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
-----	----	----	-----	----	----
Zuurgraad	7.5	0.8	Elek. geleidingsvermogen	426	200
Ammonium	1.9	2.9	Nitraat	4.9	2.8
Slibdikte	1	1	Totaal-fosfaat	1.27	2.10
Breedte	3.1	1.4	Diepte	38	26
Verval	1.3	1.1	Bedek. perc. vegetatie	15	26

CENOTYPE S7: GEREGULEERDE MIDDENLOPEN

Karakterisering

a-Mesosaproob, gereguleerde middenlopen

Biotische kenmerken

De meeste taxa komen in zowel stromend als stilstaand water voor. Bijna de helft van alle taxa bewoont het watertype 'alle wateren', een groot deel van de overige heeft een voorkeur voor 'stilstaande en langzaam stromende wateren'. Het betreft vooral sediment- en in mindere mate vast substraatbewoners. Een belangrijk deel van de taxa is detritivore vergaarder of carnivore vergaarder/verzwelger. De taxa indiceren een b-mesosaproob milieu. De taxonsamenstelling van de verschillende monsters is vrij heterogeen. De monsters zijn zeer divers en de taxa behoren hoofdzakelijk tot de wormen en vedermuggen terwijl relatief veel slijkvliegen aanwezig zijn. Een belangrijk deel van de taxa is graver, klimmer of spartelaar.

Hoog typerende taxa

Lebertia inaequalis, Conchapelopia sp., Limnesia koenikei, Athripsodes aterrimus, Aulodrilus plurisetus, Hydropsyche angustipennis, Haliphus flavicollis

Matig typerende taxa

Tabanidae, Paratendipes gr. albimanus, Limnephilus lunatus, Anabolia nervosa, Caenis horaria, Hygrobatas longipalpis, Sialis lutaria, Sigara distincta

Laag typerende taxa

Hygrobatas nigromaculatus, Cryptochironomus sp., Proasellus meridianus, Sphaerium sp., Graptodytes pictus, Glossiphonia complanata

Abiotische kenmerken

De dimensies van de monsterplaatsen zijn iets groter dan die van cenotype S6. De stroomsnelheid is matig. De ammonium-, nitraat-, calcium- en bicarbonaatgehalten zijn hoger en de fosfaatgehalten lager dan die van cenotype S6.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
-----	----	----	-----	----	----
Zuurgraad	7.4	0.3	Elek. geleidingsvermogen	442	108
Ammonium	2.2	3.7	Nitraat	5.5	3.1
Slibdikte	8	16	Totaal-fosfaat	0.88	1.15
Breedte	4.5	4.5	Diepte	54	53
Verval	1.1	1.4	Bedek. perc. vegetatie	19	25

CENOTYPE S10: DROOGVALLENDE GEREĞULEERDE BOVENLOPEN/SLOTEN

Karakterisering

Droogvallende, a-mesosaproob, gereguleerde bovenlopen of sloten

Biotische kenmerken

Veel van de samenstellende taxa zijn indifferent voor stroming of hebben een voorkeur voor stilstaand water en bewonen de watertypen 'alle wateren' en 'stilstaande en langzaam stromende wateren'. Ook zijn bewoners van de watertypen 'bronnen' en 'droogvallende wateren' aanwezig. Het zijn bewoners van het sediment en vaste substraten of moerasbewoners. De taxa zijn detritivoor, carnivoor of herbivoor (vnl. vergaarder, verzwelger en relatief vaak schraper). De taxa indiceren een meso- tot polysaproob milieu. De taxonsamenstelling is matig divers en bestaat hoofdzakelijk uit wormen, kevers en vedermuggen terwijl relatief veel platwormen aanwezig zijn. De taxa gedragen zich hoofdzakelijk als gravers en klimmers.

Hoog typerende taxa

Zavreliomyia sp., Natarsia sp., Hydroporus nigrita, Anisus leucostoma/spirorbis, Aplexa hypnorum, Halipus lineatocollis, Dina lineata, Haemopsis sanguisuga, Hydryphantes sp., Hydryphantes dispar/ruber

Matig typerende taxa

Psectrotanypus varius, Tubifex tubifex, Hydroporus palustris, Dugesia lugubris/polychroa, Polycelis sp.

Laag typerende taxa

Macropelopia sp., Xenopelopia nigricans, Anacaena limbata, Pisidium sp., Lumbriculus variegatus, Radix peregra, Tubificidae juv.

Abiotische kenmerken

De monsterplaatsen zijn gelegen in droogvallende, gereguleerde bovenlopen of sloten op een zandbodem bedekt met organisch rijk slib, alle gelegen in agrarisch gebied. De dimensies van dit cenotype zijn groter en de stroomsnelheid is veel hoger dan van cenotype S12 terwijl de voedingsstoffengehalten vergelijkbaar zijn. De monsterplaatsen zijn met waterplanten begroeid.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
-----	----	----	-----	----	----
Zuurgraad	7.2	0.7	Elek. geleidingsvermogen	452	168
Ammonium	2.1	2.0	Nitraat	5.5	4.7
Slibdikte	8	10	Totaal-fosfaat	0.41	0.44
Breedte	1.9	0.6	Diepte	28	13
Verval	0.97	1.3	Bedek. perc. vegetatie	41	42

CENOTYPE D3: SLOTEN/STILSTAANDE GEREGULEERDE BEKEN

Karakterisering

Permanente, a-mesosaproob, kleine, ondiepe sloten of gereguleerde beken

Biotische kenmerken

De meeste taxa bewonen de watertypen 'alle wateren' en 'stilstaande en langzaam stromende wateren'. Het zijn vooral bewoners van vaste substraten en in mindere mate van het sediment. De taxa zijn voornamelijk herbivore schrapers en in mindere mate carnivore verzwelgers of detritivore vergaarders; ze indiceren een b-mesosaproob milieu. De taxonsamenstelling is zeer divers met zeer veel slakken en veel wormen, kevers en vedermuggen terwijl relatief veel bloedzuigers aanwezig zijn. Het betreft veel klimmers en in mindere mate klevers en gravers.

Hoog typerende taxa

Bathyomphalus contortus, Limnesia fulgida, Lymnaea stagnalis, Planorbarius corneus, Viviparus contectus

Matig typerende taxa

Arrenurus globator, Anisus vortex, Stagnicola palustris, Planorbis carinatus, Bithynia leachi, Physa fontinalis, Planorbis planorbis, Sphaerium sp.

Laag typerende taxa

Hygrotus inaequalis, Xenopelopia nigricans, Haliphus ruficollis, Hydroporus palustris, Dugesia lugubris/polychroa, Polycelis sp., Noterus crassicornis, Valvata cristata, Erpobdella octoculata, Glossiphonia complanata, Valvata piscinalis, Glossiphonia heteroclita, Hyphydrus ovatus, Asellus aquaticus, Bithynia tentaculata, Clinotanypus nervosus, Haliphus sp., Laccophilus minutus

Abiotische kenmerken

De meeste monsterplaatsen hebben een steil profiel en zijn gelegen in weiland. In vergelijking tot cenotype D2A zijn de monsterplaatsen minder begroeid, de nitraat- en zuurstofgehalten zijn lager en de onderlinge verschillen in dimensies zijn groter. De hogere gehalten aan voedingsstoffen en het hogere elektrisch geleidingsvermogen duiden op eutrofiëring.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
-----	----	----	-----	----	----
Zuurgraad	7.5	0.6	Elek. geleidingsvermogen	454	157
Ammonium	1.2	2.1	Nitraat	0.7	1.1
Slibdikte	12	22	Totaal-fosfaat	0.38	0.43
Breedte	3.7	3.2	Diepte	39	22
Verval	0.03	0.12	Bedek. perc. vegetatie	53	40

CENOTYPE R2: BREDE LAAGVEENSLOTEN EN VAARTEN

Karakterisering

b-Meso- tot a-mesosaproob, brede sloten en kleine kanalen op een laagveen bodem

Biotische kenmerken

Een groot gedeelte van de taxa bewoont de watertypen 'alle wateren', 'stilstaande wateren' en 'stilstaande en langzaam stromende wateren'. Enkele taxa vertonen een voorkeur voor veenbodems of middelgrote tot grote wateren met een open waterzone. De meeste taxa bewonen het sediment of vaste substraten. Het zijn vooral carnivoren en herbivoren. De taxa zijn verdeeld over de verschillende voedingsgroepen. De taxa indiceren een b-mesosaproob milieu. De taxonsamenstelling is vrij homogeen tussen de monsterplaatsen en per monsterplaats zeer divers en bestaat vooral uit wormen, vedermuggen, mijten en slakken. De taxa gedragen zich hoofdzakelijk als klimmers, gravers en spartelaars.

Hoog typerende taxa

Eylais tantilla, Piona variabilis, Notonecta sp., Tanypus kraatzi, Spercheus emarginatus, Anatopynia plumipes

Matig typerende taxa

Limnesia connata, Enochrus sp., Eylais extendens, Caenis robusta, Stylaria lacustris

Laag typerende taxa

Cyphon sp/Hydrocyphon sp/Scirtes sp., Tiphys ornatus, Oecetis furva, Anacaena limbata, Noterus crassicornis, Piona alpicola/coccinea, Endochironomus albipennis

Abiotische kenmerken

De monsterplaatsen zijn middelgroot, lijnvormig met een steil profiel en gelegen in het laagveengebied. Ze zijn omgeven door rietlanden en weilanden. De monsterplaatsen zijn matig begroeid met waterplanten en worden vaak bevaren. Het water is geëutrofeerd.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
-----	----	----	-----	----	----
Zuurgraad	7.6	0.4	Elek. geleidingsvermogen	466	137
Ammonium	0.7	1.0	Nitraat	0.2	0.1
Slibdikte	13	24	Totaal-fosfaat	0.29	0.49
Breedte	10	7	Diepte	68	29
Verval	0	0	Bedek. perc. vegetatie	47	26

CENOTYPE R4: BELASTE KLEINE TOT MIDDELGROTE LIJNVORMIGE WATEREN

Karakterisering

a-Meso-ionische, b-meso- tot a-mesosaproob, kleine tot middelgrote lijnvormige wateren (gereguleerde benedenlopen en riviertjes, kanalen, brede sloten)

Biotische kenmerken

Een belangrijk deel van de taxa is stromingsindifferent en bewoont de watertypen 'alle wateren', 'stilstaande wateren' en 'stilstaande en langzaam stromende wateren'. Enkele taxa bewonen 'grote stromende wateren'. Het betreft vooral bewoners van vaste substraten en het sediment. De taxa behoren voornamelijk tot de carnivore verzwelgers of stekers, de herbivore filtreerders of schrapers en detritivore vergaarders of knippers. De taxa indiceren een b-mesosaproob milieu. De macrofaunamenstelling van de monsterplaatsen van dit cenotype is vrij homogeen. De taxonsamenstelling is divers en bestaat vooral uit wormen, vedermuggen, mijten en slakken. Het betreft vooral klimmers en in mindere mate de overige gedragsgroepen.

Hoog typerende taxa

Mideopsis orbicularis, Piscicola geometra, Laccophilus hyalinus, Cloeon simile, Molanna angustata, Mystacides sp., Sigara distincta/falleni, Hydrachna globosa, Eylais extendens, Limnesia maculata, Limnesia undulata, Oulimnius tuberculatus, Pionopsis lutescens, Parachironomus gr. vitiosus, Acercinae

Matig typerende taxa

Piona pusilla, Piona variabilis, Piona alpicola/coccinea, Arrenurus crassicaudatus, Graptodytes pictus, Ophidonais serpentina, Polypedilum gr. bicrenatum

Laag typerende taxa

Cladotanytarsus sp., Arrenurus globator, Cryptochironomus sp., Ilyocoris cimicoides, Laccophilus sp., Limnesia sp., Anacaena limbata, Caenis horaria, Hygrobates longipalpis, Anisus vortex, Bithynia leachi, Unionicola crassipes, Stylaria lacustris, Sigara falleni, Sigara striata, Microtendipes sp., Valvata piscinalis, Clinotanypus nervosus, Ischnura sp., Arrenurus sinuator, Triaenodes bicolor, Haliphus immaculatus, Hygrotus versicolor

Abiotische kenmerken

Het merendeel van de monsterplaatsen is ruim anderhalve meter diep, lijnvormig en de stroomsnelheid is gering. De monsterplaatsen zijn matig begroeid en omgeven door graslanden. De bodem bestaat uit zand bedekt met slib. Het water heeft een hoog elektrisch geleidingsvermogen. Voor het overige is de variatie in parameters tussen de monsterplaatsen vrij groot.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
-----	----	----	-----	----	----
Zuurgraad	7.9	0.5	Elek. geleidingsvermogen	501	137
Ammonium	0.6	0.7	Nitraat	1.7	1.6
Slibdikte	5	12	Totaal-fosfaat	0.38	0.81
Breedte	15	10	Diepte	176	163
Verval	0.08	0.26	Bedek. perc. vegetatie	27	27

CENOTYPE R9: GEREGULEERDE BENEDENLOPEN

Karakterisering

a-Meso-ionische, a-mesosaprobe, benedenlopen van zwak stromende gereguleerde beken en kleine riviertjes

Biotische kenmerken

De macrofauna bestaat voor een relatief hoog percentage uit algemeen voorkomende taxa. Een groot gedeelte van de taxa is stromingsminnend of prefereert stilstaand water. Ze bewonen de watertypen 'alle wateren' en 'stilstaande en langzaam stromende wateren'. Sommige taxa indiceren 'kleine stromende wateren'. De meeste taxa bewonen het (slibrijk) sediment en in mindere mate vaste substraten. Het betreft vaak detritivore vergaarders. De taxa indiceren een b-mesosaproob milieu. De taxonsamenstelling is redelijk divers en bestaat vooral uit wormen, vedermuggen en slakken. De taxa gedragen zich hoofdzakelijk als gravers, klimmers en spartelaars.

Hoog typerende taxa

Limnephilus rhombicus

Matig typerende taxa

Hygrobates longipalpis, *Potamotheix hammoniensis*

Laag typerende taxa

Limnodrilus udekemianus, *Cryptochironomus* sp., *Limnodrilus claparedeianus*, *Polypedilum* gr. *bicrenatum*, *Chironomus* sp., *Polypedilum* gr. *nubeculosum*, *Tubificidae* juv (mh), *Paratanytarsus* sp., *Valvata piscinalis*

Abiotische kenmerken

Op de meeste monsterplaatsen zijn de benedenlopen en kleine riviertjes gereguleerd met een regelmatig profiel. De dimensies op de monsterplaatsen van dit cenotype zijn veel groter dan die van type S7, echter kleiner dan de overige typen riviertjes. De stroomsnelheid is vrij sterk ondanks het geringe verval. Het water bevat hoge voedingsstoffengehalten. De zandbodem is vaak met slib bedekt.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
-----	----	----	-----	----	----
Zuurgraad	7.6	0.6	Elek. geleidingsvermogen	564	283
Ammonium	1.8	1.9	Nitraat	10.3	23.1
Slibdikte	9	16	Totaal-fosfaat	1.02	1.16
Breedte	12	7	Diepte	124	72
Verval	0.31	0.35	Bedek. perc. vegetatie	17	29

CENOTYPE P9: GROTE PLASSEN EN MEERTJES

Karakterisering

a-Meso-saprobe plassen en meertjes

Biotische kenmerken

De monsters bevatten veel algemeen voorkomende taxa. De taxa zijn bewoners van de watertypen 'alle wateren', 'stilstaande wateren' en 'stilstaande en langzaam stromende wateren'. Sommige taxa zijn indicatief voor grote wateren met een organisch rijke bodem. Ze leven vooral op vaste substraten en in/op het sediment. De taxa zijn verdeeld over de verschillende trofische niveaus en voedingsgroepen behalve de knippers. De taxa indiceren een b-mesosaproob milieu. De taxonsamenstelling is divers en bestaat vooral uit wormen, vedermuggen en wantsen terwijl de bloedzuigers in relatief hoge aantallen aanwezig zijn. De taxonsamenstelling van de monsterplaatsen komt onderling goed overeen. De taxa zijn verdeeld over de verschillende gedragsgroepen.

Hoog typerende taxa

Gammarus tigrinus, *Hemiclepsis marginata*, *Sigara distincta/falleni*

Matig typerende taxa

Dero dorsalis, *Theromyzon tessulatum*, *Phryganea bipunctata*, *Sigara falleni*, *Sigara striata*

Laag typerende taxa

Dero digitata, *Piscicola geometra*, *Tanypus kraatzi*, *Polypedilum sordens*, *Parachironomus* gr. *arcuatis*, *Endochironomus albipennis*, *Glyptotendipes* sp., *Radix auricularia*

Abiotische kenmerken

De monsterplaatsen hebben een groot oppervlak en zijn matig diep. Ongeveer de helft van de monsterplaatsen is hydrologisch geïsoleerd, gelegen tussen rietlanden, heeft een onregelmatig profiel en het water is groen. Het water heeft hoge bicarbonaat- en lage nitraatgehalten. De macro-ionen- en voedingsstoffengehalten zijn vergelijkbaar met die in type P8. De bodem is bedekt met een dikke sliblaag. Er is relatief weinig vegetatie.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

variabele	x	sd	variabele	x	sd
Zuurgraad	7.8	0.5	Elek. geleidingsvermogen	418	127
Ammonium	1.3	1.9	Nitraat	0.6	1.3
Slibdikte	24	28	Totaal-fosfaat	0.26	0.28
Breedte	159	235	Diepte	196	230
Verval	0	0	Bedek. perc. vegetatie	18	21

CENOTYPE P11: KANALEN EN MIDDELGROTE DIEPE PLASSEN

Karakterisering

b-Mesosaprobe middelgrote stilstaande wateren

Biotische kenmerken

De meeste taxa zijn stromingsindifferent en bewoners van 'alle wateren', 'stilstaande wateren' en 'stilstaande en langzaam stromende wateren'. Sommige taxa zijn indicatief voor grote stromende watertypen. Ze leven in alle genoemde habitats. Het betreft vooral carnivore verzwelgers of stekers en detriti-herbivore vergaarders. De taxa indiceren een b-mesosaproob milieu. De taxonsamenstelling is zeer divers en bestaat vooral uit vedermuggen en mijten terwijl de wantsen en slijkvliegen in relatief hoge aantallen aanwezig zijn. Het betreft vooral klimmers en in mindere mate klevers en zwemmers.

Hoog typerende taxa

Piscicola geometra, Unionicola aculeata, Nanocladius sp., Gerris sp., Hydrodroma despiciens, Mesovelis furcata, Ranatra linearis, Sigara distincta/falleni, Hydrachna globosa, Ilyocoris cimicoides, Laccophilus sp., Limnesia sp., Oecetis lacustris, Piona conglobata, Polypedilum gr. sordens, Enochrus sp.

Matig typerende taxa

Arrenurus globator, Cymus flavidus, Eylais extendens, Acercinae, Endochironomus tendens, Piona alpicola/coccinea, Arrenurus crassicaudatus, Endochironomus albipennis

Laag typerende taxa

Gerris odontogaster, Dicrotendipes gr. nervosus, Cryptochironomus sp., Mystacides sp., Parachironomus gr. arcuatus, Sialis lutaria, Stagnicola palustris, Unionicola crassipes, Proasellus coxalis, Glyptotendipes sp., Ablabesmyia longistyla, Ischnura sp., Haliphus immaculatus

Abiotische kenmerken

De monsterplaatsen zijn vaak hydrologisch geïsoleerd en beschaduwd. Het water heeft nitraatgehalten vergelijkbaar met die in type P8. De zand- of kleibodem is vaak bedekt met een sliblaag. Het profiel is vaak onregelmatig. Er is relatief weinig vegetatie.

Het gemiddelde en de standaardafwijking van enkele belangrijke variabelen:

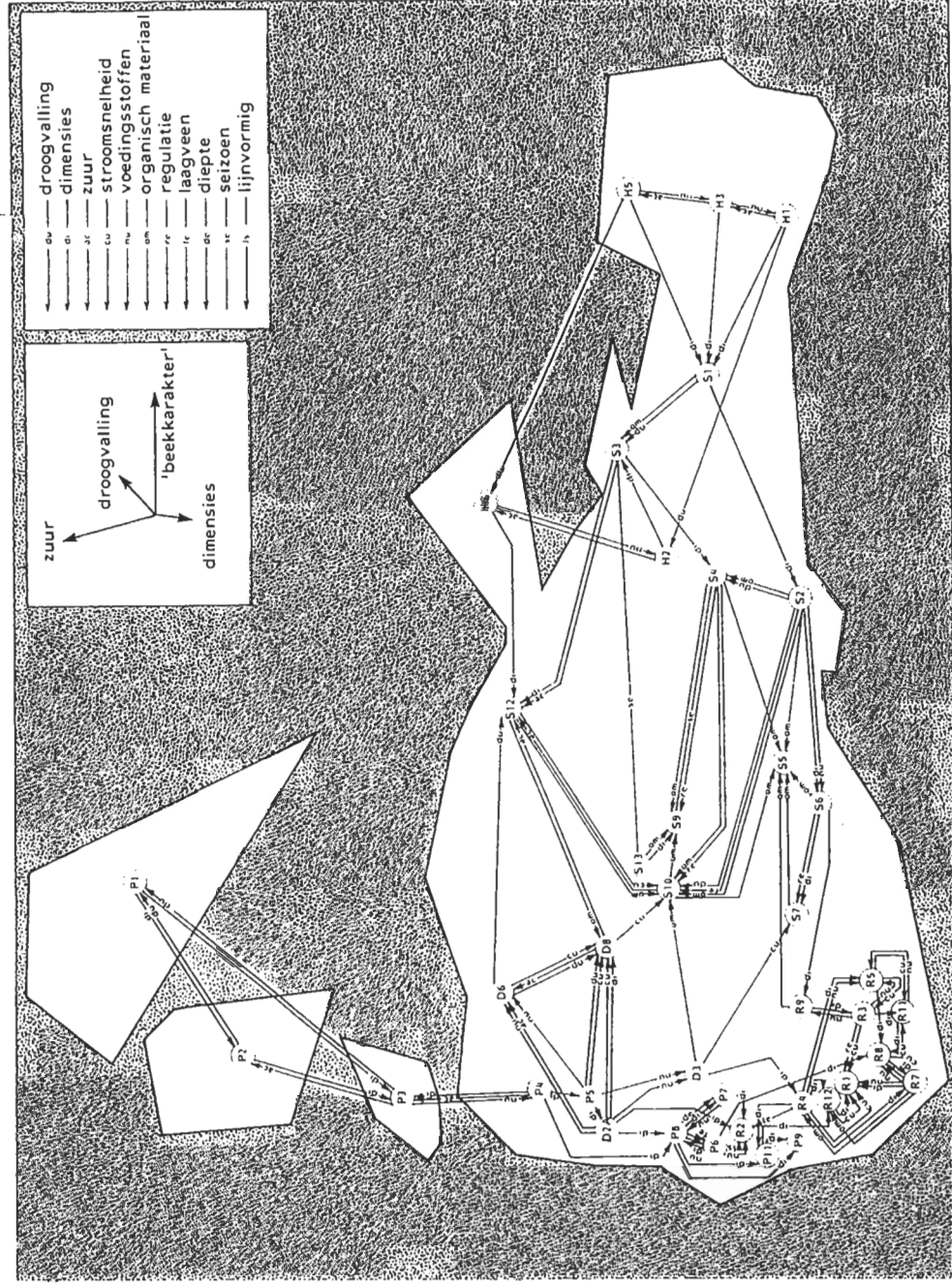
variabele	x	sd	variabele	x	sd
-----	----	----	-----	----	----
Zuurgraad	8.3	0.4	Elek. geleidingsvermogen	390	125
Ammonium	0.3	0.3	Nitraat	0.6	0.8
Slibdikte	3	4	Totaal-fosfaat	0.14	0.12
Breedte	20	8	Diepte		358
Verval	0	0	Bedek. perc. vegetatie	14	27
					220

Bijlage 7. Lijst met cenotypen.

Cenotype H1 :	Voedselrijke helocrene bronnen
Cenotype H2 :	Droogvallende kwelmoerassen
Cenotype H3 :	Matig voedselrijke helocrene bronnen
Cenotype H5 :	Voedselarme helocrene bronnen
Cenotype H6 :	Zure droogvallende kwelmoerassen
Cenotype S1 :	Bronbeken
Cenotype S2 :	Natuurlijke bovenlopen
Cenotype S3 :	Droogvallende natuurlijke bovenloopjes
Cenotype S4 :	Droogvallende natuurlijke bovenlopen
Cenotype S5 :	Saprobe boven- en middenlopen
Cenotype S6 :	Half-natuurlijke middenlopen
Cenotype S7 :	Gereguleerde middenlopen
Cenotype S9 :	Saprobe beekpoelen/droogvallende gereguleerde bovenlopen
Cenotype S10:	Droogvallende gereguleerde bovenlopen/sloten
Cenotype S12:	Droogvallende zwak zure gereguleerde bovenlopen/sloten
Cenotype S13:	Beekpoelen
Cenotype S14:	Extreem belaste beek
Cenotype D2A:	Sloten
Cenotype D3 :	Sloten/stilstaande gereguleerde beken
Cenotype D6 :	Zure sloten
Cenotype D8 :	Droogvallende zwak stromende sloten
Cenotype D11:	Extreem belaste sloot
Cenotype R1 :	Belaste gereguleerde benedenlopen en riviertjes
Cenotype R2 :	Brede laagveensloten en vaarten
Cenotype R3 :	Middelgrote riviertjes
Cenotype R4 :	Belaste kleine tot middelgrote lijnvormige wateren
Cenotype R5 :	Belaste gereguleerde riviertjes en kanalen
Cenotype R7 :	Kanalen
Cenotype R8 :	Randmeren
Cenotype R9 :	Gereguleerde benedenlopen
Cenotype R11:	Brede, diepe lijnvormige wateren
Cenotype R12:	Grote, matig diepe plassen
Cenotype P1 :	Droogvallende verzuurde vennen
Cenotype P2 :	Zure vennen
Cenotype P3 :	Zwak zure vennen
Cenotype P4 :	Poelen
Cenotype P5 :	Kleine ondiepe sloten
Cenotype P6 :	Petgaten
Cenotype P7 :	Matig grote, diepe plassen
Cenotype P8 :	Grote sloten en kleine ondiepe plassen
Cenotype P9 :	Grote plassen en meertjes
Cenotype P11:	Kanalen en middelgrote diepe plassen

Bijlage 8.

Het netwerk van cenotypen. De contourlijn omvat alle monsterpunten van het EKKO-project. De centroïde van elk cenotype is aangegeven met een code in een cirkel (voor de verklaring van de codes zie ommezijde). De verbindingspijlen tussen de cenotypen onderling geven de werkende milieufactoren aan (voor verklaring van de codes zie kader rechtsboven). Het kader middenboven indiceert de werkingsrichting van de vier belangrijkste hoofdfactoren door de gehele figuur.



Bijlage 9. Milieuvariabelen: code, naam en eenheid.

<i>kwantitatieve milieuvariabele</i>	<i>afkorting</i>
temperatuur (oc)	t
zuurgraad	ph
electrisch geleidingsvermogen (us)	ec
zuurstof concentratie	o2
zuurstof verzadiging	o2_%
ammonium	nh4
kjeldahl-stikstof	kj-n
nitraat	no3
nitriet	no2
ortho-fosfaat	o-p
totaal-fosfaat	t-p
chemisch zuurstof verbruik	cod
biologisch zuurstof verbruik	bod
totaal organisch koolstof	toc
chloride	cl
sulfaat	so4
natrium	na
kalium	k
magnesium	mg
calcium	ca
bicarbonaat	hco3
ijzer	fe
ionenratio	ir
hardheid	hn
oppervlak (ha)	sa
breedte (m)	w
diepte (m)	d
lengte (m)	l
stroomsnelheid (cm/s)	s
verval (m/km)	fall
afstand tot de bron (km)	sourdist
doorzicht (m)	transpar
dikte van de sliblaag (m)	s-t
vegetatie:	
percentage algen	%-a
percentage drijvend	%-f
percentage ondergedoken	%-s
percentage emergent	%-e
percentage oever	%-b
totaal percentage	%-t
percentage bemonsterd habitat:	
oever-littoraal	%mm-b
emergente veg.	%mm-e
drijvende veg.	%mm-f
ondergedoken veg.	%mm-s
slib substraat	%mmsilt
zand substraat	%mmsand
veen substraat	%mmpeat
klei substraat	%mmclay
detritus substraat	%mmdetr
grind substraat	%mmgrave
steen substraat	%mmstone
 <i>nominale milieu variabelen</i>	 <i>afkorting</i>
bemonsteringsdatum	
voorjaar	spring
zomer	summer

herfst	autumn
winter	winter
vorm van het profiel	
lijnvormig regelmatig	shaplsr
lijnvormig onregelmatig	shaplsir
zeer onregelmatig	shapvir
onregelmatig	shapirr
regelmatig	shapreg
droogvallend	tempor
fluctuerend waterpeil	watlf
kwel	see
kleur van het water	
kleurloos	colorles
geel	yellow
bruin	brown
groen	green
zwart	black
geur	smell
helderheid	
helder	clear
matig troebel	slturb
troebel	turbid
zichtbare bacterie%	
geen	bactnone
weinig	bactsl
veel	bactabun
vervuilingsindicatie	pollut
schoningsindicatie	cleanin
bodemtype	
zand	sand
zand-slib	sasilt
klei	clay
laagveen	fenland
hoogveen	peat
substraattypen	
zand	stsand
zand-slib	stsasi
veen	stpeat
klei	stclay
slib	stsilt
fijne detritus/veen/slib	stfdpesi
detritus/veen	stfdepe
grof materiaal	stcm
idem./blad/veen	stcmdlpe
idem./detritus/blad	stcmdele
idem./slib	stcmsi
grove detritus/blad	stcdle
idem./slib	stcdlesi
gecomb. organisch materiaal	stcomb
taludhoek	
0-30	ps30
30-45	ps45
45-75	ps75
75-90	ps90
hol	pscon
onregelmatig	psirr
meandering	
geen	meandnt
matig	meandsl
sterk	meand
regulatie	
geen	regulnt

matig
sterk
oeverversteving
beschaduwing
omgeving
stedelijk
bos
houtwal
akker
grasland
rietland
hei
geïsoleerd

regulsl
regul
procon
shadow

sururb
surfor
surwob
surfie
surgra
surree
surhea
isol

