

Bruikbaarheid van resultaten uit put- en pompproefrapporten voor REGIS II parametrisatie



Bruikbaarheid van resultaten uit put- en pompproefrapporten voor REGIS II parametrisatie

Auteur(s)

Henk Kooi

Jan Hummelman (TNO)

Jelle Buma (TNO)

Patrick Kiden (TNO)

Bruikbaarheid van resultaten uit put- en pompproefrapporten voor REGIS II parametrisatie


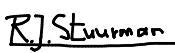

Opdrachtgever	TNO Earth, Environmental and Life Sciences
Contactpersoon	Patrick Kiden
Referenties	
Trefwoorden	Pompproeven, putproeven, heranalyse, REGIS II

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	22-12-2020
Projectnummer	11202997-003
Document ID	11202997-003-BGS-0003
Pagina's	72
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Henk Kooi	
	Jan Hummelman (TNO)	
	Jelle Buma (TNO)	
	Patrick Kiden (TNO)	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	 Henk Kooi	 Roelof Stuurman	 Henriëtte Otter	
	Jan Hummelman (TNO)			
	Jelle Buma (TNO)			
	Patrick Kiden (TNO)			

Samenvatting

In dit rapport is de bruikbaarheid onderzocht van doorlatendheidswaarden in put- en pompproefrapporten voor toepassing in (of in combinatie met) REGIS II. REGIS II bevat schattingen van doorlatendheidsparameters van geohydrologische eenheden gebaseerd op boorbeschrijvingen en laboratoriumbepalingen. Put- en pompproeven leveren onafhankelijke informatie over doorlatendheidswaarden. TNO beschikt over een uitgebreid archief van historische put- en pompproefrapporten. Deze rapporten zijn dus mogelijk interessant in aanvulling op, of ter verbetering van, de huidige doorlatendheidsschattingen in REGIS II.

Het onderzoek richt zich op drie aspecten die de bruikbaarheid van gerapporteerde doorlatendheidswaarden in put- of pompproefrapporten in hoofdzaak bepalen:

- (1) de relatie van de waarden met REGIS II eenheden;
- (2) de nauwkeurigheid van de waarden;
- (3) de betrouwbaarheid van de waarden.

Nauwkeurigheid is onderzocht door herberekening met completere theoretische modellen dan zoals gebruikt in de oorspronkelijke studie. Betrouwbaarheid is onderzocht door middel van toetsing van de reproduceerbaarheid van de gerapporteerde waarde.

Het onderzoek heeft betrekking op een selectie van 8 rapporten die een niet-aselecte steekproef vertegenwoordigen uit het archief. De selectie betreft namelijk relatief goed gedocumenteerde proeven waarbij heranalyse mogelijk is.

Voor de helft van de onderzochte rapporten is gevonden dat er onduidelijkheden zijn over de relatie tussen de gerapporteerde doorlatendheidswaarden en REGIS II eenheden. Geconstateerde onduidelijkheid geeft aan dat de doorlatendheid (mogelijk) samengestelde bijdragen bevat van meerdere REGIS II eenheden, én dat onzeker is hoeveel die eenheden bijdragen aan de waarde. Onduidelijkheid is geconstateerd voor kD- en C-waarden en in één geval over de spreidingslengte λ .

De heranalyses leverden systematische verschillen op ten opzichte van de gerapporteerde waarden. In alle heranalyses waarin berging in weerstandslagen werd meegenomen, werden lagere kD-waarden gevonden. De afwijkende resultaten wijzen erop dat klassieke analysemethoden waarschijnlijk te eenvoudig zijn, wat van invloed is op het resultaat. Een heranalyse van C-waarden toont aan dat deze tot een factor 10 hoger kunnen zijn wanneer de twijfelachtige, maar vaak gehanteerde veronderstelling van aanwezigheid van een ondoorlatende basis wordt losgelaten.

Toetsing van de reproduceerbaarheid leverde verschillen op ten opzichte van de gerapporteerde waarden van minder dan 20% en meestal minder dan 10%. De verschillen gelden voor de laatste stappen in de berekeningswijze. Voor één rapport is de gevoeligheid van de berekende parameterwaarde onderzocht voor de beperkte nauwkeurigheid waarmee de best-fit regressielijnen in de gebruikte methode kunnen worden vastgesteld. Op basis daarvan is een betrouwbaarheidsinterval van $\pm 30\%$ geschat voor de gerapporteerde spreidingslengte.

Een lage betrouwbaarheid en/of nauwkeurigheid betekent niet per se dat de bruikbaarheid van het rapport gering is. Ze kan bijvoorbeeld wijzen op belangrijke invloed van heterogeniteit en/of anisotropie, wat zeer waardevolle informatie kan verschaffen voor het ontwerp van een grondwatermodel in de omgeving van de pompproef.

Bij evaluatie van de bruikbaarheid van de resultaten uit put- of pompproefrapporten wordt aanbevolen om de onderstaande stappen te volgen: (1) stel vast in hoeverre een eenduidige relatie kan worden gelegd tussen enerzijds de watervoerende en scheidende lagen waarop de pompproef gericht was, en anderzijds de REGIS II-schematisatie ter plekke, (2) bepaal de nauwkeurigheid van de parameterwaarden met heranalyse, (3) bepaal de betrouwbaarheid van de parameterwaarden met een reproduceerbaarheidsanalyse.

Heranalyse vereist o.a. dat absolute verlagingen/verhogingen numeriek beschikbaar zijn of nauwkeurig kunnen worden gedigitaliseerd op basis van grafisch materiaal. Bij veruit het grootste deel van de rapporten uit de database van TNO is heranalyse daardoor niet (goed) mogelijk en kan de nauwkeurigheid van de gerapporteerde parameterwaarden niet worden vastgesteld. Onderzoek naar de betrouwbaarheid is in het algemeen alleen zinvol wanneer de nauwkeurigheid van de gerapporteerde waarde(n) hoog wordt bevonden. Daarbij wordt aanbevolen om schattingen te maken van de onzekerheid van de lineaire 'fits' van grafisch weergegeven verlagingen, en deze te gebruiken om een betrouwbaarheidsinterval te bepalen.

Aanbevolen wordt om doorlatendheidsbepalingen uit put- en pompproefrapporten, eventueel aangevuld met 'verbeterde schattingen' op basis van heranalyse, en de 'reguliere' parameterwaarden in REGIS II gescheiden te kunnen raadplegen. Omdat van veel put- en pompproefrapporten de nauwkeurigheid niet goed bekend is, is het onwenselijk om parameterwaarden uit beide informatiebronnen zonder meer te combineren.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Introductie	8
1.1	Achtergrond en doel van dit rapport	8
1.2	Opbouw van het rapport	9
1.3	Lijst van gebruikte put- en pompproefrapporten	9
2	Werkwijze	11
2.1	Archief van put- en pompproefrapporten	11
2.2	Drie stappen in de beoordeling van de bruikbaarheid van doorlatendheidswaarden	11
2.2.1	Uitgangspunten voor de werkwijze	11
2.2.2	Stap 1: beoordeling van de relatie met REGIS II eenheden	12
2.2.3	Stap 2: heranalyse – toetsing van reproduceerbaarheid	12
2.2.4	Stap 3: heranalyse – toetsing van nauwkeurigheid met meer complete theoretische modellen	13
2.3	Selectie van rapporten	13
3	Voorbeelduitwerkingen: relatie tussen de doorlatendheidswaarde uit een put- en pompproef en REGIS II eenheden	14
3.1	Duidelijke relatie voor kD-waarde putproef (rapport 1)	14
3.2	Minder duidelijke relatie voor kD-waarde putproef (rapport 2)	15
3.3	Onduidelijke relaties voor kD-waarde en λ -waarde pompproef (rapport 3)	15
3.4	Duidelijke relaties voor kD- en C-waarden pompproef (rapport 4)	17
3.5	Onduidelijke relaties voor kD- en C-waarden pompproef (rapport 5)	18
4	Voorbeelduitwerkingen: onderzoek naar betrouwbaarheid en nauwkeurigheid op basis van heranalyse	20
4.1	Toetsing van reproduceerbaarheid	20
4.1.1	Putproef Middelplaat (rapport 1)	20
4.1.1.1	Reproductietoets 1	21
4.1.1.2	Reproductietoets 2	21
4.1.1.3	Reproductietoets 3	22
4.1.1.4	Resultaten	22
4.1.2	Pompproef Ederveen (rapport 3)	22
4.1.2.1	Reproductietoets 1	23
4.1.2.2	Reproductietoets 2	24
4.1.2.3	Resultaten	24
4.1.3	Pompproef Geleen (rapport 6)	25
4.1.3.1	Reproductietoets	25
4.1.3.2	Resultaten	27
4.1.4	Pompproef Venray (rapport 7)	28
4.1.4.1	Reproductietoets 1 (De Glee)	29
4.1.4.2	Reproductietoets 2 (Vogel)	29

4.1.4.3	Resultaten	30
4.2	Toetsing nauwkeurigheid met meer complete theoretische modellen	30
4.2.1	Putproef Middelpaat (rapport 1)	31
4.2.1.1	Aanpak en resultaat	31
4.2.2	Putproef Scheemda (rapport 2)	33
4.2.2.1	Aanpak en resultaat	33
4.2.3	Pompproef Ederveen (rapport 3)	34
4.2.3.1	Aanpak en resultaat	34
4.2.4	Pompproef Geleen (rapport 6)	36
4.2.4.1	Aanpak en resultaat	36
4.2.5	Pompproef Roosendaal (rapport 8)	39
4.2.5.1	Aanpak en resultaat	39
5	Conclusies en aanbevelingen	41
6	Referenties	44
A	Huidige methode van doorlatendheidsbepaling in REGIS II	45
B	Algemene beschouwing van bruikbaarheid, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van parameterwaarden uit put- en pompproefrapporten	47
B.1	Bruikbaarheid	47
B.2	Relatie met REGIS II eenheden	47
B.3	Betrouwbaarheid (precisie) en nauwkeurigheid (validiteit)	47
B.4	Beoordeling van betrouwbaarheid en nauwkeurigheid	48
B.5	Andere bruikbare informatie in put- en pompproefrapporten	49
C	Rapport 1: Terneuzen	50
D	Rapport 2: Scheemda	52
E	Rapport 3: Ederveen	54
F	Rapport 4: Alblasserwaard	56
G	Rapport 5: Moriaanshoofd	59
H	Rapport 6: Geleen	62
I	Rapport 7: Venray	66
J	Rapport 8: Roosendaal	70

1 Introductie

1.1 Achtergrond en doel van dit rapport

Sinds 1990 ontwikkelt en beheert TNO het **RE**gionaal **Ge**ohydrologisch **IN**formatie **S**ysteem **REGIS**. Vanaf 1990 tot 1998 werd in samenwerking met het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer (RIZA) en in nauw overleg met de Provincies een eerste versie van REGIS ontwikkeld die bestond uit een set digitale kaartbestanden en software om deze kaartbestanden te raadplegen (REGIS I).

Sinds 1999 wordt er gewerkt aan het onderhouden, verbeteren en beheren van de set digitale kaarten die gezamenlijk het landelijke hydrogeologische ondergrond model (REGIS II) vormen. Met enige regelmaat worden nieuwe updates van REGIS II, gebaseerd op de laatste gegevens en de laatste inzichten in de geologische en hydrogeologische karteringen, uitgebracht. Momenteel is versie REGIS II v2.2 de laatst uitgebrachte REGIS II versie welke op zowel [DINOLoket](#) als het [BROLOket](#) vrij geraadpleegd en gedownload kan worden. De informatie in REGIS II biedt ondersteuning bij regionale en nationale grondwaterstudies. REGIS II bestaat uit een lagenmodel gebaseerd op het landelijke Digitale Geologische Model (DGM) met een extra invulling van relatief goed- en slecht-doorlatende lagen, de hydrogeologische eenheden. Naast het vastleggen van de geometrie van deze hydrogeologische eenheden worden voor de meeste eenheden ook kaartbeelden met parameterwaarden en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen samengesteld middels geostatistische methodieken.

In put- en pompproeven¹ worden kD- en c-waarden op basis van hydraulische metingen bepaald op de schaal van watervoerende pakketten en van weerstandslagen. De meetschaal van put- en pompproeven sluit daarmee in principe meer direct aan bij de 'parameterschaal' van kD- en c-waarden van REGIS II eenheden. Bovendien hoeven geen a priori veronderstellingen te worden gedaan over de doorlatendheid van bepaalde lithoklassen. Deze overwegingen maken dat resultaten uit put- en pompproefrapporten in potentie een waardevolle bron van informatie zijn voor toekenning en vooral ook verificatie van parameterwaarden aan REGIS II eenheden.

Recent zijn put- en pompproefrapporten uit de DINO-database (opnieuw) beschikbaar gekomen. Met deze informatie kunnen doorlatendheidswaarden van REGIS II eenheden worden aangescherpt of kunnen laagschematisaties van rekenmodellen worden aangepast. Het gebruik van de hydraulische parameters uit put- en pompproeven voor dit doel is echter verre van triviaal. Dit rapport presenteert resultaten van een studie naar de bruikbaarheid van de informatie in de rapporten. De analyses illustreren hoe beoordeling van de bruikbaarheid kan plaatsvinden en tonen de diverse aspecten die voor gebruik van de put- en pompproefresultaten van belang zijn. Doel van het werk is om in algemene zin inzicht te verkrijgen in de bruikbaarheid van doorlatendheidswaarden uit put- en pompproefrapporten in relatie met REGIS II, en om potentiële gebruikers van de rapporten handvatten te verschaffen voor goed gebruik van de gerapporteerde doorlatendheidswaarden.

Deze studie naar bruikbaarheid van de doorlatendheidswaarden uit put- en pompproeven werd uitgevoerd in opdracht van TNO - Geologische Dienst Nederland, afdeling Geomodelling in het kader van het project GIP-Datakwaliteit, projectnummer: 060.43318.

¹ Met putproef wordt hier bedoeld: een proef waarin de pompput ook fungeert als waarnemingsput zonder gebruik van externe waarnemingsputten, en met pompproef: een proef waarin ten minste één externe waarnemingsput buiten de actieve pompput wordt gebruikt. Tenzij apart vermeld wordt ook een aanvullende stopproef als integraal onderdeel beschouwd van de put- of pompproef.

1.2 Opbouw van het rapport

De opbouw van het rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 beschrijft het gebruikte put- en pompproefrapportenarchief van TNO en licht de gehanteerde werkwijze toe. De werkwijze onderscheidt verschillende stappen. Deze stappen worden via voorbeeldtoepassingen geïllustreerd in de volgende hoofdstukken. Hoofdstuk 3 laat aan de hand van voorbeelden zien welke relaties kunnen bestaan tussen gerapporteerde doorlatendheidswaarden en REGIS II eenheden. Hoofdstuk 4 geeft voorbeelduitwerkingen van de beoordeling van betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van doorlatendheidswaarden op basis van heranalyse van enkele rapporten.

Verder zijn diverse appendices opgenomen met achtergrondinformatie waar in het rapport naar wordt gerefereerd. Appendix A beschrijft de wijze waarop doorlatendheidswaarden in REGIS II worden bepaald (niet gerelateerd aan put- of pompproeven). Appendix B gaat in op het begrippenkader dat de basis vormt voor de beoordeling van de rapporten zoals de begrippen bruikbaarheid, precisie, nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en validiteit. De verdere appendices geven een synopsis van de gebruikte put- en pompproefrapporten.

1.3 Lijst van gebruikte put- en pompproefrapporten

Tabel 1 Lijst met gebruikte put- en pompproefrapporten

Nr.	Topics	Info
1	werknaam	<i>Terneuzen</i>
	bestand	<i>RAP_1992-0003.pdf</i>
	Titel	Putproeven op de Middelpilaat en nabij Terneuzen Westerschelde oeververbinding
2	werknaam	<i>Scheemda</i>
	bestand	<i>OS-83-023.pdf</i>
	Titel	Rapportage putproeven Heiligerlee
3	werknaam	<i>Ederveen</i>
	bestand	<i>RID_1974-027.pdf</i>
	Titel	Nota inzake de resultaten van de in april 1973 gehouden pompproef te Ederveen
4	werknaam	<i>Alblasserwaard</i>
	bestand	<i>RID_1981-002.pdf</i>
	titel	Geohydrologisch e mogelijkheden voor grondwaterwinning te Tienhoven en Nieuwpoort (Alblasserwaard); een verkennende studie op basis van pompproeven.
5	werknaam	<i>Moriaanshoofd</i>
	bestand	<i>RAP_1961-0001.pdf</i>
	titel	De formatieconstanten in het Prunjegebied (Schouwen) berekend uit pompproeven
6	werknaam	<i>Geleen</i>
	bestand	<i>RAP_1990-0007.pdf; RAP_1990-0008.pdf</i>
	titel	Geohydrologisch onderzoek kalksteenpakket terrein DSM
7	werknaam	<i>Venray</i>
	bestand	<i>RID_1973-016.pdf</i>
	titel	Rapport inzake een geohydrologisch onderzoek ten behoeve van de mogelijke stichting van een derde winplaats in de gemeente Venray (Merselo)

8	werknaam	<i>Roosendaal</i>
	bestand	<i>RID_1977-019.pdf</i>
	titel	Rapport inzake een geohydrologisch onderzoek naar de mogelijkheid tot uitbreiding van de huidige grondwaterwinning door het pompstation Borteldonk, G.E.W.B. Roosendaal

2 Werkwijze

Dit hoofdstuk geeft een toelichting op de gebruikte werkwijze. Paragraaf 2.1 beschrijft het archief van put- en pompproefrapporten van TNO. In paragraaf 2.2 worden de drie stappen toegelicht die zijn ontwikkeld en gebruikt voor de beoordeling van de bruikbaarheid van de gerapporteerde doorlatendheidswaarden in de rapporten. Paragraaf 2.3 geeft ten slotte een toelichting op de wijze waarop de selectie van rapporten uit het archief die die zijn gebruikt voor dit rapport, heeft plaatsgevonden.

2.1 Archief van put- en pompproefrapporten

Eind vorige eeuw heeft de toenmalige Dienst Grondwaterverkenning TNO (DGV-TNO) de put- en pompproefrapporten van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (RID) overgenomen en samengevoegd met de bij het DGV-TNO reeds aanwezige put- en pompproefarchief. Hierdoor ontstond er een landelijk archief met enkele honderden put- en pompproef rapportages.

Uit deze rapportages zijn verschillende basis- en berekende parameters en schematisaties geëxtraheerd. Deze zijn destijds opgeslagen in verschillende tabellen in de toenmalige OLGA-database (OnLine Grondwater Archief) van de DGV-TNO en in een later stadium geconverteerd naar de huidige DINO database (Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond). De geëxtraheerde data wordt gebruikt voor interne projecten zoals REGIS II en is tot op heden niet online beschikbaar.

Uit ervaring blijkt dat alleen het gebruik van deze geëxtraheerde gegevens, o.a. ten behoeve van REGIS I en REGIS II, uit de database niet voldoende is. In bijna alle gevallen worden voor een verantwoord gebruik de originele rapportages en bijlagen geraadpleegd en in sommige gevallen opnieuw geïnterpreteerd en doorgerekend. Derhalve zijn de rapportages en bijlagen de afgelopen jaren ook allemaal gedigitaliseerd en zullen in de database opgenomen worden.

Het uiteindelijke doel is een complete set met gedigitaliseerde put- en pompproefrapportages inclusief bijlagen welke via TNO-GDN online zullen worden gepubliceerd.

2.2 Drie stappen in de beoordeling van de bruikbaarheid van doorlatendheidswaarden

2.2.1 Uitgangspunten voor de werkwijze

Voor een beoordeling van de bruikbaarheid van put- of pompproefresultaten (doorlatendheidswaarden) zijn de volgende vragen van belang:

1. Verschafft het resultaat informatie over bodemlagen of REGIS II eenheden waar de raadpleger doorlatendheidsinformatie voor zoekt?
2. Hoe eenduidig is de relatie tussen de gerapporteerde doorlatendheidswaarde (kD, c) en individuele REGIS II eenheden?
3. Hoe betrouwbaar (hoe precies) is de gerapporteerde parameterwaarde?
4. Hoe nauwkeurig (hoe valide) is de gerapporteerde parameterwaarde?

Op de eerste vraag kan geen algemeen antwoord worden gegeven omdat alleen de gebruiker kan aangeven voor welke bodemeenheid of -eenheden hij of zij informatie zoekt.

Op deze vraag wordt verder niet ingegaan in dit rapport. De werkwijze richt zicht op beantwoording van vragen 2 t/m 4. Deze worden toegelicht in der volgende paragrafen.

De betrouwbaarheid in vraag 3 heeft betrekking op de toevallige fout in de waarde. Dat wil zeggen, als de gehele put- of pompproef, inclusief eventuele correcties van de waarnemingen en de gebruikte methode om de parameterwaarden te vinden op dezelfde wijze vele malen opnieuw zou worden gedaan, hoeveel zou de gevonden waarden dan af kunnen wijken van de gerapporteerde waarde? De nauwkeurigheid in vraag 4 heeft betrekking op de systematische fout in de waarde. Zijn er fouten gemaakt bij de waarnemingen, de verwerking van de waarnemingen, of levert de gebruikte interpretatiemethode een systematische over- of onderschatting van de doorlatendheid?

Appendix B geeft een uitgebreide toelichting op deze concepten en begrippen. De drie hoofdstappen van de gebruikte werkwijze worden hieronder toegelicht.

2.2.2 Stap1: beoordeling van de relatie met REGIS II eenheden

Eén van de aspecten die bepalend zijn voor de bruikbaarheid van doorlatendheidswaarden die worden gerapporteerd in put- en pompproefrapporten is of de gerapporteerde waarden een duidelijke relatie hebben met REGIS II eenheden. Als die relatie niet scherp is te leggen bemoeilijkt dat het gebruik van de gerapporteerde waarden. Voor de beoordeling van de relatie met REGIS II eenheden is de filterstelling van pomp- en waarnemingsputten gevisualiseerd samen met de REGIS II schematisatie en eventueel de boorbeschrijvingen waar de schematisatie op berust. Indien deze is gedocumenteerd is ook de schematisatie die is gebruikt in de oorspronkelijke analyse gevisualiseerd en vergeleken met de REGIS II schematisatie om vast te kunnen stellen of er verschillen in interpretatie zijn. Meer toelichting wordt gegeven in Appendix B.2.

2.2.3 Stap 2: heranalyse – toetsing van reproduceerbaarheid

Twee andere aspecten die bepalend zijn voor de bruikbaarheid van doorlatendheidswaarden die worden gerapporteerd in put- en pompproefrapporten zijn de *betrouwbaarheid* en de *nauwkeurigheid* van de waarden – wat daar in het kader van dit rapport onder wordt verstaan (en de relatie met de verwante begrippen precisie en validiteit) is beschreven in Appendix B.3.

Noch de betrouwbaarheid, noch de nauwkeurigheid van een doorlatendheidswaarde die is verkregen uit een put- of pompproef is exact vast te stellen. Er zijn wel enkele zinvolle stappen die ondernomen kunnen worden om er een beeld van te krijgen (Appendix B.4). Eén van die stappen is het doen van een reproduceerbaarheidstoets. Daarin wordt op basis van de beschikbare informatie in het rapport de analyse overgedaan met de in het rapport gebruikte methode om te zien in hoeverre er hetzelfde resultaat uit komt. Een reproduceerbaarheidstoets levert in de meeste gevallen vooral een bijdrage aan het beeld van de betrouwbaarheid (precisie) van het resultaat. Als er een groot verschil is in het gevonden resultaat kan dat ook wijzen op een systematische afwijking in het oorspronkelijke resultaat door een fout bij de toepassing van de methode, wat informatie verschaft over beperkte nauwkeurigheid. In paragraaf 4.1 worden diverse voorbeelden gegeven van een reproduceerbaarheidstoets.

2.2.4 **Stap 3: heranalyse – toetsing van nauwkeurigheid met meer complete theoretische modellen**

De derde stap in de werkwijze betreft heranalyse waarbij de doorlatendheidswaarde(n) nogmaals worden bepaald, maar nu met een analysemethode die meer compleet is dan de analysemethode die is gebruikt bij de oorspronkelijke interpretatie (Appendix B.4). Deze toetsing richt zich in hoofdzaak op de validiteit (nauwkeurigheid) van de gerapporteerde waarde. Veel van de oorspronkelijke, vaak klassieke, interpretatiemethoden zijn bijzonder praktisch en elegant, maar zijn ook gebaseerd op vrij sterke vereenvoudigingen van het geohydrologische systeem (bijvoorbeeld met betrekking tot de interactie tussen watervoerende pakketten, berging in weerstandslagen e.d.). Deze vereenvoudigingen kunnen een weerslag hebben op het resultaat. Moderne middelen maken het mogelijk om herberekeningen te doen waarin diverse vereenvoudigingen kunnen worden losgelaten. Daarmee kan worden onderzocht of de gerapporteerde waarden de doorlatendheid (mogelijk) systematisch over- of onderschatten. Met uitzondering van de analyse in paragraaf 4.2.5 is de heranalyse gedaan met het 'Aquifer Test Analysis' software pakket [MLU](#) (Hemker en Post, 2019).

2.3 **Selectie van rapporten**

De selectie van rapporten die zijn gebruikt voor de huidige studie (Tabel 1) is in twee fases gegaan. Eerst is een voorselectie gemaakt van ca. vijftig rapporten die 'kansrijk' werden geacht in de zin dat deze voldoende goed gedocumenteerd leken om de kwantitatieve analyses van stappen 2 en 3 te kunnen uitvoeren. Daaruit is weer een selectie gemaakt zodanig dat er enige spreiding in leeftijd, locaties in het land, soort proef, en gebruikte methode, in vertegenwoordigd is. Met name door de eerste selectiefase vertegenwoordigen de geselecteerde rapporten zeker geen aselechte steekproef.

De mate waarin gerapporteerde doorlatendheidswaarden in rapporten kunnen worden onderworpen aan toetsing van reproduceerbaarheid (stap 2) of door middel van heranalyse (stap 3) verschilt heel sterk. Soms kan veel worden getoetst, soms heel weinig. Dit hangt af van de data en de vorm waarin die beschikbaar is in het rapport. Volledige documentatie van alle data die nodig is om correcties van omgevingsinvloeden (luchtdruk- getijde- of rivierpeilinvloed) te reproduceren is zelden beschikbaar. Soms zijn alleen verschilverlagingen tussen watervoerende pakketten beschikbaar, ontbreken waarnemingen voor putten/filters of voor een geïnterpreteerde stopfase. Soms zijn getabelleerde verlagingswaarden beschikbaar, meestal alleen grafisch materiaal. En bij grafisch materiaal is de nauwkeurigheid waarmee de meetwaarden kunnen worden gekwantificeerd heel wisselend. Ook informatie over het pompdebiet wisselt sterk van kwaliteit tussen de rapporten. Heranalyse met MLU vereist o.a. dat absolute verlagingen/verhogingen (na eventuele atmosferische en/of getijdecorrectie) numeriek beschikbaar zijn, of dat deze met voldoende precisie kunnen worden gedigitaliseerd op basis van grafisch materiaal. Voor veruit het grootste deel van de rapporten uit de database van TNO is heranalyse daardoor niet (goed) mogelijk.

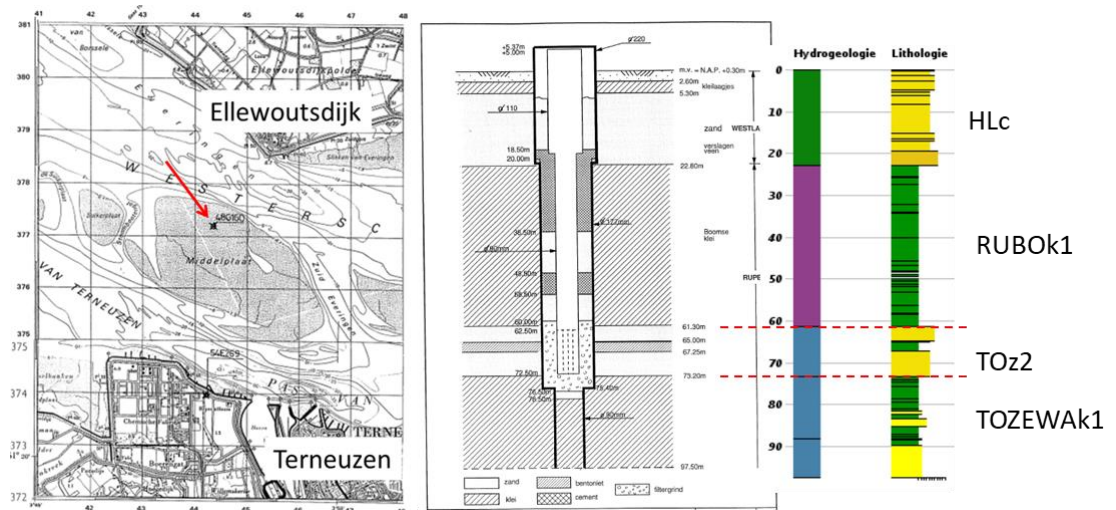
Voor naar schatting 60 tot 80% van de rapporten uit het archief ontbreekt belangrijke data of is de kwaliteit ervan te gering om belangrijke aspecten van betrouwbaarheid te analyseren en een zinnige heranalyse uit te voeren.

3 Voorbeelduitwerkingen: relatie tussen de doorlatendheidswaarde uit een put- en pompproef en REGIS II eenheden

In dit hoofdstuk worden voorbeelden gegeven van de beoordeling van de relatie tussen de doorlatendheidswaarde uit een put- of pompproefrapport en REGIS II eenheden. De voorbeelden betreffen kD-waarden, λ -waarden en C-waarden. Bij de beoordeling dient in eerste instantie gekeken te worden naar de filterstelling van pompput(ten) en waarnemingsput(ten) ten opzichte van REGIS II lagen en eventuele doorlatendheidscontrasten binnen de REGIS II eenheden. Daarnaast kan bij pompproeven waarin gebruik wordt gemaakt van waarnemingsfilters op verschillende diepteniveaus gelet worden op de mate waarin de verschillende filters reageren op de proef en hoe dit aansluit bij de gebruikte interpretatiemethode.

3.1 Duidelijke relatie voor kD-waarde putproef (rapport 1)

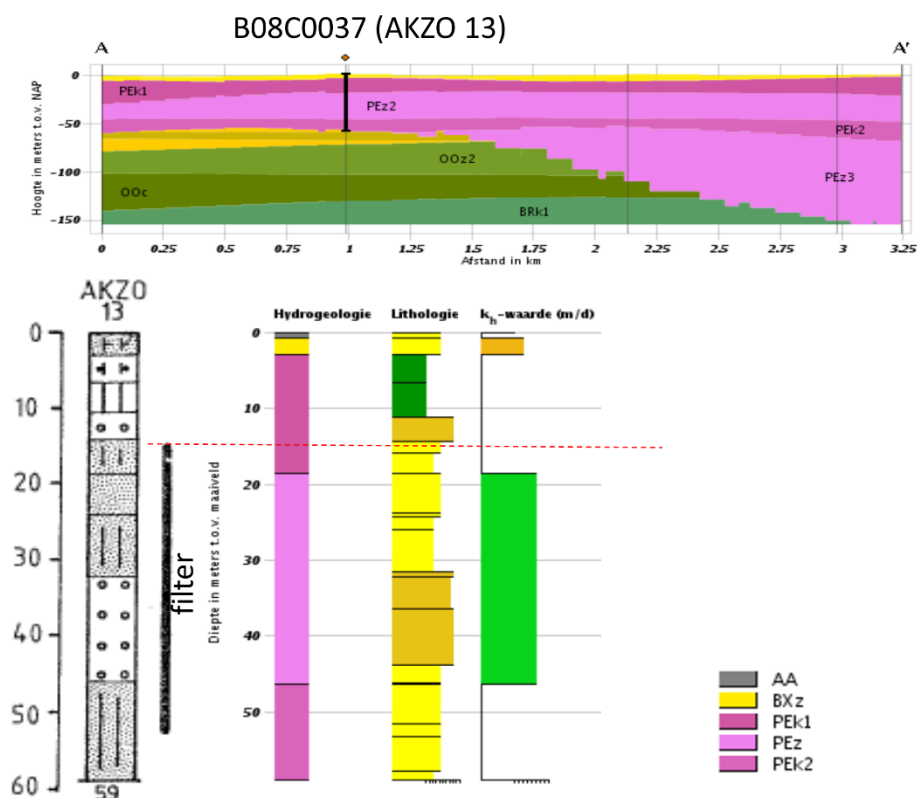
Voor een putproef die in 1992 door Grondmechanica Delft is uitgevoerd op de Middelplaat in de Westerschelde (rapport 1; Terneuzen) bestaat er weinig of geen twijfel dat de gerapporteerde kD-waarde betrekking heeft op één REGIS II-eenheid, namelijk de tweede zandige eenheid van de Formatie van Tongeren (TOz2) (Figuur 3.1). Dit kan worden vastgesteld door het dieptebereik van het pompfilter met de bijbehorende bodemopbouw te vergelijken met de hydrogeologische kolom en de lithologische kolom van de betreffende boring die opgenomen is in REGIS II. Een alternatieve interpretatie lijkt niet mogelijk gezien de dikte van de onder- en bovenliggende kleilagen. Het pompfilter en de grindomstorting is zo geplaatst dat zal zijn onttrokken uit beide zandige delen binnen de TOz2 eenheid. Alleen in geval een skin (verstopping, bijvoorbeeld door kleiafzetting, rond het filter) aanwezig zou zijn bij één van beide zandige lagen zou de kD-waarde hoofdzakelijk gerelateerd kunnen zijn aan de andere zandlaag en daardoor niet representatief voor de hele eenheid.



Figuur 3.1 Relatie tussen REGIS II-eenheden (rechts) en filterstelling van en bodemopbouw rond de pompput (midden) voor de putproef op de Middelplaat bij Ellewoudsdijk (rapportnr. 1).

3.2 Minder duidelijke relatie voor kD-waarde putproef (rapport 2)

Voor de putproef die in 1983 door de Dienst Grondwaterverkenning TNO is uitgevoerd bij Scheemda (rapport 2) is de relatie van de kD-waarde met REGIS II eenheden minder duidelijk dan voor de putproef op de Middelplaat. Het onderste deel van Figuur 3.2 laat zien dat het putfilter niet alleen Peelo zand 2 (PEz2) beslaat, maar zich uitstrekt in de erboven liggende zanden van PEk1 en de eronder liggende zanden van PEk2. Het lijkt redelijk te veronderstellen dat de bijdrage van deze boven- en onderliggende zanden aan de gevonden kD-waarde gering is omdat deze lagen volgens de boorbeschrijving sterk slibhoudend zijn. Een grotere onzekerheid betreft het feit dat de bovenzijde van het putfilter volgens de grafische weergave reikt tot de onderzijde van een grindlaag van enkele meters dikte in PEk1. Indien het putfilter in contact staat met deze waarschijnlijk zeer goed doorlatende laag zal dit een significante bijdrage kunnen leveren aan de kD-waarde. Of dit wel of niet het geval is hangt af van de afdichting van het boorgat. Hoewel het dus redelijk is te veronderstellen dat de kD-waarde een redelijke maat is voor de doorlatendheid van PEz2, kunnen er onbepaalde bijdragen van delen van andere eenheden niet worden uitgesloten.



Figuur 3.2 Relatie tussen REGIS II-eenheden en filterstelling van en bodemopbouw rond de pompput voor de putproef bij Scheemda, Groningen (rapportnr. 2).

3.3 Onduidelijke relaties voor kD-waarde en λ-waarde pompproef (rapport 3)

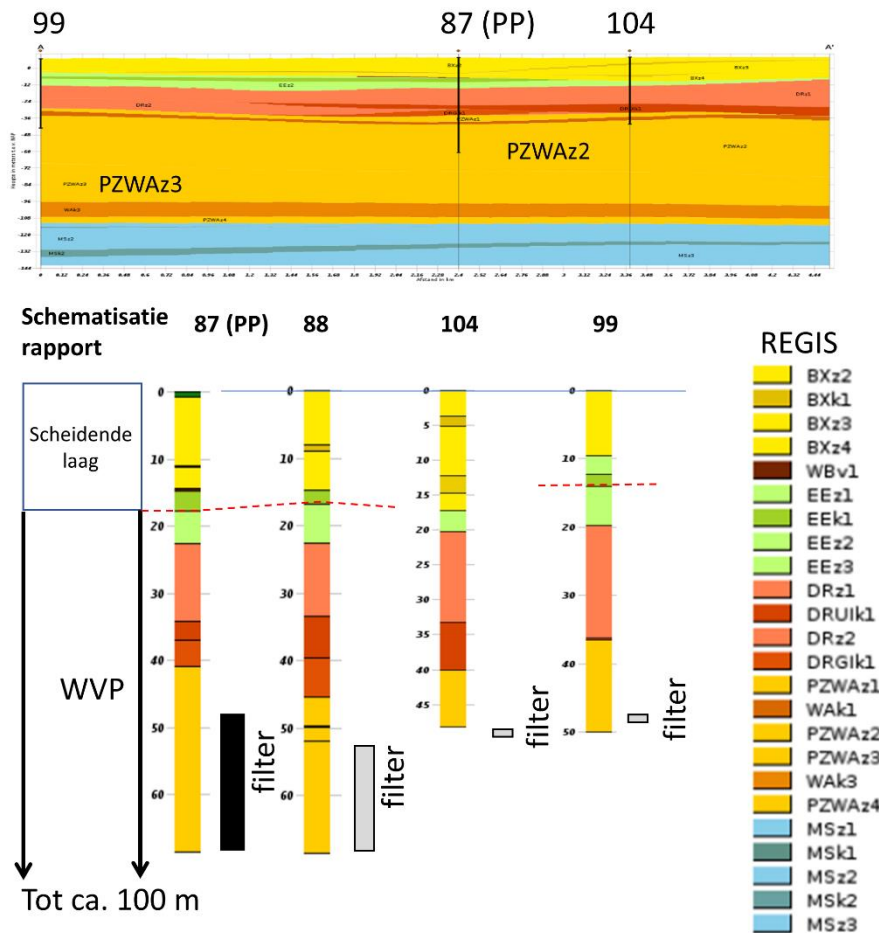
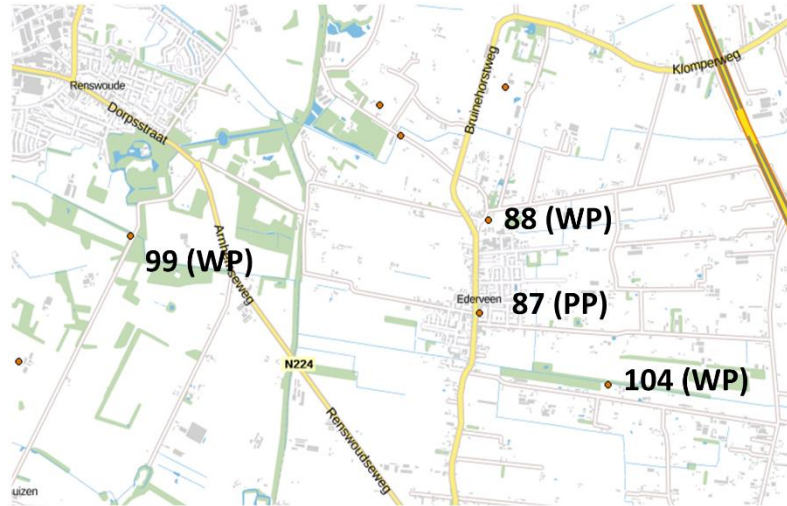
De pomp- en stopproef bij Ederveen werd uitgevoerd door het RID in het kader van geohydrologisch onderzoek in de Gelderse Vallei in 1973. Doel van de proef was kD-bepaling van “het diepe watervoerende pakket” en “de weerstand van de slecht doorlatende lagen”. De duur van de pomp- en stopproef delen bedroeg respectievelijk 24 uur en 4 uur. De proef is geïnterpreteerd in termen van een kD-waarde en een spreidingslengte λ. Figuur 3.3

toont dat de filters van de pompput en van de waarnemingsputten zich in PZWAz2 zouden bevinden. Boven PZWAz2 bevinden zich van beneden naar boven de volgende kleirijke lagen: DRG1k1, DRU1k1 en EEk1 (in tegenstelling tot de boorbeschrijvingen laat het profiel ook expliciet nog WAK1 zien boven de filters). In het rapport wordt verondersteld dat de bovenkant van het watervoerende pakket (en de onderkant van de bovenliggende weerstandslaag) op de locatie van de pompput samenvalt met de basis van EEk1. Het is echter niet duidelijk waarom de grens niet aan de basis van een van de diepere kleilagen gekozen zou kunnen of moeten worden. Er zijn geen waarnemingen die hier uitsluitel over kunnen verschaffen. De basis van het watervoerende pakket is niet in het rapport gespecificeerd en vraagt ook om interpretatie. Deze ondergrens kan waarschijnlijk met meer vertrouwen worden gekozen aan de bovenzijde van WAK3. De onvolkomenheid van de pompput en de afwezigheid van waarnemingen in diepere delen van het watervoerende pakket maken echter dat ook hier vraagtekens bij kunnen worden gezet.

De gerapporteerde kD-waarde zal waarschijnlijk in sterke mate worden bepaald door PZWAz2 en PZWAz3. Maar of er ook bijdragen zijn van ondiepere zandige eenheden (DRz en EEz2 en EEz3) is onduidelijk.

De λ -waarde is per definitie gekoppeld aan meerdere lagen: het watervoerende pakket en de boven- en onderliggende weerstandslaag. Over al deze drie lagen bestaat hier onzekerheid.

Het gebruik van de gerapporteerde waarden wordt bemoeilijkt door het feit dat elk van de waarden samengestelde bijdragen bevat van meerdere REGIS II eenheden én door het feit dat het onzeker is welke eenheden op welke manier bijdragen aan de waarden.



Figuur 3.3 Relatie tussen REGIS II-eenheden, filterstellingen van de pompput (PP) en de drie waarnemingsputten, en de in het rapport vermelde 2-laags schematisatie voor de pompproef bij Edeveen (rapport nr. 3).

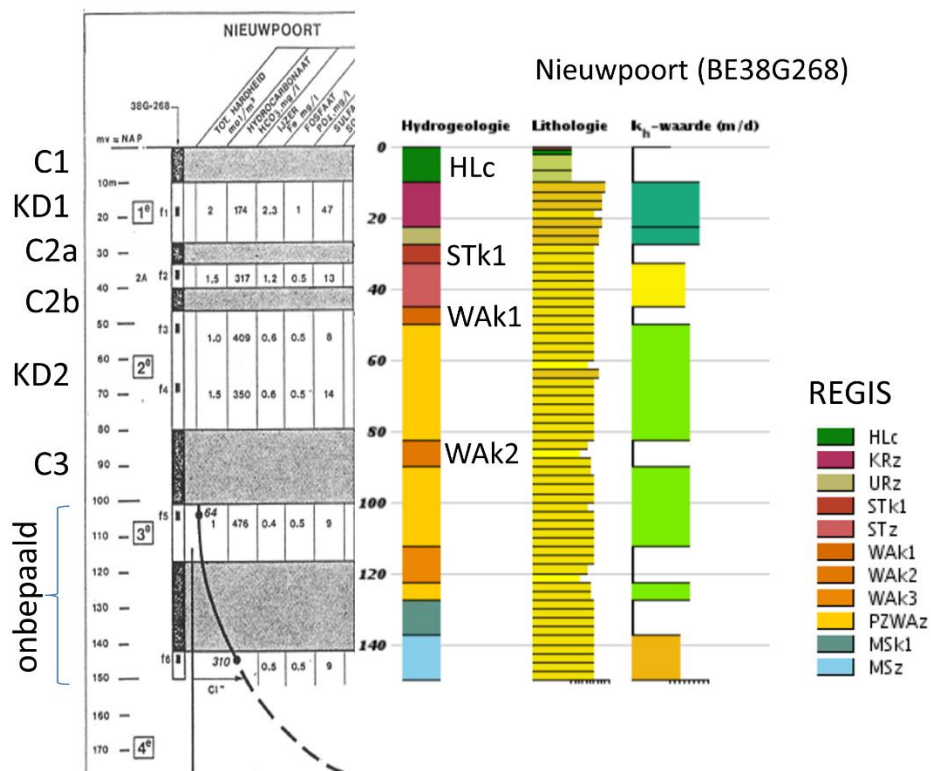
3.4 Duidelijke relaties voor kD- en C-waarden pompproef (rapport 4)

Bij de pompproef nabij Nieuwpoort in de Alblasserwaard in 1981 uitgevoerd door het RID zijn verlagingsmetingen uitgevoerd in vier a vijf verschillende watervoerende pakketten. Uit de bijzondere analyse werden kD-waarden verkregen voor twee watervoerende pakketten en C-

waarden voor vier weerstandslagen zoals aangegeven in Figuur 3.4. De schematisatie in watervoerende pakketten en weerstandslagen uit het rapport sluit vrij goed aan bij de REGIS II hydrogeologie. Het lijkt heel redelijk om te veronderstellen dat de volgende correlaties van toepassing zijn:

- C1 – HLC
- kD1 – KRz +URz
- C2a – STk1
- C2b – WAK1
- kD2 – PZWAz2
- C3 – WAK2

De diepteligging van weerstandslaag 2b ligt in de schematisatie minder diep dan WAK1 in REGIS II. De posities van de waarnemingsfilters zijn echter consistent met beide interpretaties. Daarom kan C2b zonder veel zorgen worden toegekend aan WAK1. Eenzelfde redenering gaat op voor verschillen in de dikte van weerstandslaag 3 en WAK2. De duidelijke relaties betreffen REGIS II v2.2. De relaties met REGIS II v2.1 waren nog zeer onduidelijk.

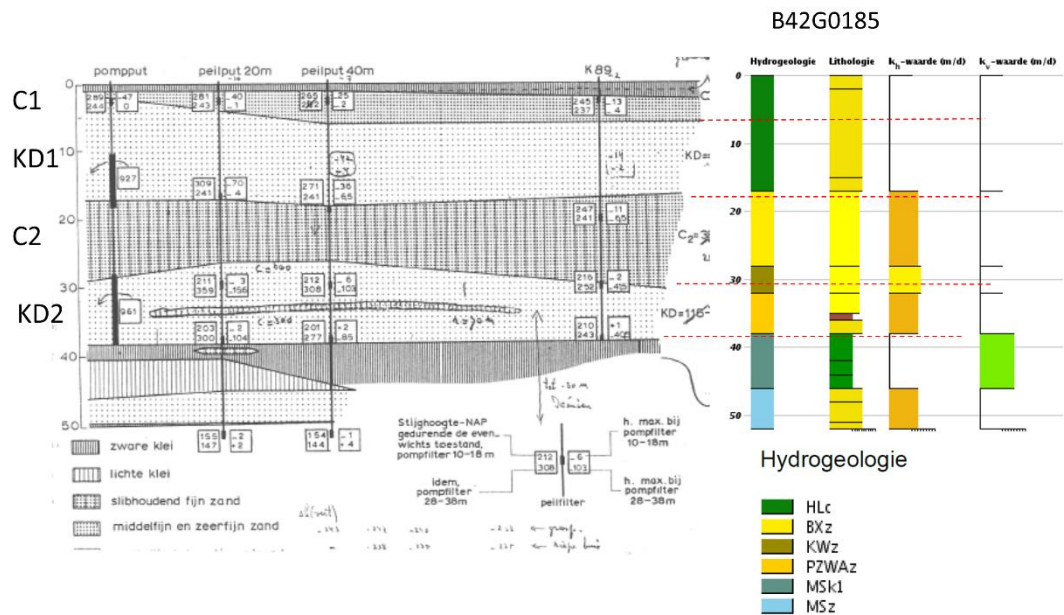


Figuur 3.4 Relatie tussen REGIS II-eenheden, de bodemopbouw rond de pompput, en filterstelling van pomp en waarnemingsputten voor de pompproef bij Nieuwpoort (rapportnr. 4). Aan de linkerzijde zijn de parameters weergegeven waarvoor waarden zijn afgeleid in de studie.

3.5 Onduidelijke relaties voor kD- en C-waarden pompproef (rapport 5)

In deze pompproef bij Moriaanshoofd op Schouwen, die dateert van 1961, zijn door het ICW twee kD-waarden en twee C-waarden bepaald (Figuur 3.5). Wat opvalt is dat het 1^e watervoerende pakket uit de studie onderdeel is van de Holocene deklaag (complexe eenheid HLC) in REGIS II. En dat de 2^e weerstandslaag grofweg correspondeert met het Bortel zand (BXz) dat in REGIS II een relatief hoge (horizontale) doorlatendheid wordt

toegeschreven ten opzichte van de Holocene deklaag. In REGIS II varieert de dikte en diepteligging van de verschillende eenheden vrij sterk over korte afstand. Daarbij is het door het ontbreken van coördinaten van gebruikte boringen in de oorspronkelijke studie onduidelijk of bepaalde REGIS II boringen met de gebruikte boringen corresponderen. De relatie tussen de parameterwaarden uit de studie en de REGIS II eenheden is daardoor vrij onzeker.



Figuur 3.5 Relatie tussen REGIS II eenheden, bodemopbouw, filterstelling en schematisatie die is gebruikt in de pompproef bij Moriaanshoofd, Schouwen (rapportnr. 5). Aan de linkerzijde zijn de parameters weergegeven waarvoor waarden zijn afgeleid in de studie.

4 Voorbeelduitwerkingen: onderzoek naar betrouwbaarheid en nauwkeurigheid op basis van heranalyse

In dit hoofdstuk worden voorbeelden gegeven van onderzoek naar de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van doorlatendheidswaarden die zijn gerapporteerd in een put- of pompproefrapport op basis van heranalyse. Betrouwbaarheid wordt onderzocht met stap 2: een toetsing van de reproduceerbaarheid van het resultaat (Paragraaf 4.1). Toetsing van reproduceerbaarheid betekent dat exact dezelfde methode wordt gebruikt als in de oorspronkelijke studie. Nauwkeurigheid wordt onderzocht met behulp van stap 3: heranalyse waarin alternatieve, en bij voorkeur meer complete, interpretatiemethoden worden gebruikt (Paragraaf 4.2). Er wordt gezocht naar resultaten die mogelijk nauwkeuriger zijn.

4.1 Toetsing van reproduceerbaarheid

- Voorbeeld 1 (Middelplaat) laat zien dat de gerapporteerde kD-waarde voor de stopproef vrij goed reproduceerbaar is op basis van de (rest)verlaging – log tijd grafiek, maar dat deze niet goed reproduceerbaar is met de (rest)verlaging – tijd grafiek. Voor de putproef is allen een (rest)verlaging – tijd grafiek beschikbaar en is de kD-waarde niet goed te reproduceren.
- Voorbeeld 2 (Ederveen) laat zien dat de gerapporteerde waarden vrij goed reproduceerbaar zijn en hoe met de heranalyse een in het rapport ontbrekend betrouwbaarheidsinterval kan worden bepaald voor de gerapporteerde waarden.
- Voorbeeld 3 (Venray) levert een visuele bevestiging van de in het rapport geconstateerde lage betrouwbaarheid van de gevonden parameterwaarden.
- Voorbeeld 4 (Geleen) toont dat de in het rapport opgenomen modelfit van de verlagingdata vrij nauwkeurig wordt gereproduceerd voor gerapporteerde doorlatendheidswaarden en de gebruikte schematisatie.

4.1.1 Putproef Middelplaat (rapport 1)

Appendix C verschaft algemene informatie over deze proef.

Instappunt voor de toetsing:

- Grafisch weergegeven verlagingdata en het vermelde debiet (Figuur 4.1).

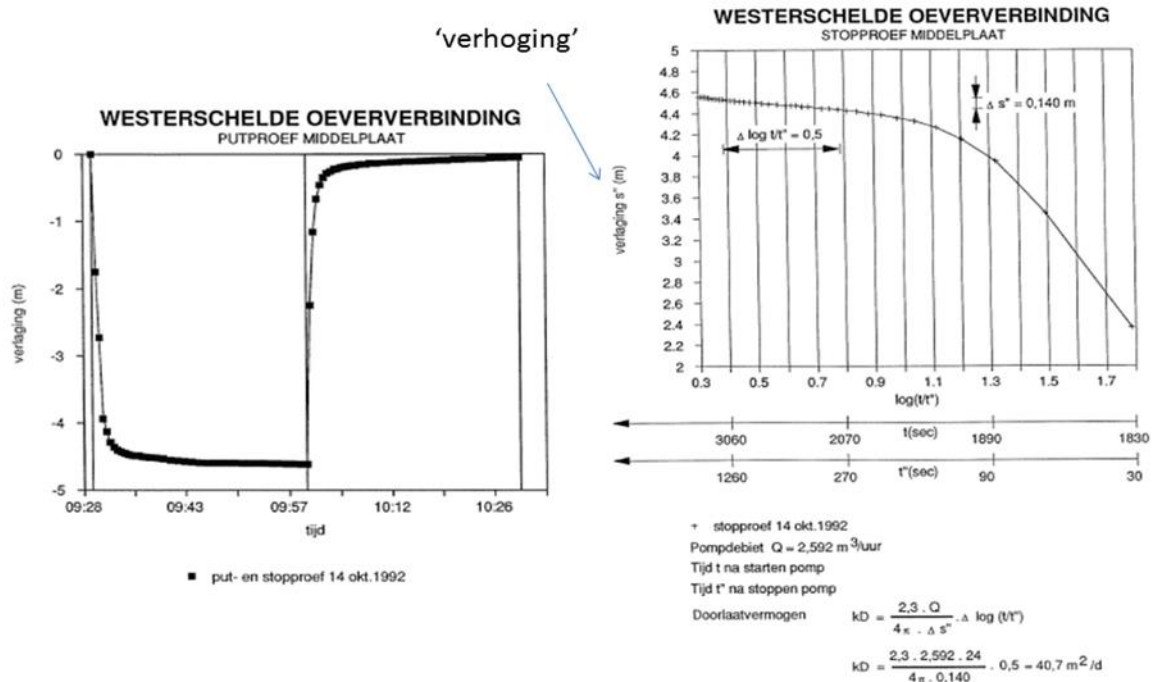
Niet toetsbaar:

- Ruwe verlagingmetingen en tijdregistratie
- Debietmetingen en stabiliteit ervan
- Getijdecorrectie

Reproduceerbaarheid is op drie manieren getoetst:

1. kD van de putproef op basis van de verlaging – tijd grafiek
2. kD van de stopproef op basis van de verlaging – tijd grafiek
3. kD van de stopproef op basis van de (rest)verlaging – log tijd grafiek

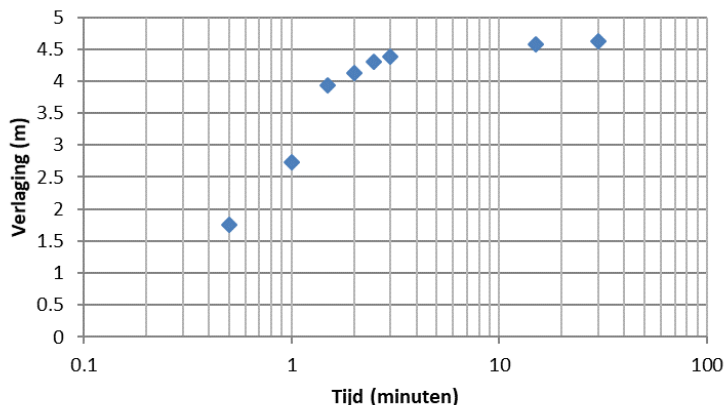
De methoden worden eerst toegelicht. Vervolgens worden de resultaten in een tabel gepresenteerd.



Figuur 4.1 Beschikbare informatie voor het testen van de reproduceerbaarheid van het resultaat voor de locatie Middelpmaat. Links een lin-lin plot van de al dan niet gecorrigeerde verlagingen. Rechts een semi-log plot voor het stopproef deel met de daarop toegepaste berekening.

4.1.1.1 Reproductietoets 1

Voor deze toetsing zijn verlaging-tijd waarden ‘gedigitaliseerd’ (afgelezen) op basis van de grafiek in het linkerdeel van Figuur 4.1. Omdat verlagingverschillen voor de tweede helft van de onttrekkingsperiode niet afleesbaar zijn, is volstaan met een beperkt aantal ‘meetpunten’. De verlagingwaarden zijn vervolgens uitgezet tegen log-tijd.

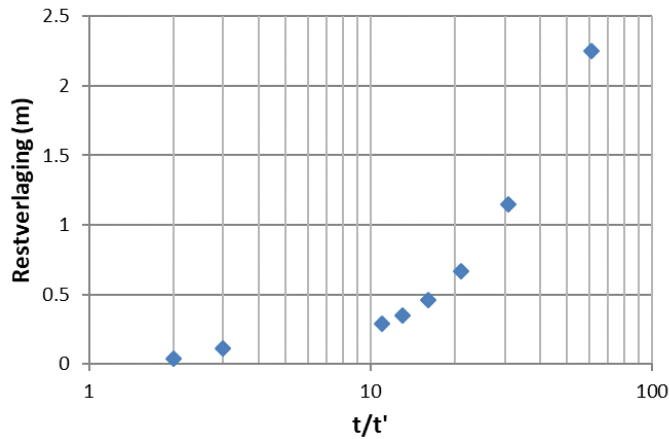


Op basis van de laatste drie punten is de helling Δs voor late tijd (> 3 minuten) geschat tussen 0.12 m en 0.24 m per log cyclus. De kD -waarde volgt uit

$$KD = \frac{2,3Q}{4\pi \Delta s}$$

4.1.1.2 Reproductietoets 2

Een vergelijkbare exercitie voor de stopproef levert de volgende grafiek.



Op basis van het eerste en tweede punt, en van het eerste en derde punt wordt de helling Δs voor late tijd (kleine t/t') geschat tussen 0.40 m en 0.34 m per log cyclus. De kD -waarde volgt uit

$$KD = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s}$$

4.1.1.3 Reproductietoets 3

Voor de toetsing is een eigen schatting gemaakt van $\Delta s''$ voor de $\log(t/t')$ grafiek in het rechterdeel van Figuur 4.1. $\Delta s''$ wordt geschat tussen 1.3 en 1.5 (rapportwaarde is 1.4). De berekeningswijze is als aangegeven in de figuur.

4.1.1.4 Resultaten

	kD (m²/dag)	rapport
Toets 1	47.4 – 94.9	44.7
Toets 2	28.6 – 33.7	44.7
Toets 3	38.0 – 43.8	40.7

Het resultaat van toets 1 geeft aan dat de gerapporteerde waarde vrij slecht reproduceerbaar is voor de putproef op basis van de verlagingstijd grafiek. Hetzelfde geldt voor de stopproef (toets 2). De oorzaak van de vrij slechte reproduceerbaarheid is in hoofdzaak de lage nauwkeurigheid van de beschikbare verlagingstijd data via de grafische informatie. Het resultaat van toets 3 geeft aan dat het resultaat van de stopproef vrij goed reproduceerbaar is op basis van de (rest)verlaging – log tijd grafiek.

4.1.2 Pomproef Ederveen (rapport 3)

Appendix E verschaft algemene informatie over deze proef.

Instappunt voor de toetsing:

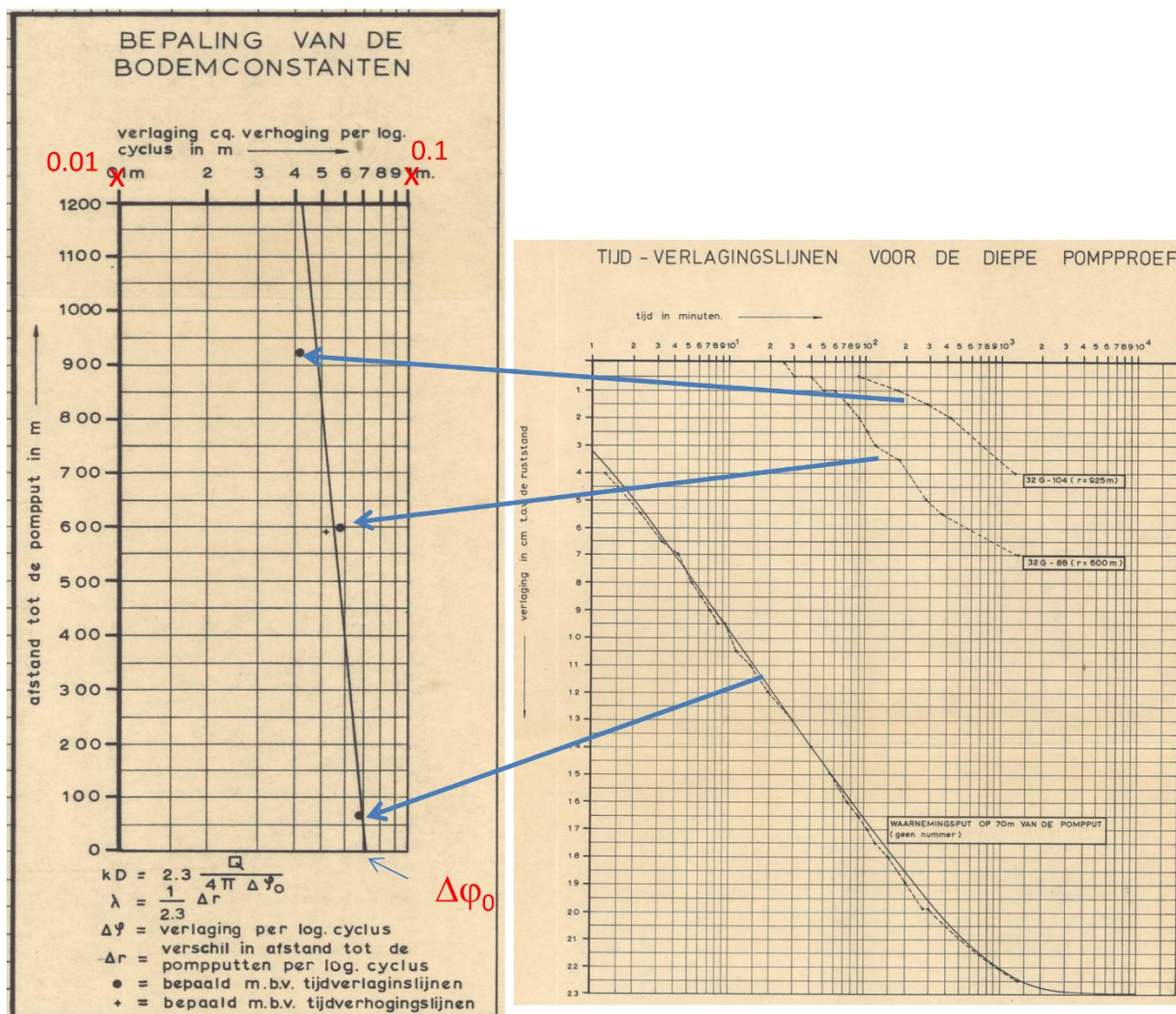
- Grafisch weergegeven verlagingstijd data (Figuur 4.2) en het vermelde debiet (1368 m³/dag).

Niet toetsbaar:

- Ruwe verlagingmetingen en tijdregistratie
- Debietmetingen en stabiliteit ervan
- Conclusie dat geen correcties hoeven te worden toegepast

Reproduceerbaarheid is op twee manieren onderzocht:

1. Op basis van eigen schattingen van $\Delta\phi_0$ en Δr voor de in Figuur 4.2 getoonde fit-lijn (linker paneel).
2. Op basis van eigen schattingen van de verlaging per log-cyclus per waarnemingsput (rechter paneel) en een eigen fit-lijn (linker paneel). Daarbij is een schatting gemaakt van de onzekerheidsmarge aan de hand van de onzekerheid in de verlaging per log cyclus en de range van acceptabele fit-lijnen die kunnen worden opgesteld.



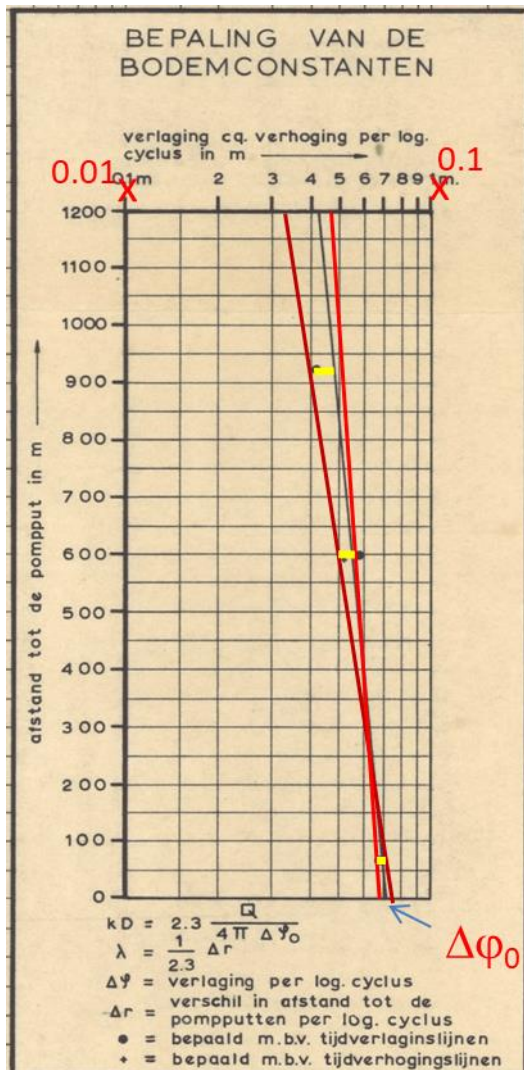
Figuur 4.2 Beschikbare informatie voor het testen van reproduceerbaarheid van de gerapporteerde doorlatendheidswaarden van pompproef Ederveen. Rechts: gemeten verlagingen voor drie waarnemingsputten. Links: Hantush methode toegepast op de log-cyclus verlagingen van de waarnemingsputten. Met rood zijn correcties van de as-waarden weergegeven ten opzichte van de as-waarden in het oorspronkelijke rapport en is parameter $\Delta\phi_0$ aangegeven.

4.1.2.1 Reproductietoets 1

De eigen schattingen van de parameters van de fit-lijn zijn $\Delta\phi_0 = 0.071$ m en $\Delta r = 5270$ m.

4.1.2.2 Reproductietoets 2

In de oorspronkelijke interpretatie zijn ook hellingen van de tijd-verhogingslijnen van de stopproef vermeld en meegenomen. Dat kan als er aan het eind van de pompproef geen verlaging meer plaatsvindt. Inspectie van de verlagingcurves laat zien dat dat niet het geval is. In de reproductietoets zijn alleen hellingen van de tijd-verlagingslijnen gebruikt.



Figuur 4.3 Gele: eigen schattingen van de log-cyclus verlagingen van twee waarnemingsputten. Rode lijnen: eigen 'acceptabel' geachte fit-lijnen die de extreme waarden aangeven.

De schattingen van de parameters van de acceptabele fit-lijnen zijn:

$$\Delta\varphi_0 = 0.068 \text{ m en } \Delta r = 7330 \text{ m.}$$

$$\Delta\varphi_0 = 0.075 \text{ m en } \Delta r = 3760 \text{ m.}$$

4.1.2.3 Resultaten

	$kD \text{ (m}^2/\text{dag)}$	$\lambda \text{ (m)}$	$S \text{ (-)}$
rapport	3460	2390	$5 \cdot 10^{-4}$
Toets 1	3530	2290	?
Toets 2	3340 - 3680	1630 - 3190	?

De resultaten laten zien dat de kD-waarde vrij goed reproduceerbaar is. De gerapporteerde λ -waarde is ook reproduceerbaar. Toets 2 toont echter aan dat de betrouwbaarheid van λ gering is.

4.1.3 Pompproef Geleen (rapport 6)

Appendix H verschaft algemene informatie over deze proef. Eén van de bijzondere aspecten van de proef is dat interpretatie is gedaan met behulp van voorwaartse modellering met een analytisch rekenmodel waarin de effecten van diverse onttrekkingsputten en de invloed van een de barrièrewerking van een breuk zijn meegenomen.

Instappunt voor de toetsing:

- Kaarten waarop de gebruikte putten zijn aangegeven en de breuk (barrière) die is toegepast in de oorspronkelijke berekeningen.
- Grafisch weergegeven verlagingsdata met model fit (voor de schematisatie van MODEL 1). Tabel met gebruikte parameterwaarden voor de model fit (verschillend per waarnemingsput).
- Tabel met debieten die zijn toegepast in de oorspronkelijke berekeningen.

4.1.3.1 Reproductietoets

De verlagingswaarnemingen zijn grof (niet per individuele tijdwaarneming) gedigitaliseerd op basis van de grafieken. De locaties van de putten en de positie van de breuk/barrière (rechte lijn) zijn gedigitaliseerd op basis van de kaart (precisie putlocaties bij digitalisering geschat op ca. 5 m). De reproductieberekeningen zijn gedaan met het 'Aquifer Test Analysis' software pakket MLU.

In de reproductieberekeningen zijn de onttrekkingen van de drie pompproefputten beschouwd voor de pompproefperiode (rood omkaderd in Figuur 4.4). Dat wil zeggen: de debieten van de putten die continu in bedrijf waren en waarin beperkte veranderingen in de onttrekkingen optraden zijn niet meegenomen en de voorperiode voorafgaand aan de pompproef is ook buiten beschouwing gelaten. De reproductietoets is wat dit betreft een beperkte toets die zich richtte op hoofdfactoren. Het is geen volledige reproductietoets.

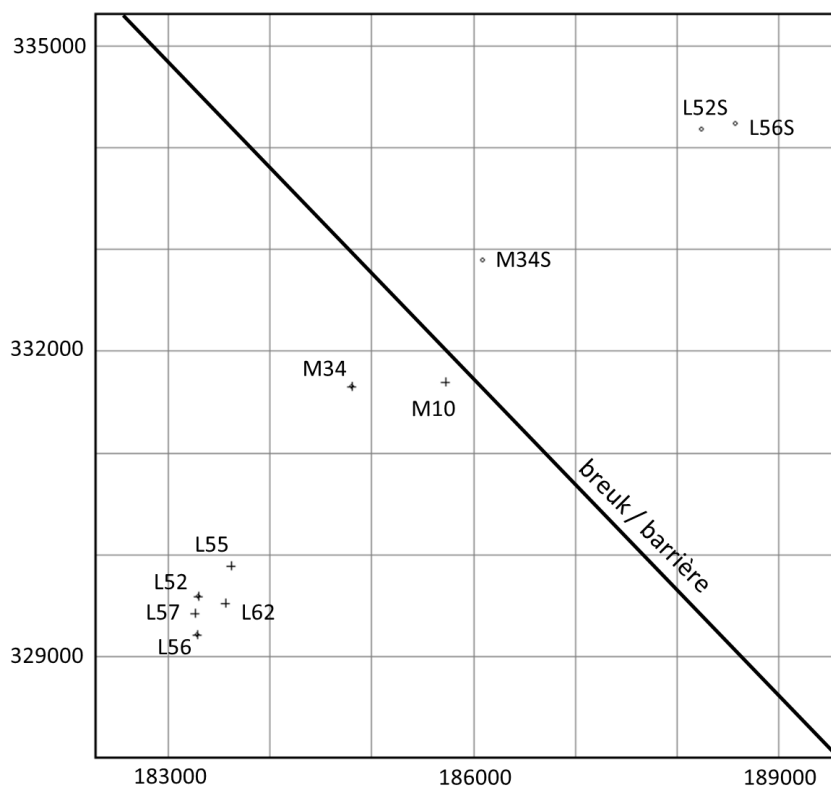
De locaties van de drie pompputten zijn gespiegeld in de breuklijn en op die locaties zijn spiegelputten toegevoegd met dezelfde debiethistorie als de corresponderende echte putten (Figuur 4.5).

Vervolgens zijn de gedigitaliseerde verlagingen gefit per waarnemingsput voor de schematisatie van MODEL 1 uit de oorspronkelijke studie en zijn de resultaten vergeleken met de berekeningsresultaten uit de oorspronkelijke studie.

TABEL 5: DEBIETEN IN REKENMODEL T.B.V. INTERPRETATIE POMPPROEF

PERIODE	VAN	TOT	M29	M34	TOTAAL	L52	L53	L56	L57	L59	TOTAAL	TOTAAL		
			MAURITS					LOKU						DSM
			m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur	m3/uur
TOT DE VOORPERIODE		10/10 15:00	-49.0	-10.0	-59.0	0.0	-72.5	-49.0	0.0	-126.0	-247.5	-306.5		
VOORPERIODE	10/10 15:00	7/11 11:05	-89.0	0.0	-89.0	0.0	-72.5	0.0	0.0	-126.0	-198.5	-287.5		
POMPPROEF L52	7/11 11:05	12/11 12:00	-86.0	0.0	-86.0	-118.5	-72.5	0.0	0.0	-126.0	-317.0	-403.0		
	12/11 12:00	14/11 11:00	-86.0	0.0	-86.0	-118.5	-70.0	0.0	0.0	-126.0	-314.5	-400.5		
POMPPROEF L56	14/11 11:00	17/11 12:00	-83.0	0.0	-83.0	-118.0	-70.0	-55.0	0.0	-126.0	-369.0	-452.0		
	17/11 12:00	21/11 9:47	-83.0	0.0	-83.0	-115.5	-70.0	-55.0	0.0	-123.5	-364.0	-447.0		
POMPPROEF M34	21/11 9:47	23/11 8:47	-83.0	-66.5	-149.5	-115.5	-70.0	-55.0	0.0	-123.5	-364.0	-513.5		
STOPPROEF M34	23/11 8:47	28/12 16:00	-78.0	0.0	-78.0	-115.5	-70.0	-55.0	0.0	-123.5	-364.0	-442.0		
	28/12 16:00	5/12 16:00	-78.0	0.0	-78.0	-109.5	-68.0	-55.0	0.0	-123.5	-356.0	-434.0		

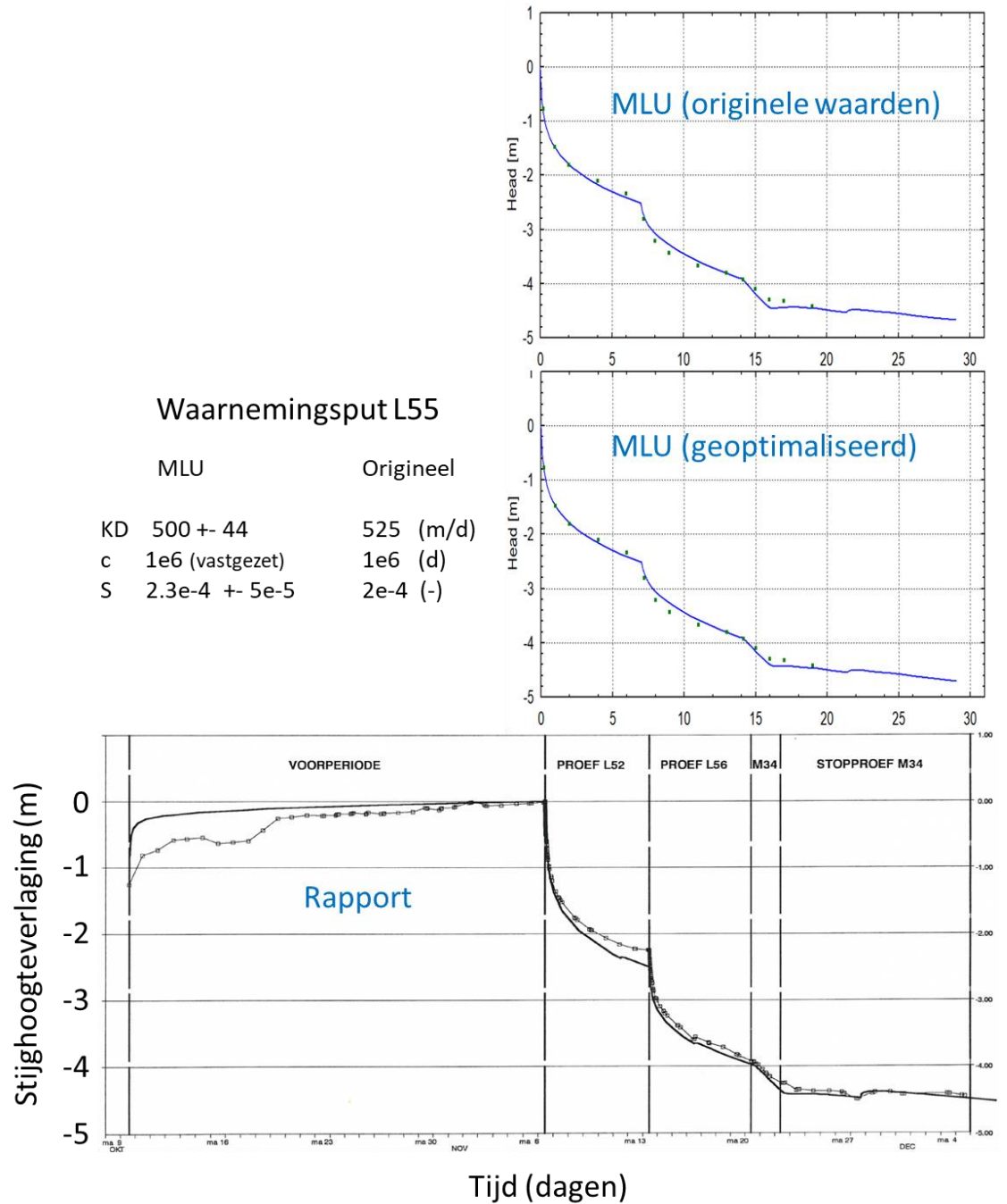
Figuur 4.4 Tabel met debieten gebruikt in de oorspronkelijke berekeningen. Rood omkaderd de debieten van de putten die specifiek zijn gebruikt in de pompproef. De andere putten waren en bleven in bedrijf met een min of meer constant debiet. Van enkele is er een geringe afname tijdens de pompproefperiode (invloed van de peilverlaging in de putten door de pompproef).



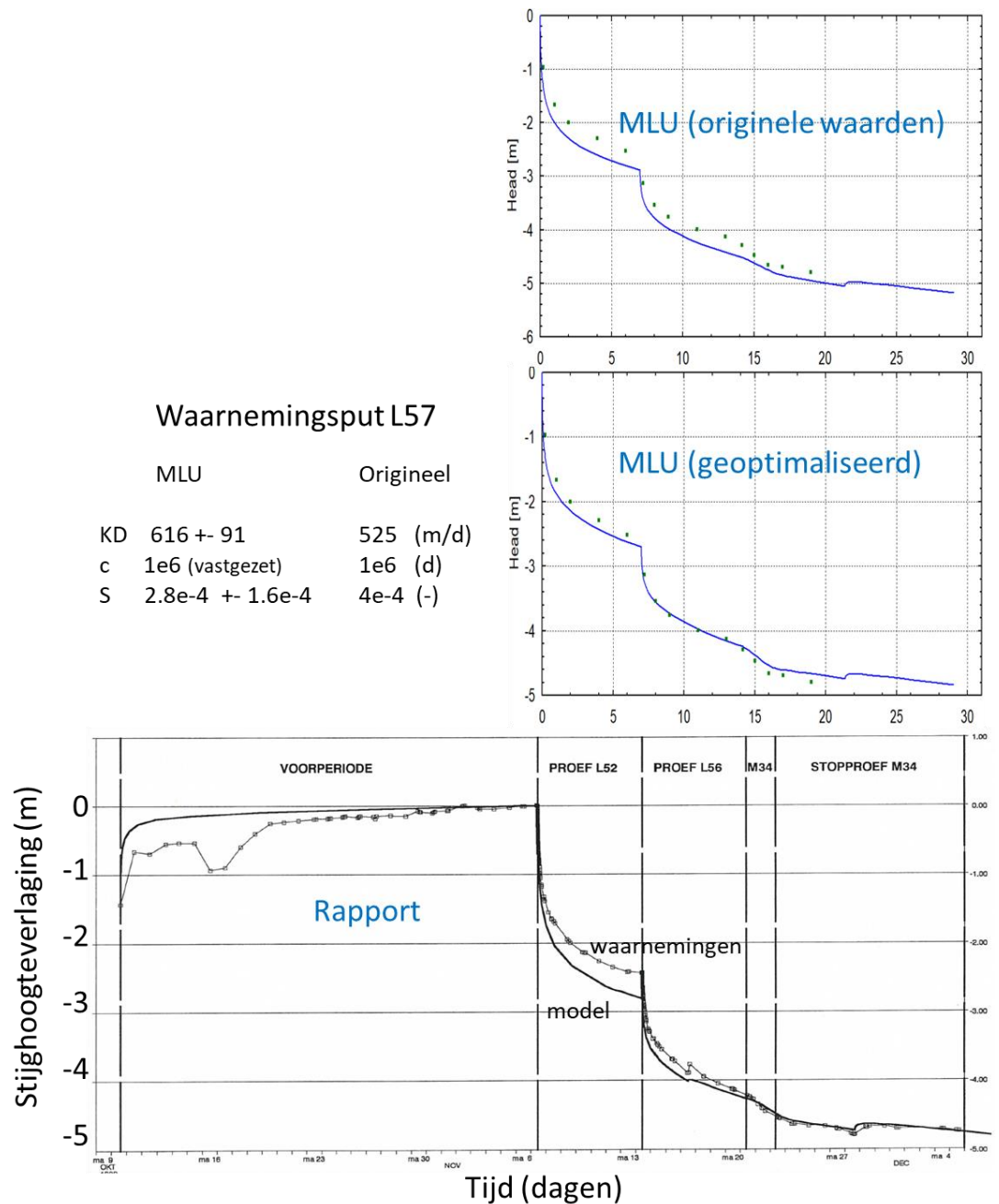
Figuur 4.5 Locaties van de putten gebruikt in de reproductieberekening. Ten noordoosten van de breuk de spiegelputten.

4.1.3.2 Resultaten

Figuur 4.6 en Figuur 4.7 tonen de resultaten van de reproductietest voor respectievelijk waarnemingsputten L55 en L57. De originele resultaten zijn redelijk tot goed reproduceerbaar. Voor L57 is er wel een vrij groot verschil tussen de geoptimaliseerde kD waarde verkregen met MLU en de gerapporteerde (originele) kD waarde, maar het verschil betreft één maal de standaardafwijking die wordt verkregen met MLU. De originele waarden overschatten de verlaging vooral gedurende de eerste fase van de proef (proef L52).



Figuur 4.6 Resultaten van de reproductietest voor waarnemingsput L55. SSE=0.109



Figuur 4.7 Resultaten van de reproductietest voor waarnemingsput L57. SSE=0.278

4.1.4 Pompproef Venray (rapport 7)

Appendix I verschaft algemene informatie over deze proef.

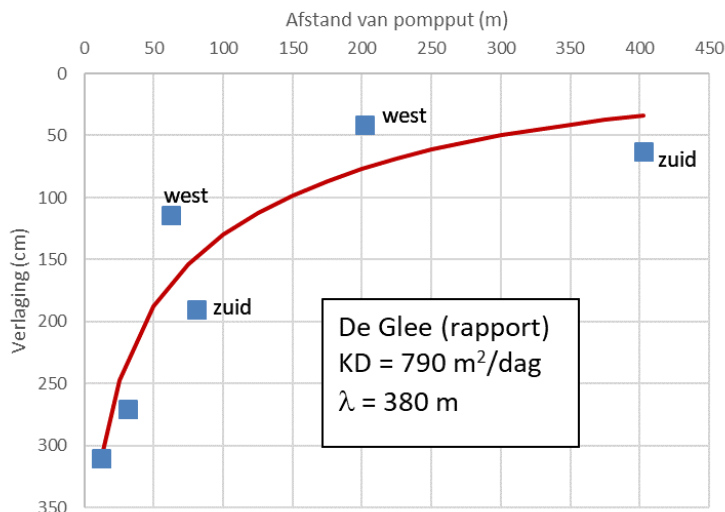
Instappunt voor de toetsing:

- Grafisch weergegeven verlagingsdata (figuren Appendix I) en het vermelde debiet (180 m³/uur)

Het rapport bevat twee resultaten, één resultaat verkregen met de formule van De Glee, en één resultaat met de formule van Vogel. De kD- en λ-waarden die zijn gerapporteerd voor beide methoden worden getoetst. Het rapport bevat geen uitwerking. Alleen de parameterwaarden kunnen daarom worden vergeleken.

4.1.4.1 Reproductietoets 1 (De Glee)

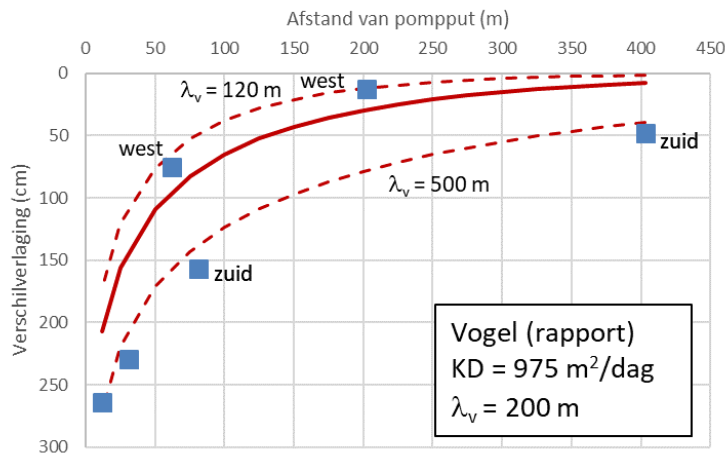
Eigen schattingen van 'eindverlagingen' zijn gemaakt voor waarnemingsputten Z400, Z200, Z80, W60, W30 en Z15 voor de diepe filters #2. Wat daarbij opvalt is dat de verlagingen niet overtuigend stationair zijn aan het eind van de pompproef; met name in de omgeving van de pompput zou de eindverlaging nog decimeters groter kunnen worden. Dit is verder buiten beschouwing gelaten. Aflezing is gedaan voor tijdstip 5280 minuten aangezien het latere deel van de tijdreeksen wat instabiliteit vertoont. Figuur 4.8 toont de verlagingen samen met de verlaging volgens De Glee op basis van de gerapporteerde parameterwaarden.



Figuur 4.8 Geschatte eindverlagingen en de curve volgens De Glee op basis van gerapporteerde parameterwaarden.

4.1.4.2 Reproductietoets 2 (Vogel)

Eigen schattingen van 'eindverlagingen' zijn aangevuld met schattingen voor de ondiepe filters #1. Vervolgens is de verschilverlaging genomen tussen de diepe en ondiepe filters. Figuur 4.9 toont de verschilverlaging samen met het resultaat volgens de formule van Vogel voor de gerapporteerde parameterwaarden.



Figuur 4.9 Geschatte 'verschil eindverlagingen' en de curve volgens Vogel op basis van gerapporteerde parameterwaarden. De onderbroken curves geven berekende resultaten voor aangepaste waarden van de spreidingslengte (genoemd in het rapport).

4.1.4.3 Resultaten

De resultaten tonen dat de gemeten verlagingen niet goed kunnen worden beschreven met het gekozen model (twee watervoerende pakketten met een weerstand ertussen). Dit is ook aangegeven in het rapport waarin de gerapporteerde waarden worden aangeduid als 'gemiddelde uitkomsten', maar zonder e.e.a. in beeld te brengen. De waarnemingen wijzen op een sterke richtingsafhankelijke laterale heterogeniteit waarbij de verlaging in de zuidelijke waarnemingsputten veel groter is dan de westelijke waarnemingsputten. De auteurs van het rapport geven aan dat de λ_v (spreidingslengte op basis Vogel) voor de zuidelijke waarnemingsputten 500 m en voor de westelijke waarnemingsputten 120 m bedraagt. De reproductieberekeningen geven aan dat deze constatering redelijk lijkt (Figuur 4.9). De betrouwbaarheid ervan is echter klein door het geringe aantal waarnemingspunten per 'richting' en het feit dat er geen informatie is over de oorzaak van de heterogeniteit zoals aanwezigheid van een breuk of meer zandige delen in de weerstandslaag. De combinatie $\lambda_v = 750$ m en $kD = 1200$ m²/dag levert bijvoorbeeld ook een redelijke fit voor de zuidelijke waarnemingsputten. Hoewel de waarden dus redelijk reproduceerbaar zijn is de betrouwbaarheid van de gerapporteerde kD en λ_v -waarde erg klein. De geconstateerde sterke heterogeniteit is echter een waardevol resultaat omdat het aangeeft dat er in z'n algemeenheid invloeden van heterogeniteit te verwachten zijn in de ruimere omgeving. Buiten deze waarde zijn de gerapporteerde parameterwaarden nauwelijks bruikbaar.

4.2 Toetsing nauwkeurigheid met meer complete theoretische modellen

De voorbeelden die hier zijn opgenomen laten zien dat gebruik van meer complete theoretische modellen in combinatie met de absolute verlagingen-/verhogingsmetingen vaak tot significant andere resultaten leidt dan de waarden die zijn gerapporteerd in de oorspronkelijke studie. Met uitzondering van de analyse in paragraaf 4.2.5 zijn de berekeningen gedaan met het 'Aquifer Test Analysis' software pakket MLU.

- Voorbeeld 1 (putproef Middelplaat) laat zien dat de kD -waarde waarschijnlijk ca. 50% lager is dan de gerapporteerde waarde. Ook wordt direct duidelijk wat de meerwaarde is van modellering van de absolute verlagingen in plaats van gebruik van de relatieve verlagingen in log-cyclus veranderingen.

- Voorbeeld 2 (putproef Scheemda) bevestigt dat het resultaat van voorbeeld 1 geen toevalstreffer is. Voor deze proef is de kD-waarde waarschijnlijk ook ca. 50% lager dan de gerapporteerde waarde.
- Voorbeeld 3 (pompproef Ederveen) geeft aan dat de kD- en de λ -waarde mogelijk respectievelijk ca. 20% en 45% lager zijn dan de gerapporteerde waarden.
- Voorbeeld 4 (pompproef Roosendaal) laat zien dat C-waarden een factor 2 tot 10 zouden kunnen afwijken van de gerapporteerde waarden.

4.2.1 Putproef Middelplaat (rapport 1)

Appendix C verschaft algemene informatie over deze proef.

4.2.1.1 Aanpak en resultaat

De verlagingen en restverlagingen van de proef zijn handmatig gedigitaliseerd op basis van de grafische informatie in het linkerdeel van Figuur 4.1. Daarbij is getracht de curve zo goed mogelijk te reproduceren. De kwaliteit van het grafisch materiaal was echter te gering om de daadwerkelijke registratiemomenten te gebruiken; het aantal digitale datapunten is beperkt gehouden.

De put- en stopproef zijn integraal gemodelleerd waarbij stapsgewijs de complexiteit iets is opgevoerd. De parameterwaarden en enkele model fits zijn weergegeven in Tabel 4.1 en Figuur 4.10.

Model (a): 1-laags model dat het theoretische model van Theis-Jacob dat is toegepast in het rapport zo dicht mogelijk benadert. De kD-waarde is het gemiddelde van de gerapporteerde kD-waarden voor de put- en de stopproef. Voor de bergingscoëfficiënt S is een redelijke waarde genomen. Dit model geeft echter een zeer grote misfit; de gemeten verlaging tijdens de putproef is meer dan 100% groter dan dit model berekent. Een eerste gedachte is dat er extra weerstand (skin) bij het filter aanwezig is. Dit zou bijvoorbeeld kunnen ontstaan door kleineerslag uit de boorspoeling tijdens het boren van de put.

Model (b): In dit model is een skinfactor als parameter toegevoegd. Een vrij goede fit bleek daardoor mogelijk voor een kD-waarde binnen het bereik van gerapporteerde waarden. Daarvoor is wel een extreem hoge skin factor nodig, en ook S is onwaarschijnlijk hoog.

Model (c): Er is een weerstandslaag toegevoegd met S' . De bergingscoëfficiënt is vastgezet op $S=1E-5$ en de andere parameters zijn geoptimaliseerd. Dit levert een goede fit met een wat kleinere, maar nog steeds erg hoge skin factor, en een hoge S' . De kD-waarde is ca. 30% lager dan in de eerdere modellen.

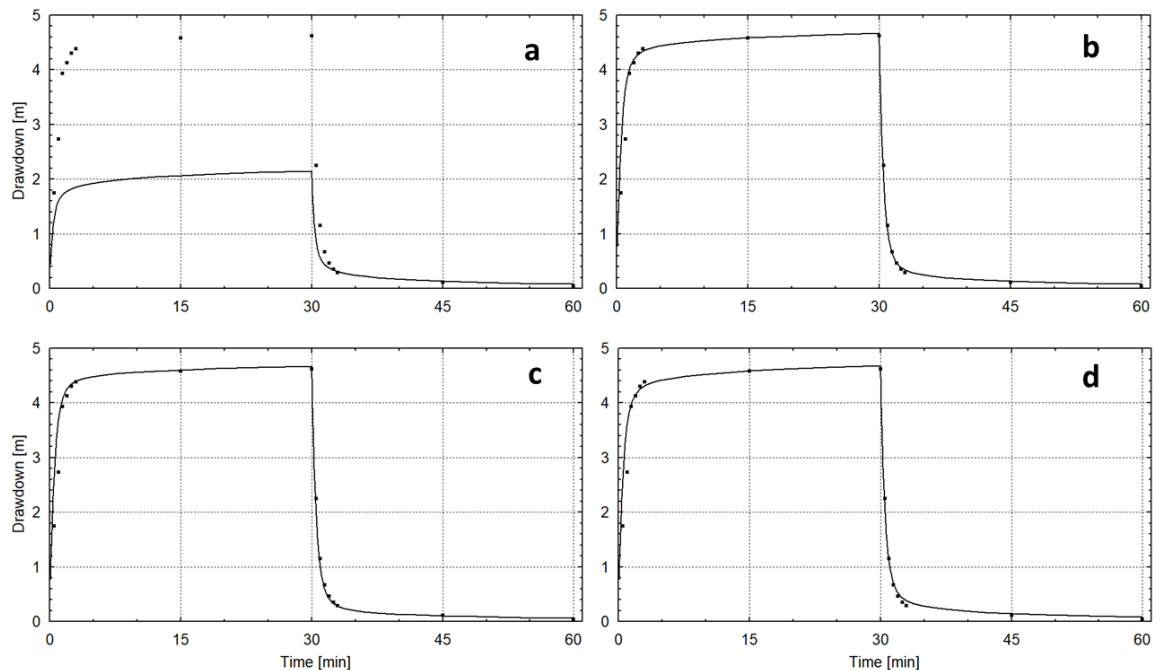
Model (d): In plaats van één zijn twee weerstandslagen met berging gebruikt. Dit model levert de beste fit en voor parameterwaarden die alleszins acceptabel zijn. Een aanzienlijk lagere skinfactor dan in modellen b en c, en reële waarden voor S' van de twee weerstandslagen.

Tabel 4.1 Parameterwaarden van de modellen voor putproef Middelplaat

model		kD (m ² /d)	S (-)	C (d)	S' (-)	skinfactor	SSE (m ²)
rapport		40.7-44.7					
a	1-laag	42.7	1e-5	-	-	0	39.1
b	1-laag	43.2	5e-3		-	14.2	1.72
c	2-laags	28.8	1e-5	1006	1e-3	6	1.89
d	3-laags	19.5	9e-7	3000 1200	3e-5 8e-5	1.3	1.57

SSE = som van de gekwadeerde fouten; in rood waarden die onrealistisch/onwaarschijnlijk worden geacht

De beste schatting van de kD-waarde met deze set van modellen is 19.5 m²/dag, ca. 45% van de gerapporteerde waarde. De resultaten lijken erop te wijzen dat waterlevering uit de berging in de boven- en onderliggende weerstandslagen een relevante invloed heeft. Het feit dat het dikke kleilagen betreft is dus geen afdoende reden om deze invloed te verwaarlozen. De bijdrage is bij deze proef mogelijk vooral significant omdat het om een relatief dun watervoerend pakket gaat. Levering uit berging wordt verwaarloosbaar verondersteld in de klassieke Theis-Jacob methode. Verder laten de modellen zien dat modellering van de absolute waarden van de verlagingen extra informatie geeft over het hydrologische systeem dat gemist wordt wanneer alleen log-cyclus veranderingen van de verlagingen worden gebruikt zoals in de Theis-Jacob methode.



Figuur 4.10 'Metingen' en model 'fit' voor de vier modellen voor putproef Middelplaat.

4.2.2 Putproef Scheemda (rapport 2)

Appendix D verschaft algemene informatie over deze proef. De proef op locatie AKZO13 wordt hier besproken.

De verlagingen en restverlagingen van de proef zijn getabelleerd beschikbaar. Er zijn daardoor in principe geen fouten door onnauwkeurigheid bij digitalisering van grafisch materiaal. De getabelleerde waarden duiden echter op fouten in de registratie (K. Hemker, pers. comm.). Tijdens de stopproef ontstaat een significante restverhoging van ca. 9 cm (in de limiet 12 cm). Dit wijst op een klokfout/nulpuntsfout ($t=0$). Dit verklaart ook dat er zo'n groot verschil zit in de gerapporteerde kD -waarden voor de put- en de stopproef. De getabelleerde verlagingen zijn daarom gecorrigeerd met -12 cm.

4.2.2.1 Aanpak en resultaat

De put- en stopproef zijn integraal gemodelleerd waarbij stapsgewijs de complexiteit iets is opgevoerd. De parameterwaarden en model fits zijn weergegeven in Tabel 4.2 en Figuur 4.11

Model (a): 1-laags model dat het theoretische model van Theis-Jacob dat is toegepast in het rapport zo dicht mogelijk benadert. Zowel de bergingscoëfficiënt S en de kD -waarde zijn geoptimaliseerd. Het model levert een goede fit voor een kD -waarde die wat lager is dan de lagere waarde (stopproef) van het rapport. Echter, de S -waarde is onwaarschijnlijk laag.

Model (b): Er is een weerstandslaag toegevoegd met een vaste $C=1000$ dagen, maar zonder berging $S'=0$. Zowel S als kD zijn geoptimaliseerd. Het model geeft een iets minder goede fit, maar S is realistischer. Bij hogere C -waarde is weer een onrealistisch lage S -waarde nodig voor een redelijke fit (vergelijkbaar met model a). De aanname dat berging in de weerstandslaag geen rol speelt, terwijl er wel een quasi-stationaire lekstroom door de weerstandslaag optreedt is niet zo realistisch gezien de korte duur van de put- en stopproef.

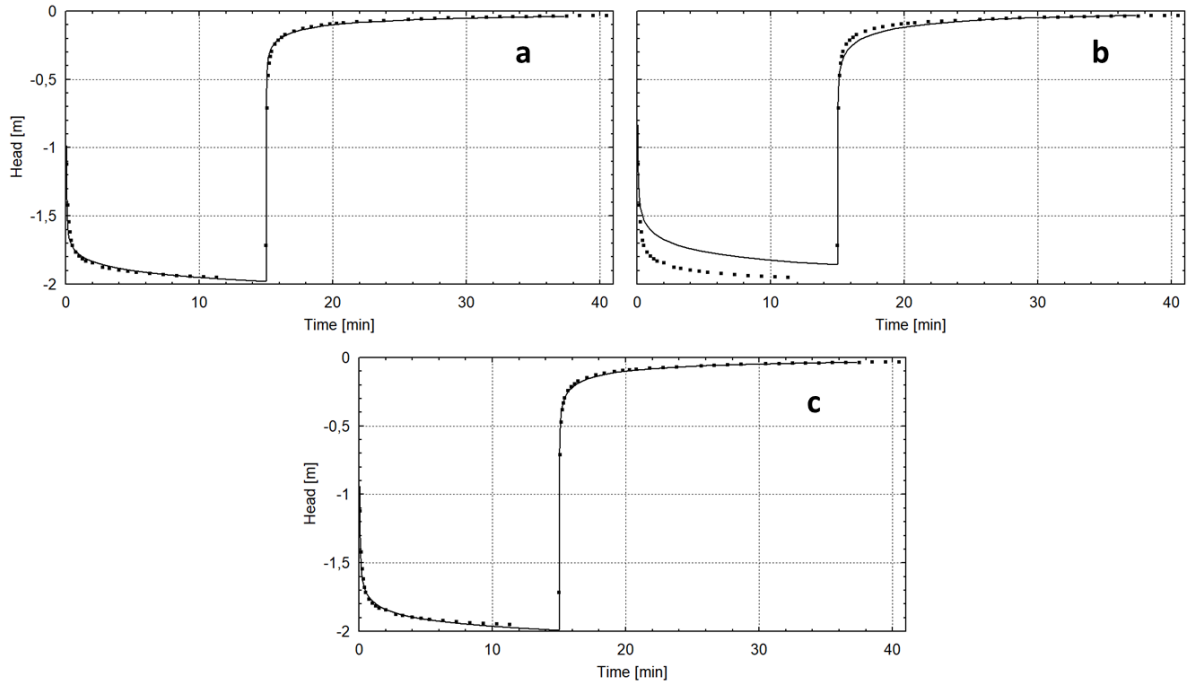
Model (c): Weerstandslaag met vaste $C=1000$ dagen en berging $S'>0$. Zowel S , kD als S' zijn geoptimaliseerd. Dit model geeft de beste fit met redelijke parameterwaarden.

Tabel 4.2 Parameterwaarden van de modellen voor putproef Scheemda, locatie AKZO13

model		kD (m ² /d)	S (-)	C (d)	S' (-)	SSE (m ²)
rapport		1595-2126				
a	1-laag	1540	7e-9	-	-	0.105
b	2-laags	1096	3.8e-5	1000 (vast)	-	0.226
c	2-laags	905	5.2e-5	1000 (vast)	4.4e-3	0.045

SSE = som van de gekwadraterde fouten; in rood waarden die onrealistisch/niet goed worden geacht

De beste schatting van de kD -waarde is ca. 900 m²/dag, ca. 40-60% van de gerapporteerde waarde.



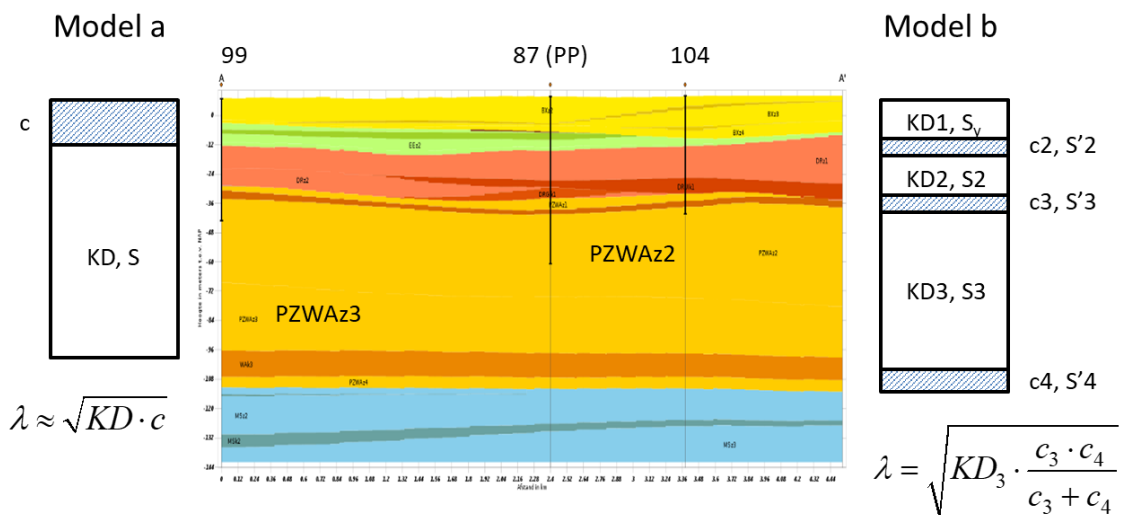
Figuur 4.11 'Metingen' en model 'fit' voor de vier modellen voor putproef Scheemda, locatie AKZO13.

4.2.3 Pompproef Ederveen (rapport 3)

Appendix E verschaft algemene informatie over deze proef.

4.2.3.1 Aanpak en resultaat

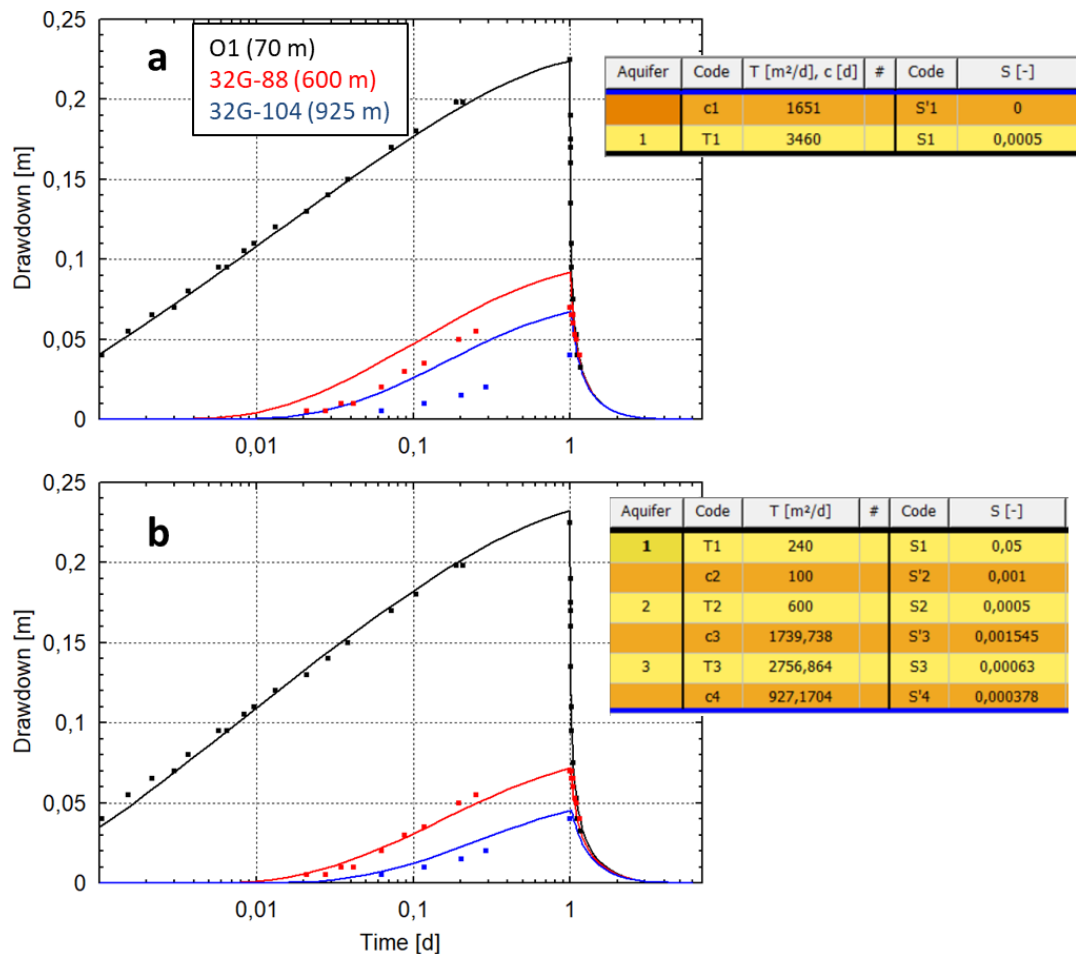
De verlagingen en restverlagingen uit het grafisch materiaal van de bijlagen van het rapport (verlaging – log(tijd); zie ook rechterzijde van *Figuur 4.2*) zijn handmatig gedigitaliseerd. Er zijn twee modellen toegepast. De schematisatie en parametrisatie van de modellen is schematisch weergegeven in *Figuur 4.12*. De parameterwaarden en model fits zijn weergegeven in *Figuur 4.13*.



Figuur 4.12 Schematisatie en parametrisatie van de twee modellen voor pompproef Ederveen. Niet getoond is een waarnemingsput (O1) op 70 m afstand van de pompput.

Model (a): Dit 2-laags model sluit aan bij het theoretisch model dat ten grondslag ligt aan de Hantush methode die is gebruikt in het rapport. De kD -, S - en C -waarde zijn gekozen in overeenstemming met de kD - S - en C -waarden uit het rapport. Er is geen optimalisatie toegepast. Het model geeft een goede fit voor de dichtstbijzijnde waarnemingsput, maar overschat de verlaging voor de twee verder weg gelegen waarnemingsputten.

Model (b): In dit model zijn twee watervoerende pakketten toegevoegd boven het bebompte (3^e) pakket en drie weerstandslagen. In tegenstelling tot model (a) is er geen ondoorlatende basis. Alle model parameters zijn stapsgewijs geoptimaliseerd. Net als in model (a) is de onttrekking volkomen. Formeel is er geen eenduidige spreidingslengte voor het 3^e watervoerende pakket. Het model geeft een aanzienlijk betere fit van de waarnemingen. Om een vergelijking met de gerapporteerde spreidingslengte mogelijk te maken is C berekend op basis van de C3 en C4 zoals aangegeven in Figuur 4.12.



Figuur 4.13 Vergelijking tussen waarnemingen en berekende verlagingen voor de twee modellen voor pompproef Ederveen. De len tonen de model parameterwaarden voor de modellen.

Tabel 4.3 Vergelijking van parameterwaarden voor de modellen voor pompproef Ederveen

model		kD (m ² /d)	S (-)	λ(m)
Rapport & model a	2-laags	3460	5e-4	2390
model b	6-laags	2760	6.3e-4	1290

De beste schatting van de kD-waarde is ca. 20% en van de λ-waarde ca. 45% lager dan de gerapporteerde waarde. Daarbij moet in ogenschouw worden genomen dat er mogelijk meer goede modellen zijn die de waarnemingen kunnen verklaren met andere parameterwaarden. Een factor die mogelijk van invloed is, is de onvolkomenheid van de onttrekking in combinatie met enige verticale weerstand binnen het Peize-Waalse pakket. Om beter grip te krijgen op de precisie en nauwkeurigheid is uitgebreider modelonderzoek noodzakelijk. Dat is hier niet gedaan. De resultaten laten echter zien dat de bruikbaarheid van de gerapporteerde spreidingslengte bijzonder gering is.

4.2.4 Pompproef Geleen (rapport 6)

Appendix H verschaft algemene informatie over deze proef. De gebruikte interpretatiemethode bevat diverse aannames die mogelijk van invloed zijn op het resultaat. Eén daarvan is de extreem geringe levering van water uit 'de weerstandslaag' boven het watervoerende pakket. De resultaten van de proef zijn in hoofdzaak gebaseerd op MODEL schematisatie 1. Daarin is gekozen voor een lage weerstandswaarde van bovenliggende laag van $C1=10^6$ dag waarbij berging in de weerstandslaag is verwaarloosd. Ook wanneer de verticale doorlatendheid van een weerstandslaag hoog is, en deze een grote dikte heeft, kan de bijdrage uit bering een significante invloed hebben op het tijdsverloop van de verlaging. Dit aspect is hier onderzocht.

4.2.4.1 Aanpak en resultaat

De verlaging van waarnemingsputten L55 en L57 zijn gemodelleerd/gefit met een aangepast model waarin alleen een bergingscoëfficiënt S' is toegevoegd aan de weerstandslaag boven het gepompte watervoerende pakket. De toegepaste onttrekkingen in de modellering zijn beschreven in paragraaf 4.1.3. De weerstandslaag is een dikte van 123 m toegekend en het watervoerende pakket een dikte van 200 m.

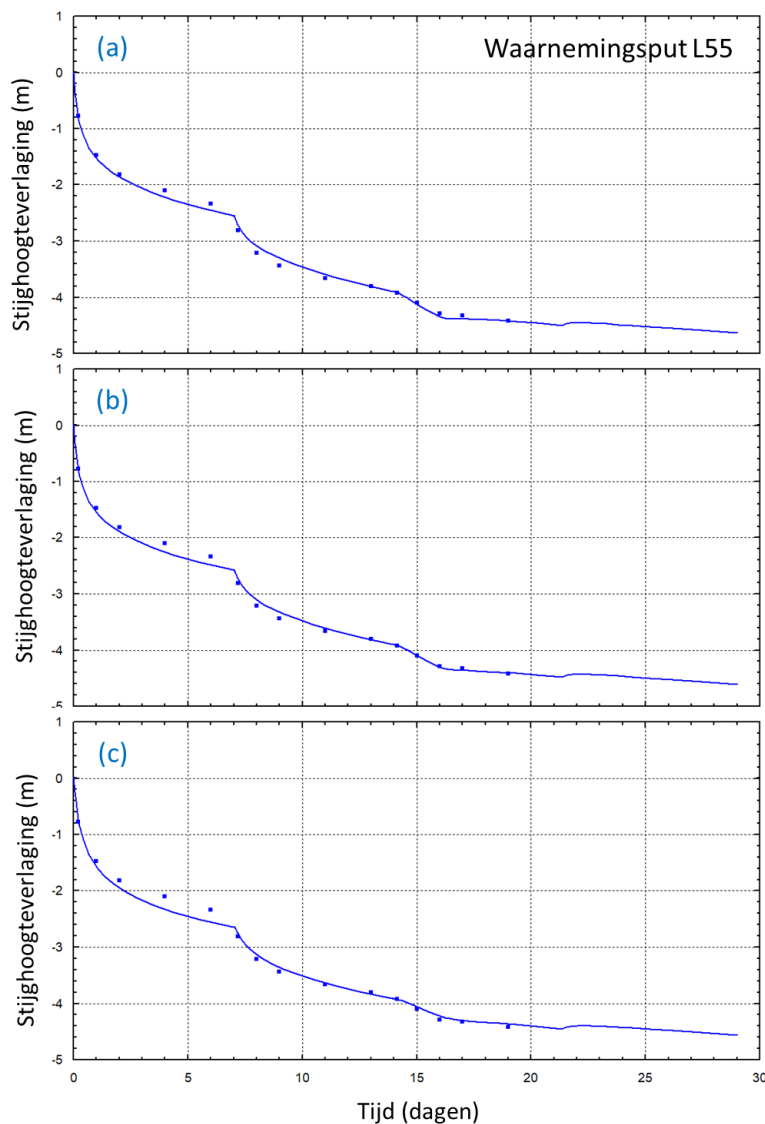
Tabel 4.4 toont de parameterwaarden voor drie optimalisaties voor de verlaging in waarnemingsput L55 samen met de parameterwaarden uit de oorspronkelijke studie. In de tabel is aangegeven voor welke parameters vaste waarden zijn gekozen en welke zijn geoptimaliseerd. Figuur 4.14 toont de model fits. Optimalisatie c heeft de laagste SSE-waarde en zou daarmee beschouwd kunnen worden als de beste fit. De fit is vooral beter ná de eerste zeven dagen van de test. Optimalisatie a geeft een betere fit voor de eerste zeven dagen. Voor alle drie de optimalisaties zijn de verkregen kD-waarden lager dan die in het rapport. Voor optimalisatie a is de kD-waarde 37% lager dan in het rapport.

Tabel 4.5 en Figuur 4.15 tonen resultaten voor waarnemingsput L57. De resultaten geven aan dat de kD-waarde slecht bepaald is. Hogere/lagere waarden zijn beter voor bepaalde delen van de verlagingstijdreeks.

Tabel 4.4 Parameterwaarden van de modellen voor waarnemingsput L55

model	kD (m ² /d)	S (-)	C (d)	S' (-)	SSE (m ²)
rapport	525	2.00e-4	1.00e6	-	
a	333 +/- 16	3.15e-4	1.23e5 (vast)	0.001 (vast)	0.159
b	408 +/- 21	2.58e-4	1.23e6 (vast)	0.002 (vast)	0.093
c	443 +/- 42	2.39e-4	1.23e6 (vast)	7.64e-4	0.085

SSE = som van de gekwadrateerde fouten als maat voor de kwaliteit van de fit

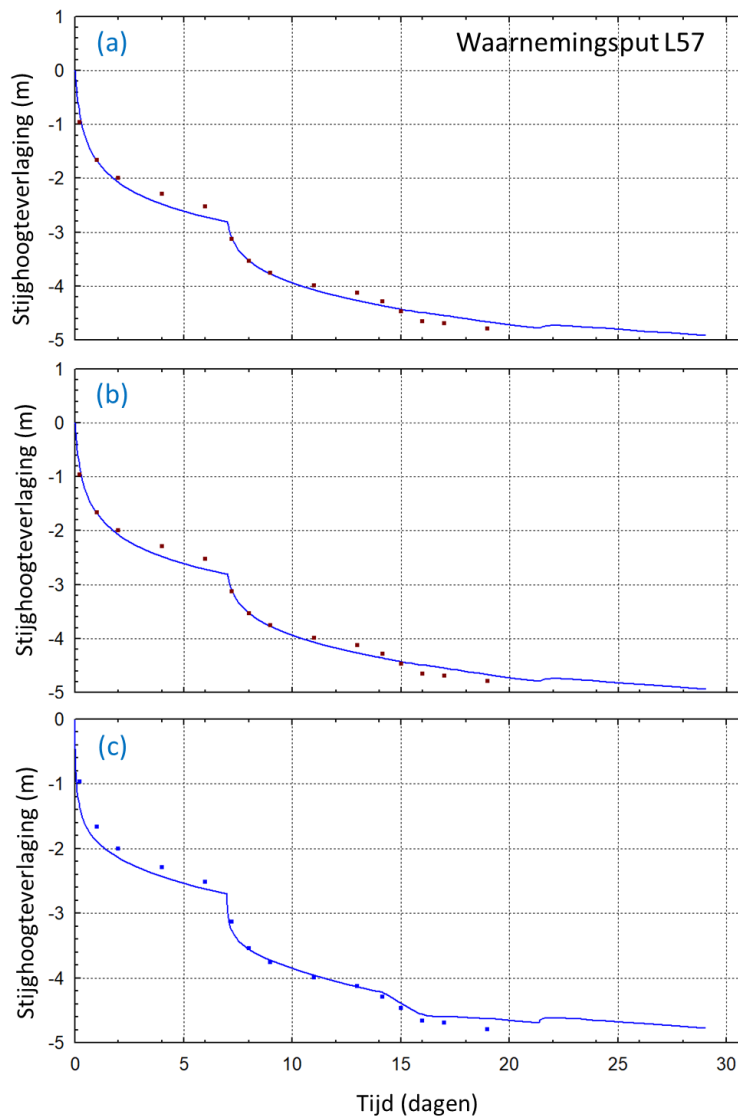


Figuur 4.14 Vergelijking van de verlaging berekend met de parameterwaarden in Tabel 4.4 en de digitaliseerde waarden van de waargenomen verlaging voor waarnemingsput L55.

Tabel 4.5 Parameterwaarden van de modellen voor waarnemingsput L57.

model	kD (m ² /d)	S (-)	C (d)	S' (-)	SSE (m ²)
rapport	525	4.00e-4	1.00e6	-	
a	364 +/- 17	1.91e-3	1.23e5 (vast)	0.001 (vast)	0.219
b	377 +/- 19	1.82e-3	1.23e6 (vast)	0.002 (vast+opt.)	0.204
c	650 (vast)	2.12e-4	1.23e6 (vast)	0.001 (vast)	0.323

SSE = som van de gekwadraterde fouten als maat voor de kwaliteit van de fit



Figuur 4.15 Vergelijking van de verlaging berekend met de parameterwaarden in Tabel 4.5 en de gedigitaliseerde waarden van de waargenomen verlaging voor waarnemingsput L57.

4.2.5 Pompproef Roosendaal (rapport 8)

Appendix J verschaft algemene informatie over deze proef.

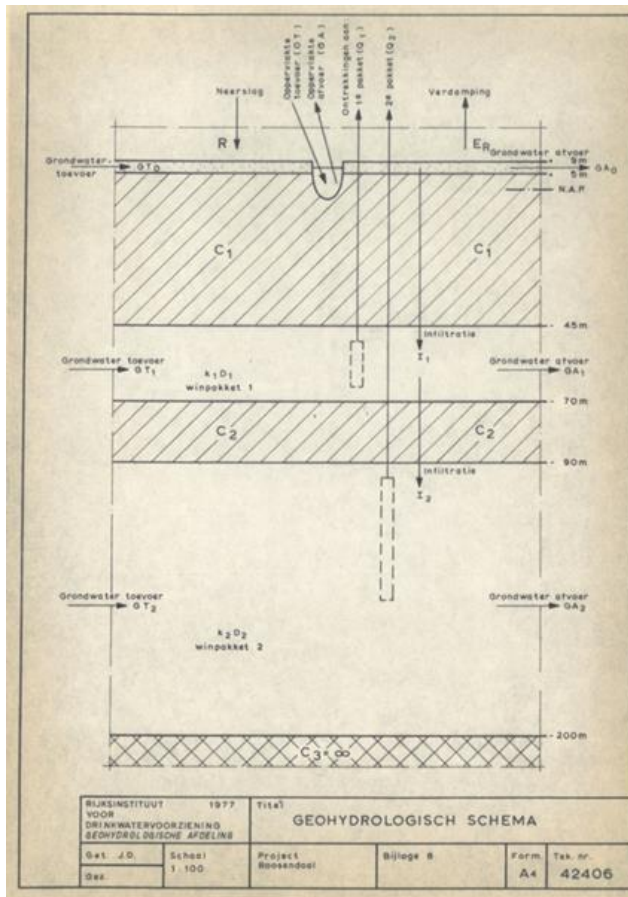
Het rapport betreft een voorbeeld van een pompproef waarin weerstanden van weerstandslagen worden bepaald uit kD -waarden en λ -waarden van watervoerende pakketten (hier twee). In onderstaande wordt de nauwkeurigheid van de kD -waarden en λ -waarden niet onderzocht – *dit betekent overigens niet dat ervan uitgegaan wordt dat de gerapporteerde waarden nauwkeurig zijn*. Wel wordt de nauwkeurigheid van de gerapporteerde C -waarden onderzocht, waarbij de gerapporteerde kD -waarden en λ -waarden als uitgangspunt dienen.

4.2.5.1 Aanpak en resultaat

Figuur 4.16 toont de systematiek in de berekening van de weerstanden C_1 en C_2 in het rapport. Daarbij wordt de klassieke of standaard aanname gebruikt van een ondoorlatende basis. De filters van de pompput in het 2^e watervoerende pakket bevinden zich in de Formatie van Oosterhout. Er zijn bijzonder weinig boringen die informatie verschaffen over diepere afzettingen in de omgeving. Onder de Formatie van Oosterhout bevindt zich in ieder geval nog een dik pakket met zanden uit de Formatie van Breda. De aanname van een ondoorlatende basis is dus op z'n minst discutabel. De weerstanden C_1 en C_2 zijn daarom herberekend onder verschillende aannames van een eindige weerstand van weerstandslaag 3, gebruik makend van onderstaande relaties.

$$\lambda_1 = \sqrt{KD_1 \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2}} \quad \lambda_2 = \sqrt{KD_2 \frac{c_2 \cdot c_3}{c_2 + c_3}}$$

De resultaten in Tabel 4.6 laten zien dat C_1 mogelijk is overschat en C_2 zeer sterk is onderschat in het rapport (tot een factor 10). Aan de validiteit van de gerapporteerde waarden moet sterk worden getwijfeld. Ook andere aspecten van de pompproef zouden hieraan kunnen bijdragen, maar deze zijn hier niet onderzocht. Mogelijk kan wel worden geconcludeerd dat de weerstand van de tweede weerstandslaag hoger is dan die van de eerste weerstandslaag.



Figur 4.16 Systematiek in de berekening van de weerstanden in het rapport van de pompproof Roosendaal.

Tabel 4.6 Herberekende weerstandswaarden C₁ en C₂ voor pompproof Roosendaal.

rapport
↓
gevoeligheid voor aanname
→

C ₁	2754	1888	1835	1776	1709	1631	1541
λ ₁	1150						
KD ₁	900						
C ₂	3150	6632	7372	8514	10500	14824	31500
λ ₂	2100						
KD ₂	1400						
C ₃	oneindig	6000	5500	5000	4500	4000	3500

aanname

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is de bruikbaarheid onderzocht van doorlatendheidswaarden in put- en pompproefrapporten voor toepassing in (of in combinatie met) het **RE**gionaal **Ge**ohydrologisch **I**nformatie **S**ysteem (REGIS II). REGIS II bevat schattingen van doorlatendheidsparameters van geohydrologische eenheden. Deze schattingen zijn gebaseerd op boorbeschrijvingen en een grote set van laboratoriumbepalingen van doorlatendheid aan (kleine) monsters. Put- en pompproeven leveren onafhankelijke informatie over doorlatendheidswaarden van hydrogeologische eenheden. TNO beschikt over een uitgebreid archief van enkele honderden historische put- en pompproefrapporten. Deze rapporten zijn dus mogelijk interessant in aanvulling op, of ter verbetering van, de huidige doorlatendheidsschattingen in REGIS II.

Het onderzoek richt zich op drie aspecten die de bruikbaarheid van gerapporteerde doorlatendheidswaarden in put- of pompproefrapporten in hoofdzaak bepalen:

- (1) de relatie van de waarden met REGIS II eenheden;
- (2) de nauwkeurigheid van de waarden;
- (3) de betrouwbaarheid van de waarden.

Appendix B bevat een uitgebreidere toelichting van deze en aanvullende aspecten die de bruikbaarheid van doorlatendheidswaarden bepalen.

Nauwkeurigheid is onderzocht door herberekening met alternatieve, meer complete theoretische modellen dan het model dat is gebruikt in de oorspronkelijke studie. Voor deze herberekeningen is in de meeste gevallen gebruik gemaakt van het softwarepakket MLU. Betrouwbaarheid is onderzocht door middel van toetsing van de reproduceerbaarheid van de gerapporteerde waarde.

Het onderzoek heeft betrekking op een selectie van 8 rapporten die een niet-aselecte steekproef vertegenwoordigen uit het archief. De selectie betreft namelijk relatief goed gedocumenteerde proeven, die informatie bevatten die het mogelijk maakt heranalyse te doen.

Ad. 1. Voor de helft van de onderzochte rapporten is gevonden dat er onduidelijkheden zijn over de relatie tussen de gerapporteerde doorlatendheidswaarden en REGIS II eenheden. Geconstateerde onduidelijkheid geeft aan dat een waarde (waarschijnlijk) samengestelde bijdragen bevat van meerdere REGIS II eenheden, én dat onzeker is hoeveel die eenheden bijdragen aan de waarde. Onduidelijkheid is geconstateerd voor kD-waarden en voor C-waarden. Spreidingslengten λ zijn per definitie gekoppeld aan drie eenheden: het watervoerende pakket en de boven- en onderliggende weerstandslaag. Over het algemeen levert dát geen onduidelijkheid op. In één van de studies is desondanks onduidelijkheid over de relatie van λ en REGIS II eenheden omdat er mogelijk meerdere eenheden betrokken zijn in de bovenliggende weerstandslaag.

Ad. 2. De heranalyses die zijn uitgevoerd met meer complete theoretische modellen en met de absolute verlagings-/verhogingsdata leverden systematische verschillen op ten opzichte van de gerapporteerde waarden. In alle analyses met MLU (4) werden lagere kD-waarden gevonden wanneer berging in weerstandslagen werd meegenomen. De gerapporteerde kD-waarden van de twee geanalyseerde putproeven lijken twee maal zo hoog als de waarde uit de heranalyse. Voor twee pompproeven variëren de mogelijke overschattingen tussen de 20

en 45%. De spreidingslengte van een pompproef lijkt ca. 45% te zijn overschat. De afwijkende resultaten wijzen erop dat klassieke analysemethoden waarschijnlijk te eenvoudig zijn, wat van invloed is op het resultaat. Voor een vijfde rapport is een heranalyse gedaan van de bepaling van C-waarden op basis van gemeten spreidingslengten en kD-waarden. Die analyse toont dat C-waarden tot een factor 10 hoger kunnen zijn wanneer de twijfelachtige, maar vaak gehanteerde veronderstelling van aanwezigheid van een doorlatende basis wordt losgelaten.

Ad. 3. Toetsing van de reproduceerbaarheid leverde verschillen op ten opzichte van de gerapporteerde waarden van minder dan 20% en meestal minder dan 10%. De verschillen gelden voor de laatste stappen in de berekeningswijze. Eerdere stappen konden maar in een enkel geval worden getoetst omdat relevante basisdata daarvoor ontbreken in de rapportages. Het gaat daarbij meestal om conversies van onderliggende metingen naar grafieken van gecorrigeerde en/of genormaliseerde data met één of meer logaritmische assen. De gevonden verschillen geven slechts een indruk van de betrouwbaarheid van de gerapporteerde waarden. Voor één rapport is de gevoeligheid van de berekende parameterwaarde onderzocht voor de beperkte nauwkeurigheid waarmee de best-fit regressielijnen in de gebruikte methode kunnen worden vastgesteld. Op basis daarvan is een betrouwbaarheidsinterval van $\pm 30\%$ geschat voor de gerapporteerde spreidingslengte.

Een lage betrouwbaarheid en/of nauwkeurigheid van een doorlatendheidswaarde uit een pompproef impliceert niet per se dat de bruikbaarheid van het resultaat, of van het rapport, gering is. De lage betrouwbaarheid en/of nauwkeurigheid, soms duidelijk door een slechte fit met waarnemingen, kan bijvoorbeeld wijzen op belangrijke invloed van heterogeniteit en/of anisotropie. En dit kan zeer waardevolle informatie verschaffen voor het ontwerp van een grondwatermodel in de omgeving van de pompproef.

Aanbevelingen:

Bij evaluatie van de bruikbaarheid van de resultaten uit put- of pompproefrapporten wordt aanbevolen om de onderstaande stappen te volgen: (1) stel vast in hoeverre een eenduidige relatie kan worden gelegd tussen enerzijds de watervoerende en scheidende lagen waarop de pompproef gericht was, en anderzijds de REGIS II-schematisatie ter plekke, (2) bepaal de nauwkeurigheid van de parameterwaarden met heranalyse, (3) bepaal de betrouwbaarheid van de parameterwaarden met een reproduceerbaarheidsanalyse. Onderzoek naar de betrouwbaarheid is in het algemeen alleen zinvol wanneer de nauwkeurigheid van de gerapporteerde waarde(n) hoog wordt bevonden.

1. Voor de beoordeling van de relaties tussen de lagen waarop de pompproef gericht was en de REGIS II-schematisatie is het belangrijk om de filterstelling van de pomp- en waarnemingsputten te visualiseren ten opzichte van de REGIS II eenheden. Daarnaast is het goed om de boorbeschrijvingen waar de pompproef(?)schematisatie op berust te raadplegen om een oordeel te vormen over mogelijke doorlatendheidsverschillen binnen de eenheden. Verder is het relevant om de duur van de proef in beschouwing te nemen. Bij een kort durende putproef waarbij het filter niet de volledige hoogte van de REGIS II eenheid beslaat (onvolkomen filter), is er bijvoorbeeld meer kans dat de kD-waarde niet representatief is voor de volledige eenheid dan bij een langdurige pompproef.
2. Heranalyse met MLU vereist o.a. dat absolute verlagingen/verhogingen (na eventuele atmosferische en/of getijdecorrectie) numeriek beschikbaar zijn, of dat deze nauwkeurig kunnen worden gedigitaliseerd op basis van grafisch materiaal. Voor veruit het grootste deel van de rapporten uit de database van TNO is heranalyse gericht op onderzoek van de nauwkeurigheid van de gerapporteerde waarde daardoor niet (goed) mogelijk. In deze gevallen kan de nauwkeurigheid van de gerapporteerde parameterwaarden niet worden vastgesteld, en dat zou moeten worden meegewogen

- in de beoordeling van de bruikbaarheid van de betreffende pompproefrapporten. Bij onderzoek naar de nauwkeurigheid van gerapporteerde parameterwaarden wordt aanbevolen om specifiek aandacht te schenken aan de invloed van schematisatie, zoals het gebruik van een ondoorlatende basis, en van berging in weerstandslagen.
3. Veel put- en pompproefrapporten bevatten methoden waarin schattingen nodig zijn van de richtingscoëfficiënt en/of as-afsnijdingen van één of meer lineaire 'fits' van grafisch weergegeven verlagingen. Meestal wordt voor iedere lijn één fit resultaat gebruikt. Bij onderzoek naar de betrouwbaarheid van gerapporteerde parameterwaarde(n) wordt aanbevolen om schattingen te maken van de onzekerheid van de fit en deze te gebruiken een betrouwbaarheidsinterval te bepalen voor de betreffende parameterwaarde(n). Dit levert meer informatie over de betrouwbaarheid van de waarde(n) dan het uitvoeren van een 'enkelvoudige' reproductie.

Het wordt aanbevolen om doorlatendheidsbepalingen uit put- en pompproefrapporten, eventueel aangevuld met 'verbeterde schattingen' op basis van heranalyse, en de 'reguliere' parameterwaarden in REGIS II die hoofdzakelijk zijn verkregen met andere methoden, gescheiden te kunnen raadplegen. Voor veel put- en pompproefrapporten is de nauwkeurigheid niet goed bekend. Zonder deze informatie is het onwenselijk om parameterwaarden uit beide informatiebronnen zonder meer te combineren en is het ook niet duidelijk hoe dat te doen. Ook waar middels heranalyse verbeterde schattingen beschikbaar zijn is het belangrijk dat de gebruiker zelf een oordeel kan vormen over de nieuwe schatting in relatie tot de reguliere parameterwaarden in REGIS II, via de analyse en aannamen die aan de verbetering ten grondslag liggen. En, tenslotte, is het van belang om te benadrukken dat ook put- of pompproeven waarvoor de gerapporteerde parameterwaarden een geringe betrouwbaarheid hebben een grote informatiewaarde kunnen bezitten over bijzondere lokale geohydrologische condities die de interpretatie van de metingen compliceerden.

6 Referenties

Bruggeman, G.A. (1972) The reciprocity principle in flow through heterogeneous porous media. In: Fundamentals of transport phenomena in porous media; Development in Soil Science 2, IAHR, p 136 – 149. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)70535-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)70535-X)

Hemker, K., en V. Post (2019) MLU for windows; well flow modeling in multilayer aquifer systems; www.microfem.com.

Hummelman, J., Maljers, D., Menkovic, A., Reindersma, R., Stafleu, J. & Vernes, R., 2019a. Totstandkomingsrapport Digitaal Geologisch Model (DGM). TNO Rapport 2019 R11653, 70 pp. Beschikbaar op BROloket: <https://www.broloket.nl/toelichting/dgm>

Hummelman, J., Maljers, D., Menkovic, A., Reindersma, R., Stafleu, J. & Vernes, R., 2019b. Totstandkomingsrapport Hydrogeologisch Model (REGIS II). TNO Rapport 2019 R11654, 95 pp. Beschikbaar op BROloket: <https://www.broloket.nl/toelichting/regis-ii>

Isatis® Software (2016.02), Geovariances, [Isatis | the Reference software in geostatistics - GEOVARIANCES](http://www.isatis.com)

Kruseman, G.P. en N.A. de Ridder (2000) Analysis and evaluation of pumping test data; ILRI publication 47, 2e editie, Wageningen.

Vernes, R.W. & Van Doorn, Th. H. M., 2005. Van Gidslaag naar Hydrogeologische Eenheid – Toelichting op de totstandkoming van de dataset REGIS II. Netherlands Institute of Applied Geosciences TNO, Report 05-038-B, 105 p. Beschikbaar op DINOloket: <https://www.dinoloket.nl/meer-weten-over-regis-ii>

Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (DINOloket); <https://www.dinoloket.nl/>

Basisregistratie Ondergrond (BROloket); <https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens>

A Huidige methode van doorlatendheidsbepaling in REGIS II

Voor het berekenen van de hydraulische parameters wordt uitgegaan van de verschillende combinaties van lithoklassen en stratigrafische eenheden. Hiervoor is een catalogus ontwikkeld waarin voor iedere combinatie van lithoklasse en stratigrafie de minimale, gemiddelde en maximale horizontale en verticale doorlatendheden alsook de minimale, gemiddelde en maximale totale porositeiten worden opgeslagen en beheerd. Deze laatste zijn tot op heden niet gepubliceerd. De minimale en maximale waarden komen daarbij overeen met de 2,5 en 97,5 percentielwaarde. De verdere parametrisatie van het hydrogeologische model richt zich op de horizontale en verticale doorlatendheden en de daarvan afgeleide transmissiviteit en hydraulische weerstand.

Voor het vullen van de catalogus wordt primair gebruik gemaakt van gemeten doorlatendheden aan monsters uit boringen. Dit betreft niet alleen metingen die door of in opdracht van TNO-GDN uitgevoerd worden maar ook metingen die door andere laboratoria zijn uitgevoerd en gepubliceerd. De uitkomsten van deze metingen worden geanalyseerd en geïnterpreteerd. Voor een deel van de hydrogeologische eenheden zijn er echter thans nog geen of onvoldoende metingen aanwezig om alle in de boringen voorkomende combinaties van lithoklassen en stratigrafie van betrouwbare doorlatendheden te voorzien. Daarom wordt naast de analyse en interpretatie van de metingen veel literatuuronderzoek gedaan, van onder andere de rapporten van put- en pompproeven, om een inschatting te maken van de orde van grootte. Het is van belang dat iedere in de boringen voorkomende combinatie van lithoklassen en stratigrafie van waarden wordt voorzien. Om een juiste inschatting te maken van de doorlatendheden worden gegevens en kennis van de lithologie, het afzettingmilieu en de syn- en postsedimentaire processen die de afzettingen hebben ondergaan (zoals compactie) meegenomen om een juiste inschatting van de doorlatendheden te maken.

Naast de doorlatendheden en porositeiten wordt voor iedere hydrogeologische eenheid een standaard (default) lithoklasse vastgesteld. Deze kan gebruikt worden bij de opschaling van de doorlatendheden in de boringen indien er in de boring een traject met onbekende lithoklasse wordt aangetroffen. De default lithoklasse is in de meeste gevallen de meest voorkomende lithoklasse binnen betreffende hydrogeologische eenheid.

Per boring zijn aan alle trajecten die in een hydrogeologische eenheid voorkomen op basis van de bijbehorende lithoklassenkolom doorlatendheden toegekend uit de hydrogeologische catalogus. Deze doorlatendheden zijn per hydrogeologische eenheid opgeschaald tot representatieve doorlatendheden in horizontale en verticale richting. Dit levert per boorlocatie de gemiddelde representatieve doorlatendheid, als ook de minimale en maximale waarde voor alle hydrogeologische eenheden die in de boring zijn geïnterpreteerd.

De eigenlijke modellering van de hydraulische parameters per hydrogeologische eenheid binnen REGIS II wordt uitgevoerd met behulp van het geostatistisch analyse- en modelleringspakket [Isatis](#)[®]. Voor (bijna) ieder hydrogeologische eenheid binnen REGIS II wordt vanuit de beschikbare boringen een horizontale en/of verticale doorlatendheid (k_h , k_v) inclusief betrouwbaarheid gemodelleerd. Voor kleiige-, venige- en bruinkooleenheden wordt daarnaast de hydraulische weerstand (c) van de laag berekend, voor zandige en kalksteen eenheden het doorlaatvermogen of transmissiviteit (kD) en voor complexe eenheden worden beiden berekend.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de hydraulische parametrisatie binnen REGIS II wordt verder verwezen naar de rapportage [R11654 Totstandkomingsrapport REGIS II.pdf](#) op DINOLoket.

In put- en pompproeven worden kD- en c-waarden op basis van hydraulische metingen bepaald op de schaal van watervoerende pakketten en van weerstandslagen. De meetschaal van put- en pompproeven sluit daarmee in principe meer direct aan bij de 'parameterschaal' van kD- en c-waarden van REGIS II eenheden. Bovendien hoeven geen a priori veronderstellingen te worden gedaan over de doorlatendheid van bepaalde lithoklassen. Deze overwegingen maken dat resultaten uit put- en pompproefrapporten in potentie een waardevolle bron van informatie zijn voor toekenning en vooral ook verificatie van parameterwaarden aan REGIS II eenheden. Deze overwegingen vormen ook de basis voor hetgeen wordt besproken in dit rapport.

B Algemene beschouwing van bruikbaarheid, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van parameterwaarden uit put- en pompproefrapporten

In deze bijlage worden enkele fundamentele begrippen als bruikbaarheid, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid besproken en toegelicht in relatie met doorlatendheidswaarden die zijn verkregen uit put- en pompproefrapporten. Deze begrippen vormen de basis voor de beoordelingstappen die in paragraaf 2.2 zijn beschreven.

B.1 Bruikbaarheid

Voor een beoordeling van de bruikbaarheid van put- of pompproefresultaten (doorlatendheidswaarden) zijn de volgende vragen van belang:

1. Verschafft het resultaat informatie over bodemlagen of REGIS II eenheden waar de raadpleger doorlatendheidsinformatie voor zoekt?
2. Hoe eenduidig is de relatie tussen de gerapporteerde doorlatendheidswaarde (kD, c) en individuele REGIS II eenheden?
3. Hoe betrouwbaar (hoe precies) is de gerapporteerde parameterwaarde?
4. Hoe nauwkeurig (hoe valide) is de gerapporteerde parameterwaarde?

Op vraag 1 kan vanzelfsprekend geen algemeen antwoord worden gegeven. Op deze vraag wordt verder niet ingegaan in dit rapport. De andere drie aspecten worden hieronder verder toegelicht en staan centraal in dit rapport.

B.2 Relatie met REGIS II eenheden

Het is niet vanzelfsprekend dat doorlatendheidswaarden die zijn verkregen uit put- en pomproeven direct kunnen worden gekoppeld aan individuele REGIS II eenheden. Een waarde kan betrekking hebben op een combinatie van REGIS II eenheden, of delen van REGIS II eenheden. Bovendien kan er onzekerheid bestaan over welke bodemlagen welke bijdrage leveren aan de gerapporteerde parameterwaarde. Dit bepaalt (i) of de doorlatendheidswaarde zonder meer van toepassing is op een REGIS II eenheid, (ii) of er een bewerking voor nodig is, (iii) of er op basis van de onzekerheid moet worden besloten de waarde verder niet te gebruiken. Soms geeft het put- of pompproefrapport al een scherpe interpretatie in termen van bodemlagen, in andere gevallen wordt het meer in het midden gelaten welke lagen precies aan kD-, λ - en C-waarden gekoppeld zouden moeten worden. In alle gevallen is een kritische evaluatie nodig vanuit het perspectief van de REGIS II schematisatie om een relatie met REGIS II eenheden te kunnen leggen.

B.3 Betrouwbaarheid (precisie) en nauwkeurigheid (validiteit)

De begrippen betrouwbaarheid en nauwkeurigheid zijn op een klassieke manier grafisch uitgebeeld in Figuur B.1 met behulp van een schietschijf.

De betrouwbaarheid van een meting wordt bepaald door de toevallige fout in de meting. Als de meting vele malen zorgvuldig op dezelfde manier wordt overgedaan – hier: de gehele put- of pompproef, inclusief eventuele correcties van de waarnemingen en de gebruikte methode

om de parameterwaarden te vinden - , hoeveel anders kan het resultaat dan zijn? Het resultaat is betrouwbaar (ook: heeft een hoge precisie) als de toevallige fout klein is. De validiteit van een meting wordt bepaald door de systematische fout in de meting. Hoeveel wijkt de meetwaarde (rekening houdend met de precisie) af van de 'te meten waarde'²? Een betrouwbare meting heeft een grote precisie, maar hoeft niet nauwkeurig/valide te zijn. Voor de nauwkeurigheid van een enkele meting - een put- of pompproef is over het algemeen 'één keer schieten' - moet rekening worden gehouden met twee soorten systematische fouten die kunnen optreden:

1. Systematische afwijking van/door het gebruikte (meet)instrument.
2. Systematische afwijking door een fout bij het gebruik van het instrument



Figuur B.1 Visualisatie van de begrippen betrouwbaarheid, precisie, validiteit en nauwkeurigheid.

B.4 Beoordeling van betrouwbaarheid en nauwkeurigheid

Noch de betrouwbaarheid (precisie) noch de nauwkeurigheid (validiteit) van een doorlatendheidswaarde die is verkregen uit een put- of pompproef zijn exact vast te stellen. Ook put- en pompproefexperts zullen niet altijd tot hetzelfde oordeel komen. Ondanks deze beperking is het nodig om een oordeel over deze aspecten te vormen om een oordeel te kunnen geven over de bruikbaarheid van het resultaat. Daarvoor kunnen twee dingen zinvol worden gedaan: 1. kritische bestudering van het rapport; 2. toetsing van de resultaten met een heranalyse. Beide worden hieronder toegelicht.

Kritische bestudering van het rapport is zinvol om een beeld te krijgen van factoren die van invloed kunnen zijn op toevallige en systematische fouten. Er kan bijvoorbeeld worden gekeken of er rekening is gehouden met beperkingen van de gebruikte methode zoals stationariteit, tijdsperiode of afstanden, het aantal waarnemingen, en of en hoe correcties voor omgevingsinvloeden zijn meegenomen. In sommige rapporten wordt door de auteur(s) een schatting van de betrouwbaarheid van het resultaat geven middels een onzekerheidsmarge, of een minimum en maximum waarde. Die schatting is dan niet gebaseerd op herhaling van de proef, maar meestal op basis van het uitgangspunt dat er,

² 'Te meten waarde' veronderstelt dat er een unieke, intrinsieke waarde bestaat (hier: KD, C, of λ) en dat deze bijvoorbeeld niet model-afhankelijk is. Hoewel er haken en ogen zitten aan het idee van intrinsieke waarde (door heterogeniteit, anisotropie en schaalafhankelijkheid), wordt er om praktische redenen in dit rapport verder wel vanuit gegaan.

gezien de beperkingen van de meetdata, een range aan modelfits acceptabel is. In veel rapporten wordt zulke informatie niet verschaft.

Heranalyse betreft een poging om het kwantitatieve resultaat te toetsen. Daarbij kunnen twee soorten toetsen worden onderscheiden:

- a. toetsing/analyse van de reproduceerbaarheid;
- b. toetsing van de gevoeligheid van de uitkomst voor de gebruikte methode.

Toetsing van reproduceerbaarheid betekent dat dezelfde analysemethode wordt gebruikt als in de oorspronkelijke studie. Een reproduceerbaarheidstoets levert in de meeste gevallen vooral een bijdrage aan het beeld van de betrouwbaarheid (precisie) van het resultaat. Als er een groot verschil met het oorspronkelijke resultaat wordt gevonden kan dat ook wijzen op een systematische afwijking (onnauwkeurigheid) in het oorspronkelijke resultaat door een fout bij de toepassing van de methode.

Toetsing van de gevoeligheid van de uitkomst voor de gebruikte methode richt zich in hoofdzaak op de nauwkeurigheid van de gerapporteerde waarde. Veel van de oorspronkelijke, vaak klassieke, interpretatiemethoden zijn bijzonder praktisch en elegant, maar zijn ook gebaseerd op vrij sterke vereenvoudigingen van het geohydrologische systeem (interactie tussen watervoerende pakketten, berging e.d.). Kruseman en de Ridder (2000) zeggen bijvoorbeeld:

“The choice of theoretical model is a crucial step in the interpretation of pumping tests. If the wrong model is chosen, the hydraulic characteristics calculated for the real aquifer will not be correct. A troublesome fact is that theoretical solutions to well-flow problems are usually not unique. Some models, developed for different aquifer systems, yield similar responses to a given stress exerted on them. This makes system identification and model selection a difficult affair.”

De eenvoud van de theoretische modellen waar de klassieke interpretatiemethoden op berusten kan zijn weerslag hebben op (de nauwkeurigheid van) het resultaat. Hoewel bewerkelijk, kan dit worden onderzocht/getoetst met behulp van herberekening waarin alternatieve, en bij voorkeur meer complete, interpretatiemethoden worden gebruikt.

De mate waarin gerapporteerde doorlatendheidswaarden kunnen worden onderworpen aan toetsing door middel van heranalyse kan sterk verschillen. Soms kan veel worden getoetst, soms heel weinig. Dit hangt af van de informatie en data die beschikbaar zijn in het rapport. Als belangrijke aspecten niet getoetst kunnen worden heeft dat tot gevolg dat de onzekerheid over de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid groter is dan wanneer de toetsing wel kan worden gedaan. Hoewel er geen objectieve normen bestaan voor de beoordeling van betrouwbaarheid en validiteit en de onzekerheid daarvan verdient het aanbeveling om met al deze aspecten rekening te houden. Systematische fouten in de onderliggende metingen kunnen in de regel niet of nauwelijks worden getoetst of opgespoord.

In hoofdstuk 4 worden diverse aspecten van toetsing geïllustreerd met diverse voorbeelden.

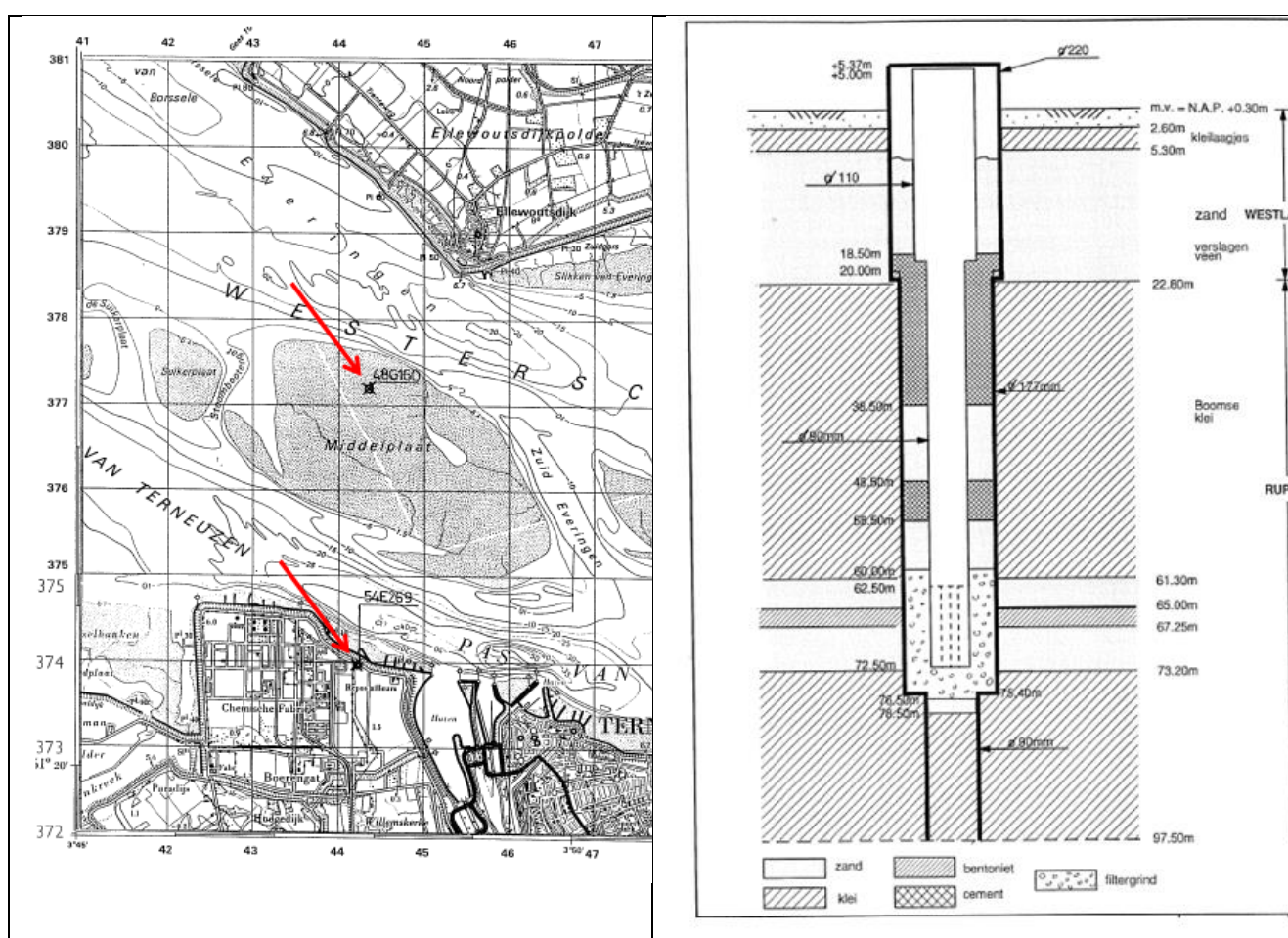
B.5 Andere bruikbare informatie in put- en pompproefrapporten

Een rapport kan meer bruikbare informatie bevatten dan alleen parameterwaarden. Voorbeelden van waardevolle informatie zijn aanwijzingen voor sterke heterogeniteit of anisotropie in de hydraulische eigenschap; aanwijzingen dat een eenvoudige continue lageninterpretatie niet voldoet. Een 'lage kwaliteit fit', wat kan wijzen op een geringe van het nauwkeurigheid resultaat, kan dus zeer bruikbare informatie bevatten.

C Rapport 1: Terneuzen

RAP_1992-0003.pdf	
Titel	Putproeven op de Middelplaat en nabij Terneuzen Westerschelde oeververbinding
Jaar	1992
Uitvoerder	Grondmechanica Delft
Type proef	Put- en stopproef
Aantal proeven	2 (locatie Middelplaat en locatie Terneuzen)
Gebruikt in dit rapport	Proef Middelplaat

Locatie en aard van de proef of proeven



Figur C.1 Links: putproef locaties 'Middelplaat' (noordelijke) en 'Terneuzen'. Rechts: Putconfiguratie voor proef Middelplaat.

Waarnemingen van verlagingen en restverlagingen (stopproef) zijn gedaan in de pompput (Middelplaat) of in de omstorting ervan (Terneuzen). De pompduur bedroeg 30 minuten. Voor de locatie Middelplaat bedroeg de 'stopduur' 30 minuten en voor Terneuzen 20 minuten.

Doel van de proef of proeven

kD-bepaling van de Zanden van Berg (nu eerste zandige hydrogeologische eenheid binnen de Formatie van Tongeren), een dun watervoerend pakket dat aan de boven- en onderkant wordt afgesloten door zeer slechtdoorlatende kleieenheden (Boomse klei en laagpakket van Zelzate).

Interpretatiemethode

Theis-Jacob (paragraaf 3.2.2 in Kruseman en de Ridder (2000)). Eénmaal door toepassing op de verlagingen tijdens de pompfase (putproef), en éénmaal door toepassing op de restverlagingen via de 'recovery' methode van Theis-Jacob.

Getijdeinvloed op het achtergrondstijghoogteverloop is gemeten en gebruikt om een geschikt startmoment te kiezen voor de putproeven. Er wordt vermeld dat door deze keuze 'de correctie voor de getijdeinvloed tijdens de proef minimaal kon zijn'. Wat die minimale correctie is en of die daadwerkelijk is toegepast is niet duidelijk. Grafisch materiaal geeft aan dat de getijdeinvloed over de totale duur van de proef (~ 1 uur) minimaal enkele centimeters bedraagt.

Data beschikbaarheid

debietgegevens	Enkelvoudige waarde
verlaging	Grafisch; lineair en log-t
correcties	Niet beschikbaar; onzeker of toegepast

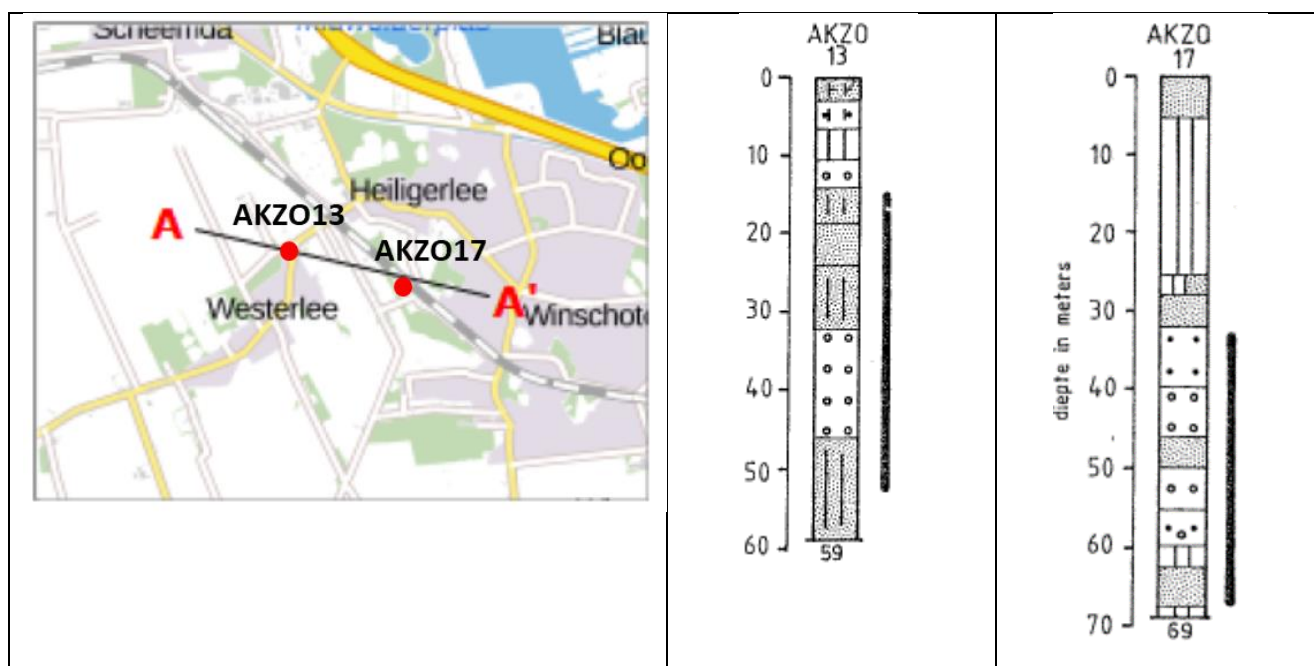
Resultaat

Locatie	kD putproef	kD stopproef
<i>Middelplaat</i>	<i>44.7 m²/dag</i>	<i>40.7 m²/dag</i>
<i>Terneuzen</i>	<i>87 m²/dag</i>	<i>68 m²/dag</i>

D Rapport 2: Scheemda

OS-83-023.pdf	
Titel	Rapportage putproeven Heiligerlee
Jaar	1983
Uitvoerder	TNO DGV
Type proef	Put- en stopproef
Aantal proeven	2 (locatie AKZO13 en locatie AKZO17)
Gebruikt in dit rapport	Beide; heranalyse AKZO13

Locatie en aard van de proef of proeven



Figuur D.1 Links: putproef locaties . Rechts: Boorbeschrijving en filterdiepte.

Pompduur/stopduur AKZO13: 15 minuten / 43 minuten

Pompduur/stopduur AKZO17: 25 minuten / 34 minuten

Doel van de proef of proeven

kD-bepaling ten behoeve van vergunningsaanvragen.

Interpretatiemethode

Theis-Jacob (paragraaf 3.2.2 in Kruseman en de Ridder (2000)). Eénmaal door toepassing op de verlagingen tijdens de pompfase (putproef), en éénmaal door toepassing op de restverlagingen via de 'recovery' methode van Theis-Jacob.

Data beschikbaarheid

debietgegevens	Tijdreeks numeriek
verlaging	Tijdreeks numeriek; grafisch log-t
correcties	Niet beschikbaar; waarschijnlijk niet gedaan; wel tijdreeks luchtdruk beschikbaar

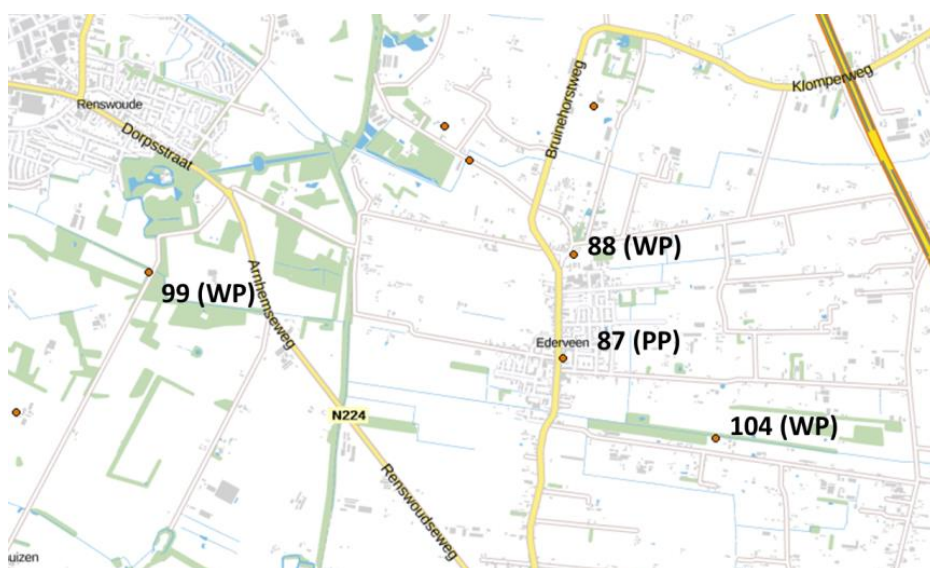
Resultaat

Locatie	<i>kD putproef</i>	<i>kD stopproef</i>
AKZO13	2126 m ² /dag	1595 m ² /dag
AKZO17	779 m ² /dag	714 m ² /dag

E Rapport 3: Ederveen

<i>RID-74-027.pdf</i>	
Titel	Nota inzake de resultaten van de in april 1973 gehouden pompproef te Ederveen
Jaar	1973
Uitvoerder	RID
Type proef	Pompproef en stopproef
Aantal proeven	1
Gebruikt in dit rapport	ja

Locatie en aard van de proef of proeven



Figuur E.1 Locaties van de gebruikte putten. Putinformatie is weergegeven in onderstaande tabel. Niet getoond op de kaart is de ongenummerde put op 70 m afstand van de pompput.

RID-nummer van de put	Gebruikt als	Afstand tot de pompput in m	Diepte van de put in m - m.v.	Filterdiepten in m - m.v.
32G-87	pompput	-	68.50	47.50/67.50
Geen nummer	waarn.put	70	68.50	47.50/67.50
32G-88	waarn.put	600	68.50	52.00/67.50
32G-99 -1	waarn.put	2400	50.00	29.57/30.57
-2				48.30/49.30
32G-104-1	waarn.put	925	50.00	23.21/24.21
-2				48.94/49.94

In waarnemingsput 99 werd geen verlaging waargenomen door proef. Dit werd gebruikt om te concluderen dat er geen correcties op de waarnemingen in de andere putten hoefde te worden toegepast.

Pompduur/stopduur: 24 uur / 4 uur

Doel van de proef of proeven

Algemeen geohydrologisch onderzoek in de Gelderse Vallei.

Interpretatiemethode

Eén van de methoden van Hantush voor de niet-stationaire respons van een 'leaky aquifer' zonder invloeden van berging in weerstandslagen. De methode is beschreven als "procedure 4.5" op p. 88 door Kruseman en de Ridder (2000). De methode levert een kD -waarde, een spreidingslengte λ . Een bergingscoëfficiënt S van het watervoerende pakket kan naderhand worden geschat met een 'voorwaartse berekening'. Berging in weerstandslagen wordt verwaarloosd.

De methode bestaat uit twee stappen. Eerst wordt voor elke put grafisch de stijghoogteverandering per log-t cyclus bepaald. Vervolgens worden de resultaten grafisch uitgezet tegen de afstand van de waarnemingsput. Uit de helling van een fit-lijn door de punten worden de parameterwaarden kD en λ afgeleid. Via een voorwaartse berekening met de formules van Hantush is de verlagingslijn van de dichtstbijzijnde waarnemingsput (70 m) gefit. Daaruit is S bepaald.

Data beschikbaarheid

debietgegevens	Enkelvoudige waarde
verlaging	Grafisch log-t; lijnen (punten niet altijd duidelijk)
correcties	Geen

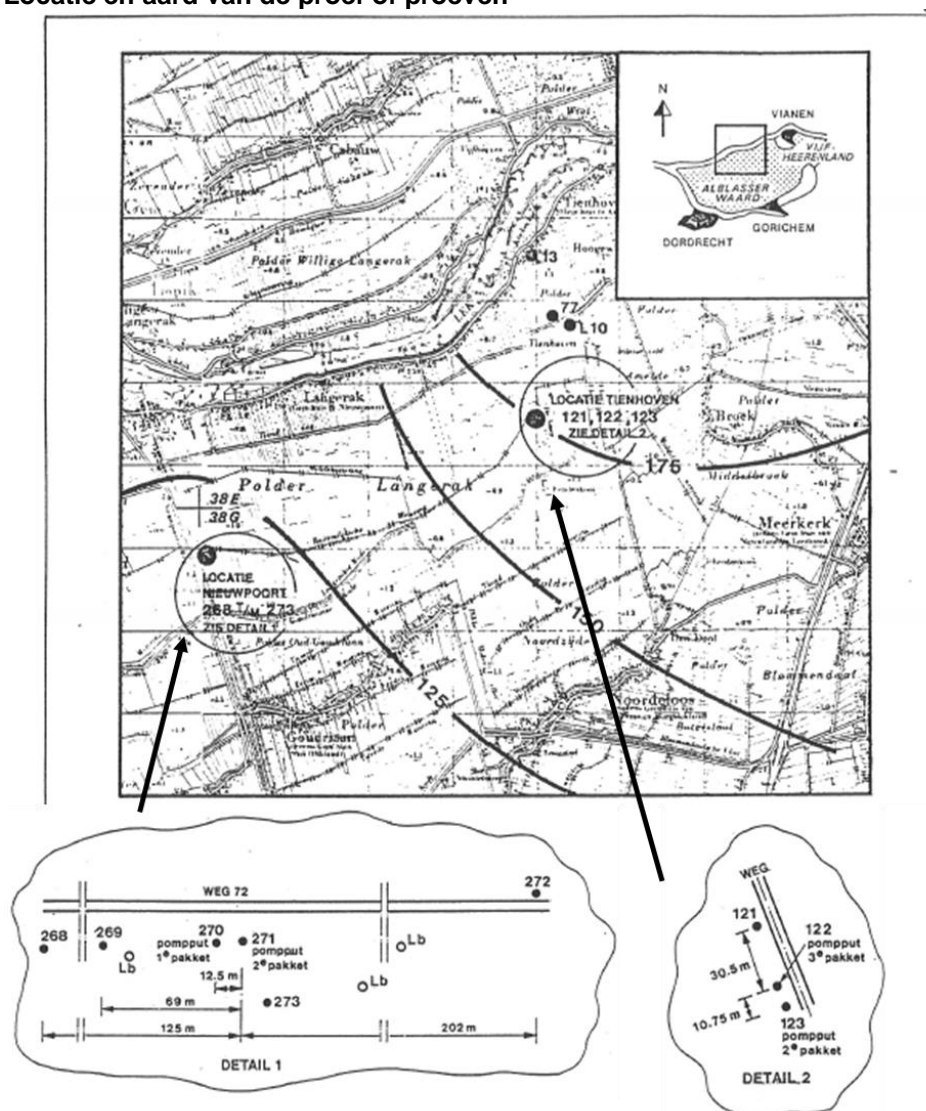
Resultaat

kD	λ	S
3460 m ² /dag	2390 m	5E-4

F Rapport 4: Ablasserwaard

RID-81-002.pdf	
Titel	Geohydrologisch e mogelijkheden voor grondwaterwinning te Tienhoven en Nieuwpoort (Ablasserwaard); een verkennende studie op basis van pompproeven.
Jaar	1981
Uitvoerder	RID
Type proef	Pompproef
Aantal proeven	4 (2 op locatie Nieuwpoort en 2 op locatie Tienhoven)
Gebruikt in dit rapport	Nieuwpoort, relatie met REGIS eenheden

Locatie en aard van de proef of proeven



Figur F.1 Locaties van de gebruikte proeflocaties en putten.

Op beide locaties zijn 4 a 5 watervoerende pakketten onderscheiden. Eerst is onttrokken uit één van de watervoerende pakketten en is de 'eindverlaging' bepaald in diverse watervoerende pakketten. Vervolgens is onttrokken uit een ander watervoerend pakket en is weer de 'eindverlaging' bepaald in meerdere pakketten. Er waren relatief grote correcties nodig voor de invloed van peilvariaties in de nabijgelegen rivier de Lek.

Pompsduur Nieuwpoort: 5 dagen ene pakket (stop); na week 5 dagen andere pakket
Pompsduur Tienhoven: 10 dagen ene pakket (continuering); aansluitend 8 dagen andere pakket

Doel van de proef of proeven

Verkenning van de mogelijkheden voor grondwaterwinning.

Interpretatiemethode

Bruggeman (1972); niet-stationaire verlaging in twee watervoerende pakketten met drie weerstandslagen waarvan één watervoerend pakket wordt gepompt. Er is een iteratieve methode toegepast om het probleem te reduceren tot dit lagensysteem met correctie voor gemeten verlagingen in de aanpalende (andere) watervoerende pakketten. Er zijn alleen 'eindverlagingen' gebruikt/gerapporteerd. Desondanks zijn ook waarden voor bergingscoëfficiënten van de watervoerende pakketten bepaald. Het is niet beschreven hoe dit laatste is gedaan.

Data beschikbaarheid

debietgegevens	Enkelvoudige waarden
verlaging	Getabelleerde eindverlagingen; voor rivierinvloed gecorrigeerd.
correcties	Rivierinvloed (en andere temporele) correcties niet beschikbaar; Correcties voor reductie naar 2-lagen probleem methodisch beschreven, mogelijk te reproduceren.

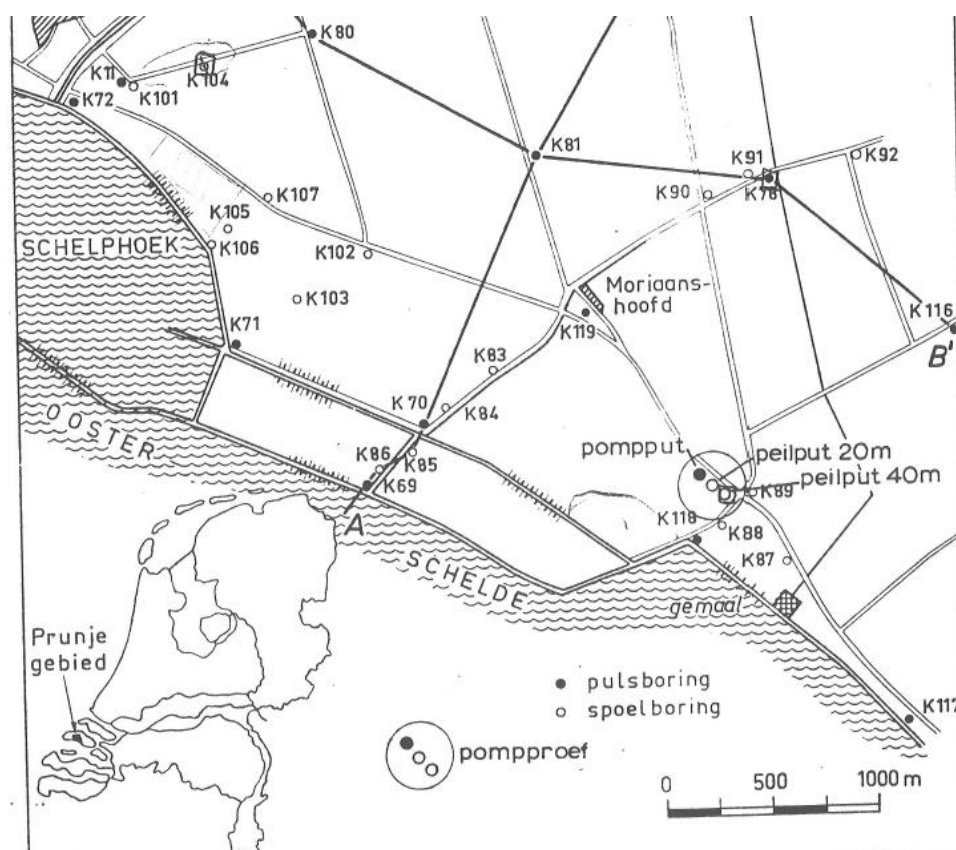
Resultaat

Tienhoven	Nieuwpoort
$C_2 = 4500 \text{ à } 8000 \text{ dagen}$	$C_1 = 800 \text{ à } 2500 \text{ dagen}$
$kD_2 = 970 \text{ à } 1010 \text{ m}^2/\text{dag}$	$kD_1 = 1100 \text{ à } 1240 \text{ m}^2/\text{dag}$
$S_2 = 2.8 \text{ à } 3.3 \times 10^{-4}$	$S_1 = 5.3 \text{ à } 6.6 \times 10^{-4}$
$C_3 = 5000 \text{ à } 20.000 \text{ dagen}$	$C_2' = 1500 \text{ à } 6000 \text{ dagen}$
$kD_3 = 380 \text{ à } 390 \text{ m}^2/\text{dag}$	$C_2'' = 200 \text{ à } 600 \text{ dagen}$
$S_3 = 1.9 \text{ à } 2.2 \times 10^{-4}$	$kD_2 = 710 \text{ à } 920 \text{ m}^2/\text{dag}$
$C_4' = 500 \text{ à } 800 \text{ dagen}$	$kD_{2'} \text{ onder} = 710 \text{ à } 750 \text{ m}^2/\text{dag}$
$C_4'' = 600 \text{ à } 1100 \text{ dagen}$	$S_2 = 3.3 \text{ à } 4.6 \times 10^{-4}$
	$C_3 = 300 \text{ à } 900 \text{ dagen.}$

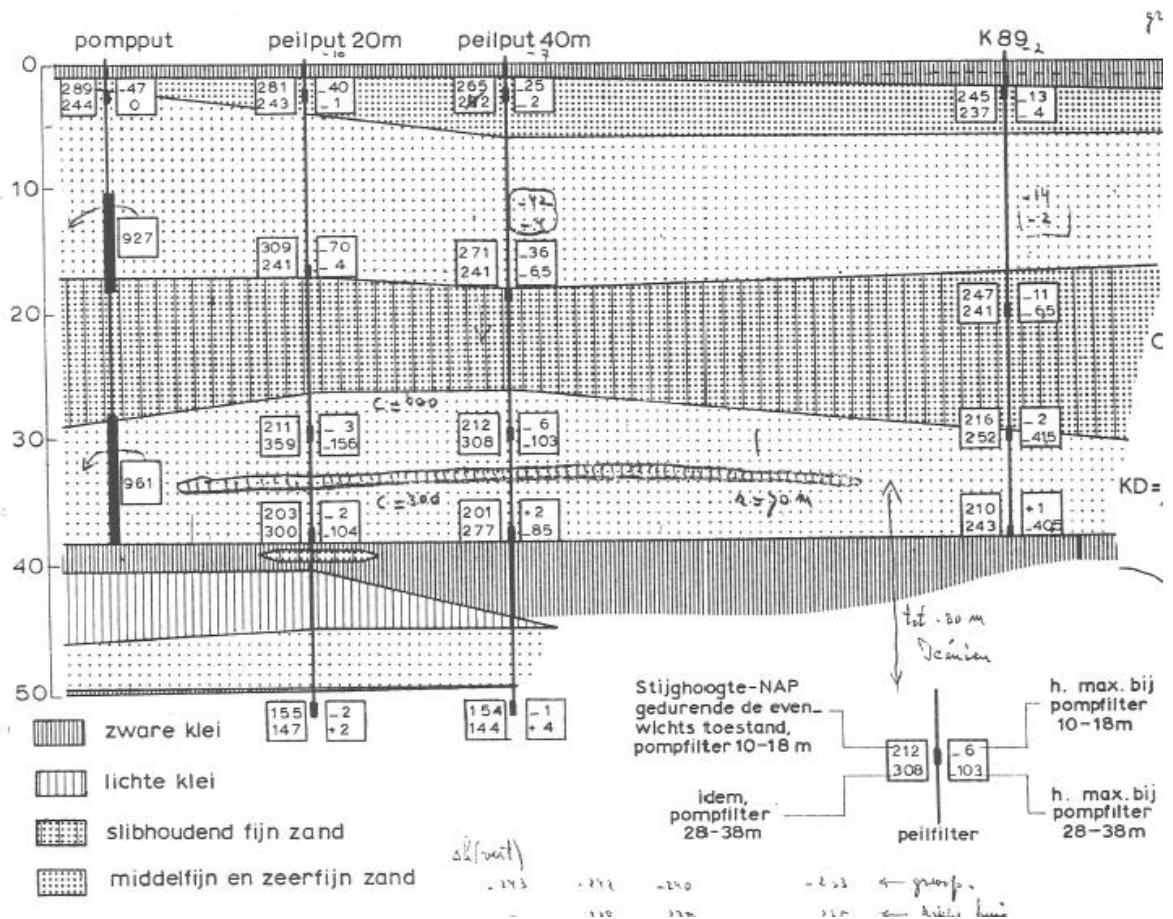
G Rapport 5: Moriaanshoofd

RAP-61-001.pdf	
Titel	De formatieconstanten in het Prunjegebied (Schouwen) berekend uit pompproeven
Jaar	1961
Uitvoerder	ICW
Type proef	Pompproef
Aantal proeven	2 (eerst bepompen een wvp dan andere wvp)
Gebruikt in dit rapport	Ja, relatie met REGIS II eenheden

Locatie en aard van de proef of proeven



Figuur G.1 Locaties van de gebruikte putten.



Figuur G.2 Ondergrond, en filterposities van pomp- en peilputten.

Bij de eerste proef is onttrokken uit het 2^e (diepere) watervoerende pakket, bij de tweede proef is onttrokken uit het 1^e watervoerende pakket. Correctie voor getijde van de Oosterschelde is gedaan op basis van getijdecurves die waren opgesteld op basis van voormetingen.

Pompduur eerste proef: 7,5 uur
 Pompduur tweede proef: 6,5 uur
 Tussenperiode onbekend.

Doel van de proef of proeven

Verduidelijking van geohydrologische gesteldheid ten behoeve van kwelonderzoek.

Interpretatiemethode

Verschillende:
 Grafische methode van Hantush (1956); De methode is beschreven als "procedure 4.4" op p. 85 door Kruseman en de Ridder (2000). Buigpunten zijn echter niet bepaald uit de maximale verlaging, maar uit de volledige (gekromde) curves. De levert kD , λ , S voor elke van de peilputten. Voor de eerste proef voor het 2^e watervoerende pakket is λ omgezet in $C2$ (aanname ondoorlatende basis onder het pakket). Hiermee worden de eindverlagingen geschat. De Glee (paragraaf 4.1.1. in Kruseman en de Ridder (2000)) is vervolgens gebruikt om enkelvoudige schattingen te verkrijgen voor kD en λ per proef. Spreidingslengten uit beide proeven zijn gebruikt om $C1$ te bepalen.

Belangrijke aannames zijn:
 Geen correctie voor meeverlaging van aanpalende watervoerende pakket.
 Ondoorlatende basis.

Data beschikbaarheid

debietgegevens	Enkelvoudige waarden
verlaging	Grafisch log-t; punten aangegeven
correcties	Niet gedocumenteerd (getij)

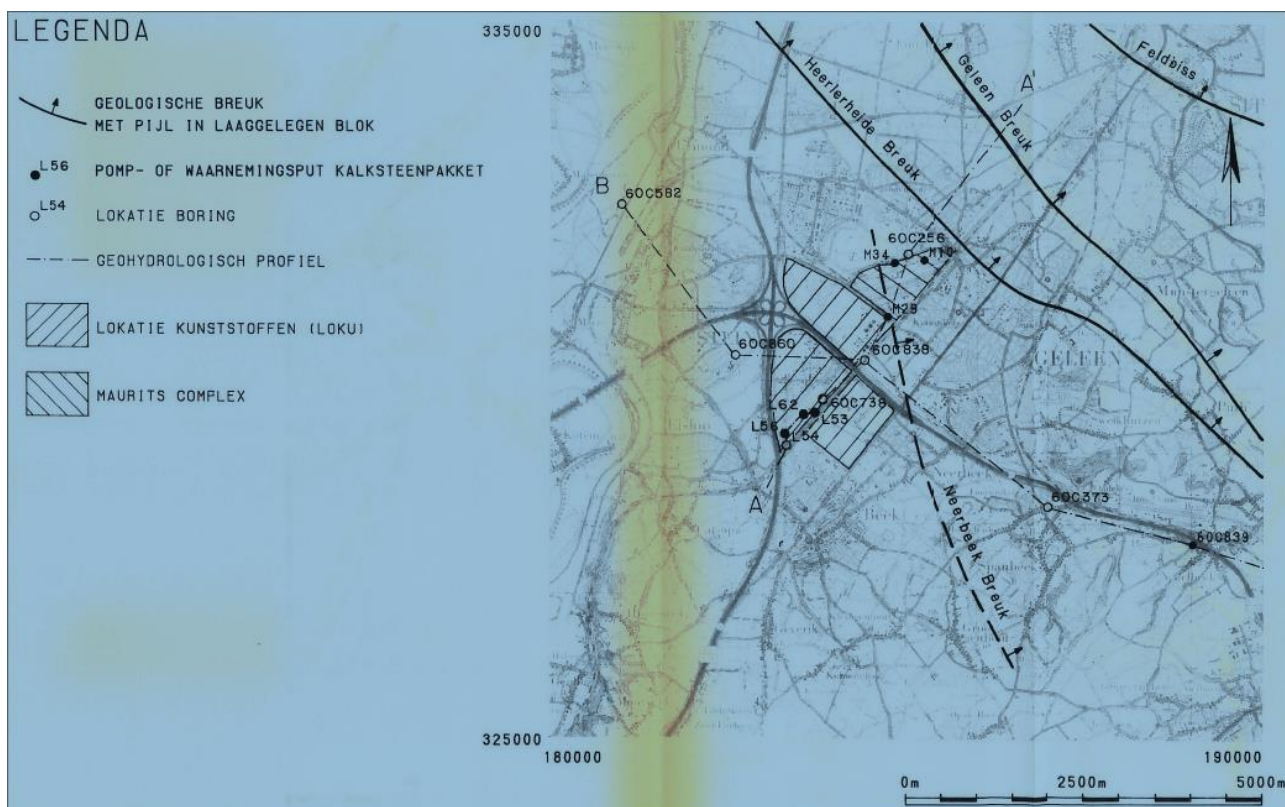
Resultaat

laag	peilput (20 m)	peilput (40 m)	peilput K89 (100 m)
0 - 6 m	c = 170 ⁶⁸⁰ dagen	c = 100 dagen	
6 - 17	kD = 300 m ² /dag	kD = 300 m ² /dag	
17 - 27,5	c = 680 dagen	c = 390 dagen	c = 660 dagen
27,5-38	kD = 130 m ² /dag	kD = 115 m ² /dag	kD = 215 m ² /dag

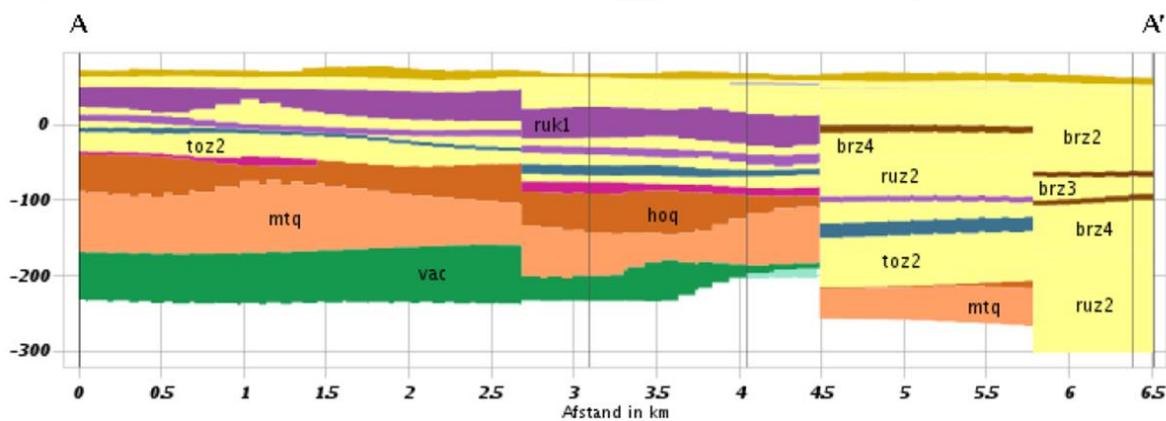
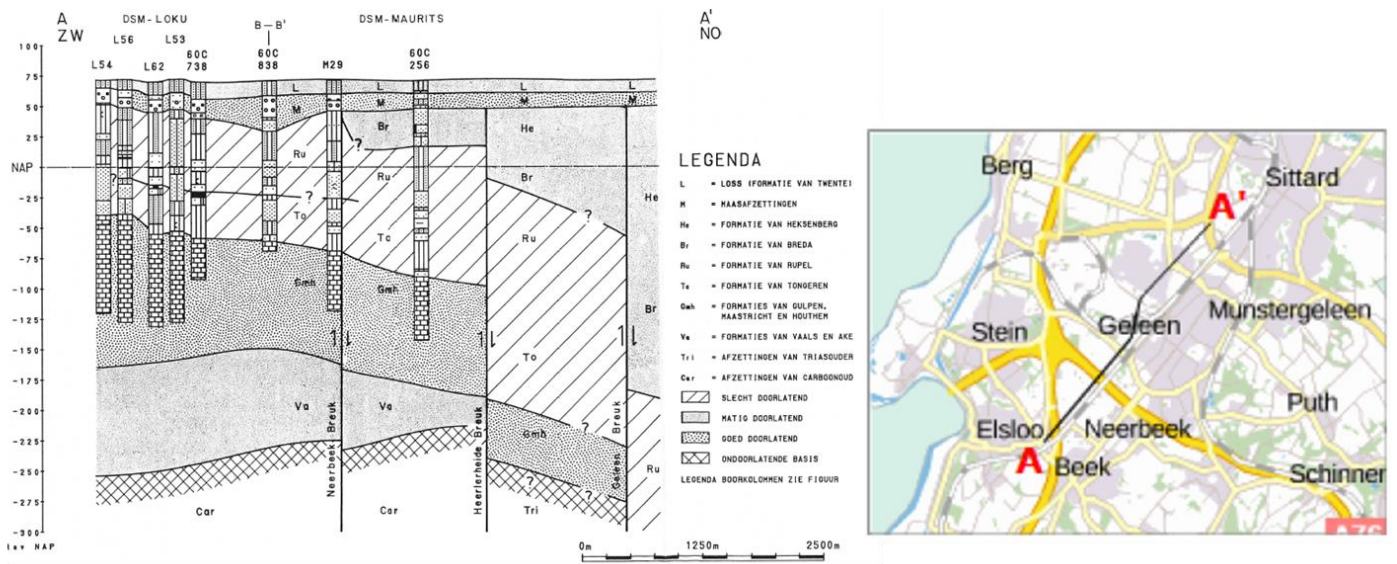
H Rapport 6: Geleen

<i>RAP_1990-0007.pdf</i>	
Titel	Geohydrologisch onderzoek kalksteenpakket terrein DSM
Jaar	1990
Uitvoerder	Brox Adviezen, 's-Hertogenbosch
Type proef	3 opvolgende pompproeven (bijschakelen extra pompput), laatste gevolgd door stopproef
Aantal proeven	3
Gebruikt in dit rapport	Interpretatie voor waarnemingsput L55 voor 'MODEL 1'

Locatie en aard van de proef of proeven



Figuur H.1 Locaties van de gebruikte putten op en in de omgeving van het DSM terrein locaties Maurits en Loku ten westen van Geleen.



Figuur H.2 Zuidwest – Noordoost geohydrologisch profiel; vergelijking oorspronkelijke studie en REGIS II v2.1. Het studiegebied ligt ten ZW van de Heerlerheidebreuk (middelste) die als barrière werkt. Putfilters bevinden zich in het kalksteenpakket voornamelijk in de Formatie van Houthem (HOq) in de REGIS II schematisatie penetreren niet of nauwelijks de Formatie van Maastricht (MTq).

Onttrekkingen in actieve pompputten zijn een maand lang min of meer constant gehouden voorafgaand aan de proeven en ook tijdens de proeven om een stationaire situatie te bereiken. Vervolgens zijn telkens met een tussenpoos van een week drie andere putten geactiveerd/toegevoegd (respectievelijk L52, L56, M34). Onttrekking uit de derde pompput is na enkele dagen gestopt (stopproef) waarbij alle andere putten bleven onttrekken. Monitoring is gedaan in pomp- en diverse waarnemingsputten (totaal ca. 10).

Doel van de proef of proeven

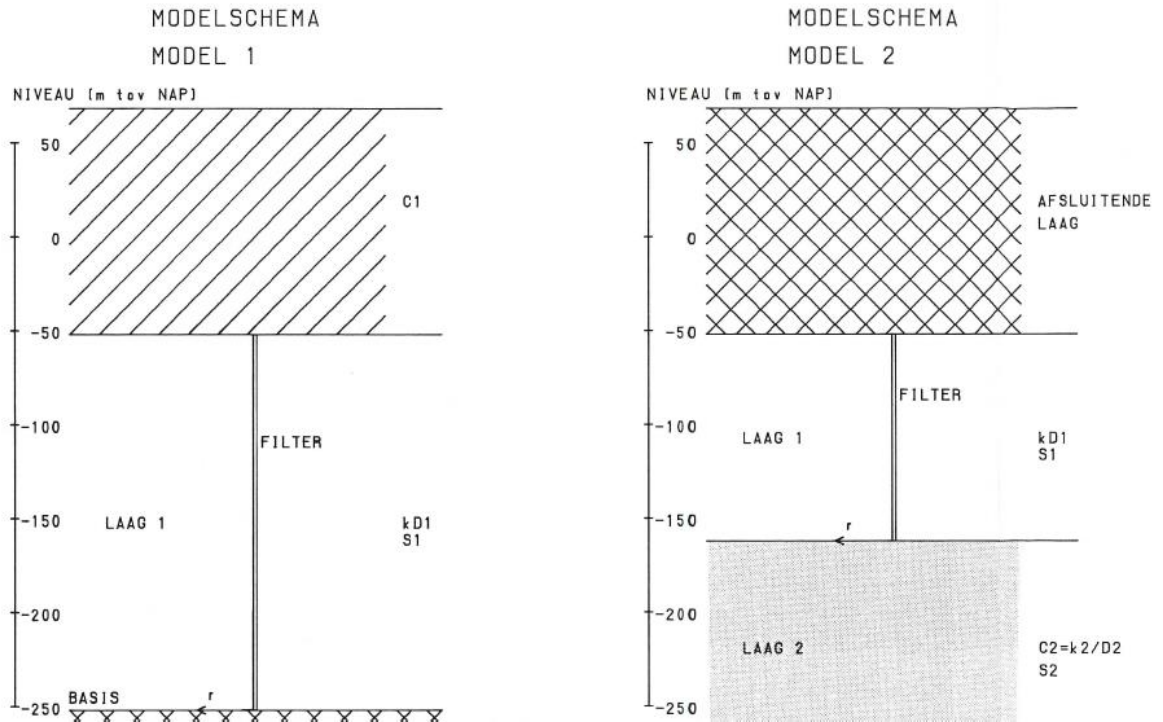
De proeven zijn verricht in het kader van onderzoek naar de effecten van de onttrekkingen van DSM in de directe omgeving (in verband met vergunningverlening). Daarvoor was het belangrijk om de geohydrologische eigenschappen en de belangrijkste geohydrologische parameters van het kalksteenpakket vast te stellen.

Interpretatiemethode

Er is gebruik gemaakt van een 'analytisch rekenmodel' (niet gespecificeerd). Waarschijnlijk is gebruik gemaakt van superpositie van analytische oplossingen voor de gelijktijdige bijdragen

van diverse onttrekkingen waarbij spiegelputten zijn gebruikt om de barrièrewerking van de Heerlerheidebreuk mee te nemen.

Met het rekenmodel zijn met voorwaartse berekeningen en 'trial-and-error' (in tegenstelling tot directe inversie) de verlagingen gefit. Parameterwaarden zijn geoptimaliseerd per waarnemingsput (geen gelijktijdige optimalisatie van waarnemingen van meerdere waarnemingsputten). En per waarnemingsput zijn parameterwaarden bepaald voor verschillende (deel)perioden: voor de periode van een enkele proef (een week), of voor meerdere opvolgende proeven. Daarnaast zijn twee verschillende modelschematisaties gebruikt zoals in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur H.3 Twee schematisaties gebruikt in de interpretatie in het rapport. Het aangegeven dieptebereik geeft aan dat de verkregen kD -waarde een gecombineerde waarde betreft van zowel de Formatie van Maastricht als van de onderliggende Formatie van Vaals (vac). Hierover bestaat vanzelfsprekend geen zekerheid.

Het is niet duidelijk hoe MODEL 2 precies is toegepast/gebruikt. In het rapport wordt vermeld dat laag 2 geen ondergrens zou hebben (terwijl $C2$ en $S2$ impliciet een dikte bevatten), en dat het model alleen geldt voor kleine tijd ($t < 150$ minuten).

Hoewel beide modellen zijn gebaseerd op homogene parameters voor het watervoerende pakket en de bovenliggende weerstandslaag (dus voor het hele domein dat zowel alle pompputten als waarnemingsputten omvat) zijn kD - en S -waarden voor het watervoerende pakket en de C -waarde van de weerstandslaag apart geoptimaliseerd voor individuele waarnemingsputten (en voor delen van de totale testduur). Omdat de gevonden waarden verschillen tussen waarnemingsputten wijst dit op heterogeniteit. Het gebruik van een 'homogeen' model voor ruimtelijk variabele parameterbepaling is feitelijk niet intern consistent.

Data beschikbaarheid

debietgegevens	Grafische tijdreeksen; en getabelleerde vereenvoudigde periodisch constante waarden gebruikt in de berekeningen.
verlaging	Grafisch log-t; en lin-t; waarnemingspunten aangegeven
correcties	Luchtdrukveranderingen

Resultaat

Onderstaande tabel uit het rapport geeft een overzicht van de diverse parameterbepalingen.

TABEL 6: RESULTATEN VAN DE POMPPROEFINTERPRETATIE

RESULTATEN OP LOKU

WAARNEMINGS- PUT	CAPACITEIT [m ³ /uur]	POMPPROEF OP L52 Q = 118.5 m ³ /uur			POMPPROEF OP L56 Q = 55 m ³ /uur (inclusief verlagingen a.g.v. proef op L52)			GEMIDDELD; GEHELE PROEFPERIODE				
		verlaging [m ² /dag]	kD [dagen]	c [dagen]	S [-]	verlaging [m ² /dag]	kD [dagen]	c [dagen]	S [-]	verlaging [m ² /dag]	kD [dagen]	c [dagen]
L52	0.024	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t
L53	0.172	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t
L55		575 (b)	1.0E+06 (r)	0.00020 (b)	475 (b)	1.0E+06 (r)	0.00020 (b)	525 (b)	1.0E+06 (r)	0.00020 (b)		
L56	0.084	550 (b)	"	(r) 0.00032 (b)	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t
L57	0.140	550 (b)	"	(r) 0.00065 (b)	440 (b)	"	(r) 0.00040 (b)	525 (b)	"	(r) 0.00040 (b)		
L62		550 (b)	"	(r) 0.00035 (b)	475 (b)	"	(r) 0.00020 (b)	525 (b)	"	(r) 0.00025 (b)		
L59	0.030	575 (b)	"	(r) 0.00017 (b)	475 (b)	"	(r) 0.00025 (b)	525 (b)	"	(r) 0.00020 (b)		

RESULTATEN OP MAURITS

WAARNEMINGS- PUT	CAPACITEIT [m ³ /uur]	POMPPROEF OP L52 Q = 118.5 m ³ /uur			POMPPROEF OP M34 Q = 118.5 m ³ /uur				
		verlaging [m ² /dag]	kD [dagen]	c [dagen]	S [-]	verlaging [m ² /dag]	kD [dagen]	c [dagen]	S [-]
M10		450 (o)	1.0E+06 (r)	0.00038 (b)	380 (b)	1.0E+06 (r)	0.00025 (b)		
M29	0.020	450 (o)	"	(r) 0.00030 (r)	450 (o)	"	(r) 0.00030 (r)		
M34	0.290	450 (o)	"	(r) 0.00038 (b)	n.v.t	n.v.t	n.v.t		

- (o) onbetrouwbaar
 (r) redelijk betrouwbaar
 (b) betrouwbaar

I Rapport 7: Venray

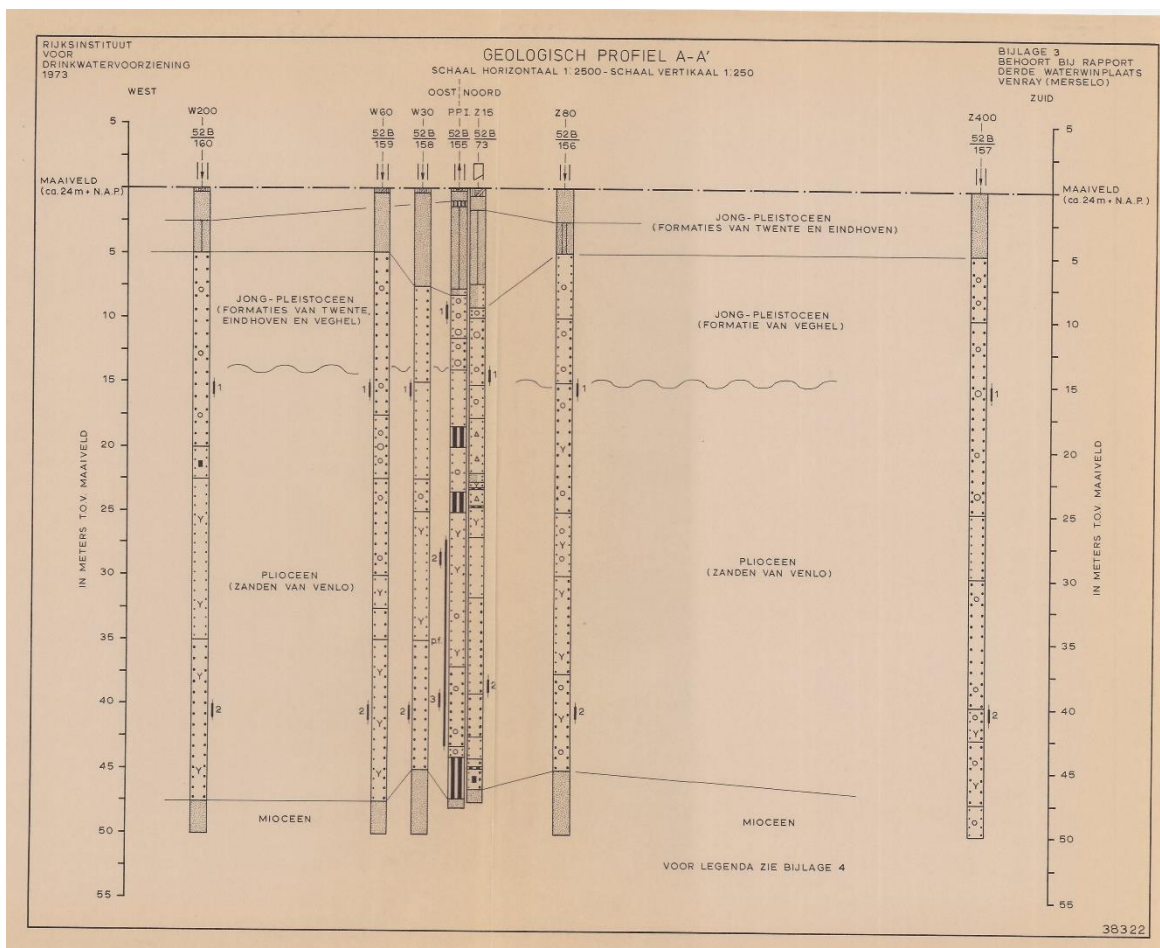
<i>RID-1973-016.pdf</i>	
Titel	Rapport inzake een geohydrologisch onderzoek ten behoeve van de mogelijke stichting van een derde winplaats in de gemeente Venray (Merselo)
Jaar	1973
Uitvoerder	RID
Type proef	Pompproef + stopproef
Aantal proeven	1
Gebruikt in dit rapport	Ja, reproduceerbaarheid

Locatie en aard van de proef of proeven



Figuur I.1 Locatie van de pompproef.

De pompput bij een kruising. Zowel in westelijke als zuidelijke richting van de pompput zijn drie waarnemingsputten gebruikt, aangeduid met W en Z in onderstaande figuur.



Figuur 1.2 Ondergrond, en filterposities van pomp- en peilputten.

Pompduur ca. 6 dagen
 Stopdoor ca. 3 dagen

Doel van de proef of proeven

Verduidelijking van geohydrologische gesteldheid ten behoeve van stichting van een nieuwe drinkwaterwinning.

Interpretatiemethode

Alleen de data van de pompproef zijn gebruikt. Nadruk lag op de bepaling van de doorlaatbaarheid (kD) van het 'diepere' bemppte pakket en de weerstand (via spreidingslengte) met het ondiepere pakket. Beide pakketten laten een verlaging zien, maar het ondiepe pakket minder dan het diepe.

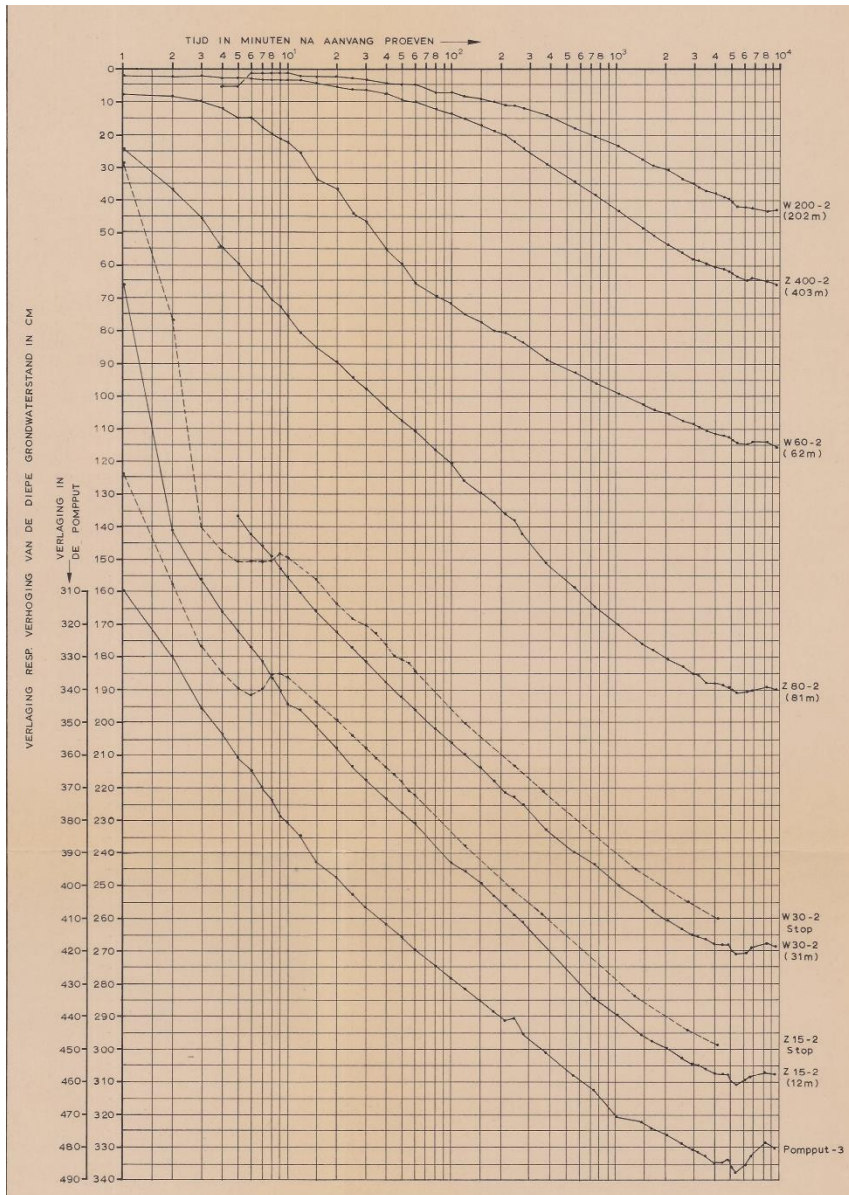
Twee methoden:

Formule van De Glee (paragraaf 4.1.1. Kruseman en de Ridder (2000)). Formule van Vogel (1971) (Referentie niet gevonden, maar het betreft toepassing van de formule van De Glee op eindverlagingen van het bemppte pakket, gecorrigeerd voor verlaging ondiepe pakket, de methode is volledig gedocumenteerd in het rapport).

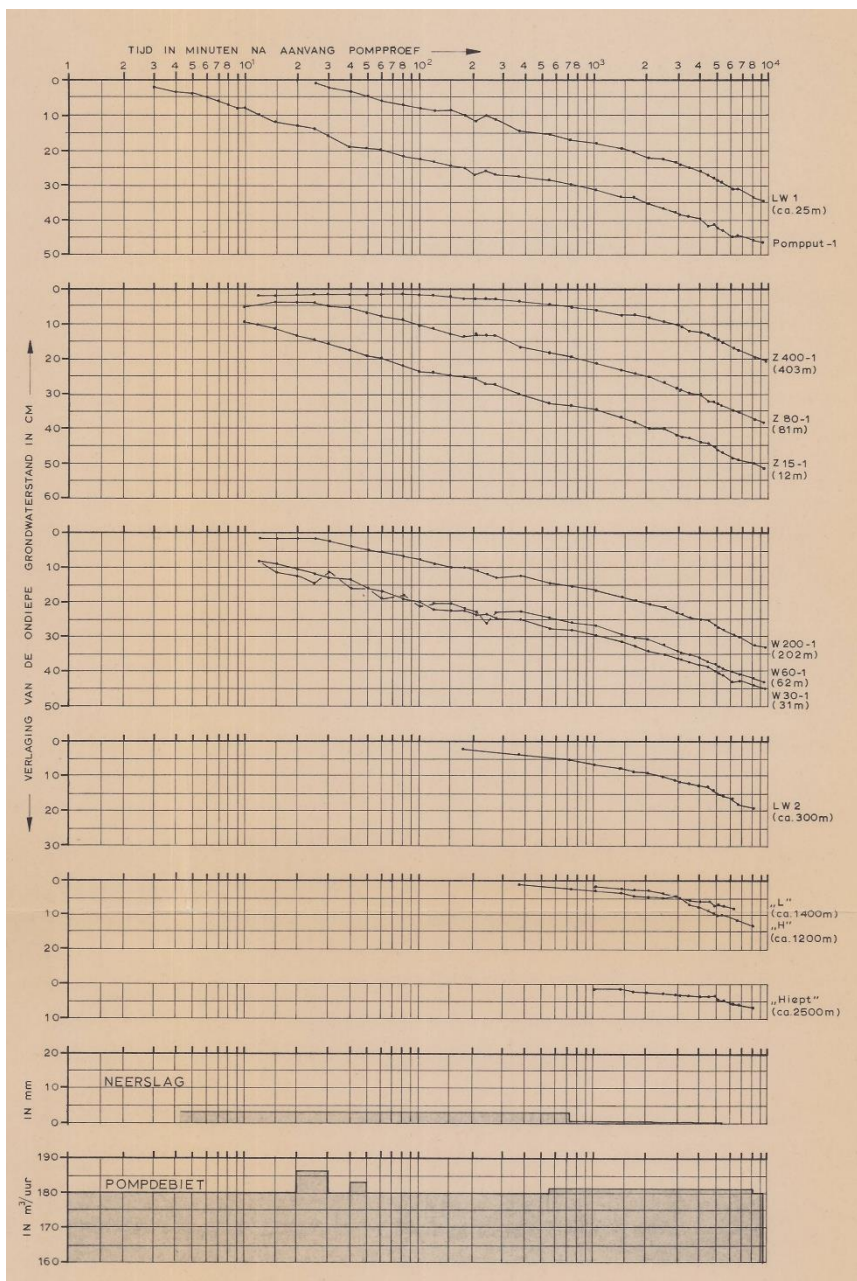
Bij de tweede methode kon de weerstand alleen worden bepaald door een schatting te maken van de kD van het ondiepe watervoerende pakket op basis van de boorbeschrijvingen.

Data beschikbaarheid

debietgegevens	Grafisch
verlaging	Grafisch log-t; punten aangegeven
correcties	Niet gemeten, wel opmerking over daling in putten op grote afstand



Figuur 1.3 Verlagingregistraties van de diepe filters.



Figuur 1.4 Verlagingsregistraties van de ondiepe filters en neerslag en debietinformatie.

Resultaat

	$kD \text{ m}^2/\text{dag}$	λm	C dagen
De Glee	790	380	184
Vogel	975	200 *	100

* bevat in principe een bijdrage van de kD van het bovenliggende pakket.

J Rapport 8: Roosendaal

<i>RID-1977-019.pdf</i>	
Titel	Rapport inzake een geohydrologisch onderzoek naar de mogelijkheid tot uitbreiding van de huidige grondwaterwinning door het pompstation Borteldonk, G.E.W.B. Roosendaal
Jaar	1977
Uitvoerder	RID
Type proef	Pompproef + stopproef
Aantal proeven	1
Gebruikt in dit rapport	Ja, nauwkeurigheid weerstandswaarden

Locatie en aard van de proef of proeven

Omgeving van pompstation Borteldonk ten zuiden van Roosendaal. Op het pompstation wordt water gewonnen uit twee dikke winpakketten genaamd pakket 1, hoofdzakelijk bestaand uit Peize-Waalre zanden en pakket 2, waarin de Formatie van Oosterhout.

Tijdens de proef is het pompstation in bedrijf gehouden waarbij de onttrekking van de diverse pompputten zoveel mogelijk constant is gehouden. De pompproef betrof een extra onttrekking uit het 2^e winpakket. De stopproef betrof het buiten bedrijf stellen van twee pompputten in het 1^e winpakket.

Pompproef (onttrekking pakket 2): 6 dagen en 18 uur

Stopproef (pakket 1): 10 dagen en 6.5 uur

Doel van de proef of proeven

Bijeenbrengen van gegevens die zouden kunnen leiden tot legalisatie van een bestaande onttrekking; aangeven van de mogelijkheden voor verdere uitbreiding van de winning.

Interpretatiemethode

Pompproef: Formule van De Glee (paragraaf 4.1.1 in Kruseman en de Ridder (2000); gebruik geschatte eindverlaging van het diepe pakket voor ca. 8 waarnemingsputten). Er is geen correctie toegepast voor verlaging in het 1^e winpakket. Er zijn wel correcties toegepast voor onvolkomenheid van de pompput.

Stopproef: Formule van De Glee (gebruik geschatte, gecorrigeerde eindverhogingen van het ondiep pakket voor ca. 10 waarnemingsputten; correctie betrof niet-stationariteit). Er is geen correctie toegepast voor verlaging in het 2^e winpakket. Correcties voor onvolkomenheid van de pompputten werd als verwaarloosbaar geschat. Het is niet duidelijk hoe de methode kan omgaan met een stopproef waarbij twee pompputten betrokken zijn.

Uit de spreidingslengtes van beide winpakketten is, met de aanvullende aanname van een ondoorlatende basis, de weerstand van twee weerstandslagen bepaald.

Data beschikbaarheid

debietgegevens	Enkelvoudige waarden
verlaging	Grafisch log-t; punten aangegeven
correcties	Niet beschikbaar

Resultaat

C_1	2754	dagen
λ_1	1150	m
kD_1	900	m^2/dag
C_2	3150	dagen
λ_2	2100	m
kD_2	1400	m^2/dag

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl