

# VU Research Portal

## Evaporation in the global water cycle

Miralles, D.G.

2011

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

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

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

Miralles, D. G. (2011). *Evaporation in the global water cycle*.

### **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

Verdamping van het landoppervlak is een belangrijke component in de water- en energiekringlopen. Verdamping is de bepalende factor in de interacties tussen het aardoppervlak en de atmosfeer. Het kwantificeren van de wereldwijde grootte van de verdampingsflux, en haar variabiliteit, is tot op de dag van vandaag nog een enorme uitdaging voor hydrologen en klimatologen (**Hoofdstuk 1**).

Ontwikkelingen op het gebied van satellietwaarnemingen van de aarde bieden mogelijkheden om bestaande onzekerheden in de wereldwijde verdamping te verkleinen. Dit proefschrift beschrijft een nieuwe methodologie om globale velden van verdamping te schatten. Deze methode maakt gebruik van een combinatie van atmosferische en landoppervlak observaties vanuit de ruimte. De resultaten van de verdampingsschattingen zijn gevalideerd op basis van in situ waarnemingen, vergeleken andere methodologieën, en geanalyseerd op verschillende ruimtelijk en temporele schalen. De conclusies leveren nieuw inzicht op in het gebied van verdampingsprocessen van het landoppervlak, en het belang van verschillende componenten van de flux binnen de globale waterkringloop.

**Hoofdstuk 2** beschrijft de nieuwe methodologie, genaamd GLEAM (Global Land-surface Evaporation: the Amsterdam Methodology). GLEAM combineert globale beelden van de meeste meteorologische en ecologische variabelen die relevant zijn voor het verdampingsproces. Dit zijn variabelen die – in tegenstelling tot verdamping zelf – op een relatief eenvoudige wijze waargenomen of afgeleid kunnen worden van satellietwaarnemingen.

De kern van de methodiek is de toepassing van de verdampingsvergelijking van Priestley en Taylor (1972). Schattingen van de potentiële verdamping worden vervolgens vertaald naar de werkelijke verdamping met behulp van een (stress factor). Deze factor wordt gebruikt als parametrisatie voor de invloed van het landoppervlak op de mate van transpiratie en bodemverdamping. Deze factor hangt af van het watergehalte van de vegetatie, en vooral van de bodemvochtcondities in de wortelzone. Interceptie en verdamping van neerslag van het kronendak, transpiratie, bodemverdamping en sneeuwsублиmatie worden apart afgeleid.

Verschillende manieren van validatie van de methodologie zijn uitgevoerd. Modellschattingen van bodemvocht op verschillende dieptes zijn vergeleken met in situ waarnemingen. Deze vergelijking suggereert dat de assimilatie van

bodemvocht, zoals door satellieten is waargenomen, sterk bijdraagt aan de verbetering van de uiteindelijke schattingen van het bodemvochtgehalte. Verdampingsvelden zijn succesvol gevalideerd met behulp van de gegevens afkomstig van 43 meteorologische torens van FLUXNET. Er wordt een hoge correlatie coëfficiënt gevonden met grondmetingen van verdamping op zowel dagelijkse ( $R = 0.83$ ), als maandelijkse ( $R = 0.90$ ) schalen.

**Hoofdstuk 3** beschrijft de eerste succesvolle poging om op wereldwijde schaal de afname van neerslaginterceptie te schatten op basis van satelliet gegevens. De methodologie is een aanpassing van één van de meest algemeen gebruikte methoden om een afname van interceptie te bepalen op lokale en regionale schalen in de afgelopen 30 jaar: het analytische Gash model (Gash, 1979; Valente, 1997). Voor de integratie met GLEAM wordt het analytische Gash model en globale satellietmetingen van neerslag gebruikt. Andere gegevens die afkomstig zijn van satellieten en de toepassing op globale schaal mogelijk maken, zijn de bedekkingsgraad van bomen en de bliksemfrequentie. De laatste meting wordt gebruikt als een proxy voor de intensiteit van de neerslag. Het model van Gash veronderstelt constante parameters voor ondermeer de opslagcapaciteit voor neerslag van het kronendak of de mate van verdamping vanuit het kronendak tijdens neerslag. Deze constanten zijn gebaseerd op het gemiddelde van neerslaginterceptiemetingen in eerdere toepassingen van het model op regionale schaal.

GLEAM-schattingen van de interceptie zijn gevalideerd met metingen van 42 veldstudies, die in verschillende bosrijke ecosystemen hebben plaatsgevonden. Resultaten van deze validaties laten een sterke correlatie met de in situ waarnemingen ( $R = 0.86$ ) zien en hebben een verwaarloosbaar kleine bias. Het resultaat van deze studie, dagelijkse globale kaarten van neerslaginterceptie, zijn nog niet eerder gepubliceerd.

In **Hoofdstuk 4** wordt de toepasbaarheid onderzocht van de triple collocation (TC) methode om fouten in tijdseries van onafhankelijke waarnemingen te bepalen. De validatie van TC is uitgevoerd met gegevens van vier stroomgebieden met dichte bodemvochtwaarnemingsnetwerken. Vanwege de dichtheid en de hoge kwaliteit van de bodemvochtobservaties, vormen de metingen in deze stroomgebieden de best mogelijke schattingen van bodemvocht op pixel schaal. De TC methode is eerst gevalideerd door toepassing op de bepaling van de fout door gebruik van drie verschillende schattingen van bodemvocht op pixel schaal (dat wil zeggen zoals verkregen via (a) een enkel bodemvocht meetstation, (b) een satellietwaarneming, en (c) een landoppervlak modelsimulatie). Vervolgens kunnen de door TC-geschatte fouten in elk van de drie tijdseries gevalideerd worden aan de hand van de berekende fouten bepaald met de tijdseries van de overige bodemvochtsmetingen in het stroomgebied dat de pixel vormt.

De met succes gevalideerde TC methode wordt vervolgens toegepast om de fouten in drie tijdseries van globale landoppervlak verdampingsproducten te berekenen. Deze tijdseries zijn verkregen met via simulaties met GLEAM, MERRA en het Princeton University product van Sheffield et al. (2010). De geschatte globale verdeling van de fouten in de verdampingstijdserie van GLEAM

is in detail geanalyseerd, en vervolgens vergeleken met die van de andere twee producten. FLUXNET observaties zijn vervolgens gebruikt in een poging om de uit TC resulterende fouten te valideren. Ondanks de onzekere resultaten van deze laatste validatie, lijkt GLEAM beter te presteren dan de andere twee producten. Dit vanwege de kleinere fouten in verdamping waargenomen voor 69% van het continentale landoppervlak. Zowel de met TC-geschatte fouten, als de fouten bepaald uit vergelijkingen van elk van de drie modellen met in situ waarnemingen, suggereren dat GLEAM de beste verdampingsschattingen levert.

**Hoofdstuk 5** beschrijft de resultaten van de globale toepassing van de GLEAM methodiek. Nadat onderdelen van GLEAM gevalideerd en geëvalueerd waren in de voorafgaande hoofdstukken, wordt GLEAM nu toegepast om de globale grootte en variabiliteit van verdamping te bestuderen. Allereerst wordt het potentieel van de GLEAM methodologie getest om de hoeveelheid beschikbaar water voor afvoer te schatten voor een grote regio en over een lange tijdsperiode. De met GLEAM verkregen schattingen van neerslag minus verdamping ( $P - E$ ) zijn vergeleken met langjarige metingen van rivierafvoer. Deze vergelijking toont aan dat GLEAM de neerslag goed verdeelt over verdamping en afvoer. Vervolgens is de verdeling van neerslag over verdamping en rivierafvoer voor verschillende continenten en vegetatietypen globaal bestudeerd. De nadruk is daarbij gelegd op de individuele bijdragen van de verschillende componenten van verdamping – neerslaginterceptie, transpiratie, bodemverdamping en sublimatie van ijs – op de totale verdampingsflux. De seizonale gangen van de belangrijkste componenten van de globale waterkringloop zijn geanalyseerd met een focus op de invloed die de condities aan het aardoppervlak (vegetatietype, bodemvocht, etc.) hebben op deze componenten. Een globale analyse van de factoren die verdamping beïnvloeden en de verdamping zelf toont aan dat neerslag een zeer belangrijke factor is voor de bepaling van de hoeveelheid verdamping in bossen. De invloed van neerslaghoeveelheden op de interceptieverliezen is vooral belangrijk bij een lage netto beschikbare energie, wanneer interceptie een relatief grote bijdrage aan de verdampingsflux kan leveren.

GLEAM gebruikt variabelen op een manier waarbij de effecten van het gekozen model zo veel mogelijk geminimaliseerd worden, om zo de kwaliteit en de waarde van de satellietwaarnemingen een belangrijke rol te laten spelen in de uiteindelijke uitvoer **Hoofdstuk 6**. Dit maakt GLEAM tot een eenvoudig en algemeen instrument dat makkelijk te gebruiken is voor globale studies van de water- en energiekringlopen. De toepasbaarheid van GLEAM op regionale schaal is afhankelijk van een goede resolutie van de invoer data, en de mogelijkheid om het model uit te breiden om ook processen mee te nemen die bepalend zijn op stroomgebiedsniveau, zoals rivierafvoer of advectie van energie.

Ondanks het feit dat er altijd ruimte is voor verbetering van GLEAM, suggereren de huidige resultaten dat de verkregen schattingen realistisch zijn. Een eerste versie van GLEAM data is momenteel online beschikbaar. Dit archief omvat dagelijkse globale kaarten van transpiratie, neerslaginterceptie, bodemverdamping, sublimatie, bodemvocht aan het landoppervlak, bodemvocht in de

## *Samenvatting*

---

wortelzone, en stress condities voor verdamping voor de jaren 1984–2007. Deze gegevens worden momenteel door verschillende onderzoekscentra gebruikt voor een breed scala aan toepassingen.