

Opdrachtgevers:
Harry Oosterman en Alfred van Hall

Review grondwaterdaling als gevolg van drinkwaterwinning in Terwisscha

Auteurs: Matthijs Kok
Bertus de Graaff
Rudolf Versteeg
Robin Nicolai

Inhoud

1	Advies grondwaterdaling Terwisscha	1-1
1.1	Inleiding	1-1
1.2	Werkwijze.....	1-2
1.3	Conclusies over gebruikte methodes.....	1-2
1.4	Conclusies over de verlagingen	1-3
1.5	Antwoord op de onderzoeksvraag	1-4
1.6	Aanvullend onderzoek	1-4
1.7	Aanbeveling.....	1-7
2	Trendanalyse	2-1
2.1	Inleiding	2-1
2.2	Resultaat trendanalyse met venstermethode.....	2-2
2.3	Analyse verschillen Venstermethode met methode van Vitens	2-5
2.4	Vergelijking venstermethode met eerdere analyses.....	2-10
2.5	Conclusies	2-11
3	Tijdreeksanalyse	3-1
3.1	Inleiding	3-1
3.2	Toetsing tijdreeksanalyses van KIWA.....	3-1
3.3	Ruimtelijk verlagingenpatroon	3-2
3.4	Conclusies	3-6
4	Analyse oorzaken stijghoogteverlagingen.....	4-1
4.1	Inleiding	4-1
4.2	Andere winningen.....	4-1
4.3	Berekening	4-7
4.4	Veranderingen in grondgebruik rondom Terwisscha	4-7
4.5	Waterbeheersingsmaatregelen	4-13
4.6	Conclusies	4-16
5	Potklei- en keileemverspreiding	5-1
5.1	Inleiding	5-1
5.2	Aanwezigheid keileem in boringen	5-2
5.3	Aanwezigheid potklei in boringen	5-5
5.4	Conclusies	5-7
6	Referenties	6-9
	Bijlage A: Bespreekverslag	A-1

Lijst van tabellen

Tabel 1-1	Uitkomsten voor één peilbuis.....	1-4
Tabel 2-1	Twee driejarige periodes met vergelijkbaar potentieel neerslagoverschot	2-2
Tabel 2-2	Stijghoogteverandering voor peilbuizen die Vitens analyseerde	2-3
Tabel 2-3	Stijghoogteverandering voor peilbuizen nabij de winning	2-3
Tabel 2-4	Resultaten trendanalyse voor vier driejarige perioden voor peilbuis 11HP0021(filter 1)	2-8
Tabel 2-5	Gegevens venstermethode voor vijf jaar	2-9
Tabel 2-6	Resultaten trendanalyse voor vier vijfjarige perioden voor peilbuis 11HP0021(filter 1)	2-9
Tabel 2-7	Stijghoogteverandering bij een grondwaterwinning in peilbuis 11HP0021 volgens verschillende onderzoeken	2-11
Tabel 3-1	Resultaten tijdreeksanalyse	3-1
Tabel 3-2	Stijghoogteverandering op basis van de periode 1960-1994 volgens de tijdreeksanalyse met winning van 5.8 miljoen m ³ /jaar. (x = geen/onvoldoende gegevens beschikbaar).	3-3
Tabel 4-1	Samenvatting vergelijking grondgebruik	4-9
Tabel 5-1	Einddiepte van de boringen binnen een straal van 7 km van de waterwinning	5-1
Tabel 5-2	Overeenkomst tussen boringen en schematisatie ondergrond in grondwatermodel	5-4
Tabel 5-3	Overeenkomst tussen boringen en schematisatie ondergrond in grondwatermodel	5-6

Lijst van figuren

Figuur 1-1	Verlagingenbeeld voor een winning van 5,8 miljoen m ³ /jaar onder eventuele doorlatende lagen	1-6
Figuur 2-1	Winning Terwisscha (bron: Vitens)	2-1
Figuur 2-2	Gemiddeld potentieel neerslagoverschot over drie jaar. Neerslag te Appelscha en verdamping van De Bilt (Makkink)	2-2
Figuur 2-3	Stijghoogteverandering ten opzichte van de afstand van de winning	2-4
Figuur 2-4	Stijghoogtedalingen ten opzichte van de waterwinning	2-4
Figuur 2-5	Jaarlijks neerslagoverschot en lineaire verband tussen 1962 en 1993	2-5
Figuur 2-6	Trendanalyse volgens lineaire methode voor 1962-1993	2-6
Figuur 2-7	Trendanalyse volgens lineaire methode voor 1964-1993	2-6
Figuur 2-8	Trendanalyse volgens lineaire methode voor 1976-1993	2-7
Figuur 2-9	Driejarige periodes met een vergelijkbaar neerslagoverschot	2-8
Figuur 2-10	Stijghoogte in peilbuis 11HP0021(filter 1) als functie van de grondwaterwinning	2-8
Figuur 2-11	Stijghoogte in peilbuis 11HP0021(filter 1) als functie van de grondwaterwinning	2-9
Figuur 2-12	Stijghoogtedalingen en foutmarges	2-10
Figuur 3-1	Locaties van peilbuizen die in de tijdreeksanalyse zijn beschouwd	3-2
Figuur 3-2	Thiem-Dupuit verlaging voor een aantal afstanden van de voedende rand (R)	3-4
Figuur 3-3	Grootte van de waterwinningen Oldeholtepade en Terwisscha in de tijd	3-5
Figuur 3-4	Mogelijk effect andere oorzaken op verlagingenpatroon	3-6
Figuur 4-1	Grootste vergunningsverplichte winningen met maximale jaarwinning aangegeven	4-2
Figuur 4-2	Verloop van de relevante winningen in de tijd, vanaf 1986	4-2
Figuur 4-3	Stijghoogtedalingen tussen perioden 1963-1965 en 1981-1983 (zwart) naast de maximale jaarwinning in de periode 1986-2006	4-3
Figuur 4-4	Benamingen van peilbuizen	4-3
Figuur 4-5	Winningen in Drenthe (bron http://www.drenthe.info/risi/website/popii/kaart13/kaart.html)	4-4
Figuur 4-6	Grondwaterwinningen bij Beilen en Dwingeloo (bron: jaarverslag WMD 2001 en 2006)	4-4

Figuur 4-7	Ligging grondwaterwinningen Drenthe t.o.v. peilbuizen en stijghoogtedalingen.....	4-5
Figuur 4-8	Grondwaterwinning Oldeholtepade	4-6
Figuur 4-9	Winningen bij Beilen en invloedsgebied bij een gezamenlijke winning van 6.16 miljoen m ³ /jaar.....	4-7
Figuur 4-10	Locaties van peilbuizen waarvoor stijghoogteveranderingen in relatie tot ruilverkavelingen en grondgebruik nader zijn beschouwd.	4-8
Figuur 4-11	Historisch grondgebruik in 1960 en historisch grondgebruik in 1990.....	4-10
Figuur 4-12	Ruilverkaveling plan Ooststellingwerf ten opzichte van de peilbuis.	4-10
Figuur 4-13	Historisch grondgebruik in 1960 en historisch grondgebruik in 1990.....	4-11
Figuur 4-14	Ruilverkaveling plan Ooststellingwerf ten opzichte van de peilbuis.	4-11
Figuur 4-15	Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts).....	4-11
Figuur 4-16	Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts).....	4-12
Figuur 4-17	Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts).....	4-12
Figuur 4-18	Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts).....	4-12
Figuur 4-19	Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts).....	4-13
Figuur 4-20	Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts).....	4-13
Figuur 4-21	Aangepaste watergangen in de ruilverkaveling Ooststellingerwerf, de aangepaste watergangen zijn met een brede donkerblauwe lijn aangegeven.	4-14
Figuur 5-1	Aanwezigheid van leem in de boringen	5-2
Figuur 5-2	Totale dikte van de leemlaag in de boringen met een diepte groter dan 10 m.....	5-2
Figuur 5-3	Aanwezigheid van leem	5-3
Figuur 5-4	Dikte van de leemlaag voor boringen dieper dan 10 m	5-4
Figuur 5-5	Dikte van de leemlaag voor alle boringen.....	5-4
Figuur 5-6	Dikte van de kleilaag tussen 10 m en 60 m diepte	5-5
Figuur 5-7	Ruimtelijke analyse van informatie uit boringen.....	5-6
Figuur 5-8	Vergelijking met resultaten geo-electrische metingen [10]	5-7

1 Advies grondwaterdaling Terwisscha

1.1 Inleiding

Sinds 1960 onttrekt drinkwaterbedrijf Vitens grondwater in de nabijheid van Terwisscha. Door deze onttrekking dalen de grondwaterstanden, en dat levert schade op voor de bedrijfsvoering van de aanwezig agrariërs. Deze schade wordt gecompenseerd door het drinkwaterbedrijf, maar er is een verschil van mening ontstaan over de omvang van deze schade tussen het drinkwaterbedrijf en een delegatie van agrariërs (verenigd in de 'Werkgroep Terwisscha'). Centraal discussiepunt is de omvang van de grondwaterdaling in de nabijheid van de winningsput, en de mate waarin deze daling veroorzaakt zou zijn door andere oorzaken dan de grondwaterwinning in Terwisscha.

In deze discussie wordt door dhr. Oosterman (burgemeester van Oosterwolde) en dhr. Van Hall (dijkgraaf Hunze en Aa's) een bemiddelende rol gespeeld. Deze twee bemiddelaars hebben aan HKV LIJN IN WATER gevraagd een second opinion te geven over het verschil van inzicht tussen drinkwaterbedrijf Vitens en werkgroep Terwisscha over de effecten van de grondwaterwinning bij Terwisscha. De volgende vraag is daarbij geformuleerd:

Is het, op basis van de beschikbare gegevens en uitgevoerde analyses, in alle redelijkheid te veronderstellen dat andere factoren dan de grondwateronttrekking van Terwisscha een significante grondwaterstanddaling hebben veroorzaakt?

De grondwaterwinning is gestart in 1960 en schommelt vanaf 1985 tussen de 6 en 7 miljoen m³ per jaar. Deze grondwaterwinning veroorzaakt een daling van de grondwaterstanden, en deze daling veroorzaakt schade bij de agrariërs. In de discussie staan vooral de onzekerheden in de grondwaterstanden centraal. De onzekerheid betreft in eerste instantie de fluctuaties in de metingen van de grondwaterstanden, die binnen een jaar meer dan één meter bedragen. Dit wordt met name veroorzaakt door het weer (neerslag en verdamping). In de winterperiode is de neerslag groter dan de verdamping, waardoor de grondwaterstand in de wintermaanden zal stijgen. In de zomerperiode is het andersom en zal de grondwaterstand dalen. Door deze variabiliteit is het moeilijk om effecten van andere factoren op de grondwaterstand te bepalen. Daar komt nog bij dat er geen eenduidig protocol is voor de bepaling van de verwachte grondwaterdaling als gevolg van grondwateronttrekking. Ook de invloed van de 'dempende werking' van de keileem en de potklei is onderdeel van de discussie, omdat er geen eenduidig beeld is van de verspreiding van de potklei.

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode oktober 2007 - oktober 2008. Dit rapport bevat een verslag van de uitgevoerde werkzaamheden. In hoofdstuk 1 is ons advies opgenomen, en bevat een verantwoording van de door ons gevolgde werkwijze. De hoofdstukken 2 tot en met 5 bevatten een onderbouwing van ons advies. In hoofdstukken 2 en 3 worden twee methoden vergeleken waarmee de gemeten grondwaterstanden kunnen worden geanalyseerd: trendanalyse en tijdreeksanalyse. In de daarop volgende hoofdstukken worden twee onderwerpen besproken die de uitkomsten van de analyses sterk beïnvloeden: de mogelijke andere oorzaken van grondwaterdaling (waaronder de ruilverkaveling) en de invloed van dempende lagen (zoals keileem en potklei).

1.2 Werkwijze

Wij hebben de volgende werkwijze gevolgd:

- a. De relevante rapporten en onderzoeken zijn bestudeerd;
- b. Er zijn meerdere gesprekken gevoerd met de betrokken partijen (drinkwaterbedrijf Vitens en Werkgroep Terwisscha) en met het secretariaat van de Commissie Deskundigen Grondwater (CDG);
- c. Er is een analyse uitgevoerd van beschikbare meetgegevens (hst. 2) en er is een tijdreeksmodel toegepast (hst. 3) waarmee de grondwaterdaling kan worden bepaald.

Tussentijds zijn er twee presentaties gegeven van de voorlopige bevindingen aan de twee bemiddelaars, in aanwezigheid van het drinkwaterbedrijf Vitens en de Werkgroep Terwisscha. Het is ons tijdens het onderzoek gebleken dat het antwoord op de onderzoeksvraag ("andere factoren dan de grondwaterwinning") niet los kan worden gezien met de methode waarmee de gegevens zijn geanalyseerd. Daarom is de review verbreed, en wordt ook de methode onderzocht waarmee de grondwaterdaling bepaald wordt. Vanzelfsprekend zal de onderzoeksvraag ook worden beantwoord.

1.3 Conclusies over gebruikte methodes

Er zijn in meerdere studies tekortkomingen in de methode geconstateerd:

- a. In de TCGB studie uit 1994 [7] is een zogenaamde 'verschilmethode' toegepast, maar er is ten onrechte geen rekening gehouden met meteorologische verschillen tussen de twee perioden ("Om praktische redenen is bij het onderhavige onderzoek geen rekening gehouden met deze meteorologische verlagingen en/of stijgingen van de gemiddelde grondwaterstand"). Volgens het KIWA rapport uit 1995 [4] bedraagt de meteorologische component circa 30 cm.
- b. In de KIWA studie uit 2006 [16] wordt gesteld: "Een eerste berekening is uitgevoerd met neerslag, verdamping en de onttrekkingsreeks van de winning Terwisscha als verklarende variabelen. Uit de resultaten van deze berekeningen bleek echter dat de lengte van de beschikbare meteoreeksen onvoldoende was. Hierdoor werden geen betrouwbare resultaten verkregen". Dit vinden wij onbegrijpelijk, omdat KIWA al in 1995 [4] met veel kortere meteoreeksen wel succesvol de (tijdreeks) methode heeft toegepast;
- c. In het modelrapport van Witteveen en Bos uit 2006 [8] is opgemerkt dat de uitkomsten niet op perceelsniveau mogen worden gebruikt, omdat er lokaal grote afwijkingen bestaan (in de calibratie nabij het winningspunt maximaal 60 cm). Desalniettemin stelt het CDG voor om dit model te gebruiken als "meest aannemelijke verlagingenpatroon" voor de grondwaterwinning van Terwisscha.
- d. In veel onderzoeken wordt een "stambuis" gehanteerd. Dat is een peilbuis, waarvoor wordt aangenomen dat de verandering in stijghoogte niet is beïnvloed door de grondwaterwinning van Terwisscha. Wel is de verlaging in de grondwaterstand in de stambuis representatief voor de "andere factoren" die de grondwaterdaling hebben veroorzaakt. In de keuze van de stambuis zit een grote mate van willekeur, omdat de verlaging voor een willekeurige peilbuis buiten het invloedsgebied van de winning tussen 0 en 40 cm bedraagt.

Wij vinden dat de methode moet voldoen aan een tweetal eisen. De methode moet:

- a. rekening houden met verschillen in neerslag en verdamping in de verschillende perioden;
- b. rekening houden met het tijdsafhankelijk verloop van de meetwaarden.

Een aantal methoden voldoet niet aan deze voorwaarden (bijvoorbeeld de methode toegepast in TCGB 1994). Er bestaan meerdere methoden die wel aan de voorwaarden voldoen, bijvoorbeeld de tijdreeksanalyse. We bevelen aan om, indien mogelijk, meerdere methoden te hanteren om een indruk te krijgen van de 'methode-onzekerheid'. Wij vinden de werkwijze in het KIWA rapport uit 1995 [4] het meest passend bij onze uitgangspunten, omdat deze analyse rekening houdt met de verschillen in neerslag en verdamping in de verschillende perioden.

1.4 Conclusies over de verlagingen

Het KIWA rapport uit 1995 geeft op een evenwichtige wijze inzicht in de verlagingenpatroon, voor een beperkt aantal peilbuizen in het tweede watervoerende pakket. Deze resultaten zijn door ons bevestigd in een onafhankelijke tijdreeksanalyse (hoofdstuk 3.2). Naar ons idee worden de uitkomsten van alle onderzoeken bepaald door het antwoord op de volgende twee vragen:

- a. Wat is de bijdrage van andere factoren dan grondwaterwinning?
- b. Wat is de invloed van de keileem en de potlaag?

Ad a:

In nagenoeg alle onderzoeken wordt veelal impliciet en vanzelfsprekend ervan uitgegaan dat ook andere factoren dan grondwaterwinning hebben bijgedragen aan de stijghoogtedaling (via het hanteren van een "stambuis"). In het KIWA rapport uit 1995 is aandacht besteed aan de "andere factoren dan grondwaterwinning" door twee hypothesen te presenteren. Volgens de auteur van het KIWA rapport is een keuze "subjectief", en kan "derhalve slechts een bandbreedte worden aangegeven waarbinnen het effect van de grondwaterwinning op de stijghoogte zal liggen. Deze bandbreedtes bedragen niet meer dan 20 a 25 cm."

Er is door HKV onderzoek gedaan naar andere oorzaken van grondwaterdaling in Terwisscha (hst. 2 en 4). Dit onderzoek heeft aangetoond dat grondwaterdaling in de ruime omgeving van Terwisscha heeft plaatsgevonden, van gemiddeld 20 cm, met een variatie tussen 0 en 40 cm per peilbuis. Er is slechts één oorzaak gevonden: grondwateronttrekking (anders dan Terwisscha). Deze verklaart echter niet de algehele grondwaterdaling in de omgeving, maar orde van grootte de helft (10 cm). Het is niet waarschijnlijk dat waterbeheersingsmaatregelen geleid hebben tot grondwaterdaling in Terwisscha, zoals aangegeven in KIWA, 1995 [4]. Zie ook hoofdstuk 4 van dit rapport.

Ad b:

De invloed van keileem en de potklei is van belang om de meetgegevens van de diepe laag te vertalen naar de ondiepe laag. Een dichte laag potklei kan een daling in de diepe laag 'dempen', met enkele decimeters. In het onderzoek van Witteveen en Bos [8] is een vergelijking tussen de meetgegevens (uit boringen) en de modelschematisatie opgenomen. De overeenkomst is niet goed: in de omgeving van de winning is de dikte van de potklei overschat met een factor 2 a 3, en op sommige plekken is geen keileem of potklei aanwezig. Dat betekent dat de dempende werking van deze laag gering is. Indien ondoorlatende lagen en de dempende werking zijn aangetoond, vinden wij dat deze in rekening moeten worden gebracht. Echter, omdat het voorkomen van ondoorlatende lagen onvoldoende is aangetoond, bevelen wij aan om de dempende werking van de keileem en de potklei mee te nemen in een grondwatermodel en een 'optimistische' en 'pessimistische' variant met dit model door te rekenen.

1.5 Antwoord op de onderzoeksvraag

Is het nu in alle redelijkheid te veronderstellen dat andere factoren dan de grondwateronttrekking van Terwisscha een significante grondwaterstanddaling hebben veroorzaakt? Het antwoord is als volgt:

De mogelijke bijdrage van de ‘andere factoren dan de grondwateronttrekking van Terwisscha’ bedraagt in de orde van grootte van 20 cm. Dat is de gemiddelde verlaging van alle peilbuizen in de omgeving van Terwisscha, buiten het invloedsgebied van de drinkwaterwinning. Dit gemiddelde is een goede indicatie van de “andere factoren”. We verwerpen de keuze voor een “stambuis”, omdat de keuze van de stambuis willekeurig met zich mee brengt (de stambuis moet ‘representatief’ zijn, maar we hebben geen methode gezien waarmee dit bepaald kan worden).

Van deze 20 cm is een deel toe te wijzen aan andere grondwateronttrekkingen dan de grondwaterwinning Terwisscha. Op basis van informatie over de grondwaterwinningen achten wij dat een redelijke inschatting hiervan is: 10 cm. Dat betekent dat in het beïnvloedingsgebied van de grondwaterwinning in Terwisscha de “andere factoren” circa 10 cm hebben bijgedragen aan verlaging van de grondwaterstand. Wetenschappelijk kan niet aangetoond worden dat deze andere factoren een bijdrage geleverd hebben. Het tegendeel kan ook niet aangetoond worden, zodat de beslissing een politiek karakter heeft (wie betaalt deze onzekerheid?).

Studie	Karakteristiek	peilbuis 21		Sterkte / zwakte
		diep	ondiep	
TCGB, juni 1994	Vergelijking stijg-hoogte in twee perioden	-60 cm		Geen onderscheid in meteorologische verschillen, gebruik van stambuis
TNO, februari 1995	Tijdreeksmethode	-116 cm		Neerslag te Leeuwarden, grote onzekerheid
KIWA, december 1995	Tijdreeksmethode	-104 cm		Neerslag te Appelscha, geringe onzekerheid
Vitens, 1995	KIWA 1995 met ‘dempingsfactoren’		-50 cm	Onderbouwing factoren geeft vraagtekens
Witteveen en Bos, 2003	Analytisch model		-70 cm	Calibratie is zwak, niet geldig op perceelsniveau, potklei slecht gemodelleerd
CDG, trendanalyse	Fit over periode 1957-2005	-104 cm		Houdt geen rekening met neerslagverschillen
HKV, 2008	Tijdreeksmethode	-96 cm		Eenvoudige analyse

Tabel 1-1 Uitkomsten voor één peilbuis

1.6 Aanvullend onderzoek

Bij de presentatie van het advies uit de voorgaande paragrafen, kwam een aantal vragen naar voren:

1. Wat is de aanwezigheid van de potklei en keileem in de nabijheid van de drinkwaterput Terwisscha?
2. Is de invloed van de ruilverkavelingswerken rondom Oosterwolde wel op een goede manier meegenomen bij de bepaling van de grondwaterstanddaling?

3. Welk meest aannemelijk ruimtelijk verlagingspatroon volgt uit onze aanbevelingen?

Om deze vragen te beantwoorden zijn nieuwe gegevens geanalyseerd. De antwoorden op de vragen zijn in het hierna volgende weergegeven.

Wat is de aanwezigheid van de potklei en keileem in de nabijheid van de drinkwaterwinning Terwisscha?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn 2038 boringen van het Dinoloket en Grondboorbedrijf Klinge geanalyseerd en vergeleken met de schematisatie zoals die in het grondwatermodel van Witteveen en Bos is opgenomen en zoals die volgt uit het geo-elektrisch onderzoek voor Heerenveen-Oost. Hoofdstuk 5 behandelt de vergelijking in detail.

De belangrijkste conclusie voor keileem is dat de keileemverspreiding en -dikte redelijk goed overeenkomen met de boringen. Een uitzondering daarop is het voorkomen van gaten in de keileem. In 7% van de boringen in het keileemgebied komt volgens de schematisatie geen keileem voor. Verder bestaat er onzekerheid over het al dan niet voorkomen van keileem in de beekdalen. In de schematisatie ontbreekt de keileem op deze locaties. De boringen zijn hier veelal onvoldoende diep doorgezet om hierover uitsluitsel te geven.

De belangrijkste conclusie voor potklei is dat de potkleiverspreiding en -dikte aan een significante onzekerheid onderhevig zijn. Voor het schematiseren van de potkleiverspreiding en -dikte worden diktes geïnterpoleerd tussen de beschikbare boringen. In gebieden met weinig boringen zijn de diktes van de potklei onzeker. Uit de analyses is gebleken dat het toevoegen van nieuwe boringen het beeld van de potkleiverspreiding sterk kan veranderen. Gebieden met en zonder potklei kunnen op kleine afstand van elkaar voorkomen. Op basis van de boringen zijn er slechts een paar gebieden te identificeren waar potklei aaneengesloten voor kan komen, maar ook hierin kunnen gaten zitten. Voor het opstellen van een betrouwbaar beeld van de potkleiverspreiding moeten metingen met een hoge oppervlaktedichtheid uitgevoerd worden. Hierbij kan worden gedacht aan moderne technieken waarbij ondoorlatende lagen vanuit de lucht kunnen worden geïdentificeerd [11].

Is de invloed van de ruilverkavelingswerken rondom Oosterwolde wel op een goede manier meegenomen bij de bepaling van de grondwaterstanddaling?

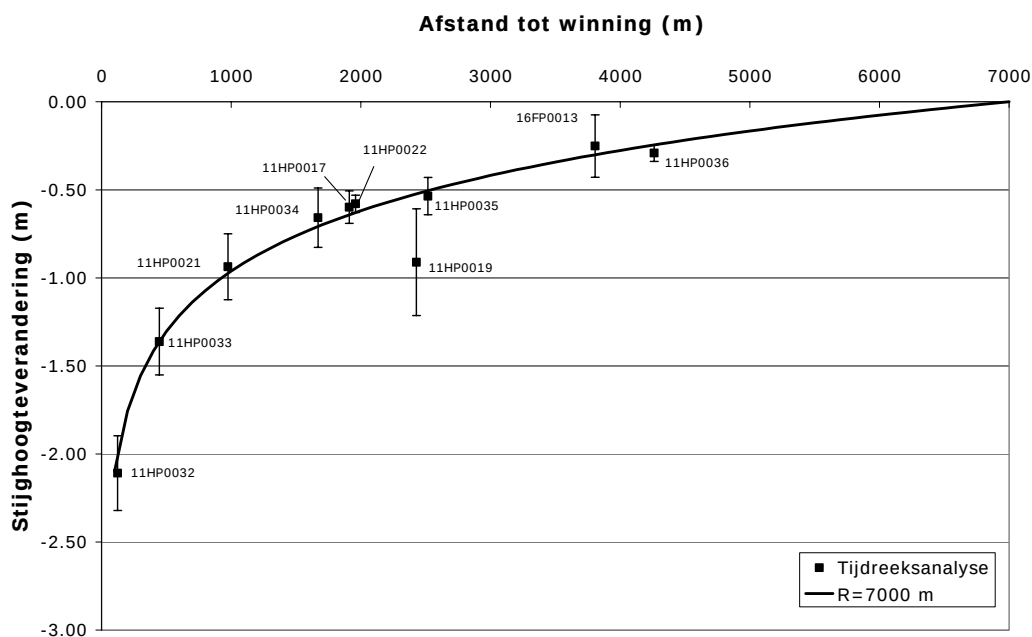
Om deze vraag te kunnen beantwoorden is de beschikbare en aanvullende informatie over ruilverkavelingswerken geanalyseerd.

We concluderen dat de bronnen geen eenduidig gebiedsbreed beeld geven van de genomen maatregelen en de omvang van de maatregelen. Er zijn aanwijzingen dat de waterbeheersing in het gebied rondom de winning is aangepast, maar er is geen gedetailleerde informatie over de belangrijkste wijzigingen (veranderingen in de drooglegging en in de afwatering). Alleen voor een klein deel van het gebied (namelijk) Oostellingwerf is de verandering van de afwatering gedetailleerd bekend, maar ontbreken de veranderingen in de streefpeilen. Op basis hiervan kunnen, op basis van de aan ons toegeleverde informatie, geen uitspraken worden gedaan over de gevolgen van aanpassingen van de waterhuishouding. Samengevat heeft een tweede bestudering van de bestaande en nieuwe bronnen geen nieuwe inzichten tot gevolg. De effecten van waterbeheersingmaatregelen kunnen niet worden aangetoond, en wij achten het daarom verantwoord om geen rekening te houden met deze effecten.

Welk meest aannemelijk ruimtelijk verlagingenspatroon volgt uit onze aanbevelingen?

Voor het bepalen van het ruimtelijk verlagingenspatroon als gevolg van de winning is een tijdreeksanalyse uitgevoerd voor tien peilbuizen binnen een straal van 7 km van de winning waarvoor voldoende gegevens beschikbaar zijn (hoofdstuk 3.3). De analytische formulering van Thiem-Dupuit, een gebruikelijke formulering om de invloed van grondwateronttrekkingen op de stijghoogte in te schatten, is gebruikt om een ruimtelijk verlagingenbeeld te construeren. De formulering is gekalibreerd op de stijghoogteveranderingen in het tweede filter van de peilbuizen, waardoor effecten van ondoorlatende potklei- en keileemlagen kunnen worden verwaarloosd (Figuur 1-1).

Het in de figuur gegeven verlagingenbeeld zou andere oorzaken kunnen bevatten dan de winning bij Terwisscha, met dien verstande dat deze oorzaken dan gecorreleerd moeten zijn met de grootte van de winning bij Terwisscha. Mogelijke oorzaken zijn andere winningen en veranderingen in het grondgebruik. Voor beiden geldt dat als deze een invloed zouden hebben, de invloed niet voor alle peilbuizen uit Figuur 1-1 gelijk zou zijn. Zo is voor peilbuis 11HP0019 aannemelijk dat de veranderingen in grondgebruik aanzienlijk zijn. Voor de overige peilbuizen past de analytische formulering van Thiem-Dupuit goed en wordt niet verwacht dat andere oorzaken een significante invloed op het verlagingenbeeld zullen hebben.



Figuur 1-1 Verlagenbeeld voor een winning van 5,8 miljoen m^3 /jaar onder eventuele ondoorlatende lagen

Andere oorzaken voor stijghoogteveranderingen die de tijdreeksanalyse ten onrecht toekent aan de waterwinning bij Terwisscha zijn niet aannemelijk. De invloed van beregning wordt niet groot geacht. Voor waterbeheersingsmaatregelen is het niet aannemelijk dat deze gecorreleerd zijn, omdat de stijghoogteverandering grotendeels instantaan optreedt na uitvoering van de werken en hierdoor naar verwachting in kleine mate gecorreleerd kan zijn aan de winning bij Terwisscha.

Resteert de vraag hoe het ruimtelijke verlagingenbeeld uit Figuur 1-1 doorwerkt in de freatische grondwaterstanden als gevolg van ondoorlatende potkleilagen. Zoals hiervoor beschreven is het aaneengesloten voorkomen van potklei aan grote onzekerheid verbonden. Op basis van de

beschikbare informatie achten wij het daarom vooralsnog niet verantwoord om het effect van potklei te verwerken in het ruimtelijke verlagingspatroon. Hiervoor dient eerst een betrouwbaar ruimtelijk beeld met een hoge resolutie te worden bepaald van het voorkomen van potklei.

1.7 Aanbeveling

De verlagingspatronen die zijn gemaakt voor de winning Terwisscha, zijn op basis van de review niet zonder meer bruikbaar om schade als gevolg van de winning te berekenen. Deze paragraaf doet een voorstel om in de nabije toekomst een verlagingspatroon te kunnen vaststellen. Daarbij gaan we eerst in op de beschikbare verlagingspatronen en doen daarna een voorstel voor het vervolg. De volgende methoden en verlagingspatronen zijn opgesteld:

- verlagingspatroon op basis van trendanalyse (venstermethode) door TCGB in 1994 [7];
- verlagingspatroon op basis van tijdreeksanalyse door TNO en HKV ([2] en hoofdstuk 3.3);
- verlagingspatroon op basis van model van Witteveen en Bos [8].

Ruimtelijk verlagingspatroon met lineaire trendanalyse TCGB

Het ruimtelijke verlagingenbeeld dat TCGB heeft vastgesteld op basis van een trendanalyse (venstermethode) houdt ten onrechte geen rekening met meteorologische verschillen tussen de beschouwde periodes en achten wij daarom niet bruikbaar. De stijghoogteverlagingen tussen de periodes wordt met ongeveer 30 cm onderschat.

Ruimtelijk verlagingspatroon met tijdreeksanalyse TNO en HKV

Om met de tijdreeksanalyse tot een verlagingenbeeld te komen, dienen de berekende verlagingen in de peilbuizen ruimtelijk te worden geïnterpoleerd en naar freatische grondwaterstanden te worden vertaald, rekening houdend met ondoorlatende lagen boven de filters. Problematisch daarbij is dat het voorkomen van ondoorlatende lagen aan een grote onzekerheid is verbonden. Daarnaast resteert de vraag in hoeverre achtergrondverdroging voorkomt in de verlagingen die met de tijdreeksanalyse zijn bepaald. Voor de bepaling van een ruimtelijk verlagingenbeeld dienen Vitens en de werkgroep Terwisscha overeenstemming te bereiken over de wijze waarop de onzekerheden in het verlagingenbeeld moeten worden ingebracht.

Ruimtelijk verlagingspatroon met model van Witteveen en Bos

De met het grondwatermodel van Witteveen en Bos bepaalde verlagingen kent een aantal tekortkomingen. De belangrijkste zijn dat de kalibratieresultaten onvoldoende nauwkeurig zijn voor het benodigde schaalniveau en dat schematisatie van potklei onnauwkeurig is. De met het model bepaalde verlagingen achten wij daarom niet bruikbaar om een verlagingenbeeld vast te stellen.

Voorstel voor vervolg

Wij bevelen aan om de stijghoogteverlagingen te berekenen met een grondwatermodel dat hiervoor geschikt is gemaakt, en een schematisatie kent die passend is bij de metingen van deze dempende laag. Toepassing van een grondwatermodel heeft tevens als voordeel dat achtergrondverdroging kan worden uitgesloten. Daarnaast kunnen ruimtelijk gedifferentieerde gebiedskarakteristieken, zoals drainage, potklei en keileem in het model worden gebracht en berekent het model de invloed daarvan op de stijghoogteverlagingen. Aan het grondwatermodel dienen minimaal de volgende eisen te worden gesteld:

- de discretisatie van de bodem is voldoende hoog voor het schaalniveau van de winning;

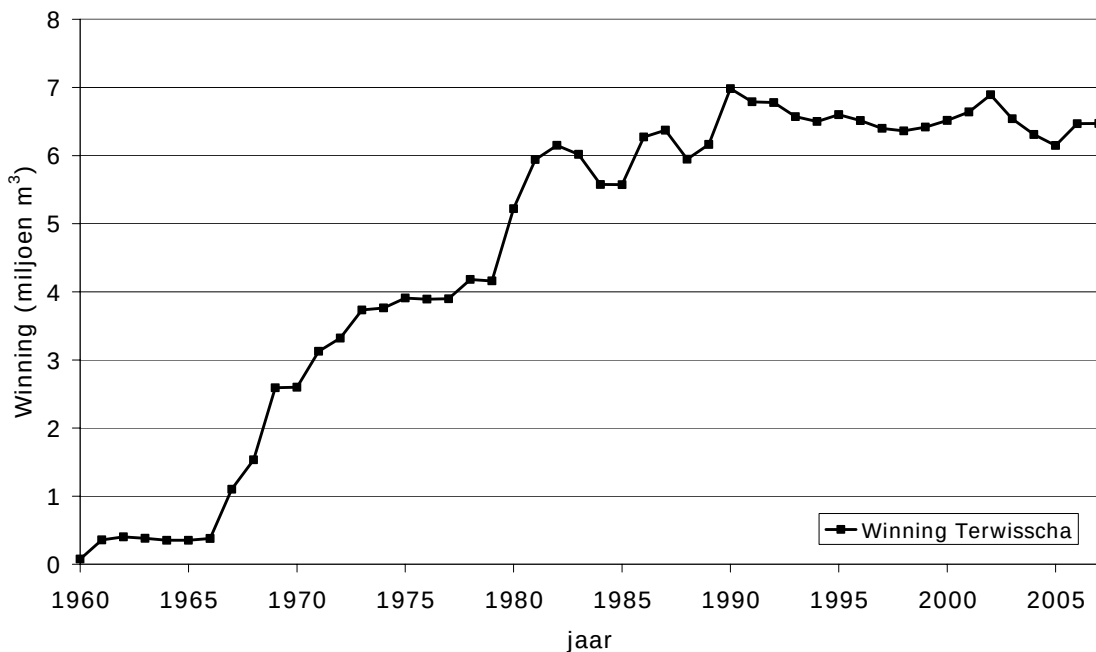
- het voorkomen van ondoorlatende lagen is nauwkeurig geschematiseerd;
- onzekerheden in ondoorlatende lagen zijn in gekwantificeerd met gevoeligheidsberekeningen;
- het modelgebied is voldoende ver doorgezet zodat modelranden de stijghoogteverlagingen als gevolg van de winning niet beïnvloeden;
- drainage is realistisch geschematiseerd (bijvoorbeeld gebied Vledder Aa);
- het model is gekalibreerd op een langjarige tijdreeks (geen langdurige gemiddelden) van stijghoogtes met zowel natte als droge perioden;
- het rapport met verantwoording van de kalibratie beschrijft de toepasbaarheid van het model om stijghoogteverlagingen op perceelsniveau te berekenen;
- het rapport met verantwoording van de kalibratie verklaart eventuele verschillen met de in het verleden toegepaste tijdreeksanalyses.

2 Trendanalyse

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt de verlaging van de stijghoogte tussen 1963 en 1983 in peilbuizen binnen en buiten het invloedsgebied van de winning. De verlagingen buiten het invloedsgebied van de winning worden in de onderzoeksrapporten veelal omschreven als achtergrondverdroging. Voor het bepalen van de verlagingen is een trendanalyse gemaakt van de gemiddelde stijghoogten over een driejarige periode met een relatief lage grondwateronttrekking (1963-1965) en een driejarige periode met een relatief hoge grondwateronttrekking (1981-1983). We beschouwen de verandering van de gemiddelde stijghoogte tussen deze twee tijdsvensters en noemen de methode in het vervolg van het rapport de 'venstermethode'.

Figuur 2-1 geeft de winningshoeveelheden in de periode 1960 tot en met 2007 weer. Voor de periode met een relatief lage grondwateronttrekking maken we gebruik van de periode van 1963 tot en met 1965. Daarna loopt de onttrekking sterk op. Voor de periode met een relatief hoge grondwateronttrekking maken we gebruik van de periode vanaf 1981.

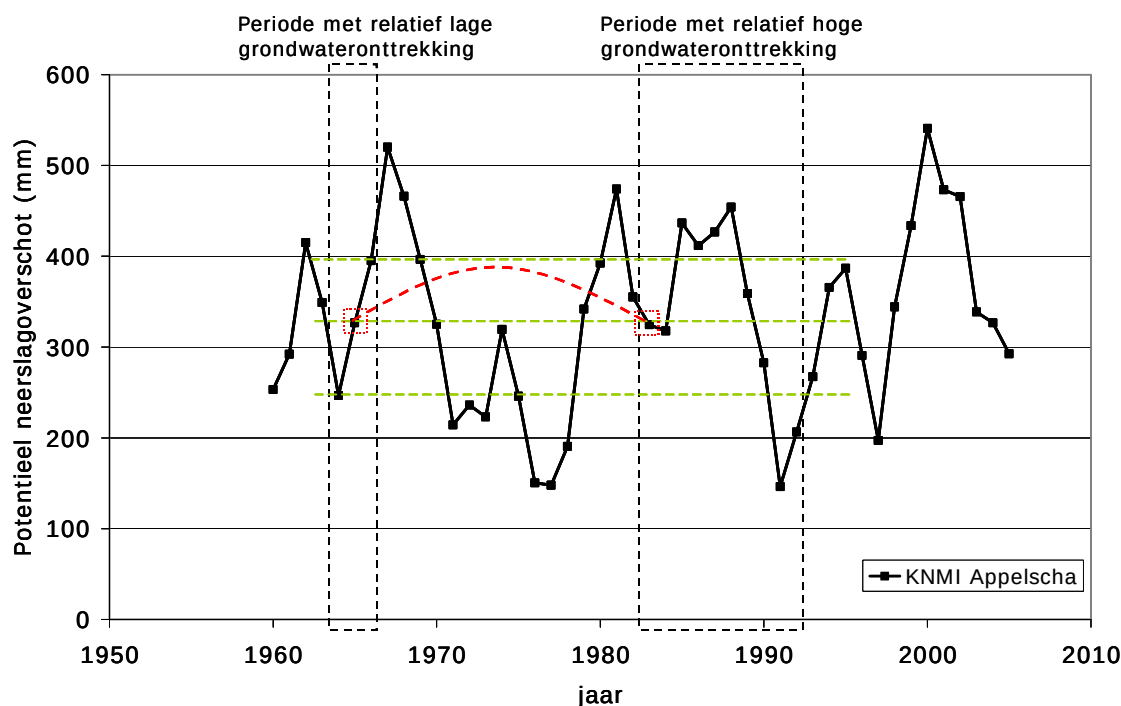


Figuur 2-1 Winning Terwisscha (bron: Vitens)

Vitens heeft onder meer stijghoogtes toegeleverd van de 34 putten die eerder door Vitens zijn geanalyseerd voor het bepalen van achtergrondverdroging. De meetgegevens van deze putten lopen maximaal over de periode 1962 tot en met 1992. Daarnaast heeft Vitens gegevens toegeleverd van 55 putten nabij de winning. De meetgegevens van deze putten lopen tot maximaal over de periode 1957 tot en met 2007.

Uit het datumbereik van de toegeleverde gegevens van de winning en de stijghoogten kan worden opgemaakt dat voor de periode met een relatief lage grondwateronttrekking kan worden gekozen in de periode 1962 tot en met 1966. De periode met een relatief hoge

grondwateronttrekking kan worden gekozen in de periode 1981 tot en met 1992. Figuur 2-2 geeft beide perioden weer in de grafiek met het gemiddelde potentiële neerslagoverschot te Appelscha over een driejarige periode. Om effecten van neerslag en verdamping op de verandering van de stijghoogte te kunnen verwaarlozen, dienen beide driejarige periodes een vergelijkbaar potentieel neerslagoverschot te hebben. Figuur 2-2 en Tabel 2-1 laten zien dat de perioden 1963-1965 en 1981-1983 daarvoor geschikt zijn.



Figuur 2-2 Gemiddeld potentieel neerslagoverschot over drie jaar. Neerslag te Appelscha en verdamping van De Bilt (Makkink).

Periode	Winning (miljoen m ³ /jaar)	Gemiddeld potentieel neerslag overschot (mm)
1963 – 1965	0.36	327
1981 – 1983	6.04	325

Tabel 2-1 Twee driejarige periodes met vergelijkbaar potentieel neerslagoverschot

2.2 Resultaat trendanalyse met venstermethode

Tabel 2-2 geeft de stijghoogteveranderingen voor 18 van de 34 peilbuizen die Vitens eerder analyseerde in de kolom 'verschil'. Het aantal peilbuizen is tot 18 gereduceerd omdat de resterende peilbuizen geen of te weinig meetgegevens in de onderzochte perioden bevatten. Gemiddeld is de stijghoogtedaling in de peilbuizen 0.20 m. Vitens berekende voor deze peilbuizen over de periode 1962 tot en met 1992 een gemiddelde stijghoogtedaling van 0.35 m.

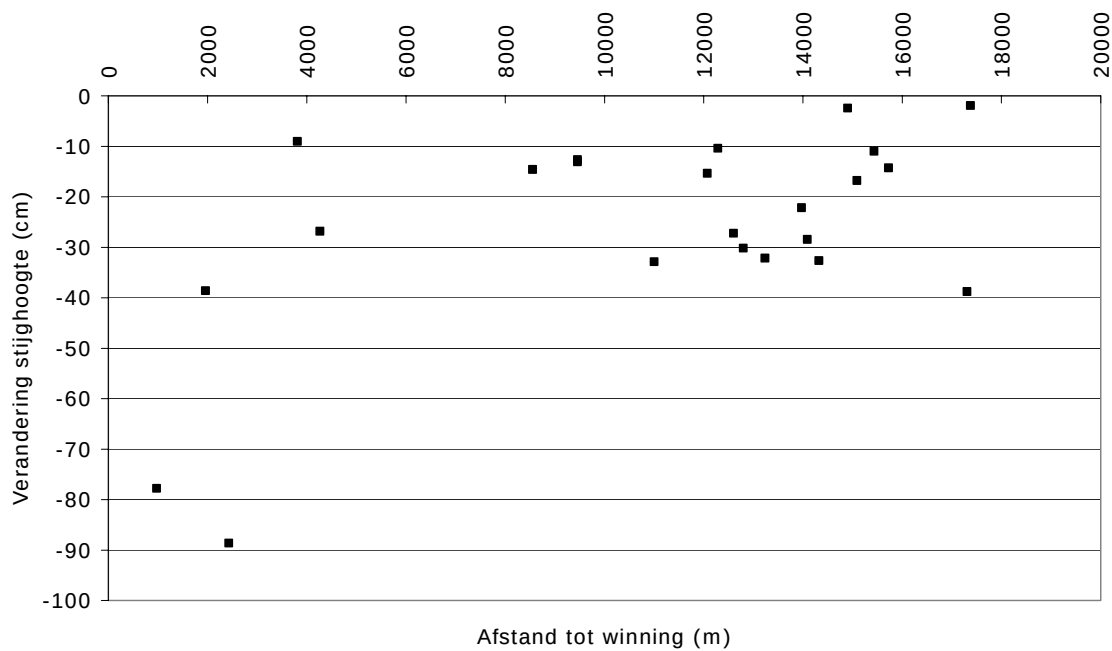
peilbuis	afstand tot winning (m)	stijghoogte (m + NAP)		verschil (cm)
		1963-1965	1981-1983	
11EB0026	14902	291	289	-2
11FL0023	14089	522	494	-28
11GP0028	8551	259	245	-15
11GB0059	12071	119	103	-15
11GL0015	15723	123	109	-14
11HP0038	9454	436	423	-13
12AB0045	17376	649	647	-2
12AB0046	15432	647	636	-11
12CP0014	15086	838	821	-17
16EB0001	11001	189	156	-33
16EB0019	12799	210	180	-30
16FB0008	9455	650	638	-13
16FB0011	13234	627	595	-32
16FP0015	12285	513	503	-10
17AB0027	12602	730	703	-27
17AB0028	13970	848	826	-22
17AB0049	14321	1138	1105	-33
17CB0007	17305	1151	1113	-39
Gemiddeld				-20

Tabel 2-2 Stijghoogteverandering voor peilbuizen die Vitens analyseerde

peilbuis	afstand tot winning (m)	stijghoogte (m + NAP)		verschil (cm)
		1963-1965	1981-1983	
11HP0019	2428	647	558	-89
11HP0021	975	709	632	-78
11HP0022	1959	707	669	-39
11HP0036	4263	502	476	-27
16FP0013	3807	687	678	-9

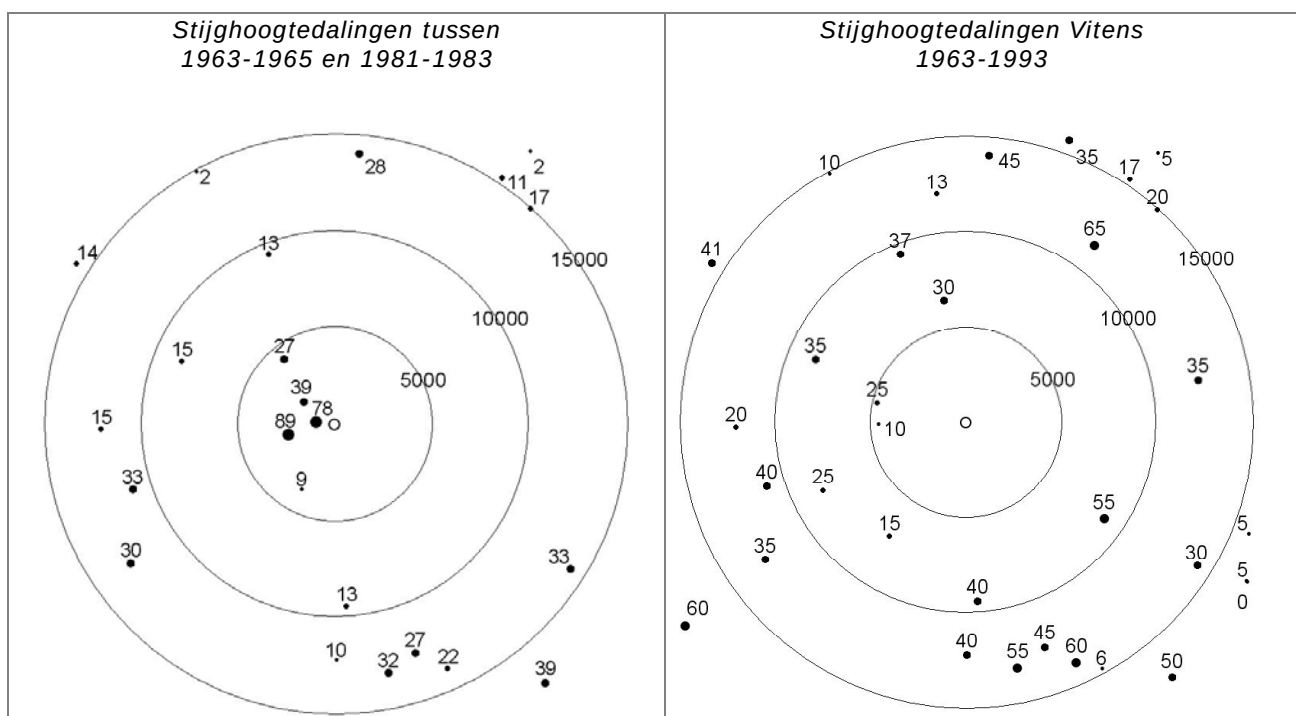
Tabel 2-3 Stijghoogteverandering voor peilbuizen nabij de winning

Tabel 2-3 geeft de stijghoogteveranderingen voor 5 peilbuizen die nabij de winning zijn gelegen. De overige 55 putten bevatten geen of te weinig meetgegevens in de onderzochte perioden. Figuur 2-3 geeft de stijghoogteverandering van de peilbuizen van Tabel 2-2 en Tabel 2-3 als functie van de afstand van de winning. Uit de figuur blijkt dat de stijghoogtedalingen het grootst zijn nabij de winning en verder weg van de winning afnemen. Ook is duidelijk dat de bandbreedte van de stijghoogtedalingen van de peilbuizen die verder weg liggen relatief groot is. Uit de trendanalyse is geen eenduidige relatie af te leiden voor het invloedsgebied van de winning.



Figuur 2-3 Stijghoogteverandering ten opzichte van de afstand van de winning

Het linkerdeel van Figuur 2-4 geeft de stijghoogtedalingen ten opzichte van de winning ruimtelijk weer. Het rechterdeel van de figuur geeft daarnaast de stijghoogtedalingen weer zoals deze door Vitens zijn bepaald. Noemenswaardig is dat voor vrijwel alle peilbuizen die in beide methodes zijn gebruikt, de venstermethode significant kleinere stijghoogtedalingen genereert (gemiddeld 0.20 m) dan de methode die Vitens heeft toegepast (gemiddeld 0.35 m). In het hierna volgende wordt ingegaan op de verschillen tussen de methoden.



Figuur 2-4 Stijghoogtedalingen ten opzichte van de waterwinning

2.3 Analyse verschillen Venstermethode met methode van Vitens

Verschillen tussen de analyse van Vitens en de venstermethode betreffen het aantal peilbuizen, de methode die is toegepast voor de trendanalyse en de periode waarover de analyse is uitgevoerd.

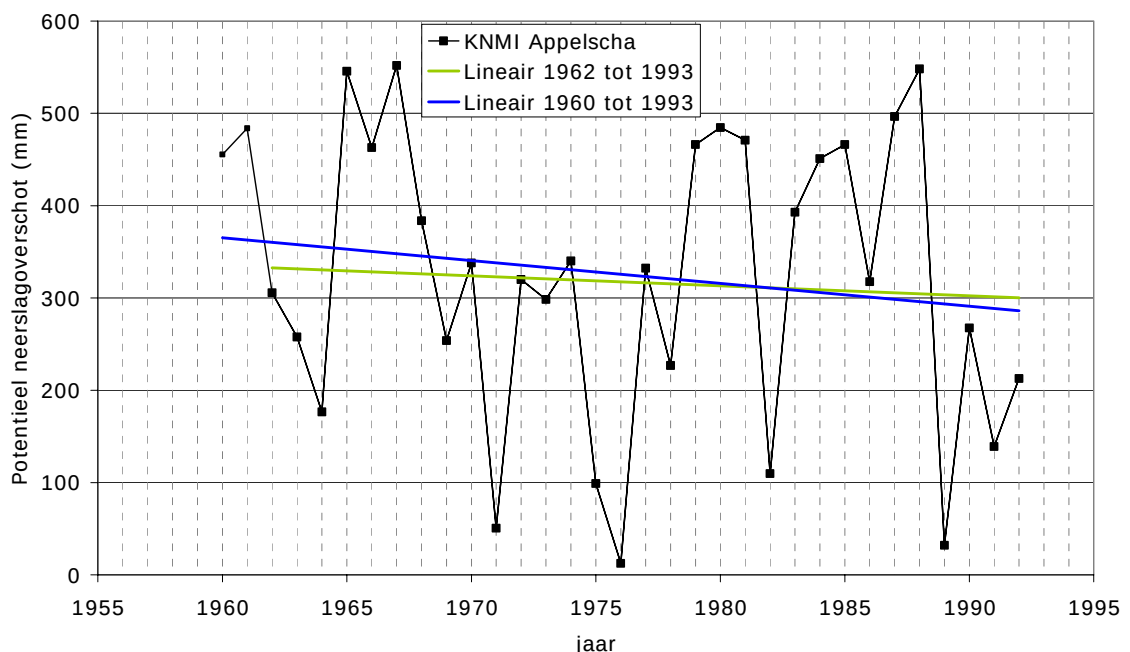
Aantal peilbuizen

Van de 34 peilbuizen die Vitens gebruikte hadden 18 peilbuizen voldoende informatie voor de analyse die in dit rapport is uitgevoerd. Daarnaast zijn een vijftal peilbuizen nabij de winning aan de analyse toegevoegd.

Methode Vitens (lineaire methode)

Vitens heeft een lineair verband gefit door de gemeten grondwaterstanden in de periode 1962 tot 1993. Wij noemen de methode daarom in het vervolg van het rapport de lineaire methode. De stijghoogtedaling bestaat uit het verschil tussen de waarde van de lineaire functie in 1962 en eind 1992. Meteorologische verschillen zijn in de methode niet nader beschouwd. De methode is toepasbaar als het neerslagoverschot in deze periode niet significant wijzigt.

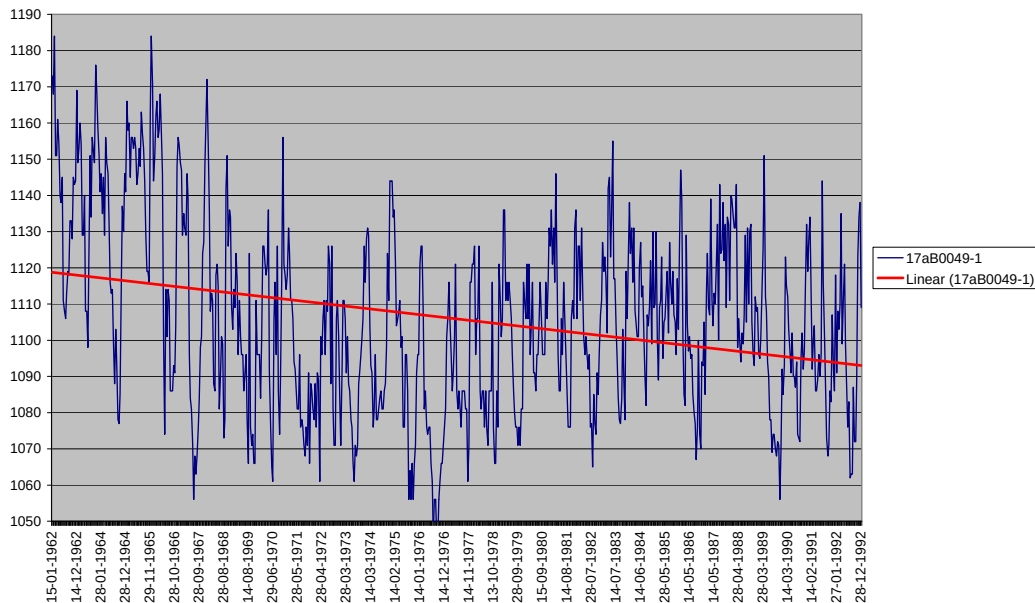
Bekijken we het gelineariseerde verband van het neerslagoverschot in de periode 1962 tot en met 1992 (groene lijn in Figuur 2-5), dan blijkt dat het neerslagoverschot in deze periode licht is afgenomen. Indien we rekening houden met het feit dat de twee jaren voorafgaand aan 1962 het grondwatergedrag in 1962 nog hebben beïnvloed, dan blijkt het gelineariseerde neerslagoverschot een sterker hellend karakter te vertonen (blauwe lijn in Figuur 2-5). Het is mogelijk dat deze trendmatige daling zorgt voor een overschatting van de stijghoogtedalingen met de lineaire methode.



Figuur 2-5 Jaarlijks neerslagoverschot en lineaire verband tussen 1962 en 1993

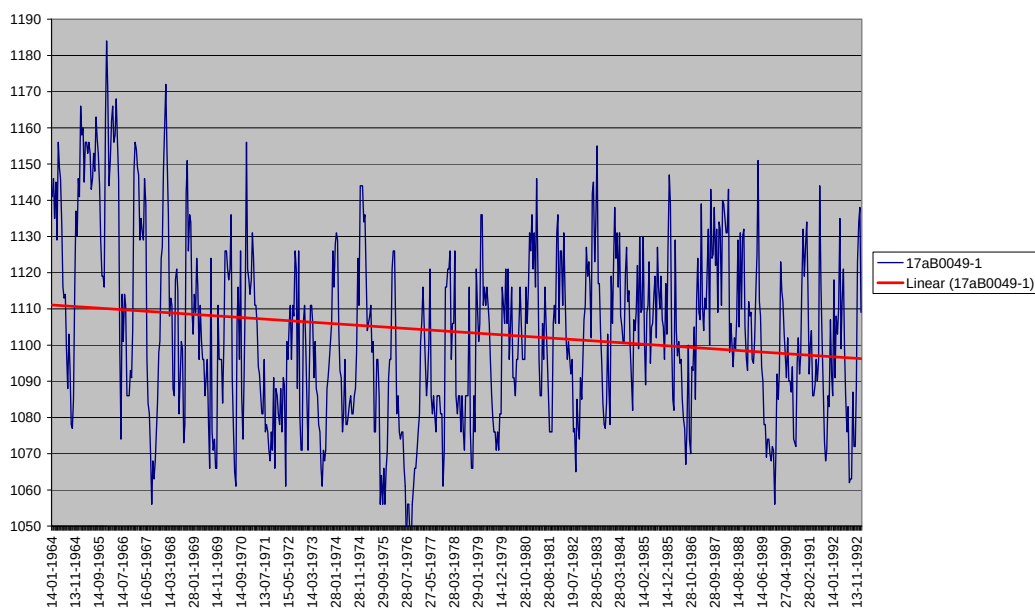
Ter evaluatie van de afhankelijkheid van de beschouwde periode is de lineaire methode voor een willekeurige peilbuis ook toegepast op de periode 1964 tot 1993. Deze periode zou vergelijkbare uitkomsten moeten geven omdat de grondwaterwinning in 1964 (0.36 miljoen

m³/jaar) goed vergelijkbaar is met die van 1962 (0.35 miljoen m³/jaar). De evaluatie is uitgevoerd voor peilbuis 17AB0049.

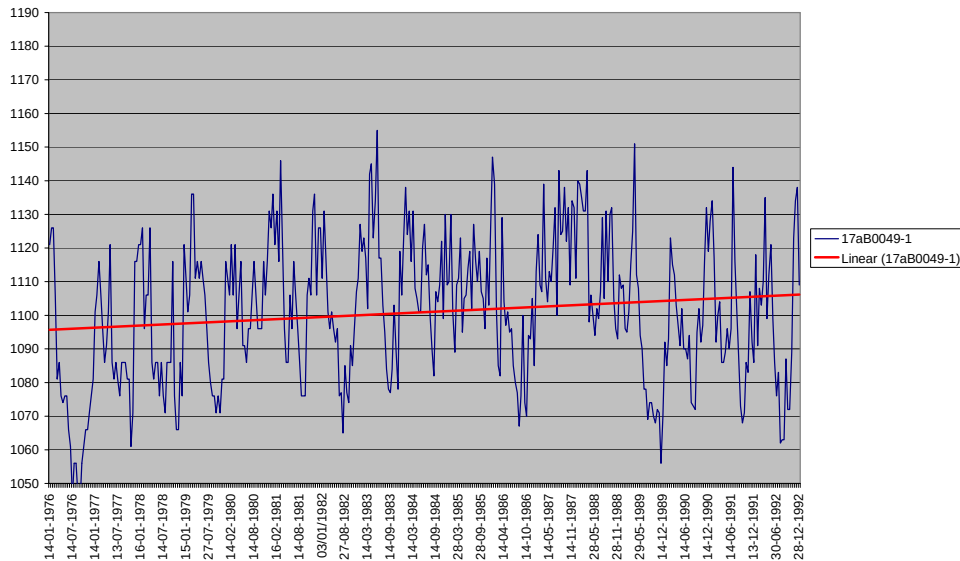


Figuur 2-6 Trendanalyse volgens lineaire methode voor 1962-1993

Vitens vindt voor de peilbuis tussen 1962 en 1993 een trendmatige daling van 0.30 m. Bij beschouwing van de figuren van Vitens komen wij op een trendmatige daling van 0.26 m (Figuur 2-6). Passen wij de periode vervolgens aan door twee jaar later te starten, dan komt de trendmatige daling tussen 1964 en 1993 op 0.14 m (Figuur 2-7). Deze afname van 0.26 m naar 0.14 m bedraagt maar liefst 46%. Kijken wij vervolgens nog wat meer extreem en kijken we naar de periode 1976 tot 1993, dan blijkt dat de stijghoogte in deze periode zelfs trendmatig toeneemt met 0.10 m (Figuur 2-8). Dit overziende concluderen wij dat de lineaire methode niet nauwkeurig genoeg is om trendmatige veranderingen in de grondwaterstand als gevolg van andere oorzaken dan neerslag en verdamping in beeld te brengen. In de trendanalyse dient rekening te worden gehouden met meteorologische effecten.



Figuur 2-7 Trendanalyse volgens lineaire methode voor 1964-1993



Figuur 2-8 Trendanalyse volgens lineaire methode voor 1976-1993

Venstermethode

Voor de lineaire methode is aangetoond dat de uitkomsten in hoge mate afhankelijk zijn van de periode waarover de methode wordt toegepast. Dit wordt naar verwachting voor een aanzienlijk deel bepaald door meteorologische effecten. Ter beoordeling van de venstermethode is deze methode ook tegen het licht gehouden. Daarbij zijn voor peilbuis 11HP0021 (filter 1) voor vier driejarige periodes met een vergelijkbaar neerslagoverschot de periodegemiddelde stijghoogtes en grondwaterwinningen bepaald.

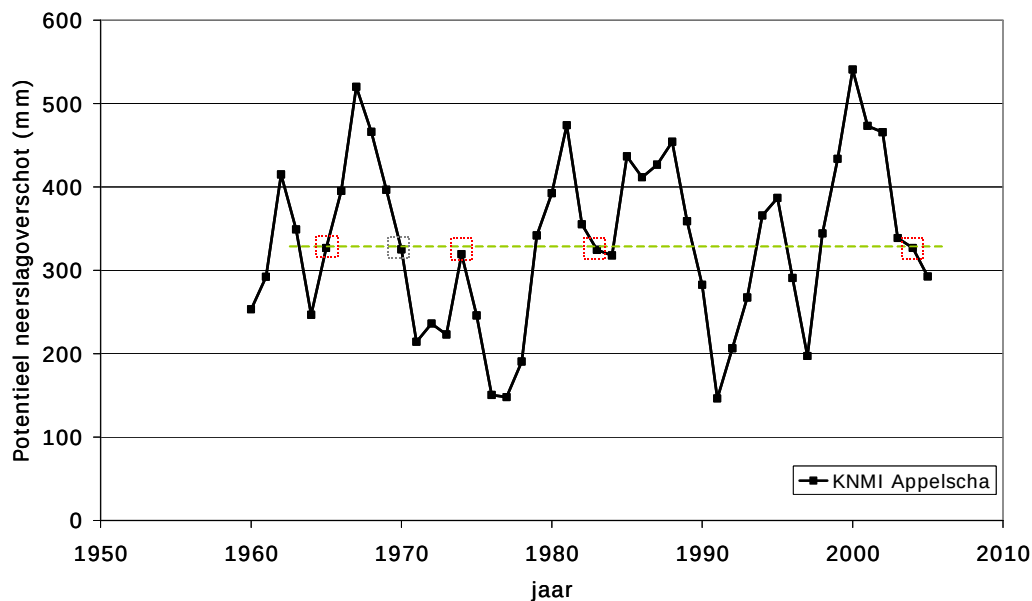
Peilbuis 11HP0021 is voor de evaluatie gekozen omdat van deze peilbuis een lange meetreeks beschikbaar is met nauwelijks missende gegevens. Verder is het grondgebruik in de omgeving van de peilbuis nauwelijks veranderd (Figuur 4-11), waardoor verwacht wordt dat de stijghoogtes alleen significant worden beïnvloed door de grondwaterwinning. Vaak wordt uitgegaan van een lineair verband tussen grondwaterwinning en stijghoogtedaling. Het is dan ook interessant om te zien of een dergelijk verband volgt uit de venstermethode.

Figuur 2-9 geeft in de rode blokjes de perioden weer waarvoor het neerslagoverschot vergelijkbaar is en die bruikbaar zijn voor de evaluatie. De periode in het grijze blokje is van de analyse uitgesloten omdat in deze periode de helft van de metingen ontbreekt.

Tabel 2-4 geeft de resultaten van de trendanalyse voor de vier genoemde perioden. Figuur 2-10 geeft de periodegemiddelde stijghoogte in de peilbuis weer als functie van de periodegemiddelde grondwateronttrekking. De relatie tussen stijghoogteverandering en de grondwaterwinning is goed te lineariseren, zoals in de figuur is weergegeven. De resultaten van de trendanalyse zien er plausibel uit.

De grondwaterwinning ligt op ongeveer 1000 m van de peilbuis en blijkt een belangrijke verklarende variabele voor de stijghoogteveranderingen. Gezien het lineaire verband zouden andere verklarende variabelen voor de stijghoogteverandering lineair afhankelijk moeten zijn van de grondwaterwinning. Berekening zou een dergelijke variabele kunnen zijn. Bij toenemen van de grondwaterwinning en dalen van de freatische stijghoogte zou de beregeningsintensiteit vergroot kunnen zijn om schade aan gewassen in droge perioden te beperken. Een onderzoek

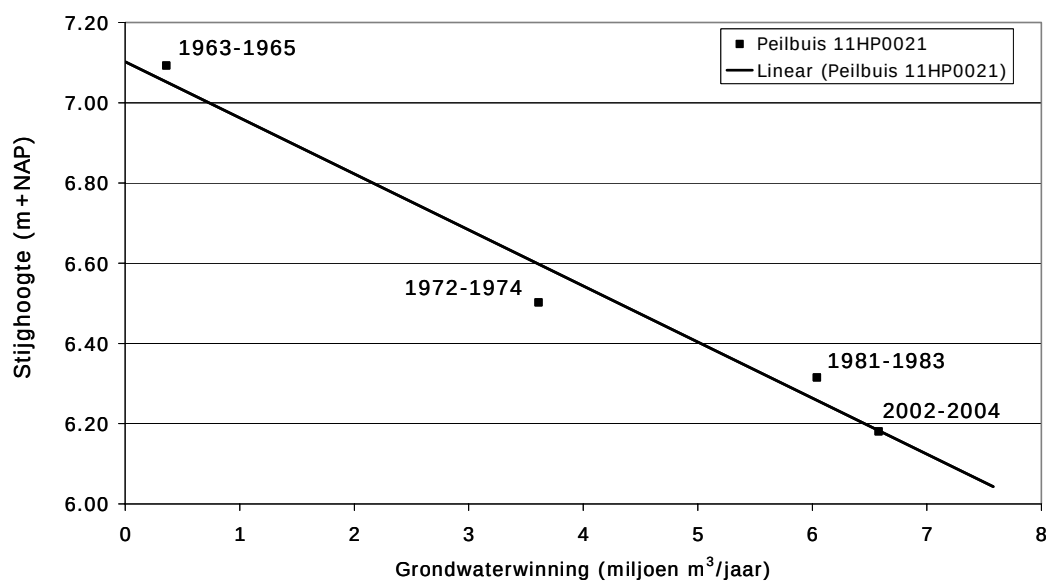
van IWACO (§4.3) heeft echter laten zien dat effecten van beregning niet significant zijn op de stijghoogteverandering. Andere plausibele verklarende oorzaken zijn in dit onderzoek niet naar voren gekomen voor de peilbuis.



Figuur 2-9 Driejarige periodes met een vergelijkbaar neerslagoverschot

Periode	Winning (miljoen m ³ /jaar)	Gemiddeld potentieel neerslag overschot (mm)	Gemiddelde stijghoogte (m + NAP)
1963 – 1965	0.36	327	7.09
1972 - 1974	3.61	319	6.50
1981 – 1983	6.04	325	6.32
2002 – 2004	6.58	327	6.18

Tabel 2-4 Resultaten trendanalyse voor vier driejarige periodes voor peilbuis 11HP0021(filter 1)



Figuur 2-10 Stijghoogte in peilbuis 11HP0021(filter 1) als functie van de grondwaterwinning

De heer Weinans van de Werkgroep Terwisscha heeft voor de peilbuis een vergelijkbare analyse volgens de venstermethode uitgevoerd, maar dan voor twee vijfjarige perioden (1963-1967 en 1996-2000) met een vergelijkbaar potentieel neerslagoverschot. Voor de periode 1963-1967 bedraagt het neerslagoverschot met neerslag van KNMI-station Appelscha en Makkink verdamping van KNMI-station De Bilt 399 mm en voor de periode 1996-2000 bedraagt dit neerslagoverschot 388 mm. De stijghoogtedaling (lineair) verrekend naar een onttrekkingsdebiet van 5.8 miljoen m³/jaar bedraagt 99 cm.

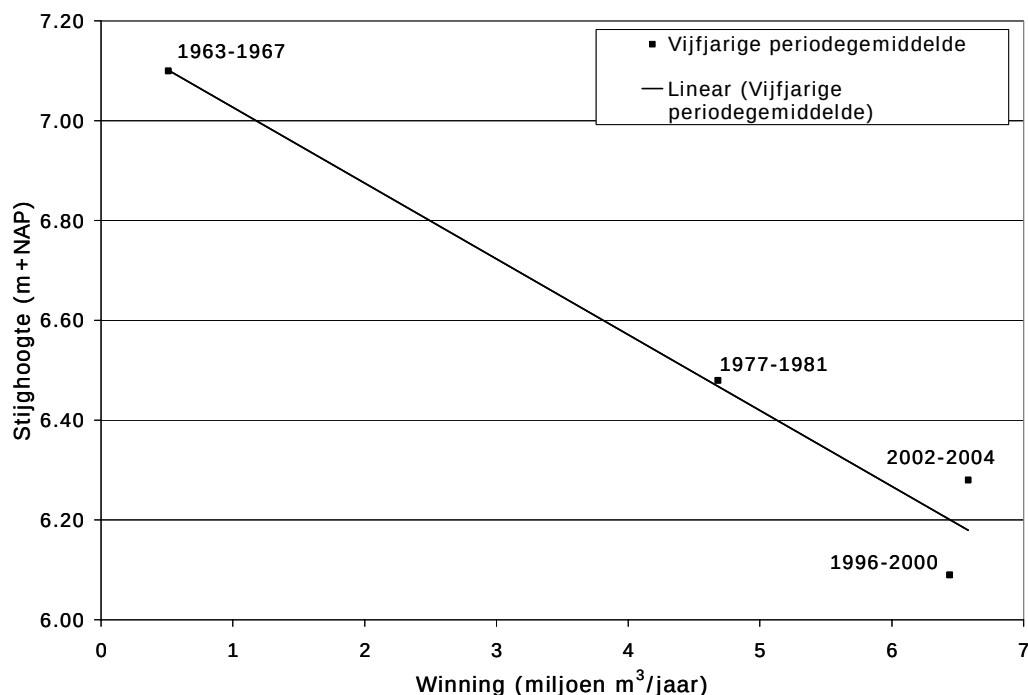
	Periode 1963-1967	1996-2000
Winning (miljoen m ³ /jaar)	0.51	6.44
Stijghoogte (cm + NAP)	710	609

Tabel 2-5 Gegevens venstermethode voor vijf jaar

In het kader van deze analyse is de venstermethode voor vijf jaar ook toegepast voor twee aanvullende perioden met een vergelijkbaar neerslagoverschot, om weer een lineair verband tussen grondwaterwinning en stijghoogteverandering te kunnen identificeren. Tabel 2-6 en Figuur 2-11 geven het resultaat van de trendanalyse voor vier vijfjarige perioden.

Periode	Winning (miljoen m ³ /jaar)	Gemiddeld potentieel neerslag overschot (mm)	Gemiddelde stijghoogte (m + NAP)
1963 – 1967	0.51	399	7.10
1977 – 1981	4.68	396	6.48
1996 – 2000	6.44	388	6.09
2000 – 2004	6.58	394	6.28

Tabel 2-6 Resultaten trendanalyse voor vier vijfjarige perioden voor peilbuis 11HP0021(filter 1)



Figuur 2-11 Stijghoogte in peilbuis 11HP0021(filter 1) als functie van de grondwaterwinning

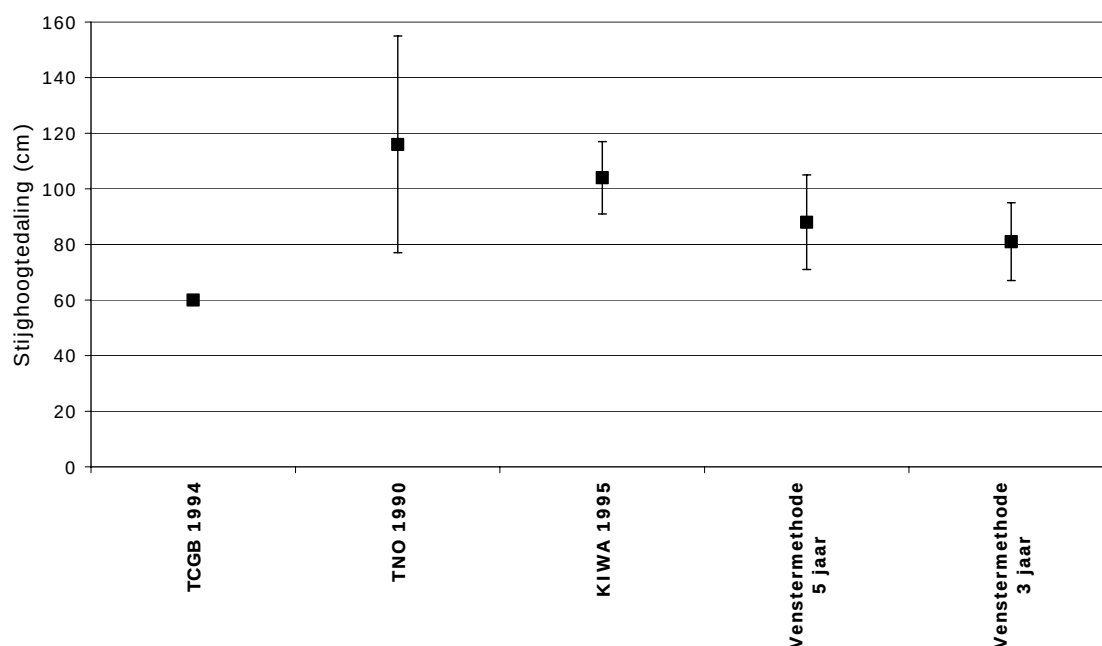
Periode waarover trendanalyse is uitgevoerd

Vitens heeft met de lineaire methode stijghoogtedalingen geanalyseerd tussen 1962 en 1993. De venstermethode uit dit rapport analyseert de stijghoogtedalingen tussen de periodes 1963-1965 en 1981-1983. Door het verschil in beschouwde periode kunnen de stijghoogtedalingen volgens beide methoden verschillen.

Indien na 1983 grondwaterstandsverlagende maatregelen zijn doorgevoerd, zullen deze ook in de stijghoogtedalingen van de lineaire methode voorkomen, terwijl deze niet voorkomen in de uitgevoerde venstermethode. Verder geldt de stijghoogtedaling in de lineaire methode voor een toename van de grondwaterwinning met 6.38 miljoen m³/jaar. De stijghoogtedaling volgens de venstermethode geldt voor een toename van de grondwaterwinning met 5.68 miljoen m³/jaar. De grootte van het effect, is afhankelijk van de grootte van het invloedsgebied van de grondwaterwinning.

2.4 Vergelijking venstermethode met eerdere analyses

De resultaten van de venstermethode worden vergeleken met de resultaten van eerdere onderzoeken. Tabel 2-7 geeft in de eerste vier kolommen een overzicht van de stijghoogtedalingen voor peilbuis 11HP0021 zoals deze in het verleden door de TCGB, TNO en KIWA zijn bepaald. KIWA heeft in zijn rapportage van 1995 laten zien dat de door de TCGB bepaalde stijghoogteverandering ten onrechte geen rekening houdt met meteorologische effecten. De laatste twee kolommen bevatten de resultaten van de venstermethode voor periodegemiddelden van 3 en 5 jaar. De foutmarge behorende bij de stijghoogteverlaging is daarbij ingeschat als tweemaal de standaardafwijking. De methoden in de laatste vier kolommen houden rekening met meteorologische effecten. Figuur 2-12 geeft een grafisch overzicht van de stijghoogtedalingen en de foutmarges.



Figuur 2-12 Stijghoogtedalingen en foutmarges

	TCGB 1994	TNO 1990	KIWA 1995	Trendanalyse periode 5 jaar (Figuur 2-11)	Trendanalyse periode 3 jaar (Figuur 2-10)
Winning (m ³ /jaar)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
Onderzochte periode	1962-1989	1971-1989	1971-1994	1963-2004	1963-2004
Stijghoogtedaling (cm)	60	116 ± 39	104 ± 13	88 ± 17	81 ± 14

Tabel 2-7 Stijghoogteverandering bij een grondwaterwinning in peilbuis 11HP0021 volgens verschillende onderzoeken

2.5 Conclusies

Over achtergrondverdroging zijn de volgende conclusies te trekken:

- De lineaire methode die Vitens heeft gebruikt voor het bepalen van de achtergrondverdroging filtert niet op meteorologische effecten, waardoor de stijghoogteveranderingen meteorologische effecten bevatten. Analyses in dit rapport hebben laten zien dat de methode daarom niet geschikt is om stijghoogteveranderingen door andere oorzaken dan neerslag en verdamping te bepalen.
- De trendanalyse in dit rapport laat voor 18 peilbuizen, die Vitens ook onderzocht, verlagingen van de stijghoogte zien van gemiddeld 0.20 m in de periode 1962 tot en met 1983. Door perioden te beschouwen met een gelijk neerslagoverschot zijn deze verlagingen gefilterd op meteorologische effecten.
- Voor peilbuis 11HP0021, die op 975 m van de winning ligt en zeer waarschijnlijk door de winning wordt beïnvloed, is met de trendanalyse volgens de venstermethode een lineair verband tussen grondwaterwinning en stijghoogteverandering aangetoond. Het grondgebruik rondom de winning is nauwelijks veranderd en het lineaire verband tussen de grootte van de winning en de stijghoogteverandering doet vermoeden dat de winning hier de enige verklarende variabele is voor de stijghoogteverandering.

3 Tijdreeksanalyse

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de gegevens van grondwaterstanden in de peilbuizen geanalyseerd met een zogenaamd 'tijdreeksmodel'. Deze modellen zijn bij uitstek geschikt om trendmatige veranderingen in de tijd inzichtelijk te maken.

3.2 Toetsing tijdreeksanalyses van KIWA

Ter evaluatie van de tijdreeksanalyses van KIWA [4,6] is een tijdreeksanalyse uitgevoerd met ARMA modellen (Box Jenkins) voor zeven peilbuizen op afstanden van 975 m tot 15 km van de winning bij Terwisscha. Als verklarende variabelen voor de stijghoogtes in de peilbuizen zijn het jaargemiddelde potentieel neerslagoverschot¹ te Appelscha (mm) en de jaarlijkse grondwaterwinning te Terwisscha (m³) gebruikt. De tijdreeksanalyse is uitgevoerd voor twee periodes, namelijk 1960-1989 en 1960-1994.

Tabel 3-1 presenteert de resultaten van de tijdreeksanalyse voor een winning bij Terwisscha van 5.8 miljoen m³/jaar. De meest rechter kolom presenteert de resultaten van de tijdreeksanalyse van KIWA voor de twee peilbuizen die in beide onderzoeken zijn beschouwd. Uit de tabel blijkt dat de resultaten voor peilbuis 11HP0021 tussen beide onderzoeken goed overeenkomen. De resultaten voor peilbuis 11HP0019 overlappen, rekening houdend met de 95% betrouwbaarheidsintervallen. Maar in vergelijking met andere peilbuizen heeft peilbuis 11HP0019 in dit onderzoek een relatief groot betrouwbaarheidsinterval. Dit betekent dat de stijghoogteverandering in deze peilbuis minder nauwkeurig kon worden bepaald dan voor andere peilbuizen.

Peilbuis 11EB0026 is aan de analyse toegevoegd omdat deze relatief ver van de winning verwijderd is (14.902 m) en hier geen invloed van de winning meer werd verwacht. De tijdreeksanalyse bevestigt deze verwachting. Voor de peilbuis is geen significant verband tussen de stijghoogte in de peilbuis en de winning bij Terwisscha gevonden.

Peilbuis	Afstand tot winning	Stijghoogtedaling (95% betrouwbaarheidsinterval)		
		HKV <u>LIJN IN WATER</u> 2008		KIWA 1995 [4]
		Periode 1960 – 1989	Periode 1960 – 1994	Periode 1971 - 1994
11HP0017	1911	38 ± 4 cm	42 ± 7 cm	
11HP0019	2428	98 ± 38 cm	95 ± 43 cm	43 ± 13 cm
11HP0021	975	96 ± 9 cm	106 ± 13 cm	104 ± 13 cm
11HP0022	1959	33 ± 12 cm	33 ± 9 cm	
11HP0036	4263	29 ± 11 cm	28 ± 9 cm	
16FP0013	3807	22 ± 10 cm	27 ± 10 cm	

Tabel 3-1 Resultaten tijdreeksanalyse

¹ Neerslaggegevens zijn gebruikt van het KNMI neerslagstation te Appelscha. Verdampingsgegevens zijn gebruikt van KNMI station De Bilt.

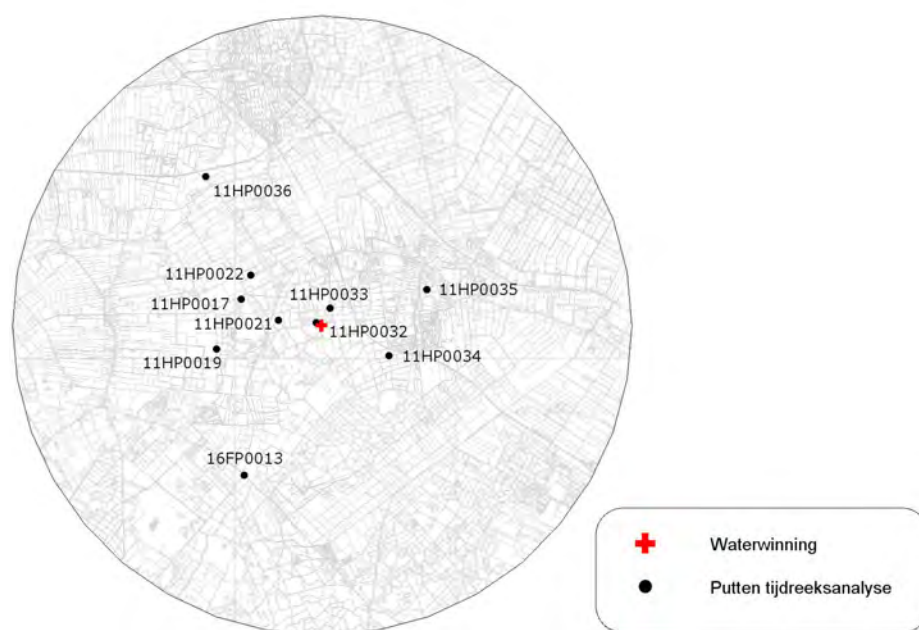
3.3 Ruimtelijk verlagingenpatroon

In een aanvullende onderzoeksvraag (§1.6) is gevraagd of een ruimtelijk verlagingenspatroon kan worden gemaakt van de verlagingen als gevolg van winning Terwisscha. Bij het vaststellen van het verlagingenspatroon zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- het ruimtelijke verlagingenspatroon is bepaald tot een afstand van 7 km van de waterwinning
- het verlagingensbeeld is consistent; de verlagingen nemen af naarmate de afstand van de winning toeneemt
- waar aangetoond, is de invloed van potklei op het verlagingenspatroon meegenomen.

Aanvullende tijdreeksanalyse

Ter aanvulling op de tijdreeksanalyse uit §3.1, is de analyse voor de betreffende peilbuizen ook uitgevoerd voor de resterende diepere filters waarvoor voldoende gegevens beschikbaar zijn. Daarnaast is bezien van welke andere peilbuizen binnen een straal van 7 km voldoende gegevens beschikbaar zijn voor het uitvoeren van een tijdreeksanalyse. Voor vier aanvullende peilbuizen zijn voldoende gegevens beschikbaar. Figuur 3-1 presenteert de peilbuizen die zijn geanalyseerd. De stijghoogteveranderingen in deze locaties worden verderop in dit rapport gebruikt om het verlagingenpatroon als gevolg van de waterwinning te construeren.



Figuur 3-1 Locaties van peilbuizen die in de tijdreeksanalyse zijn beschouwd

Tabel 3-2 presenteert de resultaten van de tijdreeksanalyse. Voor de methodiek verwijzen we naar §3.2. De uitkomsten voor filter 1 zijn iets gewijzigd ten opzichte van de vorige tijdreeksanalyse, omdat een andere modelselectie is uitgevoerd².

Opvallend in de tabel is dat de meeste peilbuizen over de onderzochte filters een vergelijkbare stijghoogteverandering hebben. Alleen peilbuizen 11HP0017 en 11HP0022 hebben een

² Na het uitvoeren van een uitgebreide modeldiagnose, is uit de overgebleven tijdreeksmodellen consequent het model met het laagste Schwarz Information Criterion (SIC) gekozen. Dit goodness-of-fit criterium straft het toevoegen van variabelen aan modellen vrij zwaar af. In de eerdere analyse is gebruik gemaakt van het Akaike Information Criterion dat een model met meer variabelen minder zwaar afstraft. Eventuele verschillen tussen stijghoogteverandering in vorige en deze rapportage zijn toe te wijzen aan het gebruik van het SIC in deze rapportage.

significant kleinere stijghoogteverandering in het eerste filter. Hier speelt waarschijnlijk de dempende werking van ondoorlatende lagen een rol.

	Filter			
Peilbuis	1	2	3	4
11HP0017	-0.41 ± 0.05	-0.60 ± 0.09	-0.65 ± 0.06	-0.58 ± 0.09
11HP0019	-0.93 ± 0.35	-0.91 ± 0.30	-0.92 ± 0.35	-0.91 ± 0.35
11HP0021	-0.93 ± 0.19	-0.94 ± 0.19	-1.00 ± 0.06	-1.04 ± 0.11
11HP0022	-0.31 ± 0.07	-0.58 ± 0.05	-0.57 ± 0.04	-0.58 ± 0.03
11HP0036	-0.25 ± 0.04	-0.29 ± 0.05	-0.29 ± 0.05	x
16FP0013	-0.28 ± 0.19	-0.25 ± 0.18	-0.19 ± 0.10	x
11HP0032	x	-2.11 ± 0.21	x	x
11HP0033	x	-1.36 ± 0.19	-1.35 ± 0.19	x
11HP0034	-0.65 ± 0.17	-0.66 ± 0.17	-0.72 ± 0.13	x
11HP0035	-0.43 ± 0.16	-0.54 ± 0.11	-0.55 ± 0.11	x

Tabel 3-2 Stijghoogteverandering op basis van de periode 1960-1994 volgens de tijdreeksanalyse met winning van 5.8 miljoen m³/jaar. (x = geen/onvoldoende gegevens beschikbaar).

Ruimtelijk verlagingenpatroon op basis van de tijdreeksanalyse

Voor het construeren van een ruimtelijk verlagingenpatroon maken we gebruik van de analytische formulering van Thiem-Dupuit. Dit is een gebruikelijke formulering om de invloed van grondwateronttrekkingen op de stijghoogte te schatten. Variabelen in de Thiem-Dupuit vergelijking die moeten worden ingeschat zijn:

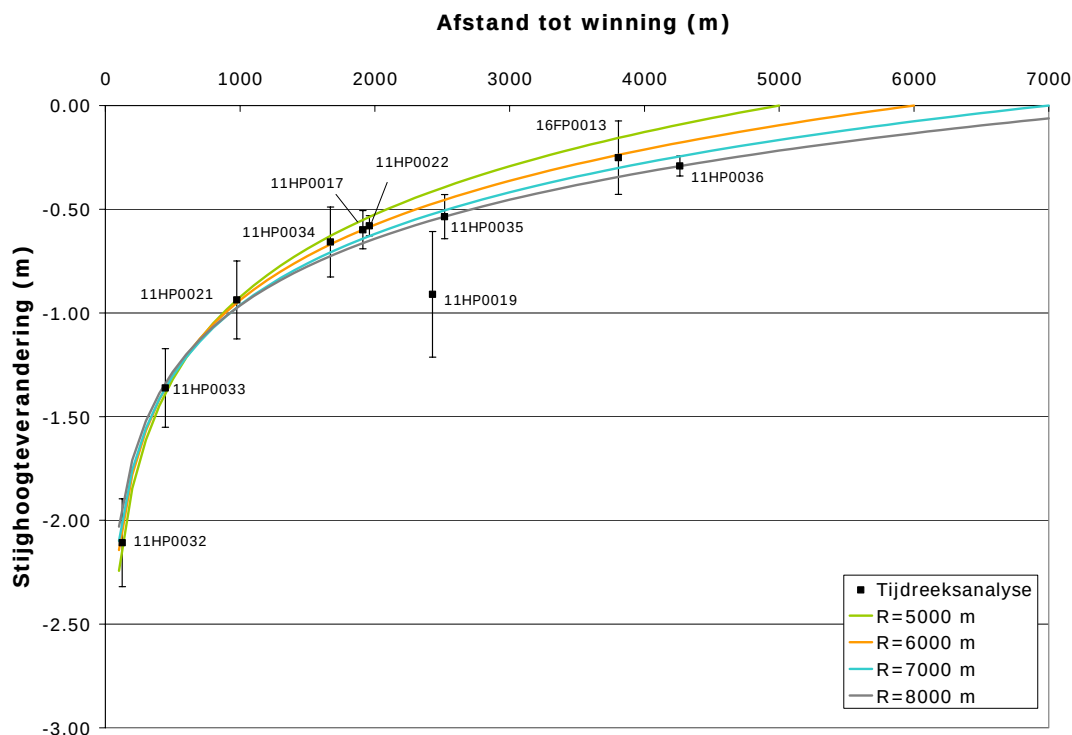
- de afstand van de voedende rand (R)
- de doorlaatbaarheid van de bodem (k)
- de dikte van de laag waardoor horizontale stroming plaatsvindt (D)

De laatste twee variabelen worden vaak tezamen uitgedrukt in de horizontale doorlaatbaarheid, ofwel KD-waarde.

Om een versturende invloed van eventuele potkleilagen te voorkomen (de formulering is hiervoor niet geschikt) is telkens de stijghoogteverandering in het tweede filter gebruikt. Figuur 3-2 geeft de stijghoogteveranderingen met bijbehorend betrouwbaarheidsinterval en de Thiem-Dupuit vergelijking voor voedende randen van 5000, 6000, 7000 en 8000 m. De KD-waarden zijn gekalibreerd om zo goed mogelijk op de stijghoogteveranderingen volgens de tijdreeksanalyse te passen.

De vergelijking met een voedende rand op 7000 m (KD=5100 m²/dag) past het best binnen de betrouwbaarheidsbanden van de stijghoogteveranderingen die met de tijdreeksanalyse zijn bepaald. Opvallend is de afwijking voor peilbuis 11HP0019. Deze past niet bij de andere peilbuizen. Beschouwen we de resultaten van de tijdreeksanalyse van KIWA voor deze peilbuis, dan blijkt dat KIWA voor deze peilbuis een stijghoogteverandering van 0.43 ± 0.13 m vindt. Een dergelijke verandering in deze peilbuis past beter in het ruimtelijke verlagingenbeeld. Een verschil met de door KIWA toegepaste tijdreeksanalyse is de periode die is beschouwd. Toepassing van de tijdreeksanalyse, maar nu voor de periode die KIWA heeft gehanteerd (1971-1994), leidt tot een kleinere stijghoogteverandering (0.62 m) voor peilbuis 11HP0019. De grootte van de marge in de stijghoogteverandering voor peilbuis 11HP0019 (0.30 m) ten opzichte van de andere peilbuizen en de gevoeligheid van de stijghoogteverandering voor de gekozen modelperiode geeft aanleiding te vermoeden dat andere effecten naast de winning zijn

opgenomen in de berekende stijghoogteverandering. Voor de andere peilbuizen lijken deze andere factoren beperkt. De stijghoogteverandering gedraagt zich in grote lijnen zoals zou mogen verwacht op basis van de analytische formulering.



Figuur 3-2 Thiem-Dupuit verlagingscurve voor een aantal afstanden van de voedende rand (R)

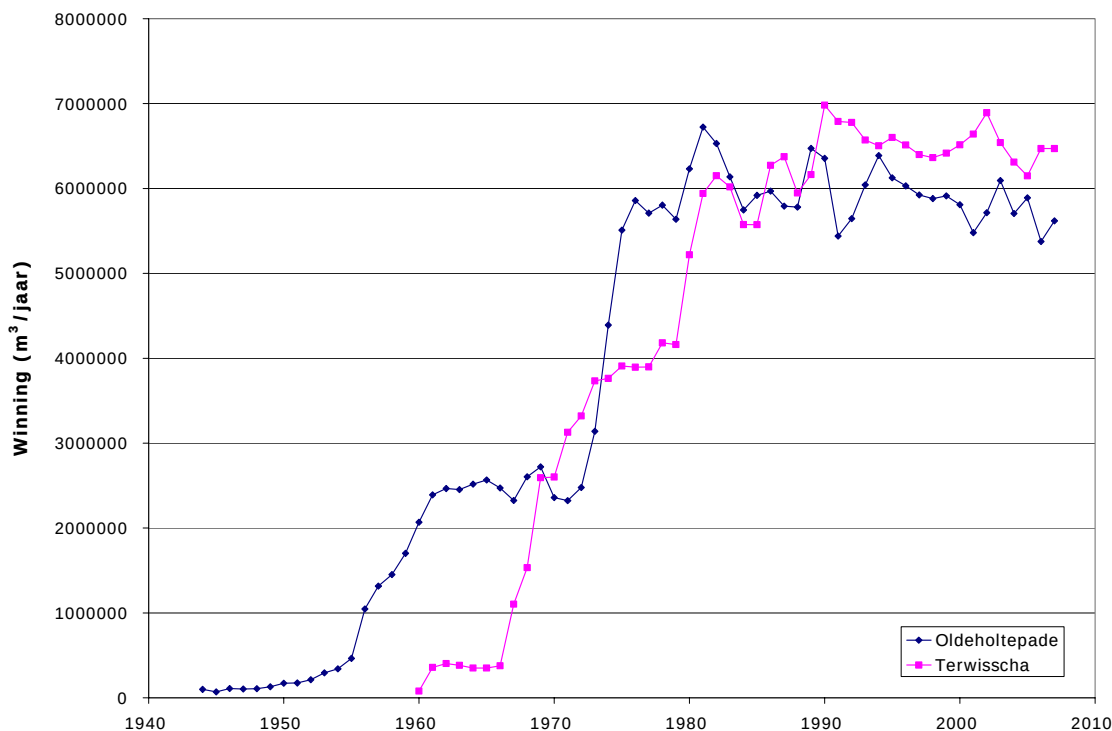
Bekijken we mogelijke andere factoren die zouden kunnen hebben bijgedragen aan de stijghoogteverandering in peilbuis 11HP0019, dan betekent het dat deze factoren gecorreleerd moeten zijn aan de winning bij Terwisscha. Een oorzaak zou bebossing kunnen zijn. Ten oosten van de peilbuis is het bos uitgebreid tussen 1960 en 1990 (Figuur 4-11). Zowel de afmeting van de bomen als de diepte van de wortels en het daarbij horende watergebruik zal naarmate de tijd verstrijkt toenemen. Hierdoor zou een correlatie tussen de winning en de invloed van de bebossing kunnen worden gevonden.

Eventuele invloed van andere oorzaken op ruimtelijk verlagingenbeeld

In het onderzoek van KIWA [4] naar de verlagingen als gevolg van de winning wordt niet uitgesloten dat er andere oorzaken dan de winning zouden kunnen zijn die in de met de tijdreeksanalyse bepaalde stijghoogteveranderingen zijn opgenomen. Een deel van de stijghoogteverandering zou hierdoor ten onrechte aan de winning kunnen worden toegekend. Een dergelijke oorzaak moet dan wel gecorreleerd zijn aan de winning, om in de tijdreeksanalyse aan de winning toegekend te kunnen worden.

In een analyse naar de grootte van de effecten van de andere oorzaken is in hoofdstuk 2 een trendanalyse uitgevoerd voor peilbuizen op een afstand van meer dan 8 km. Voor deze peilbuizen wordt geen invloed van de winning Terwisscha meer verwacht. De stijghoogtedalingen voor deze peilbuizen varieert tussen de 0 en 0.40 m met een gemiddelde stijghoogtedaling van 0.20 m. Oorzaken voor deze stijghoogtedalingen zouden andere winningen, verandering van grondgebruik of waterbeheersingsmaatregelen (ruilverkavelingen) kunnen zijn. De invloed van beregning wordt niet groot geacht (§4.3).

Van de genoemde oorzaken is het dan de vraag of het aannemelijk is dat deze gecorreleerd zijn aan de grondwaterwinning bij Terwisscha. Het verloop van de winningen van Oldeholtepade en Terwisscha (Figuur 3-3) in de tijd laat zien dat deze mogelijkheid bestaat voor de winningen. De correlatiecoëfficiënt tussen de winningen bedraagt 0.89 voor de periode 1960-1994. Voor peilbuis 11HP0019 lijkt deze oorzaak niet aannemelijk omdat deze zich op meer dan 15 km van de winning bij Oldeholtepade bevindt. Voor de waterbeheersingsmaatregelen is dit niet aannemelijk omdat de stijghoogteverandering grotendeels instantaan optreedt na uitvoering van de werken en hierdoor naar verwachting in kleine mate gecorreleerd kan zijn aan de winning bij Terwisscha.

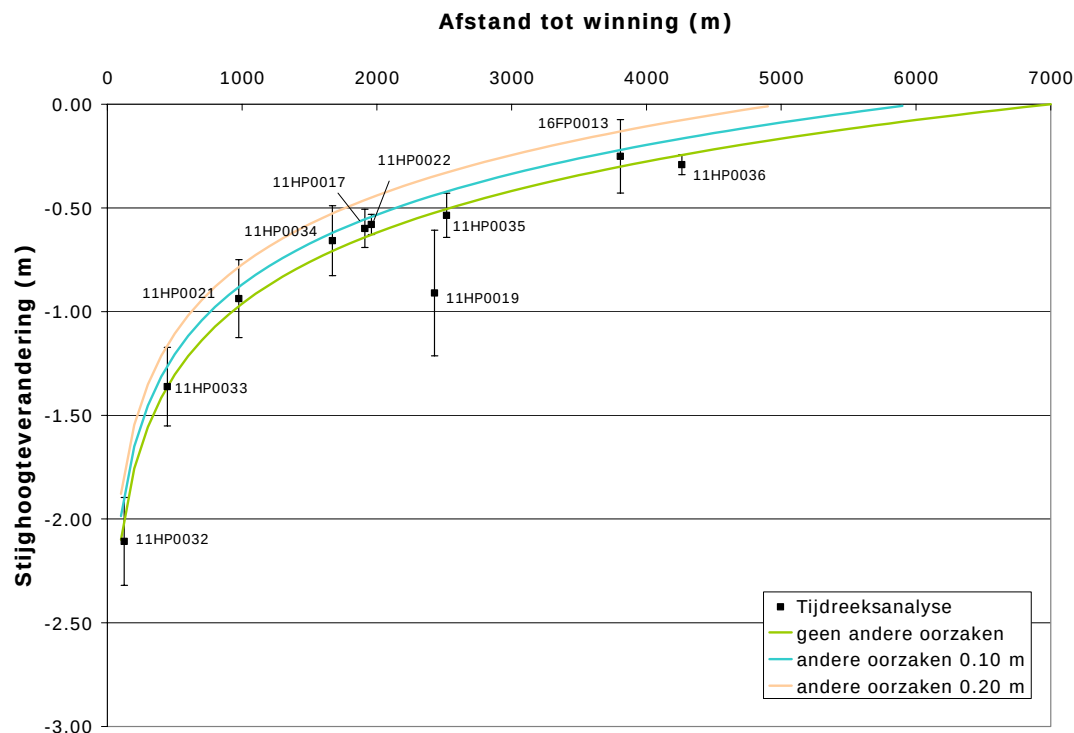


Figuur 3-3 Grootte van de waterwinningen Oldeholtepade en Terwisscha in de tijd

Ter evaluatie van het mogelijke effect van andere oorzaken op het verlagingenpatroon zijn de variabelen in de Thiem-Dupuit vergelijking ook bepaald voor de situatie dat de stijghoogtedaling in de beschouwde peilbuizen ten onrechte 0.10 m en 0.20 m daling bevat als gevolg van andere oorzaken dan de winning bij Terwisscha (Figuur 3-4). Hierbij moet worden opgemerkt dat het niet aannemelijk is dat deze waarde voor alle peilbuizen hetzelfde zal zijn.

Invloed van potklei op ruimtelijk verlagingenbeeld

In hoofdstuk 5 wordt aangetoond dat het aaneengesloten voorkomen van potklei aan grote onzekerheid verbonden is. Potklei komt ten noorden van de winning voor, maar kan alleen lokaal ter plaatse van een beperkt aantal putten worden aangetoond. Tussen deze putten is het aaneengesloten voorkomen van potklei onzeker. Op basis van de beschikbare informatie achten wij het daarom vooralsnog niet verantwoord om het effect van de potklei te verwerken in het ruimtelijk verlagingenpatroon. Hiervoor dient eerst een betrouwbaar ruimtelijk beeld met een hoge resolutie te worden bepaald van het voorkomen van potklei.



Figuur 3-4 Mogelijk effect andere oorzaken op verlagingenpatroon

3.4 Conclusies

In het onderzoek is een tijdreeksanalyse van stijghoogtes in zeven peilbuizen uitgevoerd. Voor peilbuis 11HP0021, waarvoor de stijghoogteverlaging als gevolg van de winning nauwkeurig kon worden bepaald, bevestigt de tijdreeksanalyse de resultaten van het KIWA onderzoek uit 1995 [4]. Bezien we voor deze peilbuis de verlaging tot en met 1994, dan wijken beide tijdreeksanalyses slechts 0.02 m af en hebben beide analyses een 95% betrouwbaarheidsband van 0.13 m.

Over het maken van een ruimtelijk verlagingenbeeld zijn de volgende conclusies te trekken:

- Voor het construeren van een ruimtelijk verlagingenpatroon van de winning bij Terwisscha is een tijdreeksanalyse uitgevoerd voor 10 peilbuizen. Met behulp van een daarvoor gebruikelijke analytische formulering (Thiem-Dupuit) die de stijghoogteverandering als gevolg van een winning berekent, zijn de berekende verlagingen in het tweede filter in de 10 locaties omgezet naar een aaneengesloten ruimtelijk beeld.
- De formulering past goed binnen de betrouwbaarheidsbanden van 9 van de 10 peilbuizen. Peilbuis 11HP0019 is hierin afwijkend. Op basis van de relatief grote onzekerheidsbanden voor deze peilbuis in vergelijking met de andere peilbuizen en gevoeligheid voor de gekozen modelperiode, verwachten wij dat in de berekende stijghoogteverandering voor deze peilbuis andere oorzaken voor verlagingen zijn opgenomen. Gezien het goed passende verloop van de analytische formulering voor de andere peilbuizen, verwachten wij niet dat dergelijke oorzaken de resultaten voor de andere peilbuizen significant beïnvloeden.
- Het aaneengesloten voorkomen van potklei is aan grote onzekerheid verbonden. Potklei komt ten noorden van de winning voor, maar kan alleen lokaal ter plaatse van een beperkt aantal putten worden aangetoond. Tussen deze putten is het aaneengesloten voorkomen van potklei onzeker. Op basis van de beschikbare informatie achten wij het daarom

vooralsnog niet verantwoord om het effect van de potklei te verwerken in het ruimtelijk verlagingenpatroon. Hiervoor dient eerst een betrouwbaar ruimtelijk beeld met een hoge resolutie te worden bepaald van het voorkomen van potklei.

4 Analyse oorzaken stijghoogteverlagingen

4.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn trendmatige stijghoogtedalingen in de tijd bepaald. Dichtbij de winning Terwisscha zal een aanzienlijk deel van de stijghoogtedalingen worden veroorzaakt door de winning. Verder van de winning vandaan zal de invloed van de winning afnemen. Verder dan 10 km van de winning zal de invloed van de winning naar verwachting niet significant zijn³, terwijl hier toch stijghoogtedalingen tot 40 cm voorkomen. Dit hoofdstuk inventariseert andere oorzaken die deze stijghoogtedalingen kunnen hebben veroorzaakt. Daarbij worden beschouwd:

- andere winningen;
- berekening;
- veranderingen in het grondgebruik;
- waterbeheersingsmaatregelen.

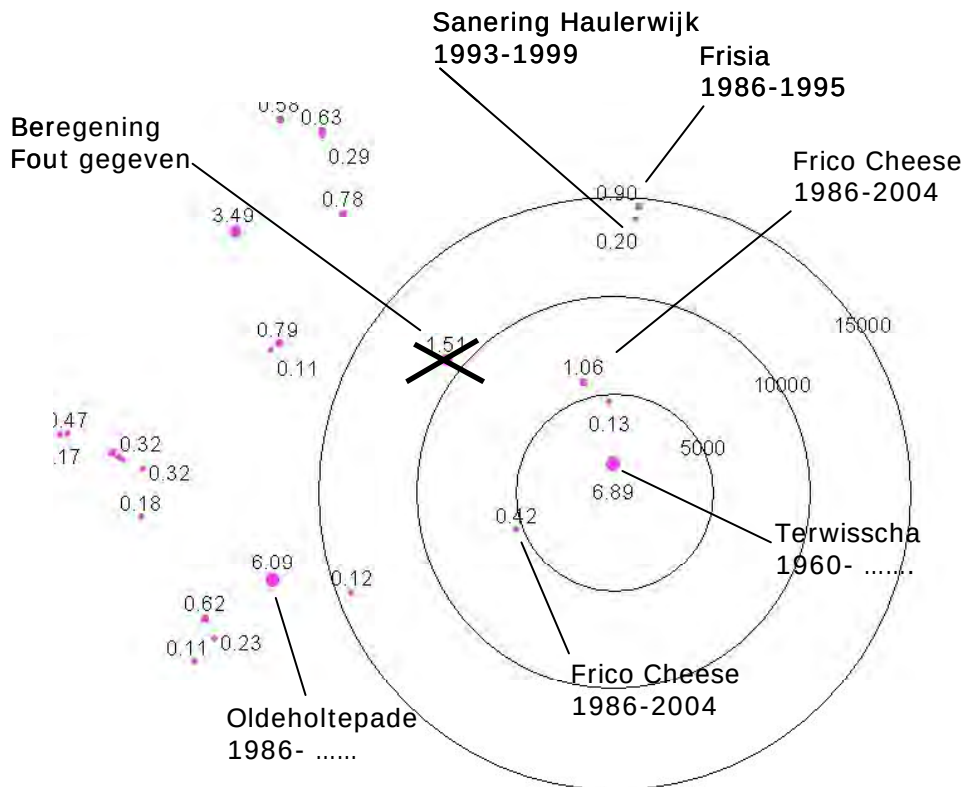
4.2 Andere winningen

De provincie Fryslân heeft het grondwaterregister toegeleverd waarin winningen zijn opgenomen vanaf 1986. Van de periode daarvoor heeft de provincie geen digitale gegevens. Het register is verdeeld in twee groepen: het zogenaamde meldingenregister met kleine winningen ($< 10 \text{ m}^3/\text{uur}$) en het algemene register met vergunningsverplichte winningen ($> 10 \text{ m}^3/\text{uur}$). Figuur 4-1 geeft de grootste winningen (maximale winning > 0.1 miljoen m^3/jaar) in de periode 1986 tot en met 2006 weer. De winningen die zijn aangegeven vanaf 1986 zouden eerder kunnen beginnen. Winningen die voor 1986 zijn gestopt, zijn niet in het register opgenomen en niet in de figuur weergegeven. Verder valt op dat de winning Terwisscha in het register te noordelijk is opgenomen.

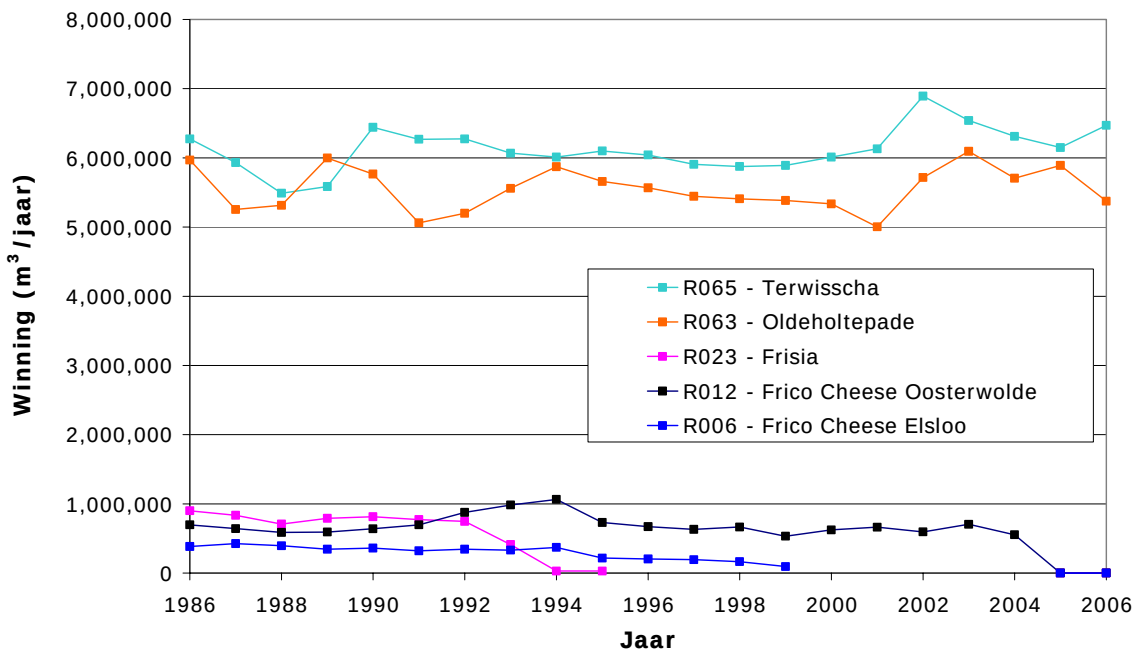
Figuur 4-2 geeft het verloop van de grootste winningen in de tijd vanaf 1986 weer. De winningen zijn de eerste jaren na 1986 vrij vlak, wat aanleiding kan zijn om te denken dat de winningen in de jaren daarvoor ook actief waren. Wanneer de winningen zijn gestart kan niet uit het register worden opgemaakt.

Figuur 4-3 geeft de winningen weer naast de stijghoogtedalingen. Opgemerkt moet worden dat de stijghoogtedalingen gelden tussen de perioden 1963-1965 en 1981-1983 en de maximale jaarwinningen gelden voor de periode 1986-2004. Omdat de winningen pas bekend zijn na 1986, kan het zijn dat ze niet relevant zijn voor de stijghoogtedalingen. Verder geldt dat er winningen voor 1986 actief geweest kunnen zijn die niet in de figuur zijn weergegeven omdat deze gegevens niet zijn geregistreerd. We gebruiken deze gegevens rekening houdend met hun beperkingen.

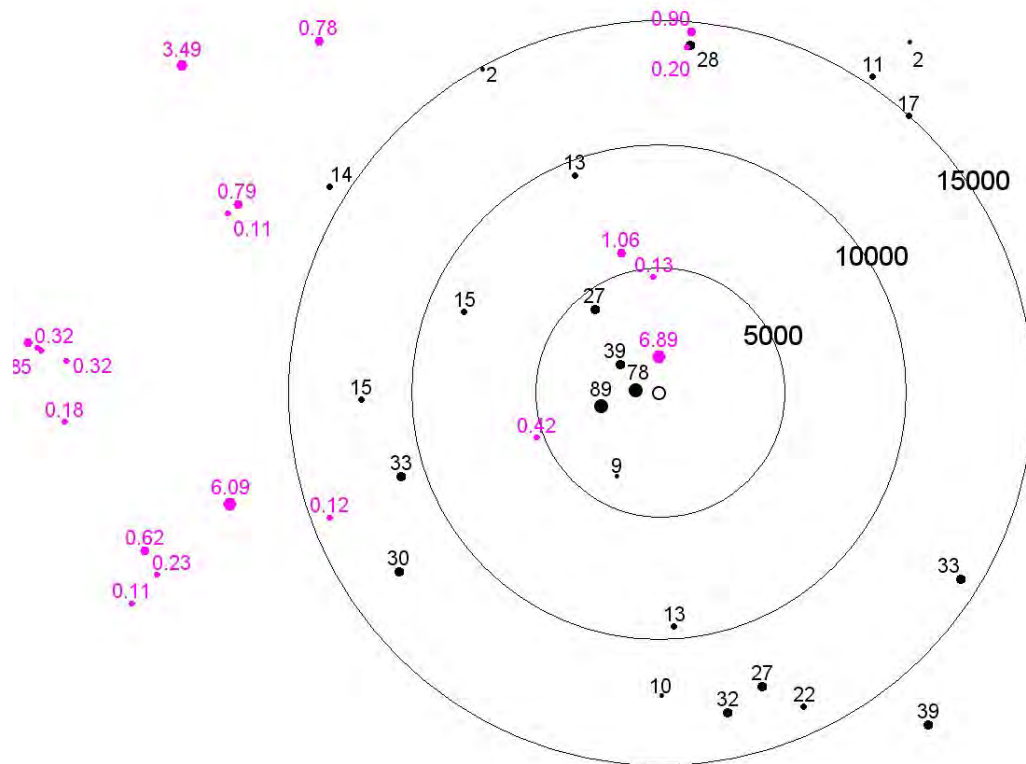
³ Alle eerdere onderzoeken hadden een invloedsgebied van de winning van minder dan 10 km.



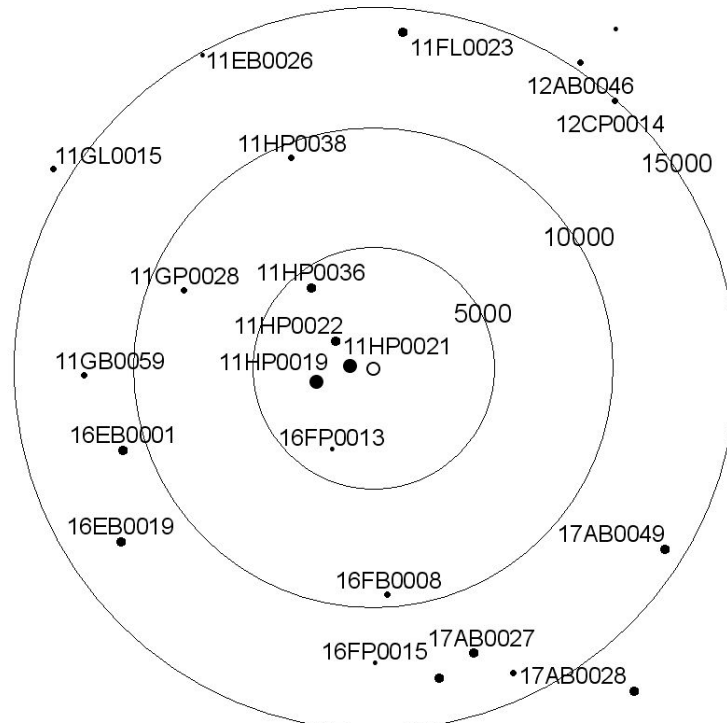
Figuur 4-1 Grootste vergunningsverplichte winningen met maximale jaarwinning aangegeven



Figuur 4-2 Verloop van de relevante winningen in de tijd, vanaf 1986

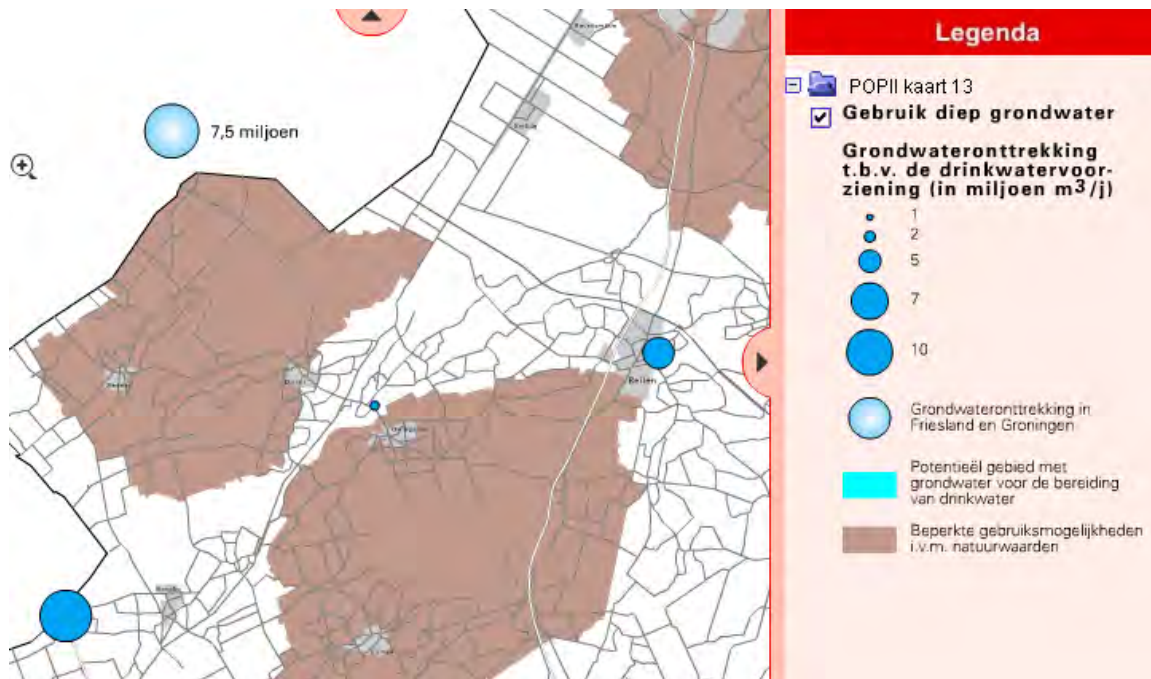


Figuur 4-3 Stijghoogtedalingen tussen perioden 1963-1965 en 1981-1983 (zwart) naast de maximale jaarwinning in de periode 1986-2006

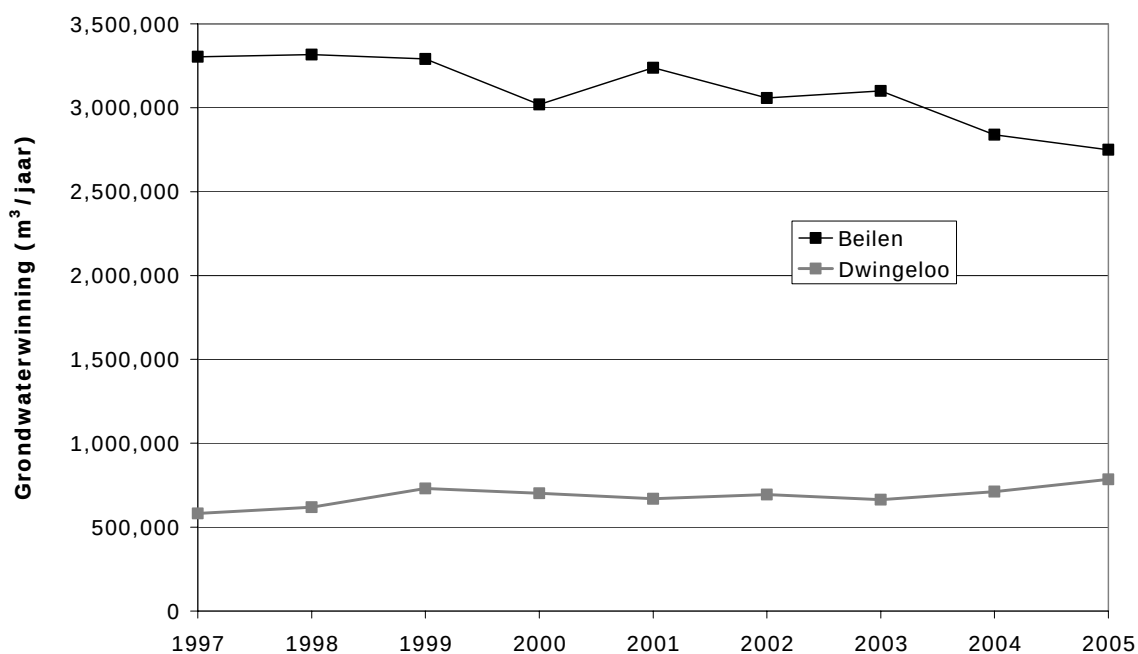


Figuur 4-4 Benamingen van peilbuizen

Figuur 4-5 geeft de grondwateronttrekkingen in de provincie Drenthe weer die mogelijk van belang zijn voor de peilbuizen die we onderzoeken. Naast de winningen in Drenthe is ook de winning in Terwisscha weergegeven ter grootte van 7.5 miljoen m³/jaar. Met name van belang zijn de winning net ten noorden van Dwingeloo en de winning ten oosten van Beilen. De winning bij Dwingeloo was tussen 1997 en 2006 in de orde van grootte van 0.7 miljoen m³/jaar en de winning bij Beilen was in deze periode in de orde van grootte van 3 miljoen m³/jaar (Figuur 4-6).

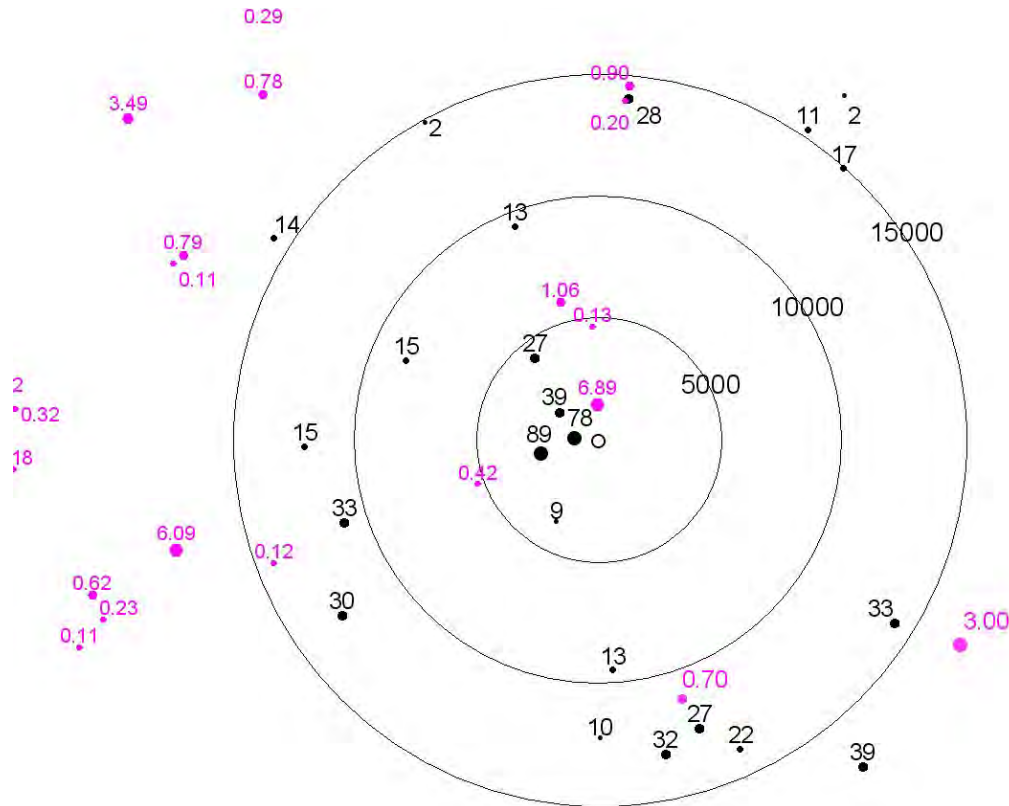


Figuur 4-5 Winningen in Drenthe (bron <http://www.drenthe.info/risi/website/popii/kaart13/kaart.html>)



Figuur 4-6 Grondwaterwinningen bij Beilen en Dwingeloo (bron: jaarverslag WMD 2001 en 2006)

Figuur 4-7 geeft de ligging van de grondwaterwinningen (roze) weer ten opzichte van de peilbuizen met de daarbij bepaalde trendmatige daling in cm (zwart) van de stijghoogte over de periodes 1963-1965 en 1981-1983. De winning is weergegeven in miljoen m³/jaar.



Figuur 4-7 Ligging grondwaterwinningen Drenthe t.o.v. peilbuizen en stijghoogtedalingen

In het hierna volgende worden de peilbuizen met stijghoogtedalingen van meer dan 20 cm nader beschouwd in het licht van de grondwaterwinningen.

Peilbuis 11FL0023 (zie Figuur 4-4):

Op 500 m van deze peilbuis ligt de onttrekking van Frisia De Vries en Zonen (thans Pluimveeslachterij J. De Vries & Zn. B.V.) van maximaal 0.9 miljoen m³/jaar. Deze winning zou een plausible verklaring kunnen zijn van (een deel van) de stijghoogtedaling van 28 cm die in Figuur 4-3 is gepresenteerd. Het is echter onbekend wanneer deze winning is gestart.

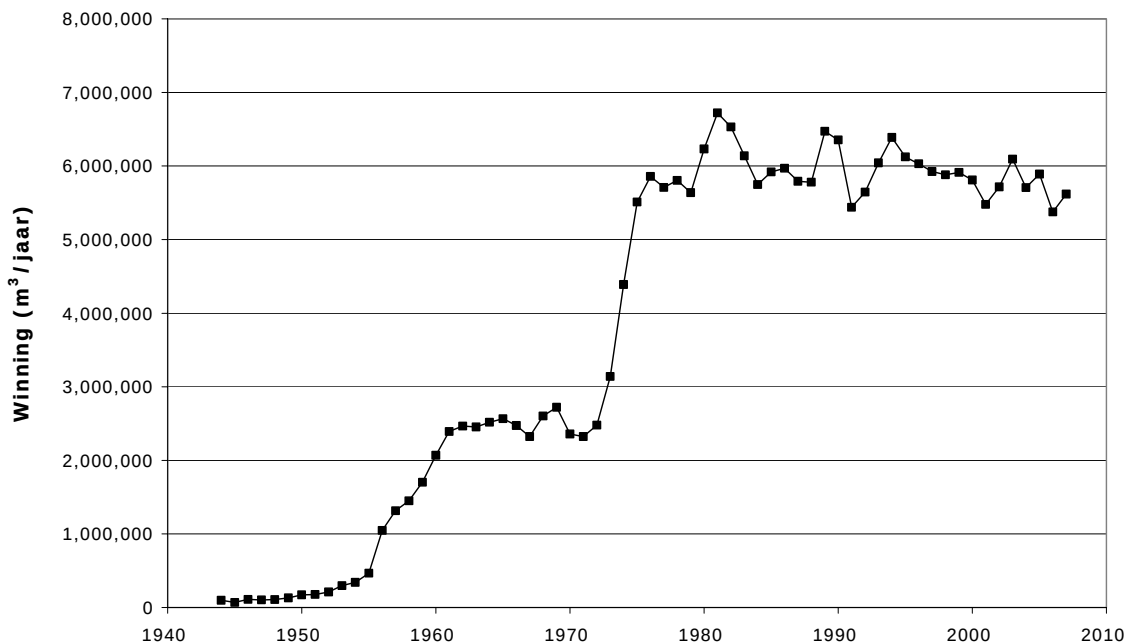
De sanering Haulerwijk van 0.2 miljoen m³/jaar ligt op iets meer dan 100 m van de peilbuis, maar deze winning vond plaats tussen 1993 en 1999 en kan de stijghoogtedalingen tussen 1961 en 1983 niet verklaren.

Peilbuizen 11HP0036, 11HP0022, 11HP0021 en 11HP0019:

Rondom deze peilbuizen liggen de winningen van Terwisscha van maximaal 6.89 miljoen m³/jaar, van Frico Cheese van 1.06 miljoen m³/jaar (Oosterwolde) en van 0.42 miljoen m³/jaar (Elsloo) en van Plusfood B.V. van 0.13 miljoen m³/jaar. De waterwinning bij Terwisscha is de grootste en heeft een groot verschil in onttrekking tussen 1961 en 1983 (zie ook Figuur 2-1). Van de winningen van Frico Cheese is onbekend wanneer deze zijn gestart. Indien deze na 1965 en voor 1981 zijn gestart, kunnen ze de stijghoogtedalingen in de peilbuizen hebben beïnvloed.

Peilbuizen 16EB0001 en 16EB0019:

Peilbuis 16EB0001 ligt op ongeveer 7 km en peilbuis 16EB0019 ligt op ongeveer 7.3 km van grondwaterwinning Oldeholtepade. Tussen de periodes 1963-1965 en 1981-1983 is de grondwaterwinning toegenomen met 4.0 miljoen m³/jaar. Mogelijk heeft de verhoging van de winning een (deel van de) stijghoogtedaling in peilbuizen 16EB0001 en 16EB0019 veroorzaakt, mogelijk in samenhang met de winning bij Terwisscha.



Figuur 4-8 Grondwaterwinning Oldeholtepade

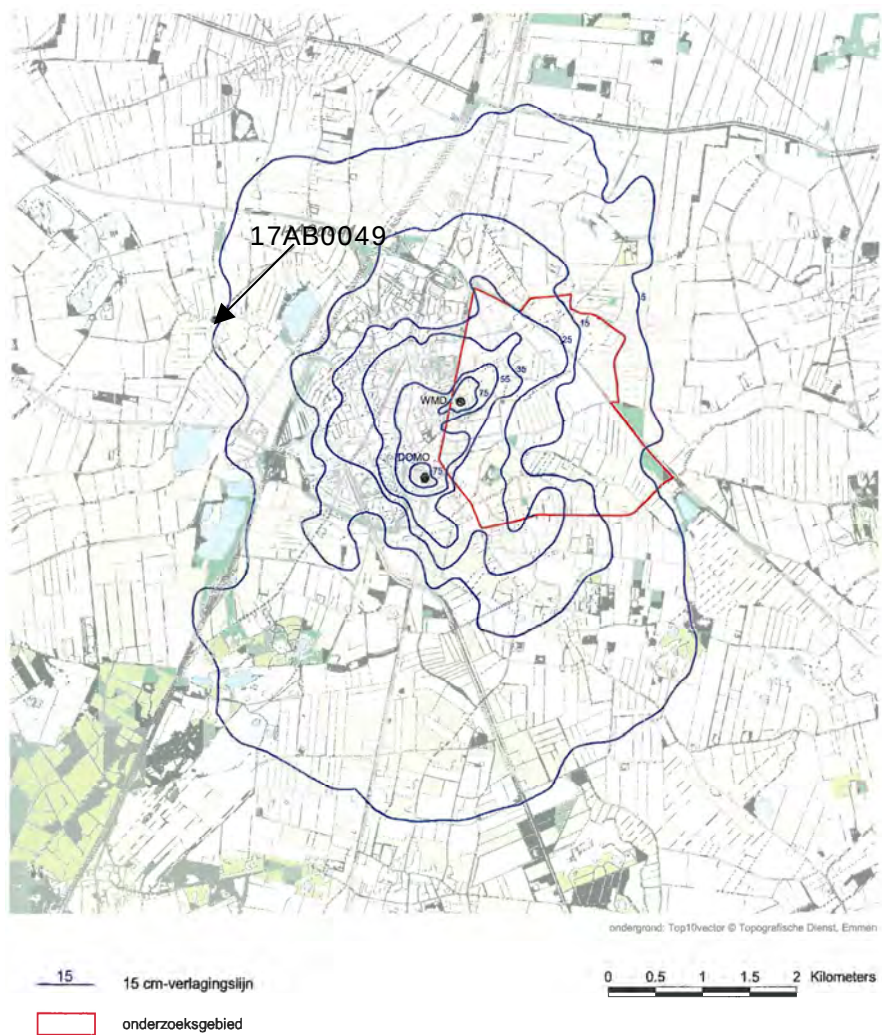
Peilbuizen 16FB0008, 17AB0027 en 16FP0015

De peilbuizen liggen op 1.5 tot 3 km afstand van de grondwaterwinning ten noorden van Dwingeloo. Indien deze winning tussen 1965 en 1981 significant is toegenomen, zou deze toename een bijdrage kunnen hebben in de dalingen van de stijghoogtes rondom Dwingeloo.

Peilbuis 17AB0049

Naar aanleiding van het overleg over het eerste conceptrapport van 26 maart 2008 heeft het CDG aanvullende informatie gestuurd over de winning bij Beilen [5]. Bij Beilen blijken twee winningen actief te zijn, één van Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD) en één van de zuivelfabriek Domo, thans poederfabriek unit Beilen (PUB). De winning van WMD is gestart in 1942. WMD heeft sinds 1970 een vergunning voor een onttrekking van 4 miljoen m³/jaar. De PUB onttrekt sinds omstreeks 1953 grondwater. De PUB heeft een vergunning voor een onttrekking van 3.5 miljoen m³/jaar.

IWACO heeft voor de CDG het verlagingspatroon als gevolg van de twee winning gezamenlijk bepaald voor een onttrekkingshoeveelheid van 6.16 miljoen m³/jaar (Figuur 4-9). Uit de figuur blijkt dat peilbuis 17AB0049 met een met de trendanalyse berekende verlaging van 0.30 m op de 5 cm verlagingscurve ligt. Indien de winningen tussen 1965 en 1981 significant zijn toegenomen, zou deze toename een bijdrage kunnen hebben in de daling van de stijghoogte in de peilbuis.



Figuur 4-9 Winningen bij Beilen en invloedsgebied bij een gezamenlijke winning van 6.16 miljoen m^3 /jaar

4.3 Berekening

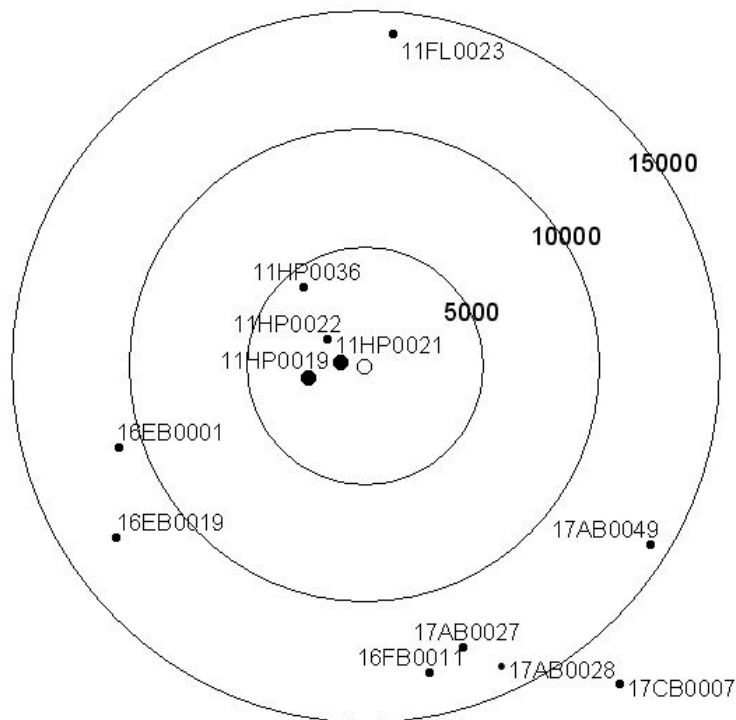
Iwaco heeft in 1993 in opdracht van de provincie Friesland onderzoek gedaan naar de effecten van beregening op de freatische stijghoogte [3]. De berekeningen in het onderzoek zijn uitgevoerd met een niet stationair model. IWACO concludeert dat voor een 10% droog jaar door beregening dalingen van de stijghoogte optreden tot 6 cm aan het eind van het groeiseizoen. Gemiddeld over het jaar en voor een meer gemiddeld jaar zal de stijghoogteverandering significant minder zijn. Dit overziende mag worden verwacht dat de effecten van beregening op de stijghoogteverandering niet significant zijn.

4.4 Veranderingen in grondgebruik rondom Terwisscha

Voor het verkrijgen van inzicht in de aanpassingen in het grondgebruik zijn Wetterskip Fryslân en de CDG benaderd voor ruilverkavelingsgegevens en is bij Alterra het historische LGN van 1960 (peildata 1956-1962) en 1990 (peildata 1986-1994) opgevraagd. Van CDG is het rapport over de ruilverkaveling Ooststellingwerf ontvangen [1]. Wetterskip Fryslân heeft de archieven

doorzocht, maar veel materiaal is door fusies verdwenen. Het wetterskip heeft globale ruilverkavelingsgegevens toegeleverd van de voormalige waterschappen Het Koningsdiep, Tjonger-Compagnonsvaarten en De Stellingwerfen. Met name de laatste twee waterschappen zijn van belang. Waterschap Het Koningsdiep ligt te noordelijk om voor deze analyse van belang te zijn.

De bovenstaande gegevens zijn gebruikt om te bezien of veranderingen in grondgebruik veranderingen in de stijghoogte kunnen hebben veroorzaakt. Daarbij is de omgeving rond de peilbuizen met een stijghoogteverandering van meer dan 0.20 m (Figuur 4-10) onderzocht. Tabel 4-1 vat het resultaat van de analyse van het grondgebruik kwalitatief samen.



Figuur 4-10 Locaties van peilbuizen waarvoor stijghoogteveranderingen in relatie tot ruilverkavelingen en grondgebruik nader zijn beschouwd.

Voor 8 van de 12 peilbuizen met een stijghoogteverandering van meer dan 0.20 m zijn de veranderingen in het grondgebruik rondom de peilbuis aanzienlijk tussen het historische LGN van 1960 en 1990. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor (een deel van) de stijghoogtedalingen die in de trendanalyse in dit rapport zijn gevonden tussen de perioden 1963-1965 en 1981-1983. Hier kunnen echter geen harde conclusies aan worden verbonden, omdat het niet duidelijk is of de ontwatering rondom de peilbuis is aangepast om het grondgebruik te faciliteren. Hiervoor is meer gedetailleerde informatie nodig die niet voorhanden is. De analyse van het grondgebruik geeft wel aan voor welke peilbuizen invloeden van wijzigingen in het grondgebruik kunnen worden verwacht.

Voor 3 van de 12 peilbuizen zijn de wijzigingen in het grondgebruik beperkt, terwijl de stijghoogteveranderingen significant zijn. Voor peilbuizen 17AB0049 en 17CB0007 geldt dat deze op respectievelijk 14 km en 17 km van de grondwaterwinning liggen. Stijghoogtedalingen van meer dan 30 cm als gevolg van de grondwaterwinning Terwisscha worden hier niet verwacht. Het grootste invloedsgebied dat in de voorgaande onderzoeken is genoemd heeft een straal van 7 km [2]. Peilbuis 17AB0049 ligt zoals eerder genoemd op 3 km afstand van de

grondwaterwinning bij Beilen. Deze winning heeft de stijghoogtedaling in de peilbuis mogelijk deels veroorzaakt. Een andere oorzaak zou kunnen zijn dat de ontwatering toch is aangepast bij vrijwel onveranderd grondgebruik. Peilbuis 11HP0036 ligt op iets meer dan 4 km van de winning en ondervindt mogelijk wel invloed van de winning. Dit zou (een deel van) de stijghoogtedaling van 27 cm kunnen verklaren.

Rondom peilbuis 11HP0021 zijn er nauwelijks wijzigingen in het grondgebruik. Uit het lineaire verband tussen grondwaterwinning en stijghoogteverandering (Figuur 4-10) kan worden opgemaakt dat er naast de winning geen plotselinge veranderingen in de ontwatering hebben plaatsgevonden. Indien wijzigingen hebben plaatsgevonden zijn deze lineair afhankelijk van de grondwaterwinning.

Peilbuis	afstand tot winning (m)	stijghoogte (m+NAP)		Verschil (cm)	Verandering grondgebruik
		1963-1965	1981-1983		
11FL0023	14089	522	494	-28	aanzienlijk
16EB0001	11001	189	156	-33	aanzienlijk
16EB0019	12799	210	180	-30	aanzienlijk
16FB0011	13234	627	595	-32	aanzienlijk
17AB0027	12602	730	703	-27	aanzienlijk
17AB0028	13970	848	826	-22	aanzienlijk
17AB0049	14321	1138	1105	-33	beperkt
17CB0007	17305	1151	1113	-39	beperkt
11HP0019	2428	647	558	-89	aanzienlijk
11HP0021	975	709	632	-78	nauwelijks
11HP0022	1959	707	669	-39	aanzienlijk
11HP0036	4263	502	476	-27	beperkt

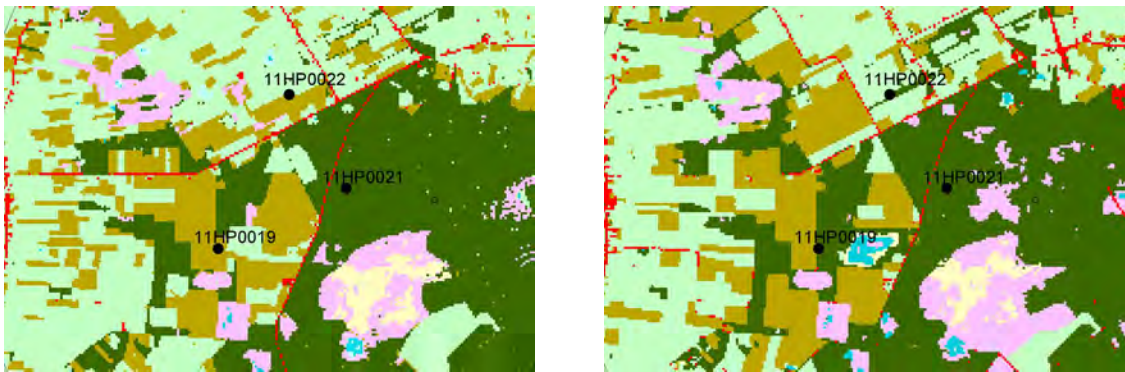
Tabel 4-1 Samenvatting vergelijking grondgebruik

Hieronder worden de veranderingen in het grondgebruik per peilbuis geanalyseerd.

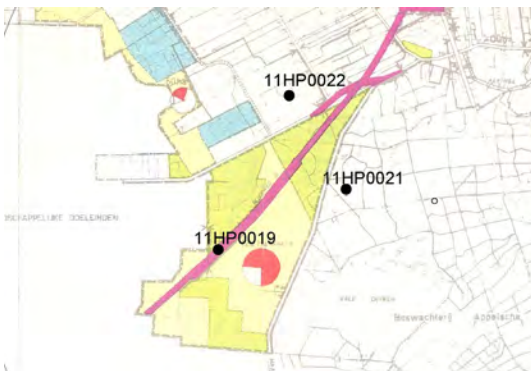
Peilbuis 11HP0021 (78 cm):

Het grondgebruik in de directe omgeving van de peilbuis is tussen 1960 en 1990 niet tot nauwelijks veranderd (Figuur 4-11). De peilbuis ligt in een bebost gebied. De grootste verandering is dat in 1990 een veengebied op ongeveer 300 m ten oosten van de peilbuis naar voren komt, waar deze in 1960 nog niet op de kaart stond. Verder is op een afstand van ongeveer 800 m een meer gegraven (Canada meer, een zwemplas). Figuur 4-12 geeft een deel van het ruilverkavelingsplan van Oostellingwerf weer. In de gele vlakken is weergegeven waar gronden liggen die in aanmerking komen om aan de landbouw te worden onttrokken. In het groen zijn die gebieden weergegeven waarvoor geen cultuurtechnische werken worden doorgevoerd en in het blauw zijn de gebieden weergegeven waar bodemprofielverbeteringen zijn doorgevoerd. In de resterende gebieden zijn, voor zover noodzakelijk, kavelinrichtingswerken uitgevoerd.

Gezien het grondgebruik en het ruilverkavelingsplan is het niet aannemelijk dat de stijghoogte in de peilbuis in belangrijke mate is beïnvloed door veranderingen in het grondgebruik.



Figuur 4-11 Historisch grondgebruik in 1960 en historisch grondgebruik in 1990



Figuur 4-12 Ruilverkaveling plan Ooststellingwerf ten opzichte van de peilbuis.

Peilbuis 11HP0019 (89 cm):

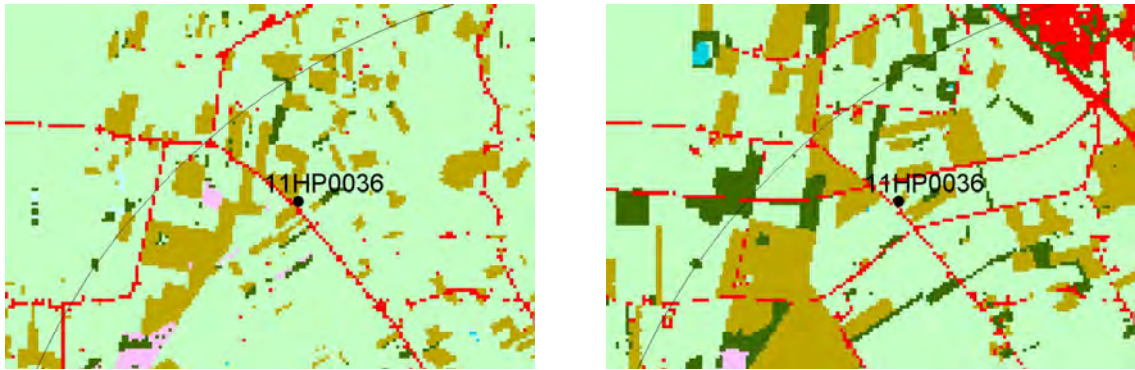
Peilbuis 11HP0019 ligt precies in de baan van een niet gerealiseerde rijksweg door het gebied (Figuur 4-12). Voor deze peilbuis is van belang dat op 350 m ten oosten van de peilbuis het Canadameer is ontgraven. Indien dit meer in de periode 1963-1983 ontgraven is, kan het meer de stijghoogteveranderingen tussen de perioden 1963-1965 en 1981-1983 hebben beïnvloed. Verder lag de peilbuis in 1960 in akkerbouwgebied en in 1990 wordt de peilbuis omgeven door bos. Mogelijk is de ontwatering door verandering in het grondgebruik aangepast en worden de stijghoogteveranderingen hierdoor beïnvloed.

Peilbuis 11HP0022 (39 cm):

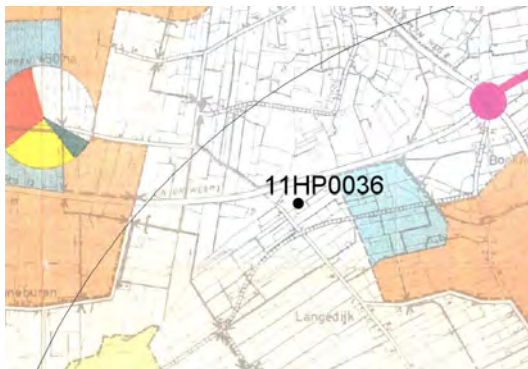
Voor peilbuis 11HP0022 geldt dat de akkerbouwgronden die ten zuiden van de peilbuis lagen zijn vervangen door een strook bos en grasland. Mogelijk is de ontwatering rondom de peilbuis aangepast en is de stijghoogteverandering daardoor tussen de perioden 1963-1965 en 1981-1983 beïnvloed.

Peilbuis 11HP0036 (27 cm):

Voor peilbuis 11HP0036 geldt dat het grondgebruik vlak rondom de peilbuis van akkerbouw naar grasland is gewijzigd (Figuur 4-13). Verder lijkt het alsof een groot aantal wegen is aangelegd tussen 1960 en 1990, maar deze komen ook al voor op het ruilverkavelingsplan van 1996 (Figuur 4-14). De wijzigingen rondom de peilbuis lijken beperkt.



Figuur 4-13 Historisch grondgebruik in 1960 en historisch grondgebruik in 1990



Figuur 4-14 Ruilverkaveling plan Ooststellingwerf ten opzichte van de peilbuis.

Peilbuizen 17AB0027 (27 cm), 16FB0011 (32 cm) en 17AB0028 (22 cm):

Figuur 4-15 geeft de veranderingen in het grondgebruik tussen 1960 en 1990.

Ruilverkavelingsgegevens waren voor dit gebied niet beschikbaar. Duidelijk blijkt dat Dwingeloo tussen 1960 en 1990 flink is gegroeid. Verder zijn de akkerbouwgebieden ten zuiden van Dwingeloo tussen 1960 en 1990 sterk in oppervlak afgenomen. Het aantal wegen lijkt ook afgenomen, maar een blik op de topografische atlas (gegevens van 1983-1989) leert dat dit een fout in de digitalisatie is. De aanpassingen in het grondgebruik zijn aanzienlijk.



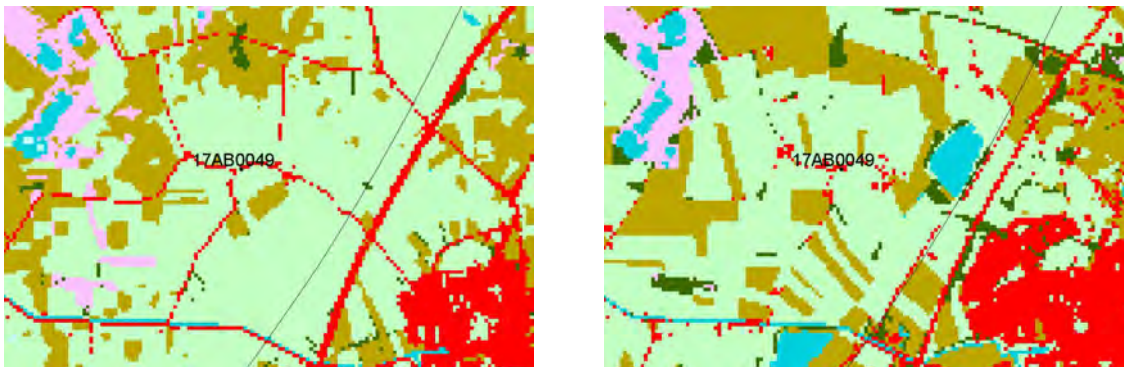
Figuur 4-15 Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts)

Peilbuis 17AB0049 (33 cm):

Figuur 4-16 geeft de veranderingen in het grondgebruik tussen 1960 en 1990.

Ruilverkavelingsgegevens waren voor dit gebied niet beschikbaar. De peilbuis ligt ten noordwesten van Beilen. Wijzigingen tussen 1960 en 1990 rondom de peilbuis zijn beperkt. Het lijkt alsof wegen zijn verdwenen in 1990, maar een blik op de topografische atlas (gegevens van 1983-1989) leert dat dit een fout in de digitalisatie is. De grootste verandering is dat op 650 m

van de peilbuis een meer is gegraven. Het meer is verbonden met de Leebroekerstroom die ten zuiden van de peilbuis ligt.

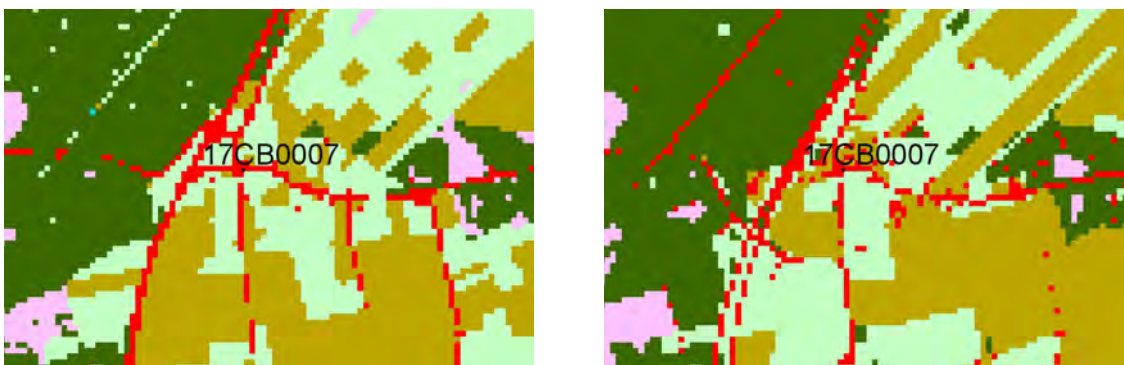


Figuur 4-16 Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts)

Peilbuis 17CB0007 (39 cm):

Figuur 4-17 geeft de veranderingen in het grondgebruik tussen 1960 en 1990.

Ruilverkavelingsgegevens waren voor dit gebied niet beschikbaar. De peilbuis ligt ten oosten van Boswachterij Dwingeloo bij Spier. De wijzigingen in het grondgebruik volgens het historische LGN van 1960 en 1990 zijn beperkt.

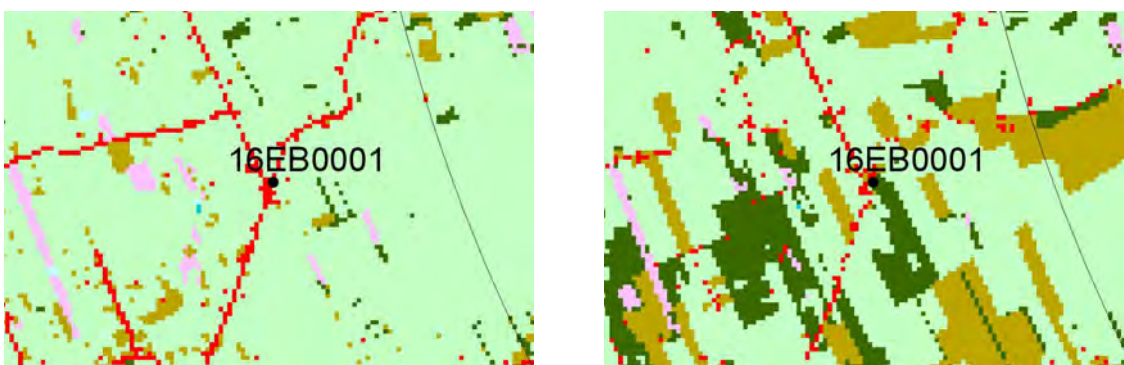


Figuur 4-17 Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts)

Peilbuis 16EB0001 (33 cm):

Figuur 4-18 geeft de veranderingen in het grondgebruik tussen 1960 en 1990.

Ruilverkavelingsgegevens waren voor dit gebied niet beschikbaar. De wijzigingen in het grondgebruik rondom de peilbuis zijn significant. Ten opzichte van 1960 is er in 1990 aanzienlijk meer bos en akkerbouw.

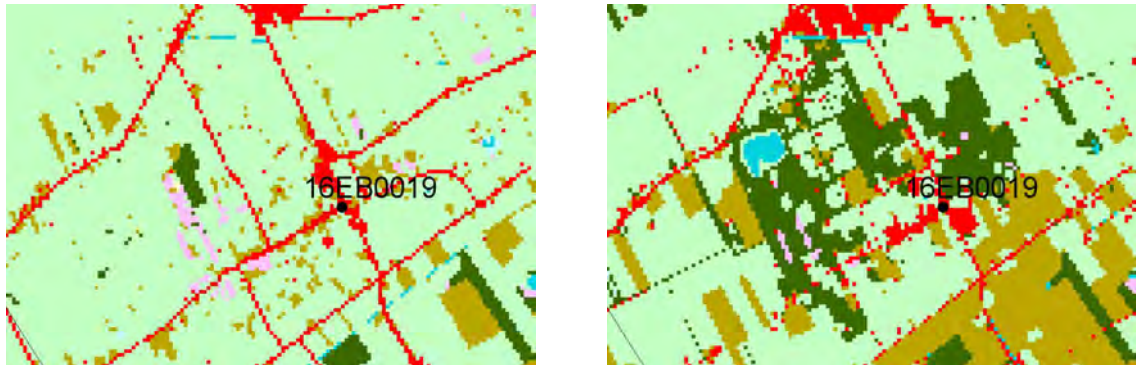


Figuur 4-18 Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts)

Peilbuis 16EB0019 (30 cm):

Figuur 4-19 geeft de veranderingen in het grondgebruik tussen 1960 en 1990.

Ruilverkavelingsgegevens waren voor dit gebied niet beschikbaar. De wijzigingen in het grondgebruik rondom de peilbuis zijn significant. Ten opzichte van 1960 is er in 1990 aanzienlijk meer bos en akkerbouw. Verder is op ongeveer 1100 m ten westen van de peilbuis een meer ontgraven.

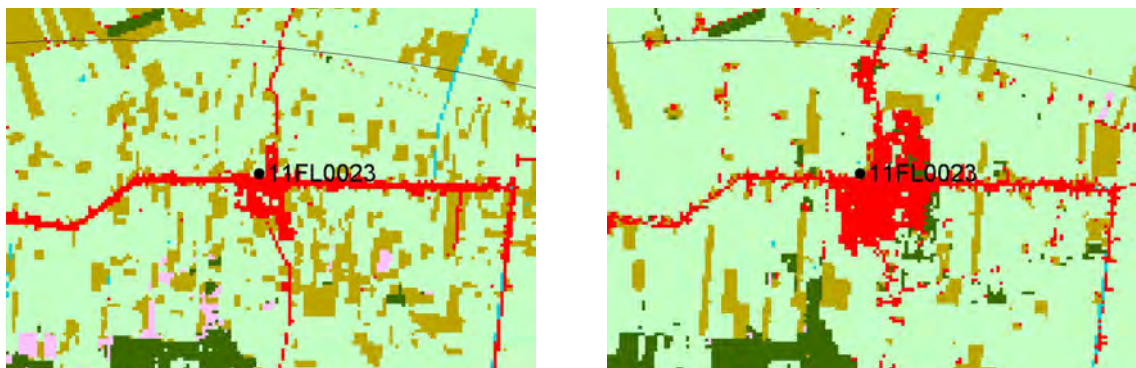


Figuur 4-19 Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts)

Peilbuis 11FL0023 (28 cm):

Figuur 4-20 geeft de veranderingen in het grondgebruik tussen 1960 en 1990.

Ruilverkavelingsgegevens waren voor dit gebied niet beschikbaar. Het stedelijk gebied rondom de peilbuis is aanzienlijk toegenomen.



Figuur 4-20 Historisch grondgebruik in 1960 (links) en historisch grondgebruik in 1990 (rechts)

4.5 Waterbeheersingsmaatregelen

Uit de rapportage *'Betreffende ruilverkaveling van gronden in de gemeente Ooststellingwerf genaamd ruilverkaveling "Ooststellingwerf"'* uit 1966 [12] is globale informatie beschikbaar over de veranderingen en verbeteringen in de waterbeheersing. Gedetailleerde ruimtelijke gegevens van maatregelen in het kader van de ruilverkaveling zijn enkel beschikbaar voor deze ruilverkaveling. De ruilverkaveling wordt in het noorden begrensd door de Tjonger, in het oosten door de Opsterlandse Compagnonsvaart, in het zuiden door de noordgrens van Boswachterij Appelscha (de Kloosterweg) en loopt in het westen langs de lijn Schapedobbe-Diaconieveen.

Verbeteringsplannen waterhuishouding,

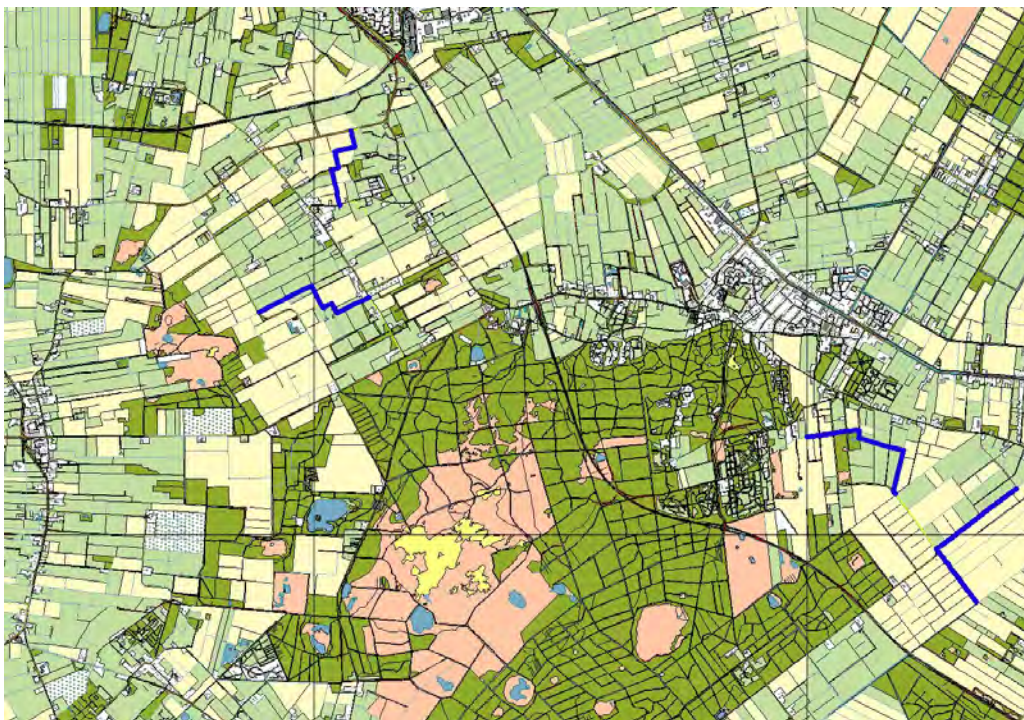
In hoofdstuk 2 van de rapportage *Ruilverkaveling Ooststellingwerf* [12] is de waterstaatkundige toestand beschreven. Het grootste deel van het ruilverkavelingsgebied viel in die tijd binnen de waterschappen Luchtenrek en Boven Tjonger-Grootdiep. Voor beide waterschappen geldt dat in de periode vóór de ruilverkaveling verbeteringswerken zijn uitgevoerd en de waterbeheersing vlak voor de ruilverkaveling als goed beoordeeld wordt. Wel wordt gesteld dat in de Appelschasche en rondom Langedijke nog wateroverlast voorkomt.

In hoofdstuk 5 van de rapportage is globaal beschreven welke maatregelen in het waterbeheer zijn voorzien. In het gebied van waterschap Boven Tjonger-Grootdiep worden enkel wijzigingen voorzien die noodzakelijk zijn door aan te leggen rijkswegen. Het betreft verlegging van enkele watergangen. Gesteld wordt dat de verleggingen geen invloed hebben op de waterbeheersing. In de loop van de uitvoering van het plan zijn deze wegen overigens vervallen.

In het gebied van waterschap Luchtenrek hebben de voorgestelde verbeteringen betrekking op secundaire lossingen in het gebied van de Appelschasche Maden en rondom Langendijke. Uit analyse van de kaarten behorend bij de rapportage blijkt dat het aantal wijzigingen in de watergangen beperkt zijn. Mogelijk zijn de verbeteringen in secundaire lossingen niet in de kaarten weergegeven. Deze kunnen dan ook niet worden beoordeeld.

Verbetering watergangen

Voor deze ruilverkaveling zijn kaarten geleverd met locaties van aangepaste watergangen. Ook zijn in die kaarten de bestaande en in de ruilverkaveling aangelegde dwarsprofielen gegeven. Buiten deze ruilverkaveling is dergelijke informatie niet toegeleverd. In Figuur 4-21 zijn de locaties van aangepaste watergangen weergegeven. Het zijn een beperkt aantal watergangen. De aangepaste watergangen zijn verdiept en verbreed.



Figuur 4-21 Aangepaste watergangen in de ruilverkaveling Ooststellingwerf, de aangepaste watergangen zijn met een brede donkerblauwe lijn aangegeven.

Naast deze watergangen zijn wegen en bermsloten langs wegen verbeterd. Deze hebben echter geen drainerende en afwaterende functie voor de omliggende landbouwgronden. De invloed hiervan op de grondwaterstanden is daarom beperkt en niet meegenomen.

De verdieping en verbreding van de watergangen hebben gevolgen voor 1) de afvoercapaciteit en 2) de drainagebasis van de watergangen.

Doordat het dwarsprofiel van de watergang groter wordt neemt de afvoercapaciteit toe. In afvoersituaties dalen daardoor de waterstanden in en bovenstrooms van de waterlopen. Aangezien de verbeterde watergangen doorgaans zelf de bovenstroomse delen zijn, is het invloedsgebied beperkt tot de percelen rondom de aangepaste watergangen. Door de waterstandsverlaging in de watergang (ten opzichte van de situatie zonder verruiming van de watergangen) dalen ook de grondwaterstanden in aanliggende percelen. Deze verlaging treedt vooral op in perioden van waterafvoer. Buiten deze perioden zal de verlaging van de grondwaterstand beperkter zijn omdat de afvoer, en daardoor de verlaging van de oppervlaktewaterstand ten gevolge van de verbeteringen beperkt zijn. De mate van wijzigingen in oppervlakte- en grondwaterstanden in de percelen kunnen alleen met een gedetailleerd hydraulisch en hydrologisch model worden bepaald. Gezien de beperkte lengte van de watergangen en de mate van de vergroting van de watergangen zullen veranderingen in de hogere grondwaterstanden beperkt zijn. Deze zullen in de orde liggen van enkele centimeters. Ook kan worden gesteld dat de gevolgen beperkt blijven tot de percelen die aan de verbeterde watergangen liggen en de invloed daarbuiten snel uitdempt.

Naast de verhoging van de afvoercapaciteit ontstaat, door de verdieping van de watergang, een lagere drainagebase. In perioden met een lage afvoer zullen de sloten blijven draineren, terwijl zij in de situatie vóór verbetering in dezelfde situatie droog zouden vallen. Dit betekent dat ook bij lagere grondwaterstanden uitstroming van grondwater naar oppervlaktewater optreedt. De grondwaterstanden zullen daardoor sneller dalen en in perioden van neerslagtekort lager worden. Ook hiervoor geldt dat de verlagingen alleen met een gedetailleerd hydraulisch en hydrologisch model kunnen worden bepaald. De gevolgen op de grondwaterstand blijven ook hier beperkt tot de percelen die langs de verbeterde watergangen liggen.

Verder wordt opgemerkt dat de verbeteringen van secundaire lossingen in de Appelschasche Maden en rondom Langedijke zoals genoemd in de rapportage *Ruilverkaveling Ooststellingwerf* [12] niet in de kaarten zijn teruggevonden. Deze verbeteringen kunnen eenzelfde verlagend effect op de grondwaterstanden hebben als de hier behandelde verbeteringen.

Aanvullende informatie

Naast bovengenoemde informatie is informatie gegeven door Wetterskip Fryslân in een notitie d.d. 14/5/2008, genaamd *Veranderingen in de waterhuishouding rond Terwisscha in het kader van de ruilverkavelingen Ooststellingwerf en Elsloo* [14]. In deze notitie wordt gesteld dat de waterstanden in de winterperiode met ca 60 cm zijn gedaald door verbreding en verdieping van de watergangen en aanpassingen van de duikers. Een dergelijke wijziging in waterstand zal een sterk verlagend effect hebben op de grondwaterstanden. In de rapportage *ruilverkaveling [1966]* zijn geen dusdanige aanpassingen in de watergangen beschreven die een dergelijke waterstandsverlaging kan veroorzaken. Mogelijk is verruiming van de watergangen en/of verlaging van het streefpeil vóór de ruilverkaveling in de verbeteringsplannen door de waterschappen gewijzigd om de drooglegging beter af te stemmen op het grondgebruik.

Verder wordt opgemerkt dat de notitie de verandering beschrijft van een specifiek gebied ten westen van de Schaepedobbe in de ruilverkaveling Elsloo. Het is niet bekend, en ook niet waarschijnlijk dat genoemde waterstandsverlaging ook in andere delen van het gebied optreden.

Door Wetterskip Fryslân is daarnaast informatie geleverd waarin een overzicht is opgenomen van de uitgevoerde werken binnen ruilverkavelingen en in eigen beheer. Hierbij valt op dat bij de ruilverkavelingen van Ooststellingwerf, Midden Tjonger en Midden-Opsterland gesproken wordt over het aanpassen van de drooglegging aan de landbouwkundige eisen. Doorgaans wordt hiermee peilverlaging bedoeld. In de rapportage *Ruilverkaveling Ooststellingwerf* [12] wordt dit echter niet genoemd. Overigens worden de peilgebieden waar de peilveranderingen zijn doorgevoerd en de mate van peilverandering in de stukken niet benoemd.

4.6 Conclusies

Voor 12 peilbuizen met een stijghoogtedaling van meer dan gemiddeld 0.20 m is gezien of er andere plausibele verklaringen voor de stijghoogtedalingen kunnen zijn naast de winning Terwisscha. Daarbij valt het volgende te concluderen:

- o De invloed van beregening op de stijghoogtedaling is naar verwachting niet significant.
- o De wijzigingen in het grondgebruik rondom de peilbuizen is voor het merendeel (67%) van de peilbuizen aanzienlijk. Er is echter geen duidelijke relatie tussen de mate van wijzigingen in het grondgebruik en de stijghoogtedaling.
- o Naast de grondwaterwinning Terwisscha zijn er in de provincie Friesland en Drenthe andere grondwaterwinningen die (een deel van) de stijghoogtedalingen kunnen hebben veroorzaakt. Deze liggen allen op een niet verwaarloosbare afstand van de peilbuizen met een stijghoogtedaling van meer dan 0.20 m.

Over ruilverkavelingen en waterbeheersingsmaatregelen en de mogelijke invloed daarvan op de stijghoogteverlagingen zijn de volgende conclusies te trekken:

- De in het kader van de ruilverkaveling genomen maatregelen zijn onzeker. De ons ter beschikking gestelde bronnen geven geen eenduidig beeld van de genomen maatregelen en de omvang van die maatregelen. Er is geen gedetailleerde informatie over de belangrijkste wijzigingen: veranderingen in de drooglegging (streefpeil) en wijzigingen in de afwatering (verleggen en verbeteren watergangen).
- Er zijn aanwijzingen dat de waterbeheersing in het gebied rondom de winning is veranderd en dat de drooglegging op meerdere plekken is verbeterd (vergroot). Dit heeft tot gevolg dat grondwaterstanden in natte en droge omstandigheden dalen. Dit wordt veroorzaakt door 1) verlaging van de bodem van de watergangen met als gevolg een verlaagde drainagebasis, 2) verbreding en verdieping van de watergangen met als gevolg een verhoogde afvoercapaciteit en lagere waterstanden in afvoersituaties en 3) verlaging van streefpeil waardoor de drooglegging wordt vergroot.
- Gedetailleerde informatie over de ruilverkaveling Ooststellingwerf laat zien dat de omvang van maatregelen in deze ruilverkaveling beperkt is. Gevolgen voor de grondwaterstanden zullen op basis van die informatie beperkt zijn.
- Zonder aanvullende informatie kunnen geen uitspraken worden gedaan over de gevolgen van de aanpassingen in de waterhuishouding. De gewenste informatie dient uitsluitend te geven over de peilveranderingen en veranderingen in de watergangen in het gebied. Tevens

dient de informatie ruimtelijk weergegeven te zijn. Voor kwantificering van de gevolgen van maatregelen in (grond)waterstandsdalingen zal vervolgens modelonderzoek noodzakelijk zijn.

5 Potklei- en keileemverspreiding

5.1 Inleiding

De grondwaterwinning vindt plaats op grote diepte. De schade echter treedt op in zeer ondiepe lagen. Het is dus ook voor de hand liggend dat de mate van de dempende werking van invloed is op de omvang van de schade. Deze dempende werking wordt met name veroorzaakt door de aanwezigheid van keileem en potklei. In dit hoofdstuk worden de beschikbare gegevens weergegeven, en wordt de meetinformatie vergeleken met de modelschematisatie in het grondwatermodel van Witteveen en Bos.

Voor het onderzoek naar de verspreiding van potklei en keileem zijn 3363 boringen opgevraagd via het Dino loket en zijn 13 aanvullende (niet in de Dino database opgenomen) boringen toegeleverd van Grondboorbedrijf Klinge. In totaal liggen 2038 boorlocaties binnen een straal van 7 km van de waterwinning. Deze boringen zijn in dit rapport nader beschouwd.

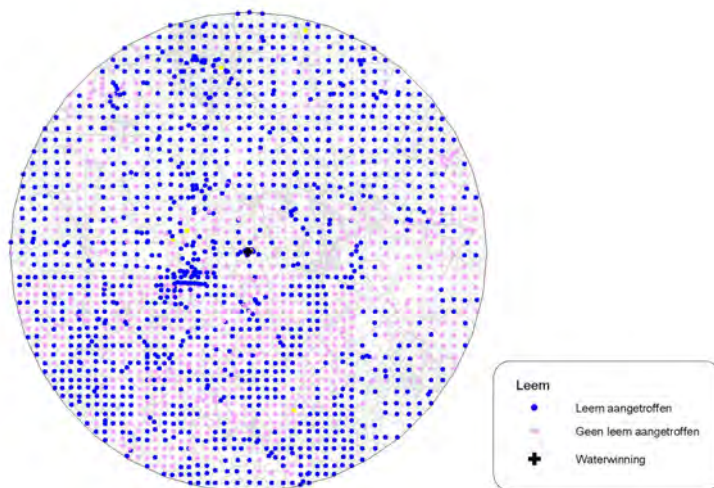
Tabel 5-1 geeft de dieptes van de boringen weer. De tabel laat zien dat de meeste boringen relatief ondiep zijn. Van de boringen is 88% minder diep dan 5 m.

Klasse (m)	Aantal boringen per klasse (-)
0-5	1797
5-15	90
15-25	32
25-35	11
35-45	9
45-55	21
55-65	19
65-75	15
75-85	15
85-95	2
95-105	15
105-115	9
115-125	0
125-135	0
135-145	0
145-155	1
155-165	1
165-175	0
175-185	0
185-195	0
195-205	1

Tabel 5-1 Einddiepte van de boringen binnen een straal van 7 km van de waterwinning

5.2 Aanwezigheid keileem in boringen

Keileem in het gebied behoort tot de Formatie van Drenthe (ongeveer tot 9 m diep) en komt voor onder de fijnzandige afzettingen van de Formatie van Twente (ongeveer tot 5 m diep) [7]. Keileem is in de boorbeschrijvingen niet direct omschreven als keileem. Om een indruk te krijgen van de dikte van de ondoorlatende laag zijn de diktes van de leemlagen in de boorprofielen gesommeerd. Leem komt voor in 1290 van de 2038 boringen (63%). Figuur 5-1 geeft een ruimtelijk overzicht van het voorkomen van leem in de boringen binnen een straal van 7 km van de waterwinning. De locaties zonder leem in de boring kunnen leem bevatten, maar omdat de boringen veelal niet dieper dan 2 tot 3 m zijn doorgezet kan aanwezige leem niet altijd worden aangetoond. Dit zou kunnen betekenen dat in de locaties toch leem voorkomt. De diepte van de top van de leemlaag varieert tussen 0 m (maaiveld) en 25 m. Bekijken we de boringen dieper dan 25 m met aanwezigheid van leem, dan blijkt dat in 94% van de boringen de leem op minder dan 10 m diepte wordt aangetroffen.



Figuur 5-1 Aanwezigheid van leem in de boringen



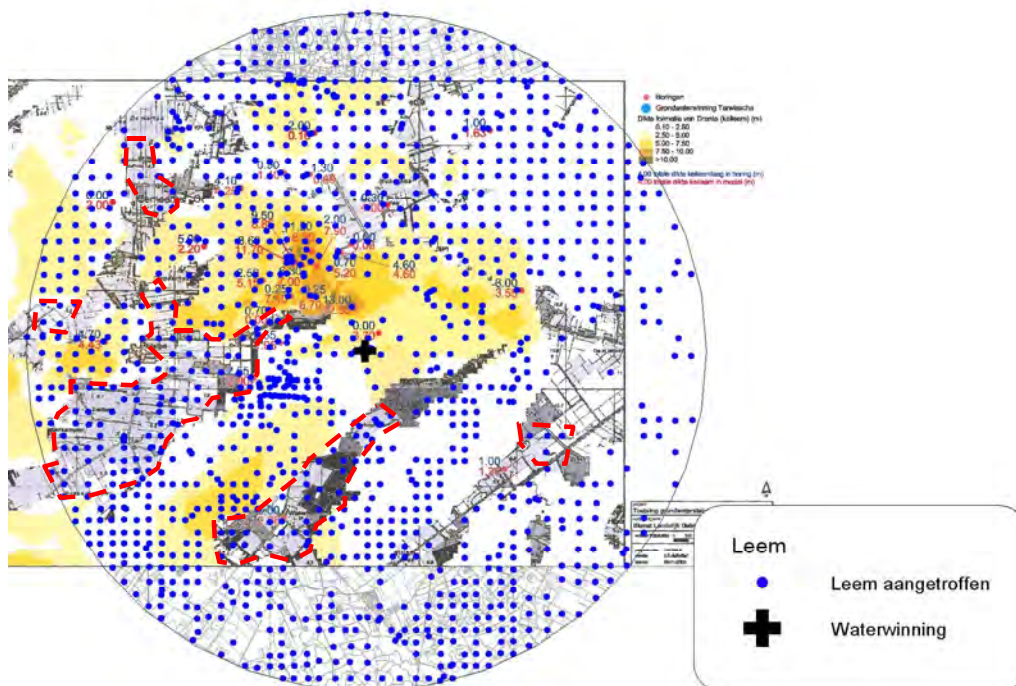
Figuur 5-2 Totale dikte van de leemlaag in de boringen met een diepte groter dan 10 m.

Ter beoordeling van de totale dikte van de leem in het boorgat zijn boringen geanalyseerd die een diepte hebben van meer dan 10 m. Zoals hierboven beschreven zal ongeveer van 94% van

boringen met aanwezigheid van leem, de top van de leemlaag hebben binnen 10 m. Figuur 5-2 presenteert de betreffende boringen en de bijbehorende totale dikte van de leemlaag in de boring.

Toets schematisatie leem in model Witteveen en Bos met informatie uit boringen

Figuur 5-3 presenteert de boringen waarin leem is aangetroffen over de kaart van Witteveen en Bos [8], waarin de schematisatie van de keileem in de ondergrond is weergegeven. De figuur geeft in rood omlijnde gestippelde vlakken de globale gebieden weer waar volgens de boringen leem voorkomt waar deze niet in de schematisatie als keileem voorkomt. Het betreft met name beekdalen waarvoor de modelrapportage [9] aangeeft dat hier geen keileem voorkomt. Volgens de boringen bevatten deze beekdalen ondoorlatende lagen. Ondoorlatende lagen met leem komen vrijwel binnen de gehele 7 km straal voor.



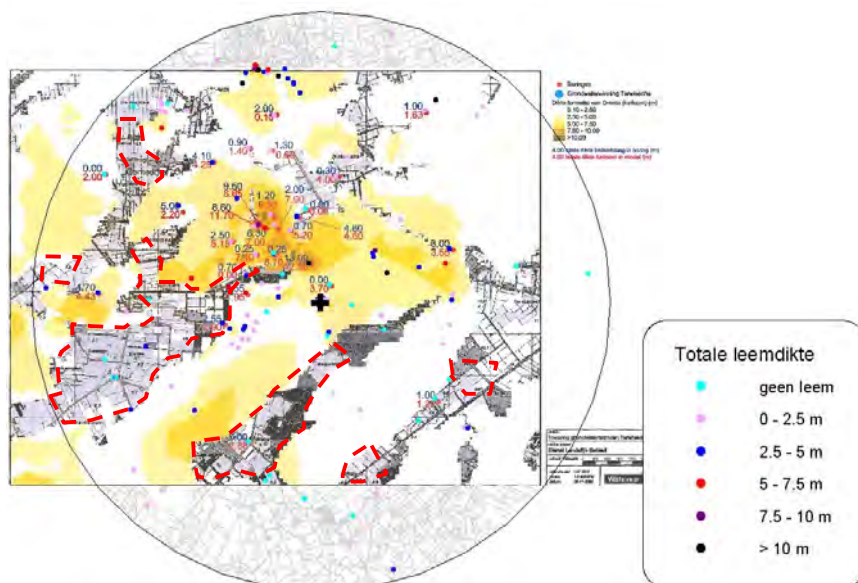
Figuur 5-3 Aanwezigheid van leem

Figuur 5-4 presenteert de totale dikte van de leemlaag in de boringen met een diepte groter dan 10 m, met als achtergrond de kaart van Witteveen en Bos met de totale dikte van de keileemlaag in de schematisatie. Tabel 5-2 geeft een samenvatting van de vergelijking. De tabel presenteert in verticale zin de diktes van de lagen in de schematisatie en presenteert in horizontale zin de diktes van de lagen in de boring. De groene cellen geven de boringen weer die in dezelfde dikteklasse vallen als de schematisatie. In 69% van de boringen komt de klasse van de boring exact overeen met de klasse van de schematisatie. In 82% van de boringen wijkt de dikteklasse in de boring minder dan 1 klasse (2.5 m) af van de dikteklasse in de schematisatie. Leem ontbreekt in 6% van de boringen die volgens de schematisatie keileem zouden moeten bevatten.

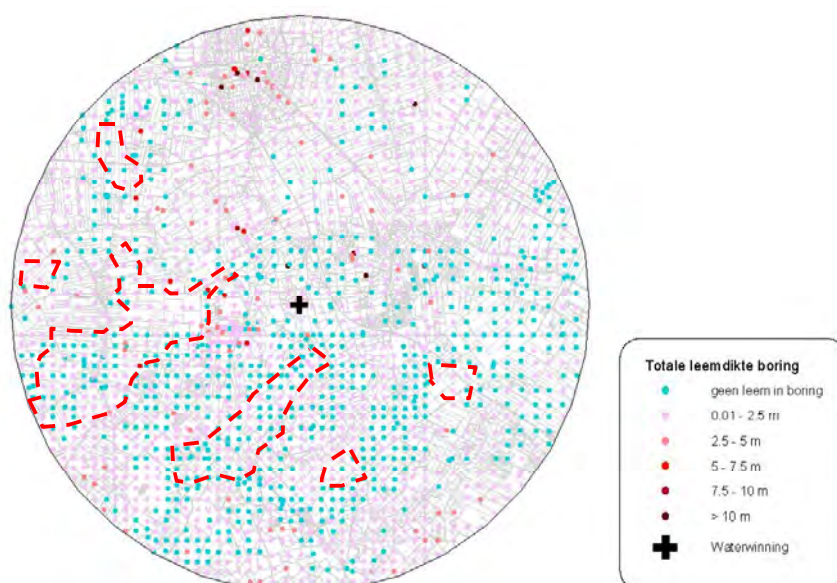
Figuur 5-4 laat zien dat het aantal diepe boringen in de rood omcirkelde gebieden te beperkt is om het ontbreken van keileem (of ondoorlatende lagen) in de beekdalen te toetsen. Bekijken we alle boringen (dus ook de ondiepe boringen) als ondergrens voor de dikte van de leemlaag (Figuur 5-5), dan zijn de diktes van de leemlaag in de rood omcirkelde gebieden minder dan 2.5 m en komt leem in een aanzienlijk deel van relatief ondiepe boringen niet voor.

		Boring					
		geen leem	0 - 2.5 m	2.5 - 5 m	5 - 7.5 m	7.5 - 10 m	> 10 m
Schematisatie	geen leem	16%	1%	2%	1%	0%	0%
	0 - 2.5 m	2%	29%	7%	1%	0%	2%
	2.5 - 5 m	3%	2%	18%	0%	0%	1%
	5 - 7.5 m	0%	4%	0%	3%	0%	0%
	7.5 - 10 m	1%	3%	1%	1%	2%	0%
	> 10 m	0%	0%	0%	0%	1%	1%

Tabel 5-2 Overeenkomst tussen boringen en schematisatie ondergrond in grondwatermodel



Figuur 5-4 Dikte van de leemlaag voor boringen dieper dan 10 m



Figuur 5-5 Dikte van de leemlaag voor alle boringen

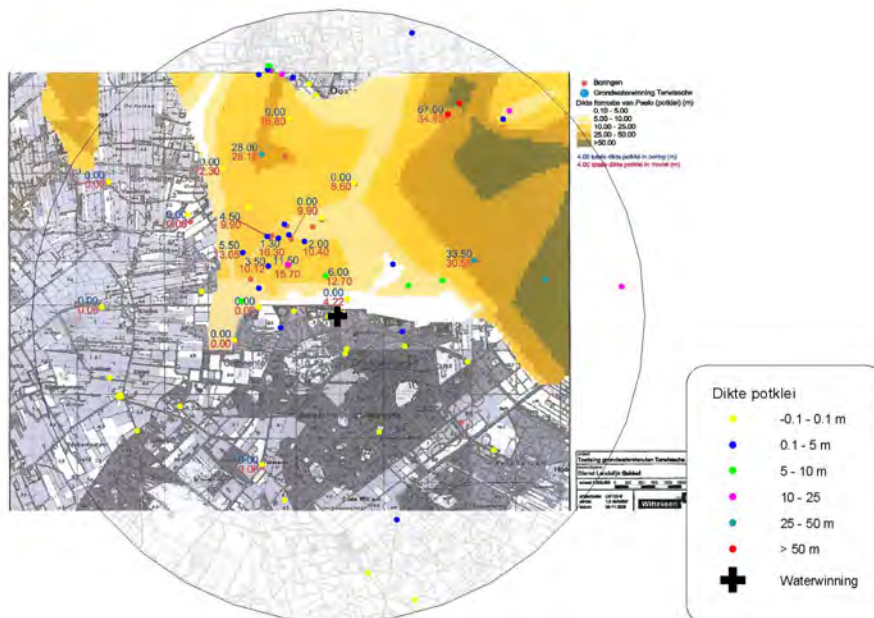
Samengevat komt de geschematiseerde dikte van de ondoorlatende keileemlaag redelijk goed overeen met de informatie uit de boringen. Onzeker blijft het al dan niet voorkomen van

ondoorlatende lagen in de beekdalen. De boringen zijn veelal niet diep genoeg uitgevoerd om uitsluitsel te geven over de diktes van deze lagen en de ondiepe boringen geven hierover ook geen uitsluitsel.

5.3 Aanwezigheid potklei in boringen

Het voorkomen van potklei in de boringen is bepaald door 92 boorstaten van boringen met een einddiepte van meer dan 50 m te analyseren. Klei op dieptes tussen 10 m en 60 m is daarbij aangemerkt als potklei. Figuur 5-6 geeft in punten de totale dikte van de kleilagen tussen deze dieptes en heeft als achtergrond de geschematiseerde potklei [8] in het grondwatermodel.

Uit de figuur blijkt dat zowel de zuid- als de westgrens van de potklei redelijk nauwkeurig zijn geschematiseerd. Aan de zuidgrens zijn er twee boringen met een kleidikte van minder dan 5 m die de grenzen nog iets zouden kunnen aanpassen. Opvallend is dat er zes boringen voorkomen zonder klei in het boorprofiel die volgens de schematisatie potklei zouden moeten bevatten.



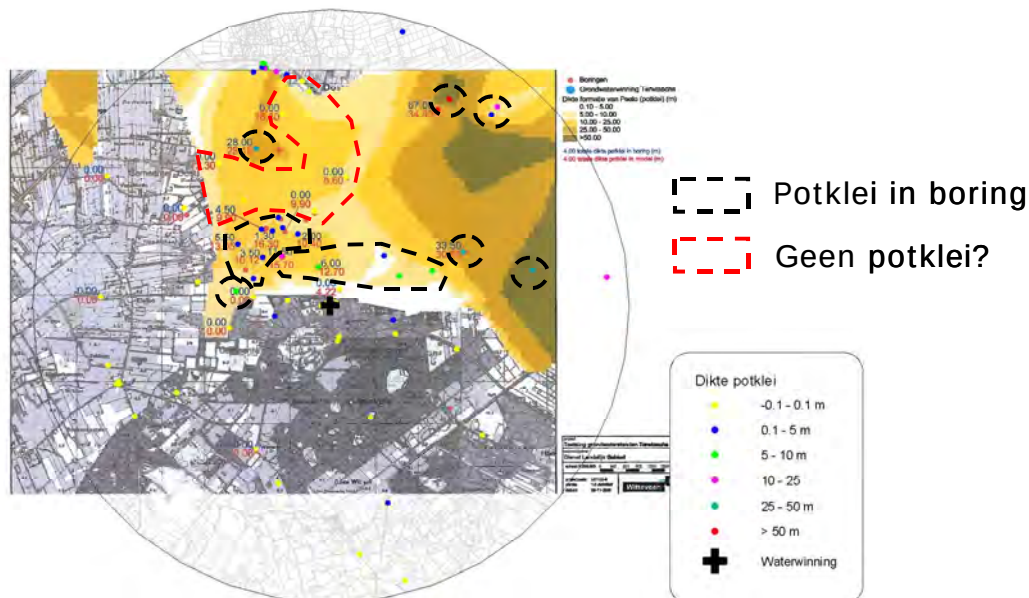
Figuur 5-6 Dikte van de kleilaag tussen 10 m en 60 m diepte

Tabel 5-3 presenteert de statistieken van de vergelijking tussen boring en schematisatie. De groene cellen geven de boringen weer die in exact dezelfde dikteklasse vallen als in de schematisatie. In 56% van de boringen komt de klasse van de boring exact overeen met de klasse van de schematisatie. Dat is aanzienlijk minder dan bij de schematisatie van de keileem. In 78% van de boringen is de afwijking 1 klasse (5 m) of minder. Bekijken we alleen de boringen in het potkleigebied volgens de schematisatie, dan komt in een aanzienlijk deel van de boringen (6 boringen, 21% van de boringen in het potkleigebied) geen klei voor in het boorprofiel.

		Boring					
		geen klei	0 - 5 m	5 - 10 m	10 - 25 m	25 - 50 m	> 50 m
Schematisatie	geen klei	42%	5%	0%	0%	0%	0%
	0 - 5 m	2%	2%	0%	0%	0%	0%
	5 - 10 m	4%	5%	5%	2%	0%	0%
	10 - 25 m	5%	13%	2%	2%	0%	0%
	25 - 50 m	0%	0%	0%	2%	4%	2%
	> 50 m	0%	0%	0%	0%	2%	2%

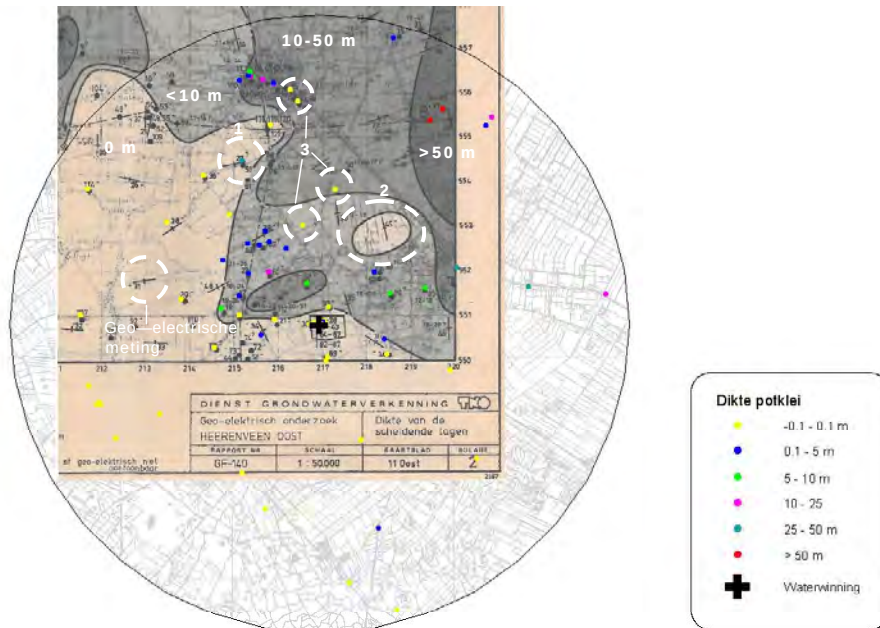
Tabel 5-3 Overeenkomst tussen boringen en schematisatie ondergrond in grondwatermodel

In Figuur 5-7 zijn de kleidiktes in de boringen nogmaals weergegeven naast de potklei in de schematisatie. Daarbij zijn boringen globaal gegroepeerd met vergelijkbare potkleidiktes die aaneengesloten voor zouden kunnen komen. Opvallend is het rood omcirkelde gebied waarin geen klei in de boringen voorkomt. Daarnaast blijkt dat er een aanzienlijk gebied is zonder boringen, waarvoor de kleidikte onzeker is. De kleidiktes lijken in dit gebied geïnterpoleerd te zijn tussen bekende waarden. Het rood omcirkelde gebied geeft echter aan dat de overgang tussen de potklei en zandgronden vrij abrupt kan verlopen. Dit leidt tot een aanzienlijke onzekerheid in de diktes van de potklei.



Figuur 5-7 Ruimtelijke analyse van informatie uit boringen

Figuur 5-8 presenteert de informatie over de boringen over een kaart met de dikte van dieper gelegen scheidende lagen. TNO stelde deze kaart op aan de hand van een geo-electrisch onderzoek in 1984 [10]. In de kaart zijn de begrenzingen van de potklei vergelijkbaar met die in de schematisatie van Witteveen en Bos (Figuur 5-7). Uitzondering daarop is het gebied rondom punt 1 (Figuur 5-8). Het geo-electrisch onderzoek geeft hier aan dat de dikte van de scheidende laag nihil is, waardoor een inham in de begrenzing ontstaat. In punt 2 (Figuur 5-8) geeft de geo-electrische meting aan dat de dikte van de scheidende laag klein is, waardoor er een gat in de schematisatie van de potklei valt. Punten 3 (Figuur 5-8) geven aan dat dat voor een drietal andere punten ook zou mogen, waarbij het de vraag is in hoeverre de punten aaneengesloten zijn. Deze punten bevatten geen klei in de boorstaat.



Figuur 5-8 Vergelijking met resultaten geo-electrische metingen [10]

De schematisaties van Witteveen en Bos en die van TNO overzienend, blijkt dat de vlakkenkaarten met potklei zijn gebaseerd op een beperkt aantal boringen en geo-electrische metingen. Tussen deze boringen en metingen worden resultaten geïnterpoleerd om aaneengesloten vlakkenbeelden te verkrijgen. De (deels nieuwe) boringen laten zien dat het vlakkenbeeld een stuk grilliger kan zijn dan in de kaarten (Figuur 5-7 en Figuur 5-8) is gepresenteerd. De onzekerheden zijn met name groot in de vlakken met een kleine dichtheid aan boringen.

5.4 Conclusies

Over de keileemverspreiding en diktes zijn de volgende conclusies te trekken:

- De keileemdiktes in de schematisatie van het grondwatermodel [9] komen redelijk goed overeen met de in de boringen aanwezige leemdiktes. In 69% procent van de boringen is de dikteklasse exact gelijk en in 82% van de boringen is de afwijking minder dan 1 klasse (2.5 m).
- Gaten in de keileem komen voor, terwijl deze niet zijn geschematiseerd. In 7% van de boringen in het geschematiseerde keileemgebied komt geen leem in de boringen voor.
- Onzekerheid resteert over het al dan niet voorkomen van keileem in de beekdalen. De boringen in de beekdalen zijn onvoldoende diep doorgezet om hierover uitsluitsel te geven.

Over de potkleiverspreiding en diktes zijn de volgende conclusies te trekken:

- De potkleiverspreiding en dikte zoals deze in de schematisatie van het grondwatermodel [9] zijn opgenomen zijn aan significante onzekerheden onderhevig. Tussen boringen worden de diktes van de potklei geïnterpoleerd. In gebieden met een lage dichtheid aan dit soort metingen zijn de diktes van de potklei onzeker. Het toevoegen van nieuwe boringen kan het beeld van de potkleiverspreiding sterk veranderen (zie Figuur 5-7 en Figuur 5-8).
- Gebieden met en zonder potklei kunnen op kleine afstand van elkaar voorkomen. De geleidelijke overgangen tussen potklei en zand waar de schematisatie [9] op is gebaseerd zijn niet in de boringen aanwezig.

- Op basis van de boringen zijn er slechts een paar gebieden te identificeren waar potklei aaneengesloten voor zou kunnen komen, maar ook hierin zouden gaten voor kunnen komen. Voor het identificeren van de overige gebieden kan naast het uitvoeren van een significant aantal diepe boringen, worden gedacht aan moderne technieken waarbij ondoorlatende lagen vanuit de lucht kunnen worden geïdentificeerd [11].

6 Referenties

- [1] *Rapport betreffende ruilverkaveling van gronden in de gemeente Ooststellingwerf genaamd ruilverkaveling "Ooststellingwerf" (± 10.165 ha), Friesche Maatschappij van Landbouw en de Friesche Christelijke Boeren- en Tuindersbond, 1966.*
- [2] *Nadere analyse van de verlaging van de grondwaterstand als gevolg van de winning Terwisscha in de omgeving van het bedrijf van de heer Weinans, Elsloo, Rapportnr. OS 95-08B, TNO, 1995.*
- [3] *Verdrogingsgevoelige gebieden in het zuiden en oosten van Friesland. Eindrapportage, Rapportnr. 22.1219.0, IWACO, januari 1993.*
- [4] *Waarom verschillen de door TCGB en TNO geschatte effecten van de winning Terwisscha (WLF) op de stijghoogten? Rapportnr. KOA 95.067, KIWA, december 1995.*
- [5] *Aanvullend schadeonderzoek grondwateronttrekkingen Beilen, Rapportnr. CDG 02.2000/3, Commissie van Deskundigen Grondwaterwet, mei 2005.*
- [6] *Invloed drinkwaterwinning Terwisscha, Rapportnr. KWR 06..033, KIWA, 20 maart 2006.*
- [7] *Schade-onderzoek wateronttrekking Ooststellingwerf (Terwisscha). Commissie grondwaterwet waterleidingbedrijven. Technische commissie grondwaterbeheer. GW 307S/GW2032/GTT. Juli 1994.*
- [8] *Toetsing grondwaterstanden grondwaterwinning pompstation Terwisscha. Opdrachtgever Dienst Landelijk Gebied, Commissie Deskundigen Grondwater, Witteveen en Bos, December 2006.*
- [9] *Hydrologische modelstudie alternatieve winlocaties Terwisscha. Opdrachtgever Stuurgroep Terwisscha. Witteveen en Bos, maart 2003.*
- [10] *Geo-elektrisch onderzoek Heerenveen Oost. Opdrachtgever Directie Waterhuishouding en Waterbeweging van Rijkswaterstaat. Dienst Grondwaterverkenning TNO. Delft/Oosterwolde, oktober 1984.*
- [11] *Buried Valleys. Diepe dalen opsporen met nieuwe technieken. TNO Bodembeheer en ruimtelijke inrichting. Aleid Bosch, Marcel Bakker en Jan Gunnink.*
- [12] *Betreffende ruilverkaveling van gronden in de gemeente Ooststellingwerf genaamd ruilverkaveling "Ooststellingwerf, 1966.*
- [13] *Kaartmateriaal behorende bij 'Betreffende ruilverkaveling van gronden in de gemeente Ooststellingwerf genaamd ruilverkaveling "Ooststellingwerf, 1966.*

- [14] *Veranderingen in de waterhuishouding rond terwisscha in het kader van de ruilverkavelingen Ooststellingwerf en Elsloo*, notitie d.d. 14/5/2008, Wetterskip Fryslân, 2008.
- [15] *Bijlagen waarin opgenomen een overzicht van de uitgevoerde werken binnen ruilverkavelingen en in eigen beheer*, Wetterskip Fryslân.
- [16] *Invloed drinkwaterwinning Terwisscha*, KWR 06.033, KIWA, 10 april 2006.

Bijlage

Bijlage A: Bespreekverslag

Project : Review schadeclaim Terwisscha
Datum : 22 september 2008
Onderwerp : Overleg met prof. dr. ir T. Olsthoorn over uitkomsten onderzoek HKV
Opgesteld : Bertus de Graaff
Aanwezig : prof. dr. ir T. Olsthoorn, dr. ir. M. Kok en ir. B. de Graaff
Circuleren : Bovengenoemden, Alfred van Hall en Harry Oosterman

Onderstaande bespreekverslag geeft de belangrijkste uitkomsten weer van het gesprek dat plaatsvond op 22 september j.l. in het kantoor van de heer Olsthoorn bij de TU Delft. Onderwerp van de bespreking waren de onderzoeksresultaten van HKV LIJN IN WATER tot nu toe en de mogelijkheden om een ruimtelijk verlagingenbeeld van de winning te maken.

Verlagingen van stijghoogtes als gevolg van de winning zijn in het verleden bepaald met tijdreeksanalyses en met een grondwatermodel van Witteveen en Bos. Over het grondwatermodel van Witteveen en Bos zijn de volgende conclusies te trekken:

- Boringen geven met de hoogste zekerheid het al dan niet voorkomen van potkleilagen weer. De boringen in het potkleigebied laten zien dat de schematisatie van de potklei in het model onnauwkeurig is. Het model dient op dit punt te worden verbeterd. Naast boringen dient daarbij gebruik te worden gemaakt van de geo-elektrische metingen die TNO heeft uitgevoerd en het bijbehorende kaartmateriaal over de verspreiding van ondoorlatende lagen.
- Van de kalibratie van een model mag worden verwacht dat de fouten in de berekende stijghoogtes na kalibratie geografisch willekeurig zijn verdeeld. Uit de bollenkaarten in de modelrapportage blijkt dat niet het geval te zijn. Dit betekent dat het model nog relevante informatie mist.

Naast boringen en geo-elektrische metingen kan voor het identificeren van ondoorlatende lagen gebruik worden gemaakt van gemeten stijghoogtes in de filters die op verschillende hoogtes in de peilbuis zijn geplaatst. Als de stijghoogtes van de filters overeenkomen, komen tussen de filters geen ondoorlatende lagen voor. Indien er wel verschillen zijn, komen tussen de filters ondoorlatende lagen voor. De analyse van de stijghoogtes in de filters kan naast boringen en geo-elektrische metingen aanvullende informatie geven over de verspreiding van ondoorlatende lagen.

Over de tijdreeksanalyse die HKV LIJN IN WATER heeft toegepast valt het volgende op te merken:

- De analytische formulering (Thiem-Dupuit) voor de stijghoogteverlaging past goed door de met de tijdreeksanalyse bepaalde stijghoogteverlagingen.
- Bij een tijdreeksanalyse dienen de innovatiereeksen (de verlagingen die niet aan de winning bij Terwisscha of het neerslagoverschot kunnen worden toegekend) willekeurig verdeeld te zijn (geen autocorrelatie). HKV LIJN IN WATER heeft deze analyse uitgevoerd. (Innovaties zijn het verschil tussen de voorspelde en gemeten stijghoogte)
- Het is niet uit te sluiten dat er nog andere oorzaken in de verlagingen zitten die HKV LIJN IN WATER heeft afgeleid. In zulke gevallen zit er nog structuur in de innovatiereeksen (autocorrelatie)
- Dhr. Van Olsthoorn is op basis van de aan hem toegeleverde informatie eens met de door HKV LIJN IN WATER uitgevoerde analyses.

De berekende verlagingen met het grondwatermodel en de tijdreeksanalyse zouden in grote lijnen overeen moeten komen. Dat is op dit moment niet het geval. Een voorstel voor het verkleinen van de verschillen zou zijn om allereerst de onvolkomenheden in het grondwatermodel te verkleinen. In opeenlopende doorlooptijd zijn de volgende mogelijkheden te onderscheiden:

1. Aanpassen van de schematisatie van potklei op basis van de boringen en de geo-elektrische metingen. Maken van een berekening en presentatie van verschillen tussen model en meting in “bollenkaarten”.
2. Kalibratie van het aangepaste grondwatermodel. Deze kalibratie dient automatisch uitgevoerd te worden (statistisch objectief). Presentatie van de verschillen tussen model en meting in “bollenkaarten” geeft inzicht in eventuele resterende ruimtelijke structuur, die dan een maat is voor met het model gemiste informatie.
3. Inmeten van de ondoorlatende lagen door elektromagnetische metingen per helikopter, gevolgd door het geohydrologisch schematiseren van de ondergrond, invoegen van de ondergrond in een grondwatermodel en uitvoeren van een automatische kalibratie van dit model. Het is daarbij de vraag of met elektromagnetische metingen per helikopter ondoorlatende lagen van 5 m dikte onderscheiden kunnen worden. Ondanks de hoge ruimtelijke dichtheid van de meetpunten zal ook deze schematisatie onnauwkeurigheden kennen. De resultaten moeten echter uitwijzen in hoeverre deze methode in staat is de beschikbare verbreiding en dikte van de potklei in kaart te brengen. Alleen met kalibratie kan in een vervolgslag een waarde worden verkregen van de hydraulische eigenschappen van de gevonden laag.

Om een indruk te krijgen van de oorzaken van de verschillen tussen berekende verlagingen met het model en de tijdreeksanalyse is op korte termijn de aanpassing van de schematisatie (bovenstaande optie 1) nuttig.