TNO-Milieu en Energie

Instituut voor Grondwater en
Geo-Energie TNO (IGG)

Schoemakerstraat 97
Postbus 6012
2600 JA Delft

Telex 38071 zptno ni
Fax 015 - 56 48 00
Telefoon 015 - 69 69 00

TNO-rapport
OS 93-18A

maart
1993

KLEINSCHALIGE RUIMTELIJKE VARIABILITEIT IN DE FREATISCHE GRONDWATERSTAND

Een veldexperiment

PROVINCIE
NOORD-BRABANT
AFDELING WATER
no. 1194
code 42-91

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeksopdrachten aan TNO', dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Auteurs:
F.C. van Geer
A. Lourens

BIDOC PROVINCIEHUIS N-BR.
3 2500 00047 7407

Nederlandse organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Milieu en Energie stelt zich ten doel om, gebaseerd op de noodzaak van een duurzame ontwikkeling van de maatschappij, door middel van onderzoek en advisering bij te dragen aan een goed milieubeheer, een verantwoord energiegebruik en een doelmatig beheer en gebruik van de ondergrondse natuurlijke hulpbronnen.

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

INHOUDSOPGAVE

		Pag.
1.	INLEIDING	3
2.	PROBLEEMSTELLING	5
3.	UITVOERING VAN HET ONDERZOEK	9
	3.1 De locatie	9
	3.2 Opzet van het experiment	10
4.	RESULTATEN	13
5.	CONCLUSIES	18
6.	REFERENTIES	19

TABELLEN

1. Analyse verticale verschillen
2. Analyse horizontale verschillen binnen de clusters
3. Analyse horizontale verschillen tussen de clusters

1. INLEIDING

In dit rapport is een veldonderzoek naar de kleinschalige ruimtelijke variabiliteit in de grondwaterstand beschreven. Het veldonderzoek, dat heeft plaats gevonden te 's-Heerenhoek, is een deelonderzoek binnen de onderzoekslijn: "Analyse freatische meetnetten", dat wordt uitgevoerd door IGG-TNO in het kader van de LNV-doelfinanciering. Het doel van deze onderzoekslijn is het verwerven van inzicht en zo mogelijk opstellen van richtlijnen voor het ontwerpen van freatische meetnetten.

Een zeer belangrijk gegeven voor het ontwerpen van meetnetten is de ruimtelijke samenhang (ofwel ruimtelijke variabiliteit) van de te meten grootheid. Een veelvuldig gehoorde hypothese is dat de freatische grondwaterstand op korte afstand (orde meters tot tientallen meters) een grote variabiliteit vertoont. Deze hypothese kan echter onvoldoende systematisch worden getoetst met beschikbare meetgegevens. Dit vindt onder meer zijn oorzaak in het feit dat de onderlinge afstanden tussen meetpunten in het landelijk primaire meetnet in de orde van kilometers liggen. Derhalve kunnen uit de metingen van dit meetnet slechts conclusies worden getrokken omtrent de grootschalige variabiliteit (orde van km's). Bovendien is de exacte diepte en afwerking van freatische meetpunten niet altijd in voldoende detail bekend.
Doel van het veldonderzoek is om het inzicht in de ruimtelijke samenhang in de freatische grondwaterstand op een kleine schaal te verwerven. Het veldonderzoek omvat onderlinge meetafstanden in de orde van meters, tientallen meters en honderden meters. Tevens wordt aandacht besteed aan de ruimtelijke variabiliteit in de verticale richting en wordt ingegaan op de invloed van de technische uitvoering op de betrouwbaarheid van waarnemingen.

Het bleek niet eenvoudig om een locatie te vinden waar een dergelijk experiment opgezet kon en mocht worden. De belangrijkste reden is, dat het plaatsen van waarnemingsfilters op onderlinge afstanden van meters

tot tientallen meters betekent dat grote aantallen waarnemingspunten binnen één perceel komen te liggen, hetgeen bij het agrarisch gebruik grote problemen kan opleveren.
Uiteindelijk is medewerking verkregen om aan te sluiten bij een onderzoek van het Waterschap Noord- en Zuid-Beveland te Goes. Door genoemd waterschap is in 1990 een veldonderzoek opgezet naar de mogelijkheden van een polderpeilverhoging in de Kraaijertpolder te 's-Heerenhoek. Hiertoe waren reeds twee meetraaien ingericht door het waterschap, waardoor de afstandsklassen tientallen en honderden meters waren gedekt. Door het inrichten van enkele extra clusters van meetpunten kon de dimensie meters hieraan worden toegevoegd, terwijl extra informatie omtrent de dimensie tientallen en honderden meters kan worden verkregen.

Het Instituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO is dank verschuldigd aan het Waterschap Noord- en Zuid-Beveland te Goes, in het bijzonder aan de heer ing. A. Kramer, die het uitvoeren van dit veldexperiment mede mogelijk maakte.
J. Lambert heeft veel bijgedragen aan de opzet van het onderzoek. Het veldonderzoek werd ingericht door P. de Groot en R. Smit (IGG-TNO), de waarnemingen van de grondwaterstanden zijn uitgevoerd door de heer C. Rentmeester te 's-Heerenhoek.

In hoofdstuk 2 zal de onderliggende probleemstelling verder worden uitgewerkt. De opzet van het veldexperiment is behandeld in hoofdstuk 3. Daarna worden in hoofdstuk 4 de resultaten gegeven en ten slotte hoofdstuk 5 worden de conclusies besproken.

2. PROBLEEMSTELLING

De primaire grondwatermeetnetten in Nederland zijn grotendeels ontworpen op basis van interpolatie. Als ontwerpcriterium is daarbij de onbetrouwbaarheid van de interpolatie gehanteerd. Deze onbetrouwbaarheid is uitgedrukt in de standaardafwijking van de interpolatiefout. De interpolatie en de bijbehorende foutenstandaardafwijking worden met Kriging interpolatie uitgevoerd. Met de Kriging interpolatie kan een verband gelegd worden tussen de standaardafwijking van de interpolatiefout en het meetnet (meetnetdichtheid en locaties). De standaardafwijking van de Kriging interpolatie is behalve van het meetnet alleen afhankelijk van de ruimtelijke samenhang (ofwel variabiliteit) van de stijghoogte/grondwaterstand. Alvorens een meetnet voor de stijghoogte te ontwerpen dient dus eerst de ruimtelijke variabiliteit in die stijghoogte te worden bepaald. Dit gebeurd meestal door op basis van bestaande meetpunten een variogram (of gegeneraliseerde covariantie functie) te bepalen. In figuur 1. is een algemene vorm van een variogram gegeven.

In het variogram zijn drie belangrijke kenmerken te onderscheiden.
De **sill** geeft de totale variantie van het proces. Dit is dus een maat voor het totale waarde bereik van de stijghoogte. Voor stijghoogten/grondwaterstanden kan de variantie variëren tussen ca 25 cm^2 in gebieden met een zeer dicht slotenstelsel tot meer dan 10.000 cm^2 in hoge zandgronden. Dit komt overeen met standaardafwijkingen van resp. 5 cm en 100 cm.
De **nugget** geeft de variabiliteit op zeer korte afstand (theoretisch een afstand nul). In de praktijk beschouwd men de nugget ook wel als een meetfout. Voor ons onderzoek is de nugget een maat voor de ruimtelijke variabiliteit binnen de kleinste relevante schaal. De nugget is dus mede afhankelijk van de processchaal en de schaal waarop informatie gewenst is.
De **range** geeft de afstand waarbinnen er nog sprake is van ruimtelijke

samenhang. Voor het ontwerp van meetnetten is het een belangrijke constatering dat binnen de range een meetpunt nog informatie heeft over zijn omgeving. De range voor stijghoogte en grondwaterstanden kan op lopen tot meer dan 20 km.

Algemeen wordt aangenomen dat de ruimtelijke variabiliteit in de freatisch grondwaterstand op korte afstand veel groter is dan in de diepere stijghoogte. In termen van het variogram betekent dit vooral dat de range bij de freatische grondwaterstand veel kleiner is en bovendien de nugget een flink deel van de totale variantie voor zijn rekening neemt. Indien dit inderdaad het geval is, is het niet mogelijk op dezelfde wijze als bij de stijghoogte een meetnet te ontwerpen uitsluitend op basis van ruimtelijke interpolatie van de freatische grondwaterstand. Het is goed denkbaar dat met behulp van waarnemingen van andere variabelen en proceskennis in de vorm van fysische wetten wel een vlakdekkend beeld van de freatische grondwaterstand kan worden verkregen. Dit valt echter buiten het kader van dit onderzoek.

De algemeen aangenomen ruimtelijke variabiliteit in de freatische grondwaterstand op kleine schaal (1m tot 1 km) kan in principe drie oorzaken hebben.

1. Ruimtelijke variabiliteit in de bodemeigenschappen

De grote korte afstands variabiliteit kan worden veroorzaakt doordat de eigenschappen van de bodem (doorlatendheid, weerstand etc.) over korte afstand grote verschillen vertonen. In de diepere watervoerende pakketten, met name bij grotere doorlatendheden speelt dit verschijnsel een veel minder grote rol (Mýl, 1991). Zonder gedetailleerde kennis over de bodemeigenschappen zal de interpolatiefout van de grondwaterstand altijd groot blijven. Bij het meetnetontwerp zullen in dit geval altijd de bodemeigenschappen in beschouwing genomen moeten worden.

2. Waterhuishoudingsinfrastructuur

De kleinschalige waterhuishoudkundige infrastructuur heeft een veel directere invloed op de freatische grondwaterstand dan op de diepere stijghoogte. Hierbij speelt in de eerste plaats het (tertiaire) oppervlakte water een grote rol. Maar ook de afwisseling van wel en niet infiltrerende oppervlakken bv. als gevolg van bebouwing kan ruimtelijke verschillen veroorzaken. Het is dus goed mogelijk dat in een gebied met uniforme bodemeigenschappen kleinschalige ruimtelijk variabiliteit in de freatische grondwaterstand aanwezig is als gevolg van de waterhuishoudkundige infrastructuur. Dit effect wordt groter naarmate de doorlatendheid van de toplaag kleiner wordt. Bij het meetnetontwerp zal men in dit geval veel voordeel hebben met het in rekening brengen van de fysische wetten (deterministische beschrijving).

3. Meettechnische oorzaken

Vrijwel alle waarnemingen van grondwaterstanden worden verricht in "landbouwbuizen". Dit zijn buizen van maximaal 5 meter lengte met aan de onderkant filterperforatie meestal over een lengte van een meter. Vaak is niet precies bekend hoever het filtergedeelte zich onder de freatische grondwaterstand bevindt en hoe groot de afstand is tot aan het onderliggende watervoerende pakket. Dit brengt met zich mee dat het niet altijd zeker is dat de stijghoogte die in de filterbuis wordt gemeten ook inderdaad overeenkomt met de freatische grondwaterstand. Het behoeft geen betoog dat deze aspecten alleen een rol van betekenis spelen bij een voldoende gradient in de verticale richting, dus bij een kleine doorlatendheid. Ook andere effecten, zoals bv. naijling als gevolg van intreeweerstanden, kunnen tot gevolg hebben dat de waarneming afwijkt van de feitelijk aanwezige grondwaterstand. Voorts kunnen ondiepe grondwatermeetpunten in bepaalde situaties zeer snel reageren op neerslag. Daardoor kan ook het verschil tussen meettijdstippen (soms dagen) ook een vertekend beeld geven van de feitelijke ruimtelijke variabiliteit.

Om inzicht te krijgen in de mate waarin freatische meetpunten represen-

tatief zijn voor hun omgeving is het noodzakelijk de kleinschalige ruimtelijke variabiliteit te analyseren. De ruimtelijke variabiliteit op grote schaal (4 tot 20 km) is met de bestaande meetgegevens in OLGA goed te onderzoeken (Van Geer, 1992). Helaas zijn de gegevens uit OLGA niet geschikt om de kleinschalige ruimtelijke variabiliteit te analyseren. Daarom is gekozen voor een veldexperiment, waarbij de technische oorzaken zoveel mogelijk geëlimineerd worden.

3. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

3.1 De locatie

De onderzoekslocatie betreft de Nieuwe Kraaijertpolder op Zuid-Beveland, circa 14 km. ten westen van Goes. De gehele polder is in 1612 ingedijkt en is circa 1195 ha. groot. (± 7.5 km lang en 1.5 km breed). De polder behoort tot de gemeente Borsele en heeft een rationeel, rechthoekig, verkavelingspatroon.
De topografie is vrij vlak met enkele kreekrestanten. De maaiveldligging is vrijwel overal 1 à 1.5 m + NAP. In het oosten ligt het maaiveld iets hoger dan in het westen. Het onderzoek is uitgevoerd in het zuidelijk gedeelte van de Nieuwe Kraaijertpolder (zie fig. 2).

Tot 1983 loosde het onderzoeksgebied af op het gemaal 'De Piet'. Dit gaf aanleiding tot wateroverlast, omdat de afwatering o.m. hoger gelegen polders doorkruiste. Deze wateroverlast bleef bestaan ondanks het plaatsen van onderbemalingen. Sinds 1983 maakt het gedeelte van de Nieuwe Kraayertpolder ten zuiden van de Roverweg deel uit van het afwateringsgebied van het gemaal Borsele.
De afwatering vindt - in het onderzoeksgebied - voornamelijk plaats via één watergang die (met enkele zijtakken) globaal de oorspronkelijke bedding van een kreek volgt. Deze watergang is gedeeltelijk aangepast en genormaliseerd. Het peilbeheer is voornamelijk gebaseerd op een minimaal te bereiken ontwateringsdiepte t.b.v. de akkerbouw. Hiertoe zijn 6 stuwen in de polder geplaatst. Er wordt per stuwvak een zomer - c.q. winterpeil gehanteerd (fig. 2).
De polder is grotendeels infiltratiegebied, hetgeen onder meer tot uiting komt in een zoet-zout grensvlak op circa 10 meter beneden maaiveld. Plaatselijk is echter sprake van zoute kwel. In hoeverre de verlaging van het polderpeil in 1983 invloed heeft op de ligging van het zoet-zout grensvlak is niet bekend.
Wanneer het stuwpeil niet gehandhaafd kan worden treedt op een aantal

percelen droogteschade op. Hier en daar wordt getracht door middel van beregening deze schade te beperken.

Door het Waterschap Noord- en Zuid-Beveland te Goes is een veldproef opgezet om het polderpeil in twee fasen op te zetten en de invloed hiervan op de grondwaterstand te meten.
De eerste fase treedt begin maart in, waarbij het stuwpeil op het oorspronkelijk zomerpeil wordt gebracht. (Dit is dus alleen een vervroeging van het instellen van het zomerpeil), ongeveer een maand later wordt overgegaan tot een verhoogd zomerpeil (gemiddeld ca. 30 cm hoger dan het oorspronkelijk polderpeil).
Om de invloed van de polderpeilverhoging op de grondwaterstand te bepalen zijn 2 meetraaien van ieder 8 meetpunten voor de grondwaterstand ingericht. De meetraaien staan loodrecht op de watergangen en bemeten het freatisch vlak tot circa 200 m aan weerszijden van de watergang. Tevens wordt het peil van het oppervlaktewater en de neerslag gemeten.

3.2 Opzet van het experiment

Op verzoek van IGG-TNO is door het Waterschap Noord- en Zuid-Beveland er mee ingestemd dat rondom 5 peilbuizen clusters van meetfilters werden bijgeplaatst. Dit waren de peilbuizen PB4, PB7, PB8, PB13 en PB15 (zie fig.3a en 3b). Elke cluster bestaat uit vijf aanvullende meetlocaties op een afstand van 1, 2, 3, 4 en 5 meter van het oorspronkelijke meetpunt. De aanvullende locaties zijn in verschillende richtingen ten opzichte van het centrale meetpunt geplaatst. In elke aanvullende locatie van de cluster werden op drie verschillende diepten ten opzichte van het maaiveld filters met een lengte van 20 cm geplaatst. Tussen de filters werd een kleiafdichting aangebracht. In figuur 4 is een schematische opstelling gegeven van een aanvullend meetcluster.

Van elke cluster werden vier boringen volgens een standaardprocedure uitgevoerd. Eén boring werd steeds op een afwijkende wijze vervaardigd.

De standaarduitvoering is als volgt:

- Met de handboor is geboord tot op de grondwaterspiegel
- Vanaf de grondwaterspiegel tot de einddiepte is de pulsboormethode toegepast.
- pvc waarnemingsfilters ø 40/36, opwaarts verlengd met stijgbuis van dezelfde diameter zijn geplaatst van:
  1,80 - 2,00 m - mv
  2,30 - 2,50 m - mv
  2,80 - 3,00 m - mv
- Alle waarnemingsfilters zijn omstort met fijn filtergrind
- Tussen elk tweetal waarnemingsfilters én tussen het hoogste waarnemingsfilter en het maaiveld is eveneens een kleiafdichting aangebracht. Uiteraard zijn bovendien alle aangetroffen slecht waterdoorlatende lagen afgedicht.
- Alle waarnemingsfilters zijn ca. 50 cm boven het maaiveld afgewerkt en voorzien van een doorboorde schroefdop.

Met deze standaard uitvoering kan binnen het cluster de korte afstand (< 10 meter) ruimtelijke variabiliteit in de horizontaal worden geanalyseerd. Door een kleine filterlengte te gebruiken kunnen tevens eventuele verschillen in de verticaal op één locatie worden waargenomen. De vergelijking van de clusters onderling geeft inzicht in de ruimtelijke variabiliteit op afstanden van enkele tientallen meters.

De boring op 3 meter afstand van het centrum van elke cluster werd evenwel steeds afwijkend afgewerkt.

Locatie PB4	Voor elk waarnemingsfilter is een apart boorgat gemaakt
Locatie PB7	Als 4, maar geplaatst met zuigboormethode 'van der Staay'.
Locatie PB8	Standaarduitvoering, maar zonder kleiafdichting
Locatie PB13	Standaarduitvoering, afwerking gelijk met maaiveld
Locatie PB15	Standaarduitvoering, maar het filter is niet omstort met filtergrind. In plaats daarvan is een filterkous aangebracht.

Het doel van de afwijkende uitvoeringen is om na te gaan in hoeverre het afwijken van de optimale constructie waarbij wordt gegarandeerd dat geen regenwater in de waarnemingsfilters dringt (bv. door het overlopen van putdeksels) en waarbij elke wijze van kortsluiting tussen twee filters in één boorgat voorkomt, leidt tot afwijkende waarnemingen.

Alle waarnemingsfilters van de aanvullend meetlocaties zijn in de periode van 12 september 1991 t/m 25 maart 1992 wekelijks gepeild. Van 18 oktober 1991 t/m 25 oktober 1991 werd elke werkdag gepeild.

4. RESULTATEN

Nadat de waarnemingsperiode was afgelopen zijn alle waarnemingen in een bestand ingevoerd. De meetreeksen geïdentificeerd met een code volgens: 48gpxxxyzz. Hierin staat xxx voor het cluster nummer, y voor de locatie binnen het cluster en zz voor het filter nummer. Het meetpunt 48gp004301 is dus het eerste (bovenste) filter van locatie 3 in de cluster 4 (rond PB4). Om een indruk te geven van het verloop van de grondwaterstand is in figuur 5 als voorbeeld het filter 48gp004101 gegeven. Bij de eerste visuele inspectie van de waarnemingsreeksen, bleek dat de overeenkomst tussen alle waarnemingsreeksen zeer groot is. Daarom is besloten eerst na te gaan of de verschillen tussen de reeksen significant verschillen van nul, in plaats van een volledige geostatistische analyse. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen verticale en horizontale verschillen.

Verticaal

Voor alle locaties zijn de verschilreeksen bepaald voor het bovenste filter (laatste cijfer van de identificatie 1) en het middelste en onderste filter (laatste cijfer van de identificatie resp. 2 en 3). Vervolgens is van de verschilreeksen het rekenkundig gemiddelde en de standaardafwijking bepaald.
In tabel 1 is het resultaat van de verticale analyse gegeven. Het blijkt dat in de verticaal nagenoeg geen verschillen te vinden zijn tussen de reeksen. De gemiddelde verschillen liggen bijna allemaal binnen 1 centimeter en zijn geen van allen significant verschillend van nul. Voor de compleetheid zij hier vermeld dat de meetfout standaardafwijking ca. 1 cm bedraagt.

Horizontaal

Voor de bepaling van de horizontale relatie tussen de verschillende lokaties zijn alle bovenste filters geselecteerd. Vervolgens zijn per cluster de verschillen tussen alle bovenste filters onderling berekend.

Gezien de overeenkomst in de verticaal tussen de filters is het niet zinvol om voor de vergelijking in de horizontaal ook de andere filters van een lokatie te gebruiken. De gemiddelden en de standaardafwijkingen van de verschilreeksen zijn gegeven in tabel 2. Uit deze tabel blijkt dat ook in de horizontaal nauwelijks sprake is van verschillen. Vrijwel alle gemiddelde verschillen zijn (absoluut) kleiner dan 1 centimeter en niet significant.

Ten slotte zijn de verschillen tussen meetpunten uit verschillende clusters in een raai berekend. Deze gemiddelde verschillen en standaardafwijkingen zijn gegeven in tabel 3.

filter 1	filter 2	gemiddelde verschil (cm)	standaard-afwijking (cm)
48gp004101	48gp004102	-0.03	1.45
48gp004101	48gp004103	-0.52	1.40
48gp004201	48gp004202	-0.36	1.12
48gp004201	48gp004203	-0.70	1.38
48gp004301	48gp004302	-0.06	1.50
48gp004301	48gp004303	0.00	1.64
48gp004401	48gp004402	1.03	1.49
48gp004401	48gp004403	0.58	2.05
48gp004501	48gp004502	0.21	1.72
48gp004501	48gp004503	-0.48	2.22
48gp007101	48gp007102	0.15	1.13
48gp007101	48gp007103	0.61	2.60
48gp007201	48gp007202	-0.03	1.36
48gp007201	48gp007203	-0.88	1.43
48gp007301	48gp007302	-0.52	1.21
48gp007301	48gp007303	0.76	1.05
48gp007401	48gp007402	0.00	0.98
48gp007401	48gp007403	-0.30	1.49
48gp007501	48gp007502	1.27	1.33
48gp007501	48gp007503	0.73	1.52
48gp008101	48gp008102	-2.03	1.60
48gp008101	48gp008103	2.00	1.46
48gp008201	48gp008202	0.58	0.99
48gp008201	48gp008203	0.39	0.85
48gp008301	48gp008302	0.12	0.98
48gp008301	48gp008303	0.39	1.23
48gp008401	48gp008402	0.88	1.45
48gp008401	48gp008403	0.52	1.94
48gp008501	48gp008502	-0.18	1.31
48gp008501	48gp008503	1.58	1.97
48gp013101	48gp013102	0.15	1.08
48gp013101	48gp013103	-0.18	÷1.38

48gp013201	48gp013202	-2.58	1.56
48gp013201	48gp013203	3.00	1.94
48gp013301	48gp013302	0.00	1.6
48gp013301	48gp013303	0.76	1.52
48gp013401	48gp013402	1.18	1.11
48gp013401	48gp013403	0.75	1.56
48gp013501	48gp013502	0.91	0.29
48gp013501	48gp013503	1.27	0.86
48gp015101	48gp015102	0.27	1.31
48gp015101	48gp015103	0.27	1.54
48gp015201	48gp015202	0.15	0.89
48gp015201	48gp015203	1.45	1.46
48gp015301	48gp015302	0.12	1.59
48gp015301	48gp015303	0.52	1.35
48gp015401	48gp015402	0.18	1.68
48gp015401	48gp015403	-0.52	1.96
48gp015501	48gp015502	-0.06	1.65
48gp015501	48gp015503	-0.09	2.22

Tabel 1. Analyse verticale verschillen.

filter 1	filter 2	gemiddelde verschil (cm)	standaard-afwijking (cm)
48gp004101	48gp004201	-0.06	1.43
48gp004101	48gp004301	0.15	1.58
48gp004101	48gp004401	-0.97	2.11
48gp004101	48gp004501	0.36	1.81
48gp007101	48gp007201	-0.06	1.61
48gp007101	48gp007301	-1.18	1.14
48gp007101	48gp007401	0.88	1.41
48gp007101	48gp007501	-0.76	1.71
48gp008101	48gp008201	-0.03	1.31
48gp008101	48gp008301	0.27	1.33
48gp008101	48gp008401	0.06	1.46
48gp008101	48gp008501	0.06	1.61
48gp013101	48gp013201	-0.21	1.70
48gp013101	48gp013301	-0.21	1.37
48gp013101	48gp013401	0.00	1.44
48gp013101	48gp013501	-1.30	1.42
48gp015101	48gp015201	-0.06	1.70
48gp015101	48gp015301	0.21	2.03
48gp015101	48gp015401	-0.36	1.98
48gp015101	48gp015501	0.48	2.32

Tabel 2. Analyse horizontale verschillen binnen de clusters.

filter 1	filter 2	gemiddelde verschil (cm)	standaard-afwijking (cm)
48gp004101	48gp007101	2.94	3.48
48gp004101	48gp008101	2.91	3.27
48gp004101	48gp008101	-0.03	1.40
48gp013101	48gp015101	-0.06	1.61

Tabel 3. Analyse horizontale verschillen tussen de clusters.

5. CONCLUSIES

Het doel van het veldexperiment was het analyseren van de kleinschalige ruimtelijke variabiliteit. Gezien de resultaten (nagenoeg geen significante ruimtelijke verschillen ondanks temporele verschillen) is het niet zinvol om de dataset verder te analyseren.

De reden voor de geringe ruimtelijke variatie is dat de doorlatendheid van de bovenste meters relatief groot is, zodat de invloed van lokale verschillen aan maaiveld (sloten, wegen, spoordijk etc.) zeer beperkt is. Deze constatering, die het gevolg is van de locatiekeuze, is vanuit de technische optiek enigszins teleurstellend. Anderzijds geeft het resultaat aan dat er ook in poldergebieden wel degelijk gebieden zijn waar een meetnetontwerp op basis van een interpolatie van de freatische grondwaterspiegel mogelijk is, indien ruimtelijke variatie van de waarnemingen als gevolg van meettechnische oorzaken wordt uitgesloten. Een meetpunt is binnen het onderzochte gebied minimaal representatief voor een omgeving groter van 500 meter. Verdere analyse van de poldergebieden in Nederland moet uitwijzen in hoeverre de resultaten van dit onderzoek overdraagbaar zijn naar andere gebieden.

Zonder twijfel zijn er in Nederland ook poldergebieden waar van "nature" en/of middels de waterhuishoudkundige infrastructuur wel een grote ruimtelijke variatie aanwezig is. Daarbij kan gedacht worden aan lagere waarden voor de doorlatendheid en een duidelijke verticale component van de grondwaterstroming. Het lijkt zinvol de analyse van de kleinschalige ruimtelijke variabiliteit tot deze gebieden te beperken.

6. REFERENTIES

Geer, F.C. van, (1992)
Ruimtelijke variabiliteit in de grondwaterstand in gebieden met een beheerst peil.
IGG-TNO rapportnr: OS 92-86A, Delft.

Mýl, J., (1991)
The vertical pressure propagation through the multilayered hydrological systems.
IGG-TNO rapportnr: OS 91-25A, Delft.