

# Veluwe-modelberekeningen op basis van nieuwe bosverdamping-gegevens

## Inleiding

In H<sub>2</sub>O 16/1996 (pag. 467-468) werd verslag gedaan van metingen die door het Staring Centrum zijn verricht in 1995 naar de verdamping van grove den [Elbers *et al.*, 1996]. Een van de conclusies was dat het waterverbruik van grove den beduidend lager is dan in eerdere metingen van de verdamping van naaldbossen in Nederland was gevonden. Dit verschil met eerdere metingen blijkt vooral te worden veroorzaakt door het verschijnsel dat de interceptieverdamping van grove den (22%)



J. C. GEHRELS  
Vrije Universiteit Amsterdam  
Thans werkzaam bij TNO-  
Grondwater en Geo-energie

A. J. DOLMAN  
DLO-Staring Centrum

belangrijk lager is dan die van bijvoorbeeld Douglas spar (39%), een naaldboomsoort waarin veel metingen zijn verricht. Gehrels [1995] heeft niet-stationaire modelberekeningen uitgevoerd met een grondwatermodel van de Veluwe en omstreken (het Veluwe-model). De Veluwe bestaat voor een groot deel uit een infiltratiegebied, bedekt met naald- en loofbos, zonder oppervlaktewater. De berekening van de stijghoogte wordt daarom vooral bepaald door de grondwateraanvulling en dus door het waterverbruik van de vegetatie. Met andere woorden, de berekeningen zijn zeer gevoelig voor de invoer van gegevens die de grootte van de verdamping bepalen.

In deze modellering werd destijds gebruik gemaakt van de gegevens die bekend waren uit een tiental micro-meteorologische onderzoeken naar de verdamping van bossen in Nederland [Dolman en Moors, 1994; Moors *et al.*, 1995]. In deze onderzoeken was nog niet eerder de verdamping van de naaldboomsoort grove den onderzocht, terwijl grove den in Nederland en ook op de Veluwe (56%) veel voorkomt. Met het onderzoek van Elbers *et al.* [1996] is deze leemte dus nu opgevuld. In de grondwatermodellering uit Gehrels [1995] zijn de nieuwe cijfers voor grove den inmiddels opgenomen. Deze update van de modelberekeningen is ten eerste uitgevoerd om uitspraken die uit het model voortvloeien (zoals de invloed van 'verloofing' op de grondwaterstand) te kunnen baseren op de meest recente

gegevens, en ten tweede, om na te gaan hoe gevoelig de uitkomsten zijn voor verandering in invoer die voortvloeit uit nieuwe metingen. Het grondwatermodel is opnieuw gecalibreerd, de periode 1951-1993 is opnieuw doorgerekend, en de scenario's over de inpoldering van Flevoland, het effect van grondwaterwinningen en de invloed van verloofing zijn opnieuw gemodelleerd. De resultaten zullen uitgebreid worden behandeld in Gehrels [1997], waarin de tijdsafhankelijke modellering van de grondwaterstandfluctuaties een belangrijk onderdeel vormt.

## Verschillen tussen licht en donker naaldbos

De nieuwe berekeningen leverden het volgende op (tabel I). Daar waar voorheen alleen gegevens over donker naaldbos (Douglas spar) gemeten waren, bedroeg de schatting van het interceptiepercentage (*I*)

39% en de gewasfactor (*f<sub>p</sub>*) 0,64. De nieuwe cijfers voor licht naaldbos (grove den) vallen beduidend lager uit:

*I* = 22% en *f<sub>p</sub>* = 0,5. In de grondwatermodellering is voor de categorie naaldbos het gemiddelde genomen tussen donker en licht naaldbos. Hierbij is gewogen naar het percentuele voorkomen van de donkere en lichte naaldboomsoorten die bekend zijn uit de Landelijke Bosstatistiek [CBS, 1985]. Het gewogen gemiddelde interceptiepercentage *I* voor de Veluwe is 26%, wat gelijk is aan het interceptiepercentage voor loofbos in de zomer.

Het verschil tussen gewogen gemiddeld naaldbos en loofbos manifesteert zich nu vooral in de interceptieverdamping in de winterperiode. De grondwateraanvulling *R* van donker naaldbos, berekend over de periode 1951-1993 voor station De Bilt,

• *Vervolg op pagina 746.*

TABEL I - Waterbalans voor bossen berekend met het Veluwe-model (Gehrels, 1995). Alle termen zijn gemiddelden (mm/j) over 1951-1993 voor station De Bilt. Gegeven zijn de Penman gewasfactoren (*f<sub>p</sub>*) en de interceptiepercentages (*I*).

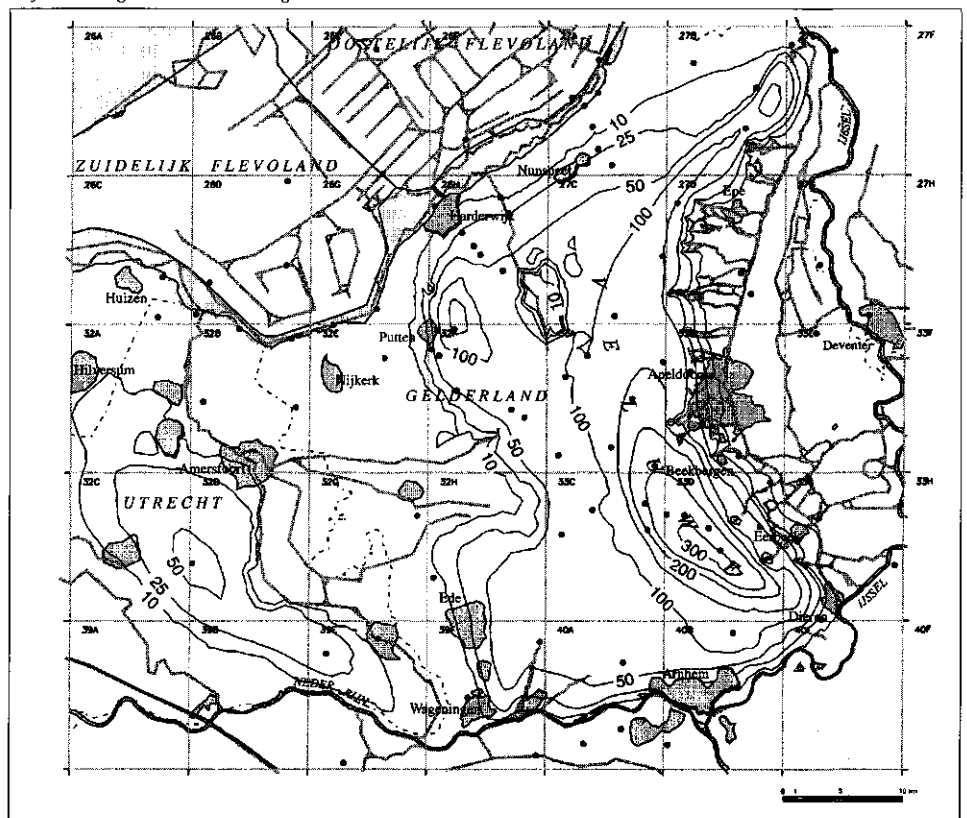
Bostype	<i>f<sub>p</sub></i>	<i>I</i> (%)	<i>E<sub>i</sub></i>	<i>E<sub>a</sub></i>	<i>R</i>
Loofbos	0,5	10 w 26 z	137	321	362
Licht naaldbos	0,5	22	168	321	331
Donker naaldbos	0,64	39	298	394	129
Gemiddeld <sup>1)</sup> naaldbos	0,53	26	198	339	283

De waterbalans is verdeeld over de termen neerslag (gemiddeld 820 mm/j over 1951-1993), interceptieverdamping (*E<sub>i</sub>*), actuele transpiratieverdamping (*E<sub>a</sub>*) en grondwatervoeding (*R*).

De berekeningen zijn gebaseerd op een budgetmodel voor de wortelzone.

<sup>1)</sup> Gewogen naar voorkomen van naaldboomsoorten (%) op de Veluwe volgens CBS (1985).

Afb. 1 - De berekende stationaire verhoging van de grondwaterstand als gevolg van omvorming van naaldbos naar loofbos in het gehele Veluwe-modelgebied.



het ontbreken van geschikte habitats, beperkend.

Bij uitvoering van huidig beleid voor natuur zal het areaal natuur in de meeste watersystemen toenemen. Hierdoor zal de toestand voor diverse doelvariabelen verbeteren. Om verbetering te bereiken voor alle doelvariabelen zijn, naast inrichting, ook maatregelen nodig op het gebied van waterbeheer, -gebruik en -kwaliteit.

Het gebruik van ecotopen in de AMOEBE-studies biedt mogelijkheden voor een betere afstemming tussen de AMOEBES van Rijkswaterstaat en de natuurdoeltypen van het ministerie van LNV. Het kwantificeren heeft duidelijke voordelen om de consequenties van keuzes voor menselijk medegebruik zichtbaar te maken. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met natuurlijke variatie en meet-onnauwkeurigheden. Er is grote behoefte aan breed gedragen streefbeeld en prognose van natuurlijke ontwikkeling in een maatschappelijk kader is geplaatst. Hierbij moet ruimte zijn voor menselijke medegebruik, doch op zodanige wijze dat inhoud wordt gegeven aan het begrip duurzaam gebruik.

#### Literatuur

- Baan, P. J. A., Menke, M. A., Waltmans, M. J. P. H. en Waveren, R. H. van (1996). *Integrale analyse watersystemen WSV; methodiek en belangrijkste resultaten* H<sub>2</sub>O (29) 1996, nr. 24.
- Baerselman, F. en Vera, F. W. M. (1989). *Natuurontwikkeling, een verkennende studie*. Achtergrondreeks NBP nr. 6. Ministerie van Landbouw en Visserij, Den Haag.
- Brink, B. J. E. ten en Hosper, S. H. (1989). *Naar toetsbare ecologische doelstellingen voor het waterbeheer: de AMOEBE-benadering*. H<sub>2</sub>O (22) 1989, nr. 20.
- Bruin, J. de, Hees, B. W. M. van, Praat, P. J. A., Swart, J. A. A., Windt, H. J. van der en Winter, H. B. (1992). *De Amoëbe en haar onzekerheden*. Rijksuniversiteit Groningen.
- Luiten, J. P. A. en Buuren, J. T. van (1995). *Watersystemen en doelvariabelen voor de watersysteemverkenningen. De Nederlandse watersystemen kwantitatief verkend*. RIZA nota 94.019. Rapport RIKZ-94.016. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1989).
- Derde Nota Waterhuishouding: water voor nu en later*. Den Haag.
- Peters J. S., Kerkhofs, M. J. J., Buskens, R. F. M. en Janssen, S. L. M. (1996). *De ecologische Maaswijdte van een regenrivier; het gebruik van ecotopen als doelvariabelen*. H<sub>2</sub>O (29), 1996 nr. 4.
- Projectgroep Ecosysteem\*Biologie\*Zout (1996). *Biologische toestandsbeschrijving zoute wateren*. Rapport RIKZ-96.xxx. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Middelburg.
- Postma, R., Kerkhofs, M. J. J., Pedrol, B. G. M. en Rademakers, J. G. M. (1996). *Een stroom natuur; natuurstreefbeeld voor Rijn en maas*. Watersysteemverkenningen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat. RIZA-nota 96.060, Arnhem.
- Rooy, P. T. J. C. van en Tolcamp, H. H. (1991). *AMOEBE: Algemeen Middel Om Ecologie voor Beleid te Expliciteren*. H<sub>2</sub>O (24) 1991, nr. 10.
- Tolkamp, H. H. en Rooy, P. T. J. C. van (1990). *Reactie op de Derde Nota Waterhuishouding met nadruk op de presentatietechniek AMOEBE*. H<sub>2</sub>O (23) 1990, nr. 15.
- Vanhemelrijk, J. J., Peters, J. S., Butijn, G., Vermij, S., Lammens, E., Laane, W. en Wortel, A. (1993). *AMOEBE IJsselmeergebied. Studie naar ecologische*

*ontwikkelingsrichtingen voor het IJsselmeergebied*. RIZA, Lelystad.

Vanhemelrijk, J. J. en Hoog, J. E. W. de (1996a). *AMOEBE Benedenrivierengebied. Studie naar ecologische ontwikkelingsrichtingen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RIZA, Dordrecht.

Vanhemelrijk, J. J. en Hoog, J. E. W. de (1996b). *AMOEBE Volkerak-Zoommeer. Studie naar ecologische ontwikkelingsrichtingen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RIZA, Dordrecht.

Vanhemelrijk, J. J. (1996). *Aanpassingen AMOEBE's IJsselmeergebied* (in voorbereiding).



#### Bosverdamping

- Slot van pagina 753.

is laag: 129 mm/jaar. Voor het gewogen 'gemiddelde' naaldbos bedraagt dit 283 mm/jaar, 80 mm/jaar minder dan loofbos (tabel I).

#### Gevolgen voor de berekende grondwaterstand

De verandering van de bosverdamping is van grote invloed op de berekening van de grondwaterstand. Allereerst wordt de calibratie van het model beïnvloed. Bij de calibratie worden de kD-waarden geoptimaliseerd met een kleinste-kwadragen optimalisatiemethode [Hemker en Nijsten, 1996]. Het gevolg van een verhoging van de grondwateraanvulling is dat de kD-waarden in het gebied hoger worden. Dit heeft invloed op alle verdere berekeningen, ook die berekeningen die misschien op het eerste gezicht niet direct een relatie met de neerslag en verdamping vertonen. Met andere woorden, zoals wel eens eerder is aangetoond (zie bijv. [Te Stroet, 1995]), komen fouten in de schatting van de grondwateraanvulling terecht in de geoptimaliseerde bodemparameters. Voor de uitgevoerde scenarioberekeningen zijn de gevolgen als volgt samen te vatten. De verandering van de berekende verlaging door de inpoldering van Flevoland is beperkt. De vermindering van de berekende verlaging door grondwaterwinning kan oplopen tot circa een kwart van de verlaging. De verhoging van de grondwaterstand door omvorming van naaldbos naar loofbos (verloofing) wordt sterk verminderd.

#### Verloofing

In afbeelding 1 is de verhoging van de grondwaterstand weergegeven zoals berekend voor een scenario waarin al het naaldbos, zowel donker als licht, in het modelgebied volledig is vervangen door loofbos. Het gevolg van deze denkbeeldige ingreep zou zijn dat de grondwaterstand in een uitgestrekt gebied aanzienlijk zal stijgen met in het centrale deel van de Veluwe een maximum toename van ruim 3 m. In de berekeningen waarin de nieuwe

cijfers van grove den nog niet waren verwerkt, leverde dezelfde verloofingsberekeningen een stijging op met een maximum van ruim 10 m in het centrum. Hiermee wordt duidelijk dat een grondwatermodellering sterk afhankelijk kan zijn van de invoergegevens over de verdamping. Ook is het duidelijk dat, wanneer verloofing wordt overwogen, het rendement beperkt is in gebieden met grove den.

#### Conclusies

Soms krijgen we de indruk dat in een land als Nederland 'nu alles wel ongeveer bekend mag worden verondersteld'; uit het voorgaande blijkt echter dat onze inzichten nog steeds belangrijke leemten kunnen vertonen. De grondwatermodellering laat zien dat de berekening van de grondwaterstand voor het infiltratiegebied van de Veluwe zeer gevoelig is voor het waterverbruik van de vegetatie. De berekening van de grondwateraanvulling is sterk afhankelijk van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van gegevens over interceptie- en transpiratieverdamping van bossen. Schattingen van het effect van verloofing lopen sterk uiteen, afhankelijk van de beschikbare verdampingcijfers. Ondanks de grote spreiding hierin is wel duidelijk dat verloofing in alle gevallen een significante stijging van de grondwaterstand oplevert.

#### Literatuur

- CBS (1985). *De Nederlandse bosstatistiek; deel 1: de opperolakte bos, 1980-1983*. Centraal Bureau voor de Statistiek i.s.m. het Staatsbosbeheer, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 83 p.
- Dolman, A. J. en Moors, E. J. (1994). *Hydrologie en waterhuishouding van bosgebieden in Nederland. Fase 1: toetsing instrumentarium*. Rapport 333, DLO-Staring Centrum, Wageningen, 73 p.
- Elbers, J. A., Dolman, A. J., Moors, E. J. en Snijder, W. (1996). *Hydrologie en waterhuishouding van bosgebieden in Nederland. Fase 2: meetopzet en eerste resultaten*. Rapport 334, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Gehrels, J. C. (1995). *Niet-stationaire grondwatermodellering van de Veluwe; een studie naar de invloed van grondwaterwinning, inpoldering en verloofing op de grondwaterstand sinds 1951*. Vrije Universiteit, Amsterdam, 81 p., 91 fig.
- Gehrels, J. C. (1997). *Stochastic and physical analysis of groundwater level fluctuations; separation of natural and man-induced influences and determination of groundwater recharge in the area of the Veluwe, the Netherlands*. Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam, in voorbereiding.
- Hemker, C. J. en Nijsten, G.-J. (1996). *Groundwater Flow Modeling using Micro-Fem version 3.0*. Amsterdam.
- Moors, E. J., Dolman, A. J., Bouten, W. en Veen, A. W. L. (1994). *De verdamping van bossen*. SC-DLO, Interne Mededeling 323, Wageningen, 13 p.
- Te Stroet, C. B. M. (1995). *Calibration of stochastic groundwater flow models; estimation of system noise statistics and model parameters*. Proefschrift, TUD, Delft, 208 p.

