

GRONDWATERWINNING EN ACHTERGRONDVERDROGING IN DE OMGEVING VAN TERWISSCHA

Langman, H. , C. van den Akker en C. Maas, 2010. Arbitragecommissie Terwisscha.

Grondwaterwinning en achtergrondverdroging in de omgeving van Terwisscha

Arbitragecommissie Terwisscha

H. Langman
C. van den Akker
C. Maas

21 IX 10

1 Inleiding

Het geschil tussen de Stichting Herziening Droogteschaderegeling Terwisscha en de Naamloze Vennootschap Vitens N.V. betreft een verschil van inzicht in de gevolgen die de grondwaterwinning in Terwisscha heeft voor de grondwaterstanden in de wijde omgeving, en als gevolg daarvan een verschil van inzicht in de omvang van schade die door eigenaren en gebruikers van agrarische bedrijven geleden wordt.

Het grondwaterpompstation is in 1960 gesticht. Aanvankelijk werd er een beperkte volumestroom onttrokken, maar de winning groeide geleidelijk tot een omvang van ca 6.5 miljoen m³/jaar in 1990, waarna hij min of meer op dat niveau gehandhaafd werd. De laatste jaren laten een geringe afname zien. In 1996 is er een regeling van landbouwschade getroffen door tussenkomst van de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG, toen nog TCGB), gebaseerd op de beste inzichten van dat moment. Destijds hadden sommige landbouwers bedenkingen bij het door de CDG ingeschatte verlagingenpatroon van de grondwaterstand, omdat het erg afweek van eerder onderzoek door TNO (1991)¹. Recent onderzoek, dat uitgevoerd wordt in het kader van natuurherstel in hetzelfde gebied, vormde een aanleiding om de droogteschaderegeling ter discussie te stellen. Op verzoek van de Provincie Friesland heeft de CDG daartoe in 2007 een advies uitgebracht waarover de betrokken partijen ("de landbouw", vertegenwoordigd door de Werkgroep Terwisscha, en Vitens) het niet eens konden worden. Twee achtereenvolgende pogingen tot bemiddeling leidden niet tot overeenstemming. Aanvullend onderzoek, dat bedoeld was om de bemiddelingen te helpen slagen, bracht eerder een verdere verwijdering van standpunten, alsmede aanbevelingen tot nog meer onderzoek. Concluderende dat het kennelijk niet lukt om de volledige waarheid aan het licht te brengen hebben partijen besloten hun geschil voor te leggen aan een scheidsgerecht.

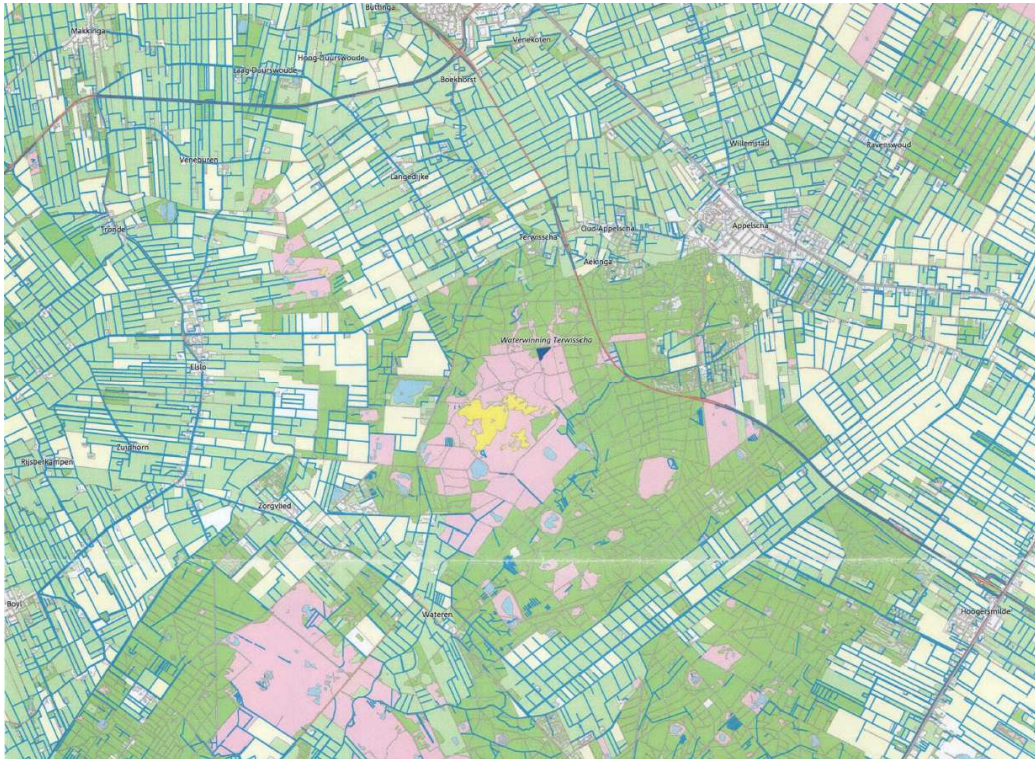
2. Ligging van de winning in zijn hydrologische omgeving

Figuur 1 toont de ligging van de winning. Hij omvat een groot aantal winningsputten die in een driehoek gerangschikt zijn. Het puttenveld ligt in een bos- en stuifzandgebied dat deel uitmaakt van het Drents Friese Wold; op geïsoleerde vennen na een droog gebied zonder oppervlakkige afwatering. Het grondwater van het Drents Friese Wold communiceert vrij met het grondwater in de wijdere omgeving, waarvan het niveau geregeld wordt door peilbeheer van het oppervlaktewater. Als dat niveau geleidelijk stijgt of daalt, dan stijgt of daalt het grondwaterpeil in het droge gebied één op één mee. Keileem of potklei zorgen wel voor enige vertraging van de doorwerking, maar niet voor demping. De winning van grondwater laat dit mechanisme ongemoeid.

3. Uitgevoerd onderzoek naar de invloed van de winning op de grondwaterstand

In overleg met partijen hebben wij (arbiters) een lijst vastgesteld van 36 rapporten en notities over onderzoek naar de invloed van de winning op de grondwaterstand, die in elk geval ten grondslag zouden liggen aan het arbitrale oordeel (appendix 1). We hebben ze alle bestudeerd, een aantal resultaten nagerekend en ter controle een eigen analyse van de grondwaterstanden uitgevoerd.

¹ Optimalisatie van de grondwaterstandsmetnetten rond de pompstations in Friesland, TNO rapportnr, OS 91-22-A. Dit rapport staat niet in de overeengekomen literatuurlijst.



Figuur 1: Het puttenveld van de winning (aangegeven met een kleine blauwe driehoek) ligt in een gebied zonder oppervlakkige afwatering, waarvan het grondwater vrij communiceert met het grondwater in de wijdere omgeving. In de wijdere omgeving wordt het grondwaterpeil geregeld door middel van sloten (blauwe lijnen op de kaart. Niet alle sloten zijn het hele jaar watervoerend.)

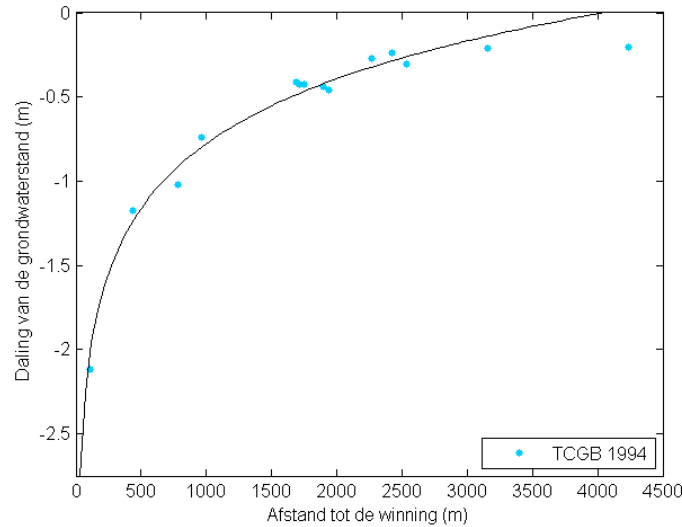
Een deel van de rapporten bevat concrete uitspraken over de invloed van de winning (lit. 1, 2, 3, 4, 12, 13, 14, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30); een ander deel heeft betrekking op onderzoek ter onderbouwing daarvan of heeft er anderszins rechtstreeks mee van doen (lit. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 43, 35, 36). Er zijn ook enkele rapporten die voorgaande resultaten samenvatten en van commentaar voorzien (met name lit. 24 en 32). In de overige rapporten komt de winning wel aan de orde, maar hij staat daarin niet centraal.

Het vroegste onderzoek stamt al van vóór de aanvang van de winning. Het was bedoeld om een eerste inschatting te kunnen maken van de invloed op de grondwaterstand. In de eerste jaren van de winning, toen de omvang nog betrekkelijk beperkt was, is aanvullend onderzoek uitgevoerd. Deze vroege studies hadden vooral een voorspellend karakter (lit.1, 2 en 4) De bandbreedte van de eerste twee voorspellingen was nog vrij groot, maar IWACO (1980, lit.4) kwam al goed in de richting. De eerste omvangrijke studie nadat de winning zijn huidige omvang bereikt had dateert uit 1994 (lit. 12) Hij werd uitgevoerd door de Technische Commissie Grondwaterbeheer (TCGB) van de voormalige Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven (CoGroWa), een voorloper van de huidige Commissie Deskundigen Grondwaterwet (CDG). De TCGB bepaalde voor een groot aantal grondwaterpeilbuizen de invloed van de winning, om deze daarna gebiedsdekkend te interpoleren. Deze studie lag aan de basis van de schaderegeling van 1996. De uitkomsten per peilbuis zijn in een tabel vevat, maar ze laten zich overzichtelijker grafisch presenteren in de vorm van een *verlagingskegel*, waarin de vastgestelde verlagingen uitgezet worden tegen de afstand tot de winning (figuur 2).

Merk op dat twee punten die in de grafiek vlak bij elkaar liggen afkomstig kunnen zijn van peilbuizen die in werkelijkheid kilometers van elkaar staan. Er zijn trouwens meer resultaten; deze figuur toont alleen de verlagingen in de watervoerende laag waaruit gewonnen wordt.

De punten suggereren een regelmatig ruimtelijk verloop van de verlaging, met uitzondering van het laatste punt. Laten we deze uitschieter buiten beschouwing, dan liggen de punten vrij goed op de getrokken zwarte lijn, die we berekend hebben met de zogenaamde *putformule van Thiem-Dupuit*

$$h(r) = \frac{Q}{2\pi kD} \ln \frac{r}{R}$$



Figuur 2: Verlagsingskegel volgens de TCGB (1994, lit.12), omgerekend naar de huidige winningsomvang van 6.5 miljoen m³/jaar.

Deze formule wordt door bijna alle onderzoekers die zich met de verlaging van de grondwaterstand bezighielden opgevoerd. Q (m³/dag) is het *debiet* van de winning, kD (m²/dag) het *doorlaatvermogen* van de watervoerende laag waaraan de winning zijn water onttrekt, r (m) is de afstand tot de winning en $h(r)$ (m) is de verlaging op afstand r . R (m) is tenslotte een parameter die wel geïnterpreteerd wordt als de invloedsstraal van de winning, omdat $h(R) = 0$. Tussen de verschillende onderzoekers bestaat vooral verschil van inzicht in de waarde van deze parameter.

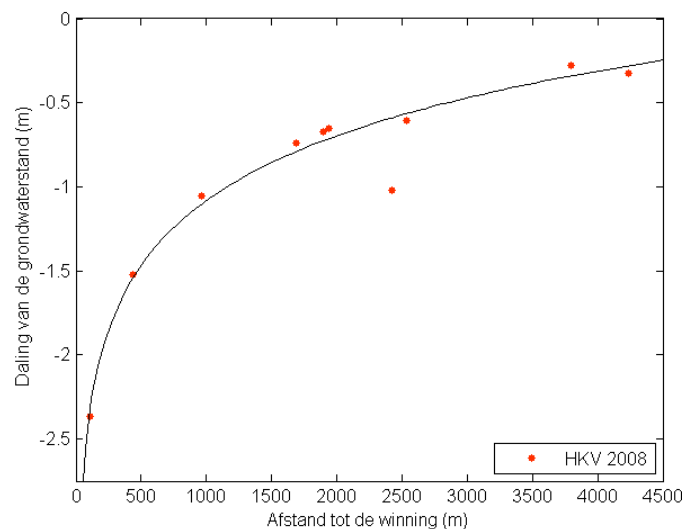
De TCGB presenteerde zijn resultaten voor een winningsomvang van 5.8 miljoen m³/jaar. We hebben ze omgerekend naar een winningsomvang Q van 6.5 miljoen m³/j, wat het min of meer constante winningsniveau van de laatste twintig jaar is. De zwarte lijn is geconstrueerd met $kD = 5100$ m²/d en $R = 4050$ m.

De verlagingen van de TCGB waren louter op waarnemingen gebaseerd. Witteveen + Bos (2006, lit. 26) berekende vrijwel dezelfde verlagingen met een numeriek grondwatermodel, waar fysische inzichten en stromingswetten aan ten grondslag liggen. De vroegste studies (lit.1 en lit.2) voorspelden op basis van formules wat kleinere verlagingen dan de TCGB (met een grote bandbreedte), maar IWACO (1980, lit 4) wijkt er nog maar weinig van af. De CoWaBo (1979, lit.3) bekeek één peilbuis en vond daarvoor een waarde die goed past bij het latere resultaat van IWACO. De TCGB voerde in 1988 al eens een numerieke modelstudie uit die ook goed op IWACO aansluit. (Er is geen rapport van; we hebben deze informatie uit TCGB 1994 (lit. 12). Mogelijk was dit model gekalibreerd op de resultaten van IWACO).

Er zijn andere studies (TNO 1991², TNO 1995, lit.13, Kiwa 1995, lit.14 en HKV 2008, lit. 32, Werkgroep Terwisscha, lit. 28 en Vitens, lit. 28) die een heel ander resultaat opleveren, maar die onderling ook vrijwel eensluidend zijn. De eerste vier uit dit rijtje zijn gebaseerd op een techniek die *tijdreeksanalyse* genoemd wordt. Naar verhouding is dat een vrij nieuwe techniek, althans in het grondwatervak. Begin jaren '90 werd hij alleen beheerst door TNO en door één medewerker van Kiwa. Pas de laatste jaren dringt hij door tot de advieswereld. De toepassing op grondwater is nog volop in ontwikkeling. De methoden die door de laatste twee uit de rij werden gebruikt (resp. de verschillenmethode en trendanalyse) zijn op te vatten als een vorm van tijdreeksanalyse *avant la lettre*.

Figuur 3 presenteert de uitkomsten van het meest recente onderzoek in deze tweede categorie, dat uitgevoerd werd door HKV (2008, lit.32) in het kader van de tweede bemiddelingspoging. Ook de resultaten van HKV laten één afwijkende uitkomst zien, voor een peilbuis die ca 2400 m van de winning staat. Laten we de uitschieter weer buiten beschouwing dan liggen de punten vrij goed op de ingetekende zwarte kromme die eveneens berekend is met de putformule van Thiem-Dupuit, maar nu met een invloedsstraal $R = 7000$ m in plaats van 4050 m. (Q en kD hebben hun waarde behouden). Volgens deze interpretatie is de verlagings pas verwaarloosbaar klein op 7 km uit de winning. Zo gezien strekt de invloed zich dus uit over een veel grotere (namelijk een tweemaal zo grote) oppervlakte en bovendien zijn de verlagingen veel groter.

De krommen uit de figuren 2 en 3 hebben wel dezelfde vorm; het niveauverschil bedraagt 0.3 m. De verlagingkegel van HKV zou dus óók met de formule van Thiem-Dupuit beschreven kunnen worden door de invloedsstraal niet op $R = 7000$ m te kiezen, maar op $R = 4050$ m (overeenkomstig de invloedsstraal van de TCGB) en hem daarna 30 cm omlaag te schuiven.



Figuur 3: Verlagingskegel volgens HKV (2008, lit.32), omgerekend naar de huidige winningsomvang van 6.5 miljoen m³/jaar

Hoewel er veel onderzoek is uitgevoerd is het dus niet zo dat er een veelheid aan uitkomsten is. Op details na zijn er maar twee uitkomsten, waarvoor de figuren 2 en 3 exemplarisch zijn. Dienovereenkomstig zijn de onderzoekers in twee groepen in te delen. De eerste groep (met

² Optimalisatie van de grondwaterstandsmetnetten rond de pompstations in Friesland, TNO rapportnr, OS 91-22-A. Dit rapport staat niet in de literatuurlijst.

de uitkomsten van figuur 2) is heterogeen; hij omvat een onderzoeker die louter met meetgegevens werkte, analytische rekenaars en numerieke modelbouwers.

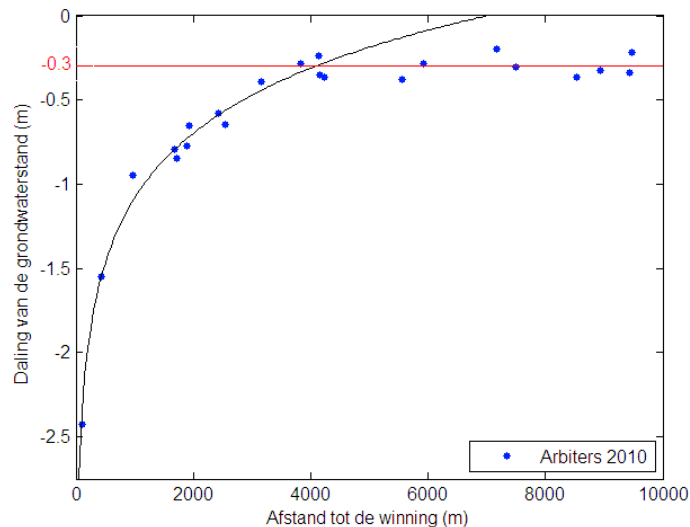
Er is één rapport bij waarin op grond van *tijdreeksanalyse* ruwweg het resultaat van figuur 2 gevonden werd (Kiwa 2006, lit.25). Dit onderzoek werd in opdracht van de CDG uitgevoerd onder strikte aanwijzingen. Eerder vond de onderzoeker resultaten die meer op figuur 3 lijken, zij het met een veel grotere spreiding. Die resultaten zijn nooit officieel gerapporteerd maar ze hebben wel veel aandacht gehad in overleg geweest tussen Vitens en de Werkgroep Terwisscha. In een brief (Kiwa 2006, lit. 31) nam de onderzoeker afstand van zijn eerdere resultaten.

De tweede groep (met de uitkomsten van figuur 3) bestaat uitsluitend uit tijdreeksanalisten³. Eén van hen (Kiwa 1995) vond dat voor beide uitkomsten wel iets te zeggen valt. Omdat het hem niet lukte om aan te geven welke de juiste was adviseerde hij dat de keuze aan het beleid is. Dit advies is later door HKV (2008, lit.32) herhaald. (De beleidsvraag is wie er betalen moet voor de onzekerheid).

De twee groepen onderzoekers kunnen niet beide gelijk hebben. Het gaat in dit geschil om de vraag welk beeld het juiste is, dat van figuur 2 of dat van figuur 3.

4. Beoordeling van het uitgevoerde onderzoek

Om dat te beoordelen hebben we ook zelf een tijdreeksanalyse uitgevoerd, waarbij we tevens een aantal peilbuizen meegenomen hebben die op grotere afstand van de winning liggen, tot 10 km toe (figuur 4). We hebben de analyse zo ingericht dat we zeker wisten dat we de som zouden bepalen van de verlaging van de winning en de eventuele verlaging ten gevolge van een daling van het omgevingspeil, zonder er bij voorbaat vanuit te gaan dat het omgevingspeil werkelijk gedaald is.



Figuur 4: Resultaten van de arbitragecommissie

Over de eerste 4 km vanaf de winning volgen onze resultaten tamelijk precies de uitkomsten van de andere tijdreeksanalisten; de zwarte kromme in figuur 4 is dezelfde als die in figuur 3. (Merk op dat de horizontale schalen van figuren 3 en 4 verschillen; figuur 4 loopt door tot 10

³ Hieronder verstaan we toepassers van de methode van Box en Jenkins, Menyanthes, de Verschillenmethode en Trendanalyse.

km). Tot ca 4000 m worden de verlagingen kleiner naarmate een peilbuis verder van de winning af staat, maar de impliciete veronderstelling van de meeste andere tijdreeksanalisten dat ze verderop wel geleidelijk naar nul zullen gaan blijkt onjuist. Vanaf ca 4000 m blijft het niveau rond -0.3 m schommelen.

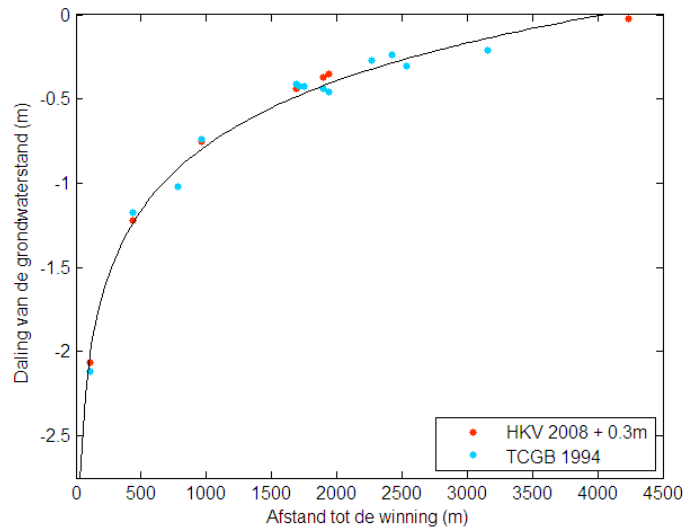
De meeste punten onder de rode lijn komen van peilbuizen die ten noorden van de winning staan, die daarboven komen vooral van zuidelijke peilbuizen.

De werkelijke invloed van de winning gaat natuurlijk wel geleidelijk naar nul; daar bestaan overtuigende fysische argumenten voor. Als de verlaging na ca 4000 m niet meer verder afneemt moet geconcludeerd worden dat de grens van het invloedsgebied bereikt is en dat de verdere resultaten alleen een daling van het omgevingspeil weerspiegelen. Die daling is opgetreden in een tijdsbestek van 30 jaar; dat is de periode waarover onze analyse zich uitstrekte.

Zoals in paragraaf 2 besproken is plant een daling van het omgevingspeil zich enigszins vertraagd maar ongedempt voort in het droge gebied waarin de winning staat. Het effect van de winning moet dus gemeten worden vanaf de rode lijn in figuur 4; niet vanaf de nullijn. De rode lijn hoort bij het huidige omgevingspeil; als de winning nu gestaakt zou worden zou het grondwaterpeil zo hoog stijgen. De nullijn hoort bij de Ausgangssituatie, dat is 1961. Om het grondwaterpeil zo hoog te laten stijgen dat die situatie weer zou optreden zou het niet volstaan om de winning uit te schakelen: in de hele wijde omgeving zou de waterhuishoudkundige toestand van 50 jaar geleden hersteld moeten worden.

Het omgevingspeil is *geleidelijk* gedaald. Dat volgt niet uit onze eigen analyse, maar de meeste andere tijdreeksanalisten hadden hun analyses zo ingericht dat een *plotselinge* verandering van het omgevingspeil hen beslist opgevallen zou zijn.

Om de invloed van de winning alléén te vinden hoeven we dus slechts bij de resultaten van de tijdreeksanalisten 0.3 m op te tellen. Dat hebben we in figuur 5 gedaan met de uitkomsten van HKV (rode punten). We hebben tevens de uitkomsten van de TCGB afgedrukt (blauwe punten). De twee uitschieters (één van HKV en één van de TCGB) zijn weggelaten. Op de juiste manier geïnterpreteerd blijken de resultaten elkaar te bevestigen.



Figuur 5: Resultaten van HKV en TCGB na correctie voor de daling van het omgevingspeil (Eén rode punt wordt juist bedekt door blauwe; een andere is niet zichtbaar omdat hij boven de nullijn ligt.)

We concluderen dat de resultaten van figuur 2 de juiste zijn. Die van figuur 3 bevatten niet alleen de invloed van de winning, maar ook de daling van het omgevingspeil.

De resultaten van figuur 2 liggen ten grondslag aan de schaderegeling van 1996.

5. De daling van het omgevingspeil

Hoe verhoudt de geconstateerde daling van 30 cm in 30 jaar zich tot de inzichten van andere onderzoekers?

Sinds de tweede wereldoorlog is in heel Nederland de landbouwwaterhuishouding sterk verbeterd. Met name zijn ontwateringswerken uitgevoerd om winterse inundaties te verhelpen, waardoor landbouwers vroeger in het jaar het land konden bewerken en vee vroeger de weide in kon. Knotters en Jansen (2005)⁴ vonden voor het gehele noordelijk zandgebied, waar de omgeving van Terwisscha onder valt, vanaf 1950 een daling van ca 0.75 cm/jaar. Ten opzichte van dit getal is 30 cm in 30 jaar aan de hoge kant. In een onderzoek naar de grondwatersituatie in Drenthe vond TNO (1991)⁵ dat de grondwaterstand buiten gebieden met grootschalige grondwaterwinning tussen 1955 en 1985 ca 40 cm daalde. Ten opzichte van dit getal is 30 cm over een vrijwel even lange (maar wat recentere) periode juist weer aan de lage kant. Vitens (2007, lit.27) vond met een trendanalyse over de periode 1963-1992 voor de wijde omgeving van Terwisscha een daling van 29.7 cm. HKV (2008, lit.32) had later kritiek op de methode van Vitens, maar weerlegde de uitkomst niet. Onder verwijzing naar een eigen trendanalyse over de periode 1962-1983 schatte HKV voor een wijdere omgeving van Terwisscha de daling buiten de invloedssfeer van de winning op gemiddeld 20 cm. Vertaald naar de periode van Vitens zou dat $(1992-1963)/(1983-1962)*20 = 27.6$ cm zijn, zodat HKV en Vitens het in elk geval qua resultaat redelijk eens zijn. Volgens verslagen van het overleg tussen Vitens en vertegenwoordigers van de landbouw schat de CDG de verlaging op 28 cm, maar het is niet duidelijk over welke periode dat getal genomen moet worden.

Ook in dit opzicht blijkt dat de uitkomsten van verschillende onderzoekers - mits op de juiste manier vergeleken - elkaar ondersteunen.

6. Achtergrondverdroging

Een heikel punt in het geschil Terwisscha is *achtergrondverdroging*. Tot nu toe hebben we het woord vermeden, omdat het veel verwarring oproept (Werkgroep Terwisscha, lit.29). De term is ooit door TNO gelanceerd tijdens een landsdekkend onderzoek naar de toestand van de grondwaterafhankelijke natuur (TNO, 1989)⁶. De onderzoekers ontdekten dat ze met tijdreeksanalyse alléén het verloop van de grondwaterstand in een groot aantal natuurgebieden niet volledig konden verklaren. Het (door hen) onverklaarde deel, dat vrijwel zonder uitzondering een dalende trend liet zien, noemden ze achtergrondverdroging omdat de oorzaken buiten de natuurgebieden gezocht moesten worden. Feitelijk slaat de term dus alleen op natuurgebieden. Dat verklaart ook de negatieve lading van het woord. De

⁴ M.Knotters en P. Jansen (2005): Honderd jaar verdroging in kaart, Stromingen 11(4) 5-18 (niet opgenomen in de literatuurlijst).

⁵ Optimalisatie van de grondwaterstandsmeeetnetten rond de pompstations in Friesland, TNO rapportnr, OS 91-22-A (niet opgenomen in de literatuurlijst).

⁶ Rolf, H.L.M., (1989): Verlaging van de grondwaterstanden in Nederland. Analyseperiode 1950-1986. Rapport DGV-TNO, Delft (niet opgenomen in de literatuurlijst).

veroorzakers van achtergrondverdroging hebben in het algemeen juist baat bij een verlaging van de grondwaterstand (zoals de landbouw) of staan er neutraal tegenover (zoals de drinkwaterwinning).

Strikt genomen speelt achtergrondverdroging dus alleen in het Drents Friese Wold. Partijen zijn echter de volgende definitie overeengekomen:

Achtergrondverdroging is dat deel van de opgetreden freatische grondwaterstandsverlaging in het gebied met een straal van 7 km rondom het pompstation Terwisscha dat sinds de aanvang van de winning op dit pompstation niet kan worden toegeschreven aan de onttrekking van grondwater door Vitens of haar rechtsvoorgangers.

Het gaat in dit geschil dus om de daling van het omgevingspeil die in de vorige paragrafen aan bod kwam.

Achtergrondverdroging is in deze zaak een heikel punt omdat grondwaterwinning vaak als belangrijke oorzaak genoemd wordt. De Stichting Herziening Droogteschaderegeling Terwisscha (die een voortzetting is van de Werkgroep Terwisscha) vreest dat een deel van de schade buiten beeld zou kunnen blijven als alleen de invloed van de winning Terwisscha in beschouwing genomen zou worden.

Het is daarom van belang om vast te stellen of de daling van het omgevingspeil *buiten de invloedradius van de winning* mede het gevolg kan zijn van andere winningen van Vitens. De dichtstbijzijnde andere winning, Oldeholtspade, ligt 18 km verderop. Hij heeft een winningsomvang van 5.5 miljoen m³/jaar. TNO (1991, p56)⁷ geeft voor de omgeving van Oldeholtspade een *kD*-waarde op van 8100 m²/d en een zgn. *spreidingslengte λ* van 2860 m. Voor Oldeholtspade is de formule van Thiem-Dupuit ongeschikt. Een beter toepasbare formule is die van *De Glee*, waarmee op basis van deze parameterwaarden uitgerekend kan worden dat de verlagingsslijn van 1 cm op 11 km vanaf Oldeholtspade ligt. Daarmee zou juist de grens van het zoekgebied bereikt worden. In het centrum van het zoekgebied is de berekende verlaging minder dan 1 mm. Het kan gemakkelijk een millimeter meer of juist wat minder zijn, maar we kunnen veilig concluderen dat de bijdrage van Oldeholtspade aan de daling van het omgevingspeil miniem is.

Lit.29 noemt de mogelijkheid van cumulatie van kleine effecten van veel winningen die veel verder weg liggen. Zo'n cumulatie is wel bekend in Brabant en Limburg waar sommige onttrekkingen van grondwater op zeer grote diepte onder zeer dichte kleilagen plaatsvinden. Voor cumulatie is een spreidingslengte nodig in de orde van de afstand tussen de winningen of groter. In de omgeving van Terwisscha is dat niet aan de orde.

We concluderen daarom dat er geen andere Vitens-winning dan Terwisscha in het spel is.

Verscheidende onderzoekers hebben mogelijke oorzaken van achtergrondverdroging geïnventariseerd, maar voor de oplossing van dit geschil is het niet meer nodig om te weten wie wat gedaan heeft en hoeveel dat heeft bijgedragen. Nu de drinkwaterwinning als oorzaak uitgesloten is gaat het alleen nog om het gezamenlijke effect, en de grootte daarvan is bekend:

De achtergrondverdroging - volgens de overeengekomen definitie - heeft een intensiteit van ca. 1 cm per jaar.

6. De invloedssfeer van de winning nader beschouwd

⁷ Optimalisatie van de grondwaterstandsmetnetten rond de pompstations in Friesland, TNO rapportnr, OS 91-22-A (niet opgenomen in de literatuurlijst).

Hoewel de meetgegevens het suggereren is het fysisch gesproken niet denkbaar dat de invloed van de winning plotseling ophoudt op $R = 4050$ m. Deze grens is bepaald met de formule van Thiem-Dupuit. In het droge gebied rondom de winning, dat ondergronds vrij afwatert, gaat het rekenschema dat daaraan ten grondslag ligt heel goed op, maar daar waar de sloten beginnen en het peil beheerst wordt wringt het. IWACO (1980, lit.4) rekende daarom al eens met een andere formule, de *formule van De Glee*, die aanneemt dat er overal ontwateringsmiddelen zijn. (Deze formule kwam al ter sprake toen we de invloed van Oldeholtspade inschatten). Dat is het andere uiterste, en IWACO tekende aan dat de invloedssfeer op die manier overschat wordt. Een derde formule, de *formule van Blom*⁸, houdt wel op een correcte manier rekening met de overgang van het gebied met vrije afwatering van grondwater naar het gebied met een gereguleerd peil.

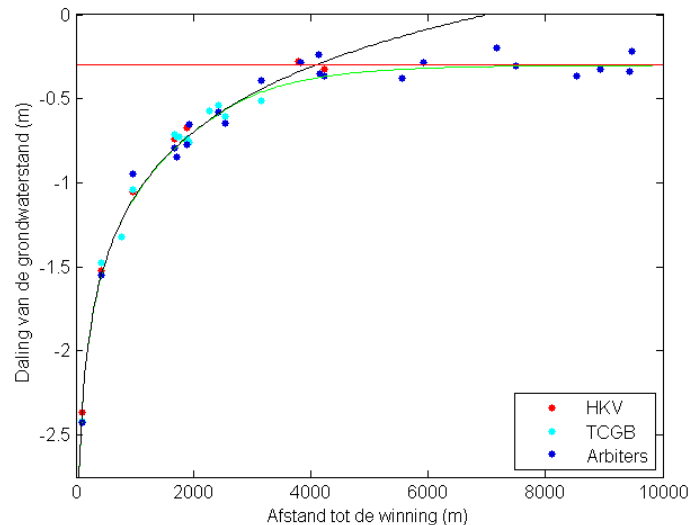
IWACO noemt de formule ook maar verwijst naar Ernst. De formule van Blom knoopt Thiem-Dupuit en De Glee aan elkaar, onder de wiskundige eis dat op de overgang de verlaging en de stroming continu moeten zijn.

Als we Blom toepassen vinden we de groene verlaginglijn die in figuur 6 is ingetekend. Links sluit hij aan op de kromme van Thiem-Dupuit en rechts nadert hij asymptotisch tot de horizontale rode lijn.

Om het juiste verloop van de groene lijn te construeren moest de *spreidingslengte* in het overgangsgedebied van droog naar peilbeheerst gebied bekend zijn. Op grond van onze tijdreeksanalyse schatten we hem op $\lambda = 1500$ m. Voorts is $R = 4050$ m, $kD = 5100$ m²/dag en $Q = 6.5$ miljoen m³/jaar.

Een consequentie van dit alternatieve rekenschema is dat het invloedsgedebied wiskundig niet meer begrensd is. Op 7000 m wordt nog een theoretische verlaging gevonden, zij het van 0.5 cm. De verlaginglijn van 5 cm, die door de CDG als grens gehanteerd wordt, ligt op

$$R_{0.05} = 4600 \text{ m.}$$



Figuur 6: Verlaginglijn volgens de formule van Blom (groene lijn)

8 . Blom, 1973. Verlagingen van het freatisch vlak bij grondwateronttrekking in een gebied met vrije afwatering. RID Mededeling 74-7. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (niet opgenomen in de literatuurlijst).

7. Verlaging van de freatische grondwaterstand

Dit hele memorandum gaat over de verlaging van de stijghoogte van het grondwater in de watervoerende laag waaruit water gewonnen wordt. Over de invloed van de winning op de freatische grondwaterstand (die hoogstens gelijk is aan de invloed op de diepe stijghoogte) hebben we nog geen standpunt ingenomen.

Appendix 1: Overeengekomen literatuur ter vorming van een arbitraal oordeel over de invloed van de winning op de grondwaterstand in de omgeving.

De titels zijn vermeld zoals de lijst destijds samengesteld is. Sommige staan op auteur en andere op instelling. In dit memorandum refereren we aan instituten of adviesbureaus, maar we vermelden daarbij ook steeds het bijbehorende nummer uit de lijst.

1. Nes, B.A. van, 1955. Rapport inzake de te verwachten verlaging van de grondwaterstand onder invloed van de waterwinning in de zandduinen te Appelscha door de N.V. Intercommunale Waterleiding Gebied Leeuwarden. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, s'Gravenhage.
2. J.J. de Vries, 1974: Enkele hydrologische beschouwingen in verband met de uitbreiding van de waterwinning.
3. CoGroWa, 1979: Onderzoek naar de oorzaak van de opgetreden grondwaterstandsverlaging op de percelen van de heer T. Ausma.
4. Iwaco B.V., 1980. Geohydrologisch onderzoek naar de invloed van de grondwaterwinning op de grondwaterstanden tengevolge van de huidige en uit te breiden winning van het pompstation Terwisscha. Rapport 547. Iwaco B.V., Rotterdam.
5. Riele, W.J.M. te, H.Makken en A.F. van Holst, 1982. Droogteschade Terwisscha. Rapport 1490. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
6. Ter Wee, M.W., 1985. Potkleiverbreiding Terwisscha. Rijks Geologische Dienst.
7. Makken, H., 1986. Hydrologisch onderzoek en profielbeschrijvingen van gronden in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha. Rapport 1861. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
8. Boorbedrijf Klinge, jaren 90: Boorbeschrijvingen omgeving Terwisscha.
9. Vroon, H.R.J., 1990. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha. Rapport 60. Staring Centrum, Wageningen.
10. Vroon, H.R.J. en G. Kamping, 1991. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied Ooststellingwerf, fase II; de bodemgesteldheid van boorlocaties in 6 raaien. Bijlage bij brief nr. 12072/CAT/BW d.d. 03-06-1991. Staring Centrum, Wageningen.
11. TNO Grondwater en Geo-Energie, 1993: Systeemanalyse Zuid-Oost Friesland OS 93-08A (bevat keileemkaarten van het gebied).
12. TCGB, 1994. Schadeonderzoek Wateronttrekking Ooststellingwerf (Terwisscha). Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven, Utrecht.
13. Broers, H.P. en A. Lourens 1995. Nadere analyse van de verlaging van de grondwaterstand als gevolg van de winning Terwisscha in de omgeving van het bedrijf van de heer Weinans, Elsloo. Rapport OS 95-08B. TNO Grondwater en Geo-Energie, Delft.
14. Baggelaar, P.K., 1995. Waarom verschillen de door TCGB en TNO geschatte effecten van de winning Terwisscha (WLF) op de stijghoogten? KIWA Onderzoek en Advies, Nieuwegein.
15. Iwaco B.V., 1997. Ecohydrologische systeemanalyse integraal waterbeheer project Terwisscha. Rapport 2230020. Iwaco B.V. Vestiging Noord, Groningen.
16. Iwaco B.V., 1998. Evaluatie effecten scenarioberekeningen Terwisscha. Notitie. Iwaco B.V. Vestiging Noord, Groningen.
17. Iwaco, 2000: EHS-begrenzing Oosterwolde-Elsloo-Appelscha (hydro-ecologische onderbouwing).
18. Werkgroep Terwisscha, 1999. Integraal waterbeheer Terwisscha - Scenario-studie
19. Wee, T.H. van, 2003. Hydrologische modelstudie alternatieve winlocaties Terwisscha. Witteveen + Bos onder begeleiding van de Stuurgroep Terwisscha, Heerenveen.
20. Vink, K. en A. Kreleger, 2004. Systeemanalyse Potkleiverbreiding Terwisscha. KIWA en Witteveen+Bos. Concept.
21. Vugt, A. van, 6 mei 2004. Invloed winning Terwisscha op perceel aan de Kloosterweg. Witteveen + Bos. Concept.

22. Kreleger, A., 2005. Herberekening pompstation Terwisscha. Witteveen + Bos, Almere.
23. Cirkel, D.G. en J.R. von Asmuth, 2005. Hydrologische evaluatie anti-verdrogingsmaatregelen Terwisscha, Tijdreeksanalyse met Menyanthes. KWR 05.029, Kiwa Nieuwegein.
24. Geraerds, J. en M. van der Horst, 2005. Waterwinning Terwisscha. Hydrologisch onderzoek 2005. Evaluatie van eerder hydrologisch onderzoek en advies meest aannemelijke verlagings-patroon. DLG Assen.
25. Cirkel, D.G. 2006. Invloed drinkwaterwinning Terwisscha. Onderzoek met behulp van tijdreeksanalyse naar de invloed van de drinkwaterwinning Terwisscha op de grondwaterstanden. KWR 06.033 Kiwa Nieuwegein.
26. Witteveen en Bos, 2006: Toetsing grondwaterstanden grondwaterwinning pompstation Terwisscha.
27. Vitens, A. Kok, 2007: Bepaling achtergrondverdroging Terwisscha.
28. Werkgroep Terwisscha (de agrariers), 2007: Vaststellen verschil grondwaterstand periode 1963-1967 t.o.v. 1996-2000.
29. Werkgroep Terwisscha (de agrariers), 2007: Verdroging en achtergrondverdroging
30. Kreleger, A. 2007. Toetsing grondwaterstanden grondwaterwinning pompstation Terwisscha. Witteveen&Bos, Projectcode LW133-9.
31. Cirkel, D.G. 2007. Grondwaterstandsverlagingen Terwisscha. Kiwa, projectnummer 30.6719.400
32. Kok, M. et al, 2008. Review grondwaterdaling als gevolg van drinkwaterwinning in Terwisscha, HKV Lijn in water.
33. Kok, M. en B. de Graaff, 2008. Memorandum. Second opinion Drinkwaterwinning Terwisscha. HKV Lijn in water.
34. Wetterskip Fryslân, 2008: Veranderingen in de waterhuishouding rond Terwisscha in het kader van de ruilverkavelingen Ooststellingwerf en Elsloo (+kaarten en profielen)
35. Bakel, J. van, 2009. Bevindingenrapport van onderzoek naar methoden van bepalen van verlagingsbeelden van de waterwinning Terwisscha (Fr).
36. Grontmij, 2009: Natura 2000 gebieden Provincie Drenthe; geohydrologische onderzoek beschermingszones (ivm achtergrondverdroging).

Appendix 2: Alles op een lijn

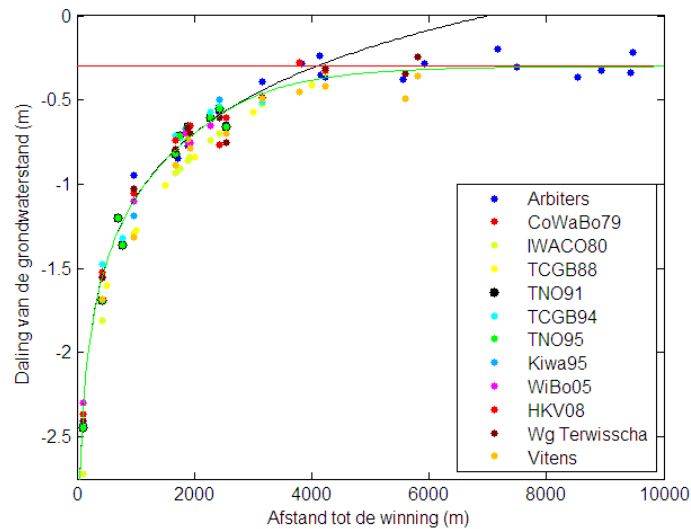


Fig A: De belangrijkste onderzoeksresultaten bijeen.

Deze figuur bevat de meeste uitkomsten van onderzoeken naar de invloed van de winning Terwisscha op de grondwaterstand. De verlagingen zijn *inclusief de daling van het omgevingspeil*. De groene lijn is het theoretische verloop volgens de formule van Blom.

De verlaging ten gevolge van de winning alleen moet gemeten afgelezen worden ten opzichte van de horizontale rode lijn.

Niet weergegeven zijn de twee allervroegste resultaten (lit.1 en lit.2), die nog een voorspellend karakter hebben en maar in beperkte mate op waarnemingen berusten. Zij nemen een erg grote marge in acht. CoWaBo (slechts één punt) gaat al af op waarnemingen van de grondwaterstand, maar leunt ook op de vroegere voorspellingen. IWACO is nog voorspellend maar maakt ook gebruik van waarnemingen. TCGB 1988 betreft een grondwatermodelstudie waarvan wij geen rapport hebben. Mogelijk was het model geijkt op de uitkomsten van IWACO. Deze vroeger verlagingen zijn wat aan de grote kant.

De overige resultaten stammen uit de periode waarin de winning al zijn volle omvang bereikt had. Ze stemmen goed met elkaar overeen, mits op de juiste manier geïnterpreteerd.

Eén uitschieter van TCGB 1994 en één van HKV 2008 zijn weggelaten (zie paragraaf 3). Ook Vitens had een uitschieter die we niet weergegeven hebben, voor dezelfde peilbuis waar HKV moeite mee had. (Hij staat in de buurt van het Canadameer dat in hun analyseperiode ontgraven werd).

Enkele resultaten waren te erratisch om bruikbaar te zijn. Het gaat om Kiwa (2006, lit. 25) en een tweede resultaat van HKV (2008, lit.32) dat bereikt was met de zgn. venstermethode.

In Van Bakel (2009, lit.35) wordt een verlaginglijn gepresenteerd die berekend is met het MIPWA-model, dat een groot deel van noord Nederland omvat en bedoeld is om beleidsbeslissingen over dit soort vraagstukken te ondersteunen. De lijn wijkt sterk af van de overige resultaten. Nabij de winning is de verlaging duidelijk te klein en op grote afstand is hij juist te groot. Het lijkt erop dat dit model voor de omgeving van Terwisscha nog niet goed afgeregeld is. We hebben de uitkomst genegeerd.

Resultaten van verschillende onderzoekers.

RID (1955)

Analytisch, $kD = 3550 \text{ m}^2/\text{d}$, $R = 2000$ à 4000 m
Geen correctie voor achtergrondverdroging nodig.

De Vries (1974)

Analytisch, $kD = 4000; \text{m}^2/\text{d}$, $R = 3000 \text{ m}$
Geen correctie voor achtergrondverdroging nodig.

Cowabo (1979)

Analytisch, $kD = 3550 \text{ m}^2/\text{d}$, $R = 4200 \text{ m}$
(In feite wordt de eerste 6 jaar van de winning met $R = 3750 \text{ m}$ gerekend).
De berekening is alleen uitgevoerd voor peilbuis 19.
Geen correctie voor achtergrondverdroging nodig.

IWACO (1980)

Analytisch, $kD = 4400 \text{ m}^2/\text{d}$, $R = 4500 \text{ m}$
Geen correctie voor achtergrondverdroging nodig.

TCGB (1988)

Geen rapport beschikbaar, dus uit de tweede hand (TCGB 1994).
Berekening met STATRECT, $Q = 6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

verlaging	afstand
1.2	500
0.9	1000
.65	1500
.5	2000
NaN	2500
.25	3000
.1	4000

Omrekening: $-h \times 6.5/6$. Geen correctie voor achtergrondverdroging nodig.

TNO (1991)

1971-1989 dus 19 jaar
 $Q = (6.2-3.1) \times 10^6 = 3.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Verlagingen zijn voor $6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

naam	verlaging	afstand
16	.75	1750
17	.7	1894
18	.65	2275
19	.6	2421
21	1.2	961
22	NaN	1938
32	2.35	105
33	1.65	433
34	.85	1689
35	.7	2537
69	1.35	784

Omrekening: $h = -(h \times 3.1/6 - .19) \times 6.5/3.1$

Toelichting:

TNO presenteerde zijn verlagingen voor een debiet van 6 miljoen m³/j, maar de analyse werd uitgevoerd over een periode waarin het debiet met 3.1 miljoen m³/j toenam. De analyseperiode bedroeg 19 jaar, dus als de achtergrondverdroging op 1 cm/j gesteld mag worden bevat de verlaging van TNO 19 cm achtergrondverdroging. Dus: eerste terugschalen naar 3.1e6. Dan 19 cm ervan aftrekken. Dan opschalen naar 6.5e6.

TCGB (1994)

Diepste filters:

$$Q = (6.2 - 0.4)e6 = 5.8e6$$

naam	verlaging	afstand
16	.38	1750
17	.39	1894
18	.24	2275
19	.21	2421
20	.19	3157
21	.66	961
22	.41	1938
30	.38	1712
32	1.89	105
33	1.05	433
34	.37	1689
35	.27	2537
36	.18	4240
69	.91	784

Omrekening: $-h \times 6.5 / 5.8$

TNO (1995)

Herhaling van TNO 1991; enkele aanpassingen.

TRA, 1971-1989, dus 19 jaar

$$Q = 3.1e6m^3/j$$

Verlagingen afgelezen uit grafiek in het rapport.

naam	verlaging	afstand
32	2.48	105
33	1.56	433
39?	1.35	650
21	1.20	961
34	0.85	1689
16	0.75	1850
17	0.70	1894
22	0.69	1938
18	0.65	2275
19	0.60	2421
35	0.71	2537

Omrekening: $h = -(h \times 3.1 / 6 - .19) \times 6.5 / 3.1$

Kiwa (1995)

$$Q = 5.8e6m^3/j$$

1971-1994, dus 25 jaar

naam	verlaging	afstand
21	1.04	961
16	.58	1850
19	.43	2421

Omrekening: $-(h - .25) \times 6.5 / 5.8$

Witteveen + Bos (2006, overgenomen uit DLG 2005)

naam	verlaging	afstand
35	.4	2537
16	.4	1850
17	.45	1894
18	.35	2275
19	.3	2421
21	.8	961
22	.45	1938
32	2.0	105
33	1.25	433

Vitens (2007)

1962-1963 dus 31 jaar

De verschilmethode geeft winning + av, dus alleen corrigeren voor debiet.

$$Q = 5.8e6$$

naam	verlaging	afstand
32	2.71	105
33	1.51	433
21	1.21	961
34	.81	1689
22	.71	1938
17	.66	1894
19	1.15 ??	2421
35	.63	2537
20	.45	3157
13	.41	3800?
36	.38	4240
37	.45	5600?
14	.33	5800?

Omrekening: $-(h - .33) \times 6.5 / 5.9 + .30$ **HKV (2008)**

TRA, 1960-1994, dus 35 jaar

$$Q = 5.8e6 \text{ m}^3/\text{j}$$

dat zegt HKV tenminste, maar tussen 1960 en 1994 nam de winning toe tot $6.5e6 \text{ m}^3/\text{j}$. Blijkbaar heeft HKV teruggeschaald naar 5.8, en daarmee ook de av meegeschaald. Om terug te rekenen naar $6.5e6$ moet ik dus alleen te vermenigvuldigen met $6.5/5.8$.

maar ik moet wel 35 cm av in rekening brengen.

Alleen 2e filter (deed HKV ook):

naam	verlaging	afstand
17	.6	1894
19	.91	2421
21	.94	961
22	.58	1938
36	.29	4240
13	.25	3800?
32	2.11	105
33	1.36	433
34	.66	1689
35	.54	2537

Omrekening: $h = -h \times 6.5 / 5.8 + .35$

Eigen uitkomsten (2011)

Diepste filter

Combinatie van TRA en vergelijking van twee perioden, 1962-1991, $Q = 6.5e6 \text{ m}^3/\text{j}$

naam	verlaging	afstand
17	.77	1894
19	.58	2421
21	.94	961
22	.65	1934
32	2.42	104
33	1.55	433
34	.79	1689
35	.65	2537
13	.28	3820
28	.36	8533
20	.39	3157
30	.84	1712
36	.36	4240
37	.38	5564
38	.34	9432
261	.24	4146
156	.30	7499
4	.35	4155
5	.20	7179
8	.22	9476
14	.29	5921
30	.33	8936

Omrekening: alleen achtergrondverdroging erbij optellen: $-h + .3$

Aantal meet-reeksen	Peilbuis	x_coord	y_coord	Afstand tot puttenveld (m)	Gemeten stijghoogteverlagingen (tijdreeksanalyse) (m)
1	11HP0032	216750	550725	104	2,42
2	11HP0033	217175	551125	433	1,55
3	11HP0021	215954	550841	961	0,94
4	11HP0034	218493	550055	1689	0,79
5	11HB0030	218220	551910	1712	0,84
6	11HP0017	215165	551362	1894	0,77
7	11HP0022	215375	551875	1934	0,65
8	11HP0019	214600	550200	2421	0,58
9	11HP0035	219353	551587	2537	0,65
10	11HP0020	213846	551295	3157	0,39
11	16FP0013	215225	547350	3820	0,28
12	11HL0261	219170	554260	4146	0,24
13	16FB0004	213350	548690	4155	0,35
14	11HP0036	214350	554100	4240	0,36
15	11HP0037	219704	555593	5564	0,38
16	16FP0014	217650	544875	5921	0,29
17	16FP0005	211500	546090	7179	0,20
18	12CL0156	224120	552970	7499	0,30
19	11GP0028	209075	554025	8533	0,36
20	17AP0030	224281	545637	8936	0,33
21	11HP0038	213550	559550	9432	0,34
22	16FB0008	217580	541300	9476	0,22

