

De dynamiek ontleed in tijd en ruimte

Dynamische
modellering
Vegetatiesuccessie
Natuurontwikkeling
Grensmaasproject

Model voorspelt de ontwikkelingen in het Grensmaasgebied

Het ECODYN-model is een dynamisch model voor voorspelling van ecotopen in het rivierengebied. Het model is uitgewerkt voor de Grensmaas. In dit artikel worden de randvoorwaarden, benodigde invoergegevens en betrouwbaarheid van het model besproken. Zowel de eerste validatie als de gemodelleerde structuurontwikkeling en het gegenereerde eindbeeld van het Grensmaasplan, geven een zeer positief resultaat.

De doelstellingen van het rivierenbeheer zijn al enkele jaren in volle beweging. Bevaarbaarheid, hoogwaterbescherming, recreatie, natuurontwikkeling moeten op verschillende plaatsen kunnen samengaan. De realiseerbaarheid daarvan is voor een groot deel afhankelijk van de kenmerken van de rivier en in samenhang daarmee, van de ecotopen die er zich ontwikkelen. Debieten, waterstanden en stroomsnelheden, successiestadia en ruimtelijke verdeling van de levensgemeenschappen, vormen zo het natuurlijke kader voor de doelstellingen. Om de kans op het behalen van de doelstellingen van het rivierbeheer in te schatten, moeten de relaties tussen al deze factoren en het verloop ervan in de tijd, bepaald worden. Geïntegreerde, dynamische modellen voor het voorspellen van de invloed van rivierdynamiek en op ecotoopontwikkeling kunnen hierbij helpen om effecten van beheer- en inrichtingsvarianten op de natuur te beoordelen (Van Kalken & Havno, 1992; Ahn *et al.*, 2004; Baptist *et al.*, 2004; Haasnoot & Van der Molen, 2005).

In het Grensmaasproject neemt natuurontwikkeling een belangrijke plaats in (Van Looy & De Blust, 1995; Nagels *et al.*, 1999; Provincie Limburg, 2005). Om de mogelijkheden hiervoor zo goed mogelijk in te schatten, is het model ECODYN ontwikkeld. Dit model integreert een aantal systeemprocessen in een expertmodel. Functionele kenmerken van ecotopen en de dynamiek in tijd en ruimte van de Grensmaas worden erin gecombineerd, zodat een voorspelling van de ruimtelijke ontwikkelingen mogelijk

wordt. De directe aanleiding om ECODYN te bouwen, was de weinig specifieke output van een vorig model (ecotopengenerator) dat bij de voorbereiding van de Grensmaasplannen gebruikt werd (van Rooij *et al.*, 2000). Daarin was de relatie tussen de ontwikkeling van de vegetatie en de rivierdynamiek onvoldoende uitgewerkt om een ruimtelijke voorspelling te maken van vegetatiestructuren binnen het winter- en zomerbed van de Grensmaas. Er was behoefte aan een instrument dat varianten op het niveau van afgravingshoogte en van de inschakeling van specifieke locaties in het overstroombare deel van de Grensmaas, kon evalueren. Het detail dat hiermee beoogd werd, vereiste een verbeterde afstemming tussen vegetatie- en hydraulische modellering, waarbij vooral de impact van vegetatieontwikkeling op verandering van de ruwheid en riviergedrag een grotere rol zou spelen. Omdat daarnaast ook de effecten van natuurlijke begrazingsvormen in rekening gebracht worden, gaat ECODYN een stap verder dan modellen die de vegetatiedynamiek eenduidig koppelen aan één specifieke milieuvariabele, voor het riviergebied overwegend het hydroregime (Willems, 2001; Aggenbach & Pelsma, 2003).

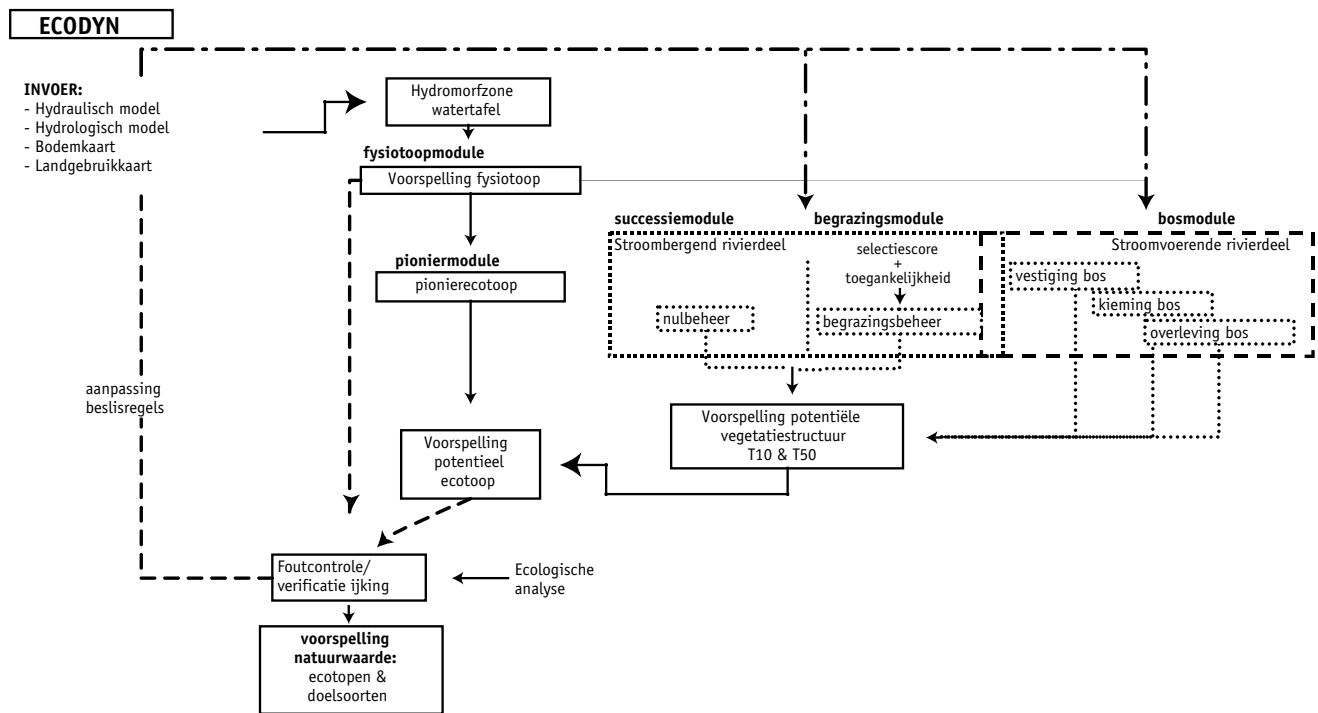
Modelconcept

Het ECODYN-model werd specifiek ontwikkeld voor het Grensmaasgebied, het ongestuwde traject van de Maas tussen Borgharen en Maaseik. Specifieke gebiedskennis werd opgedaan in een reeks onderzoeksprojecten in de

KRIS VAN LOOY,
ALEXANDER VAN
BRAECKEL & GEERT
DE BLUST

Drs. K. Van Looy Instituut voor Natuurbehoud, cel Landschapsecologie en Natuurbeheer, Kliniekstraat 25, 1070 Brussel, Kris.vanlooy@inbo.be
Drs. A. Van Braeckel Instituut voor Natuurbehoud, Brussel
Drs. G. De Blust Instituut voor Natuurbehoud, Brussel

Foto: Ran Schols
www.pbase.com/ranschols



Figuur 1 Schematische weergave opbouw ECODYN-model.

Figure 1 Flowchart of the ECODYN-model.

vallei van de Grensmaas (o.a. Vanacker et al., 1998; Severyns et al., 2001; Vanden Broeck et al., 2002; Fourneau et al., 2003; Geilen et al., 2001). In ECODYN worden een aantal modules die ecologische processen beschrijven, stapsgewijs geïntegreerd tot een ruimtelijk voorspellend model (zie figuur 1). De opbouw van het model werd opgehangen aan de bestaande rivierkundige en hydrologische modellen die beschikbaar zijn voor het gebied. Het riviermodel schetst de belangrijkste parameters in een tweedimensionale ruimte; enerzijds de ruimtelijke standplaatskenmerken, anderzijds ook de tijdstappen in de retour-

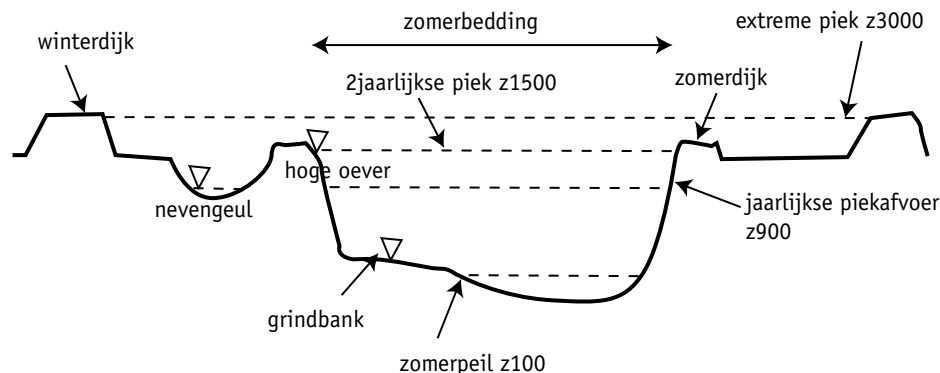
periode van de maatgevende afvoergolven. De cellen/rasters uit het riviermodel vormen meteen de basiseenheden voor de ecologische modellering. De schaal en nauwkeurigheid van de ecologische voorspelling is rechtstreeks verbonden met deze van het riviermodel. Een overzicht van de gebruikte data en schaal voor de opbouw van het model is gegeven in tabel 1.

Afbakening van standplaatsfactoren

In de *fysiotoopmodule* (figuur 1) worden, op basis van hydromorfologie en grondwater, ruimtelijke eenheden afge-

Figuur 2 Schematische voorstelling standplaatsen van zachthoutoobos met kritische afvoer en werkzame schuifspanning (driehoekjes geven standplaatsen aan waar werkzame schuifspanning berekend werd, de kritische afvoerlijnen zijn aangegeven als z-debietwaarde).

Figure 2 Schematic cross-section of the river bed with critical water levels for the different stages of riparian forest development.



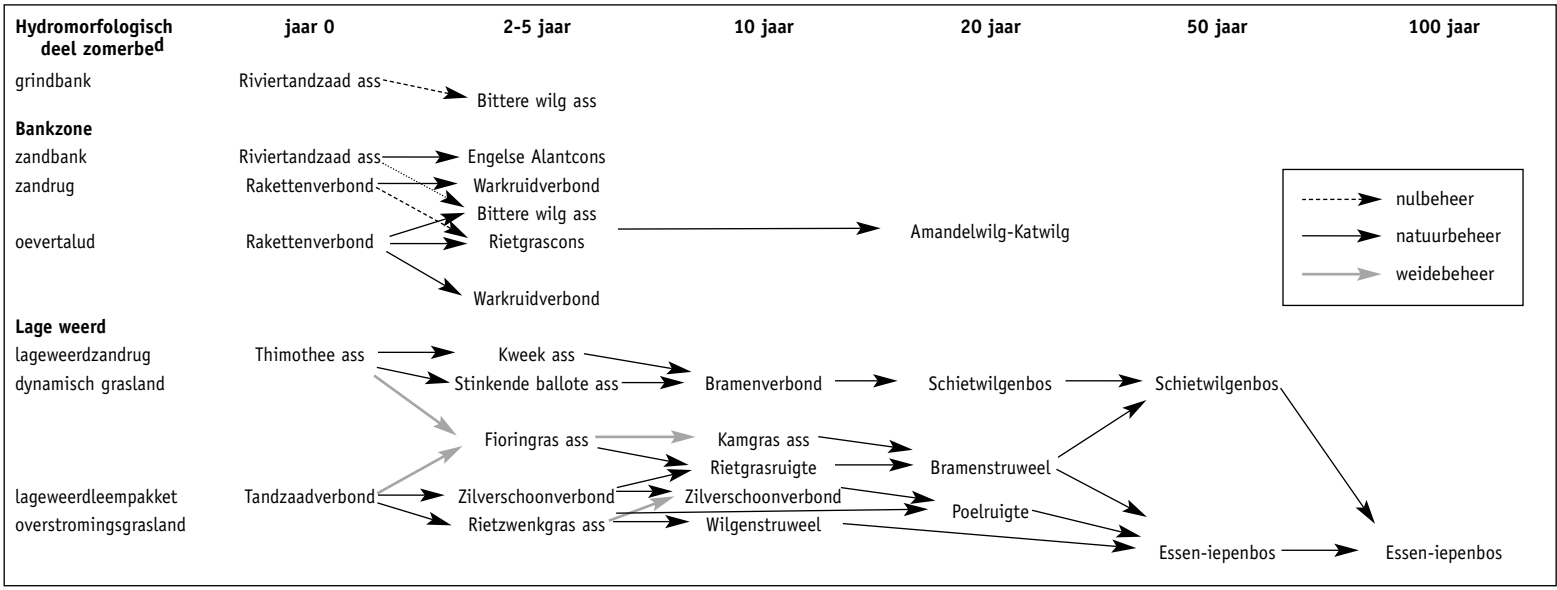
Module	Object	Data	Niveau	Schaal
Fysiotoopmodule	hydrodynamiek	2D-modellering, snelheden schuifspanningen	Maasvallei	cellen 20-50m
	grondwaterdynamiek	GHG, GVG, GLG	deelgebied	25x25m raster
	ecotoop	ecotoopkaart	Maasvallei	min. 25x25m
	hydroregime	retourperiodes, Q/H-relatie afvoerlijn, DTM	Maasvallei	cellen 20-50m
	hydromorfologische eenheid	overlay ecotopen, stroomsnelheden	Maasvallei	cellen 20-50m
Successiemodule	vegetatietype	vegetatieopnamen ecotoopkaart-eenheden	Maasvallei	1x1m/10x10m
	vegetatietype - abiotiek	kartering	deelgebied/ natuurterrein	min. 10x10m
	successie vegetatietype	PQ-opnamen	fragmenten	20-50m PQ's
	initiele vegetatie	uitgangssituatie landgebruik, ingreepkaart	Maasvallei	min. 25x25m
Pioniermodule	hydrodynamiek	2D-modellering stroomsnelheden	Maasvallei	cellen 20-50m
	hydroregime	retourperiodes en Q/H-relatie afvoerlijn	Maasvallei	cellen 20-50m
Bosmodule	bosfase	kartering bomen/bos rivierbed 1998-2002	17 km riviertraject	grindbank-10x10m
	hydrodynamiek	2D-modellering schuifspanningen	Maasvallei	cellen 20-50m
	hydroregime	retourperiodes en Q/H-relatie afvoerlijn	Maasvallei	cellen 20-50m
Begrazingsmodule	voedselrijkdom	bodemkaart	Maasvallei	min. 25x25m
	grazerselectie-index	vegetatiestructuurkaart, ruimtegebruik grazer	natuurterrein	25x25m raster
	Wintertoegankelijkheid	grondwatermodellering, GHG	Maasvallei	25x25m raster
	ecotoopvorm en isolatie	ecotoopkaart	deelgebied	min. 25x25m
	vegetatiestructuur	uitgangssituatie landgebruik, ingreepkaart	Maasvallei	min. 25x25m

Tabel 1 Invoerdata met niveau en schaal voor opmaak ECODYN en benodigde inputdata voor modeltoepassing (vet).

Table 1 Input used for the development of the ECODYN model with scale and detail level. The input for running the model is in bold.

bakend. Inputgegevens komen uit de rivier- en grondwatermodellering. De afbakening van de hydromorfologische eenheden gebeurt met stroomsnelheidklassen voor rivierbedzones, berekend voor de afvoergolven die maatgevend zijn voor elke rivierbedzone (zie figuur 2). De combinatie van stroomsnelheid en overstromingsfrequentie wordt in het grootste deel van het Grensmaasgebied als bepalende factoren voor de standplaats beschouwd (Van Looy & De Blust, 1998; Van Looy et al., 2005). Grondwater stijghoogten worden berekend aan de hand van periodegemiddelden in combinatie met bodemkenmerken. De *pioniermodule* vormt een verfijning van de fysiotoop-

module en heeft als doel om het periodiek terugzetten van de vegetatieontwikkeling in het model te integreren. Pionierecotopen ontstaan bij een afvoerpiek en de ermee gepaard gaande hogere stroomsnelheden en kennen daarvoor een specifieke retourperiode. Ze kunnen zowel in de oeverzone, als in de lage en hoge weerd (dat is het winterbed van de rivier) voorkomen. Bij de afbakening werd geopteerd om stroomsnelheden bij stationaire doorrekening van piekafvoer (een momentopname bij maximum afvoer) te gebruiken. Om een volledig beeld van erosie- en sedimentatieprocessen bij hoogwaters te krijgen, zou in principe het volledige verloop van



Figuur 3 Successieschema van zomerbed, bankzone en lage weerd in het Grensmaasgebied

Figure 3 Succession scheme for three river bed zones of the Common Meuse river system

de afvoergolf geïnterpreteerd moeten worden. Bij de begrenzing van de stroomsnelheidsklassen werd met deze beperking rekening gehouden door de ruimste grenzen te hanteren op basis van de uitgevoerde ijking in het gebied.

Voorspelling van de vegetatiestructuur per fysiotoop

De fysiotoepen dienen om het voorkomen van de ecotopen mee te voorspellen. Dat voorkomen wordt uiteraard ook mee bepaald door de soortensamenstelling en het successiestadium van de vegetatie. In de volgende stappen staat de voorspelling van de snelheid en de richting van de successie voorop. Omwille van de verschillen in de sturende factoren, wordt een onderscheid gemaakt tussen bosontwikkeling in het stroombergend en in het stroomvoerend gedeelte van de rivier. Als natuurbeheervormen onderscheidt ECODYN een variant zonder beheer en één met natuurlijke extensieve begrazing.

De vegetatieontwikkeling wordt zo opgesplitst in drie modules:

- *successiemodule* die de successie zonder beheer aangeeft in stroombergend en –voerend gedeelte;
- *bosmodule* die de bosontwikkeling in het stroomvoerend deel van de rivier voorspelt;
- *begrazingsmodule* die de potentiële afremming van successie onder invloed van grote grazers in het stroombergend deel van de rivier voorspelt.

In de *successiemodule* worden voor de verschillende fysiotoepen de structuurklassen pioniervegetatie, grasland, ruigte, struweel en bos onderscheiden en verder onderverdeeld volgens de vegetatietypering (Van Looy & De Blust, 1998). Het successieschema (figuur 3) waartoe deze vegetatietypen behoren, is afgeleid uit permanent kwadraatonderzoek dat tussen 1996 en 2002 werd uitgevoerd. Dit schema vormt de basis voor de successiemodule en de begrazingsmodule en geeft de tijdstappen (0-2-5-10-20-50 jaren) in het model aan.

De successiemodule schetst de ontwikkeling zonder beheer. De invloed van periodieke overstromingen die de successie remmen of vroege successiestadia zoals grindbanken fixeren, zijn in rekening gebracht. Ter illustratie wordt een voorbeeld van successie op een hoge weerd lempakket gegeven, gebaseerd op waarnemingen in Kerkeweerd en Hochter Bampd (figuur 4). Het lempakket in Kerkeweerd ontstond als open pioniersituatie na het hoogwater van 1993. Na 5 jaar was de open pioniervegetatie veranderd in een Katwilgstruweel, dat na 10 jaar overging in een Schietwilgenvloedbos. De waarnemingen in Hochter Bampd beslaan de ontwikkelingsfase 10-20 jaar waarbij een Essen-Iepenbos of Elzenrijk Wilgenvloedbos gevormd wordt afhankelijk van de overstromingsinvloed (Van Looy et al., 2000). Figuur 4 geeft tevens een voorbeeld van een vergelijking van een onbegraasde en begraasde successie, met daarbinnen splitsingen die

de ruimtelijke doorvertaling van de successiemodule illustreert.

Omdat met de permanente kwadraten niet alle successiefasen gevolgd konden worden, zijn bepaalde vegetatieontwikkelingen ingeschat. Zo zijn onbegraasde situaties in de terreinen met natuurontwikkeling slechts beperkt aanwezig en loopt de ontwikkeling er op de meeste plaatsen nog maar een tiental jaar. Uitspraken over de vegetaties die na 20 tot 50 jaar zullen optreden, hebben daardoor een grotere onzekerheid. Daarnaast is ook geen rekening gehouden met verschillen in nutriëntenbeschikbaarheid of initiële soortensamenstelling die binnen eenzelfde fytiotoop kunnen optreden, waardoor eveneens met veralgemeningen gewerkt moet worden.

In de bosmodule wordt de vestiging van zachthoutoibos binnen de stroomvoerende sectie van het rivierbed doorerekend. Ruimtelijk worden nevengeulen, hoge oevers, longitudinale en meandergrindbanken (lateral bars en point bars) afgebakend. De tijdfasen in de bosontwikkeling

kleirijke slibafzetting		1994	1996	1998	2000	2002
Kerkeweerd		Potentillo-Festucetum arundin.	80% Salic.albo-viminalis	80% Salic.albo-viminalis	80% Salic.albo-viminalis	80% Salic.albo-viminalis
			20% Pot-fest	10% Galio-alliarion	10% Galio-alliarion	10% Galio-alliarion
				10% Arrhenateretum	10% Arrhenateretum	10% Arrhenateretum
Hochter Bampd		Salic.albo-viminalis (8j oud)	Salic.albo-viminalis	Salicetum albae	Salicetum albae	Salicetum albae
		Salicetum albae (15j oud)			Sal.albo-alnetosum	Sal.albo-alnetosum
					Fraxino-ulmetum	Fraxino-ulmetum

moerassig overstromingsgrasland		1996	1998	2002	2004
Hochter Bampd begrazing		Agropyro-Rumicion crispi	60% Rum.crispi	Alopecurion geniculatus	
			40% Alopecurion gen.		
exclosure		Agropyro-Rumicion crispi	Agropyro-Rumicion crispi	Senecionion fluviatilis	
			Senecionion fluviatilis		
			Caricetum ripariae	Caricetum ripariae	Caricetum ripariae
			Salic.albo-viminalis	Salic.albo-viminalis	Salic.albo-viminalis

Figuur 4 Successiestappen in enkele permanente kwadraten als input voor de successiemodule voor 2 ecotooptypes.
Figure 4 Succession scheme for PQ-plots illustrating the input for the ECODYN succession module for 2 ecotope types.

Schuifspanningen in een model voor oibosontwikkeling

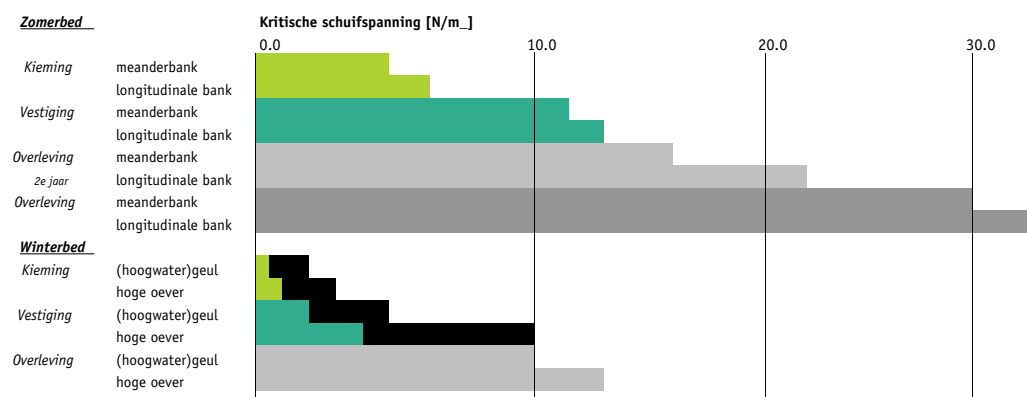
De korte, heftige afvoerpieken in de Grensmaas maken dat de overstromingskracht de belangrijkste standplaatsfactor is die de ontwikkeling van rivierbos bepaalt. Jonge bosfasen en zelfs delen van ontwikkelde bossen kunnen erdoor ontwortelen of omver geslagen worden. Er is dan ook een duidelijke relatie tussen de werkzame schuifspanningen in de bedding van de rivier en de mogelijkheden voor kieming, vestiging en overleving van zachthoutoibos (Baptist *et al.*, 2005; Van Looy *et al.*, 2005).

Normaal treedt kieming op in beperkte stroken van afzettingen op grindbanken en oevers. Maar zelfs kleinere zomerpieken van 300m³/s kunnen ervoor zorgen dat kiemplanten op de grindbanken uitspoelen, zodat kieming niet elk jaar succesvol verloopt. Als kritische afvoer geldt voor de overleving van kiemplanten op de grindbanken dus een gemiddelde zomerpiek; voor de vestiging van jonge bosfasen de gemiddelde jaarlijkse en tweejaarlijkse piekafvoeren (zie figuur 2). Voor kieming en vestiging in het winterbed gelden eveneens de jaarlijkse en tweejaarlijkse piekafvoeren als kritisch. Voor de overleving van bos wordt een extreme piekafvoer gehanteerd. Deze afvoeren werden in het 2-dimensionale hydraulische model doorerekend met als resultaat een schuifspanning die de kracht weergeeft die op een specifieke plaats werkt. Deze schuifspanning is het resultaat van de stroomsnelheid en het aanwezige substraat (grof grind voor afgepleisterde grindbanken, grind voor hoge banken, grof zand voor de hoge oever en lemig zand voor hoogwatergeulen).

Voor de in het veld vastgestelde ontwikkelingsfasen en terugzetting van ontwikkeling over de periode 1998-2002, werd in de verschillende zones van het rivierbed (longitudinale bank, meanderbank, hoge oever, nevengeul) de werkzame schuifspanning afgeleid uit de riviermodellering (figuur 5). Als resultaat ontstaat een beeld van de ontwikkelingsfasen en de kansen voor ontwikkelend bos over het rivierbed (figuur 6).

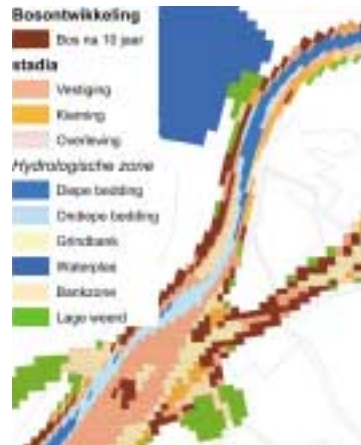
Figuur 5 Kritische schuifspanningsranges voor de verschillende ontwikkelingsfasen in de verschillende zones van het rivierbed.

Figure 5 Critical shear stress ranges for the different development phases in the different river bed zones.



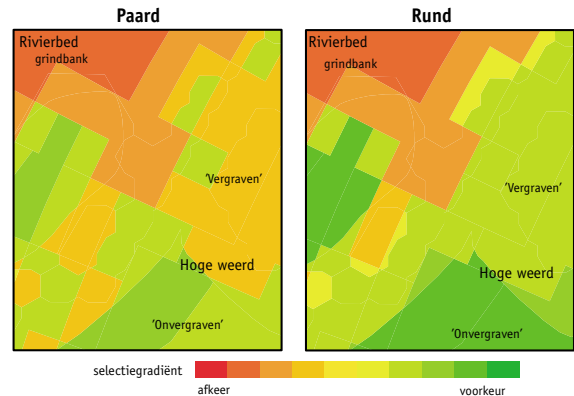
Figuur 6 Resultaat bosmodule met weergave van de verschillende ontwikkelingsfasen zoals voorspeld met ECODYN.

Figure 6 Result of ECODYN forest module showing the model outcome for the different forest development phases.



Figuur 7 Illustratie van toegekende selectie-indexen voor paard en rund voor een deel van het riviergebied.

Figure 7 Illustration of selection indices for horse and cattle in a small part of the river bed.



zijn kieming, vestiging (struikfase) en overleving (boomfase). De hydraulische modellering levert de schuifspanningen bij kritische afvoeren die gebruikt zijn om de mogelijkheden voor bosontwikkeling voor de verschillende tijd- en ruimtesequenties te bepalen (zie kader).

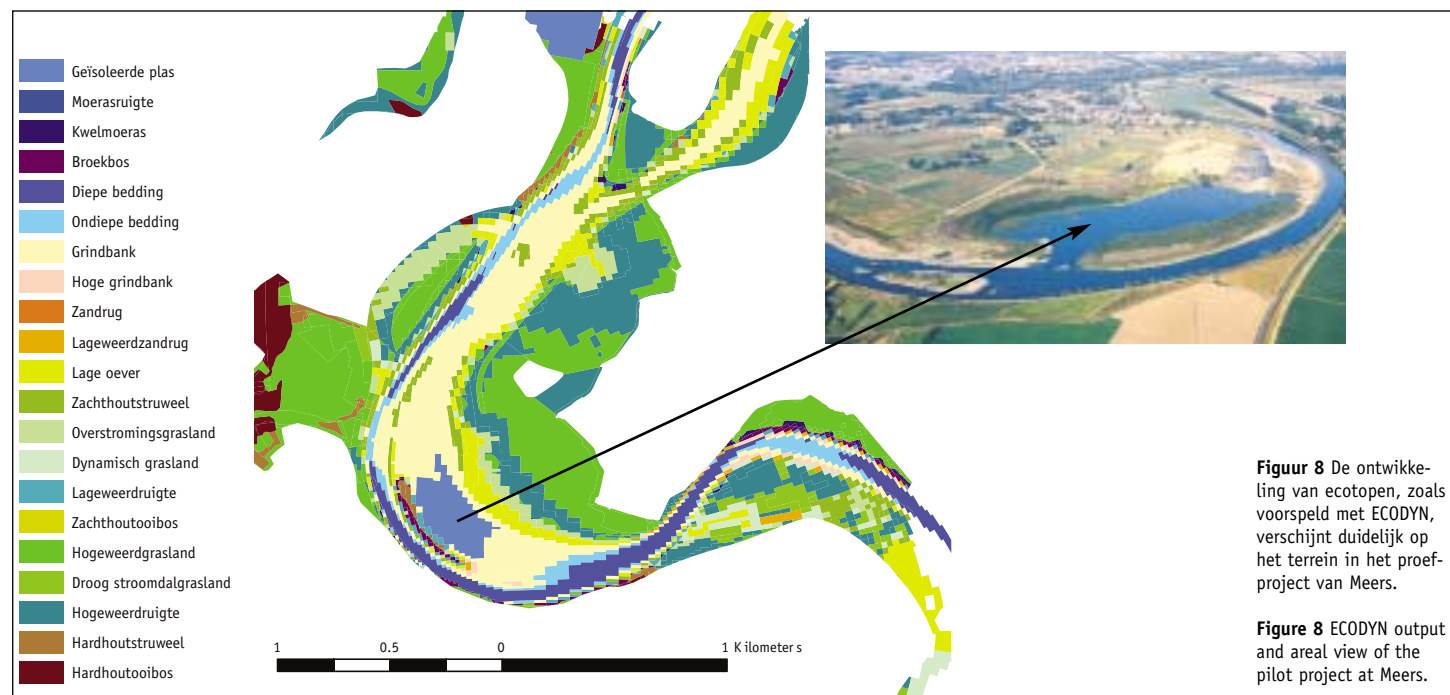
In de *begrazingsmodule* wordt het effect van een extensieve begrazing op de vegetatiestructuur nagebootst. De basis voor de begrazingsmodule vormen de selectie-index en de graasgevoeligheid per ecotoop, afgeleid uit veldonderzoek (Van Braeckel, 2002; Van Braeckel & Van Looy, 2002). De bepaling van de selectie-index per ecotoop gebeurt aan de hand van indirecte metingen van het terreingebruik nl. meting van de mestdichtheid, uitgevoerd in 2001-2003. Bij extensieve begrazing is dit een goede maat gebleken voor zowel rund als paard (Lamoot et al., 2004). Er werden aparte indexen opgesteld voor de twee grazertypes (zie figuur 7). De ruimtelijke spreiding van de graasintensiteit wordt tenslotte verkregen door de ecotoopspecifieke selectie-index te corrigeren voor wintertoegeankelijkheid, isolatie en plekgrootte. Het resultaat is een relatieve maat voor *graasintensiteit*. De *graasgevoeligheid*, de maat voor de afremming van successie, wordt voornamelijk bepaald door de initiële toestand met betrekking tot de vegetatiestructuur, het

bodemtype en vochtigheidsgraad, die we afleiden uit de vegetatiekaart, de bodemkaart en de fysiotopmodule.

De combinatie van *graasintensiteit* en *graasgevoeligheid* leidt voor elk ecotoop in het gebied tot een specifieke fixatie, vertragen of onbeïnvloed laten van de successie. Dit ruimtelijk patroon van begrazingsinvloed wijzigt in de successtappen, zodat een iteratieve module gecreëerd is die elke tijdstap doorloopt.

Validatie van het model

Een gebiedsdekkende validatie is onmogelijk gezien het overwegend landbouwkundige gebruik van het gebied. De huidige natuurterreinen in het gebied die een validatie zouden toelaten, liggen tevens overwegend in verstoorde milieus (heraangevulde grindwinnings achter hoge zomerdijken). Op kleine schaal is een beoordeling wel mogelijk:



Figuur 8 De ontwikkeling van ecotopen, zoals voorspeld met ECODYN, verschijnt duidelijk op het terrein in het proefproject van Meers.

Figure 8 ECODYN output and areal view of the pilot project at Meers.



Tabel 2 Oppervlakte en frequentie van gemodelleerde en gekarteerde pionierecotopen

PIONIERPLEK	Oppervlakte (ha)		Frequentie van plekken		
	model	veld 2000	model	model selectie	Veld met kensoorten
Hogeweerdgrindbank	44	11	23	12	10
Hogeweerdzandrug	114	8	33	20	17

Table 2 Surface and frequency of modelled versus field mapped pioneer ecotopes.

Tabel 3 Voorspelde aantal kensoorten gekarteerd in het gebied

Table 3 Percentage of predicted patches of typical species for the pioneer ecotopes, surveyed over the river reach.

Proefproject

Het proefproject van Meers geeft na 8 jaar een beeld van de ontwikkelingen in de dynamische zones van grindbanken en lage oevers. Het beeld dat ECODYN genereert van 10 jaar ontwikkeling toont een vergelijkbare ruimtelijke ecotoopbegrenzing als in het veld of op luchtfoto's valt af te leiden (figuur 8). De ecotopen die voorspeld worden komen ook goed overeen met de waarnemingen in het terrein. Op het eiland tegen de rivier zijn hoge grindbanken en zandruggen aanwezig op de stroomopwaartse kop van het eiland. Verderop is er de overgang vanaf de ondiepe bedding naar de grindbank, de lageweerdruigte en het ontwikkelend struweel bovenop het eiland. Aan de landzijde van de plas ontwikkelt zich een lage oeverruigte gedomineerd door Beklierde duizendknoop (*Polygonum lapathifolium*) en op luwe zones een zachthoutstruweel, hoger op opgevolgd door ruig overstromingsgrasland met

Fioringras (*Agrostis stolonifera*) en Rietgras (*Phalaris arundinacea*) overgaand in Bijvoet-hogeweerdruigte.

Pionierecotypen

De hogeweerd grindbank en hogeweerd zandrug zijn dynamische afzettingssmilieus op de hoge weerd die omwille van hun hoge natuurwaarde en specifieke tijd- en ruimtegebondenheid een interessant validatie-object vormen. Ze ontstaan bij hogere afvoergolven waarbij de storingsinvloed van de zomerdijken niet meer van tel is. Deze pionierecotopen werden gekarteerd en geïnventariseerd na elk hoogwater in de periode 1994-2002. De verspreiding van de kensoorten van deze ecotopen werd voor de volledige Maasvallei nagegaan. Kensoorten voor de hogeweerd grind- en zandruggen (Van Looy, 2000) zijn ook vaak kensoorten van de droge stroomdal graslanden, het volgende successiestadium van deze pionierecotopen (Jansen & Schaminée, 2003). In een eerste stap werden de voorspelde plekken in het veld geïnventariseerd en werd bekeken of ze effectief dat pionierecotoop vormen. In een tweede stap is voor de kensoorten met gekende verspreiding nagegaan in hoeverre ze ook binnen de voorspelde plekken te vinden zijn.

Tabel 2 toont het huidige beperkte voorkomen van deze ecotopen: slechts 12% van de oppervlakte in vergelijking met de voorspelling (model). Wanneer we het aantal plekken bekijken waar in de veldinventarisatie nog kensoorten van de habitat aangetroffen worden, blijkt een grotere overeenkomst (48%). Er is een selectie van de gemodelleerde plekken onder weiland/hooiland en natuurareaal gemaakt omdat daar het landgebruik de ecotoopontwikkeling zou kunnen toelaten. Deze plekken tonen inder-

Ecotoop	Kensoorten	Wetenschappelijke naam	# plekken	% voorspeld
Hogeweerdgrindbank	Wit vetkruid	<i>Sedum album</i>	9	78
	Muurpeper	<i>Sedum acre</i>	14	71
	Tripmadam	<i>Sedum reflexum</i>	3	100
	Ronde ooievaarsbek	<i>Geranium rotundifolium</i>	6	100
	Steenhoornbloem	<i>Cerastium pumilum</i>	6	66
	Eironde leeuwebek	<i>Kickxia spuria</i>	3	33
Hogeweerdzandrug	Grote tijm	<i>Thymus pulegioides</i>	2	100
	Zacht vetkruid	<i>Sedum sexangulare</i>	6	66
	Kandelaartje	<i>Saxifraga tridactylites</i>	4	50
	Rozetkruidkers	<i>Lepidium heterophyllum</i>	2	50
	Plat beemdgras	<i>Poa compressa</i>	8	87
	Sikkelklaver	<i>Medicago falcata</i>	5	100
	Veldsalie	<i>Salvia pratensis</i>	5	80
	Wondklaver	<i>Anthyllis vulneraria</i>	2	100

daad 85% overeenstemming met de veldwaarneming van kensoorten (27 van de 32 plekken). De grote oppervlakte in het model toont dus wel degelijk de grote potentie voor het ontwikkelen van deze ecotopen langs de Grensmaas. De afwijking in huidige oppervlakte is grotendeels te wijten aan het intensief landbouwgebruik van het gebied, waarbij hoge grind- en zandafzettingen vlot worden genivelleerd en ondergeploegd. De kensoorten worden dan ook vaak enkel op perceelsranden aangetroffen.

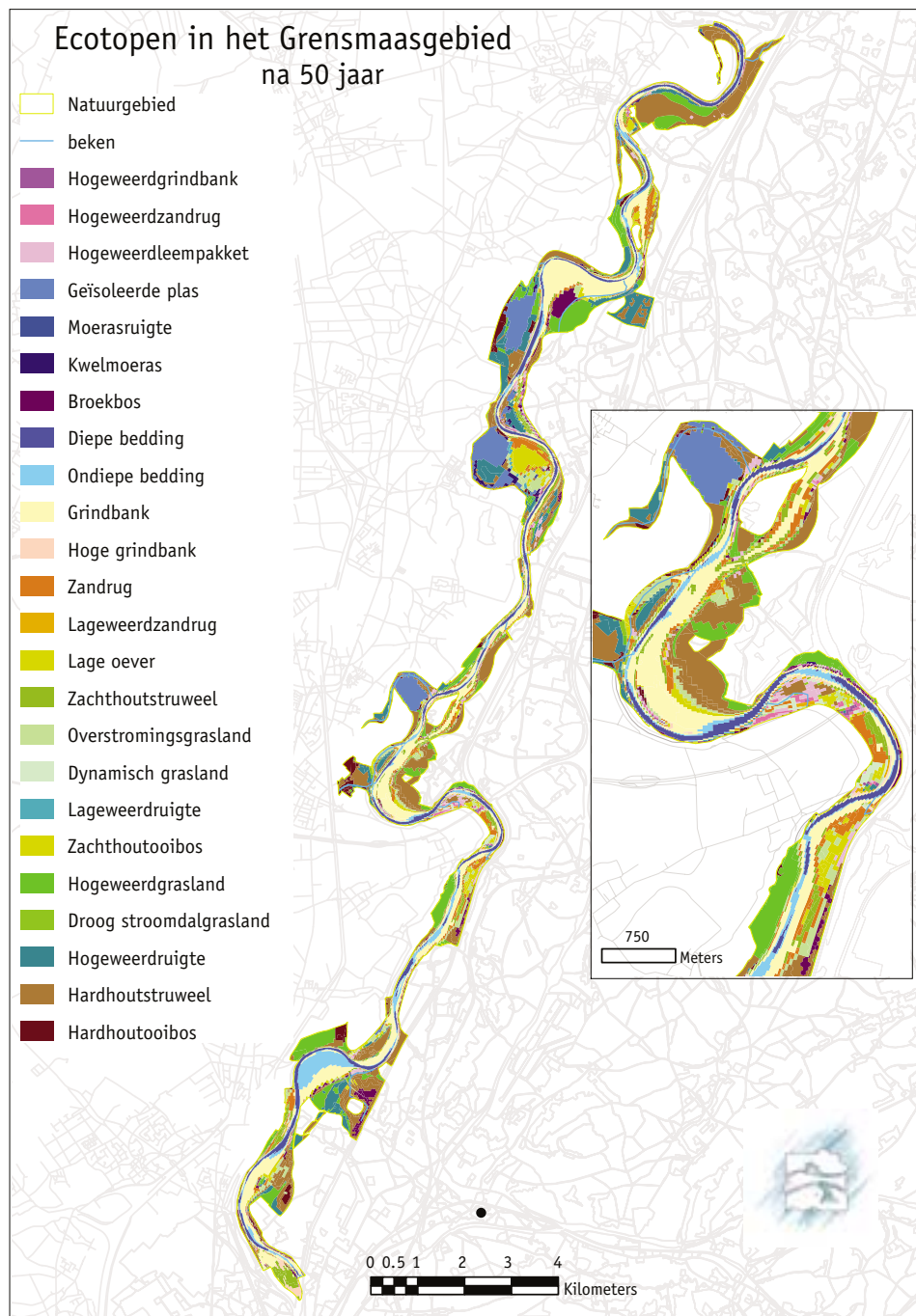
Ook bij de omgekeerde validatie-oefening voor het voorkomen van de specifieke kensoorten in gemodelleerde plekken blijkt de voorspelling vrij goed te zijn (tabel 3). Voor de soorten die enkel dicht bij de rivier aanwezig zijn zoals Grote tijm (*Thymus pulegioides*), Sikkelklaver (*Medicago falcata*), Ronde ooievaarsbek (*Geranium rotundifolium*), Wondklaver (*Anthyllis vulneraria*) en Veldsalie (*Salvia pratensis*), liggen de scores zeer hoog. Soorten zoals Eironde leeuwebek (*Kickxia spuria*) en Kandelaartje (*Saxifraga tridactylites*) scoren lager aangezien een aantal standplaatsen ontstaan zijn door grindwinning, en dus niet door het riviermodel voorspeld kunnen worden.

Enkele modeluitkomsten

De toepassing van ECODYN voor het Cumulatieve Vlaams-Nederlandse Ontwerp voor de Grensmaas toont de mogelijkheden van het model (Van Braeckel & Van Looy, 2004). De mate van detail van de resultaten maakt een uitgebreide evaluatie mogelijk. De voorspelde ecotoopverdeling stemt goed overeen ten aanzien van het ecologische toetsingskader (Helmer & Klink, 1995) met eerdere inschattingen (Peters & Hoogerwerf, 2003). Er ontstaat een beeld van het riviergebied met een grote variatie aan ecotopen in het dynamische deel van de rivier en een grotere uniformiteit in de hoge weerden (figuur 9). Naast een evaluatie ten opzichte van het vastgestelde ecologische toetsingskader, is een uitgebreide beoordeling

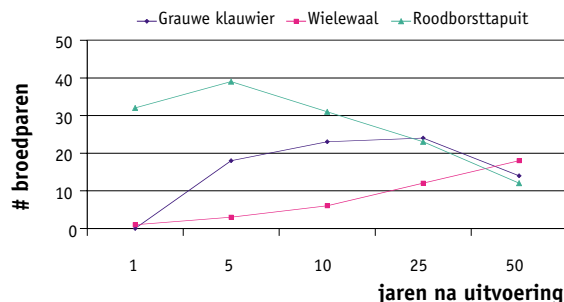
Figuur 9 ECODYN ecotoopvoorspelling voor het Vlaams-Nederlandse Grensmaasplan na 50 jaar.

Figure 9 ECODYN result for the Common Meuse restoration project after 50 years.



Figuur 10. Potentie voor een aantal broedvogelsoorten in de tijd bij uitvoering van het Grensmaasplan.

Figure 10. Potential breeding population of bird target species over a 50 year time span after river restoration.

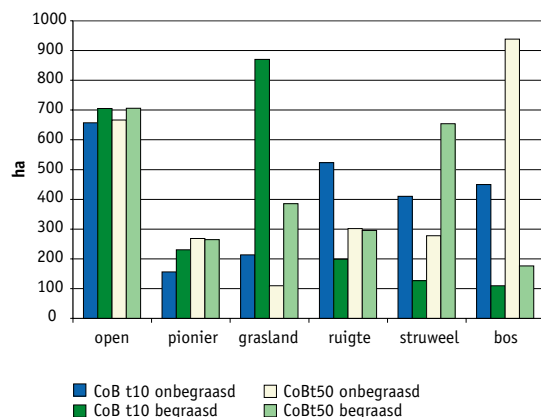


op basis van doelsoorten (zie Duel et al., 1996) toegepast. De doelsoorten tonen het tijdsfacet van de successie en geleidelijke opbouw van een evenwicht tussen rivierpioniers en grasland- en bossoorten. Dit kan geïllustreerd worden aan de hand van enkele vogelsoorten die in de 50 jaar na uitvoering van het Grensmaasproject de trends in de vegetatiestructuur volgen (figuur 10).

De voorspelde ontwikkeling van bos en de terugzetting van successies in het riviergebied in tijd en ruimte zijn aspecten die in andere modelleringen veelal ontbreken. In het onbegraasde scenario voorspelt het model na 10 jaar 25% en na 50 jaar meer dan 50% bos in het gebied (figuur 11). Met natuurlijke begrazing geraakt ook wel een derde van het ge-

Figuur 11 Vergelijking van vegetatiestructuur in het begraasde en onbegraasde scenario in de tijd.

Figure 11 Vegetation structure repartitions in grazed and ungrazed conditions for different time span (10, 50 year) after river restoration.



bied bebost na 50 jaar. De voorspelde structuurontwikkeling toont, bij doorrekening van de ruwheid in het hydraulische model bij een maatgevende afvoerpiek, een opmerkelijke daling van hoogwaterstanden in vergelijking met de voorheen gehanteerde vegetatieruwheid: een gemiddelde daling van 9 cm over het gehele traject wordt voorspeld! Dit resultaat wordt toegeschreven aan de meer aanvaardbare voorspelde positie en vorm van ecotopen met hoge stroomweerstand. Het bevestigt de problematische, niet-accurate voorspelling van de random ecotopen-generator.

Beperkingen

De betrouwbaarheid en informatie van een modeluitkomst hangen nauw samen met de invoer. Aangezien we voor de opmaak van het model over uitgebreide, gedetailleerde informatie van het gebied beschikten (tabel 1), kunnen we ook voor de voorspelling doordringen tot op het schaalniveau van het ecotoop: 1:5.000 - 1:25.000 (Klijn, 1994). Dit is het locale niveau van projecten en rivierherstelmaatregelen dat we beogen om varianten in mate van afgraving en plaats van oeveringrepen te kunnen evalueren.

Beperkingen in de huidige vorm wat betreft de betrouwbaarheid zijn de temporele aannamen die gebruikt worden binnen de successie- en begrazingsmodule. De voorspelde ontwikkeling wordt verder in de tijd onbetrouwbaarder omdat hierover slechts beperkte informatie voorhanden is en ook omdat wordt uitgegaan van een hydrodynamische berekening zonder rekening te houden met een veranderende morfologie. Goede morfologische modellen die de ontwikkeling van het terrein kunnen schetsen zouden dan ook een waardevolle aanvulling zijn om de ecotoopvoorspelling in de tijd meer betrouwbaarheid te geven. Helaas blijken deze modellen voor riviersystemen met een gegradieerde bedding nog voor grote problemen te staan (Akkerman, 2003). De beperking van de voorspelling is dus enerzijds afhan-



Foto Kris van Looy

kelijk van de nauwkeurigheid en mate van detail van de invoer en anderzijds van de stochasticiteit van het rivierregime. Deze laatste blijkt de grote boosdoener bij het accuraat voorspellen van ontwikkelingen naar tijd en plaats in het riviergebied. De afgelopen 10 jaar kreeg de Maas een tiental hoogwaters te verwerken met een retourperiode van 20 jaar. Desondanks werken we bij deze modellering met een gemiddelde afvoertijdreeks op basis van retourperiodes, waarmee het resultaat dus een generaliserend beeld geeft van de ontwikkelingen en variatie in het gebied door de tijd.

Conclusies

Met ECODYN worden de keuzen en opties gevolgd die in zwang zijn voor het opmaken van modellen. Olff *et al.* (1995) pleiten al voor een meer dynamische aanpak in de expertsystemen waarin tot op heden overwegend statische correlaties toegepast worden. Wassen & Verhoeven (2003) onderstrepen tevens de kracht van specifieke modellen, aangezien modeloplossingen voor specifieke problemen bruikbare elementen kunnen aanleveren voor complexere modellen (Van Oene *et al.*, 2000). Scheffer & Beets (1995) kiezen pragmatische benaderingen gebaseerd op eenvoudige empirische relaties aangevuld met expertkennis, boven complexe simulatiemodellen van ecosysteemprocessen. Brede, multidisciplinaire modelbenaderingen worden tot slot zeer belangrijk geacht in het evalueren van doelstellingen van complexe planpro-

cessen zoals rivierherstelprojecten (Van den Bergh *et al.*, 2005; Watanabe *et al.*, 2005). De opmaak van ECODYN tracht gehoor te geven aan deze oproepen.

De resultaten van de toepassing van ECODYN zijn zeer bemoedigend. De met ECODYN gemodelleerde ecotoopgrenzen zien we in nieuwe ontwikkelingen zoals in het proefproject Meers mooi opkomen in het terrein. Ook de met ECODYN geschetste bosontwikkeling geeft een veel betrouwbaarder beeld dan de voorheen met een ecotopengenerator gecreëerde voorspelling. De resultaten voor het Grensmaasproject pakken positief uit voor de ruwe- en hoogwaterberekeningen en geven het vraagstuk van stroomweerstand en natuurontwikkeling een nieuw perspectief. Dit alles stimuleert om met meer accurate modelleringen te gaan werken voor het verdere planontwerp. Momenteel wordt het model verder verfijnd voor de doorrekening van locale projecten, waarbij ingrepen en varianten gedetailleerd in de modellen worden ingebracht. Met de verfijnde modelvorm en meer gedetailleerde invoergegevens worden de komende jaren de Grensmaas-ingrepen voor beperkte deelgebieden gemodelleerd. Verbeteringen zijn voorzien in de begrazingsmodule en de successiemodule vanuit validering aan de hand van de terreincampagnes van de afgelopen jaren en de monitoring van pilootprojecten (Van Looy 2005). De toepassing van ECODYN-varianten op andere rivier(traject)-en/of natuurontwikkelingsprojecten, bijvoorbeeld vergravingen, behoort eveneens tot de mogelijkheden.

Summary

Model predicts developments in the Common Meuse river

Kris Van Looy, Alexander Van Braeckel & Geert De Blust

Dynamic modelling, vegetation succession, river restoration, Common Meuse

The ECODYN model is a dynamic model to predict developments in the Common Meuse river system. The model incorporates our understanding of zone and patch structure of vegetation in the river system, governed by flood timing, power and frequency. With these interactions and relationships, a model is built that projects biotic processes over the river system through space and time. With the integration of research results from vegetation succession, forest development and impact of grazing regime at local and regional scale level, a sound modelling approach at ecotope level (scale 1:5000 – 1:25000) for the river reach was possible. In this article constraints of the model, input data formats and levels and predictive power of the output are described. The modelling results for the Common Meuse restoration project are shown.



Literatuur

Aggenbach, C.J.S. & A.H.M. Pelsma, 2003. PREVIEW; Prediction Vegetation In Excavated Winterbeds. Nieuwegein. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, RIZA en KIWA Water research.

Akkerman, G.J., 2003. MER Grensmaas 2003. Achtergronddocument 2 Morfologie. RWS De Maaswerken.

Ahn, C., R. Sparks & D.C. White, 2004. A dynamic model to predict responses of millets (*Echinochloa* sp.) to different hydrologic conditions for the Illinois floodplain-river. River Research and Applications 20: 485-498.

Baptist, M.J., A.J.M. Smits, H. Duel, G.E.M. van der Lee, G.W. Geerling, W.E. Penning & J.S.L. van Alphen, 2004. Cyclische verjonging van uiterwaarden. Een hoogwater- en natuurbeheerstrategie gemodelleerd. Landschap 21/1: 15-26.

Baptist, M.J., L.V. van den Bosch, J.T. Dijkstra & S. Kapinga, 2005. Modelling the effects of vegetation on flow and morphology in rivers. Large Rivers Vol. 15, No. 1-4, Arch. Hydrobiol. Suppl. 155/1-4: 339-359.

Bergh, E. Van den, S. Van Damme, J. Graveland, D. de Jong, I. Baten & P. Meire, 2005. Ecological rehabilitation of the Schelde estuary (The Netherlands-Belgium; Northwest Europe): linking ecology, safety against floods and accessibility for port development. Restoration Ecology 13: 204-214.

Braeckel, A. Van & K. Van Looy, 2002. Beheersmonitoring langs de Grensmaas. Voorlopige resultaten van Kerkeweerd. Verslag Instituut voor Natuurbehoud 2002.6.

- Braeckel, A. Van, 2002.** Effecten van begrazing op ruigte, grasland en bos langs de Grensmaas. *Natuurhistorisch Maandblad* 91: 156-159.
- Braeckel, A. Van & K. Van Looy, 2004.** Cumulatief Onderzoek Grensmaas Ecologie. Verslag van het Instituut voor Natuurbehoud 2004.2.
- Broeck, A. Vanden, H. Jochems, V. Storme & K. Van Looy 2002.** Mogelijkheden tot herstel van levensvatbare populaties Zwarte populier (*Populus nigra* L.) langs de Grensmaas. Vlaams Impulsprogramma Natuurontwikkeling. Eindrapport 0010.
- Duel, H., G.B.M. Pedrolí & G. Arts, 1996.** Een stroom natuur. Natuurstreefbeelden voor Rijn en Maas. Achtergronddocument B: ontwikkelingsmogelijkheden voor doelsoorten. Watersysteemverkenningen 1996. Een analyse van de problematiek in aquatisch milieu. RIZA werkdokument 95.173x.
- Fourneau, J., J. Severyns, O. Batelaan, F. Desmedt & P. Meire, 2003.** Ecohydrologische systeemstudie Grensmaas: deelgebieden Vijverbroek en Maaswinkel. Rapport Universiteit Antwerpen 03-R51. Antwerpen.
- Geilen, N., G.B.M. Pedrolí, K. Van Looy, L. Krebs, H. Jochems, S. van Rooij & T.H. van der Sluis, 2001.** Intermeuse: the Meuse reconnected. Final report of IRMA/SPONGE project no. 9. NCR publication 15-2001.
- Haasnoot, M. & D.T. van der Molen, 2005.** Impact of climate change on ecotopes of the rivers Rhine and Meuse. *Large Rivers* Vol. 15, No. 1-4, Arch. Hydrolbiol. Suppl. 155/1-4: 53-61.
- Helmer, W. & A. Klink, 1995.** De Grensmaas Ecologisch Toetsingskader. Studie voor de MER Grensmaas. Laag-Keppel. Bureau Stroming.
- Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée, 2003.** Habitattypen – Europese natuur in Nederland. KNNV uitgeverij.
- Kalken, J. Van & F. Havno, 1992.** Multipurpose mathematical model for flood management studies and real time control. In: Saul, A.J. (ed) *Floods and flood management*. Dordrecht. Kluwer: 169-185.
- Klijn, F., 1994.** Spatially nested ecosystems: guidelines for classification from a hierarchical perspective. In: F. Klijn (ed.) *Ecosystem classification for environmental management*. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers: 85-116.
- Lamoot, I., J. Callebout, T. Degezelle, E. Demeulenaere, J. Laquiere, C. Vandenberghe & M. Hoffmann, 2004.** Eliminative behaviour of free-ranging horses: do they show latrine behaviour or do they defecate where they graze? *Applied Animal Behaviour Science* 86/1-2: 105-121.
- Looy, K. Van, & G. De Blust, 1995.** De Maas natuurlijk? Aanzet voor een grootschalig natuurontwikkelingsproject in de Grensmaasvallei. Wetenschappelijke mededeling van het Instituut voor Natuurbehoud 1995 (2). Brussel.
- Looy, K. Van & G. De Blust, 1998.** Ecotopenstelsel Grensmaas. Een ecotopenindeling, referentiebeschrijving en vegetatietypering voor de Levende Grensmaas. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 98.25. Brussel. Instituut voor Natuurbehoud.
- Looy, K. Van, K. Kenzeler & R.J. Bijlsma, 2000.** Structuur en ontwikkeling van het ooibos in Hochter Bampd. *Natuurhistorisch Maandblad* 89: 142-148.
- Looy, K. Van, 2000.** Morfodynamiek en vegetatieontwikkeling in het Grensmaasgebied. In: W.M. Liefveld, K. Van Looy & K.H. Prins (red.) *Biologische monitoring zoete rijkswateren. Watersysteemrapportage Maas 1996*. RIZA rapport 2000.056.
- Looy, K. Van, J. Severyns, H. Jochems & F. De Smedt, 2005.** Predicting patterns of riparian forest restoration. *Large Rivers* Vol. 15, No. 1-4, Arch. Hydrolbiol. Suppl. 155/1-4: 373-390.
- Looy, K. Van, 2005.** De Grensmaas op de goede weg? Grensmaasproject: eerste monitoringresultaten van de pilootprojecten. *Likona* jaarboek 2004 (14): 6-13
- Nagels, K., I. Hoet & K. Van Looy, 1999.** Project Levende Grensmaas. Vlaams Voorkeursalternatief. Hasselt. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en infrastructuur: 64
- Oene, H. van, F. Berendse, W. Arp & R. Alkemade, 2000.** Veranderingen op de Veluwe. Simulatie van veranderingen in ecosysteemprocessen en botanische diversiteit op regionale schaal. *Landschap* 17/1: 15-30
- Olff, H., F. Berendse, D. Verkaar & G. van Wirdum, 1995.** Modelleren van vegetatiesuccessie. Hoe kunnen vegetatieveranderingen in natuurontwikkelingsgebieden voorspeld worden? *Landschap* 12/4: 69-82.
- Peters, B. & G. Hoogerwerf, 2003.** MER Grensmaas 2003. Achtergronddocument 4. Natuur. RWS De Maaswerken
- Provincie Limburg, 2005.** POL Grensmaas. Provinciaal Omgevingsplan Limburg. POL aanvulling Grensmaas. Maastricht. RWS Maaswerken.
- Rooij, S.A.M. van, H. Bussink & J. Dirksen, 2000.** Ecologische netwerkanalyse Grensmaas op basis van het Ruw Ontwerp. Wageningen Alterra-rapport 017.
- Scheffer, M. & J. Beets, 1995.** Voorspellen in de ecologie. De beperking van modellen. *Landschap* 12/4: 55-67.
- Severyns, J., H. Jochems & K. Van Looy, 2001.** Natuurinrichting en de abiotisch-biotische samenhang in riviersystemen. Rapport VLINA00/12. Brussel. Vakgroep Hydrologie & Waterbouwkunde, VUB/Instituut voor Natuurbehoud.
- Vanacker, S., K. Van Looy & G. De Blust, 1998.** Typologie en habitatmodelleren van de oevers van de Grensmaas. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 98.4. Brussel.
- Wassen, M. & N. Verhoeven, 2003.** Up-scaling, interpolation and extrapolation of biogeochemical and ecological processes. *Landschap* 20/2: 63-78.
- Watanabe, M., R. Adams, J. Wu, J.P. Bolte, M.M. Cox, S.L. Johnson, W.J. Liss, W.G. Boggess & J.L. Ebersole, 2005.** Toward efficient riparian restoration: integrating economic, physical and biological models. *Journal of Environmental Management* 75: 93-104.
- Willems, D., 2001.** Ecotoopsuccessie in de uiterwaarden. Het LEDESS model. Wageningen. Wageningen Universiteit/Alterra.