

A.J. Dolman en P. Kabat,

DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO), Wageningen

## Verdroging en de waterhuishouding van bossen\*

**Verdroging is de laatste jaren een probleem geworden voor grote gebieden in Nederland. Mogelijke oorzaken van verdroging zijn de verandering in ont- en afwateringsstructuren, een toegenomen produktie van landbouwgewassen, een toegenomen onttrekking van grondwater voor drinkwater en industrie, en omzetting van heidegebieden in bos. Bij het laatst genoemde aspect is vooral van belang of, en in welke mate, de waterhuishouding van een bosgebied verschilt van een gebied met een andere begroeiing.**

Dit artikel geeft een beeld van de kennis op het gebied van de waterhuishouding van bossen in relatie tot de verdrogingsproblematiek. Hoewel uit bestaand onderzoek geconcludeerd kan worden dat bossen meer water kunnen verbruiken dan andere gewassen, is het moeilijk deze conclusies naar de Nederlandse praktijk te vertalen. Er wordt gepleit voor aanvullend procesmatig en modelonderzoek dat gericht is op de ontwikkeling van een voor de praktijk van het bos- en waterbeheer bruikbaar instrumentarium om effecten van bossen op de waterhuishouding te kwantificeren.

### Verdroging en bosverdamping

Verdroging wordt gedefinieerd als alle effecten in bodem en vegetatie die het gevolg zijn van een structurele daling van het

### Summary

*The available scientific knowledge of the water balance of forests is reviewed briefly in relation to the problem of man-induced drought in the Netherlands. At first sight forested areas can consume more water than other areas with different surface cover. It is however difficult to extrapolate these general statements to the situation in the Netherlands. More process oriented and model studies are proposed to develop an instrument for forest and water management that is able to quantify the effects of forests on man-induced drought.*

grondwater. Een van de oorzaken van verdroging kan zijn de hoge verdamping van bos in vergelijking met andere gewassen. In Nederland is het feitelijke boshydrologisch onderzoek gestart met de bouw van vier grote lysimeters in Castricum in 1941. Doel van dit onderzoek was het bepalen van de mate waarin de grondwatervoeding in het duingebied afhangt van de begroeiing. Analyse van de metingen (Dolman en Oosterbaan, 1986) laat duidelijk zien dat er verschillen in de afvoer van de lysimeters zijn opgetreden die te relateren zijn aan de begroeiing van de lysimeter. Vooral de met eikenbos en naaldbos begroeide lysimeters gaven een veel geringer percentage nuttige neerslag te zien dan de kaal gehouden lysimeter (30, 15 en 75% respectievelijk).

Nadere beschouwing van de oorzaken van deze reductie in grondwatervoeding leert dat bosverdamping uit twee componenten bestaat: interceptieverdamping en transpiratie. Interceptieverdamping is dat proces waarbij neerslag door een kronendak wordt onderschept (interceptie) en weer wordt verdampt zonder dat het het bodemoppervlak bereikt en daar kan bijdragen aan

de grondwatervoeding. Transpiratie is het proces waarbij water dat door de wortels is opgenomen, de boom via de huidmondjes in de bladeren weer verlaat. Vooral bij bossen is het van groot belang deze processen gescheiden te analyseren. De interceptieverdamping kan vaak de potentiële verdamping, zoals die door het KNMI wordt berekend op basis van inkomende zonne-straling, ruimschoots overtreffen. De extra benodigde energie wordt dan aan de er boven liggende atmosfeer onttrokken (Stewart, 1977, Blyth et al., i.v.). Transpiratie, daarentegen, valt vaak wat lager uit dan de potentiële verdamping omdat de huidmondjes van bomen een grote weerstand op het damptransport van blad naar atmosfeer kunnen uitoefenen. Hoe de transpiratie en interceptieverdamping zich tot elkaar verhouden zal uiteindelijk bepalen of een bos meer water verbruikt dan een landbouw- of ander gewas.

In het kader van verdroging is vooral interceptieverdamping

\* Dit artikel is gebaseerd op een inleiding gehouden op de IKC-NBLF manifestatie Verdroging van Bos, 4 februari 1993

---

van belang, aangezien deze term 10 tot 50% van de neerslag kan bedragen (het gemiddelde ligt rond de 20%) en omdat water dat nooit de bodem bereikt, een absoluut verlies in grondwatervoeiding betekent. Het doel van dit artikel is een schets te geven van de huidige stand van de kennis op het gebied van bosverdamping, aan te geven waar zich lacunes in die kennis bevinden en hoe deze ingevuld kunnen worden door nieuw en aanvullend boshydrologisch onderzoek in Nederland.

### **Fysische eigenschappen van bos**

Verliezen door interceptieverdamping kunnen 10 tot 50% van de jaarlijkse neerslag bedragen, met een gemiddelde van rond de 20%. De oorzaken van deze hoge interceptieverliezen zijn relatief goed onderzocht en liggen vooral in het gemak waarmee turbulente uitwisselingsprocessen boven bos waterdamp kunnen afvoeren. Bossen zijn door hun hoge en oneffen oppervlak te kenschetsen als aerodynamisch ruw. Een gevolg hiervan is dat atmosferische grootheden zoals vochtigheid en temperatuur, maar ook bijvoorbeeld kooldioxide en ozon, zeer gemakkelijk van het bladoppervlak van bossen naar de atmosfeer getransporteerd kunnen worden. In het geval dat het kronendak van een bos nat is kan dan deze verdamping snelheden halen tot 0,4 mm hr<sup>-1</sup>. Tijdens en vlak na de neerslag zijn de stralingscondities boven bos vaak niet voldoende om de voor de verdamping benodigde energie te leveren. Aanvullende energie kan dan aan de atmosfeer worden onttrokken doordat tijdens typisch frontale neerslag het bosoppervlak een lagere temperatuur kan hebben dan de atmosfeer en dit een neerwaarts gerichte warmte-

stroom kan doen ontstaan (Stewart, 1977; Blyth et al., i.v.). Op deze wijze kan dus de interceptieverdamping de op grond van de hoeveelheid beschikbare energie berekende potentiële verdamping overtreffen.

Naast de hoge aërodynamische ruwheid van het bos spelen nog andere factoren een rol in het bepalen van de verdamping van bossen. Zo vangen bossen door hun uitgebreide bladerdak een grotere hoeveelheid zonnestraling op dan lagere vegetaties met een geringer bladoppervlak. Dit resulteert in een lage reflectiecoëfficiënt voor kortgolvrige straling (albedo) bij bossen van ongeveer 0,12 tot 0,14, terwijl bij grassen en landbouwgewassen deze waarde rond de 0,25 ligt. In principe kan de extra door het bladerdek geabsorbeerde energie gebruikt worden voor verdamping en opslag van warmte in de biomassa en lucht in het bos.

Bos vertoont vaak een grotere ruimtelijke variabiliteit dan een (landbouw) cultuurgewas. Gaten in het kronendak en clustering van kruinen zijn in een natuurlijk bos meer regel dan uitzondering. Een direct gevolg hiervan is dat de ruimtelijke spreiding van de neerslag die de bodem bereikt (netto-neerslag) vaak groot is. Metingen van doorval in een bos vereisen dan ook een goed door-dachte aanpak, die vaak kostbaar en tijdrovend is (Lloyd et al., 1988). Naast dit methodologische probleem leidt de ruimtelijke variatie in netto neerslag tot een corresponderende variatie in de verdeling van het bodemvocht in de onverzadigde zone (Bouten, 1992). De specifieke patronen van wateropname door wortels zullen hierdoor beïnvloed worden. Hoe dit in detail plaatsvindt, is niet of in onvoldoende mate bekend.

Al deze factoren kunnen ertoe leiden dat termen van de waterbalans van bossen anders zijn opgebouwd dan die van een vergelijkbaar landbouw- of natuurgebied. Een indicatie van die mogelijke verschillen is te geven door berekeningen uit te voeren met op fysische processen gebaseerde modellen. Dit is in het kader van de SWNBL-studie gedaan voor een aantal bostypen (Dolman en Nonhebel, 1988, Van Beusekom et al., 1990). Zo kwam uit deze studie naar voren dat naaldbossen een groter gemiddeld totaal waterverbruik kunnen hebben dan loofbossen en dat het verbruik door bossen vrijwel altijd groter was dan het gemiddelde verbruik van gras.

De verschillen tussen bossoorten waren vooral te herleiden tot verschillen in interceptieverdamping. Deze berekeningen dienen echter met de nodige voorzichtigheid betracht te worden, aangezien het modelberekeningen zijn die gebaseerd zijn op een groot aantal parameterwaarden, die ofwel geschat zijn, of uit de literatuur verzameld zijn. Als grootteordeschattingen zijn ze vermoedelijk realistisch, praktische toepassing van deze resultaten op de Nederlandse situatie zonder meer dient echter voorlopig te worden afgeraden.

### **Lacunes in de kennis**

Voor het waterbeheer relevante kennis op het gebied van de waterhuishouding van bossen dient zich op twee niveaus te bevinden: het lokale en het regionale niveau. Gemakshalve laten we hier het mondiale niveau buiten beschouwing, al zal duidelijk zijn dat kennis van de relevante boshydrologische processen van groot belang is voor een correcte voorspelling van de mogelijke klimatologische en hydrologische gevolgen van grootschalige

ontbossingen (Jarvis et al., 1989).

Op lokaal niveau is vooral belangrijk hoe het bos de standplaats beïnvloedt in hydrologisch en meteorologisch opzicht. Binnen Nederland zijn helaas maar weinig studies verricht op dit gebied (Dolman, 1988; Hendriks et al., 1990; Kruyt et al., 1991; Bosveld, 1991). In feite laten al deze onderzoeken zien dat i) bos andere uitwisselingskarakteristieken (o.a. verhoogde turbulentie) heeft dan andere gewassen en ii) dat deze uitwisselingskarakteristieken ook de waterbalans beïnvloeden. Ook in Nederland zou bos dus door een hoge interceptieverdamping aan verdroging kunnen bijdragen. Helaas zijn deze onderzoeken nog niet geanalyseerd in een raamwerk van één bepaald fysisch model, waardoor het moeilijk is de verschillende resultaten met elkaar te vergelijken en in één coherent geheel onder te brengen.

Bovendien blijkt dat parameterwaarden boven het éne bos gemeten niet zonder meer toepasbaar zijn in andere situaties (Hendriks et al., 1990). Het is vooral het lokale karakter van deze studies dat de extrapolatie naar andere gebieden en bostypen zo bemoeilijkt.

Op regionaal niveau hebben we te maken met onduidelijkheden over en onbekendheid met de juiste wijze waarop verschillende vormen van landgebruik elkaar beïnvloeden. Dit gebrek aan kennis over de juiste aggregatie van heterogene landschappen is aanleiding geweest tot het opzetten van een serie grootschalige experimenten in het buitenland die bestaan uit intensieve meetcampagnes waarin op alle relevante schaalniveaus wordt gemeten (Shuttleworth, 1991). Recent modelonderzoek naar

aanleiding van zo'n experiment in Zuid-Frankrijk in 1986 heeft laten zien dat bos ook een neerslagverhogende werking kan hebben op regionale schaal (André et al., 1989; Blyth et al., i.v.). Het zijn ook hier de karakteristieke eigenschappen van bos, zoals de aërodynamische ruwheid, die hierbij een belangrijke rol spelen. Hoewel deze conclusies niet zo maar gegeneraliseerd kunnen worden naar andere situaties, moge duidelijk zijn dat het effect van bos op hydrologie en meteorologie ook op deze schaal nauwkeuriger bestudeerd dient te worden om onderbouwde uitspraken te kunnen doen over mogelijke ingrepen in landgebruik of waterbeheer.

### **Benodigd onderzoek**

Het zal uit het voorafgaande duidelijk zijn dat er nog geen eenduidige, algemeen toepasbare regels zijn te geven over de rol van bossen in de verdrogingsproblematiek. Evenzeer is duidelijk dat er grote behoefte bestaat aan de ontwikkeling van voor de praktijk bruikbare instrumenten zoals modellen en expertsystemen die oplossingen kunnen aandragen voor het water- en bosbeheer. Dergelijke instrumenten zullen gebaseerd moeten zijn op een degelijke theoretische en experimentele grondslag. Aangezien dit instrumentarium op procesmatig onderzoek gebaseerd zal moeten zijn dienen zowel hydrologische als meteorologische processen in het onderzoek betrokken te worden.

Naar de verdrogingsproblematiek, maar evenzeer om andere maatregelen ten behoeve van water- en bosbeheer te ondersteunen, dient onderzoek te worden verricht op lokale (standplaats) en regionale schaal. Het onderzoek op lokale schaal zal vooral moeten trachten inzicht te

krijgen in die specifieke factoren en processen, die de waterbalans van een bos op een bepaalde standplaats kunnen beïnvloeden. Dit onderzoek zou kunnen bestaan uit het meten van verdamping (interceptieverdamping en transpiratie) en afvoer van een aantal karakteristieke Nederlandse bostypen op karakteristieke gronden. Tegelijkertijd zal er aandacht moeten worden besteed aan de ontwikkeling van nieuwe technieken die het mogelijk maken de interactie van grotere landelijke gebieden met een afwisseling van bos, natuur en landbouw te beschouwen en te modelleren.

Het lokale onderzoek zal sterk procesgericht dienen te zijn en kan bestaan uit het meten van de energiebalans, interceptie, transpiratie, het wortelopnamegedrag, het watertransport in de onverzadigde zone en de kooldioxidebalans en assimilatie. In principe zijn de technisch-instrumentele mogelijkheden om dit onderzoek succesvol uit te voeren voorhanden in de Nederlandse onderzoeksgemeenschap. De experimentele gegevens die uit dit onderzoek naar voren komen, zullen dan geïnterpreteerd moeten worden in één modelmatig verband om toekomstige extrapolatie naar andere bostypen en gronden mogelijk te maken.

Op regionale schaal zullen modelmatige en experimentele studies verricht dienen te worden die het mogelijk maken voorspellingen over mogelijke ingrepen te doen op regionale schaal. Vooral binnen Nederland, waar weinig uitgestrekte, aaneengesloten bossen zijn, is de ontwikkeling van nieuwe aggregatietechnieken een eerste vereiste.

Gezien de hoge kosten en grote inzet aan materieel en mankracht

die aan dit onderzoek verbonden zijn, lijkt aansluiting bij de in gang gezette internationale grootschalige projecten hier een noodzaak.

### Tot slot

Het in deze bijdrage genoemde onderzoek lijkt in hoge mate fundamenteel en procesgericht. Dat zal, gezien de geschetste lacunes in de huidige kennis, ook geen verbazing hoeven te wekken. Maar een adequate en correcte ondersteuning van beleid is meer gebaat bij degelijk wetenschappelijk onderbouwd onderzoek, dan dat er ruwe, slecht onderbouwde empirische regels worden gebruikt in situaties waarvoor ze niet zijn afgeleid.

Het hoofddoel van dit onderzoek zal steeds dienen te zijn: de ontwikkeling van een instrumentarium dat het mogelijk maakt effecten van bossen op de waterhuishouding te kwantificeren en dat de richtlijnen voor verantwoord water- en bosbeheer kan onderbouwen. Dit verwachte instrumentarium zal dan ingezet kunnen worden in de verdrogings/vernattingsproblematiek, voor het vaststellen van de effecten van waterbeheer op bosgroei én bosschade, ter ondersteuning van landinrichtingsmaatregelen

en bijvoorbeeld voor het bepalen van waterafvoer van beboste gebieden in verband met waterschapslasten.

### Literatuur

- André, J.-C., P. Bougeault, J.-F. Mahfouf, P. Mascart, J. Noilhan & J.-P. Pinty, 1989. Impacts of forests on mesoscale meteorology. *Phil. Trans. R. Soc. Lon. B* 324: 407-422.
- Beusekom, C.F. van, J.M.J. Farjon, F. Foekema, B. Lammers, J.G. de Moleenaar, & W.P.C. Zeeman, 1990. Handboek grondwaterbeheer voor natuur, bos en landschap. SDU Uitgeverij, 's-Gravenhage. 187 pp.
- Blyth, E.M., J. Noilhan, & A.J. Dolman, i.v.. The effects of forest on mesoscale rainfall: an example from HAPEX-MOBILHY. *J. App. Meteor.* aangeboden ter publicatie.
- Bosveld, F.C., 1991. Turbulent exchange coefficients over a Douglas fir forest. Wetenschappelijke rapporten KNMI, WR-91-02, De Bilt. 46 pp.
- Bouten, W., 1992. Monitoring and modelling forest hydrological processes in support of acidification research. Proefschrift Universiteit van Amsterdam. 218 pp.
- Dolman, A.J., 1988. Evaporation from an oak forest. Proefschrift Rijks Universiteit Groningen. 91 pp.
- Dolman, A.J. & W.E Oosterbaan, 1986. Grondwatervoeding, interceptie en transpiratie van de Castricumse boslysimeters. *H<sub>2</sub>O* 19: 174-175.
- Dolman, A.J. & S. Nonhebel, 1988. Modelling forest water consumption in the Netherlands. *Agric. Wat. Manag.* 14: 413-422.
- Hendriks, M.J., P. Kabat, F. Homma & J. Postma, 1990. Onderzoek naar de verdamping van een loofbos: meetresultaten en enkele modelberekeningen. Staring Centrum, Wageningen. Rapport 90. 95 pp.
- Jarvis, P.G., J.L. Monteith, W.J. Shuttleworth & M.H. Unsworth, 1989. *Forest Weather and Climate.* The Royal Society, London, UK. 262 pp.
- Kruijt, B. W. Klaasen, R.W.A. Hutjes & A.W.L. Veen, 1991. Heat and Momentum fluxes near a forest edge. In: G. Kienitz, P.C.D. Milly, M. Th. van Genuchten, D. Rosbjerg & W.J. Shuttleworth, (Eds). *Hydrological interactions between atmosphere, soil and vegetation.* IAHS Publication 204, Wallingford, UK: 107-116.
- Lloyd, C.R., J.H.C. Gash, W.J. Shuttleworth & A. de O. Marques, 1988. The measurement and modelling of rainfall interception by Amazonian rainforest. *Agric. For. Meteorol.* 43: 277-294.
- Shuttleworth, W.J., 1991. Insight from large-scale observational studies of land-atmosphere interactions. *Surv. Geophys.* 12: 3-30.
- Stewart, J.B., 1977. Evaporation from the wet canopy of a pine forest. *Wat. Resour. Res.* 13: 915-921.



**HOUTMETEN = MAATWERK**

Houtmeetbureau  
G. ROOS - LIENDEN  
VOOR RONDHOUT OP  
STAM EN GEVELD  
**Tel. 03443 -3330**

**N.V. Vereecke - De Cleene**

**Boomkwekerijen**  
Langendam 59, B 9940 Evergem (Sleidinge) België  
Tel. 091/57.52.62 - Telefax 091/57.65.77

**Uw adres voor al uw:**

**Bos- en Haagplantsoen en Sierplanten**  
In groot sortiment, 50 ha productie  
Alle dagen vervoer over gans Nederland beschikbaar