

---

# Is de balans zoek?

C. van den Akker<sup>1</sup>

---

## Inleiding

Tijdens de bijeenkomst van de NHV op 5 februari bij het KWR ontstond er na de prijsuitreiking van de "Kees Maas Prijs" enige discussie over de juistheid van de geohydrologische conclusies in het gelauwerde artikel "Het geval Terwisscha" (Maas, 2012). Dit artikel is identiek aan het BTO rapport 2011.028(s) van het KWR. In deze bijdrage zal ik een aantal hydrologische kanttekeningen plaatsen bij de bevindingen in het rapport en de publicatie.

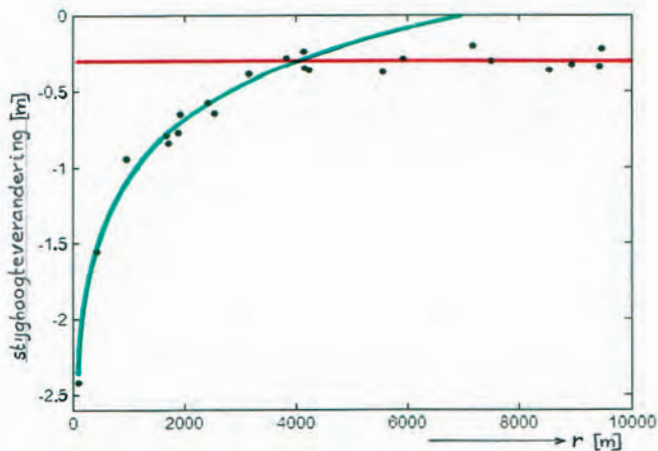
Ik heb na de bijeenkomst op 5 februari een aantal weken gewacht met het leveren van inhoudelijk commentaar, omdat ik de hoop had dat mijn opmerkingen en publicaties voor andere hydrologen aanleiding zouden zijn om nog eens kritisch te kijken naar de hydrologische conclusies in KWR (2011) en Maas (2012), temeer daar deze conclusies verstrekken gevolgen hebben voor de berekening van landbouwschade. Aangezien er nog steeds geen enkele reactie is, zal ik zelf proberen duidelijk te maken waar de schoen wringt. Ik wil dit doen op een beschrijvende wijze, zonder formules en vergelijkingen. Ik heb uiteraard wel de nodige berekeningen uitgevoerd, deze zijn echter ondergeschikt aan de strekking van mijn betoog.

## Probleemstelling

Het betreffende rapport van KWR (2011) en het artikel Maas (2012) geven een interessante historische inventarisatie weer met betrekking tot het vaststellen van de verlagingen van de grondwaterstijghoogte ter plaatse van het pompstation Terwisscha. Rapport en artikel geven een overzicht van gebruikte methoden zowel in de sfeer van analytische berekeningen als van numerieke modellen en tijdreeksmodellen. Mijn kritiek richt zich op de geohydrologische conclusies ten aanzien van de vaststelling van het invloedgebied van de winning en de grootte van de verlagingen van de stijghoogte door deze winning. Afbeelding 1 is overgenomen uit het KWR (2011) en Maas (2012) en vermeldt deze resultaten. De grootte van het invloedgebied van een winning van grondwater wordt berekend door het snijpunt te bepalen van de rode en de blauwe lijn waarbij de blauwe lijn een fit is met Dupuit van de gemeten verlagingen en de rode, horizontale lijn de resultante is van de verlaging door alle ingrepen in het hydrologische systeem behalve de winning in  $r=0$ . De grootte van de verlagingen door de winning wordt vastgesteld op het verschil tussen de rode en de blauwe lijn. Daarmee wordt rechts van het snijpunt de verlaging door de winning op nihil gesteld.

---

<sup>1</sup> cvandenakker@casema.nl



Naar mijn mening wordt in deze afbeelding een onmogelijke geohydrologische situatie gecreëerd en wel om de volgende redenen:

- De blauwe lijn is bepaald met de formule van Dupuit, dat wil zeggen dat wordt verondersteld dat er geen verandering in de voeding is uit bijvoorbeeld de vermindering van de oppervlaktewaterafvoer door de winning. De totale voedingsverandering komt bij toepassing van Dupuit uit een Dirichlet randvoorwaarde op de grens van het beïnvloede gebied.
- De rode lijn is horizontaal, dat wil zeggen dat rechts van het snijpunt van de rode met de blauwe lijn de stromingsverandering nihil is.

De conclusie is daarmee dat precies op het snijpunt van de rode en blauwe lijn een debiet van 6,5 miljoen kubieke meter water per jaar wordt gegenereerd, gelijk aan het onttrokken debiet door de winning.

Er is geen enkele reden om aan te nemen dat dit het geval is, de waterbalans is daarmee niet correct. Dit essentiële punt wordt in het rapport afgedaan met een enkele opmerking onder het hoofdstuk "Commentaar" waar tussen haakjes staat vermeld: "In werkelijkheid kan een verlagingsskegel natuurlijk niet abrupt ophouden. Omstreeks 4080 m moet de schuine lijn geleidelijk overgaan in de horizontale". Hoe dit commentaar vorm wordt gegeven of dient te worden uitgewerkt is niet opgenomen in het rapport. Het rapport biedt daarmee geen analyse van de voedingsverandering naar het watervoerende pakket, die juist voor de vaststelling van het invloedgebied en de grootte van de verlagingen essentieel is.

## Schematisering en meetresultaten

Misschien is het voor een meer gedegen analyse van het geohydrologische systeem en de vaststelling van het invloedgebied en de verlagingen goed om terug te gaan naar de geohydrologische situatie en de gemeten verlagingen. Ik zal dat doen aan de hand van een geschematiseerde radiaal-symmetrische situatie waarbij tot 3000 m een natuurgebied zonder oppervlaktewater en daarbuiten een vrij afwaterend landbouwgebied aanwezig is.

In de nulsituatie is er geen onttrekking in  $r=0$  en zijn er geen ruilverkavelingen,

industriële onttrekkingen, effecten van verstedelijking enzovoort. Kortom, er zijn geen ingrepen en ontwikkelingen die leiden tot een verandering van de grondwaterstijghoogte. Het gebied is vrij afwaterend, dat wil zeggen dat er een relatie is tussen de grondwaterstand en de afvoer door het oppervlaktewatersysteem. Deze situatie werd aangetroffen in het midden van de vorige eeuw, dus ten tijde van de COLN-kartering. In de daarop volgende halve eeuw vonden allerlei ingrepen en veranderingen plaats in het hydrologische systeem.

Rond het jaar 2000 is een verlaging van de grondwaterstijghoogte vastgesteld conform de geïnterpreteerde metingen uit KWR (2011).

We gaan uit van het volgende:

- de geïnterpreteerde metingen in KWR (2011) van de verlagingen van de grondwaterstijghoogten zijn juist.
- de verlaging van de grondwaterstijghoogte buiten het invloedgebied van de winning, dus op grote afstand  $R$ , is op correcte wijze in een proces van meten en interpreteren vastgesteld op 0,3 m. Voor de waarde van  $R$  houden we 10 km aan.

## Een kwalitatieve analyse van de geohydrologie

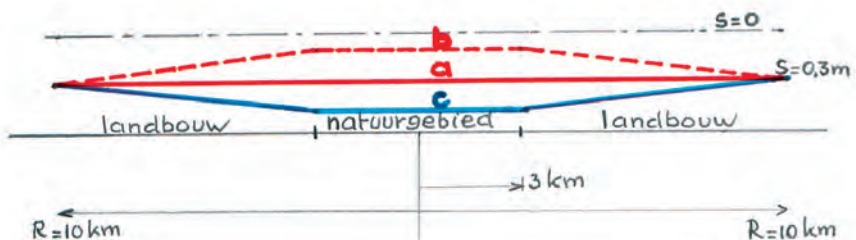
In afbeelding 2 is een geschematiseerd radiaal-symmetrische situatie weergegeven met daarin de verandering van de grondwaterstijghoogte onder invloed van ingrepen zoals ruilverkavelingen, verstedelijking, kleine onttrekkingen enz. De winning in  $r=0$  is vooralsnog nihil. We kunnen nu drie kenmerkende situaties onderscheiden:

- a. de ingrepen zijn uniform verdeeld over het gebied, te beginnen op  $r=3000$  m:
- b. de ingrepen beginnen op  $r=3000$  m, maar nemen gelijkmatig toe in de  $r$ -richting:
- c. de ingrepen beginnen op  $r=3000$  m, maar nemen gelijkmatig af in de  $r$ -richting.

Ad a: Bij uniform verdeelde ingrepen zal de verandering van de grondwaterstijghoogte overal gelijk zijn, resulterend in een horizontale verlaginglijn.

Ad b: Bij gelijkmatig toenemende ingrepen zal de verandering van de grondwaterstijghoogte toenemen in de  $r$ -richting.

Ad c: Bij gelijkmatig afnemende ingrepen neemt de verandering van de stijghoogte af in de  $r$ -richting.



Voor alle gevallen geldt dat de ingrepen worden gecompenseerd door een vermin-

dering van de oppervlaktewaterafvoer.

Indien nu in de drie situaties een onttrekking wordt aangebracht in  $r=0$ , dus een winning met één volkomen put, dan zullen de verlagingen door de winning optreden ten opzichte van de verlagingslijnen van de overige ingrepen. Ik gebruik bewust niet het begrip superpositie, het systeem is niet lineair en er mag dus niet gesuperponeerd worden. De beschouwing is puur kwalitatief. Ook laat ik de volgtijdelijkheid van de winning en de overige ingrepen buiten beschouwing.

De verlagingen die uiteindelijk gemeten worden als resultaat van de winning en de overige ingrepen worden dus mede bepaald door de verdeling van de overige ingrepen in het landbouwgebied. Deze verdeling is niet op voorhand bekend en dus mag er ook niet worden gesteld dat de verdeling van deze ingrepen over het gebied uniform is. Daarmee mag niet worden aangenomen dat de verlaging door de overige ingrepen een horizontale lijn oplevert. Het is dus niet zonder meer mogelijk om met de gemeten waarden van de grondwaterstijghoogte de verlagingen door de winning vast te stellen, er zal informatie moeten zijn over de verdeling van de overige ingrepen. We weten alleen dat buiten het invloedgebied de verlaging is gemeten op grote afstand  $R$ .

Het plaatje kan echter wel compleet worden gemaakt indien we beschikken over een rekenmethode die in staat is de verlaging door de winning zelf vast te stellen. Dit kan een numeriek model zijn dat op een correcte manier de niet-lineaire relatie tussen de grondwaterstand en de oppervlaktewater afvoer meeneemt. Via de drainageweerstand als eerste afgeleide van de afvoer naar de grondwaterstand is dit zonder meer mogelijk. Voor de hier gebruikte sterk geschematiseerde situatie kan ook gebruik worden gemaakt van een analytische oplossing. Gezien de aard van het probleem kan dit niet de formule van Dupuit zijn voor het landbouwgebied. Ook de formule van De Glee ligt niet voor de hand gezien de daarbij geldende randvoorwaarde dat de grondwaterstand constant wordt gehouden. Ook het gebruik van de formule van Blom is niet correct, omdat deze formule een combinatie is van die van Dupuit en De Glee. Juist voor deze geohydrologische problemen heb ik een analytische aanpak ontwikkeld met een gemengde randvoorwaarde gebaseerd op de overdrachtsfactor. In eerdere artikelen in Stromingen (Van den Akker, 2013 en 2014) heb ik de methode stap voor stap beschreven waarbij is uitgegaan van een logaritmische relatie tussen de grondwaterstand en de oppervlaktewaterafvoer. In deze aanpak wordt recht gedaan aan de wet van Darcy en aan continuïteit.

Uiteraard dien ik voor de toepassing van deze methode te beschikken over een aantal gegevens. De benodigde gegevens zijn de bodemconstanten en daarnaast de diepte van de regionale drainagebasis. Ook dien ik een schatting te maken van de grondwaterstand met de bijbehorende afvoer waarvoor de bovenrandvoorwaarde van De Glee geldt, dus waar mijn analytische oplossing overgaat in De Glee.

Op basis van de gegevens vermeld in KWR (2011), eigen waarneming in het gebied en literatuuronderzoek heb ik de benodigde gegevens verzameld die ik redelijk representatief acht voor het landbouwgebied. Als resultaat wordt de verlaging berekend van de grondwaterstand en stijghoogte als gevolg van een winning in  $r=0$  uitgaande van een grondwaterstand en stijghoogte in de situatie zonder onttrekking. Voor beide laatste heb ik de gemiddelde situatie genomen en zowel de grondwaterstand als de stijghoogte op 1,1 meter minus maaiveld ingeschat. Het resultaat van deze analytische berekening is dat op  $r=3000$  m een stijghoogte-verlaging wordt berekend van 0,35 m door de winning alleen. Ook het verloop van

de verlagingen is berekend. Op ongeveer 7 kilometer wordt nog een verlaging van 0,05 meter vastgesteld. Een numeriek model, bijvoorbeeld Simgro, komt met deze gegevens en een identieke schematisering tot hetzelfde resultaat.

Aangezien voor de verlaging op  $r=3000$  m door zowel winning als overige ingrepen in totaal een waarde van 0,45 m is gemeten kan de verlaging op deze afstand van de winning door de overige ingrepen op 0,1 m worden gesteld.

Door interpretatie van metingen op grote afstand  $R=10$  km is vastgesteld dat de verlaging 0,3 m is. Dit betekent dat er een verloop is in de verlaging door de overige ingrepen van 0,2 m over een afstand van 7 km dus bijna 3 cm per kilometer.

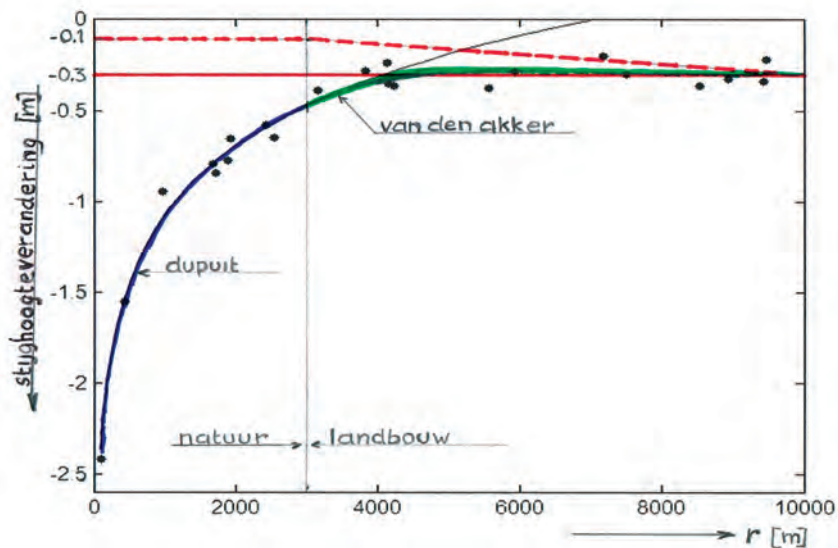
Op basis van dit resultaat zou men kunnen stellen dat we bij Terwisscha te maken hebben met de situatie waarbij de overige ingrepen toenemen met groter wordende  $r$ . Gezien de lokale situatie is dit misschien zo gek nog niet.

Het betekent in ieder geval wel dat de aanname in KWR (2011) en Maas (2012) dat er overal eenzelfde verlaging van 0,3 m is ten gevolge van de overige ingrepen erg gemakkelijk en zonder degelijke analyse is gedaan.

De enige rechtvaardiging om te komen tot een uniforme verlaging van de stijghoogte door de overige ingrepen wordt in KWR (2011) en Maas (2012) in het volgende citaat gegeven, "Als het klopt dat in de wijde omgeving van het Drents-Friese Wold de grondwaterstand gedaald is, dan is de grondwaterstand in het Drents-Friese Wold zelf mee gedaald, want het gebied watert ondergronds af op de wijde omgeving. Om de invloed van de winning te vinden zouden we dus 30 cm moeten aftrekken van de verlagingen die we vonden .....".

Deze redenering is correct indien er geen oppervlaktewater is, dus in het natuurgebied, in het landbouwgebied met vrije afwatering is er echter wel degelijk sprake van een drainagesysteem en vindt dus niet uitsluitend ondergrondse afwatering plaats. Hiermee is de conclusie dat de verlaging op grote afstand ten gevolge van de overige ingrepen dezelfde zal zijn als ter plaatse van de directe omgeving van de winning in  $r=0$  alleen juist als de overige ingrepen uniform aanwezig zijn in het gehele gebied. Afbeelding 3 geeft de resultaten uit de berekeningen ten aanzien van de verlagingen door de winning en het verloop van de verlaging door de overige ingrepen. In plaats van een horizontale rode lijn wordt nu een rode streepjeslijn getrokken die verloopt van 0,3 m verlaging op 10 km tot 0,1 m verlaging op 3 km. Ter plaatse van het natuurgebied is de streepjeslijn uiteraard horizontaal. De berekende verlagingen door de winning worden nu uitgezet ten opzichte van de rode streepjeslijn. Ter plaatse van het landbouwgebied geeft de groene lijn het resultaat van de totale verlaging, dus de som van de winning en de overige ingrepen. Dit is een vloeiend verlopende lijn die een goede fit geeft met de gemeten verlagingen. In het natuurgebied wordt de fit uiteraard verkregen met de formule van Dupuit, er is immers geen voedingsverandering door de winning.

De verlaging van de stijghoogte door de winning is in het natuurgebied dus het verschil tussen de rode streepjeslijn en de blauwe lijn en in het landbouwgebied het verschil tussen de streepjeslijn en de groene lijn. Het invloedgebied wordt uiteraard ook groter berekend dan in KWR (2011). Op een afstand van 7 km wordt nog een stijghoogteverlaging van 5 cm berekend. De verandering van de voeding van het watervoerende pakket vindt plaats tussen  $r=3000$ m en de afstand tot de winning waar de verlaging door de winning nihil is. Deze voedingsverandering is uiteraard gelijk aan de onttrekking door de winning dus 6,5 miljoen kubieke meter water per jaar.



Het resultaat is wel dat de verlagingen door de winning veel groter worden berekend dan in KWR (2011). In het natuurgebied zijn de verlagingen door de winning 0,2 m. groter en in het landbouwgebied 0,2 m op 3 km tot een nihil verlaging op 10 km. De gradiënt in de rode streepjeslijn in het landbouwgebied is minder dan 3 cm per kilometer. Dit is dus een heel flauwe gradiënt. Het effect op de verlagingen door deze flauwe gradiënt in relatie tot het vaststellen van landbouwschade is echter groot en eveneens is het effect op de omvang van het invloedgebied zeer aanzienlijk.

## Conclusies

De grootte van de verlagingen door overige ingrepen is in ruimtelijke zin tamelijk variabel vanwege het feit dat deze ingrepen qua locatie, omvang en effect op de grondwaterstanden en stijghoogten niet goed bekend zijn. Een gemiddelde verlaging en ook het ruimtelijke verloop is daarmee uiterst lastig vast te stellen. Het is daarom af te raden om deze verlagingen te gebruiken zoals dat is gedaan in KWR (2011), Het verdient aanbeveling om de verlaging door een grondwateronttrekking direct te bepalen met behulp van een analytische berekening of nog beter via een model waarbij rekening kan worden gehouden met bijvoorbeeld inhomogeniteiten. Het verschil tussen de berekende verlagingen en eventueel gemeten verlagingen geeft uiteraard wel een goede indruk van de verlagingen door overige ingrepen. In vrij afwaterende gebieden waar een niet-lineaire relatie bestaat tussen de gebiedsgemiddelde grondwaterstand en de afvoer per eenheidsoppervlak is het gebruik van de formules van Dupuit en De Glee niet correct. De formule van Dupuit staat geen voedingsverandering toe en de formule van De Glee gaat uit van een onveranderlijke grondwaterstand. Deze beide voorwaarden zijn niet aan de orde in een vrij afwaterend gebied.

## Referenties

**KWR** (2011) Grondwatermodellen versus Tijdreeksanalyse, Het geval Terwisscha BTO2011.028(s)

**Maas, C.** (2012) Het geval Terwisscha; in: *Stromingen* JRG 18 nr 2

**Akker, C. van den** (2013) Tussen Dupuit en De Glee; in: *Stromingen* JRG 19 nr 2

**Akker, C. van den** (2014) Een fysische onderbouwing van de overdrachtsfactor; in: *Stromingen* JRG 20 nr 1

---

### Naschrift van de redactie

Het voorgaande essay van Cees van den Akker is nr. 9 in een boeiende serie over het onderwerp achtergrondverlaging in *Stromingen*. Sinds het artikel over Terwisscha van Maas in *Stromingen* 18(2) in 2012 bood *Stromingen* op 141 pagina's ruimte voor het onderwerp achtergrondverlaging, zie de lijst met referenties hieronder. Bij al deze bijdragen waren de auteurs verantwoordelijk voor de inhoud, zoals gebruikelijk bij *Stromingen*, en was het aan de lezers om de inhoud te beoordelen en zich een mening te vormen over hetgeen zoal door de diverse auteurs te berde werd gebracht. De redactie ziet in het huidige essay van Cees van den Akker een mooie afsluiting van een discussie waaraan *Stromingen* veel ruimte heeft geboden. De discussie over het onderwerp achtergrondverlaging is hiermee in *Stromingen* althans gesloten en kan wat ons betreft uiteraard elders, binnen of buiten NHV-verband, worden voortgezet.

### Referenties (chronologisch)

**Maas, K.**, 2012. Valkuilen in de tijdreeksanalyse: het geval Terwisscha. *Stromingen* **18**(2): 35-55.

**Akker, C. van den**, 2013. Tussen Dupuit en De Glee. Het ontstaan van toegevoegde stijghoogteverlaging. *Stromingen* **19**(2): 5-23.

**Gaast, J. van der**, 2013. Grondwaterwinningen nader beschouwd. *Stromingen* **19**(3/4): 63-81.

**Akker, C. van den**, 2014. Een fysische onderbouwing van de overdrachtsfactor. *Stromingen* **20**(1): 5-13.

**Olsthoorn, Th.**, 2014. De dynamica van de verlaging van Terwisscha of in vergelijkbare situaties. *Stromingen* **20**(1): 15-33.

**Olsthoorn, Th.**, 2014. Tussen De Glee en Dupuit, revisited. *Stromingen* **20**(1): 35-55.

**Olsthoorn, Th.**, 2014. De fysische onderbouwing van de overdrachtsfactor nader bekeken. *Stromingen* **20**(3): 21-35.

**Akker, C. van den**, 2014. De verandering van de GxG door grondwateronttrekkingen in vrij afwaterende gebieden. *Stromingen* **20**(3): 37-47.

**Akker, C. van den**, 2015. Is de balans zoek? *Dit nummer*.