

---

# Ontwikkeling grondwaterkennis in Overijssel: Pompproeven (1959-2014)

Harry Boukes<sup>1</sup>, Paul Baggelaar<sup>2</sup>, Thomas de Meij<sup>3</sup>  
en Jan Hoogendoorn<sup>4</sup>

---

*Provincie Overijssel en Vitens willen beter weten hoe de geohydrologische opbouw van Vitens' winvelden in elkaar steekt en met welke bodemparameters het systeem gekwantificeerd kan worden. Een goede eerste stap is dan doorgaans om eerst eens te verkennen wat we al weten. In de archieven van Vitens en TNO (waar de oude pompproefarchieef van het RID wordt beheerd) zochten we naar rapportages van pompproeven. Daarbij kwamen uiteindelijk achttien pompproefrapporten boven water afkomstig uit de periode 1959-2014. We beoordeelden wat deze rapporten ons nu nog aan bruikbare informatie opleveren. Dat leidt tevens tot een mooi overzicht van de ontwikkelingen in de hydrologie.*

## Inleiding

Als onderdeel van de strategische samenwerking tussen Vitens en de Provincie Overijssel (Hoogendoorn en De Meij, elders in dit nummer) is er behoefte aan kennis over de hydrologische situatie op de winvelden van Vitens. Voordat er meetplannen opgesteld worden om die kennis in de vorm van bodemparameters te verkrijgen, is het wellicht verstandig om te kijken wat we vroeger al gedaan hebben en wat we daarvan nu nog kunnen leren. Het leek een goed plan om voor alle winningen van Overijssel na te gaan of er een pompproef is uitgevoerd en wat die opgeleverd heeft. Doel hiervan was de bestaande kennis systematisch te ordenen en de hiaten in beeld te brengen, zodanig dat voor de toekomst de gegevens discussies over parameterwaarden zo niet uitgebannen, dan toch ernstig ingeperkt kunnen worden. Dit artikel beschrijft in welke omstandigheden de pompproeven tot stand gekomen zijn. Er komen een aantal voorbeelden aan de orde en we komen tot een visie hoe we in de toekomst met pompproeven om kunnen gaan.

## Drinkwater en bodemparameters

In de negentiende eeuw werd duidelijk dat vooral in de steden de uitbraak van besmettelijke ziektes kon worden voorkomen door openbare drinkwatervoorziening.

---

<sup>1</sup> Adviesbureau Harry Boukes, (info@harryboukes.nl)

<sup>2</sup> Icastat, (paul.baggelaar@planet.nl)

<sup>3</sup> Provincie Overijssel, (t.d.Meij@overijssel.nl)

<sup>4</sup> Vitens, (Jan.hoogendoorn@vitens.nl)

Het gebruik van grondwater als grondstof bleek voordelen te hebben: kwaliteit en temperatuur zijn vrijwel constant en het bevat vrijwel geen ziekteverwekkende bacteriën en virussen. Steeds meer steden gingen over op een eigen drinkwatervoorziening, en waar winbaar grondwater voorhanden was, maakte men er graag gebruik van. Winning van grondwater bleek ook tot verlaagde grondwaterstanden te leiden. Soms was dat gunstig, als zompige stukken land opeens toegankelijk werden en daardoor geschikt voor landbouw en/of bewoning. Grondwaterverlaging kon nadeel opleveren voor boeren wanneer gewassen droogteverschijnselen vertoonden. Daardoor ontstond een behoefte om meer grip te krijgen op de mate waarin de grondwaterstanden beïnvloed worden.

Rond 1600 gaf Simon Stevin een eerste aanzet tot een begrip van waterstromingen door het verschijnsel 'hydrostatische druk' te beschrijven. Pas in 1856 volgde een volgende stap. Henri Darcy deed onderzoek aan de stroming door filterbedden van een waterleidingbedrijf. Hij schematiseerde een kolom grond tot een homogene weerstand tegen stroming, die hij kwantificeerde middels de reciproke waarde ervan: de doorlatendheid, ofwel de  $k$ -waarde.

In 1862 gebruikte Dupuit deze  $k$ -waarde om de grondwaterstroming naar een put te beschrijven. Hij integreerde de  $k$ -waarde over de hoogte van een zandpakket, en verkreeg zo een doorlaatvermogen, wat tegenwoordig met de term ' $kD$ -waarde' wordt aangeduid. Verder nam hij aan dat binnen een zandpakket (een watervoerend pakket) de grondwaterstroming (zo goed als) uitsluitend horizontaal is. Dupuit leidde analytische formules af voor het potentiaalverloop in afgesloten en freatische watervoerende pakketten.

*De oudst bekende pompproef is die uit 1913 in Holten. In 1916 is hierover gerapporteerd, helaas is dit rapport niet teruggevonden. Naar aanleiding van de bevindingen is besloten om op die locatie geen drinkwaterwinning te starten. In de jaren zestig ontstond er alsnog behoefte aan een winlocatie in dat gebied. In 1966 is de pompproef uit 1913 opnieuw uitgewerkt (RID, 1966). Beide keren is de formule van Dupuit gebruikt, wat in 1916 verdedigbaar was: er was immers niks beters beschikbaar. Waarom in 1930 niet de formule van De Glee gebruikt is, wordt niet duidelijk. Hoe dan ook: de hydrologen vinden in 1966 een  $kD$ -waarde die vrijwel identiek is aan die van 1916, en zien dat als een bevestiging voor de betrouwbaarheid van de uitkomst.*

In 1930 leidde De Glee formules af voor stroming binnen een systeem met een watervoerend pakket dat afgedekt wordt door een slechtdoorlatende laag (De Glee, 1930). Boven die laag zou dan een onbeïnvloede waterstand zijn, ofwel als grondwater, ofwel als oppervlaktewater. De weerstand van de laag tegen stroming werd aangeduid met de ' $c$ -waarde', en aangenomen werd dat er door een slechtdoorlatende laag uitsluitend verticale stroming plaats vond.

In 1955 maakte Hantush het mogelijk om ook het verloop in de tijd van een grondwaterpotentiaal na de start van een onttrekking na te rekenen. Dit voegde echter nog weer een extra parameter toe aan de berekeningen: de bergingscoëfficiënt, ofwel de  $S$ -waarde. De analytische formules waren echter dermate complex, dat hydrologen geholpen moesten worden met tabellenboekjes en grafische toepassingsvormen. De metingen werden op transparant papier uitgezet, en vervolgens zodanig over standaardcurves

verschoven dat er een op het oog optimale overeenkomst was. Uit de gekozen curve en de mate van verschuiving konden de bodemparameters worden afgeleid.

*In 1959 zijn er door de Waterleiding Maatschappij Overijssel rond de winning Herikerberg grondwaterstandsmetingen verricht in een periode waarin de winning opstartte, negen dagen werd gestopt en vervolgens weer opgestart (RID, 1959). Het heeft er alle schijn van dat de metingen niet zijn uitgevoerd met het doel om als pompproef te worden uitgewerkt. De metingen zijn naar het RID gestuurd, dat gekeken heeft wat er alsnog mee zou kunnen. Ze werken de gegevens uit van de stopproefperiode van 21 tot 30 januari 1959. De handicaps van de meetset zijn echter evident: er is slechts eens per twee dagen gemeten in vijf waarnemingsfilters, overigens zonder dat het meettijdstip genoteerd is. Het RID neemt daarom noodgedwongen aan dat de meting steeds om 12:00 uur heeft plaats gevonden. De onttrekking is op 21 januari om 12:30 uur gestopt, dus de eerste meting is pas na 47,5 uur. Verder is het debiet niet gemeten, maar afgeleid van de pompcapaciteit. In totaal zijn er 22 meetwaarden beschikbaar die op logaritmisch papier zijn uitgezet. Er is een berekende curve doorheen getrokken, de daarbij gebruikte kD-waarde bedroeg 1300 m<sup>2</sup>/dag.*

In 1970 publiceerden Kruseman en De Ridder hun standaardwerk voor de uitvoering en uitwerking van pompproeven. In 1994 is dit overzicht nog eens gemoderniseerd (Kruseman en De Ridder, 1994).

In de loop van de jaren tachtig perfectioneerden Kees Maas en Kick Hemker de analytische rekenwijzen door met behulp van matrixberekeningen meerlaagsproblemen oplosbaar te maken. In diezelfde tijd deed de computer zijn intrede in de hydrologie. Hierdoor konden berekeningen en metingen geautomatiseerd worden automatisch op elkaar worden afgestemd. De rekenmethode was toegankelijk via hun computerprogramma's MAF (Maas, 1986) en MLU ([www.microfem.com](http://www.microfem.com)).

Het tweede majeure gevolg van de komst van de computer was de ontwikkeling van numerieke rekenprogramma's als MODFLOW (MacDonald and Harbaugh, 1984). Waar bij analytische rekentechnieken uitgegaan wordt van homogene, doorgaans isotrope, oneindig ver uitgestrekte bodemlagen, leveren numerieke modellen de mogelijkheid om ook inhomogeniteiten in de modellen op te nemen.

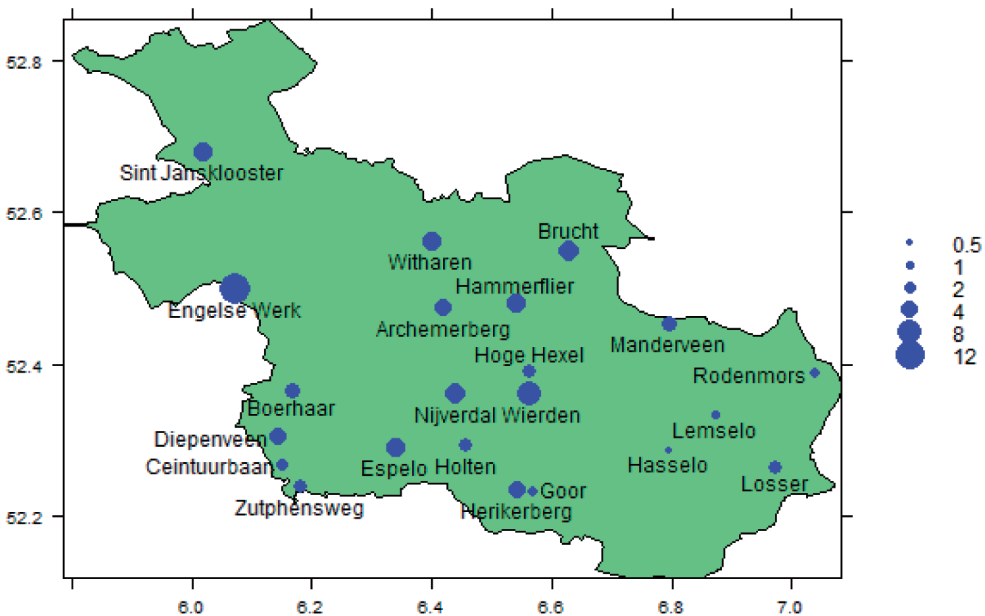
Sindsdien veranderde er inhoudelijk qua rekentechnieken niet zo veel. Optimalisatie-technieken worden toegankelijker gemaakt, maar de meeste energie van de hydrologen gaat naar het toepassen van de numerieke modellen, onder meer in de vorm van grote regionale modellen.

## **Achttien pompproefrapporten**

In Overijssel worden momenteel 21 drinkwaterwinningen geëxploiteerd. Van tien winningen kon geen pompproef worden teruggevonden. Van drie winningen waren er drie pompproefrapporten beschikbaar, van acht winningen één, en ook beoordeelden we het rapport van de winning Brucht die in 2006 stopte (Afbeelding 1).

De meeste drinkwaterwinningen in Overijssel zijn te schematiseren met een tweelaags-model: bovenin een oppervlaktewatersysteem, daaronder een ondiep watervoerend pakket, een slechtdoorlatende laag en daaronder een watervoerend pakket waar de onttrekking is gepositioneerd. Alle pompproeven van vóór de jaren tachtig zijn echter uitgewerkt alsof het één pakket betreft met een afdekkende laag, omdat de reken-technieken voor meerlaagssystemen nog niet beschikbaar waren. Ook zijn de watervoerende pakketten geschematiseerd als oneindig uitgestrekt en homogeen. In de gestuwde Overijsselse systemen met hier en daar een geologische breuk kan dat nogal afwijken van de werkelijke situatie. Hoe het ook zij: als er gepompt wordt en er verlagingen worden waargenomen, is er altijd een set bodemparameters te vinden waarbij de verschillen tussen gemeten en berekende waarden minimaal zijn. Dat zijn de waarden die in de rapporten worden gepresenteerd als 'de' bodemparameters.

### Locaties Overijsselse drinkwaterwinningen Vitens



**Afbeelding 1:** Locaties van de 22 bij deze studie beschouwde drinkwaterwinningen in Overijssel.

De grootte van een stip is gerelateerd aan de vergunde onttrekkingshoeveelheid (zie ook de legenda rechts, in miljoen m<sup>3</sup>/jaar).

*Bij de start van de pompproef Archemerberg in 1968 (RID, 1968) zijn twee pompputten aangezet, maar in geen van de waarnemingsfilters bleek een reactie merkbaar. Als dan een derde pompput bijgeschakelt, worden in twee waarnemingsfilters verlagingen zichtbaar tot maximaal 0.11 meter. Aan de hand van deze verlagingen worden bodemparameters afgeleid. Aangenomen mag worden dat er sprake is van handpeilingen met een nauwkeurigheid in de orde van 0.01 meter, nog los van de versturende invloed van weersomstandigheden. Het pakket wordt beschouwd als oneindig homogeen en isotroop, maar dit zal bij uitstek in een stuwwal niet het geval zijn. De kD-waarde wordt bepaald op ergens in het traject tussen 1300 en 2050 m<sup>2</sup>/dag.*

Behalve dat het hydrologisch schema een foutenbron is, dienen we rekening te houden met de schaal van de pompproef. In Overijssel blijken bijvoorbeeld kleilagen verre van homogeen. Stel dat er een pompproef wordt gehouden bij een winning waar op 500 meter afstand een kleilaag uitwigt, terwijl uitgegaan wordt van een hydrologisch schema met een homogene kleilaag. Als de waarnemingsbuizen niet verder reiken dan 50 tot 100 meter, zal worden waargenomen dat de kleilaag een substantiële weerstand heeft. Als ook waarnemingen in buizen op meer dan 1 km worden meegeïnterpreteerd, zal er een lagere c-waarde worden berekend, ervan uitgaande dat het debiet van de pompproef groot genoeg is om op die afstand nog meetbare verlagingen te kunnen registreren.

Er zijn meer voorbeelden te bedenken: watervoerende pakketten die in één richting dunner worden, gaten in afdekkende lagen, halfdichte geologische breuken, enz. De hydrologische schematisatie is per definitie fout, en die fout zal doorwerken in de parameterwaarden. Daarom is de parameterwaarde gekoppeld aan het schema waarbinnen deze parameter is bepaald. Bij een ander schema horen dus ook andere parameterwaarden<sup>5</sup>. Daarom kunnen parameterwaarden uit een pompproef niet één-op-één naar een numeriek model (zoals MIPWA) worden vertaald. En komt er weer een nieuwe MIPWA-bodemschematisatie, dan horen daar ook weer nieuwe bodemparameterwaarden bij.

Dit alles leidt tot de logische conclusie dat bodemparameters uit de pompproef-rapporten een eenmalig eindproduct zijn van de betreffende pompproef. De duurzame informatie zit in de metingen, die ook in een ander hydrologisch schema de reactie van de grondwaterstanden op een proefpompings beschrijven. Het gaat daarom minder om de afgeleide bodemparameters en meer om de meetreeksen, aangezien die ook binnen andere schema's van het gebied doorgerekend kunnen worden. Hiermee wijzigde het accent van de zoektocht naar de resultaten van interpretaties van metingen naar de metingen zelf.

*Om grip te krijgen op de vraag hoe de vroegere uitwerkingen zich verhouden tot moderne technieken is de pompproef Manderveen uit 1962 (RID, 1962) opnieuw uitgewerkt. Er is destijds een week lang gepompt met een debiet van 110 m<sup>3</sup>/uur. Eén waarnemingsfilter op 20 meter afstand is in die periode 14 keer bemeten. Van zes filters op 20 tot 405 meter afstand is de eindverlaging bekend. Het RID deed de uitwerking in twee stappen: eerst een instationaire uitwerking volgens Hantush op de 14 metingen in de buis op 20 meter, en vervolgens een stationaire uitwerking volgens De Glee op de zes eindverlagingen. Beide uitwerkingen zijn herhaald, maar met MLU is het ook heel eenvoudig om een integrale uitwerking over alle 20 waarnemingen te doen (Tabel 1).*

---

<sup>5</sup> Dit geldt zeker voor kD- en c-waarden, maar je kunt je nog wel afvragen of er, desnoods met aanvullende technieken, toch nog zoiets als een k-waarde voor verschillende trajecten over de verticaal kan worden afgeleid en worden vastgelegd. Op deze manier zou er toch een feitelijk te meten kD-waarde kunnen worden bepaald. Bij pompproeven blijft wel het probleem dat onjuistheden in schematisaties ook uiteindelijk zullen doorwerken in k- en c-waarden.

	RID, 1964 instationair	2014 instationair	RID, 1964 stationair	2014 stationair	2014 integraal
kD [m <sup>2</sup> /d]	2400	2197	2200	2548	2230
λ [m]	2850	1576	1600	2919	1678
c [d]	3384	1131	1164	3345	1262
S [-]	,0006	,0009113			,0008545
kwadratensom	,0106	,00757	,009207	,003414	,009340

**Tabel 1:** Resultaten van de verschillende uitwerkingen van de pompproef Manderveen (1962).

*Bij de instationaire uitwerking is 25% reductie van de kwadratensom haalbaar, bij de stationaire uitwerking zelfs 60%. De echte 2014-uitwerking is integraal, en dan komt het eindresultaat niet zo ver te liggen van het RID-eindoordeel op basis van de twee uitwerkingen van 1964 ( $kD = 2200$ ,  $\lambda = 2000$ ).*

*Omdat bleek dat de waarneming 1 minuut na opstarten van de winning veruit de grootste afwijking gaf, is de exercitie nog een keer uitgevoerd waarbij deze waarneming buiten beschouwing gelaten is. Het is aannemelijk dat bij een snel dalende waterstand de meting minder nauwkeurig is en/of dat het debiet van de pompput in de praktijk niet momentaan gerealiseerd wordt, terwijl dit in de formules wel wordt aangenomen. Dit geeft de resultaten zoals vermeld in Tabel 2.*

	RID, 1964 Hantush	2014 MLU	RID, 1964 De Glee	2014 De Glee	2014 MLU integraal
kD [m <sup>2</sup> /d]	2400	2427	2200	2548	2309
λ [m]	2850	2620	1600	2919	1895
c [d]	3384	2828	1164	3345	1555
S [-]	,0006	,0005235			,0006628
kwadratensom	,0106	,00235	,009207	,003414	,00452

**Tabel 2:** Resultaten van de verschillende uitwerkingen van de pompproef Manderveen (1962), na weglaten van de waarneming na één minuut.

*Het valt op hoe dicht het eindresultaat ligt bij dat van het RID uit 1964. Omdat de beoordeling in 1964 grafisch was, hebben de deskundigen blijkbaar besloten dat die waarneming na 1 minuut niet erg betrouwbaar is en impliciet een grotere afwijking bij dit meetpunt toegestaan.*

## Op zoek naar meetsets

De speurtocht naar meetreeksen in de achttien pompproefrapporten bleek weinig succesvol. In geen enkel rapport waren de originele metingen opgenomen. Blijkbaar ging men er van uit dat met een eenmalige bepaling van 'de' bodemparameters een duurzaam antwoord was gegeven. In sommige rapporten zijn wel figuren opgenomen van gemeten en nagerekende waarden. In principe zou het mogelijk moeten zijn om

die grafieken weer af te lezen. Het betreft dan echter de 'gecorrigeerde' meetwaarden: invloeden van neerslag, verdamping en regionale grondwaterstandsveranderingen zijn er dan al uitgefilterd, terwijl het maar de vraag is of anno 2014 die filtering op dezelfde manier uitgevoerd zou worden. Daarom is besloten geen energie meer te steken in het terughalen van die data. Voor drie recente pompproeven zal worden onderzocht of de ruwe meetgegevens nog ergens opgeslagen zijn, en wat een handig format is om ze ook in een nieuw hydrologisch schema te kunnen toepassen. Voor alle andere winningen zijn voorstellen gedaan voor de wijze waarop nieuwe 'ijksets' kunnen worden verkregen (Boukes en Baggelaar, 2014). Hier zal in 2015 verder invulling aan worden gegeven.

*Bij de pompproef Engelse Werk van 1959 (RID, 1959a) was al gebleken dat het watervoerend pakket heterogeen is en waarschijnlijk door stuwingen in compartimenten is verdeeld: bij debietwisselingen in de orde van 500 m<sup>3</sup>/uur werden soms in nabij gelegen waarnemingsfilters amper reacties waargenomen. Toen men in 2012 voor het nabijgelegen perceel aan de Schellerdijk in hetzelfde pakket een pompproef moest organiseren (Terpstra e.a., 2012), was men dus gewaarschuwd. Er is besloten om een pompproef in fases uit te voeren. Eerst werden de tien pompputten één voor één aangezet, waarbij in omliggende pompputten de reacties zijn vastgelegd. De winning valt dan uiteen in één cluster van zeven en één cluster van drie pompputten. Als binnen het cluster een pompput schakelt, reageren de andere pompputten in dat cluster daar op, maar die in het andere cluster niet. Uit de onderlinge reacties kon zelfs een weerstandswaarde worden geschat voor 'het schot' tussen beide clusters. De naderhand uitgevoerde integrale pompproef leverde amper aanvullende informatie op.*

*De verkregen informatie is opgenomen in een detailmodel. Het is echter niet waarschijnlijk dat een regionaal model als MIPWA dergelijke gedetailleerde informatie op kan nemen. Dat neemt niet weg dat de betreffende pompproef als ijkset bewaard moet worden en ook best met MIPWA doorgerekend kan worden, al is het alleen maar om de beperkingen van het model te laten zien voor dat gebied.*

## **Wat hebben we geleerd?**

Een pompproef is een effectieve manier om de reactie van grondwaterstanden op een onttrekking te registreren. Als die reactie met een model nagerekend moet worden, zullen de te gebruiken parameters samenhangen met de schaal en het detailniveau van het gebruikte model. Zeker voor diepe systemen mogen we veronderstellen dat oude pompproeven ons nog steeds informatie geven over hoe het systeem nu reageert. Om ook voor nieuwe schematisaties over de optimale bodemparameters te kunnen beschikken, dienen we vooral de (ruwe) metingen te bewaren. Het bewaren van de parameterwaarden – zoals we tot nog toe deden – is van secundair belang.

Voor wat betreft Overijssel zijn vermoedelijk slechts van drie pompproeven de ruwe data bewaard gebleven. Deze meetsets zullen worden gekoesterd als ijksets. Ook voor de andere drinkwaterwinningen zullen de komende tijd ijksets worden vergaard. Daarbij zullen ook alternatieve meet- en verwerkingsmethoden worden overwogen. Zo

kunnen dagelijkse schakelingen op een pompstation ook worden geïnterpreteerd alsof het pompproeven zijn (Boukes, 2007) en tijdreeksanalyse van grondwaterstandsreeksen kan een ruimtelijk verlaging beeld van een stationaire verlaging opleveren dat als ijkset binnen een stationair model kan fungeren. Deze laatste werkwijzen staan echter nog in de kinderschoenen. De komende tijd zullen voor meer winningen ijksets worden verzameld en uitwerking-klaar worden opgeslagen. Mogelijk kunnen deze sets al gebruikt worden voor de parametrisatie van het in 2015 op te leveren nieuwe lagenmodel van MIPWA.

## Literatuur

**Boukes, H.** (2007): Het uitwerken van een pompproef die nooit is uitgevoerd. Stromingen, jaargang 13, nummer 3

**Boukes, H. en Baggelaar, P.K.** (2014): Naar betrouwbare en bruikbare bodemparameters Overijsselse drinkwaterwinningen, 29 december 2014

**De Glee, G.J.** (1930): Over grondwaterstromingen bij wateronttrekking door middel van putten. Waltman, Delft

**Kruseman, G.P. en De Ridder, N.A.** (1994): Analysis and evaluation of pumping test data. Second edition (Completely revised), Publication 47, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, 375 blz.

**Maas, C.** (1986): The use of matrix differential calculus in problems of multi-aquifer flow. Journal of Hydrology, 88: 43-67

**MacDonald, M.G. en Harbaugh, A.W.** (1984): A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. U.S. Geological Survey, Open-File Report 83-875

**Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening**, 1959a. Rapport inzake een onderzoek naar de grondwaterstandsverlagingen in de omgeving van de waterwinplaats "Herikerberg" te Markelo van de Waterleiding Mij. "Overijssel" N.V.

**Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening**, 1959b. Rapport inzake een onderzoek naar de mogelijkheid tot het vergroten van de capaciteit van de waterwinplaats "Het Engelse Werk" bij Zwolle van de Waterleiding Mij. "Overijssel" N.V.

**Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening**, 1966. Waterwinplaats Holten van de Waterleidingmaatschappij. "Overijssel" N.V.

**Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening**, 1964. Rapport inzake een geohydrologisch onderzoek ter bepaling van de winningscapaciteit van het pompstation Manderveen van de Waterleidingmaatschappij "Overijssel" N.V.

**Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening**, 1968. Rapport inzake een onderzoek naar de mogelijkheid tot grondwaterwinning op de Archemerberg

**Wietske Terpstra, Gerhard Winters en André Blonk**, TAUW, R001-4823611TER-wga-V02-NL, november 2012. Engelse Werk – pompproef locatie Schellerdijk