

# Ontwikkelingen in Water- en Bodembeheer

## Reinder A. Feddes

*Achtergrond* .Opgegroeid op een boerderij in de Krim (Ov). Op een veenkoloniaal profiel waar het keileem plaatselijk hoog in het profiel voorkomt, werden we geconfronteerd met zwarte stofstormen in droge en wateroverlast in natte perioden. Tijdens de lange fietstochten naar de HBS in Hoogeveen overdacht ik wat (Water) en waar (Delft of Wageningen) te gaan studeren. Het werd uiteindelijk 'Tropische Cultuurtechniek' in Wageningen.

Mijn praktijktijd bracht ik door bij de Recursos Hydraulicos, het Mexicaanse Ministerie van Waterstaat op een van hun projecten in Cardenas, Tabasco. De werkzaamheden daar bestonden uit bodemkundige karteringen, grondwaterstandmetingen en het ontwerpen van drainagesystemen voor gewassen als cacao, bananen, zwarte bonen en maïs, afgestemd op het heersende moessonklimaat. Aansluitend werd een aanvullende studiereis langs irrigatieprojecten in het droge mid-westen van de USA gemaakt..

In 1966 kwam ik in dienst bij het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), en vervolgens in 1990 bij Wageningen Universiteit met als leeropdracht 'Bodemnatuurkunde, Agrohydrologie en grondwaterbeheer'.

*Water dreigt van alle kanten* De bedreigingen van de Nederlandse oppervlakte- en grondwatersystemen komen uit verschillende richtingen: een hogere zeespiegel vanuit het westen, toenemende rivierafvoeren vanuit het oosten, toenemende neerslag van boven en toenemende grondwaterstroming/kwel van beneden. Voor Nederland wordt een klimaat verwacht zoals dat nu in Noord- of Midden-Frankrijk heerst: meer neerslag in de winter en een hogere potentiële verdamping in de zomer. In de Alpen zal het 's winters minder sneeuwen en meer smelt- en regenwater zal direct worden afgevoerd. Daardoor zal de Rijn meer het karakter van een regenrivier krijgen: hogere afvoer in winter en voorjaar met meer overstromingen. In de zomer zal er juist een lagere afvoer zijn. Landbouw, natuur, drinkwater en industrie zouden met tekorten te maken kunnen krijgen en ook de scheepvaart zal door de lagere waterstanden problemen kunnen krijgen, zoals in September/October 2009!).

Door klimaatverandering zal de zeespiegel stijgen. In West-Nederland treedt bovendien bodemdaling op. Deels gebeurt dat onder invloed van natuurlijke processen, zoals het verzakken van instabiele aardlagen. Een andere belangrijke oorzaak is de grondwateronttrekking en het bijbehorende verdrogen en inklinken van veengronden. Hierdoor zal de zeespiegelstijging ten opzichte van het West- Nederlandse maaiveld 20 cm in 100 jaar bedragen. Naast het verder opdringen van zout water in de rivieren zal ook de instroming van zeewater landinwaarts toenemen, met gevaar van verschuiving van de zout- en brakwatergrens en verzilting van lage polders. Recente metingen bevestigen versnelde bewegingen van gletsjers, waardoor in Groenland en Antarctica steeds meer verlies van ijs ontstaat. Zou de Deltacie dan toch gelijk krijgen met haar voorspelling van 1.5 m zeespiegelrijzing in de komende 100 jaar?

(Zie verder de nieuwe prachtige Bosatlas van 'Ondergronds Nederland, juni 2009' waar o.a. wordt getoond hoe sterk het gebruik van de bodem de afgelopen 100 jaar is veranderd)

*Verspilling van water in de irrigatielandbouw.* De landbouw is wereldwijd de grootste verbruiker van water en zal dat ook blijven. Meer dan 70% van het beschikbare water uit rivieren en grondwater wordt voor irrigatie gebruikt. Dit geldt in het bijzonder voor de droge, zogenoemde aride en semi-aride gebieden. We gaan evenwel niet erg goed met het beschikbare water om. De (irrigatie)landbouw is nu met 70% verreweg de grootste verbruiker. De industrie neemt 20% en de drinkwatervoorziening 10%. Over de periode 1900-1998 is de wereldbevolking met een factor 3 toegenomen terwijl het waterverbruik van de landbouw met een factor 6 à 7 is toegenomen!

*Eén kilo vlees gebruikt 15000 liter water.* Afhankelijk van het type gewas en de droogtegevoelige ontwikkelingsstadia daarbinnen vertonen verschillende gewassen grote verschillen in watergebruiksefficiëntie. Zo zie je dat in een land als Egypte veel irrigatiewater wordt gebruikt voor een weinig productief gewas als katoen. Met de hoeveelheid water die nodig is voor de productie van 1 ha katoenpluis kun je 5 ha van een voedingsgewas als gierst of sorghum verbouwen.

De vorm waarin een agrarisch product wordt geleverd is sterk bepalend voor de hoeveelheid water die wordt gebruikt. Voor de productie van 1 kilo graan is bijvoorbeeld 1500 liter water nodig. Voer je dat graan vervolgens aan een koe om vlees te produceren, dan is uiteindelijk tien keer zoveel, te weten 15000 liter water, nodig voor 1 kilo vlees. Overigens is watergebruik per kilo droge stof productie niet per se het enige criterium. Ook de voedingswaarde is een interessant bijkomend criterium.. Zo is de voedingswaarde van 1kg millet gelijk aan dat van 3 kg mais.

De efficiëntie van het irrigatiewatergebruik in de landbouw is bedroevend. Onder andere door lekverliezen in irrigatieleidingen en verspilling van water wordt slechts de helft van het gebruikte water daadwerkelijk benut. Dit getal is enigszins overtrokken, want lekverliezen op de ene plaats kunnen weer zorgen voor aanvulling van het grondwater ergens anders, of benut worden voor bomen of andere ecosystemen. Maar toch is duidelijk dat het motto '*more crop per transpired drop*' de sleutel is tot verbetering van de efficiëntie van het watergebruik in de landbouw en daarmee tot oplossing van de heersende watercrisis. Zo blijkt in bijvoorbeeld de neerslagafhankelijke landbouw dat aanvullende irrigatie in korte droge perioden, gecombineerd met waterbesparende technieken op het veld, de opbrengst van het gewas per eenheid verdampt water drastisch kan verhogen.

*De betekenis van de bodem als leverancier van water.* De bodemvoorraad hangt af de grondsoort (stromings- en transporteigenschappen), de opbouw van het bodemprofiel (bepaalt de worteldiepte), de aard van het gewas/vegetatie (bepaalt mede de worteldiepte) en de diepte van de grondwaterstand.

Er heeft een verschuiving plaatsgevonden van analytische naar numerieke modellering, aangezien alleen numerieke modellen in staat zijn om de vele interacties tussen sterk niet-lineaire processen onder snel fluctuerende omstandigheden in bovengronden na te bootsen. Daarnaast is er een verschuiving van homogene naar heterogene gronden: zo kunnen krimpscheuren en waterafstotende delen een groot effect hebben op het water- en stoffentransport. Ten slotte wordt steeds meer gebruik gemaakt van directe metingen in het veld naast die in het laboratorium. Een en ander heeft geresulteerd in het numerieke model Soil-WATER-Plant (SWAP), zie o.a. proefschrift Jos C. van Dam (2000) en de door Joop Kroes et al. geschreven user manual SWAP version 3.2, Alterra Report 1649 (2008). SWAP wordt in Nederland nu gezien als het toonaangevende model op het gebied van de onverzadigde zone.

*Bodemeigenschappen.* De natuurkundige eigenschappen van de bodem, zoals de vocht karakteristiek ('pF-curve') en de hydraulische doorlatendheid  $K(h)$  zoals verkregen uit metingen in het laboratorium- en in het veld zijn cruciaal in de modellering. In het proefschrift van Jan Wesseling (2009) is een nieuwe wiskundige methode ontwikkeld om bovengenoemde eigenschappen nauwkeurig(er) te kunnen beschrijven, in het bijzonder die van de gronden met een grove structuur.

Aangezien door wereldwijde klimaatverandering droogtes toenemen is het belangrijk om onder zeer droge omstandigheden de potentiaal van het bodemvocht goed te kunnen meten. Met water gevulde tensiometers kunnen slechts meten tot een druk van - 0.09 MPa. Door Martine van der Ploeg zijn in haar proefschrift (2008) daarom tensiometers ontwikkeld die met een *polymeeroplossing* zijn gevuld. Het meetbereik werd daarbij vergroot tot -1.6 MPa, i.e. bijna 20 keer zo groot in vergelijking tot de met water gevulde tensiometers!

*Opschaling van standplaats naar regio met behulp van remote sensing.* De eigenschappen van het landoppervlak worden tegenwoordig met behulp van satellieten

op grote schaal en met een vaste regelmaat gemeten. Deze (stralings)metingen hebben betrekking op de natuurkundige eigenschappen van het bodem-vegetatie oppervlak. Zo kunnen via vertaalfuncties (algoritmes) de verdamping van dit oppervlak en het vochtgehalte van de bodem worden vastgesteld. Daarbij zijn voor ijking i.h.a. wel aanvullende lokale hydrologische en meteorologische metingen nodig.

Wim Bastiaanssen heeft daartoe in 1995 in zijn proefschrift het 'Surface Energy Balance Algorithm for Land' (SEBAL) ontwikkeld. Elk beeldelement ('pixel') van een satellietopname wordt daarbij als een homogeen object beschouwd. De daarbij behorende meteorologische /hydrologische wetmatigheden voor het verticale warmte- en vochttransport worden achtereenvolgens toegepast. Dit concept is getest op verschillende schalen (1 t/m 1000 km) voor landgebruikseenheden als woestijn, zowel geïrrigeerde als regenafhankelijke landbouw en natuurlijke vegetatie.

Het wetenschappelijke onderzoeksbureau WaterWatch ([www.waterwatch.nl](http://www.waterwatch.nl)) heeft de SEBAL-remote sensing technologie van een wetenschappelijk onderzoeksproduct in een operationeel monitoring systeem voor verdamping en waterbeheer omgezet. Zo worden voor Nederland de *potentiële* verdamping  $ET_{pot}$  en de *werkelijke* verdamping  $ET_{act}$  met een resolutie van 30 m en een tijdstap van 1 dag berekend. Uit het verschil in deze verdamping wordt een directe indicatie verkregen van de invloed van droogte op het gewas / vegetatie. De verschillen in  $ET_{pot}$  en  $ET_{act}$  worden enerzijds veroorzaakt door een te droge bodem (tekort aan watert reduceert  $ET_{pot}$ ) anderzijds door een te natte bodem (wateroverlast veroorzaakt een tekort aan zuurstof, de vegetatieontwikkeling wordt geremd met als gevolg een reductie in  $ET_{pot}$ ).

Bovengenoemde oorzaken worden bepaald door het verdampingstekort te koppelen aan regenval (gemeten met de KNMI- regenradarsystemen in de Bilt en Den Helder) en aan de biomassa-productie (ook een product van SEBAL). Met deze vlakdekkende informatie kan worden geconstateerd waar watertekort dan wel wateroverlast dreigt te ontstaan. Dit is essentiële informatie voor waterbeheerders zoals Waterschappen en Rijkswaterstaat maar ook voor bewoners. Die willen graag weten of er minder opbrengst komt, of dat een bos of natuurterrein er minder gezond bijstaat.

Meer dan 1500 boeren gebruiken deze informatie ter ondersteuning van hun bedrijfsvoering. De voorlichtingsdiensten krijgen dezelfde satelliet- informatie over specifieke percelen, en kunnen daarmee een advies-op-maat geven. Er zijn zelfs al toepassingen waarbij de remote sensing kaarten van gewasgroei en stikstof status worden gebruikt om precisiedosering van kunstmest te geven. Daar toe moet de mechanisatie overigens wel voor toegerust zijn.