



Jan van Bakel, Alterra

Albert Poelman, Adviesburo voor Waterbeheer BV

Neeltje Kielen, Waterdienst Rijkswaterstaat

Jacco Hoogewoud, Deltares

# Waterreservoirs op bedrijfsniveau alternatief voor zoetwatervoorziening landbouw?

**De zoetwatervoorziening van de landbouw in Nederland staat hoog op de beleidsagenda. De verwachting is dat door klimaatveranderingen het neerslagtekort in het groeiseizoen zal toenemen, waardoor extra water nodig is. Tegelijkertijd neemt de kans toe dat het aanbod van oppervlaktewater tijdens droge zomers afneemt en dat beregening met grondwater steeds meer aan banden zal worden gelegd. De Deltacommissie komt zelfs met voorstellen het IJsselmeer nog meer in te zetten als zoetwaterreservoir, door peilopzet en toestaan van meer peilvariatie. In tegenstelling tot de Deltacommissie verbreedt het Rijk het zoeken naar oplossingen voor het zoetwatervraagstuk van alleen kijken naar het aanbod vanuit het hoofwatersysteem naar ook het verkennen van de mogelijkheden voor grotere zelfvoorzienendheid. De vraag die in dit artikel wordt behandeld, is of vasthouden van het neerslagoverschot in zoetwaterbekkens op bedrijfsniveau een redelijk alternatief vormt voor wateraanvoer.**

Gemiddeld ontstaat bij het huidige klimaat in Nederland gedurende het groeiseizoen een neerslagtekort: er valt zo'n 100 millimeter minder neerslag dan er verdamppt. Er zijn echter grote verschillen van jaar tot jaar: van een neerslagoverschot van 100 millimeter in een nat zomerhalfjaar tot een tekort van 300 millimeter in een extreem droog zomerhalfjaar als 1976. Een optredend neerslagtekort wordt voor het grootste gedeelte aangevuld doordat de bodem water kan naleveren dat in de winter daarin is opgeslagen. In droge jaren, en vooral bij bodems met een gering vochtleverend vermogen, is dit echter niet voldoende en treedt, zonder aanvullende watervoorziening, droogteschade op. Agrariërs hebben zich op verschillende manieren aangepast aan deze situatie: zoveel mogelijk water conserveren via actief stuwbeheer (hoewel de effecten hiervan beperkt zijn, doordat de grondwaterstand in het voorjaar voldoende laag moet zijn voor bewerking en berijding en gewasgroei), accepteren van droogteschade, beregening met grond- of oppervlaktewater en eventueel aanpassing van het bouwplan.

Voor beregening is een bron van water nodig. In ruwweg het holocene deel van

Nederland, waar het grondwater te zout is, is aanvoer van zoet water de enige bron en in de rest van Nederland zowel oppervlakte- als grondwater. De leverantiezekerheid van zoet oppervlaktewater is zeker niet overall 100 procent, want in tijden van schaarste wordt de laagstalerende landbouw volgens de zogenoemde Verdringsreeks als eerste gekort. Ook kan de door de Deltacommissie aanbevolen beprijzing van water leiden tot een andere kijk op wateraanvoer als bron van de zoetwatervoorziening voor de landbouw. De leverantiezekerheid van grondwater is fysisch beter gegarandeerd, maar in diverse regio's worden restricties opgelegd aan de onttrekking voor beregening uit grondwater, in verband met de verdroging.

De geschetste situatie kan in de toekomst veranderen, onder meer doordat klimaatverandering vrijwel zeker gaat leiden tot een groter neerslagtekort in het groeiseizoen en lagere afvoeren van Rijn en Maas tijdens droge zomers. Door de Deltacommissie is aan het vraagstuk van de zoetwatervoorziening de nodige aandacht besteed, waarbij het voorstel voor verhoging van het IJsselmeerpeil met 1,5 meter het meest in het oog springt. Van diverse zijden is de haalbaarheid van dit voorstel in twijfel getrokken. En

dus kan de vraag gesteld worden: zijn alternatieven denkbaar om (toekomstige) problemen met de zoetwatervoorziening op te lossen, bijvoorbeeld door het neerslagoverschot van de winter vast te houden in seizoensbergingsreservoirs? Deze vorm van water vasthouden is in het kader van WB21 wel aanbevolen (de trits vasthouden-bergen-aanvoeren), maar er is niet serieus gekeken naar de specifieke uitvoeringsvorm: zoetwaterbekkens op bedrijfsniveau.

Het idee van water opslaan op bedrijfsniveau is overigens niet nieuw (regenwaterbassins bij de glastuinbouw zijn algemeen gebruik), maar werd tot nu toe voor open teelten als onhaalbaar afgewezen vanwege te hoge kosten in verhouding tot de baten. Maar waarom wordt in landen als België en Engeland hieraan dan wel aandacht besteed en is het daar op veel plaatsen al wel gebruikelijk?

Binnen het WaterINNovatieprogramma (van Deltares en Rijkswaterstaat) is deze vraag ook gesteld en is aan Alterra gevraagd een verkenning uit te voeren naar de haalbaarheid van zoetwaterbekkens op bedrijfsniveau.

## Werkwijze en resultaten

Bij de verkenning zijn drie sporen gevolgd:

- een verkenning van (vooral) buitenlandse literatuur en internet (leverde met name schattingen op van aanlegkosten van zoetwaterbekkens en kosten van beregening);
- een 'quick scan'-analyse;
- het uitvoeren van verkennende berekeningen met een hydrologisch model.

Op de laatste twee sporen zal nader worden ingegaan.

### 'Quick scan'-analyse

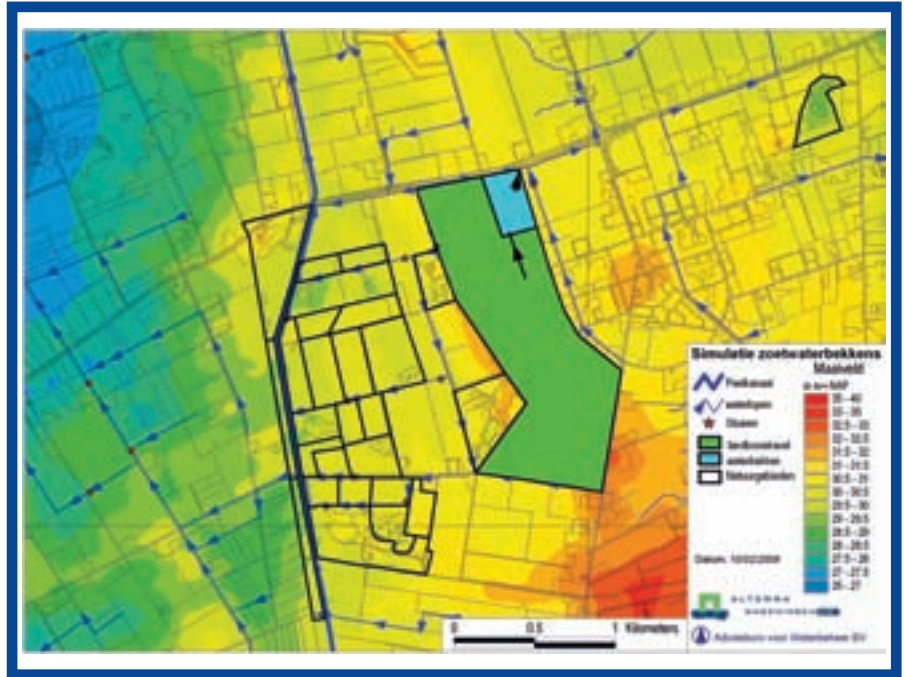
Uitgangspunt van de analyse was de vraag of de aanleg van zoetwaterbekkens voor open teelten een redelijk alternatief is voor de bestaande vormen van zoetwatervoorziening. Bij voorbaat kan gesteld worden dat dit alleen zo is als de zoetwatervoorziening door aanvoer van water niet meer gegarandeerd is of doordat beregening uit grondwater aan banden wordt gelegd. De kostprijs van een kubieke meter water uit een zoetwaterbekken ligt immers in de orde van 0,40 euro (eerste inschatting ontleend aan literatuurgegevens) en dat is aanzienlijk meer dan de huidige prijs van aanvoerwater of de grondwaterheffing. Dus de analyse is teruggebracht tot de vraag: is de aanleg van zoetwaterbekkens voor open teelten rendabel bij ontbreken van betrouwbare andere bronnen van zoetwatervoorziening? Rendabel betekent in dit verband: zijn de jaarlijkse extra baten hoger dan de jaarlijkse extra kosten? Hierna vertaald tot de vraag: zijn de kosten per kubieke meter water uit een zoetwaterbekken die als beregeningswater wordt gebruikt lager dan de opbrengsten?

De jaarlijkse kosten van een zoetwaterbekken bestaan uit:

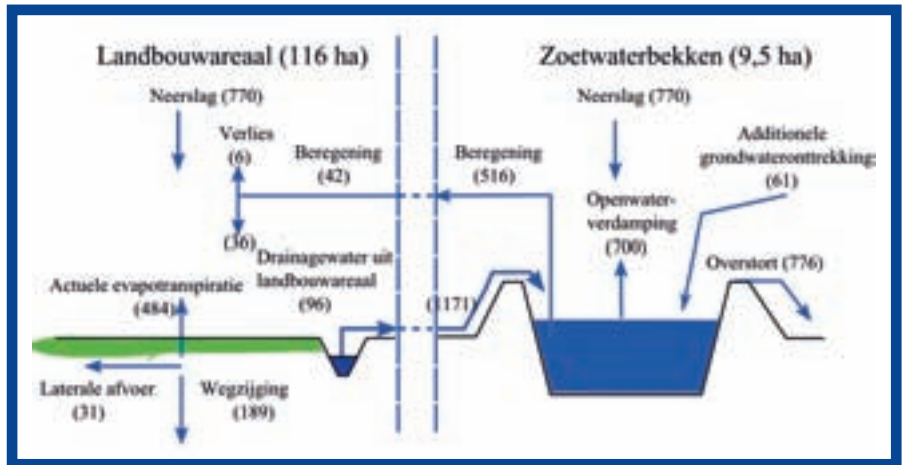
- Het productieverlies van het areaal dat wordt omgezet van landbouwgrond naar zoetwaterbekken. Er kan van worden uitgegaan dat dit grasland is met een jaarlijks saldo van 2.000 euro per hectare;
- Rente en afschrijving van de aanlegkosten en jaarlijks onderhoud, voorlopig gesteld op tien procent van de aanlegkosten. De aanlegkosten zijn ontleend aan de Engelse internetpagina ukia.org en bedragen voor een bekleed reservoir circa 3,50 euro per kubieke meter reservoircapaciteit. Dit geeft een schatting van de jaarlijkse kosten per kubieke meter reservoircapaciteit van 0,35 euro.

Bij een maximaal mogelijke peilvariatie in het bekken van twee meter (is 20.000 kubieke meter per hectare) zijn de minimale kosten per onttrokken kubieke meter vast te stellen: het productieverlies bedraagt 2.000 euro per 20.000 kubieke meter per hectare is 0,10 euro plus 0,35 euro is: 0,45 euro per kubieke meter.

Daar komen nog bovenop de kosten van beregening, die zijn geschat op 200 euro per hectare per jaar aan vaste kosten en 0,20 euro per kubieke meter aan variabele kosten (exclusief arbeid). Bij een geschatte gemiddelde gift van 100 millimeter per jaar bedragen deze kosten 0,40 euro per kubieke



Afb. 1: Ligging van het voorbeeldgebied ten oosten van het Peelkanaal.



Afb. 2: Schematische weergave van het watersysteem met tussen haakjes de veeljarig gemiddelde waterbalansposten (in millimeters per jaar) van het grote zoetwaterbekken en het landbouwareaal, voor het huidige klimaat (door bergingsverschillen is de gepresenteerde waterbalans niet geheel sluitend).

meter. In totaal kunnen de minimale kosten dus geschat worden op 0,45 euro plus 0,40 euro is: 0,85 euro per kubieke meter beregeningswater onttrokken uit een zoetwaterbekken.

De baten van een kubieke meter beregeningswater bestaan uit het (gedeeltelijk) opheffen van het productieverlies door optredend verdampingstekort (primaire effect) en secundaire effecten, zoals het aanslaan van gewassen, een betere kwaliteit van het oogstbaar product en het voorkomen van afsterven van gewassen. De primaire effecten van beregening kunnen als volgt worden geschat. Een met een gewas begroeid perceel van een hectare verdampt potentieel per groeiseizoen gemiddeld 400 millimeter en staat gelijk aan 4.000 kubieke meter. De aangenomen bruto-opbrengsten van de verschillende teelten zijn (bron: herziening AGRICOM):

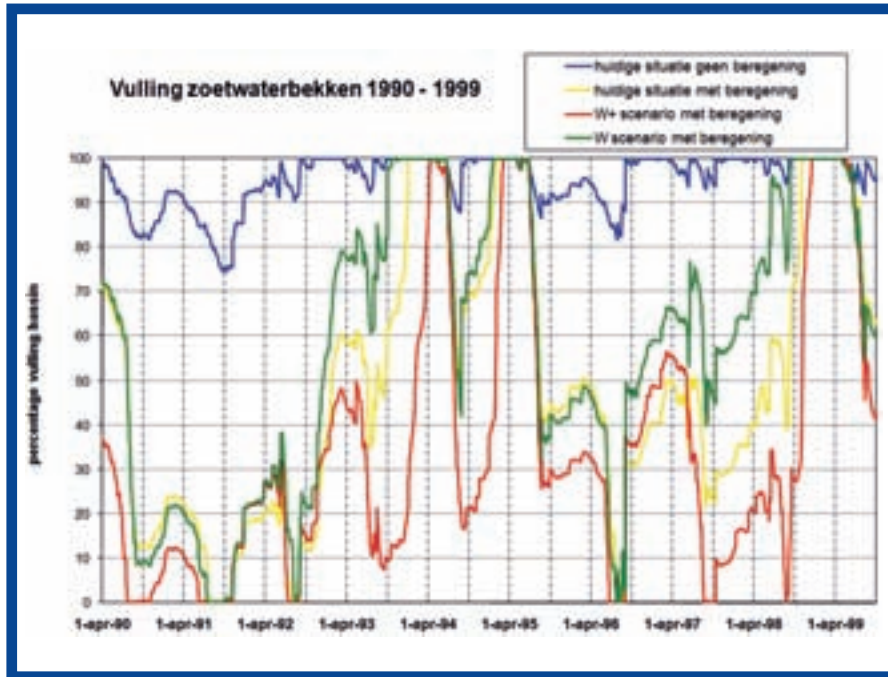
- grasland: 2.000 per hectare
- akkerbouw: 4.000 per hectare
- vollegrondsgroenten: 20.000 per hectare

Dus brengt elke kubieke meter beregeningswater die volledig ten goede komt aan verhoging van de verdamping, respectievelijk een halve, één en vijf euro op.

Vergelijking van de kosten leert al snel dat het voor grasland niet rendabel is zoetwaterbekkens aan te leggen; voor akkerbouw houdt het niet over en voor vollegrondsgroenten is het zeker rendabel.

Bovenstaande analyse is gebaseerd op de volgende twee vooronderstellingen:

- Elk jaar wordt de volledige inhoud van het reservoir gebruikt (benuttingsgraad 100 procent). Door de sterk wisselende neerslagtekorten van jaar tot jaar is dit een onmogelijkheid, zoals ook uit de verkennende berekeningen zal blijken;
- Elke beregende millimeter komt volledig ten goede aan verhoging van de gewasverdamping (100 procent beregeningsefficiëntie). Bij het Nederlandse klimaat is dit zeker niet het geval, doordat bijvoorbeeld vlak na een beregeningsgift



Afb. 3: Vullingsgraad van het grote zoetwaterbekken in % over de periode 1990 tot 2000 voor de aangegeven scenario's.

areaal van ruim 125 hectare uitgekozen als voorbeeldgebied voor het doen van numerieke experimenten (zie afbeelding 1).

Het voorbeeldgebied is een wat droger zandgebied met overwegend grondwatertrappen VI en VII en een wegzijging van ongeveer 0,5 millimeter per dag. Er is redelijk veel droogteschade in de onberegende uitgangssituatie voor aardappelen: bij het huidige klimaat wordt door het model een veeljarig gemiddelde verdampingsreductie van 15 procent berekend. Voor simulaties met het model is de meetreeks van 1971 t/m 1999 gebruikt, met dagcijfers van de neerslag van station Deurne en dagcijfers van de referentiegewasverdamping van station Eindhoven. Deze reeks is omgezet in de vier bekende KNMI-scenario's: G, G+, W en W+.

Vervolgens is 7,5 procent van het areaal van het voorbeeldgebied modelmatig ingericht als zoetwaterbekken, waarin de afvoer van het voorbeeldgebied instroomt en bij volledig gevuld zijn weer uitstroomt. Het reservoir zelf ontvangt neerslag en verdampt als open water (25 procent hoger dan de referentiegewasverdamping). De maximaal mogelijke peilvariatie kan worden opgegeven. In de rest van het areaal blijft het landgebruik landbouw. Zodra in het groeiseizoen 40 procent van het beschikbare vocht in de wortelzone bij veldcapaciteit op is, wordt er op beregenbare percelen een gift van 25 millimeter gegeven. Dit beregeningswater wordt onttrokken aan het zoetwaterbekken zolang dat niet leeg is. Als dat wel het geval is, wordt geput uit een andere bron, aangeduid als additionele wateraanvoer. De berekeningen zijn uitgevoerd met 60 procent van het landbouwareaal grasland en 40 procent consumptie-aardappelen, waarbij alleen de aardappelen worden beregend.

natuurlijke neerslag kan optreden waardoor de beregeningsgift achteraf overbodig was.

geval is kan alleen maar met dynamische modelberekeningen worden verkend.

Bij voorbaat kan derhalve al gesteld worden dat aan beide vooronderstellingen niet voldaan wordt, zodat de kosten per kubieke meter beregeningswater, onttrokken uit een zoetwaterbekken, hoger zullen zijn en de opbrengsten lager. In welke mate dit het

**Verkennde berekeningen**

Van een bestaand model, dat door het Adviesburo voor Waterbeheer is gemaakt met behulp van de computercode SIMGRO ten behoeve van het GGOR-onderzoek Heidsche Peel (op korte afstand van de Mariapeel en Deurnese Peel), is een

Tabel 1. Veeljaarlijks gemiddelde waterbalansposten van het zoetwaterbekken (in millimeters per jaar) en benuttingsgraad, voor drie klimaatscenario's en twee bekkengroottes.

bekken	huidig klimaat		W		W+	
	klein	groot	klein	groot	klein	groot
neerslag	770	770	817	817	749	749
openwaterverdamping	700	700	741	741	783	783
beregening	516	516	615	615	894	894
onttrokken voor beregening uit het bekken	332	455	411	546	427	628
benuttingsgraad (%)	33	23	42	27	43	31
additionele aanvoer	184	61	194	69	467	266

Behalve onderscheid in klimaat zijn voor het onderzoeken van het hydrologisch functioneren van het bekken drie varianten doorgerekend:

- R: onberegend (is referentie);
- B1: beregend uit bekken met maximale peilvariatie van één meter (klein);
- B2: beregend uit bekken met maximale peilvariatie van twee meter (groot).

In afbeelding 2 zijn de verschillende waterbalansposten gegeven voor zowel het bekken (alleen groot bekken weergegeven) als het landbouwareaal, voor het huidige klimaat.

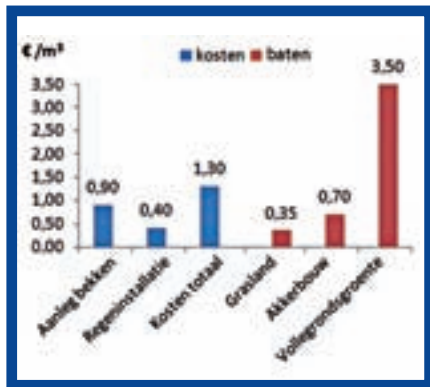
Tabel 2. Veeljaarlijks gemiddelde waterbalansposten van het landbouwdeel (in millimeters per jaar) en beregeningsefficiëntie (%), voor drie klimaatscenario's en twee varianten (onberegend en beregend).

variant	huidig klimaat		klimaatscenario's			
	onberegend	beregend	W		W+	
	onberegend	beregend	onberegend	beregend	onberegend	beregend
natuurlijke neerslag	770	770	817	817	749	749
actuele evapotranspiratie	458	484	472	503	441	494
beregening (gemiddeld over hele kavel)		36		43		62
beregening op aardappeldeel		92		107		155
beregeningsefficiëntie		75		74		85

In afbeelding 3 is voor de periode 1990 t/m 1999 de vullingsgraad van het grote bekken aangegeven voor het huidige klimaat (onberegend en beregend) en het W- en W+-klimaat, beide beregend.

Hieruit blijkt dat na sommige (droge) winterhalfjaren, zoals de winter van 1991/1992, het bekken aan het begin van het zomerhalfjaar lang niet vol is, en aan het eind van natte zomerhalfjaren, zoals de zomer van 1995, het bekken niet leeg is, met reducerende gevolgen voor de benuttingsgraad. In tabel 1 zijn de veeljaarlijks gemiddelde waterbalansposten van het zoetwaterbekken weergegeven.





Afb. 4: Vergelijking van kosten en baten (in euro's per kubieke meter beregeningswater) van de aanleg van een zoetwaterbekken voor beregening, rekeninghoudend met 50 procent benuttingsgraad en een beregenings efficiëntie van 70 procent.

Daarbij is benuttingsgraad gedefinieerd als onttrokken hoeveelheid voor beregening uit het bekken gedeeld door maximale inhoud.

Nadere analyse van de resultaten leert het volgende:

- De benuttingsgraad is inderdaad aanzienlijk lager dan 100 procent;
- Hoe kleiner het reservoir, des te hoger de benuttingsgraad, maar dan is relatief veel additionele aanvoer nodig;
- Bij een groot bekken reduceert de additionele aanvoerbehoefte, maar neemt de benuttingsgraad ook aanzienlijk af;
- Bij het scenario W+ neemt de neerslag af en de verdamping toe. Daardoor is de beregeningsbehoefte ook aanmerkelijk hoger en neemt de benuttingsgraad, maar ook de additionele wateraanvoer, aanzienlijk toe.

De waterbalans voor het landbouwdeel is gegeven in tabel 2.

De efficiëntie van beregening - gedefinieerd als toename van de veeljaarlijks gemiddelde jaarlijkse verdamping door beregening gedeeld door de veeljaarlijks gemiddelde jaarlijkse beregening - is met 75 procent redelijk hoog maar niet onrealistisch. In het scenario W+ nemen de droogteschade én de benodigde beregening aanzienlijk toe, terwijl de beregenings efficiëntie ook hoger is.

## Synthese

De verkennende berekeningen hebben duidelijk gemaakt dat zowel de benuttingsgraad van het bekken als de beregenings efficiëntie aanzienlijk minder zijn dan 100 procent. Indien we uitgaan van een benuttingsgraad van 50 procent en een beregenings efficiëntie van 70 procent, dan worden de kosten per kubieke meter beregeningswater uit een zoetwaterbekken genoemd bij de 'quick scan' een factor 2 hoger en de baten van elke beregende kubieke meter 30 procent lager. Vertaald naar de kengetallen genoemd bij de 'quick scan' geeft dit een beeld zoals gegeven in afbeelding 4.

Bij akkerbouw zijn de kosten aanmerkelijk hoger dan de baten; alleen bij volleggrondsgronteteelt zijn de baten hoger dan de kosten.

## Conclusies

- De aanleg van zoetwaterbekkens is alleen bij volleggrondsgronteteelt rendabel;
- Het alternatief zoetwaterbekkens voor andere bronnen van zoetwatervoorziening brengt aanzienlijke extra kosten met zich mee. De maatregel is alleen interessant als er geen alternatieven voor zoetwatervoorziening zijn of als door klimaatverandering en beprijzing van water de huidige wateraanvoer aanzienlijk duurder wordt;
- Discussie is mogelijk over de jaarlijkse kosten van het bekken. Die zijn nu gesteld op tien procent van de aanlegkosten. Dat lijkt aan de ruime kant. Maar ook al maak je de afschrijving minder, dan verandert dat niet veel aan de analyse;
- De 'quick scan' laat zien dat het voor grasland en laag salderende akkerbouw niet rendabel is zoetwaterbekkens aan te leggen. Het veel beleden adagium dat regio's op eigen benen moeten staan, betekent het accepteren van droogteschade;
- Voor volleggrondsgronteteelt is het zeker rendabel zoetwaterbekkens aan te leggen als er geen alternatieven voor zoetwatervoorziening zijn;
- Voor een optimale beregening vanuit zoetwaterbekkens, zoals verkend in deze studie, is er een afhankelijkheid van alternatieve zoetwaterbronnen. Voor de kleinere bekken is deze afhankelijkheid groter dan voor de grotere;
- Klimaatverandering leidt tot een grotere beregeningsbehoefte en kans op minder aanbod van zoet oppervlaktewater, waardoor aanleg van zoetwaterbekkens eerder opportuun zal worden, mits alternatieve zoetwaterbronnen beschikbaar zijn.

## Kanttekeningen

- Aanleg van zoetwaterbekkens is de ultieme vorm van (actief) water vasthouden, als het in de winter vastgehouden water in de zomer wordt gebruikt voor beregening. Maar deze medaille heeft ook een keerzijde namelijk minder waterafvoer vanuit een gebied, c.q. de afvoer komt later in het najaar op gang;
- Het vullen van het reservoir is in het vlakke deel van Nederland alleen goed mogelijk met inschakeling van een pomp en dat is niet echt duurzaam. In meer geaccidenteerde gebieden kan via opleiden van de aanvoersloot de vulling van het zoetwaterbekken wellicht onder natuurlijk verval plaatsvinden;
- De verkende zoetwaterbekkens zijn nadrukkelijk kleinschalig (in principe per bedrijf te realiseren). Door het voedingsgebied van het reservoir groter te maken (en met daarin ook nattere gebieden), kan de situatie optreden dat wordt beregend terwijl er nog afvoer is. Daardoor kan de benuttingsgraad toenemen, tot zelfs meer dan 100 procent, en kan de afhankelijkheid van additionele wateraanvoer verminderd worden. Het is dus belangrijk de aanleg van zoetwaterbekkens op regionale schaal te bekijken, zeker in het pleistocene deel van Nederland. Een nadeel is wel dat er dan veel meer moet worden geregeld tussen grondgebruikers onderling en, eventueel, met de regionale waterbeheerders;

- In gebieden met wateraanvoer ligt het vullen van de bekken met het aanvoerwater en het zo lang mogelijk gebruiken van deze bron in perioden met een aanbodoverschot voor de hand. Het bekken als buffer derhalve, als kleinschalig alternatief voor c.q. aanvulling op de voorstellen van de Deltacommissie (IJsselmeer en andere grote wateren als zoetwaterreservoirs). Hierbij is een geheel ander beschouwing over kosten en baten nodig;
- In gebieden met zoute kwel is het de vraag of het aangevoerde water wel geschikt is. Vooral de eerste afvoer na de zomerperiode kan hoge concentraties zout bevatten. Via slimme sturing ('first flush' weg laten stromen) kan dit probleem wellicht worden opgelost;
- Een niet-verwaarloosbaar deel van het landelijk gebied inrichten als zoetwaterbekken vraagt om ideeën voor 'meekoppelen', zoals produceren van biomassa, onderscheppen van nutriënten, bergen van piekafvoeren en telen van vis. Bij het zoeken naar mogelijkheden tot 'meekoppelen' moet echter gewaakt worden dat het hoofddoel - zoetwatervoorraad voor landbouwkundig gebruik gedurende perioden van watertekorten - niet wordt ondermijnd.