

Grondwatervoeding, interceptie en transpiratie van de Castricumse boslysimeters

Inleiding

De waterbalans van een bos kan worden weergegeven door:

$$E_t + E_i + E_b = P - G - dV_b \tag{1}$$

waarin:
 E_t = transpiratie,
 E_i = interceptieverlies,
 E_b = verdamping uit de bodem en/of strooisellaag,
 P = neerslag,
 G = grondwatervoeding
 dV_b = verandering van de hoeveelheid bodemvocht.



A. J. DOLMAN
Vakgroep Fysische Geografie
en Bodemkunde
Rijksuniversiteit Groningen

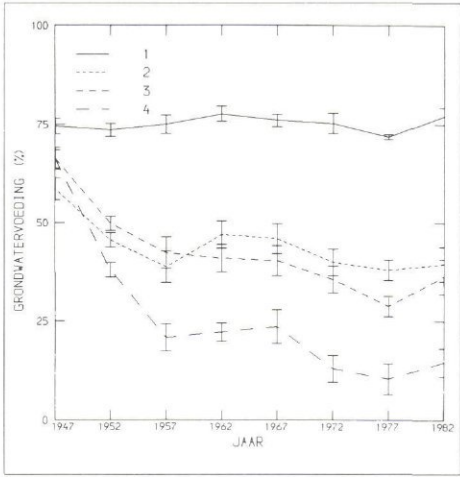


W. E. OOSTERBAAN
Vakgroep Fysische Geografie
en Bodemkunde
Rijksuniversiteit Groningen

In het geval dat (1) de waterbalans van een lysimeter betreft, staan aan de rechterkant relatief eenvoudig meetbare grootheden. Het interceptieverlies kan worden bepaald uit het verschil tussen de neerslag die op het bos valt (bruto neerslag) en dat deel van de neerslag dat de bosvloer bereikt (netto neerslag). E_b is moeilijk meetbaar en kan van bos tot bos sterk variëren [zie o.a. Balász, 1982]. In dit artikel wordt verdamping uit de bodem en de strooisellaag verwaarloosd. Het waterverbruik van de Castricumse boslysimeters is al eerder onderwerp van analyse geweest [Keyman en Schipper, 1978; Ter Hoeve, 1978; PWN, 1972]. Bij deze analyses is echter geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende componenten van (1). Zowel Keyman en Schipper als Ter Hoeve probeerden reductiefactoren te vinden om aan de hand van berekende potentiële verdamping de actuele verdamping te kunnen schatten. Hoewel dergelijke factoren voor korte gewassen als gras nuttig kunnen zijn, zijn ze voor bos moeilijk toepasbaar omdat ze geen onderscheid maken tussen interceptie en transpiratie [zie o.a. Stewart, 1984]. In dit artikel zal aan de hand van netto neerslag-metingen die verspreid over de afgelopen vijf jaar op de boslysimeters hebben plaatsgevonden, de grootte van de verschillende componenten van (1) geschat worden.

Grondwatervoeding

De vegetatiebedekking van de lysimeters bestaat uit duindoorn (lysimeter 2), eiken

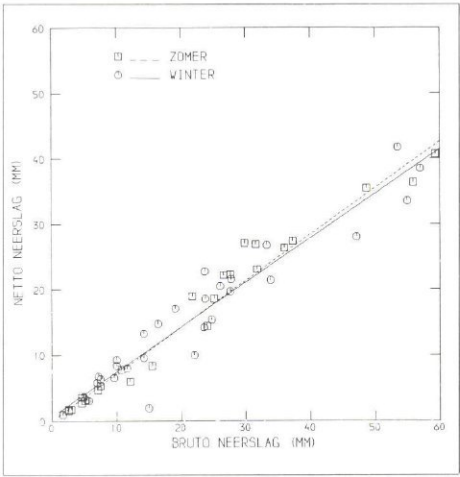


Afb. 1 - Gemiddelde grondwatervoeding van de lysimeters. Weergegeven zijn vijfjaarlijkse gemiddelden met standaardfouten. [Bron: PWN].

(lysimeter 3) en Oostenrijkse dennen (lysimeter 4). Lysimeter 1 heeft geen vegetatie. Afb. 1 laat de verschillen zien in grondwatervoeding tussen de vier lysimeters sinds 1942, toen ze gebouwd en beplant werden, tot 1982. Grondwatervoeding is weergegeven als percentage van de bruto neerslag. De percentages hebben betrekking op vijf-jaarlijkse gemiddelden. De met dennen begroeide lysimeter heeft de laatste jaren een grondwatervoeding van slechts 15% van de bruto neerslag, terwijl dit percentage voor lysimeter 3 op ongeveer 30% ligt. De grondwatervoeding van de kale lysimeter is door de jaren heen constant en bedraagt 75%. Opvallend is de gelijke grondwatervoeding van lysimeter 2 en 3. Duidelijk is in deze afb. te zien hoe de vegetatie-ontwikkeling de grondwater voeding beïnvloedt.

Interceptie

Netto neerslag bestaat uit directe doorval, kruindrup (samen vaak doorval genoemd) en stamafvoer. Stamafvoermetingen op lysimeter 4 hebben aangetoond dat deze verwaarloosbaar klein is. Op lysimeter 3 is dat met name in de winter niet altijd het geval: stamafvoer bedraagt hier soms meer dan 5% van de bruto neerslag. In de volgende berekeningen is stamafvoer op lysimeter 4 verwaarloosd. Bij lysimeter 3 is dat niet gebeurd; de netto neerslag bestaat daar dus uit doorval en stamafvoer. De doorvalmetingen op lysimeter 4 zijn gedurende 1980 en 1981 verricht met een steeds wisselende opstelling van 10 tot 16 regenmeters [Mulder, 1983]. Sinds 1982 worden op lysimeter 3 doorvalmetingen verricht met een vaste opstelling van 30 regenmeters. Stamafvoer wordt bepaald aan drie groepen van elk vijf bomen. De beide methoden voor de bepaling van de gemiddelde doorval leveren statistisch betrouwbare waarden op [Mulder, 1983;



Afb. 2 - Weektotalen netto- en bruto neerslag en de daaruit berekende regressielijnen voor zomer en winter voor het loofbos. (Respectievelijk $R^2 = 0,996$; $R^2 = 0,970$)

Kimmins, 1973]. Voor de bepaling van de bruto neerslag is gebruik gemaakt van de gegevens van KNMI-regenmeter no. 235 (Castricum). Deze regenmeter staat op ongeveer 250 meter van de lysimeters opgesteld.

In tabel I zijn de medianen gegeven van de fractie netto neerslag-bruto neerslag. De medianen zijn gegeven omdat deze waarden minder dan bijvoorbeeld het gemiddelde beïnvloed worden door extrema. De medianen hebben betrekking op waarnemingen op weekbasis. De fractie interceptie-bruto neerslag bedraagt 1 minus deze waarde.

TABEL I : Medianen voor de fractie netto neerslag voor het naaldbos (1980, 1981) en het eikenbos (1982-1984). De 'zomer' loopt van 15 mei tot 15 november en valt samen met de bladdragende periodes van de eiken. De waarden tussen haakjes hebben betrekking op het aantal waarnemingen.

	Zomer	Winter	Beide
naaldbos	0,38 (32)	0,47 (7)	0,42 (39)
eikenbos	0,66 (35)	0,69 (33)	0,69 (68)

Interceptie in het naaldbos is veel hoger dan in het eikenbos. De gevonden verschillen tussen zomer en winter zijn significant ($\alpha = 0,05$): dit geldt voor zowel het naald- als het loofbos. In afb. 2 en 3 zijn de wekelijkse gegevens van netto- en bruto neerslag tegen elkaar uitgezet. In deze afbeeldingen zijn ook de op basis van deze gegevens berekende regressielijnen weergegeven. Het verloop van deze lijnen is voor zomer en winter in beide afbeeldingen niet verschillend.

Transpiratie

Om de grootte van de transpiratie te schatten zijn volgens (1) metingen nodig van de verandering in bodemvocht. Aangezien deze metingen pas weer in 1985 zijn opgestart is het voor de onderzochte periode onmogelijk om op weekbasis uitspraken te doen over transpiratie. Echter, aannemend dat op jaar-basis de verandering in bodemvocht nihil is,

dan kan op grond van de gevonden interceptiefracties een bovengrens worden aangegeven voor de transpiratie. Het gebruik van een dergelijke interceptiefractie leidt in de praktijk niet tot al te grote fouten [Calder en Newson, 1978]. Een nadeel van deze methode om E_t uit te rekenen is dat uiteindelijk alle mogelijke resttermen en fouten in de schatting van de transpiratie belanden. De in tabel II gepresenteerde berekeningen zijn uitgevoerd voor 1980 tot en met 1984. De gebruikte interceptiefracties hebben betrekking op 1980-1981 (naaldbos) en 1982-1984 (loofbos). De eiken transpireren op jaarbasis gemiddeld 82 mm meer vocht.

TABEL II – Schattingen van de grootte van de transpiratie-term, E_t voor het naald- en het eikenbos op jaarbasis (mm).

	1980	1981	1982	1983	1984
neerslag	764	943	792	981	882
E _t naaldbos	195	265	214	148	163
E _t eikenbos	250	258	343	312	231

Discussie

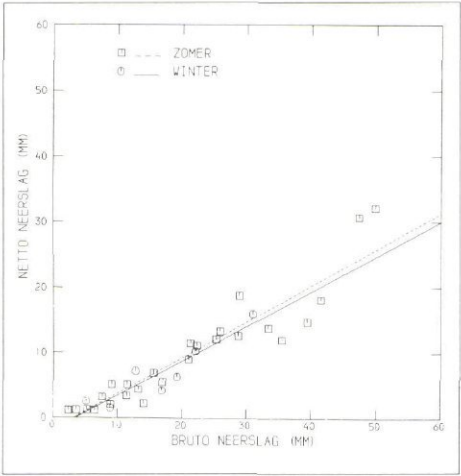
De gevonden fracties voor interceptie zijn vergeleken met de literatuur aan de hoge kant [Balász, 1972; Zinke, 1967; Galoux et al., 1981]. De berekende waarden voor transpiratie zijn daarentegen nogal laag [vergelijk Roberts, 1983; Galoux et al., 1981]. Dit vloeit vooral voort uit het feit dat de interceptieverliezen zo groot zijn. De ligging aan zee, waar het winderige klimaat een goed verdampingsmilieu schept is vermoedelijk een van de oorzaken voor de gemeten hoge interceptieverliezen op de beide boslysimeters.

Verdamping van onderschepde neerslag kan worden berekend met de Penman-Monteith formule:

$$\lambda E = \frac{\Delta A + c_p \rho \delta e / R_a}{\Delta + \gamma} \quad (2)$$

- waarin:
- λE = verdampingsflux,
 - A = beschikbare hoeveelheid energie,
 - Δ = verandering verzadigde dampspanning met de temperatuur,
 - ρ = soortelijke dichtheid lucht,
 - c_p = specifieke warmte lucht,
 - δe = dampspanningsdeficit,
 - γ = psychrometer constante,
 - R_a = aërodynamische weerstand.

De teller van (2) bestaat uit een energie- en een aërodynamische term. Bij interceptie is vooral de laatste erg belangrijk. Binnen deze term domineert R_a. Dit is goed te zien: veranderingen in het dampspanningsdeficit zijn lineair gerelateerd aan veranderingen in de verdampingsflux, terwijl veranderingen in de aërodynamische weerstand een non-lineair effect hebben. Door onder andere stormschade in het verleden heeft het naaldbos een sterk geruwd oppervlak [Mulder, 1983]. Het valt te verwachten dat daardoor de aëro-



Afb. 3 - Weektotalen netto- en bruto neerslag en de daaruit berekende regressielijnen voor zomer en winter voor het naaldbos. (Respectievelijk R² = 0,898; R² = 0,839)

dynamische weerstand gering wordt en er hoge verdampingssnelheden kunnen worden bereikt en dat dus hoge interceptieverliezen kunnen optreden. Een lage aërodynamische weerstand is waarschijnlijk ook de oorzaak van de hoge interceptieverliezen in de winter voor het loofbos. Dolman [1986] heeft laten zien dat de aërodynamische weerstand van het eikenbos niet drastisch verandert met de bladval. Bovendien blijkt dat er in de winter nog voldoende vocht op de stammen en takken kan worden opgeslagen dat als reservoir kan dienen voor de verdamping (0,4 mm tegen 1,25 mm in de zomer). Simulaties van interceptie hebben laten zien dat de grootte van dit reservoir niet zo erg belangrijk is [Dolman, 1985; Mulder, 1983]. De combinatie van lage aërodynamische weerstand en redelijk reservoir lijkt in eerste instantie voldoende om de hoge interceptieverliezen in de winter voor het eikenbos te verklaren. Balász [1972] vond voor Duitse bossen dat de verschillen tussen zomer- en winterinterceptie eveneens gering waren. Voor sommige bosbestanden vond hij zelfs een hoger interceptieverlies in de winter. Hij oppert als verklaring dat het verschil in neerslagregime ('s zomers meer korte hevige buien dan in de winter) zou leiden tot hogere interceptieverliezen in de winter. Tijdens de langdurige frontale neerslag zou een hoger interceptieverlies optreden. Op zich is dit juist; het is echter niet waarschijnlijk dat dit in Castricum ook het geval is. Het blijkt namelijk dat in de zomer 40% van de neerslag in de vorm van buien (convectieve neerslag) valt en dat dit percentage in de winter 20% bedraagt [Buishand en Velds, 1980; gegevens Den Helder]. Dit verschil lijkt te gering om in zijn geheel de hoge interceptieverliezen in de winter te verklaren. De gevonden transpiratiewaarden zijn laag in vergelijking met de literatuur. Roberts [1983] suggereert voor Noord-West Europese bos-

bestanden een gemiddelde waarde van 330 mm. Zowel voor het naald- als voor het loofbos zijn de schattingen lager. De werkelijke transpiratie zal vermoedelijk nog lager liggen omdat de E_t-waarden als restterm berekend zijn. Bovendien dient te worden opgemerkt dat het naaldbos na 1981 gedund is. Dit kan eventueel inhouden dat de berekende interceptiefracties voor de jaren 1982-1984 te laag zijn. Het gevolg hiervan kan zijn dat de transpiratie voor deze jaren iets wordt onderschat. De bomen op de beide boslysimeters hebben de beschikking over ongeveer 110 mm extra vocht die opgeslagen ligt in de onderste 25 cm van de lysimeter [vergelijk Wind, 1958]. Wanneer de lysimeters geen afvoer meer opleveren mag worden aangenomen dat deze hoeveelheid wordt aangesproken. Rond april-mei geven de beide boslysimeters meestal geen afvoer meer. Pas in november-december treedt er weer drainage op. De lage transpiratiewaarden voor de naaldbos-lysimeter doen vermoeden dat deze extra voorraad in zijn geheel wordt opgebruikt en dat de dennen voor een aantal maanden per jaar aan een vochtdeficit onderhevig zijn. Of dit ook voor de eiken geldt is niet duidelijk.

Literatuur

Balász, A. (1972). *Interceptions-verdunstung des Waldes im Winterhalbjahr als Bestimmungsgrosse des nutzbaren Wasserdargebots*. Beitrage zur Hydrologie, Sonderheft 4: 79-101.

Buishand, T. A. en Velds, C. A. (1980). *Neerslag en verdamping*. De Bilt.

Calder, I. and Newson, M. D. (1978). *Land use and upland water resources in Britain – a strategic look*. Water Resour. Bull. 15: 1628-1639.

Dolman, A. J. (1985). *Interception in oak forest: modelling and measurement during different phenological phases*. Paper presented at the IUFRO-seminar: Biometeorological methods in forestry using regular and satellite-observations of weather. September 1985, Bled, Joegoslavië.

Dolman, A. J. (1986). *Estimates of roughness lenght and zero plane displacement for a foliated and non-foliated oak canopy*. Agric. For. Met. in druk.

Galoux, A., Benecke, P., Gietl, G., Hager, H., Kayser, C., Kiese, O., Knoerr, K. R., Murphy, C. E., Schnock, G. and Sinclair, T. R. (1981). *Radiation, heat, water and carbon dioxide balances*. In: Reichle, D. E., ed. Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge Univ. Press.

Hoeve, J. ter (1978). *Nadere gegevens over de relatie tussen neerslag en neerslagoverschot in bosgebieden*. H₂O 11 (17): 364-368.

Keyman, J. Q. en Schipper, W. (1978). *Waterhuishouding lysimeters Castricum 1967. Een vergelijking van de verdamping volgens Penman*. KNMI, WR 78-5.

Kimmins, J. P. (1973). *Some statistical aspects of sampling throughfall precipitation in nutrient cycling studies in British Columbian coastal forests*. Ecology, 54: 1008-1019.

Mulder, J. P. M. (1983). *A simulation of rainfall interception in a pine forest*. Dissertatie Rijksuniversiteit Groningen.

PWN (1972). *Het lysimeterwaarnemingstation te Castricum – eindrapport*. Intern rapport PWN.

Roberts, J. (1983). *Forest transpiration: a conservative hydrological process?* J. Hydrol. 66: 133-141.

Stewart, J. B. (1984). *Measurement and prediction of evaporation from forested and agricultural catchments*. Agric. Water manag. 8: 1-28.

Wind, Hzn, R. (1958). *The lysimeters in The Netherlands*. Comm. Hydrol. Res. TNO. Prac. Inf. 3: 165-228.

Zinke, P. J. (1967). *Forest interception studies in the United States*. In: Sopper, W. E. en Lull, H. W., eds. Forest Hydrology. Pergamon Press, Oxford.