



Robuuste watersystemen in de Veenkoloniën

Verkennd onderzoek naar mogelijkheden voor zelfvoorzienende watersystemen

Alterra-rapport 2110
ISSN 1566-7197

E.P. Querner, P. C. Jansen en C. Kwakernaak

Robuuste watersystemen in de Veenkoloniën

Dit onderzoek is uitgevoerd met financiering door het ministerie van EL&I in het kader van de Agenda voor de Veenkoloniën
Projectcode BO-11-002.02-009-ALT

Robuuste watersystemen in de Veenkoloniën

Verkennd onderzoek naar mogelijkheden voor zelfvoorzienende
watersystemen

E.P. Querner, P. C. Jansen en C. Kwakernaak

Alterra-rapport 2110

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

Querner, E.P., P.C. Jansen en C. Kwakernaak, 2011. [*Robuuste watersystemen in de Veenkoloniën; Verkennend onderzoek naar mogelijkheden voor zelfvoorzienende watersystemen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2110. 40 blz.; 13 fig.; 7 tab.; 18 ref.

De zoetwatervoorziening in de Veenkoloniën gaat problemen opleveren als het klimaat verandert en er minder aanvoerwater vanuit het IJsselmeer beschikbaar komt. In het plan *De Verscholen Bron* wordt een aantal maatregelen genoemd die het gebied onafhankelijk(er) kunnen maken van waterinlaat van buiten de Veenkoloniën. Om een eerste indruk te krijgen van de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen zijn berekeningen uitgevoerd met het model SIMGRO. De uitkomsten laten zien dat water vasthouden, extra beregenen of het aanleggen van waterbergingsgebieden goede perspectieven bieden. Het globale karakter van de studie maakt wel dat de resultaten nog een indicatief karakter hebben.

Trefwoorden: Veenkoloniën, waterinlaat, wateraanvoer, waterberging, bergingsgebied.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2110

Wageningen, januari 2011

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding en doel	9
1.2 Werkwijze	9
2 Gebiedsbeschrijving en modeltoepassing	11
2.1 Gebiedsbeschrijving	11
2.2 Grond- en oppervlaktewatermodel SIMGRO	13
2.3 Modelschematisatie	14
2.4 Toetsen modeluitkomsten huidige situatie aan gemeten data	17
3 Scenarioanalyse: water bergen	21
3.1 Omschrijving en doel van de scenario's	21
3.2 Resultaten van de scenarioberekeningen	23
4 Discussie	29
Conclusies	31
Literatuur	33
Bijlage 1 Wateraanvoer, actuele verdamping en berekening voor verschillende scenario's	35

Samenvatting

De waterhuishouding in de Veenkoloniën levert met het huidige klimaat weinig problemen op. Het gebied is rijkelijk voorzien van waterlopen die een snelle afvoer in tijden van wateroverschot en een adequate aanvoer in tijden met een watertekort mogelijk maken. Door klimaatverandering kan dit wijzigen. De behoefte aan inlaatwater met het meest extreme klimaatscenario (W+) zal aanzienlijk toenemen. Met het hydrologische model SIMGRO is berekend dat bij een ongewijzigd wateraanvoerbeleid, waarbij maximaal 2 mm/dag kan worden ingelaten, in 2050 gemiddeld 44% extra water wordt aangevoerd. Deze extra aanvoer is echter onvoldoende om de grotere watervraag te compenseren. De potentiële verdamping neemt bij het W+-scenario in 2050 met 15% toe, terwijl de actuele verdamping bij een toename van 8% blijft steken. Het vergroten van de wateraanvoer ligt dan voor de hand, maar dit leidt niet overal tot het gewenste resultaat. De huidige infrastructuur van de waterlopen is dan al gauw ontoereikend om het water voldoende snel tot in de haarvaten van het waterstelsel te transporteren. Daarnaast blijkt dat ook met gevulde sloten de grondwaterstand dieper kan wegzakken omdat de infiltratiecapaciteit van de bodem vaak limiterend is. Los hiervan wordt de onbeperkte beschikbaarheid van IJsselmeer onzekerder. Dat is de reden om te zoeken naar mogelijkheden om (meer) in de eigen waterbehoefte te kunnen voorzien.

Met SIMGRO zijn scenario's voor het huidige klimaat en voor klimaat W+ doorgerekend waarbij de waterinlaatcapaciteit is teruggebracht tot maximaal 0,5 mm/dag. Bij andere scenario's is er zelfs helemaal geen waterinlaat meer mogelijk. Als compensatie wordt er in natte perioden water in daartoe aan te leggen waterbergingsgebieden opgeslagen. Dit water kan dan in de zomer gebruikt worden. Niet al het water is inzetbaar omdat er water verdampt en er ook water naar de omgeving wegzijgt. De efficiëntie van regionale bergingsgebieden in de Veenkoloniën, die elk een oppervlakte van enkele honderden hectaren hebben, ligt rond de 75% en met klimaat W+ rond de 65%. Een mogelijkheid om lekverliezen tegen te gaan is door een slechtdoorlatende kleilaag op de bodem van de bergingsgebieden aan te brengen. Belangrijk is dat het water minimaal tot in het voorjaar en de vroege zomer vastgehouden kan worden, anders is het water al weg voor het nodig is.

Het omzetten van 6% van het landoppervlak in grote, regionale waterbergingsgebieden waar 1,2 m water in geborgen kan worden zou in de Veenkoloniën volstaan om het gebied in een gemiddelde zomer helemaal onafhankelijk te maken van waterinlaat vanuit het IJsselmeer. Om ook in zeer droge zomers over voldoende water te kunnen beschikken zou tot 8% van het areaal waterbergingsgebied moeten zijn. Als rekening wordt gehouden met klimaatscenario W+ worden deze percentages 11 en 13%. De getallen zijn een indicatie. Factoren die een rol spelen zijn de verdeling van de bergingsgebieden, de verdeling van neerslag en verdamping, niet alleen in het zomerhalfjaar, maar ook de winterperiode in verband met de aanvulling van de bergingsgebieden.

Er zijn geen modelberekeningen uitgevoerd naar waterberging op bedrijfsniveau en naar het creëren van meer oppervlaktewater. Wel is hieraan een korte beschouwing gewijd. Globaal gezegd is voor waterberging op bedrijfsniveau een vergelijkbaar oppervlaktepercentage nodig als voor regionale bergingsgebieden, maar het zal moeilijker zijn om dit op alle bedrijven te realiseren. De effectiviteit van meer oppervlaktewater voor de watervoorziening is klein. Wel is een groter areaal oppervlaktewater gunstig voor piekberging.

Naast water bergen is water vasthouden een optie om de Veenkoloniën onafhankelijk(er) te maken van waterinlaat vanuit het IJsselmeer. Voor het 'vasthouden' komt het Hunzedal in aanmerking. In een niet verder uitgewerkt voorbeeld zijn op drie plekken voorzieningen gemaakt waar de afvoer in het beekdal kan worden tegengehouden. Hierdoor wordt de kwelstroom vanaf de Hondsrug naar de Veenkoloniën ondersteund en kan

water uit de retentiegebieden in de omgeving worden ingezet om droge perioden te overbruggen. Ook in het Bargerveen kan op deze manier water worden vastgehouden. De effectiviteit van alleen het water vasthouden is niet onderzocht. In de praktijk zullen er meerdere belanghebbenden bij een dergelijke waterbron zijn waardoor de beschikbaarheid van water voor peilhandhaving in de Veenkoloniën niet onbeperkt is.

Het grondwater kan ook gezien worden als buffervoorraad die via berekening ingezet kan worden om de behoefte aan inlaatwater te compenseren. Beregenen heeft als voordeel dat de landbouwgewassen gericht van een optimale hoeveelheid water kunnen worden voorzien. De effectiviteit van beregenen is groter dan andere maatregelen maar een nadeel is dat het de grondwaterhydrologie beïnvloedt en niet voorkomt dat het peil in (natte) natuurgebieden en in primaire waterlopen uitzakt. In alle scenario's is uitgegaan van de bestaande berekening die bescheiden van omvang is.

Er is ook een scenario doorgerekend waarbij onbeperkte beregening met grondwater is toegestaan. Daarbij is geen waterinlaat mogelijk en worden geen bergingsgebieden gebruikt. Met het huidige klimaat wordt dan 65 mm beregend en met klimaat W+ een kleine 200 mm. De actuele verdamping neemt daardoor toe met respectievelijk 22 mm (4,6%) en 89 mm (18,4%). De getallen zijn gemiddelden voor een situatie waarin overal kan worden beregend. In de praktijk is dat niet het geval.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De Deltacommissie (2008) heeft advies uitgebracht over de opgave hoe Nederland klimaatbestendiger kan worden ingericht. Dit advies is inmiddels vertaald in het Nationaal Waterplan (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2009). Naast veiligheid gaat veel aandacht uit naar een duurzame zoetwatervoorziening. Er wordt o.a. voor gepleit om gebieden minder afhankelijk te maken van watervoorziening van buiten de regio, omdat in droge perioden steeds minder zekerheid zal bestaan over de aanvoer van voldoende zoetwater door de grote rivieren. Dit betekent een opgave om het gebiedseigen water langer vast te houden en beter te benutten binnen regionale watersystemen.

Er zal ook meer bergingscapaciteit nodig zijn voor het tijdelijk opvangen van extremer wordende neerslagpieken. Zowel voor het langer vasthouden van water als voor meer capaciteit voor piekberging zullen aanpassingen aan het watersysteem noodzakelijk zijn. Om inzicht te krijgen in de aard en omvang van effecten van klimaatverandering in het landelijk gebied is behoefte aan een verkennende modelstudie naar de effecten van klimaatverandering en van mogelijke maatregelen. Als pilotgebied is gekozen voor de Drents-Groningse Veenkoloniën. Voor dit gebied is door landschapsarchitecten een perspectief geschetst voor het jaar 2050 waarbij voorstellen zijn gedaan over de manier waarop de afhankelijkheid van gebiedsvreemd water geminimaliseerd kan worden (Van Nieuwenhuijze, 2005). In het betreffende plan, *De Verscholen Bron*, wordt het gebruik van de twee natuurlijke bronnen versterkt die voor levering van schoon water voor de Veenkoloniën zorgen, te weten de Hondsrug en het Bargerveen. Ook worden waterbergingsgebieden aangelegd die ervoor moeten zorgen dat watertoevoer vanuit het IJsselmeer overbodig wordt. Voor het bergen van extreme neerslagpieken worden oplossingen in de Veenkoloniën zelf gezocht door het oppervlak open water te vergroten.

1.2 Werkwijze

De waterschappen van de Veenkoloniën willen, in het kader van de Agenda voor de Veenkoloniën, samen met de provincies, gemeenten en LNV, nagaan in hoeverre de waterhuishouding meer klimaatbestendig kan worden ingericht. Daarbij staan een efficiënter gebruik van gebiedseigen water en een grotere bergingscapaciteit, zowel voor voorraadberging als voor piekberging, centraal. Om een eerste inschatting te kunnen maken de effectiviteit van mogelijke maatregelen wordt gebruikt gemaakt van het hydrologische model dat is opgezet om perspectieven te onderzoeken om water vast te houden op het Drents Plateau (Querner et al., 2005). Omdat het plan *De Verscholen Bron* de inspiratiebron is voor de maatregelen, is het model opgezet met een deel van het stroomgebied van de Westerwoldse Aa. De maatregelen die in dat plan aan de orde komen zijn het verminderen of stopzetten van waterinlaat vanuit het IJsselmeer, het vasthouden en conserveren van het winterse neerslagoverschot en de uitbreiding van beregening. Het gedeelte van het water dat door een maatregel effectief beschikbaar is voor peilhandhaving, grondwateraanvulling en gewasopname is de effectiviteit. Het betreft hier dus de effectiviteit in hydrologisch opzicht en niet die in economisch opzicht.

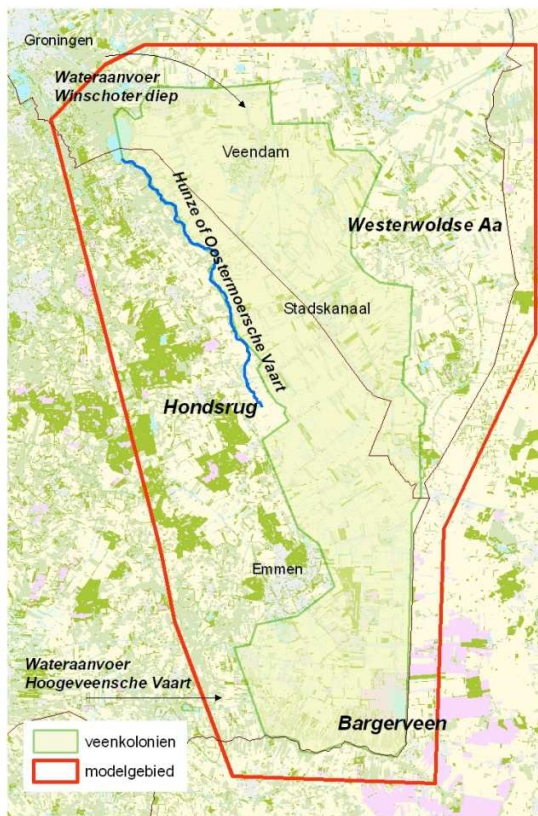
Bij het onderzoek naar een robuuste waterhuishouding in de Veenkoloniën gaat het niet om lokale effecten, maar het moet vooral kengetallen voor de rendement van de verschillende maatregelen op regioschaal opleveren. Kansrijke maatregelen kunnen in meer detail in een uitwerkingsfase worden doorgerekend waarbij meer onderscheid wordt gemaakt in deelgebieden met specifieke gebiedskenmerken.

Met het hydrologische model worden verschillende scenario's voor een periode van vier jaar doorgerekend (2001-2004). In deze periode zit een 10% droog jaar (2003), zodat ook inzicht wordt verkregen in de rendement van maatregelen in meer extreme situaties. Met het oog op de toekomst worden de scenario's ook doorgerekend met het meest extreme klimaatscenario voor 2050. Uiteindelijk moet dit onderzoek ook bouwstenen opleveren voor de inzet van maatregelen in het kader van het Deltaprogramma en het Nationaal Waterplan in andere delen van Nederland.

2 Gebiedsbeschrijving en modeltoepassing

2.1 Gebiedsbeschrijving

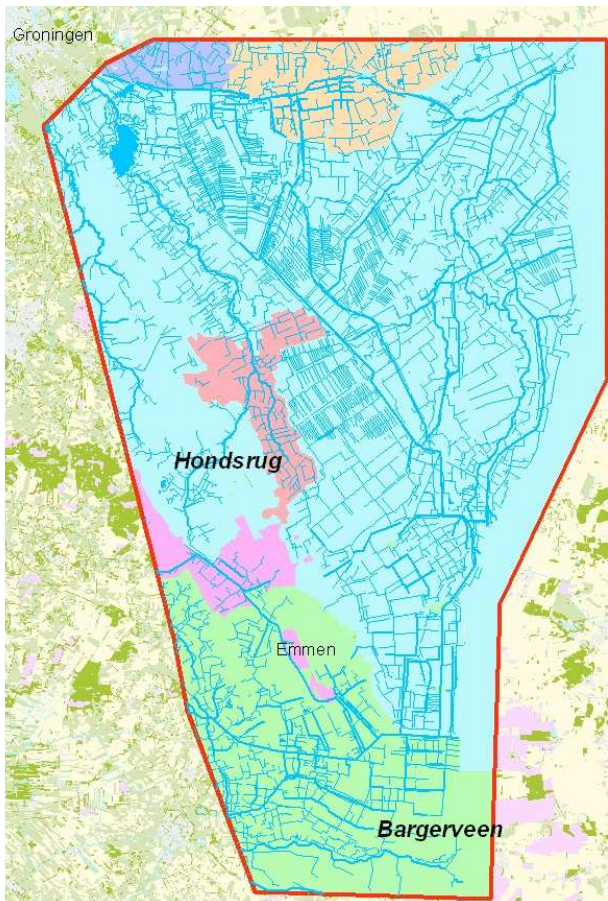
De Veenkoloniën is een voormalig hoogveengebied van 80.000 ha dat in het noordoosten van de provincie Drenthe ligt en in het aangrenzende gedeelte van de provincie Groningen (zie Figuur 2.1). Op het Bargerveen in zuidoost-Drenthe na is het veen in de afgelopen eeuwen afgegraven, en uit de dalgronden, die ontstaan zijn uit de vermenging van zandondergrond en de oorspronkelijk veenbovenlaag, is de organische stof door oxidatie ook grotendeels verdwenen. Hoewel het gebied daardoor droogtegevoelig is, kan het in droge perioden via het kanalenstelsel goed van inlaatwater worden voorzien. Er zijn twee inlaatpunten waarlangs water kan worden aangevoerd; via Groningen en via Drenthe. In beide gevallen is het water afkomstig uit het IJsselmeer waardoor het water qua samenstelling een zekere overeenkomst heeft met Rijnwater. De aanvoer door Groningen verloopt via het Winschoterdiep. Deze waterinlaat bedraagt op jaarbasis gemiddeld 30 miljoen m³. Vanuit Drenthe, waar suppletiewater via de Hoozeveense Vaart wordt aangevoerd, is de aanvoer half zo groot, gemiddeld 15 miljoen m³.



Figuur 2.1
Overzichtskartaal van het modelgebied met de Veenkoloniën.

Tussen de steden Groningen en Emmen in het zuidoosten van Drenthe ligt de Hondsrug, een zandrug die de scheiding vormt tussen het Drents Plateau en de Veenkoloniën. Het hoogteverschil tussen de Hondsrug en de Veenkoloniën loopt plaatselijk op tot meer dan 15 meter. Dit hoogteverschil is de drijvende kracht achter de grondwaterstroming van de Hondsrug naar het Hunzedal (Figuur 2.1). Het riviertje de Hunze¹ die onderlangs de Hondsrug stroomt, voert het water af naar het Zuidlaardermeer. Er kan water uit de Hunze worden afgetapt om de Veenkoloniën van water te voorzien. Door uitspoeling van meststoffen is de kwaliteit van het kwelwater in de tweede helft van de afgelopen eeuw verslechterd. Dit heeft nadelige gevolgen voor de kwel natuur langs de Hunze en voor de organismen in het oppervlaktewater. Voor de landbouwgebieden in de Veenkoloniën is de kwaliteit van het inlaatwater voldoende.

¹ De Hunze wordt ook wel Oostermoerse Vaart genoemd.

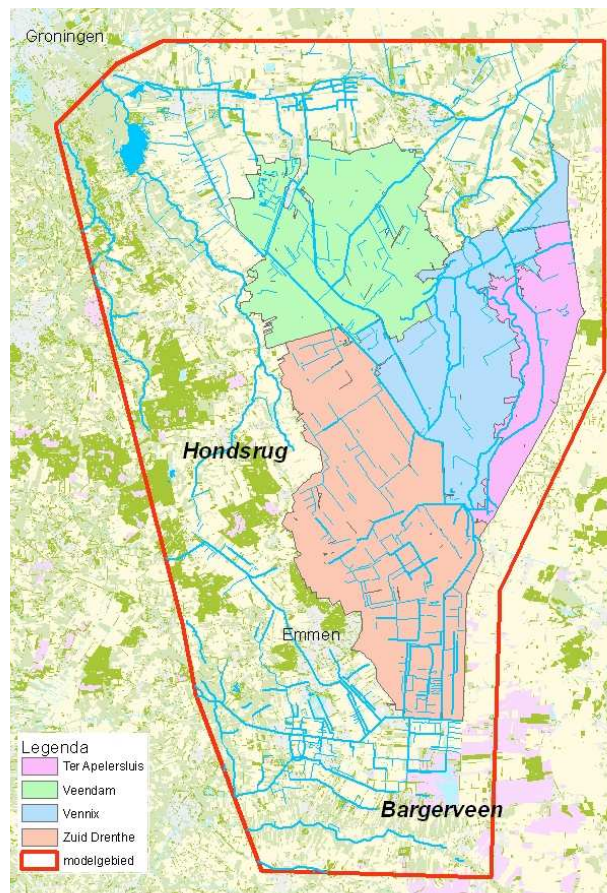


Figuur 2.2
Afwateringseenheden en waterlopen.

De Veekolonien telt een aantal grotere beheersgebieden cq. afwateringseenheden. Door het uitgebreide oppervlaktewaterstelsel is er weinig wateroverlast in natte perioden (pers. mededeling J. den Besten). Enerzijds kan het overtollige water soepel worden afgevoerd en anderzijds kan het oppervlaktewater een aanzienlijke hoeveelheid neerslag bergen. De grootste stedelijk bebouwde gebieden die aan afvoerpijken bijdragen zijn Stadskanaal en Veendam. Van de Veekolonien is 7% stedelijk bebouwd gebied. Van het landelijk gebied is 75% in landbouwkundig gebruik.

De aanvoer van water uit het IJsselmeer vindt aan de noordkant van het gebied plaats via Friesland en Groningen en aan de zuidkant via de Hogeveensche Vaart. Voor de toetsing van berekende wateraanvoer aan de gemeten wateraanvoer en voor de evaluatie van de modeluitkomsten zijn vier wateraanvoergebieden onderscheiden (figuur 2.3). Deze zijn overeenkomstig het bereik van de grote aanvoergemalen. Gemaal Veendam voert alles aan voor de deelgebieden Veendam, Vennix en Ter Apeliersluis. Gemaal Vennix voert het water vijf meter omhoog en gemaal Ter Apeliersluis voert daarvan weer een deel nog een paar meter hoger op.

In het Bargerveen in zuidoost-Drenthe is tot aan het einde van de 20^e eeuw veen afgegraven ten behoeve van turfwinning. Grote delen van het afgegraven, maar niet ontgonnen, veengebied zijn samengevoegd met de restanten nog levend hoogveen tot het natuurgebied Bargerveen. Er zijn de nodige maatregelen genomen om neerslagwater vast te houden en daarmee uitdroging van het veen in de zomer te voorkomen. Er is een grote damwand aangebracht, er zijn stuwen geplaatst en greppels dichtgegooid. Hierdoor is het gebied zelf natter geworden, maar ook is de afvoer van overtollig water gelijkmatiger geworden. De afvoerpijk die eerst in de winter plaatsvond is in afgevlakte vorm naar het voorjaar en de zomer verschoven. Het water wordt in noordelijke richting via de Veekolonien afgevoerd waar het in droge perioden als suppletiewater kan dienen. De kwaliteit van dit water is (zwak) zuur en arm aan nutriënten.



Figuur 2.3
Wateraanvoergebieden.

2.2 Grond- en oppervlaktewatermodel SIMGRO

Om de vragen over een klimaatbestendiger watersysteem in de Veenkoloniën te kunnen beantwoorden is gebruik gemaakt van het hydrologisch model SIMGRO. SIMGRO, staat voor SIMulatie van GRondwaterstroming en oppervlaktewaterstanden, is een programma dat regionale grondwaterstroming in relatie tot drainage, beregening, irrigatie en peilbeheer simuleert (Querner en Van Bakel, 1989; Van Walsum et al., 2004).

Voor het beschrijven van de grondwaterbeweging in de verzadigde zone is een schematisatie toegepast in watervoerende en weerstandbiedende lagen. Een driehoeksnetwerk vormt de meetkundige basis van de numerieke berekening van grondwaterstroming met de methode van eindige elementen. In een watervoerende laag treedt horizontale stroming op en in een weerstandbiedende laag alleen verticale stroming. Op deze manier wordt de verzadigde grondwaterstroming quasi-driedimensionaal beschreven.

Voor de berekening van het vochttransport in de onverzadigde zone worden twee reservoirs beschouwd, één voor de wortelzone en één voor de ondergrond. Toevoeging aan of onttrekking uit het systeem van de wortelzone vindt plaats via neerslag, beregening, evapotranspiratie, capillaire flux en percolatie. Als de vochtvoorraad in de wortelzone behorende bij het evenwichtsprofiel wordt overschreden, zal het overtollige vocht als percolatie naar de ondergrond gaan. Dit is de grondwateraanvulling voor de verzadigde zone. Als er minder vocht dan behorende bij het evenwichtsprofiel in de wortelzone aanwezig is, kan er een capillaire flux optreden. Met de percolatie of capillaire flux uit de onverzadigde zone rekent het model in de bovenste laag van het verzadigde deel een verandering van de grondwaterstand uit. Het vochttransport in de onverzadigde zone wordt op een pseudo-stationaire manier benaderd, dat wil zeggen volgens een opeenvolging van stationaire situaties.

Een ontwateringmiddel is actief als de grondwaterstand en/of de oppervlaktewaterstand hoger is dan de bodem van het ontwateringmiddel. Afhankelijk van de omstandigheden is er sprake van drainage of infiltratie. De drainage en infiltratie worden berekend met de formule van Ernst (Ernst, 1978).

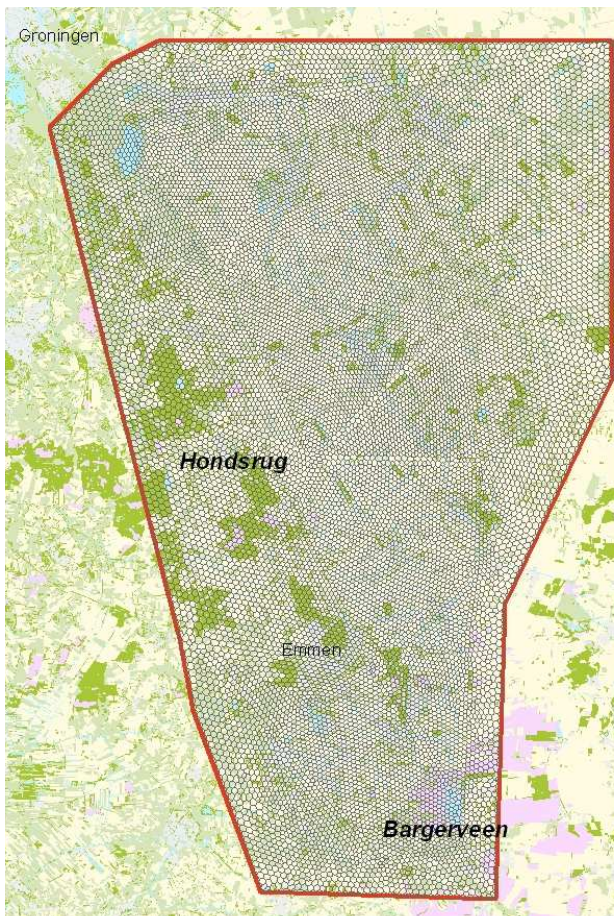
De waterbalans van een afwateringseenheid wordt gesimuleerd met één reservoir voor het geheel van grotere en kleinere waterlopen. Voor ieder reservoir wordt een relatie afgeleid tussen berging en peil, de zogenaamde bergingsrelatie, en tussen afvoer en peil, de afvoerrelatie. De afwatering van een gebied wordt gesimuleerd met een netwerk van reservoirs. De netwerkstructuur definieert de manier waarop de reservoirs een cascade vormen.

Voor de onverzadigde zone en de verzadigde zone rekent SIMGRO in het algemeen met tijdstappen van 0,5-1 dag. Het oppervlaktewatersysteem in het model wordt daarentegen met veel kleinere tijdstappen (0,25-1 uur) doorgerekend omdat dit veel sneller reageert op neerslag. De interactie tussen het grondwater en het oppervlaktewater wordt voor deze kleinere tijdstap berekend. De grondwaterstand blijft in die periode constant, maar het waterpeil varieert en de berekende drainage of infiltratie wordt gesommeerd. Bij de volgende tijdstap voor het grondwater wordt deze gesommeerde drainageflux gebruikt om een nieuwe grondwaterstand te berekenen.

2.3 Modelschematisatie

Ruimtelijke en temporele discretisatie

Normaliter wordt een modelgebied voor SIMGRO gedefinieerd dat wat groter is dan het gebied waar de interesse naar uit gaat om effecten van de modelrand op te vangen. Hier is voor gekozen om naast de Veenkoloniën ook het gebied Westerwolde als interessegebied in het model op te nemen omdat het ontwerp van (H+N+S et al., 2005) een oplossing aandraagt voor deze beide regio's. Daarmee strekt het modelgebied zich uit van midden Groningen in het noorden tot enkele kilometers in Duitsland in het oosten en zuiden. In het westen ligt de Hondsrug en een deel van het stroomgebied van de Drentse Aa nog in het modelgebied. De totale oppervlakte van het modelgebied bedraagt 260.000 ha. De oppervlakte van de Veenkoloniën is 80.000 ha en van Westerwolde 35.000 ha.



Figuur 2.4

Modelgebied met 16.278 knooppunten.

die onderaan de Hondsrug optreedt.

Schematisatie van de bovengrond

Voor de schematisatie van de bovengrond is gebruik gemaakt van de bodemkaart 1 : 50 000 van Stiboka. De eenheden op de bodemkaart zijn vertaald naar bodemfysische profielen op het niveau van de invloedsgebieden. Daarbij is gebruik gemaakt van bouwstenen uit de Staringreeks (Wösten et al., 2001). De bodemfysische profielen worden in SIMGRO gebruikt voor het berekenen van de dynamiek van het vochtgehalte in de

Voor de berekeningen van de grondwaterstroming wordt gebruik gemaakt van de eindige elementenmethode. Hiervoor is een driehoeksnetwerk voor het modelgebied gemaakt. Hierin is elk knooppunt een element met een eigen invloedsgebied. Het aantal knooppunten bedraagt 16.278 met een onderlinge afstand binnen het interessegebied van 350 m, oplopend tot 500 m langs de modelrand (Figuur 2.4).

Schematisatie van de ondergrond

In deze studie is de schematisatie van de modellaagen overgenomen uit het NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium: versie april 2010). In het NHI zijn zeven watervoerende pakketten onderscheiden, maar voor deze studie zijn de diepste lagen minder relevant omdat de grondwaterstroming van de Hondsrug naar de Veenkoloniën via de ondiepere pakketten plaatsvindt. Daarom zijn de watervoerende pakketten 4-7 uit het NHI-model samengevoegd in de diepste modellaag van het SIMGRO-model. Datzelfde is gedaan voor de weerstandsbiedende lagen. In SIMGRO worden dus zeven lagen onderscheiden, vier watervoerende pakketten en drie scheidende lagen.

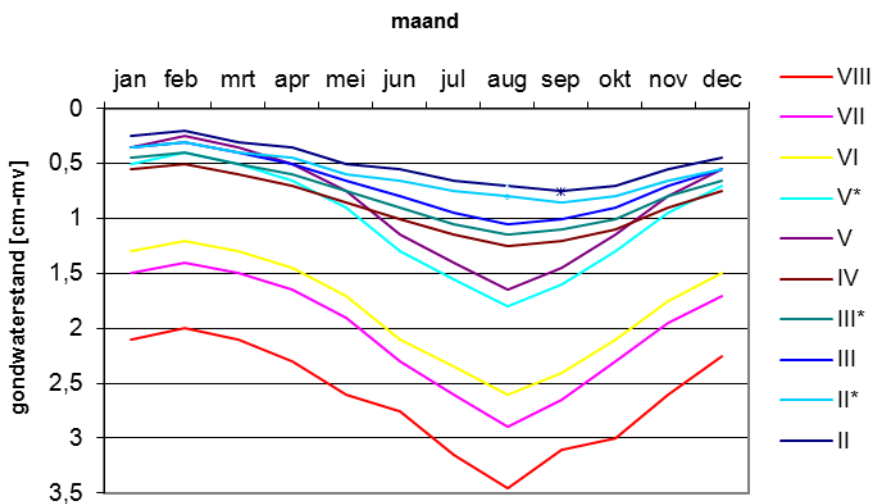
Een complicerende factor waarmee rekening is gehouden is de anisotropie in de Hondsrug die samenhangt met de schuin oplopende bodemlagen die verschillende doorlatendheden hebben. Dit heeft een remmend effect op de sterke kwel

onverzadigde zone. De vochttoestand van de bodem is van belang voor de gewasverdamping. Aan de invloedsgebieden zijn daarom ook gegevens over het bodemgebruik gekoppeld en over de bijhorende gewaseigenschappen als bewortelingsdiepte. Het bodemgebruik in het proefgebied is ontleend aan de vierde versie Landelijk Grondgebruik Nederland (De Wit et al., 1999). Het bodemgebruik in het interessegebied (Veenkoloniën) bestaat uit 14% grasland en 62% akkerbouw (waarvan bijna de helft aardappelen). Daarnaast komt ook hoogveen voor (2%), bebouwing en wegen (15%) en op bescheiden schaal loofbos (3%). De resterende 4% bestaat uit open water en overige natuur.

In het model wordt gerekend met een variabele freatische bergingscoëfficiënt. De waarden variëren globaal tussen 0,1 en 0,3.

Randvoorwaarden modelrand

Binnen het driehoeknetwerk wordt de grondwaterstroming tussen de knooppunten berekend, maar aan de randen van het netwerk moeten randvoorwaarden aan de watervoerend pakketten worden toegekend. Dit kan door het opleggen van een inkomende of uitgaande grondwaterflux of door het opleggen van een stijghoogte waarmee deze flux berekend kan worden. Voor het bovenste, freatische watervoerende pakket is gekozen voor een stijghoogteverloop dat overeenkomt met het gemiddelde verloop van de daar aanwezige grondwatertrap. Het verloop van de grondwaterstanden van de verschillende grondwatertrappen is in figuur 2.5 weergegeven.



Figuur 2.5

Variatie van de stijghoogte (in m-mv) over het jaar toegekend aan de knooppunten op de modelrand.

Schematisatie van het oppervlaktewatersysteem

In het model wordt onderscheid gemaakt tussen vier klassen ontwateringmiddelen: hoofdwaterlopen, kleinere sloten, buisdrainage en maaiveld drainage. De hoofdwaterlopen (A-watgangen) zijn door de waterschappen Hunze en Aa en Velt en Vecht aangeleverd. De dimensies zijn overgenomen uit de legger, ontbrekende gegevens zijn ingeschat. De hoofdwaterlopen die buiten de beheergebieden van beide waterschappen vallen zijn afkomstig uit het WIS (Waterstaatkundig Informatie Systeem).

De kleinere sloten en greppels zijn ontleend aan de topografische kaart 1:10.000. De bodemkaart is gebruikt om een inschatting te geven van de dimensies. Er blijkt namelijk een goed verband te zijn tussen bodem en grondwatertrap en de dimensies van de kleinere waterlopen (Querner et al., 2005, tabel 2.5).

Een kleine 50% van de landbouwgebieden is voorzien van buisdrainage. In de regel zijn de gedraineerde percelen niet goed bekend, maar voor het NHI is recent een drainagekaart opgesteld. Aan deze kaart zijn de gedraineerde percelen en de draindiepte voor het modelgebied ontleend. Er is gecontroleerd of buisdrainage alleen in landbouwgebieden voorkomt en of de draindiepte niet onwaarschijnlijk ondiep is (< 60 cm). Als drainafstand is een gangbare 10 m aangehouden en als drainageweerstand 100 dagen.

Door beide waterschappen is een kaart met afwateringsgebieden aangeleverd. Op basis van deze kaart en van het waterlopenpatroon zijn in het SIMGRO-model 1.074 afwateringseenheden onderscheiden waarin stuwen, sifons en gemalen zijn opgenomen. Verondersteld is dat het zomerpeil in het hele modelgebied ingaat op 15 april en eindigt op 15 oktober.

Aan de hand van de dimensies van de waterlopen en de aanwezigheid van stuwen, gemalen en sifons, zijn relaties afgeleid tussen waterpeil versus waterberging en tussen waterpeil versus waterafvoer. Beide relaties worden in het model toegepast.

Wateraanvoer

De aanvoer van water uit het IJsselmeer vindt aan de noordkant plaats via het Winschoterdiep in Groningen en aan de zuidkant via de Hoozeveense Vaart in Drenthe. Bij het ontwerp van de infrastructuur voor de wateraanvoer is als maximum aanvoer een hoeveelheid van 0,20 - 0,25 l/s/ha gehanteerd (meded. ws. Hunze en Aa's). Dit komt neer op ca. 2 mm/dag. Dit is ook de ontwerpmaat uit de praktijk. Voor grotere gebieden wordt deze waarde vaak niet gehaald omdat kwelplekken met een kleinere capaciteit toe kunnen. De inlaatcapaciteit geldt voor alle wateraanvoergebieden omdat het in SIMGRO niet mogelijk is dit op beheerseenhedenniveau nader te specificeren.

Voor de toetsing van berekende en gemeten wateraanvoer en voor de evaluatie van de modeluitkomsten zijn vier wateraanvoergebieden onderscheiden. Deze zijn overeenkomstig het bereik van de grote aanvoergemalen (Figuur 2.3). Gemaal Veendam voert ook de het water aan dat wordt doorgevoerd naar de deelgebieden Vennix en Ter Apelersluis.

Berekening

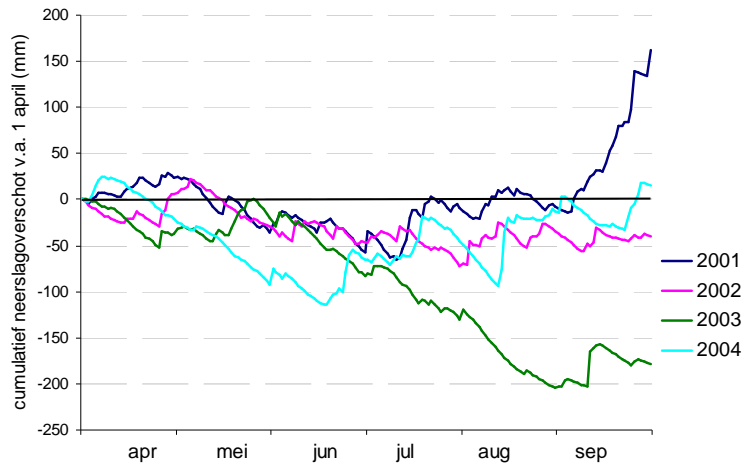
In SIMGRO is verondersteld dat berekening uitsluitend uit grondwater plaatsvindt. De Provincies Groningen en Drenthe hebben gegevens geleverd over de locaties van beregeningsputten en de maximale capaciteit daarvan (Querner et al., 2005). Verondersteld is dat het areaal landbouwgrond dat berekend kan worden afhankelijk is van de maximale pompcapaciteit. In het model is de berekening toegekend aan de knooppunten van het elementennetwerk die binnen het beregeningsareaal van de individuele beregeningsputten vallen. In totaal kan ca. 15% van het interessegebied beregend worden. In de regel wordt de maximale beregeningscapaciteit pas gebruikt in een 10-20% droog jaar.

Grondwateronttrekkingen

In het onderzoeksgebied wordt op meerdere locaties grondwater onttrokken voor zowel de bereiding van drinkwater als voor industriële doeleinden. Het grootste deel wordt onttrokken uit het tweede (watervoerende pakket). In het model is dat de vijfde laag. De locaties en capaciteiten van de verschillende winningen zijn ontleend aan het NHI.

Neerslag en verdamping

Voor de neerslag en verdamping is gebruik gemaakt van 3 stations: Eelde, Hoozeveen en Nieuw Beerta. Voor Eelde is het cumulatieve neerslagoverschot voor zomers (april – september) voor de rekenperiode (2001-2004) cumulatief weergegeven in Figuur 2.6. Het jaar 2001 is een tamelijk nat jaar met een neerslagtekort van 50 mm. Ook 2002 is vrij nat, maar hier wordt het tekort pas na het zomerhalfjaar aangevuld. Het droogste jaar is 2003. Hier loopt het neerslagtekort op tot 200 mm.

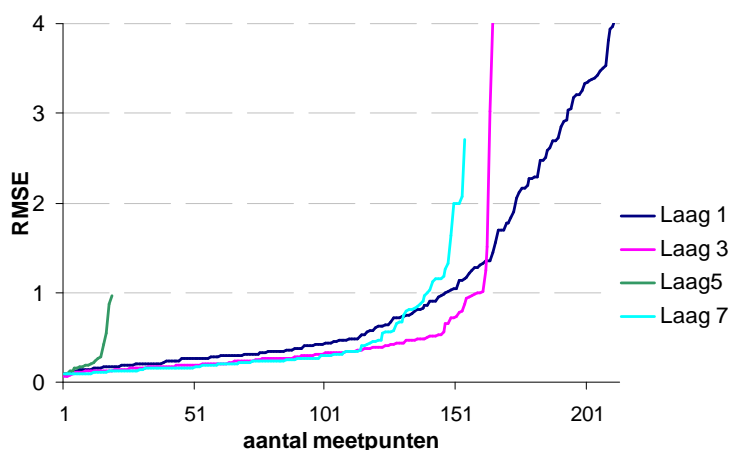


Figuur 2.6
Cumulatief neerslagoverschot over de periode april - september in Eelde.

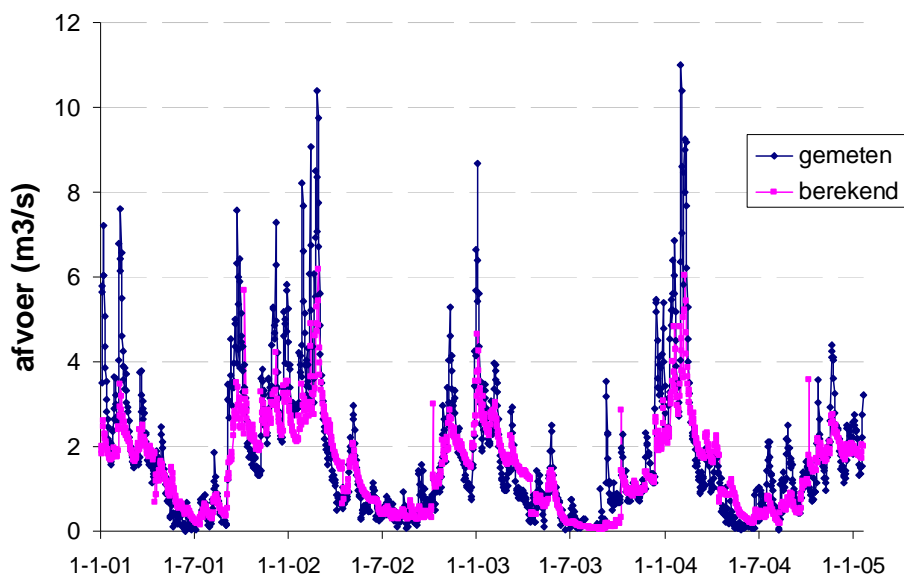
2.4 Toetsen modeluitkomsten huidige situatie aan gemeten data

Bij de toepassing van het SIMGRO-model voor het Drents Plateau is het model gekalibreerd (Querner et al., 2005). Met het SIMGRO-model is hier de huidige situatie doorgerekend voor de periode 2001-2004. Er is gekalibreerd op gemeten grondwaterstanden. De Root Mean Square Error (RMSE) staat, gesorteerd voor de verschillende watervoerende pakketten, in Figuur 2.7. Binnen elke laag zijn er altijd wel een paar plekken waar gemeten en berekende standen minder goed met elkaar overeenkomen. Soms is op grond van de situering van de meetplek direct duidelijk wat daar de oorzaak van is, bijvoorbeeld bij een sloot of een waterwinning. In andere gevallen is dat minder duidelijk. Er is verder niet gezocht naar een oorzaak.

De waterafvoer en de wateraanvoer wordt op een beperkt aantal plekken gemeten. Voor de waterafvoer zijn alleen de metingen bij de stuw in Vleddermond bij Stadskanaal het meest betrouwbaar. Hiervan staan de gemeten en berekende debieten in figuur 2.8.



Figuur 2.7
RMSE van gemeten en berekende grondwaterstanden in verschillende bodemlagen.



Figuur 2.8
Gemeten en berekende afvoer via de stuw bij Vleddermond (Stadskanaal).

De wateraanvoer wordt in de Hoogeveensche Vaart en bij gemaal Veendam gemeten. De wateraanvoer via de Hoogeveensche Vaart komt ten goede aan het gebied Zuid-Drenthe. Gemaal Veendam pompt het water op voor het gebied Veendam, maar ook het water dat wordt doorgevoerd naar Vennix en Ter Apelersluis. In Tabel 2.1 staan de berekende hoeveelheden die zijn aangevoerd. In Tabel 2.2 worden de berekende en gemeten hoeveelheden met elkaar vergeleken. De gemeten hoeveelheden in de Hoogeveensche Vaart zijn lager dan de berekende hoeveelheden. De verschillen voor gemaal Veendam laten een wisselend beeld zien, waarbij gemiddeld over de jaren 2001 - 2003 er meer gemeten dan er berekend is. Van beide meetpunten tezamen is het gemiddelde verschil tussen gemeten en berekend minder dan 1 miljoen m³/jr (2%).

De uitkomsten van het gekalibreerde model worden voldoende betrouwbaar geacht om de scenarioberoe- keningen mee uit te voeren.

Tabel 2.1
Berekende wateraanvoer in millimeters en miljoen m³ per jaar.

	Opp. (ha)	aanvoer (mm/jaar)				aanvoer (milj. m ³ /jaar)			
		2001	2002	2003	2004	2001	2002	2003	2004
Veendam	19671	51	79	115	87	10.1	15.5	22.7	17.0
Vennix	15951	45	63	96	83	7.2	10.1	15.3	13.2
Ter Apelersluis	8572	56	84	114	103	4.8	7.2	9.8	8.8
<i>subtotaal</i>	<i>44194</i>	<i>50</i>	<i>74</i>	<i>108</i>	<i>88</i>	<i>22.1</i>	<i>32.8</i>	<i>47.8</i>	<i>39.0</i>
Zuid Drenthe	28342	37	52	81	67	10.6	14.7	22.8	19.0
<i>totaal</i>	<i>72536</i>	<i>45</i>	<i>65</i>	<i>97</i>	<i>80</i>	<i>32.6</i>	<i>47.4</i>	<i>70.6</i>	<i>58.0</i>

Tabel 2.2*Gemeten en berekende wateraanvoer op twee meetpunten.*

		wateraanvoer (milj. m ³ /jaar)			
		2001	2002	2003	2004
Veendam*)	berekend	22.1	32.8	47.8	39.0
	gemeten	28.9	30.1	54.3	?
Hoogeveensche Vaart	berekend **)	10.6	14.7	22.8	19.0
	gemeten	8.1	8.3	18.3***)	?

*) som Veendam, Vennix, Ter Apelersluis
**) voor Zuid-Drenthe
***) minder betrouwbaar

3 Scenarioanalyse: water bergen

In het ontwerp van Van Nieuwenhuijze (2005) is onderscheid gemaakt tussen gebieden waar water wordt vast gehouden (in het Hunzedal) en locaties waar water wordt opgeslagen. Bij de retentiegebieden in het Hunzedal wordt water vastgehouden dat bijvoorbeeld in de winter als kwel toestroomt. Waterbergingsgebieden zijn hier beschouwd als waterplassen waar minimaal tot het niveau van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) oppervlaktewater in voorkomt. Het water dat in bergingsgebieden geborgen wordt bestaat vooral uit het neerslagoverschot. In dit onderzoek zijn uitsluitend scenario's doorgerekend waarin water wordt vastgehouden in de dertien bergingsgebieden (figuur 3.1). De reden waarom geen scenario's zijn doorgerekend waarin water in de 3 gebieden in het Hunzedal uit Figuur 3.1 wordt vastgehouden is dat deze gebieden afnemend effectief zijn met toenemende afstand tot de Hondsrug, wat interpretatie van de uitkomsten voor de hele Veenkoloniën bemoeilijkt. In het hoofdstuk 4 (discussie) wordt hierop teruggekomen.

3.1 Omschrijving en doel van de scenario's

In de huidige (referentie) situatie is de inlaat maximaal 2 mm/dag. In een scenario waarin de wateraanvoer vanuit het IJsselmeer wordt verminderd is de waterinlaat maximaal 0,5 mm/dag. In een ander scenario is helemaal geen watersuppletie vanuit het IJsselmeer meer mogelijk. Het referentiescenario en de scenario's met verminderde of gestopte wateraanvoer zijn allemaal doorgerekend voor het huidige klimaat en voor klimaatscenario W+ in het jaar 2050 (www.KNMI.nl; Van der Gaast et al., 2009). Met Klimaat W+ zijn de veranderingen het grootst. Kortweg komt het er op neer dat er in de zomer minder neerslag valt terwijl de potentiële verdamping toeneemt. Omdat de wind meer uit het oosten gaat waaien stijgt de temperatuur. De klimaatgegevens voor scenario W+ in 2050 zijn verkregen door transformatie van de tijdreeksen met de huidige neerslag en verdamping (www.KNMI.nl).

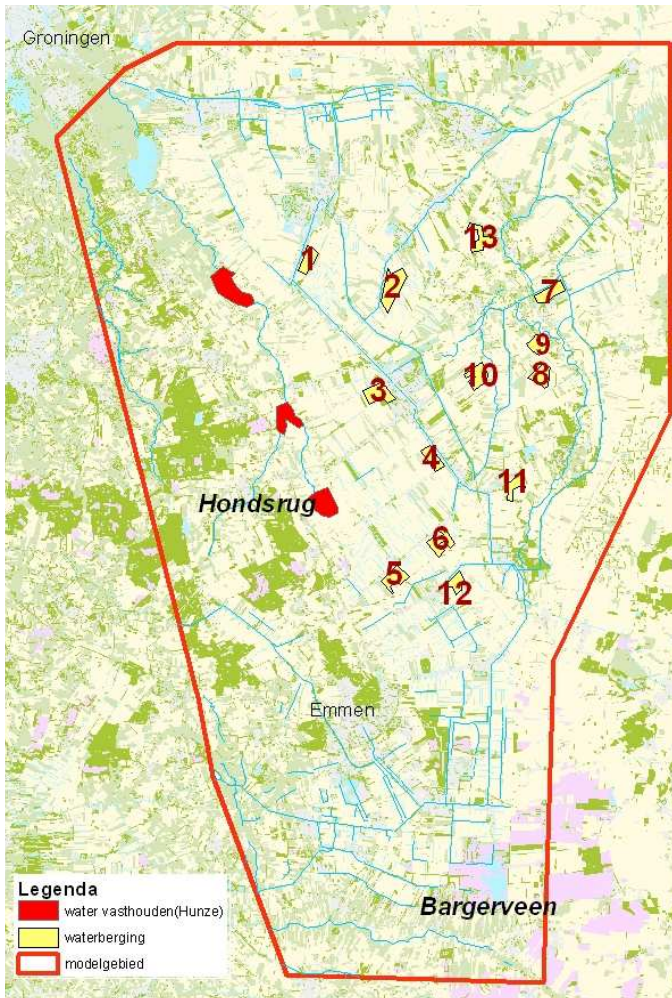
Als compensatie voor het verminderen of stopzetten van de waterinlaat worden de dertien waterbergingsgebieden uit het plan *De Verscholen Bron* (Van Nieuwenhuijze, 2005) ingezet (figuur 3.1). De oppervlakte van die gebieden varieert van ruim 100 tot bijna 300 ha, waardoor ze ook voor nevenfuncties als recreatieplas, energieteelt of natuurgebied in aanmerking kunnen komen. Voor de bergingsgebieden is hier niet gezocht naar een optimale dekking of omvang omdat dit onderzoek alleen bedoeld is om de effectiviteit van bergingsgebieden in te schatten. De effectiviteit, dat behalve van lekverliezen ook afhangt van de hoeveelheid water dat ingezet kan worden voor beregening en peilhandhaving, zal door verschillen in grondsoort en hydrologische omstandigheden voor elk van de bergingsgebieden anders zijn.

Bij de scenario's met dertien waterbergingsgebieden vindt de opvang en de verdeling van het water plaats op regionaal niveau. Een andere mogelijkheid is om water op lokaal cq. bedrijfsniveau te bergen. Een scenario met lokale berging is hier beperkt tot een theoretische analyse.

In hoofdstuk 4 (discussie) wordt voor extra scenario's nagegaan wat de toegevoegde waarde voor de landbouw is wanneer er geen restricties voor beregening met grondwater zijn.

Tabel 3.1 vat samen welke scenario's zijn doorgerekend. Bij de analyse van de uitkomsten wordt vooral gekeken naar de hoeveelheden water die worden ingelaten, die de gewassen verdampen en die voor beregening worden gebruikt. De actuele gewasverdamping kan als globale maat worden gezien voor de gewasopbrengst.

De berekeningen worden uitgevoerd voor weersituaties uit de periode 2001 - 2004. Het jaar 2000 is een 'inloopjaar' om eventuele foutieve startwaarden op te vangen. Van de jaren 2001 - 2004 is 2001 een betrekkelijk nat jaar. 2003 is een 10% droog jaar. Ook 2004 is een droog jaar, maar hierin zijn de droge perioden gelijkmatiger over het jaar verdeeld (Figuur 2.6).



Figuur 3.1
Plekken in het Hunzedal waar in het plan De Verscholen Bron water wordt vastgehouden en dertien waterbergingsgebieden in de Veenkoloniën en in Westerwolde.

Tabel 3.1
Overzicht van de scenario's.

Waterinlaat	Water vasthouden +	Regionale bergings-	Klimaat	
(mm/dag)	extra beregenen	gebieden	Huidig	W+
2,0	nee	nee	scen.0	scen.0W+
0,5	nee	ja	scen.1	scen.1W+
0,0	nee	ja	scen.2	scen.2W+
0,0	nee	nee, lokaal *)	scen.3	

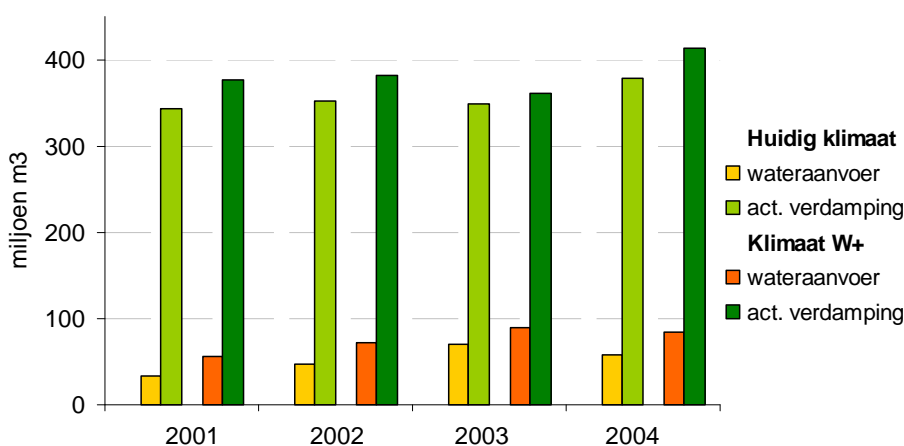
*) bergingsgebieden op bedrijfsniveau; geen modelberekeningen

3.2 Resultaten van de scenarioberekeningen

Referentie en klimaatverandering

Eerst is gekeken naar de gevolgen van klimaatverandering wanneer de huidige waterhuishouding geen wijzigingen ondergaat (scenario W+). Voor dit klimaatscenario zijn vier weerjaren van rond 2050 doorgerekend waarin ook een droog jaar voorkomt. Gemakshalve worden bij de bespreking van de weerjaren van klimaatscenario W+ de overeenkomstige jaren uit de periode 2001-2004 genoemd plus de toevoeging (W+).

In Figuur 3.2 staan de waterinlaat en actuele verdamping in miljoenen m³ voor de 4 wateraanvoergebieden die staan weergegeven in Figuur 2.3. De hoeveelheid die via berekening wordt toegevoegd is niet opgenomen omdat die verhoudingsgewijs erg klein is. In het droge jaar 2003 ging het om een totale hoeveelheid van 2,1 milj. m³ en met klimaatscenario W+ om 3,1 milj. m³ water voor beregening.



Figuur 3.2

Wateraanvoer en de actuele verdamping met het huidige klimaat en met klimaatscenario W+.

Binnen de rekenperiode zijn de verschillen in wateraanvoer en ook de actuele verdamping aanzienlijk. In het natste jaar (2001) is de wateraanvoer 33 milj. m³. In het droogste jaar (2003) is de aanvoer ruim dubbel zo groot: 71 milj. m³. Met klimaatscenario W+ neemt de waterinlaat fors toe. Gemiddeld neemt de waterinlaat bij het W+ scenario toe van 52 naar 75 milj. m³ (+44%).

Met klimaatscenario W+ neemt de potentiële verdamping volgens het KNMI toe met 15% in 2050 (KNMI, 2008). De hier berekende toename is iets kleiner, namelijk 13%. Bij vochtgebrek reduceert de vegetatie de verdamping waardoor de actuele verdamping achterblijft bij de potentiële. Dat blijkt met klimaatscenario W+ ook te gebeuren, maar ondanks dat er minder neerslag valt is de toename van de actuele verdamping gemiddeld nog 8%. In een droog jaar is de toename slechts 4%. De oorzaak voor de grotere verdamping komt met name doordat het in het voorjaar natter is (in de winter valt meer neerslag). Eén en ander betekent dat bij ongewijzigd wateraanvoerbeleid de extra wateraanvoer de gevolgen van klimaatverandering in 2050 niet kan compenseren.

Verminderen van waterinlaat

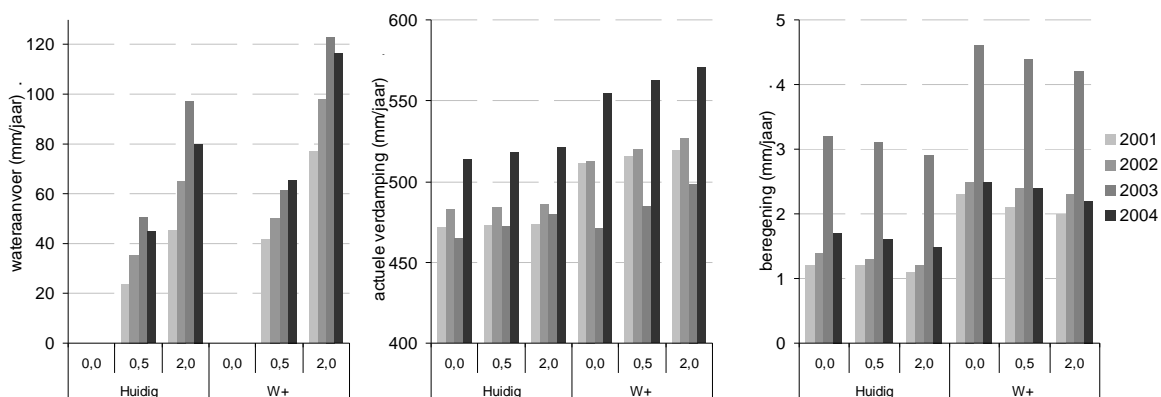
Om de gevolgen van zowel het verminderen of helemaal stopzetten van de waterinlaat te visualiseren zijn de hoeveelheden wateraanvoer, de actuele verdamping en beregeningswater voor de scenario's 0 en 0W+, 1 en 1W+ en voor 2 en 2W+ in Figuur 3.3 samengebracht. In bijlage 1 staan de hoeveelheden in tabelvorm. In Figuur 3.3 is een onderscheid aangebracht tussen het huidige klimaat en klimaat W+. De resultaten, die voor

de vier rekenjaren afzonderlijk zijn weergegeven, laten zien dat de verschillen tussen een nat en een droog jaar aanzienlijk zijn. In een droog jaar als 2003 (en 2003 (W+)) wordt er ten opzichte van een gemiddeld referentiejaar meer water ingelaten en wordt er meer beregend. Bij een groot aantal peilgebieden wordt met het W+-scenario de maximale inlaatcapaciteit van 2 mm/dag dicht benaderd of bereikt. De extra hoeveelheid water voorkomt niet dat de actuele verdamping afneemt.

In het droge jaar 2004 wordt er ook een aanzienlijke hoeveelheid water ingelaten, maar er is duidelijk minder beregend. Desondanks was de actuele verdamping 10% groter dan in 2003. De reden daarvoor is dat de verdeling van de neerslag over de zomer gunstiger was dan in 2003.

In Tabel 3.2 staan de gemiddelde hoeveelheden voor de periode 2001-2004 en voor het droogste jaar (2003 en 2003 (W+)) uit de rekenperiode. Met het huidige klimaat halveert de waterinlaat bijna als de maximale inlaatcapaciteit tot een kwart wordt gereduceerd. Bij klimaatscenario W+ neemt de inlaat bij de oorspronkelijke inlaatcapaciteit van 2mm/dag gemiddeld met $104-72 = 32$ mm (44%) toe. In droge jaren is de toename minder groot.

Volgens Tabel 3.2 zijn de verschillen in actuele verdamping klein. Als er helemaal geen water meer wordt ingelaten gaat het om een hoeveelheid van 10 - 20 mm (bijlage 1). Dit is ongeveer de helft van wat er met het ééndimensionale model van Future Water voor het gebied berekend is (Droogers, 2008). Met het SIMGRO-model komt er betrekkelijk weinig van het ingelaten water beschikbaar voor de vegetatie. Er is veel water nodig voor het op peil houden van het oppervlaktewater en voor infiltratie naar het grondwater. Tabel 3.2 laat ook zien dat er bij een afnemende waterinlaat aanzienlijk meer wordt beregend (+12%). In absolute zin gaat het echter om een geringe hoeveelheid. Bij deze scenario's zijn de mogelijkheden voor beregening niet verruimd.



Figuur 3.3

Gemiddelde wateraanvoer, actuele verdamping en beregening in de Veenkoloniën in de periode 2001-2004 bij het huidige klimaat en bij klimaat W+ bij een maximale wateraanvoer van 0,0 , 0,5 en 2,0 mm/dag.

Tabel 3.2

Waterinlaat, actuele verdamping en beregening in mm/jr. voor verschillende scenario's (zie Tabel 3.1).

	Huidig klimaat			Klimaat W+		
	Ref./scen.0h max 2,0mm/d	scen.1h max 0,5mm/d	scen.2h max 0,0mm/d	scen.0w+ max 2,0mm/d	scen.1w+ max 0,5mm/d	scen.2w+ max 0,0mm/d
gemiddeld jaar						
waterinlaat	72 (mm/jr)	39	0	104	55	0
act. verdamping	490 (mm/jr)	487	483	529	521	512
beregening	1,7 (mm/jr)	1,8	1,9	2,7	2,8	3,0
droog jaar						
waterinlaat	97	51	0	123	61	0
act. verdamping	479 ²	472	465	498	484	471
beregening	2,9	3,1	3,2	4,2	4,4	4,6

Met klimaatscenario W+ is de potentiële verdamping hoger. De actuele verdamping neemt ook toe, maar deze blijft, zeker in erg droge jaren, achter bij de toename van de potentiële verdamping. In hoeverre de gewasopbrengst wijzigt hangt af van de potentiële opbrengst bij klimaat W+ ³ en de verhouding tussen de actuele en potentiële verdamping (Droogers, 2008). Een kleinere verhouding tussen de actuele en potentiële verdamping hoeft niet te betekenen dat de opbrengst ook afneemt ⁴.

Extra waterinlaat komt gedeeltelijk ten goede aan de planten, de rest wordt gebruikt voor het op peil houden van het oppervlaktewater en infiltratie. Dit is vooral duidelijk zichtbaar bij een verschil in inlaatcapaciteit van 0,5 en 2,0 mm/dag. De inlaat verschilt tientallen millimeters per jaar, terwijl de actuele verdamping enkele millimeters verschilt. Bij het verschil tussen de referentiesituatie en klimaat W+ speelt mee dat met klimaat W+ de zomer droger is, maar de winter natter. De verdamping kan dan tot verder in het voorjaar potentieel verlopen, waarna er een forse reductie optreedt. De precieze verdeling van het inlaatwater over opname door planten en oppervlaktewater- en grondwater is met het SIMGRO-model niet zo makkelijk aan te geven.

Om te zien of er regionale verschillen in wateraanvoer optreden zijn de hoeveelheden van de vier afzonderlijke wateraanvoergebieden (Figuur 3.4) met elkaar vergeleken. De hoeveelheden zijn cumulatief per jaar en per scenario weergegeven. De hoeveelheden zijn in millimeters gegeven zodat de gebieden onderling vergelijkbaar zijn.

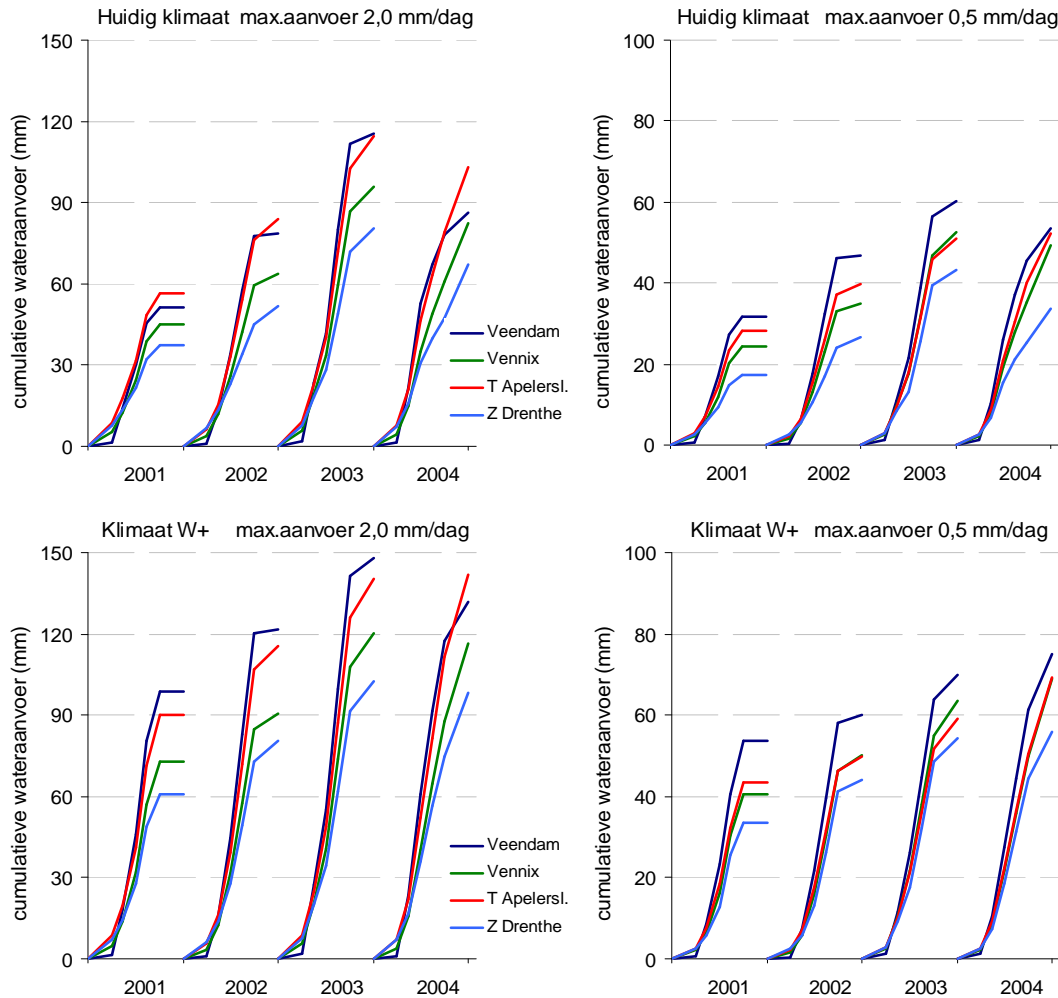
De waterinlaat in het gebied Veendam komt in de regel als laatste op gang, maar is gedurende de zomer duidelijk groter dan in de andere gebieden. Per saldo wordt hier vrijwel altijd het meeste water ingelaten. In Zuid-Drenthe wordt het minste water ingelaten. Dit gebied is het minst geschikt voor wateraanvoer omdat het water door de hoge ligging van het gebied in een aantal stappen moet worden opgevoerd. Door wegzijging is hier bovendien het meest langdurig wateraanvoer nodig.

² De potentiële verdamping bedraagt 563 mm in de referentie in 2003 en 644 mm met klimaat W+

³ Er is geen rekening gehouden met de verlenging van het groeiseizoen

⁴ Voorbeeld (zonder gevoeligheidsconstante, blijvende droogteschade, ed.):

Referentie	W+
Potentiële opbrengst 1000 kg	Potentiële opbrengst 1100 kg (+10%)
Potentiële verdamping 500 mm	Potentiële verdamping 575 mm (+15%)
Actuele verdamping 400 mm	Actuele verdamping 432 mm (+8%)
Actuele opbrengst: $400/500 \times 1000 = 800$ kg	Actuele opbrengst: $432/575 \times 1150 = 826$ kg



Figuur 3.4

Cumulatieve wateraanvoer in de vier aanvoergebieden voor het huidige klimaat en klimaatscenario W+ en bij maximale inlaatdebieten van 0,5 en 2,0 mm/dag.

Water bergen - regionaal

Voor de dertien regionale waterbergingsgebieden uit figuur 3.1 is de efficiëntie berekend (Tabel 3.3). Dat is gedaan voor de huidige situatie met reguliere waterinlaat en zonder waterinlaat (scen. 0 en scen. 2) en idem voor klimaat W+ (scen. 0W+ en scen. 2W+). De efficiëntie is uitgedrukt in procenten. Normaliter is het bergingsgebied in het voorjaar geheel gevuld. Als de gehele hoeveelheid in de loop van de zomer ingezet wordt is de effectiviteit 100%. De effectiviteit kan nog hoger zijn als het bergingsgebied tussentijds gevuld wordt. Dat lijkt bij gebied 1 het geval te zijn bij de scen. 0 en scen. 0W+. De ligging - bij een diepe polder met een laag winterpeil - is hier ongelukkig gekozen waardoor de uitkomsten niet representatief zijn. De efficiëntie van de andere gebieden ligt onder de 100% en de onderlinge verschillen zijn klein. Dat de efficiëntie kleiner is dan 100% komt omdat er verliesposten zijn. Om water te bergen wordt het water in de bergingsgebieden verzameld en vastgehouden. In het voorjaar en de zomer zakt het water in de omgeving sneller weg waardoor er water vanuit het bergingsgebied wegzijgt. Ook is de verdamping van het open wateroppervlak een verliespost.

De verschillen in efficiëntie van de gebieden 2 t/m 13 zijn klein, hoewel er wel verschillen zijn in bodemsamenstelling, grondwaterstand en kwelflux. De efficiëntie is voor de huidige omstandigheden gemiddeld 78% (scen. 0), en voor dezelfde omstandigheden met klimaat W+ 66% (scen. 0W+). Voor de

efficiëntie van de bergingsgebieden maakt het (behalve bij gebied 1) weinig uit of er wel of geen waterinlaat mogelijk is. Zonder wateraanvoer is de efficiëntie (gemiddeld) een paar procent lager; voor scen. OW+ en scen. 2W+ respectievelijk 76 en 64%.

Tabel 3.3

Efficiëntie van regionale waterbergingsgebieden voor scenario's met en zonder waterinlaat bij het huidige klimaat en bij klimaat W+.

Gebied	Oppervlakte (ha)	Huidig klimaat		Klimaat W+	
		2 mm	0 mm	2 mm	0 mm
1	136	149	83	116	68
2	289	85	83	77	72
3	187	78	76	64	65
4	134	81	71	68	47
5	156	81	81	62	63
6	159	74	73	65	64
7	148	69	78	55	70
8	140	83	77	73	66
9	102	69	68	64	62
10	162	80	79	67	67
11	112	80	73	66	60
12	112	75	75	57	63
13	163	70	70	59	58
gewogen.gem. 2-13		78	76	66	64

Op basis van de efficiëntie van de regionale waterbergingsgebieden kan de bijdrage van deze gebieden aan de compensatie voor wateraanvoer worden berekend. Ook kan een schatting worden gemaakt van de oppervlakte aan bergingsgebieden die nodig is om de totale waterinlaat te compenseren. De berekeningen zijn hier uitgevoerd voor het wateraanvoer gebied Zuid-Drenthe (Figuur 2.3), waarvoor in het plan *De Verscholen Bron* vijf bergingsgebieden geprojecteerd zijn en dat representatief is voor een gebied met voornamelijk veenkoloniale gronden.

De gezamenlijke inhoud van deze vijf bergingsgebieden bedraagt 748 ha x 1,2 m = 8,98x10⁶ m³. Met een (gewogen) gemiddelde efficiëntie van 77,9% bedraagt de effectieve inhoud van de vijf gebieden 6,99x10⁶ m³. Gemiddeld over 2001-2004 is zonder deze bergingsgebieden 16.75x10⁶ m³ aangevoerd. De vijf waterbergingsgebieden dragen dus voor 42% bij aan de watervoorziening.

Om het hele gebied Zuid-Drenthe via waterbergingsgebieden zelfvoorzienend te maken is 1785 ha (6,3% van de oppervlakte) aan waterbergingsgebied nodig, uitgaande van het huidig klimaat en een gemiddeld weerjaar. Hierbij is er rekening mee gehouden dat door de omzetting van landbouwgrond in bergingsgebied de aanvoerbehoefte wat afneemt. Verder is uitgegaan van een gewogen gemiddelde efficiëntie van 75,4% (Tabel 3.3, max. aanvoer 0 mm/dag). Met dezelfde uitgangspunten en een grotere wateraanvoer zou voor een droog jaar 2377 ha (8,4%) nodig zijn. Voor klimaat W+ is de efficiëntie lager, terwijl de wateraanvoer groter is.

Samen met bovenstaande uitkomsten voor het huidige klimaat zijn de getallen voor klimaat W+ in tabel 3.4 opgenomen. De oppervlakten en percentages in de tabel zijn gebaseerd op de wateraanvoer die normaliter vanuit het IJsselmeer zou plaatsvinden.

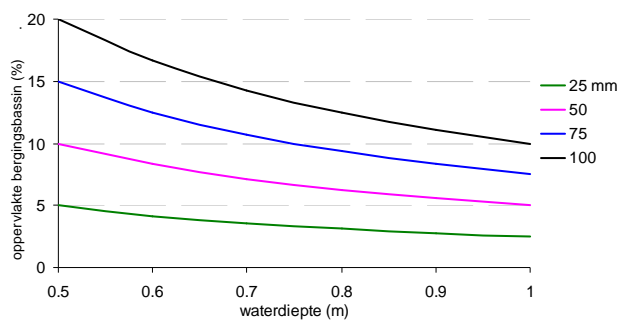
Tabel 3.4

Waterbergingsgebieden met een effectieve waterdiepte van 1,2 m voor de watervoorziening in het gebied Zuid-Drenthe (28.342 ha).

	Huidig klimaat	Klimaat W+
Dekking wateraanvoer met vijf bergingsgebieden (748ha)		
gemiddeld jaar (%)	42	24
droog jaar (%)	31	20
Benodigde oppervlakte bij volledige aanvoer vanuit bergingsgebieden		
gemiddeld jaar ha en (%)	1785 (6,3)	3042 (10,8)
droog jaar ha en (%)	2377 (8,4)	3574 (12,7)

Water bergen - lokaal

Om landbouwbedrijven (meer) selfsupporting te maken voor wat betreft de watervoorziening kan een gedeelte van het areaal als bergingsgebied worden ingericht. Per bedrijf verschillen de waterbehoefte en de mogelijkheid om water te bergen sterk waardoor de vereiste oppervlakten aan bergingsgebieden ook sterk uiteen zullen lopen. Om een indruk te geven van de grootte van de bergingsgebieden is een eenvoudige berekening uitgevoerd waarbij voor verschillende waterbehoeften en voor verschillende waterdiepten van het bergingsgebied de benodigde oppervlakte is berekend (Figuur 3.5). De diepte van het reservoir is gelijk aan de waterdiepte plus de diepte van de waterspiegel ten opzichte van de omgeving aan het begin van de zomerperiode waarin water onttrokken gaat worden. Bij de waterdiepte is geen rekening gehouden met lekverliezen en extra verdamping vanuit het bergingsgebied, evenmin als met de onttrekking van landbouwgrond ten behoeve van het waterbergingsgebied. Om een indruk te krijgen van het verdampingsverlies wordt in een voorbeeld uitgegaan van een neerslagtekort (NE) van 200 mm voor open water in een min of meer gemiddelde zomer. Bij een waterdiepte van 50 cm is dan $50 - 20 = 30$ cm (60%) van het water effectief beschikbaar. Bij een waterdiepte van een meter is dat 80 cm (80%). Voor een droge zomer met een neerslagtekort van 400 mm blijft 20% en 60% beschikbaar bij waterdieptes van respectievelijk 50 en 100 cm.



Figuur 3.5

Verband tussen de effectieve waterdiepte en de oppervlakte van waterbergingsgebieden bij verschillende waterbehoeftes zonder lek- of verdampingsverliezen.

4 Discussie

Het onderzoek is uitgevoerd op een relatief hoog schaalniveau. De scenarioberekeningen zijn beperkt tot het verkleinen of stopzetten van de waterinlaat vanuit het IJsselmeer en het tegelijkertijd inzetten van waterbergingsgebieden. Er zijn geen scenario's doorgerekend met water vasthouden in het Hunzedal zoals dat in het plan *De Verscholen Bron* wordt voorgesteld. Ook is niet gekeken naar de mogelijkheid om een grotere watervoorraad in het Bargerveen aan te leggen. De effecten van het vasthouden van water zullen vooral lokaal merkbaar zijn; een hogere grondwaterstand voor de omgeving en wat meer wegzijging, die vooral ten goede komt aan de regionale grondwaterstroming. Het vasthouden van water in het Hunzedal is aan bepaalde beperkingen onderworpen. Het water kan in het vrij vlakke beekdal niet onbeperkt worden opgezet en op voorhand is niet bekend in hoeverre de afvoer van de Hunze kan worden benut. Benedenstrooms liggen natuurontwikkelingsgebieden en verderop wordt het Zuidlaardermeer met water uit de Hunze gevoed. Als op grond van de waterbalansen van de drie retentiegebieden in het Hunzedal een grove schatting wordt gemaakt van de hoeveelheid water die zou kunnen worden afgevangen lijkt 0,8 - 1,2 miljoen m³ haalbaar. Deze hoeveelheid is gebaseerd op de helft van de netto kwel in de winter in de drie retentiegebieden die een oppervlakte hebben van 226 tot 390 ha. In de zomer is geen aanvulling via kwel mogelijk. Met klimaatscenario W+ zijn de winters natter en is 10% meer wateropslag mogelijk. Ter vergelijking, in een even groot waterbergingsgebied elders in de Veenkoloniën kan voor een gebied van 300 ha met een waterdiepte van 1,1 m en een efficiëntie van 75% ongeveer 2,5 x zoveel water geborgen worden.

Door de beperkte beschikbaarheid van gegevens is de berekening mogelijk onderschat. Bij geen van scenario's is met een verruimde beregeningsmogelijkheden gerekend. Wel neemt de bestaande berekening onder meer extreme omstandigheden toe, maar in absolute zin blijft het een kleine hoeveelheid. Lokaal kan het om tientallen millimeters gaan, maar vereffend over de hele Veenkoloniën gaat het om enkele millimeters.

Indien het gebruik van grondwater voor berekening onbeperkt zou worden toegestaan zal de berekening aanzienlijk toenemen. Nagegaan is hoeveel er in dat geval in deelgebied Zuid-Drenthe beregend wordt als er geen waterinlaat meer mogelijk is. De waterbergingsgebieden worden hierbij niet gebruikt. Met het huidige klimaat wordt dan 65 mm beregend (Tabel 4.1). De verdamping neemt ten opzichte van de actuele situatie (scenario H2) toe met 22 mm (505 – 483 mm: + 4,6%). Met klimaat W+ is de verdampingstoename (scenario W3 tov scenario H2) 89 mm (572 – 483 mm: + 18,4%). Hiervoor moet dan wel 199 mm beregend worden.

Tabel 4.1

Waterinlaat, berekening en actuele verdamping in het gebied Zuid-Drenthe.

scenario	huidig klimaat			klimaat W+			
	H1	H2	H3	W1	W2	W3	W4
max.waterinlaat (mm/dag)	0	2	2	0	2	2	3
berekening	huidig	huidig	onbeperkt	huidig	huidig	onbeperkt	huidig
waterinlaat (mm)	0	59	0	0	85	0	95
berekening (mm)	1.1	1.0	65	1.7	1.6	199	1.6
act.verdamping (mm)	479	483	505	510	520	572	521
effectiviteit tov H1 / W1 (%)		7	41		12	31	12
effectiviteit tov H2 / W2 (%)			34			26	

Uit de cijfers uit Tabel 4.1 is berekend wat de effectiviteit van de verschillende maatregelen is. De effectiviteit, in de tabel in procenten, is de verhouding tussen de toename van de verdamping en het water dat wordt ingelaten (scen. H2) en W2) of berekend (scen. H3 en W3). De effectiviteit van beregenen is aanzienlijk groter dan de effectiviteit van waterinlaat. Bij het huidige klimaat is dat respectievelijk 41% en 7%. Met klimaat W+ worden de verschillen iets kleiner, 31% en 12%, maar ook dan is beregenen aanzienlijk effectiever dan water inlaten. Er is ook een scenario (W4) doorgerekend waarbij de waterinlaatcapaciteit met klimaat W+ niet wordt verkleind, maar juist wordt vergroot tot maximaal 3 mm per dag. De gedachte hierbij is dat meer en sneller inlaatwater beschikbaar is zodat extra beregenen niet nodig is en de verdampingsreductie minimaal blijft. De waterinlaat is dan 10 mm meer (W4 t.o.v. W2) en de actuele verdamping is 1 mm hoger. De effectiviteit van 12% voor waterinlaat geldt ook bij een vergrote inlaatcapaciteit bij klimaat W+.

Wanneer de effectiviteit wordt berekend ten opzichte van de huidige situatie (scenario H2) is de effectiviteit van beregenen 34% en met klimaat W+ ten opzichte van het vergelijkbare scenario W2 is de effectiviteit 26%.

Beregenen uit grondwater is efficiënt om vochttekorten op te vangen. Ook in cruciale perioden waarin bijvoorbeeld zaden ontkiemen biedt beregenen voordelen. In de praktijk zal uitgebreide beregening niet overal mogelijk zijn door bijvoorbeeld de aanwezigheid van kwetsbare natuurgebieden of een ongeschikte samenstelling van het grondwater. Daar is hier verder geen rekening mee gehouden.

Het creëren van extra oppervlaktewater door bijvoorbeeld waterlopen te verbreden of in onbruik geraakte wijken te benutten heeft weinig zin als het peil niet teveel mag uitzakken. Afgezien van een grotere verdamping zou bijvoorbeeld een kilometer lange waterloop die 10 meter verbreed wordt, waar het peil 0,2 m mag worden verlaagd⁵, een extra hoeveelheid water leveren van $1\ 000 \times 10 \times 0,2 = 2\ 000\ \text{m}^3$. Een bergingsgebied van die omvang (1 ha) met een efficiëntie van 75% en een waterdiepte van 1,2 m levert $10\ 000 \times 0,75 \times 1,2 = 9\ 000\ \text{m}^3$ (4,5 x zoveel).

Berging in kleine gebieden, geïntegreerd in bestaande landbouwbedrijven, is vaak niet effectief of haalbaar, bijvoorbeeld bij een versnipperd kavelpatroon of wanneer er in alle bedrijfspercelen forse wegzijging optreedt. Volgens een onderzoek van Van Bakel et al. (2009) zijn de kosten per m^3 water voor de aanleg van een bergingsgebied op bedrijfsniveau € 0,90 en voor de beregeningsinstallatie € 0,40, samen € 1,30. Met een efficiëntie van 35% (efficiëntie bergingsgebied x beregeningsefficiëntie) levert deze investering € 0,35 op voor grasland op en € 0,70 voor akkerbouw. Op dit moment is beregenen in economisch opzicht alleen rendabel voor intensieve teelten, bijvoorbeeld bij volle grondtuinbouw waar de baten € 3,50 zijn. Klimaatverandering, waardoor water schaarser wordt, en lagere opbrengsten, b.v. door beëindiging van subsidies bij introductie van het nieuwe Europese landbouwbeleid (GLB) in 2013, kunnen daar verandering in brengen.

De beschouwde maatregelen zijn gebaseerd op het plan *De Verscholen Bron*. Daarnaast zijn er nog andere maatregelen denkbaar. Naast de drie retentiegebieden in het Hunzedal en de nog niet onderzochte mogelijk heden in het Bargerveen kan water worden vastgehouden op het Drents Plateau. Verhogen van het ontwateringsniveau is een andere optie. Ook kan geprobeerd worden de effectiviteit van de bergingsgebieden te vergroten. In de scenario's ligt dat rond de 75% en met klimaat W+ op ongeveer 65%. Anderzijds kan het beleid ook gericht worden op maatregelen die de watervraag in de zomer verminderen zoals peilgestuurde drainage en het opgeven van marginale landbouwgebieden.

Voor deze eerste analyse naar de rendement van maatregelen is uitgegaan van situaties waarbij geen beperkingen gelden. Ze zijn gebiedsdekkend en zonder randvoorwaarden inzetbaar. In de praktijk zal dat niet het geval zijn. Deelgebieden kunnen ongeschikt zijn voor bijvoorbeeld bergingsgebieden of beregenen uit grondwater. Dan zal meer gezocht moeten worden naar combinaties van maatregelen.

⁵ Met de efficiëntie is geen rekening gehouden. Dit komt er op neer dat de efficiëntie hier 100% is.

Conclusies

De inzet van waterbergingsgebieden die in het plan *De Verscholen Bron* worden genoemd biedt hydrologisch gezien goede perspectieven om de Veenkoloniën onafhankelijk(er) te maken van wateraanvoer vanuit het IJsselmeer.

Waterbergingsgebieden zijn waterplassen waar minimaal tot het niveau van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) oppervlaktewater in voorkomt. Ze hebben waterberging als primair doel, maar een groter areaal oppervlaktewater is eveneens gunstig voor piekberging. Ook zijn waterbergingsgebieden geschikt voor nevenfuncties. Ze kunnen op bedrijfsniveau of op regionaal niveau worden aangelegd. Voor regionale bergingsgebieden is uitgegaan van oppervlakten van 100 - 300 ha en een effectieve waterdiepte van 1,2 m. Als 10,8% van de oppervlakte van de Veenkoloniën op die wijze van bergingsgebieden wordt voorzien kan de waterinlaat voor een gemiddeld jaar bij het extreme klimaatscenario W+ worden gecompenseerd. Om bij dat klimaatscenario ook in een droog jaar over voldoende water te kunnen beschikken, is 12,7% van de oppervlakte nodig. Voor bergingsgebieden op bedrijfsniveau zijn vergelijkbare oppervlaktepercentages nodig, maar zal het moeilijker zijn om dit op alle bedrijven te realiseren. Berging in kleine gebieden, geïntegreerd in bestaande landbouwbedrijven, is vaak niet haalbaar. In economisch opzicht is waterberging het minst rendabel voor beregening van grasland (€ 0,27 aan baten per € 1,00 aan kosten⁶) (Van Bakel et al. (2009). Bergingsgebieden zijn alleen rendabel voor intensieve teelten. De kosten/batenanalyse die is uitgevoerd voor bergingsgebieden op bedrijfsniveau zal voor de regionale bergingsgebieden niet wezenlijk anders zijn. Dit kan in de toekomst veranderen als water schaarser wordt of opbrengsten verminderen.

Een andere optie uit het plan *De Verscholen Bron*, die in dit onderzoek niet in een scenario is doorgerekend, is water in de winter vasthouden in enkele gebieden in het Hunzedal. Geschikte vasthoudplekken zijn beperkt tot de randen van de Veenkoloniën. De effectiviteit van retentiegebieden zal vergelijkbaar zijn met bergingsgebieden mits er geen beperking zou zijn om de waterafvoer te blokkeren. In de praktijk zal dat niet het geval zijn gezien andere waterclaims in het Hunzedal, zodat de effectiviteit ervan minder dan de helft zal bedragen vergeleken met waterbergingsgebieden. Retentiegebieden alleen kunnen niet de hele waterinlaat compenseren.

Het moet zoveel mogelijk worden voorkomen dat water uit vasthoud- of bergingsgebieden gebruikt wordt voor handhaving van het oppervlaktewaterpeil en voor infiltratie naar het grondwater. Met klimaat W+ wordt daar een substantieel deel van het extra inlaatwater voor gebruikt, en dat komt de efficiëntie voor de planten niet ten goede. Beregenen met water uit deze retentiegebieden verdient wat de efficiëntie aangaat de voorkeur, maar dan zal het water via sloten naar de te beregenen percelen moeten worden getransporteerd. Zaak is dan dat die sloten (tijdelijk) van de overige waterlopen kunnen worden afgesloten.

Het gebruik van inlaatwater kan worden verminderd als beregening met grondwater op uitgebreidere schaal wordt toegepast. In alle scenario's is met de bestaande beregening gerekend die bescheiden van omvang is. In een extra scenario (klimaat W+, geen waterinlaat, wel waterbergingsgebieden) is uitgebreide beregening met grondwater toegestaan. De bergingsgebieden compenseren 29% van de waterinlaat (tabel 3.4). Met 197 mm extra beregening zou de verdamping, die ook min of meer als maat voor de opbrengst kan worden gezien, met 18,4% toenemen ten opzichte van de huidige situatie.

⁶ Voor akkerbouw zijn de baten € 0,54.

Beregenen uit grondwater is efficiënter dan het inlaten van water. De effectiviteit van beregenen ligt bij klimaat W+ ruim een factor 2 à 3 hoger dan van waterinlaat. Een nadeel van beregenen is dat het de grondwaterhydrologie beïnvloedt en niet voorkomt dat het peil in (natte) natuurgebieden en in primaire waterlopen uitzakt.

Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met bijkomende factoren die de gewasgroei beïnvloeden. Bij droogte kunnen gewassen niet ontkiemen, sterven af of zijn vatbaar voor ziekten waardoor de gewasopbrengst en de actuele verdamping voor de rest van het groeiseizoen achterblijft. Dit speelt bij watervasthouden en waterbergen. Beregenen heeft als voordeel dat de landbouwgewassen heel gericht van een optimale hoeveelheid water kunnen worden voorzien. Het nadeel van beregenen uit oppervlaktewater is dat het peil in (natte) natuurgebieden en in primaire waterlopen en kanalen uitzakt.

De berekende benodigde oppervlakten en volumes van de bergingsgebieden zijn gebaseerd op de hoeveelheden die nu vanuit het IJsselmeer worden aangevoerd. Tussen waterinlaat en wateropname door de plantenwortels kunnen, zeker bij toenemende wateraanvoerbehoefte door klimaatverandering, verschillende knelpunten voorkomen (inlaatcapaciteit, infrastructuur van de waterlopen, infiltratie vanuit sloot naar de bodem, capillaire opstijging). Met verspreide waterbergingsgebieden kan de waterverdeling over de Veenkoloniën beter verlopen waardoor de gewassen meer water opnemen. Ook als er optimaal beregend wordt zal de wateropname toenemen. Dit komt de landbouwproductie ten goede, maar genereert wel een extra watervraag.

Literatuur

Aequator, 2009. *Elke druppel water benutten. De Waterhouderij als waterbeheerder in de regio.* InnovatieNetwerk en TransForum. <www.innovatienetwerk.org>

Agenda voor de Veenkoloniën, 2008. Wonen, werken, recreëren in een kansrijke en unieke open ruimte.

Arcadis, 2007. *Gebiedsprogramma 2008-2012.* Agenda voor de Veenkoloniën.

Bakel, P.J.T. van, A. Poelman, N. Kielen en J. Hoogewoud, 2009. Waterreservoirs op bedrijfsniveau alternatief voor zoetwatervoorziening landbouw? *H2O* 2007 (18): 43-46.

Droogers, P., 2008. Wateropgave droogte Waterschap Hunze en Aa's: Westerwolde. Wageningen, Future Water.

Ernst, L.F., 1978. Drainage of undulating sandy soils with high groundwater tables. A drainage formula based on a constant hydraulic head ratio. *Journal of Hydrology* 39, pp. 1-30.

Gaast J.W.J. van der en H.Th.L. Massop, 2008. De hydrologie voor het beheergebied van waterschap Velt en Vecht. Een karakterisering op basis van karteerbare kenmerken. Wageningen, Alterra-rapport 1686.

Gaast J.W.J. van der en H.Th.L. Massop, 2009. Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte. Analyse van de waterbeschikbaarheid rekening houdend met de freatische grondwaterstand en bodem. Wageningen, Alterra-rapport 1791.

Jansen P.C., E.P. Querner en C. Kwakernaak, 2007. Effecten van waterpeilstrategieën in veengebieden. Een scenariostudie in het gebied rond Zegveld. Wageningen. Alterra rapport 1516.

KNMI, 2008. *Klimaatscenario's 2006.* <www.KNMI.nl>

Ministerie van erkeer en Waterstaat, 2009. *Het Nationaal Waterplan.* 's-Gravenhage.

Nieuwenhuize, L. van, 2005. De verscholen bron. Een perspectief voor het veenkoloniale gebied in 2050. Utrecht, H+N+S Landschapsarchitecten.

Querner, E.P. en P.J.T. van Bakel, 1989. *Description of the regional groundwater flow model SIMGRO.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, report 7.

Querner, E.P., M. Rakhorst, A.G.M. Hermans en S. Hoegen, 2005. Verkenning van mogelijkheden om water vast te houden op het Drents Plateau : pilot noord west Drentse beken. Alterra rapport 1240. Wageningen.

Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen, P.J.T. van Bakel, F.J.E. van der Bolt, P.E. Dik, P. Groenendijk, E.P. Querner en M.F.R. Smit, 2004. *SIMGRO 5.0.1, Theory and model implementation.* Alterra-Report 913.1. Wageningen.

Wanink, J., R. Torenbeek, H. Wanningen en R. van Veen, 2010. Oppervlaktewater in Drenthe wordt warmer. *H2O* 2010 (18): 45-48.

Wit, A.J.W. de, Th.G.C. van der Heijden en H.A.M. Thunnissen, 1999. *Vervaardiging en nauwkeurigheid van het LGN3-grondgebruiksbestand*. DLO-Staring Centrum. Rapport 663. Wageningen.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte, 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nedeland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra rapport 153. Wageningen.

Bijlage 1 Wateraanvoer, actuele verdamping en berekening voor verschillende scenario's

HUIDIG KLIMAAT - WATERAANVOER

periode opp(ha)	aanvoer max.2,0mm/dag					aanvoer max.0,5mm/dag					geen aanvoer				
	Veende	Vennix	T Apelt	Z Drenl	Totaal	Veende	Vennix	T Apelt	Z Drenl	Totaal	Veende	Vennix	T Apelt	Z Drenl	Totaal
2001 1 jan-1 apr	1.5	5.4	8.8	7.5		0.8	2.3	2.8	2.7		0	0	0	0	
2001 1 apr-15mei	12.5	7.2	9.1	6.1		6.4	3.2	4.1	2.6		0	0	0	0	
2001 15 mei-1 jul	16.3	11.8	13.9	8.2		9.8	6.4	7.4	3.9		0	0	0	0	
2001 1 jul-15 aug	15.4	14.2	16.6	10.4		10.2	8.3	9.2	5.7		0	0	0	0	
2001 15 aug-1 okt	5.4	6.4	8	5		4.4	4	4.6	2.3		0	0	0	0	
2001 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2001 totaal (mm)	51.1	45	56.4	37.3	45	31.5	24.2	28.1	17.2	23.9	0	0	0	0	0
2001 totaal (10 ⁶ m ³)	10.06	7.18	4.83	10.56	32.63	6.2	3.86	2.41	4.87	17.34	0	0	0	0	0
						Veende Vennix T Apelt Z Drenthe									
2002 1 jan-1 apr	1	3.6	6.4	6.5		0.3	1.7	2.3	2.5		0	0	0	0	
2002 1 apr-15mei	12.3	8.2	9	7		5.7	3.6	4	3		0	0	0	0	
2002 15 mei-1 jul	20.5	14	17.7	9.5		11.7	7.8	9	5		0	0	0	0	
2002 1 jul-15 aug	23.9	16.6	21.2	11		14.6	9.9	10.6	6.6		0	0	0	0	
2002 15 aug-1 okt	19.9	17.1	22	11		13.8	10	11.3	6.8		0	0	0	0	
2002 1 okt-31 dec	1	4	7.4	6.8		0.6	2	2.6	2.6		0	0	0	0	
2002 totaal (mm)	78.6	63.4	83.7	51.7	65.4	46.8	34.9	39.9	26.5	35.4	0	0	0	0	0
2002 totaal (10 ⁶ m ³)	15.47	10.12	7.17	14.65	47.41	9.2	5.57	3.42	7.51	25.7	0	0	0	0	0
2003 1 jan-1 apr	1.9	5.9	8.9	7.7		1.4	2.6	2.9	2.9		0	0	0	0	
2003 1 apr-15mei	21.8	13.1	14.2	10.7		9.4	6.9	6.3	5.4		0	0	0	0	
2003 15 mei-1 jul	18	14.4	17.2	9.8		10.8	8	8.7	5		0	0	0	0	
2003 1 jul-15 aug	38.1	26	31.7	20.9		17.2	14.1	13.5	12.4		0	0	0	0	
2003 15 aug-1 okt	31.7	27.3	30.7	22.6		17.6	15.2	14.4	13.8		0	0	0	0	
2003 1 okt-31 dec	3.8	9.2	11.7	8.8		3.7	5.9	5.2	3.7		0	0	0	0	
2003 totaal (mm)	115.2	95.8	114.4	80.5	97.3	60.1	52.8	51.1	43.3	50.8	0	0	0	0	0
2003 totaal (10 ⁶ m ³)	22.67	15.29	9.8	22.81	70.57	11.82	8.42	4.38	12.26	36.88	0	0	0	0	0
2004 1 jan-1 apr	1.2	4.2	7.8	7.2		1.2	2.3	2.7	2.7		0	0	0	0	
2004 1 apr-15mei	20.2	10.8	13.2	8.7		8.9	5.3	6.1	4.1		0	0	0	0	
2004 15 mei-1 jul	31.4	19.9	25.5	14.6		15.8	11.5	11.9	8.6		0	0	0	0	
2004 1 jul-15 aug	14.3	13.9	16.8	9.4		11.3	8.9	9.9	5.9		0	0	0	0	
2004 15 aug-1 okt	11	12.3	15.7	7.6		8.3	7.3	9.4	4.1		0	0	0	0	
2004 1 okt-31 dec	8.4	21.5	24	19.5		8.1	13.9	12.3	8.2		0	0	0	0	
2004 totaal (mm)	86.5	82.6	103	67	80	53.5	49.2	52.3	33.6	44.6	0	0	0	0	0
2004 totaal (10 ⁶ m ³)	17.02	13.18	8.83	18.99	58.02	10.53	7.84	4.48	9.53	32.38	0	0	0	0	0

Huidig klimaat – actuele verdamping

periode opp(ha)	aanvoer max.2,0mm/dag					aanvoer max.0,5mm/dag					geen aanvoer				
	Veende	Vennix	T Apelk	Z Dreni	Totaal	Veende	Vennix	T Apelk	Z Dreni	Totaal	Veende	Vennix	T Apelk	Z Dreni	Totaal
	19671	15951	8572	28342	72536	19671	15951	8572	28342	72536	19671	15951	8572	28342	72536
2001 1 jan-1 apr	44.7	45.9	46.3	45.2		44.7	45.9	46.3	45.2		44.7	45.9	46.3	45.2	
2001 1 apr-15mei	76.7	81.1	81	76		76.6	81	80.9	75.9		76.6	81	80.8	75.9	
2001 15 mei-1 jul	134.3	136.5	139.5	133		134	136.1	139.1	132.7		133.6	135.8	138.7	132.6	
2001 1 jul-15 aug	136	137	136.6	132.8		135.4	136.4	135.7	132.5		134.6	135.8	134.8	132.2	
2001 15 aug-1 okt	78.9	82.1	80.3	80.4		78.9	82.1	80.2	80.4		78.8	82	80.1	80.3	
2001 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2001 totaal (mm)	470.6	482.7	483.7	467.3	473.5	469.7	481.6	482.2	466.7	472.6	468.4	480.5	480.6	466.2	471.7
2001 totaal (10 ⁶ m ³)	92.57	77	41.46	132.5	343.5	92.39	76.83	41.33	132.3	342.8	92.14	76.64	41.2	132.1	342.1
2002 1 jan-1 apr	53.3	56.1	56.2	54.4		53.3	56.1	56.2	54.4		53.3	56.1	56.2	54.4	
2002 1 apr-15mei	59.4	63.6	63.3	57.8		59.4	63.5	63.2	57.8		59.3	63.5	63.2	57.7	
2002 15 mei-1 jul	126.3	128.3	131.9	123.9		125.7	127.8	131.3	123.5		125.1	127.3	130.5	123.3	
2002 1 jul-15 aug	121.8	124.4	122.1	122.8		121.2	124	121.4	122.6		120.2	123.5	120.6	122.4	
2002 15 aug-1 okt	78.4	80.3	77	78.5		77.6	79.6	75.8	78.3		76.6	78.7	74.4	77.9	
2002 1 okt-31 dec	41.8	44.2	42.9	43.1		41.8	44.1	42.9	43.1		41.8	44.1	42.9	43.1	
2002 totaal (mm)	481	496.8	493.3	480.6	485.7	478.9	495.3	490.8	479.6	484.2	476.3	493.3	487.8	478.8	482.4
2002 totaal (10 ⁶ m ³)	94.61	79.24	42.28	136.2	352.3	94.21	79	42.07	135.9	351.2	93.69	78.68	41.81	135.7	349.9
2003 1 jan-1 apr	41.9	45.4	43.5	42		41.9	45.4	43.4	41.9		41.8	45.4	43.4	41.9	
2003 1 apr-15mei	70.2	74.3	73.9	66.4		70	74.1	73.7	66.3		69.9	73.9	73.5	66.2	
2003 15 mei-1 jul	137.5	140.4	143.9	134.8		135.7	139.1	141.7	134.1		133.5	137.4	139.4	133.2	
2003 1 jul-15 aug	123.9	128.5	126.6	124.3		118.5	124.9	121.4	122.2		113.1	120.5	116.4	119.7	
2003 15 aug-1 okt	65.7	68.7	66.2	64.6		63.7	67.1	64.3	63.7		61.8	65.3	62.5	62.5	
2003 1 okt-31 dec	36.1	38.3	37.6	36.6		36.1	38.2	37.6	36.6		36.1	38.2	37.6	36.6	
2003 totaal (mm)	475.3	495.5	491.8	468.8	479.1	465.9	488.9	482.1	464.8	472.4	456.1	480.7	472.7	460.2	465.1
2003 totaal (10 ⁶ m ³)	93.49	79.04	42.15	132.9	347.6	91.65	77.99	41.33	131.7	342.7	89.72	76.67	40.52	130.4	337.3
2004 1 jan-1 apr	43.4	45.2	44.5	43.1		43.4	45.2	44.4	43.1		43.4	45.2	44.4	43.1	
2004 1 apr-15mei	63.4	67.8	67.4	60.8		63.2	67.8	67.1	60.6		62.9	67.5	66.8	60.5	
2004 15 mei-1 jul	118.6	123.4	126.8	119.7		116.1	122.2	124.3	119		113.6	120.5	121.9	118.2	
2004 1 jul-15 aug	132.8	135.5	133.3	133.3		130.8	134.1	131	132.6		127.7	132	128.4	131.3	
2004 15 aug-1 okt	75.4	80.7	77.7	77.9		75.3	80.6	77.6	77.9		75.1	80.3	77.3	77.8	
2004 1 okt-31 dec	79.2	83.8	81.8	80.2		79.2	83.8	81.8	80.2		79.1	83.8	81.7	80.1	
2004 totaal (mm)	512.9	536.6	531.5	515	521.1	508	533.7	526.2	513.3	517.9	501.9	529.3	520.4	511	513.7
2004 totaal (10 ⁶ m ³)	100.9	85.59	45.56	146	378	99.92	85.13	45.1	145.5	375.6	98.73	84.43	44.61	144.8	372.6

Huidig klimaat - berekening

periode opp(ha)	aanvoer max.2,0mm/dag					aanvoer max.0,5mm/dag					geen aanvoer									
	Veende	Vennix	T	Apelk	Z Drenl	Totaal	Veende	Vennix	T	Apelk	Z Drenl	Totaal	Veende	Vennix	T	Apelk	Z Drenl	Totaal		
	19671	15951	8572	28342	72536		19671	15951	8572	28342	72536		19671	15951	8572	28342	72536			
2001 1 jan-1 apr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001 1 apr-15mei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001 15 mei-1 jul	0.1	1.2	0.1	0.3		0.1	1.3	0.1	0.3		0.1	1.4	0.1	0.3		0.1	1.4	0.1	0.3	
2001 1 jul-15 aug	0.1	1.7	0.2	0.4		0.1	1.8	0.2	0.4		0.1	1.9	0.2	0.4		0.1	1.9	0.2	0.4	
2001 15 aug-1 okt	0	0.4	0	0.1		0	0.4	0	0.1		0	0.5	0	0.1		0	0.5	0	0.1	
2001 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2001 totaal (mm)	0.2	3.3	0.3	0.8	1.1	0.2	3.5	0.3	0.8	1.2	0.3	3.8	0.3	0.8	1.2	0.3	3.8	0.3	0.8	1.2
2001 totaal (10 ⁶ m ³)	0.05	0.52	0.03	0.21	0.81	0.05	0.56	0.03	0.22	0.85	0.05	0.61	0.03	0.22	0.91	0.05	0.61	0.03	0.22	0.91
2002 1 jan-1 apr	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2002 1 apr-15mei	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2002 15 mei-1 jul	0.1	1.7	0.1	0.3		0.1	1.7	0.1	0.3		0.1	1.8	0.1	0.3		0.1	1.8	0.1	0.3	
2002 1 jul-15 aug	0.1	1.5	0.1	0.3		0.1	1.7	0.1	0.3		0.1	1.8	0.1	0.3		0.1	1.8	0.1	0.3	
2002 15 aug-1 okt	0.1	0.7	0.1	0.1		0.1	0.8	0.1	0.1		0.1	0.9	0.1	0.1		0.1	0.9	0.1	0.1	
2002 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2002 totaal (mm)	0.3	3.9	0.2	0.7	1.2	0.3	4.2	0.2	0.7	1.3	0.3	4.5	0.2	0.7	1.4	0.3	4.5	0.2	0.7	1.4
2002 totaal (10 ⁶ m ³)	0.06	0.62	0.02	0.19	0.88	0.06	0.67	0.02	0.19	0.94	0.07	0.72	0.02	0.2	1	0.07	0.72	0.02	0.2	1
2003 1 jan-1 apr	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2003 1 apr-15mei	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2003 15 mei-1 jul	0.2	2.8	0.2	0.5		0.2	3	0.2	0.5		0.2	3.2	0.3	0.6		0.2	3.2	0.3	0.6	
2003 1 jul-15 aug	0.4	4.7	0.4	0.9		0.4	5	0.5	0.9		0.4	5.2	0.5	1		0.4	5.2	0.5	1	
2003 15 aug-1 okt	0.1	1.3	0.1	0.3		0.1	1.5	0.2	0.3		0.2	1.5	0.2	0.3		0.2	1.5	0.2	0.3	
2003 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2003 totaal (mm)	0.7	8.8	0.8	1.7	2.9	0.8	9.4	0.9	1.8	3.1	0.8	9.9	0.9	1.9	3.2	0.8	9.9	0.9	1.9	3.2
2003 totaal (10 ⁶ m ³)	0.14	1.41	0.07	0.49	2.11	0.15	1.5	0.07	0.51	2.23	0.16	1.58	0.08	0.53	2.35	0.16	1.58	0.08	0.53	2.35
2004 1 jan-1 apr	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2004 1 apr-15mei	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2004 15 mei-1 jul	0.2	2.3	0.2	0.4		0.2	2.4	0.2	0.4		0.2	2.6	0.2	0.4		0.2	2.6	0.2	0.4	
2004 1 jul-15 aug	0.2	2.3	0.2	0.4		0.2	2.5	0.2	0.5		0.2	2.7	0.2	0.5		0.2	2.7	0.2	0.5	
2004 15 aug-1 okt	0	0.1	0	0		0	0.1	0	0		0	0.1	0	0		0	0.1	0	0	
2004 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2004 totaal (mm)	0.3	4.7	0.4	0.8	1.5	0.4	5	0.4	0.9	1.6	0.4	5.5	0.4	0.9	1.7	0.4	5.5	0.4	0.9	1.7
2004 totaal (10 ⁶ m ³)	0.07	0.74	0.03	0.24	1.08	0.07	0.8	0.03	0.25	1.16	0.08	0.87	0.03	0.26	1.24	0.08	0.87	0.03	0.26	1.24

Klimaat W+ - wateraanvoer

periode opp(ha)	aanvoer max.2,0mm/dag					aanvoer max.0,5mm/dag					geen aanvoer				
	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal
	19671	15951	8572	28342	72536	19671	15951	8572	28342	72536	19671	15951	8572	28342	72536
2001 1 jan-1 apr	1.3	5	8.5	7.3		0.6	2.2	2.7	2.6		0	0	0	0	
2001 1 apr-15mei	16.7	8.7	11	7.2		7.9	4.1	5.1	3.2		0	0	0	0	
2001 15 mei-1 jul	28.2	18.4	21.9	13.2		14.8	10.1	10.7	7		0	0	0	0	
2001 1 jul-15 aug	34.1	25	30	21		17.2	13.9	13.7	12.6		0	0	0	0	
2001 15 aug-1 okt	18.4	15.9	18.8	12		13.3	10.4	11.1	8.2		0	0	0	0	
2001 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2001 totaal (mm)	98.7	72.9	90.2	60.7	77.2	53.7	40.6	43.2	33.7	41.8	0	0	0	0	0
2001 totaal (10 ⁶ m ³)	19.42	11.62	7.73	17.21	55.98	10.57	6.47	3.7	9.55	30.3	0	0	0	0	0
2002 1 jan-1 apr	0.9	3.2	5.9	6.2		0.3	1.5	2.2	2.4		0	0	0	0	
2002 1 apr-15mei	15	9.2	10.4	7.8		7.2	4.1	4.7	3.5		0	0	0	0	
2002 15 mei-1 jul	28.8	19	22.8	13.7		14.3	10.4	10.8	7.3		0	0	0	0	
2002 1 jul-15 aug	38.3	26.1	32.6	21.8		17.7	14.5	13.9	13.1		0	0	0	0	
2002 15 aug-1 okt	37.3	27.4	35.3	23.4		18.8	15.8	14.6	14.8		0	0	0	0	
2002 1 okt-31 dec	1.5	5.9	8.6	7.4		1.8	3.8	3.6	2.9		0	0	0	0	
2002 totaal (mm)	121.9	90.8	115.5	80.2	98	60	50.2	49.8	44.1	50.4	0	0	0	0	0
2002 totaal (10 ⁶ m ³)	23.97	14.48	9.9	22.73	71.09	11.81	8	4.27	12.49	36.58	0	0	0	0	0
2003 1 jan-1 apr	1.7	5.6	8.6	7.5		1.3	2.6	2.9	2.9		0	0	0	0	
2003 1 apr-15mei	25.5	15.2	16.3	12.7		10.3	8.1	7.4	6.4		0	0	0	0	
2003 15 mei-1 jul	27.8	20.1	23.8	14.5		14.6	11.1	11.1	8.3		0	0	0	0	
2003 1 jul-15 aug	44.8	32.7	38.3	27		18.4	16.1	14.8	14.8		0	0	0	0	
2003 15 aug-1 okt	41.6	34.3	38.9	29.8		19.3	17.2	15.6	16.3		0	0	0	0	
2003 1 okt-31 dec	6.8	12.4	14.3	10.9		6.2	8.6	7.4	5.6		0	0	0	0	
2003 totaal (mm)	148.2	120.4	140.3	102.4	123.3	70.2	63.7	59.2	54.2	61.2	0	0	0	0	0
2003 totaal (10 ⁶ m ³)	29.15	19.2	12.03	29.03	89.4	13.81	10.16	5.08	15.36	44.4	0	0	0	0	0
2004 1 jan-1 apr	1.1	3.8	7.2	7		1.2	2.3	2.7	2.7		0	0	0	0	
2004 1 apr-15mei	22.3	12	14.7	9.9		9.4	6.2	6.7	4.7		0	0	0	0	
2004 15 mei-1 jul	37.5	24.4	30.1	18.9		16.8	13.3	13	11		0	0	0	0	
2004 1 jul-15 aug	30.5	24.6	29.7	20.7		17	13.9	13.9	12.8		0	0	0	0	
2004 15 aug-1 okt	25.8	22.9	30.1	18.5		16.9	14.2	14.3	13.1		0	0	0	0	
2004 1 okt-31 dec	14.4	28.9	30.1	23.2		13.7	19.2	18.6	11.5		0	0	0	0	
2004 totaal (mm)	131.7	116.6	142	98.1	116.5	75.1	69	69.2	55.8	65.5	0	0	0	0	0
2004 totaal (10 ⁶ m ³)	25.9	18.6	12.17	27.82	84.49	14.77	11.01	5.93	15.81	47.52	0	0	0	0	0

Klimaat W+ - actuele verdamping

periode opp(ha)	aanvoer max.2,0mm/dag					aanvoer max.0,5mm/dag					geen aanvoer				
	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal
	19671	15951	8572	28342	72536	19671	15951	8572	28342	72536	19671	15951	8572	28342	72536
2001 1 jan-1 apr	51.3	52.5	53	51.7		51.3	52.5	53.1	51.7		51.3	52.5	53.1	51.7	
2001 1 apr-15mei	86.9	91.8	92.1	86.2		86.8	91.7	91.9	86.1		86.7	91.6	91.7	86	
2001 15 mei-1 jul	145.6	148.1	152.3	141.7		143.6	146.8	150.5	141		141.8	145.4	148.8	140.2	
2001 1 jul-15 aug	145	146.3	145.1	141		142.1	144.3	142.2	140		138.9	142	139.4	138.6	
2001 15 aug-1 okt	88.9	91.9	89.9	90.2		88.2	91.3	89	90		87.1	90.3	87.9	89.5	
2001 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2001 totaal (mm)	517.7	530.5	532.5	510.9	519.6	512	526.5	526.7	508.8	515.7	505.8	521.7	520.9	506	511.2
2001 totaal (10 ⁶ m ³)	101.8	84.62	45.65	144.8	376.9	100.7	83.98	45.15	144.2	374	99.5	83.22	44.65	143.43	370.79
2002 1 jan-1 apr	61.1	64.2	64.4	62.3		61	64.2	64.4	62.3		61	64.2	64.4	62.3	
2002 1 apr-15mei	67.9	72.4	72.5	65.8		67.9	72.4	72.4	65.7		67.8	72.3	72.2	65.7	
2002 15 mei-1 jul	132.8	136.4	140.6	130.4		130.3	135.1	138.3	129.5		127.5	133.5	135.8	128.5	
2002 1 jul-15 aug	128.2	132.1	129.9	129.8		124.5	130.1	126.6	128.7		120.8	127.6	123.5	127.1	
2002 15 aug-1 okt	83.5	83.1	79.4	82.6		80.1	80.8	75.3	81.4		76.9	78.1	71.8	79.6	
2002 1 okt-31 dec	47.8	50.5	48.8	49.4		47.8	50.5	48.8	49.4		47.8	50.5	48.8	49.4	
2002 totaal (mm)	521.3	538.8	535.6	520.3	526.5	511.6	533	525.9	517	520.1	501.9	526.1	516.6	512.4	513.1
2002 totaal (10 ⁶ m ³)	102.6	85.95	45.91	147.5	381.9	100.6	85.02	45.08	146.5	377.3	98.73	83.92	44.28	145.24	372.17
2003 1 jan-1 apr	48.1	52	49.8	48		48	51.9	49.6	48		47.9	51.9	49.5	47.9	
2003 1 apr-15mei	78.4	83.1	83.6	74.1		78.3	82.8	83.2	73.8		78	82.3	82.8	73.6	
2003 15 mei-1 jul	140.6	144.7	147.1	136.9		135.5	141.4	142.1	135		130.7	137.2	137.2	132.4	
2003 1 jul-15 aug	116.3	120.5	117.7	117.6		106	113.7	108.3	113.3		98.2	106.7	101	108.4	
2003 15 aug-1 okt	70	72.2	69.8	68		66.3	69.2	66.1	65.9		63.3	66.2	63.4	63.5	
2003 1 okt-31 dec	41.4	43.7	43.1	41.8		41.4	43.6	43.1	41.8		41.3	43.5	43	41.8	
2003 totaal (mm)	494.9	516.2	511.1	486.5	498.2	475.4	502.6	492.4	477.9	484.4	459.4	487.8	476.8	467.7	471
2003 totaal (10 ⁶ m ³)	97.34	82.33	43.81	137.9	361.4	93.53	80.16	42.21	135.4	351.3	90.38	77.81	40.87	132.56	341.62
2004 1 jan-1 apr	49.8	51.7	51	49.4		49.7	51.7	51	49.4		49.7	51.7	50.9	49.3	
2004 1 apr-15mei	71	76.3	76.4	68.3		70.6	76	75.8	68.1		70.2	75.5	75.3	67.9	
2004 15 mei-1 jul	123.4	129.7	133.6	124.8		118.6	127.3	129.2	123.2		114.6	124	124.9	121.3	
2004 1 jul-15 aug	142.4	142.9	140.8	141.1		137.3	139.4	135.7	139		132.9	135.3	131.2	136.3	
2004 15 aug-1 okt	85.1	89.7	86.9	87.8		84.4	88.7	85.7	87.6		83.5	87.3	84.2	87.2	
2004 1 okt-31 dec	90.7	95.5	93.6	91.7		90.5	95.4	93.5	91.6		90.5	95.4	93.4	91.6	
2004 totaal (mm)	562.5	585.8	582.3	563	570.2	551.2	578.4	571	558.9	562.5	541.5	569.2	559.9	553.6	554.5
2004 totaal (10 ⁶ m ³)	110.7	93.44	49.91	159.6	413.6	108.4	92.26	48.94	158.4	408	106.51	90.78	48	156.9	402.19

Klimaat W+ - berekening

periode opp(ha)	aanvoer max.2,0mm/dag					aanvoer max.0,5mm/dag					geen aanvoer				
	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal	Veenda	Vennix	T Apele	Z Drent	Totaal
	19671	15951	8572	28342	72536	19671	15951	8572	28342	72536	19671	15951	8572	28342	72536
2001 1 jan-1 apr	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2001 1 apr-15mei	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2001 15 mei-1 jul	0.2	2.3	0.2	0.5		0.2	2.4	0.2	0.5		0.2	2.6	0.3	0.5	
2001 1 jul-15 aug	0.2	3	0.3	0.5		0.2	3.1	0.3	0.6		0.2	3.3	0.3	0.6	
2001 15 aug-1 okt	0.1	0.9	0.1	0.1		0.1	1.1	0.1	0.2		0.1	1.2	0.1	0.2	
2001 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2001 totaal (mm)	0.5	6.2	0.6	1.2	2	0.5	6.6	0.6	1.2	2.1	0.5	7	0.7	1.3	2.3
2001 totaal (10 ⁶ m ³)	0.09	0.98	0.05	0.33	1.45	0.1	1.05	0.05	0.34	1.54	0.1	1.12	0.06	0.36	1.64
2002 1 jan-1 apr	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2002 1 apr-15mei	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2002 15 mei-1 jul	0.2	2.9	0.2	0.5		0.2	3	0.2	0.5		0.2	3.1	0.2	0.5	
2002 1 jul-15 aug	0.3	3	0.2	0.5		0.3	3.2	0.3	0.6		0.3	3.4	0.3	0.6	
2002 15 aug-1 okt	0.1	1.3	0.1	0.2		0.1	1.5	0.1	0.2		0.1	1.6	0.1	0.2	
2002 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2002 totaal (mm)	0.5	7.2	0.5	1.2	2.3	0.6	7.7	0.6	1.2	2.4	0.6	8.1	0.7	1.3	2.5
2002 totaal (10 ⁶ m ³)	0.11	1.15	0.05	0.34	1.63	0.12	1.22	0.05	0.35	1.74	0.12	1.29	0.06	0.37	1.84
2003 1 jan-1 apr	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2003 1 apr-15mei	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2003 15 mei-1 jul	0.3	4.3	0.4	0.8		0.3	4.5	0.5	0.9		0.3	4.8	0.5	0.9	
2003 1 jul-15 aug	0.5	6.6	0.6	1.3		0.6	6.9	0.7	1.4		0.6	7.2	0.7	1.4	
2003 15 aug-1 okt	0.2	1.9	0.2	0.4		0.2	2	0.2	0.4		0.2	2.1	0.2	0.5	
2003 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2003 totaal (mm)	1	12.8	1.2	2.5	4.2	1.1	13.4	1.3	2.7	4.4	1.1	14	1.4	2.8	4.6
2003 totaal (10 ⁶ m ³)	0.2	2.04	0.1	0.71	3.05	0.21	2.13	0.11	0.75	3.2	0.21	2.23	0.12	0.78	3.34
2004 1 jan-1 apr	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2004 1 apr-15mei	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2004 15 mei-1 jul	0.2	3.1	0.3	0.6		0.2	3.2	0.3	0.6		0.2	3.5	0.3	0.6	
2004 1 jul-15 aug	0.3	3.6	0.3	0.6		0.3	3.9	0.3	0.7		0.3	4.1	0.4	0.7	
2004 15 aug-1 okt	0	0.2	0	0		0	0.3	0	0		0	0.3	0	0	
2004 1 okt-31 dec	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
2004 totaal (mm)	0.5	6.9	0.6	1.3	2.2	0.5	7.4	0.6	1.3	2.4	0.5	7.9	0.7	1.4	2.5
2004 totaal (10 ⁶ m ³)	0.1	1.1	0.05	0.36	1.61	0.1	1.18	0.06	0.38	1.72	0.11	1.26	0.06	0.4	1.82



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl