

# VU Research Portal

## Water

Moors, E.J.

2012

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### **citation for published version (APA)**

Moors, E. J. (2012). *Water*. [PhD-Thesis – Research external, graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam]. *AI Terra Scientific Contributions* 41.

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

---

# Samenvatting

## Watergebruik van bossen in Nederland

### *Inleiding*

In dit proefschrift wordt het watergebruik van vijf verschillende bosopstanden in Nederland geanalyseerd. De hoofdvraag en aanleiding voor het schrijven van dit proefschrift was: “Wat is het verschil in watergebruik van verschillende boomsoorten in Nederland?”. Deze vraag is onderverdeeld in de drie onderliggende onderzoeksvragen:

- “Wat zijn de belangrijkste processen die de grootte van de verschillende waterbalanscomponenten van beboste gebieden in Nederland bepalen?”;
- “Welke parameters controleren deze processen en zijn deze gerelateerd aan de boomsoorten?”;
- “Is deze kennis van toegevoegde waarde voor het voorspellen van de effecten van verschillende boomsoorten op de water balans?”.

### *De theorie van de verdamping van bossen*

Verdamping wordt vaak gezien als de component van de waterbalans met de hoogste onzekerheid. Om deze onzekerheid te verminderen ligt de nadruk van deze studie op de processen die bepalend zijn voor de verdampingssnelheid van bossen. Er kunnen twee belangrijke condities onderscheiden worden: de verdamping die plaatsvindt bij een natte kruin en de verdamping die plaatsvindt bij een droge kruin.

Aangezien de variabelen die de hoeveelheid verdamping bepalen verschillend zijn voor de beide condities, worden ze in verschillende hoofdstukken besproken: Hoofdstuk 7 “Droge kruin verdamping” en Hoofdstuk 8 “Natte kruin verdamping”. De

theorie en vergelijkingen die de water en energie stromen van een bosopstand bepalen worden in Hoofdstuk 2 “De theorie van bosverdamping” besproken. Deze theorie en vergelijkingen zijn tevens de basis voor de parameterisatie van een numeriek model. Om te bepalen of er verbeteringen mogelijk zijn voor het simuleren van de effecten van landgebruiksveranderingen op de waterbalans, worden in de volgende hoofdstukken de concepten achter deze vergelijkingen geëvalueerd.

#### *Kenmerken van de onderzoekslocaties*

Voor dit proefschrift is een grote hoeveelheid data verzameld op vijf verschillende boslocaties in Nederland: Bankenbos, Edesebos, Fleditebos, Kampina en Loobos (zie Fig. 3.1). Een gedetailleerde beschrijving, inclusief de meeste parameters die de vegetatie - en bodemkarakteristieken van de sites beschrijven, wordt gegeven in Hoofdstuk 3. Tabel NL.1 geeft een overzicht van de kenmerken van het bos op de verschillende sites.

De twee bosopstanden met de meest uitgesproken verschillen in hun locatiemarken zijn de Loobos locatie met een opstand van dennebomen op een zandgrond en de Fleditebos locatie met een opstand van populieren op een kleibodem. De verschillen in bodemtype samen met de lage grondwaterstand van het Loobos en de relatieve hoge grondwaterstand van het Fleditebos creëren tevens grote verschillen in de hydrologische condities tussen de twee locaties.

De verschillen in maximale totale  $L_{AI}$  tussen de locaties zijn hoofdzakelijk gebaseerd op zowel de verschillen tussen loof- en naaldboomsoorten (zie Tabel 3.16) als op de tijdstippen dat de  $L_{AI}$  van de ondergroei en de bomen maximaal is (zie bijvoorbeeld Fig. 3.13). Zowel op de Fleditebos locatie als op Loobos locatie bereikt de  $L_{AI}$  van de ondergroei bijna de zelfde maximum  $L_{AI}$  ( $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ) als de bomen op de betreffende locaties. De populierenopstand van de Fleditebos locatie heeft de grootste variatie in de totale  $L_{AI}$ , terwijl de lariksopstand van de Bankenboslocatie de minste variatie in  $L_{AI}$  heeft.

Vergelijking van de grondwaterstanden met de worteldiepten op de verschillende locaties (zie Fig. 3.24), laat zien dat de diepste grondwaterstanden samenvallen met de grootste worteldiepten en vice versa.

Indien het vochthoudendvermogen  $W$  aan het begin van een droge periode wordt gedefinieerd als het verschil in bodemvocht bij een druk  $\psi = -10^{2.1}$  Pa (= pF 2.1) en  $\psi = -10^{4.2}$  Pa (= pF 4.2), dan laat Tabel 3.16 zien, dat behalve voor de Loobos locatie, de hoeveelheid bodemvocht beschikbaar voor verdamping gemiddeld 87.8 mm is. Indien wordt aangenomen dat er geen additioneel water via lateraal of vertikaal transport aanwezig is, dan is de hoeveelheid beschikbaar vocht voor verdamping het grootst voor de gemengde bosopstand van de Kampina site. Zelfs met de grootste bewortelingsdiepte van alle locaties, is de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht van

**Table NL.1:** De vegetatiekenmerken in de nabije omgeving van de meettorens op de verschillende locaties. Alle waarden zijn gemiddelde waarden voor de opstand. De standaarddeviatie wordt, indien beschikbaar, tussen haakjes weergegeven. De boomhoogte  $z_{tree}$  wordt zowel voor het begin als voor het einde van de meetperiode gegeven. Alle andere kenmerken zijn gemiddeld over de meetperiode.

	Banken- bos	Edesebos	Fledite- bos	Kampina	Loobos
Boom soorten	Lariks	Eik	Populier	Gemengd loof- en naaldhout	Grove den
Ondergroei	Pijpe- strootje	Kale grond en enige hergroei van eik	Brand- netels, kleefkruid en gras	Pijpe- strootje	Bochtige smele
Plant datum		1944	1985	1890,1930	1904
Observatie periode	1995-1997	1988-1989	1995-1998	1996-1998	1995-1998
Boom dichtheid (boom ha <sup>-1</sup> )	300	600	440	310	403
Boom hoogte (m)	22.0-23.4 (1.5)	17.1-17.4 (n.a.)	16.2-18.7 (0.5)	16.6-17.0 (4.1)	15.3-15.7 (2.0)
DBH (m)	0.29 (0.04)	n.a.	0.24 (0.02)	0.26 (0.12)	0.25 (0.05)
Geprojecteerd kruin opp. (m <sup>2</sup> boom <sup>-1</sup> )	35 (11)	n.a.	20 (4)	40 (28)	21 (10)
Basis van de kruin (m)	14.7 (1.5)	n.a.	8.7 (0.8)	7.1 (3.8)	9.5 (1.6)
$L_{AI}$ boom (-) max.	1.8	4.9	3.7	3.8	1.9
Kruin fractie (-) max./min.	0.6/0.4	0.69/0.2	0.8/0.2	0.95/0.45	0.7/0.55
$L_{AI}$ onder (-) max.	-	-	4	1.3	1.5

de dennenopstand op de Looboslocatie erg klein, 20.8 mm.

Deze kleine hoeveelheid beschikbaar bodemvocht impliceert dat de vegetatie op de Loobos locatie in principe het meest gevoelig is voor watertekorten, speciaal wanneer de wortels niet dicht in de buurt zijn van het grondwater.

#### *Hydro-meteorologische metingen op de locaties*

Alle gebruikte meetlocaties, op de eikenopstand van de Edesebos locatie na, hadden dezelfde meetopstelling met slechts enkele kleine verschillen afhankelijk van de

specifieke locatie. Deze opstelling is besproken in Hoofdstuk 4 en bestaat uit een steigertoren met een uitschuifbare mast, gemonteerd bovenop de toren. Bovenaan deze uitschuifbare mast zijn een 3D sonische anemometer en een Krypton hygrometer geplaatst. Deze instrumenten werden gebruikt om, met gebruik van de eddy-correlatietechniek, de latente en voelbare warmtestroom te bepalen. Om de koolstofdioxide uitwisseling van de dennenopstand te meten is in 1996 de inlaat voor een instrument dat op basis van infrarood de waterdamp- en kooldioxideconcentratie meet naast de hygrometer geplaatst. In 2000 zijn dit gesloten pad systeem en de hygrometer vervangen door een open pad systeem. Aan de bovenkant van de steigertoren was een automatisch weerstation geplaatst dat de windsnelheid, windrichting, temperatuur, luchtvochtigheid, inkomende en uitgaande lange en korte golfstraling meet. Hier was ook een “tipping bucket” regenmeter geplaatst. Daarnaast was er een zelfde type regenmeter op een dichtbij zijnde open plek geïnstalleerd. Onder de boomkruin is de doorval gemeten met behulp van 36 handregenmeters en ook automatisch, met een “tipping bucket” regenmeter die geplaatst was aan het eind van een ongeveer 10 meter lange goot. De stamafvoer van 6 bomen is gemeten op een wekelijkse basis. De bodemwarmtestroom is gemeten met gebruik van 4 bodemwarmtestroomplaten in combinatie met 2 temperatuur- en bodemvochtprofielen. Alle gegevens zijn opgeslagen met een interval van 30 minuten, behalve die van de “tipping bucket” regenmeter. Deze gegevens zijn met een interval van 5 minuten opgeslagen.

In de eikenopstand van de Edesebos locatie is in plaats van een eddy-correlatiesysteem een Bowen ratio systeem gebruikt. De Bowen ratio is gemeten met behulp van een “Thermometer Interchange System”. De meeste van de andere metingen zijn op dezelfde manier opgezet als bij de andere locaties.

In 1997 zijn twee speciale meetcampagnes uitgevoerd voor de duur van een paar maanden. Hierbij zijn additionele metingen onder de kruin gedaan bij de populierenopstand en bij de dennenopstand. Voor deze meetcampagnes is een eddy-correlatie systeem gebruikt, identiek aan het systeem boven de kruin, samen met metingen van de luchttemperatuur, -vochtigheid en netto straling.

De gegevens die voor dit proefschrift zijn gebruikt betreffen de jaren 1988, 1989 voor de eikenopstand van de Edesebos locatie en de jaren 1995, 1996, 1997 en 1998 voor de andere plaatsen. De langste gegevensreeks die gebruikt is betreffen de gegevens vanaf 1995 tot 2009 van de dennenopstand van de Loobos locatie.

#### *Kwaliteitscontrole van de flux metingen*

Aangezien de terreincondities van het aanstroomgebied bovenwinds van de meet-sensor de plaats en de sterkte van de bijdrage van de bronnen bepalen, is een schatting gemaakt van de lengte van het aanstroomgebied. Deze aanstroamlengte wordt samen met de kwaliteitsbeoordeling van de metingen besproken in Hoofdstuk 5.

Na het opslaan van alle gegevens in een database, is een kwaliteitscontrole uitgevoerd (zie Fig. 6.1). Om onderscheid te kunnen maken tussen records met ontbrekende gegevens, gegevens van goede kwaliteit en gegevens van twijfelachtige kwaliteit, zijn vlaggen gebruikt. De goedgekeurde gegevens zijn daarna gebruikt om empirische relaties tussen verschillende variabelen af te leiden. Op basis van deze relaties zijn synthetische gegevens geproduceerd.

De bestanden met gegevens waarvan de kwaliteit als twijfelachtig gevlagd was, zijn vervolgens vergeleken met de synthetische gegevens, gecontroleerd op consistentie in de tijd en gecontroleerd op de oorzaak van het vlaggen van de gegevens. De originele meting is daarna goedgekeurd indien die aan drie condities voldeed:

- Ten eerste, de gemeten gegevens veroorzaakt geen inconsistentie in de tijdreeks.
- Ten tweede, de synthetische en gemeten gegevens verschilden weinig.
- Ten derde, de reden dat de vlag werd geplaatst kon als waarschuwing in plaats van als een fout worden beschouwd.

Indien de gegevens niet aan deze voorwaarden voldeden, werd de meting als onbetrouwbaar gekwalificeerd en zijn de gegevens niet in de verdere analyse meegenomen.

De analyse van de aanstroomcondities (zie Table 5.1) laat zien dat voor de belangrijkste windrichting bij alle locaties de oorsprong van de maximumstroomdichtheid ruim binnen het gebied van de voetafdruk van de meettorens ligt. De Loobos locatie en de Fleditebos locatie kunnen voor alle windrichtingen als het meest homogeen worden beschouwd.

Op basis van de vergelijking met de volledige rotatiecorrecties is geconcludeerd dat de invloed van het niet toepassen van de rotaties op  $\lambda E$  te verwaarlozen is, namelijk minder dan 5%.

De relatief goede sluiting van de energiebalans, gebaseerd op dagelijkse totalen (zie Fig. 5.3), evenals de goede gelijkens van de gemeten en gemodelleerde co-spectra van  $w'w'$  (zie Fig. 5.2) geeft vertrouwen in de kwaliteit van  $\lambda E$ . Het feit dat de sluiting van de energiebalans voor 30 minuten gegevens minder goed is, te weten  $> 80\%$ , wijst erop dat een groot deel van de onzekerheid in de ramingen van de hitteopslag in zowel de bodem als de biomassa zit.

Indien de sluiting van de energiebalans als schatting van de onzekerheid van de meting wordt gebruikt, is  $\lambda E$ , in deze studie bepaald met behulp van een eddy-correlatie systeem, in de zomertijd beter dan 5% en in wintertijd beter dan 15% voor de locaties Bankenbos, Fleditebos en Loobos. Voor de Kampina locatie is de energiebalanssluiting in de zomertijd minder goed, d.w.z. de onzekerheid is beter dan 15%.

Bij het gebruik van een Bowen ratio systeem wordt voor overdag de onzekerheid in  $\lambda E$  op een heldere dag in de zomer op 10% geschat, en voor een droge dag in de lente met kleine veranderingen in luchtvochtigheid op 20%.

De analyse van de windcomponenten gemeten met de sonische anemometer toonde het kleine effect van regen op de prestaties van deze sensor. Ook het beperkte aantal beschikbare gegevens onder natte omstandigheden van de open pad Krypton hygrometer op de Fleditebos locatie, toonde een redelijk goede sluiting van de energiebalans, d.w.z. beter dan 80% (zie Fig. 5.6), en eveneens een redelijk goede overeenkomst met de gemodelleerde spectra (zie Fig. 5.5).

Deze bevindingen tonen de goede prestaties van de sonische anemometer onder natte omstandigheden aan en geven derhalve vertrouwen in de relatief goede schattingen van  $H$ . De bijbehorende onzekerheid in  $\lambda E$ , gebaseerd op het percentage van de energiebalanssluiting, is beter dan 20%.

#### *Gaten vullen voor het genereren van continue datasets*

Lange termijn metingen produceren zelden ononderbroken gegevensreeksen. De gaten in de gegevensreeksen kunnen veroorzaakt worden door bijvoorbeeld het uitvallen van instrumenten door stroomstoringen, of doordat de kwaliteit van de meetgegevens onvoldoende is. Nochtans zijn ononderbroken gegevensreeksen van kapitaal belang in de modellering van studies en in het interpreteren van metingen, afkomstig van verschillende locaties. Soms zijn de gaten in de gegevensreeksen in deze studie beïnvloed door meteorologische condities. Bijvoorbeeld, een aantal sensoren werkten minder goed onder natte omstandigheden. Natte omstandigheden zijn in Nederland in zomer en winter meestal gekoppeld aan een specifieke windrichting. Als deze bias niet in acht wordt genomen en de relaties die voor droge periodes zijn afgeleid, gebruikt worden om ontbrekende gegevens tijdens natte periodes te vervangen, kunnen grote afwijkingen worden verkregen.

Om een objectieve methode te gebruiken om ontbrekende gegevens aan te vullen, werden in Hoofdstuk 6 de mogelijkheden onderzocht van een neurale netwerk. De resultaten toonden aan dat voor gegevens, zoals temperatuur of specifieke luchtvochtigheid, het aanvullen van ontbrekende gegevens veel zou kunnen worden verbeterd door knopen te introduceren die de seizoens- en dag-cyclus weergeven, of door metingen van de zelfde variabele te gebruiken, die door een verschillend instrument op dezelfde, of op een andere locatie is gemeten. Een ander voordeel van het gebruik van een neurale netwerk is, dat het niet noodzakelijk is om op voorhand aannames te maken over een fysische relatie tussen de variabelen. Bij korte tijdstappen, zoals in deze studie, dient zorgvuldigheid te worden betracht wanneer slechts de variabelen van verschillende locaties worden gebruikt om het netwerk te voeden. Aangezien een neurale netwerk geen aannames over fysische relaties tussen de variabelen maakt, zijn

de resultaten zo goed (of slecht) als de gegevens die worden gebruikt om het netwerk te trainen.

### *Droge kruin verdamping*

Hoofdstuk 7 beschrijft de variatie in parameterwaarden die de transpiratiesnelheid bepalen voor vijf typisch Nederlandse bossen en tevens de bijdrage hieraan van de ondergroei voor twee van deze bosopstanden. De belangrijkste doelstelling is om de processen die de transpiratiesnelheid van een bos bepalen beter te leren begrijpen. Dit met speciale aandacht voor de verschillen in transpiratie tussen bosopstanden met verschillende boomsoorten, en voor de bijdrage van ondergroei. Gezien de verwachte toename van het aantal en de duur van periodes met droogte, is speciale aandacht besteed aan het begrijpen van de wateropname door de wortels en de modellering van waterstress. Voor de twee plaatsen met overvloediger ondergroei is een poging gedaan om de verdampingsnelheid van de ondergroei en die van de bomen te scheiden. Om de variatie in verdamping tussen jaren en tussen locaties te verklaren, is het Jarvis-Stewart model met een enkele open kruin en met een dubbele vegetatielaag geoptimaliseerd voor verschillende periodes.

Op alle locaties was het dampspanningstekort  $e_D$  de belangrijkste sturende variabele voor het oppervlaktegeleidingsvermogen  $g_s$ . Alhoewel een parabolische functie is gebruikt voor de relatie tussen luchttemperatuur  $T_a$  en  $g_s$  was deze relatie voor lagere temperaturen  $T_a$  niet goed gedefinieerd. Bij temperaturen onder de optimale luchttemperatuur, is voor deze locaties in een gematigd klimaat geen duidelijke verlaging van  $g_s$  gevonden. Dit gedrag wordt vooral veroorzaakt doordat op deze locaties bij lagere  $T_a$  de dauw op de ondergroei bijna nooit helemaal verdwijnt.

Deze onduidelijke relatie van  $g_s$  bij lagere  $T_a$  en de sterke correlatie tussen  $T_a$  en  $e_D$  voor hogere  $T_a$  maakt de temperatuurafhankelijkheid van  $g_s$  overbodig.

Op basis hiervan en in het licht van de beperkte variatie tussen de locaties, kan de parameterwaarde voor de relatie  $g_s = f(T_a)$  op een vaste waarde worden gezet. Op basis van de hogere  $R^2$  die voor bijna alle jaren op de verschillende locaties werd gevonden bij het gebruik van  $f(T_a) = 1$ , wordt aanbevolen om voor alle bossen in Nederland  $f(T_a) = 1$  te gebruiken.

De lage gevoeligheid van de bossen voor  $\theta_D$ , toont aan dat deze bossen niet erg gevoelig zijn voor veranderingen in de hoeveelheid bodemvocht zoals die zijn opgetreden tijdens deze studie. Of deze bossen gevoelig zijn voor drogere omstandigheden kan niet uit de huidige gegevens worden geconcludeerd. De voorgestelde model voor bodemvochttekorten inclusief een aparte feedback voor het bodemvocht in diepere bodemlagen, werkt goed voor de omstandigheden van deze studie, maar dient verder getest te worden voor meer extreem droge omstandigheden.

Het belang van de bijdrage van de ondergroei aan de totale verdamping  $E_{Tot}$  is



voor twee boslocaties in Nederland aangetoond: de *dennenbos* opstand van de Loobos locatie met een ondergroei die voornamelijk uit gras bestaat en de *populieren* opstand van de Fleditebos locatie met een ondergroei van een mengsel van gras, kleeftkruid en brandnetels (zie Fig. 7.12). De bijdrage van de verdamping van de ondergroei aan de totale verdamping varieerde bij het populierenbos van de Fleditebos locatie tussen 0.25 en 1.0, en voor het dennenbos van de Loobos locatie tussen 0.10 en 0.20.

De boomverdamping als resultaat van het “dual source”-model (twee-bronnen-model) laat een goede vergelijking zien met de sapstroommetingen van de Loobos locatie (zie Tabel 7.9). De overschatting van de gesimuleerde ondergroei verdamping  $E_{Low}$  is waarschijnlijk het gevolg van de beperkte hoeveelheid gegevens die is gebruikt voor de afleiding van de parameterwaarden in Tabel 7.8. Dergelijke data zijn nog steeds beperkt beschikbaar. Meer en langere datasets zullen helpen de onzekerheid te verminderen in de gemodelleerde verdampingssnelheid van de ondergroei.

#### *Natte kruin verdamping*

In Hoofdstuk 8 worden de belangrijkste parameters, die de hoeveelheid neerslag dat door het blad wordt vastgehouden en daarna verdampt, besproken. Pogingen zijn gedaan om de schattingen van de interceptie verdamping  $E_i$  en de kruinberging  $C$ , twee van de belangrijkste parameters om het interceptieverlies te simuleren.

Metingen tonen aan dat zowel de ruwheidslengte voor warmte  $z_{0H}$  als die voor momentum  $z_{0M}$  onder natte omstandigheden anders zijn dan onder droge omstandigheden. Het gebruik van een waarde voor  $kB^{-1} = 1.0$  voor de verhouding tussen de aerodynamische weerstand voor warmte en momentum (Zie Eq. 2.67) lijkt goed geschikt voor de dennenopstand van deze studie. De grootte van  $kB^{-1}$  verschilt per locatie, is in het algemeen hoger voor de winterperiode en is verschillend voor natte en droge omstandigheden. Onder natte omstandigheden benaderde  $kB^{-1}$  slechts zelden nul. Dit laatste gebeurde vooral bij grote buien. Op basis van de beschikbare gegevens van deze studie kan als vuistregel worden gehanteerd:  $kB^{-1} = 1.0 - 1.5$  voor naaldbossen en voor loofbossen  $kB^{-1} = 3.0 - 4.0$  in de zomer en  $kB^{-1} = 5.0 - 6.0$  in de winter (Zie Tabel 8.1).

Schattingen van de verdampingssnelheid  $E$  onder natte omstandigheden gebaseerd op regressieanalyse van de gemeten doorval  $T_f$ , de stemflow  $S_f$  en de neerslag  $P$  zijn ongeveer twee keer zo groot als  $E$  afgeleid van de energiebalanssluiting tijdens buien. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn: de systematische onderschatting van de gemeten  $P$ , maar ook doordat bij uur gegevens geen rekening wordt gehouden met de neerslag die na de betreffende tijdstap nog van het blad valt. Bij gegevens die gebaseerd zijn op totalen van neerslagbuien wordt bij het gebruik van de gemeten  $T_f$  impliciet de hoeveelheid water meegenomen die aan het eind van de bui op het blad achterblijft en omvat dus ook de relatief hoge  $E$  die, nadat de bui is gestopt, plaatsvindt (zie

Fig. 8.4).

Het feit dat neerslaggebeurtenissen waarbij geen verdamping  $E$  optreedt bijna niet voorkomen, is de belangrijkste oorzaak voor de vaak lage waarden van de interceptieberging  $C$  bij het gebruik van technieken gebaseerd op de methode van Leyton et al. (1967). Het gebruik van het niet gesloten kronendak-model van Gash et al. (1995) in combinatie met de verdamping  $E$  afgeleid uit de energiebalanssluiting om  $C$  te berekenen, geeft waarden die 3 keer zo hoog zijn dan wanneer de methode van Leyton wordt gebruikt. Vooral tijdens de wintermaanden treden grote verschillen op. De relatief goede modelresultaten verkregen met het Gash-model met behulp van verschillende parametersets voor dezelfde locatie, tonen de compenserende werking aan tussen  $C$  en  $E$ .

Het gebruik van vaste parameterwaarden kan de dagelijkse modelresultaten aanzienlijk verslechteren. Voor de Edesebos locatie werd dit hoofdzakelijk veroorzaakt door verschillen in  $C$ .

Het gebruik van lokale en boom specifieke waarden voor  $kB^{-1}$  in combinatie met  $C$  per eenheid kruinbedekking, zal in bijna alle gevallen de toepasbaarheid van de interceptiemodellen verbeteren. De hier gepresenteerde waarden voor  $kB^{-1}$  en  $C$  kunnen goed gebruikt worden voor vergelijkbare bossen met ongeveer dezelfde meteorologische omstandigheden. Additionele experimentele data zullen echter nodig zijn om de verschillen tussen sites voldoende accuraat te kunnen parameteriseren, voordat de huidige resultaten algemeen toepasbaar zijn voor gebieden met andere klimatologische omstandigheden.

### *Epiloog*

Om de schattingen van de waterbalans te verbeteren is in Hoofdstuk 9 een vijf-stappen plan voorgesteld. Een belangrijk onderdeel van deze aanpak is de inzet van rechtstreekse metingen van de actuele verdamping op strategisch gekozen locaties. Deze metingen kunnen gebruikt worden voor het verbeteren van onze proceskennis en voor verificatie doeleinden. In het bijzonder wordt het gebruik aanbevolen voor verificatie gedurende extreme condities, zoals droogte. Voor het toekomstig onderzoek gerelateerd aan het watergebruik van bossen, zijn er twee belangrijke uitdagingen. De eerste is gerelateerd aan de toegenomen risico's van droogtes en het effect van dalende grondwaterstanden op de fysiologie en het waterverbruik van bossen. De tweede onderzoeksuitdaging is gerelateerd aan de nog steeds vaak verwaarloosde bijdrage van de ondergroei aan de totale bosverdamping. Om onderzoek in deze richtingen mogelijk te maken zijn additionele datasets nodig. Deze datasets zouden speciaal gericht moeten zijn op het goed weergeven van de verschillende fysiologische stadia van de vegetatie en dienen in ieder geval de volgende elementen te bevatten:

- datasets van de verdamping van de ondergroei,

- datasets van de verdamping en van de hoeveelheid bodemvocht van bossen die watertekort hebben.

Vanwege het sterke verband tussen de transpiratie en de fotosynthese zijn de bovenstaande onderwerpen ook van belang voor het onderzoek naar de koolstofwisseling van bossen.