

Evaluatie hydrologische effecten stopzetten grondwaterwinning PWN in Zuid-Kennemerland



Statistisch Adviesbureau

mei 2006

Evaluatie hydrologische effecten stopzetten grondwaterwinning PWN in Zuid-Kennemerland

Opdrachtgevers:

NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland en Provincie Noord-Holland

Auteur:

drs. Paul K. Baggelaar (Icastat)

m.m.v. ir. Eit C.J. van der Meulen (AMO, Adviesbureau Modelling en Optimalisatie)

mei 2006



Niagara 18
1186 JP AMSTELVEEN
Tel.: 020 641 52 11
paul.baggelaar@planet.nl

INHOUD

SAMENVATTING	3
1 INLEIDING.....	5
1.1 PROBLEEMSTELLING	5
1.2 DOELSTELLING VAN DIT ONDERZOEK.....	5
1.3 AFBAKENING VAN DIT ONDERZOEK.....	5
1.4 HOOFDLIJNEN VAN ONZE AANPAK.....	5
1.5 OVER DIT RAPPORT	7
2 GEBIEDSINVENTARISATIE	8
2.1 GEOGRAFISCHE SITUATIE	8
2.2 GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE	9
2.3 METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN.....	10
2.4 GRONDWATERWINNINGEN.....	11
2.4.1 PWN-winningen	11
2.4.2 Overige grondwaterwinningen	13
2.5 WATERHUISHOUDKUNDIGE INGEPEN	15
3 DETAILS VAN DE ONDERZOEKSAANPAK.....	21
3.1 SELECTIE VAN DE TE MODELLEREN GRONDWATERSTANDSREEKSEN	21
3.1.1 Opschonen van fouten	21
3.1.2 Selectie van de voor tijdreeksanalyse geschikte grondwaterstandsreeksen	22
3.2 HOOFDKEUZEN VOOR DE MODELONTWIKKELING.....	23
3.2.1 Tijdsseenheid bij het modelleren.....	24
3.2.2 Maximale modelperiode	24
3.2.3 Modelleren relatie met neerslagoverschot.....	24
3.2.4 Modelleren relaties met de grondwaterwinningen	26
3.2.5 Modelleren relaties met de waterhuishoudkundige ingrepen	28
3.2.6 Iteratieve modelformulering, -schatting en -verificatie.....	29
3.3 CLASSIFICATIESYSTEEM VOOR DE ZEGGINGSKRACHT VAN DE RESULTATEN	31
4 RESULTATEN VAN DE TIJDREEKSANALYSE.....	36
4.1 RELATIES GRONDWATERSTANDEN MET GRONDWATERWINNINGEN	36
4.1.1 Stijging grondwaterstand in het freatisch watervoerend pakket	38
4.1.2 Stijging stijghoogte in het winpakket	42
4.2 RELATIES GRONDWATERSTANDEN MET WATERHUISHOUDKUNDIGE MAATREGELEN.....	43
4.3 NETTO-VERANDERINGEN VAN DE GRONDWATERSTAND	45
4.4 SAMENVATTENDE CONCLUSIES OVER HET VERANDEREN VAN DE GRONDWATERSTAND	47
4.5 AANBEVELING	50
GERAADPLEEDE LITERATUUR.....	51
BIJLAGE 1: ALGEMENE TOELICHTING OP DE BOX-JENKINS-METHODE.....	52
BIJLAGE 2: ALGEMENE GEGEVENS GESELECTEERDE PEILFILTERS	58
BIJLAGE 3: RESULTATEN TIJDREEKSANALYSE	69
KAART 1 - LOCATIES WINNINGEN, PEILBUIZEN EN URGENTE GEBIEDEN	
KAART 2 - STIJGING FREATISCHE GRONDWATERSTAND TOV 1980 T/M 1990 DOOR STOPPEN WINNING	
KAART 3 - STIJGING STIJGHOOGTE WINPAKKET TOV 1980 T/M 1990 DOOR STOPPEN WINNING	

**KAART 4 - VERANDERING FREATISCHE GRONDWATERSTAND DOOR
DRAINAGEMAATREGELEN**

KAART 5 - NETTO-VERANDERING FREATISCHE GRONDWATERSTAND

Samenvatting

Dit rapport beschrijft een statistische analyse van grondwaterstandsreeksen, die is uitgevoerd om vast te stellen wáár en hóe de grondwaterstand is veranderd door het verminderen en stopzetten van de grondwaterwinning van PWN in het duingebied van Zuid-Kennemerland en door het uitvoeren van ontwateringsmaatregelen.

Per meetreeks van de grondwaterstand is een model ontwikkeld dat de statistische relaties legt tussen de grondwaterstand en zijn kandidaat-invloedsfactoren. Hier zijn dat de meteorologische grondwateraanvulling (vertegenwoordigd door het potentieel neerslagoverschot), de grondwaterwinningen en eventuele ontwateringsmaatregelen in de omgeving.

De statistische analyse stelt hoge eisen aan de meetgegevens. De statistische relatie met de grondwaterstand kan alleen verantwoord worden vastgesteld voor invloedsfactoren die over de gemodelleerde periode duidelijk zijn veranderd. Verder dienen de meetreeksen vele jaren te beslaan. Van de 1049 verzamelde grondwaterstandsreeksen bleek slechts de helft geschikt voor de tijdreeksanalyse. De meeste reeksen vielen af doordat ze te laat startten (ná 1 april 1999). De reeks bevat dan onvoldoende informatie over een eventuele invloed van het stoppen van de grondwaterwinning, aangezien de afname van de winning sinds 1999 te weinig onderscheidend is. Van de 528 gemodelleerde grondwaterstandsreeksen zijn er 354 waarvan de modelresultaten veel zeggingskracht hebben en 174 waarvan de modelresultaten slechts beperkte zeggingskracht hebben, door een kortere reekslengte. Deze laatste zijn vooral afkomstig van het meetnet van Bloemendaal, waar de metingen juni 1992 of later zijn gestart en het meetnet van Heemstede, waar de metingen januari 1996 of later zijn gestart. Het effect van het stoppen van het ondiepe deel van de Centrale winning Overveen op freatische grondwaterstanden in nabijliggende peilbuizen van het Bloemendaalse meetnet kon niet worden geschat. Deze ondiepe winning, die vanaf 1980 tussen de 0,3 en 0,9 miljoen m³/jaar bedroeg, is namelijk reeds gestopt in 1991, terwijl de betreffende grondwaterstandsreeksen pas medio 1992 starten.

Het onderzoek heeft speciale aandacht besteed aan de zogenaamde 'urgente' gebieden. Dat zijn de gebieden waar al grondwateroverlast bestond, of waar deze is voorspeld volgens een eerdere grondwatermodelstudie van het gehele gebied. Van de 49 urgente gebieden waren er 16 met voor dit onderzoek geschikte freatische grondwaterstandsreeksen. Een groot aantal van de overige urgente gebieden bevindt zich in Haarlem, maar de gegevens van het Haarlemse meetnet waren niet tijdig beschikbaar voor dit onderzoek.

Conclusies

De belangrijkste conclusies van dit onderzoek zijn:

1. Door het stopzetten van de grondwaterwinning van PWN in het duingebied van Zuid-Kennemerland is de freatische grondwaterstand in het duingebied het meest gestegen. Daar traden doorgaans verhogingen op van één tot enkele meters (met als maximum 4,8 m), uitgedrukt ten opzichte van de periode 1980 t/m 1990.
2. Vooral naar het oosten gaande neemt de geschatte stijging van de freatische grondwaterstand zeer sterk af. In de bebouwde kommen van Bloemendaal, Heemstede en Velsen heeft het stopzetten van de grondwaterwinning van PWN dan ook niet geleid tot regionale, maar slechts tot lokale (en beperkte) stijgingen van de freatische grondwaterstand.
3. De drainagemaatregelen hebben lokaal tot dalingen van de freatische grondwaterstand geleid, die tussen de 5 en 40 cm bedroegen.
4. De netto-verandering van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de grondwaterwinning van PWN en het uitvoeren van drainagemaatregelen betrof:

- in 3 urgente gebieden een gemiddelde stijging van meer dan 10 centimeter, met als uitschieter IJmuiderslag (V6) waar de gemiddelde stijging 40 centimeter bedroeg;
- in 2 urgente gebieden een gemiddelde daling van meer dan 10 centimeter;
- en in de 11 overige urgente gebieden een gemiddelde verandering van minder dan 10 centimeter.

De onderstaande tabel geeft deze laatste resultaten. Per urgent gebied zijn vermeld het aantal resultaten (tevens opgesplitst in het aantal met beperkte en het aantal met veel zeggingskracht), het gemiddelde (*Gem*), het minimum (*Min*) en het maximum (*Max*) van de geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de grondwaterwinning van PWN en het uitvoeren van drainagemaatregelen.

Gemeente	Code	Locatie	Aantal resultaten			Gem [m]	Min [m]	Max [m]
			Totaal [-]	Zeggingskracht Beperkt	Veel			
Bloemendaal	B1	Bloemendaal-Zuidwest	1	1	0	0.00	0.00	0.00
	B2	Bloemendaal-Oost	8	8	0	-0.02	-0.29	0.18
	B3	Overveen-Midden en -Oost	4	3	1	0.06	0.00	0.25
	B4	Aerdenhout-Noordoost	27	24	3	0.02	0.00	0.19
Heemstede	HS1	Omgeving Laan van Rozenburg	4	4	0	-0.07	-0.18	0.00
	HS2	Geleerdenwijk	2	2	0	-0.13	-0.26	0.00
	HS4	Koediefsaan / Van Slingelandlaan	1	1	0	-0.15	-0.15	-0.15
	HS5	Componistenwijk	2	2	0	0.00	0.00	0.00
Velsen	V1B	Driehuis-Zuidwest	1	1	0	0.00	0.00	0.00
	V1C	Driehuis-Zuidoost	2	0	2	0.16	0.15	0.17
	V1D	Begraafplaats en vijver Slingerduinlaan	1	0	1	0.00	0.00	0.00
	V2	Santpoort-Noord, omgeving Roos en Beeklaan	1	0	1	0.00	0.00	0.00
	V4	Santpoort-Zuid, incl. gedeelte Bloemendaal	4	1	3	0.02	0.00	0.07
	V5	Velsen-Zuid, Meervlietstraat	3	0	3	0.11	0.00	0.33
	V6	Parkeerplaats IJmuiderslag	3	0	3	0.40	0.00	0.41
	V10	Santpoort-Noord, Panamariestraat, Nassaulaan	6	0	6	0.00	0.00	0.00

Kanttekeningen

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de uitspraken over de netto-veranderingen in de meeste van de urgente gebieden met meetgegevens enigszins 'zacht' zijn, doordat ze zijn gebaseerd op weinig resultaten en/of resultaten met beperkte zeggingskracht. Verder is het door de relatief beperkte meetgegevens van de grondwaterstand nabij de door de gemeenten uitgevoerde drainagemaatregelen niet mogelijk om tot een afgewogen oordeel te komen over het nut en de efficiëntie van deze maatregelen.

Aanbeveling

Aanbevolen wordt om het meten van de grondwaterstanden zoveel mogelijk te handhaven. Nieuwe veranderingen van de hydrologische situatie zijn immers niet uit te sluiten, bijvoorbeeld door wijzigingen in de grondwaterwinningen in de Amsterdamse Waterleidingduinen of op het Corus-terrein, of door de zeespiegelrijzing en de klimaatsverandering. Om de effecten van deze wijzigingen te kunnen beoordelen zijn lange meetreeksen van de grondwaterstand nodig, die zowel vele jaren voor als na de wijziging omvatten.

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft aanpak en bevindingen van een onderzoek naar de hydrologische effecten van het stopzetten van de grondwaterwinning van NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland (voortaan aan te duiden als PWN) in het duingebied van Zuid-Kennemerland. Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van statistische analyses van ruim 500 grondwaterstandsreeksen.

1.1 Probleemstelling

De grondwaterwinning van PWN in het duingebied van Zuid-Kennemerland is in de jaren 1994 – 1998 verminderd en uiteindelijk in september 2002 definitief gesloten. Daardoor is de diepe stijghoogte gestegen, wat ook kan hebben geleid tot een stijging van de ondiepe grondwaterstand en tot daarmee gepaard gaande wateroverlast. Voor enkele gebieden is door de Provincie Noord-Holland en PWN financieel bijgedragen aan maatregelen om grondwateroverlast te voorkomen, waarbij de bijdrage is gerelateerd aan de voorspelde stijging van de grondwaterstand. Beide instanties hebben toegezegd om drie jaar na het stopzetten van de grondwaterwinning te evalueren wat de werkelijk opgetreden hydrologische effecten daarvan zijn en hoe effectief de genomen maatregelen waren. Mede namens de Provincie heeft PWN aan Icastat verzocht om deze evaluatie uit te voeren.

1.2 Doelstelling van dit onderzoek

De doelstelling van dit onderzoek is vast te stellen wáár en hóe de grondwaterstand is veranderd door het verminderen en stopzetten van de grondwaterwinning van PWN in het duingebied van Zuid-Kennemerland en door het uitvoeren van ontwateringsmaatregelen.

1.3 Afbakening van dit onderzoek

Op verzoek van de opdrachtgevers is het onderzoek als volgt afgebakend:

1. de verandering van de grondwaterstand moet worden gereconstrueerd uit meetgegevens van de grondwaterstandsmeetnetten van PWN, de Provincie en de aanliggende gemeenten;
2. de resultaten mogen op puntniveau worden gepresenteerd;
3. vooral in de zogenaamde ‘urgente’ gebieden moeten zoveel mogelijk meetpunten in het onderzoek worden betrokken;
4. het onderzoeksgebied omvat het duingebied Zuid-Kennemerland ten oosten van de Centrale winning Overveen en de aanliggende gebieden van Velsen-Zuid, Santpoort, Bloemendaal, Haarlem, Overveen, Aerdenhout en Heemstede. Verder moeten de effecten worden bepaald in het bebouwde gebied van Zandvoort en IJmuiden (inclusief IJmuiderslag en Heerenduinweg);
5. het duingebied ten westen van de Centrale winning Overveen valt dus buiten dit onderzoek.

1.4 Hoofdpijnen van onze aanpak

Om de bovengenoemde doelstelling te kunnen verwezenlijken, hebben wij statistische tijdreeksanalyse toegepast op de beschikbare meetreeksen van de grondwaterstand / stijg-

hoogte.¹ De kern van deze methode is dat er per meetreeks een statistisch model wordt ontwikkeld dat de statistische relaties legt tussen de grondwaterstand en zijn kandidaat-invloedsfactoren. Voor onze probleemstelling zijn dat de meteorologische grondwateraanvulling (vertegenwoordigd door het potentieel neerslagoverschot), de grondwaterwinningen en eventuele ontwateringsmaatregelen in de omgeving. Deze aanpak komt neer op een statistische reconstructie van de relaties tussen een gemodelleerde grondwaterstandsreeks en zijn mogelijke invloedsfactoren.

Het onderzoek is met de volgende stappen uitgevoerd:

1. verzamelen van meetgegevens van de grondwaterstandsmetnetten van PWN, de Provincie en aanliggende gemeenten (Bloemendaal, Haarlem, Heemstede, Velsen en Zandvoort);
2. visueel controleren (en zonodig corrigeren) van de grondwaterstandsreeksen;
3. vaststellen welke peilbuizen in welke 'urgente' gebieden liggen;
4. verzamelen van gegevens van de aanliggende gemeenten over de in de urgente gebieden getroffen maatregelen om grondwateroverlast te voorkomen;
5. vertalen van deze gegevens naar bij de modellering te hanteren invoerreeksen die de ontwateringsmaatregelen kunnen vertegenwoordigen. Indien het verloop van het drainagedebiet beschikbaar is kon deze als meetreeks worden meegenomen en anders als een interventiereeks (een reeks met nullen en enen);
6. verzamelen van gegevens over neerslag en verdamping in het onderzoeksgebied;
7. vertalen van deze gegevens naar bij de modellering te hanteren meteorologische invoerreeksen;
8. verzamelen van gegevens over grondwaterwinningen in het onderzoeksgebied;
9. voor elke te modelleren grondwaterstandsreeks samenvoegen van de afzonderlijke grondwaterwinningen tot één invoerreeks voor de modellering, door middel van geohydrologische weging op basis van de afstanden tot de betreffende peilbuis;
10. modelleren van elke grondwaterstandsreeks, met alle kandidaat-invloedsfactoren van die reeks als invoerreeksen;
11. ontwerpen van een classificatiesysteem voor de zeggingskracht van de modelresultaten, gebaseerd op een analyse van de gevoeligheid van de resultaten voor modelperiode en tijdseenheid (zoals maand, kwartaal, etc.).
12. tabelmatig en grafisch presenteren van de gereconstrueerde stijgingen van de grondwaterstand, met per resultaat een indicatie van zijn zeggingskracht;
13. schriftelijk rapporteren van aanpak en bevindingen van het onderzoek.

Enkele bijzondere kenmerken van onze aanpak zijn mede gebaseerd op de ervaringen die wij eerder hebben opgedaan met het statistisch analyseren van grondwaterstanden en stijghoogten in het westelijk duingebied van Zuid-Kennemerland [Baggelaar en Van der Meulen, 2004]. Het betreft de volgende bijzonderheden:

- het waar mogelijk modelleren van een grondwaterstandsreeks op maandbasis. Alleen als het modelleren op maandbasis tot te veel ontbrekende maandwaarden leidde, is gemodelleerd op kwartaalbasis;
- het streven naar een modelperiode die voldoende lang is, bij voorkeur vanaf januari 1980 tot december 2004;
- het voor elke te modelleren grondwaterstandsreeks afzonderlijk samenvoegen van de grondwaterwinningen tot één invoerreeks voor de modellering, door middel van geohydrologische weging;

¹ Voor de leesbaarheid zullen we - waar mogelijk - in het nu volgende geen onderscheid meer maken tussen 'grondwaterstand' en 'stijghoogte' en beide aanduiden als 'grondwaterstand'.

- het tevens modelleren van de diepe stijghoogten, aangezien het beeld van de hydrologische effecten van het stopzetten van de PWN-winning daarmee kon worden ver-scherpt;
- het bij het modelleren van de freatische grondwaterstanden rekening houden met een trage en geleidelijke reactie op de grondwaterwinningen.

Instrumentarium

Wij hebben voor de tijdreeksanalyse gebruik gemaakt van TRG, een softwarepakket voor tijdreeksanalyse dat is ontwikkeld met de wiskundige programmeertaal Matlab [Van der Meulen, 2004].

1.5 Over dit rapport

Na deze inleiding beschrijft hoofdstuk 2 de bevindingen van een gebiedsinventarisatie, met aandacht voor de geografische situatie, de geohydrologische situatie, de meteorologische omstandigheden, de grondwaterwinningen en de drainagemaatregelen. Hoofdstuk 3 gaat in op de details van de onderzoeksaanpak. De resultaten van het onderzoek worden tenslotte gepresenteerd in hoofdstuk 4. Het hoofddeel van dit rapport sluit af met een alfabetisch gerangschikte lijst van de geraadpleegde literatuur.

Dit rapport bevat 3 bijlagen. Bijlage 1 geeft een theoretische toelichting op de gehanteerde methode van tijdreeksanalyse. Bijlage 2 vermeldt een aantal technische gegevens van de voor dit onderzoek gehanteerde peilfilters. En bijlage 3 geeft de belangrijkste resultaten van de tijdreeksanalyse.

Achterin dit rapport treft u tevens de volgende vijf overzichtskaarten aan:

1. locaties van de winningen, de peilbuizen en de urgente gebieden;
2. geschatte stijging van de grondwaterstand in het freatisch watervoerend pakket door het stoppen van de grondwaterwinning, uitgedrukt ten opzichte van de gemiddelde verlaging van de grondwaterstand in de periode van 1980 t/m 1990;
3. idem, maar dan voor de stijghoogte in het winpakket;
4. geschatte verandering van de grondwaterstand in het freatisch watervoerend pakket door de drainagemaatregelen;
5. de netto-verandering van de grondwaterstand in het freatisch watervoerend pakket (stijging kaart 2 plus verandering kaart 4).

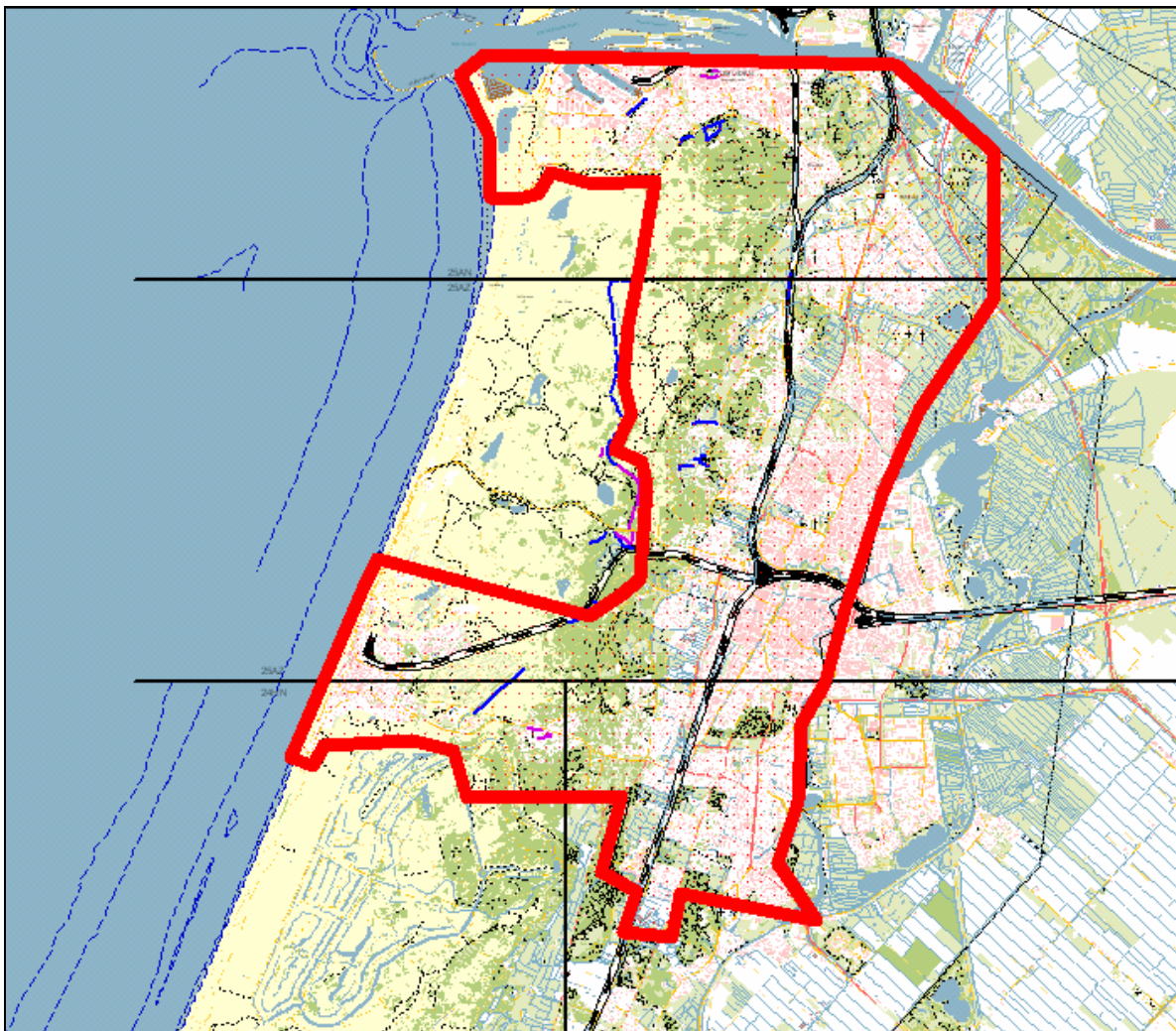
2 Gebiedsinventarisatie

Bij het statistisch modelleren van een grondwaterstandsreeks is het van belang om alle relevante invloedsfactoren van de grondwaterstand zo goed mogelijk bij de modellering te verdisconteren. Dit zal een zuiverder beeld opleveren van de statistische relaties tussen de verschillende invloedsfactoren en de grondwaterstand. Om vast te kunnen stellen wat hier de mogelijke invloedsfactoren zijn, is een gebiedsinventarisatie uitgevoerd. Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van die inventarisatie, met aandacht voor de geografische situatie (§ 2.1), de geohydrologische situatie (§ 2.2), de meteorologische omstandigheden (§ 2.3), de grondwaterwinningen (§ 2.4) en de waterhuishoudkundige ingrepen (§ 2.5).

2.1 Geografische situatie

Het in dit onderzoek beschouwde gebied omvat het duingebied Zuid-Kennemerland ten oosten van de Centrale winning Overveen en de aanliggende gebieden van Velsen-Zuid, Santpoort, Bloemendaal, Haarlem, Overveen, Aerdenhout en Heemstede. Verder behoren het bebouwde gebied van Zandvoort en IJmuiden (inclusief IJmuiderslag en Heerenduinweg) tot het onderzoeksgebied (zie figuur 2.1)

Figuur 2.1: De globale begrenzing van het in dit onderzoek beschouwde gebied.



De maaiveldshoogten in het onderzoeksgebied variëren tussen 0 en 20 meter NAP.

2.2 Geohydrologische situatie

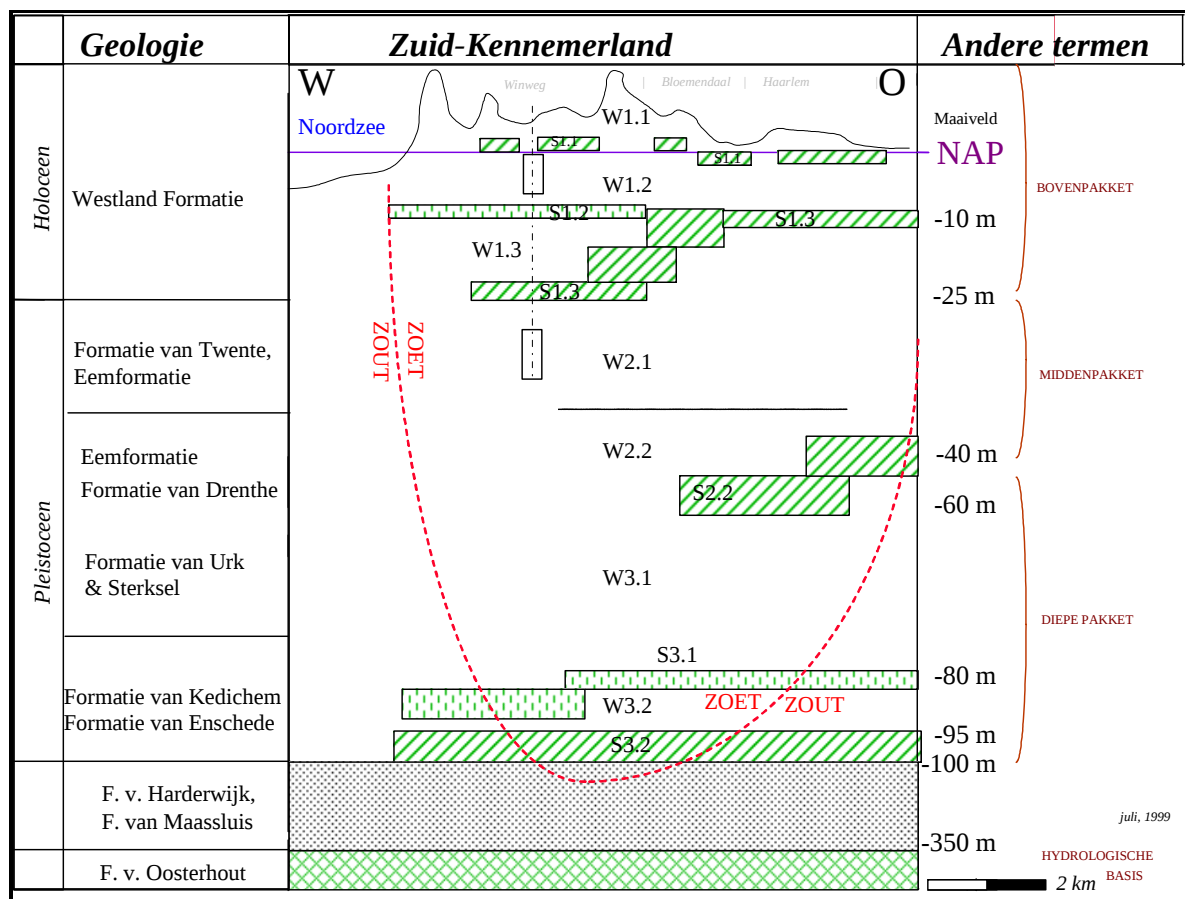
De ondergrond van het onderzoeksgebied kan geohydrologisch worden geschematiseerd tot een drietal watervoerende pakketten, gescheiden door slecht doorlatende lagen, zoals weergegeven in figuur 2.2 [Van de Vliet et al., 2000], mede gebaseerd op [Stuyfzand, 1987].

De watervoerende pakketten zijn:

- o het Holocene bovenpakket W1 (van maaiveld tot circa 20 m onder NAP);
- o het Pleistocene middenpakket W2 (van circa 20 tot 40 m onder NAP);
- o het diepe pakket W3 (van circa 50 tot 250 m onder NAP).

Afgezien van de in 1991 gesloten ondiepe winning Overveen onttrokken alle PWN-winningen in dit gebied grondwater aan het middenpakket (W2). De mate waarin deze grondwaterwinning de grondwaterstanden in het freatische grondwater kon beïnvloeden hangt af van de verticale hydraulische weerstand van de Holocene klei-, leem- en veenlagen (S1.1, S1.2 en S1.3). Doordat deze slecht doorlatende lagen naar het westen dunner worden of zelfs verdwijnen (zie daarvoor [Stuyfzand, 1987], figuur 3.3), neemt de verticale hydraulische weerstand in het algemeen af in westelijke richting.

Figuur 2.2: Geohydrologische schematisatie van de ondergrond van het duingebied (uit [Van de Vliet et al., 2000], mede gebaseerd op [Stuyfzand, 1987]).



2.3 Meteorologische omstandigheden

De belangrijkste invloedsfactor van de grondwaterstand is doorgaans de grondwateraanvulling, maar daar zijn helaas geen meetgegevens over beschikbaar. Als theoretische benadering van deze factor kan echter het potentieel neerslagoverschot dienen. Dat wordt berekend uit de neerslag en de verdamping, bijvoorbeeld op maandbasis volgens:

$$PNO_m = N_m - E_{Makkink,m}$$

met PNO_m het potentieel neerslagoverschot, N_m de neerslag en $E_{Makkink,m}$ de Makkink-verdamping, alle in maand m (mm/maand). De Makkink-verdamping wordt ook wel de referentie-gewasverdamping genoemd.

Voor deze studie waren de volgende meteorologische gegevens beschikbaar (afkomstig van het KNMI), alle op maandbasis:

- ✓ de verdamping op het meteostation De Kooy, van januari 1970 t/m april 2005;
- ✓ de neerslag op het meteostation Beverwijk, van januari 1970 t/m april 2005;
- ✓ de neerslag op het meteostation Bloemendaal (Overveen), van januari 1985 t/m december 2004;
- ✓ de neerslag op het meteostation Heemstede, van januari 1970 t/m april 2005;
- ✓ de neerslag op het meteostation Zandvoort, van januari 1981 t/m april 2005.

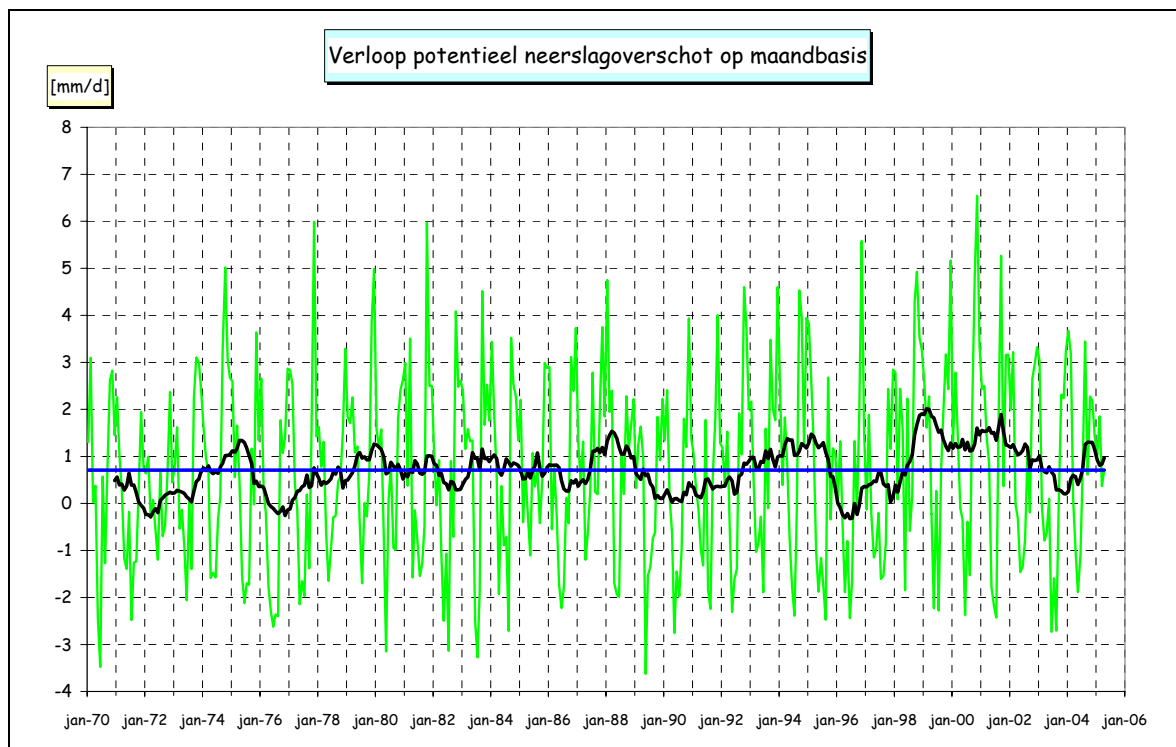
Door elk van de neerslagreeksen te combineren met de verdampingsreeksen van De Kooy, resulteerden vier tijdreeksen van het potentieel neerslagoverschot op maandbasis, die min of meer representatief mogen worden geacht voor het onderzoeksgebied. Zoals is te zien in tabel 2.1 vertonen deze reeksen echter een zeer sterke overlap in informatie, met onderlinge correlatiecoëfficiënten die minstens 0,97 bedragen. Dit komt doordat de betreffende neerslagstations relatief dicht bij elkaar liggen. Verder zullen de verschillen die kunnen optreden door lokale buien zijn uitgemiddeld door de grote tijdseenheid van de tijdreeksen (de maand).

Tabel 2.1: Correlatiematrix van de vier tijdreeksen van het potentieel neerslagoverschot op maandbasis. Voor elk paar tijdreeksen is de correlatiecoëfficiënt berekend op basis van de maximale periode waarover gepaarde meetwaarden van deze reeksen beschikbaar zijn.

	Zandv	Beverw	Heemst	Bloemdl
Zandv	1			
Beverw	0.97	1		
Heemst	0.98	0.97	1	
Bloemdl	0.99	0.98	0.98	1

Onderstaande figuur 2.3 toont het verloop van het maandgemiddelde van het potentieel neerslagoverschot, zoals berekend uit: (1) het gemiddelde van de neerslag op de meteostations met de langste tijdreeksen, namelijk Beverwijk en Heemstede en (2) de verdamping op het meteostation De Kooy.

Figuur 2.3: Verloop van het maandgemiddelde van het potentieel neerslagoverschot, zoals berekend uit: (1) het gemiddelde van de neerslag te Beverwijk en Heemstede en (2) de verdamping te De Kooy. Tevens is het voortschrijdend jaargemiddelde weergegeven (golvende dikke lijn) en het gemiddelde over de hele periode (horizontale dikke lijn op 0,706 mm/d). Het potentieel neerslagoverschot is gecorrigeerd voor de maandlengte, door de maandsom te delen door het aantal dagen in die maand.



Uit figuur 2.3 blijkt dat 1971 en 1976 droge jaren waren. De jaren negentig werden gekenmerkt werden door extreme meteorologische situaties, met een droge periode van medio 1995 tot medio 1996 en een zeer natte periode in het najaar van 1998. En verder waren ook de jaren 2000 en 2001 relatief nat.

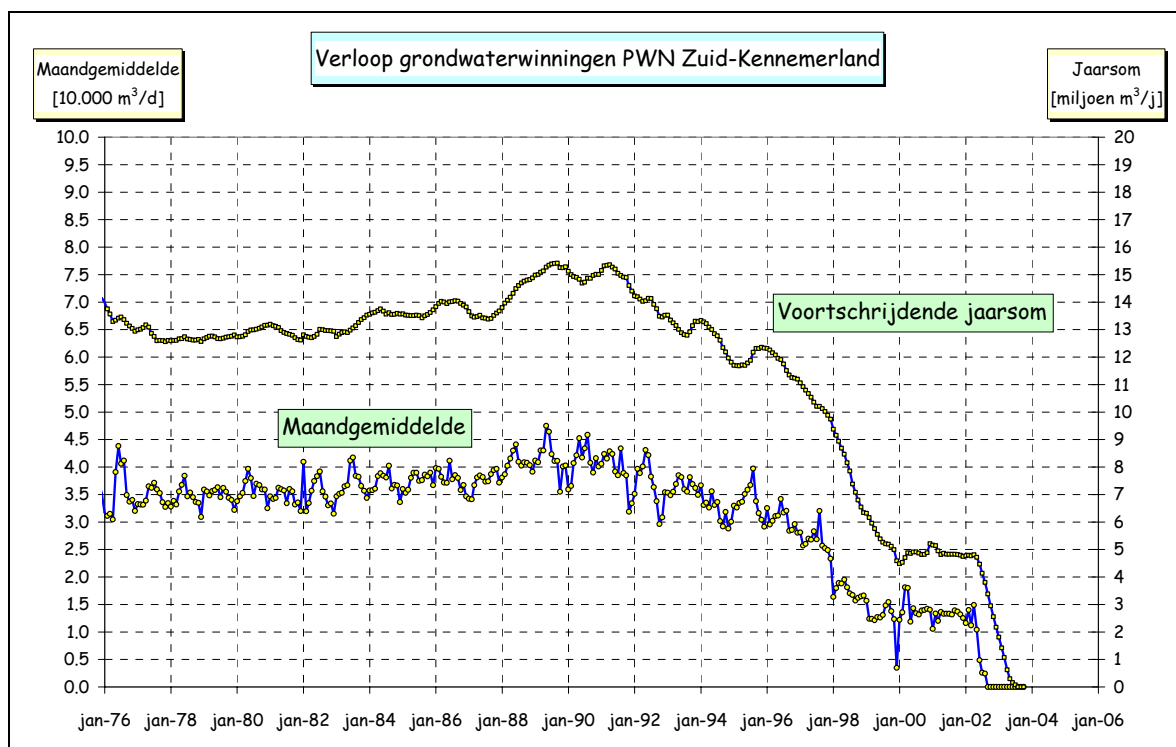
2.4 Grondwaterwinningen

Tot voor kort bevond er zich een groot aantal grondwaterwinningen in het gebied, waarvan de meeste PWN-winningen betrof. In september 2002 is de PWN-winning echter volledig gestopt. Verder waren er tot 2000 ook nog wat relatief kleine particuliere winningen. Momenteel zijn er nog maar twee grote grondwaterwinningen actief met mogelijk een regionale invloed op de grondwaterstanden in het onderzoeksgebied, namelijk de winning van Corus net ten noorden van het Noordzeekanaal en de winning van WLB Amsterdam aan de zuidwestkant van het gebied.

2.4.1 PWN-winningen

De totale jaarlijkse grondwaterwinning van PWN in Zuid-Kennemerland schommelde in de periode 1975 tot 1990 tussen 12 en 15 miljoen m³, waarna deze eerst geleidelijk afnam tot circa 10 miljoen m³ in 1997 en daarna sneller tot circa 5 miljoen m³ in 1999, om tenslotte in september 2002 helemaal te stoppen. Figuur 2.4 toont het verloop vanaf 1975 op maandbasis, als maandgemiddelde en als voortschrijdende jaarsom. Het overgrote deel van de winning was uit het middenpakket (W2 in figuur 2.2).

Figuur 2.4: Verloop van de totale grondwaterwinning van PWN in Zuid-Kennemerland op maandbasis, als maandgemiddelde en als voortschrijdende jaarsom.

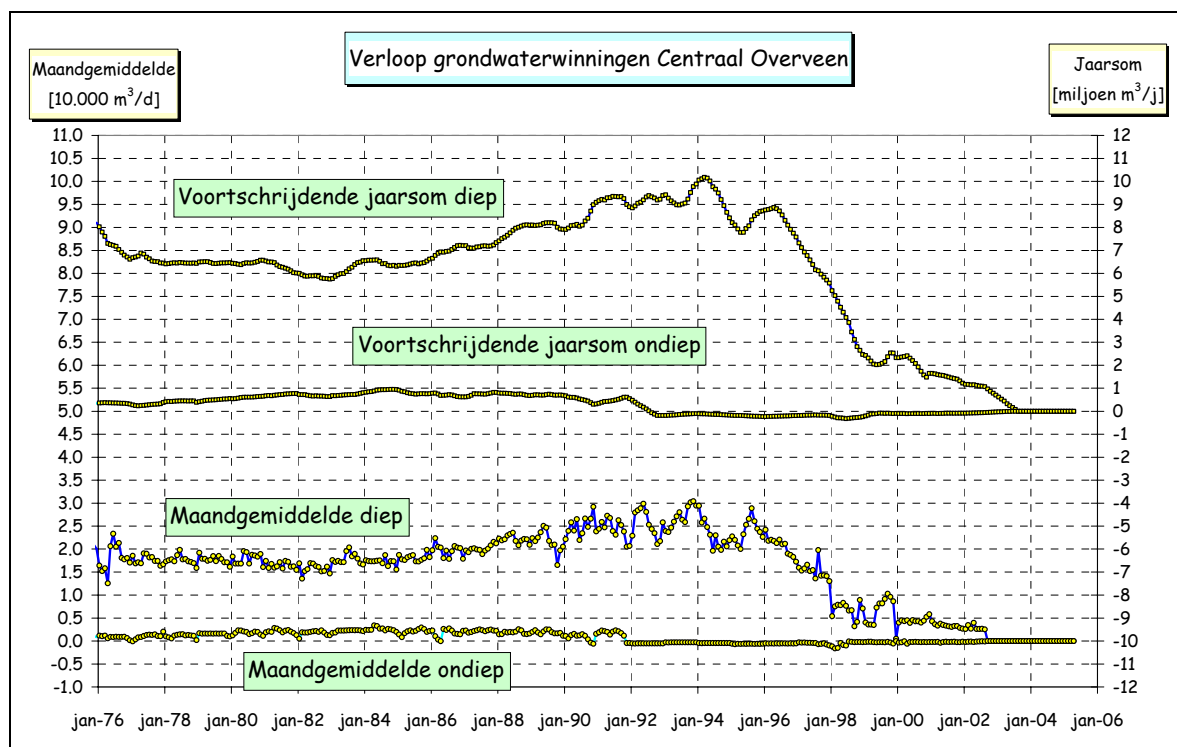


De PWN-winningen zijn in te delen in twee hoofdgroepen, namelijk de Centrale winning Overveen en de randwinningen. De pompputten van de Centrale winning Overveen vormen een streng die zich met lichte slingeren meer dan 4 km van noord naar zuid uitstrekt in het centrale deel van het duingebied Zuid-Kennemerland (zie kaart 1). Deze winning, die meer dan de helft van de totale PWN-winning in dit gebied voor zijn rekening nam, bestond uit de volgende wingroepen:

- Centraal Overveen Diep
 - o Noord 1 t/m 7
 - o Zuid
 - o Zeeweg 1 t/m 3
 - o Overveen D
 - o Middenduin
 - o Diepinfiltratie
- Centraal Overveen Ondiep
 - o Batterij
 - o Infiltratie bedrijfswater Overveen

Figuur 2.5 toont het verloop van de diepe en de ondiepe winning Overveen vanaf 1975 op maandbasis. De diepe winning was uit het middenpakket en de ondiepe winning uit het bovenpakket. Deze laatste is reeds gesloten in 1991.

Figuur 2.5: Verloop van de diepe en de ondiepe grondwaterwinning Overveen op maandbasis, als maandgemiddelde en als voortschrijdende jaarsom.



De randwinningen waren eveneens uit het middenpakket. Ze bestonden uit de volgende wingroepen:

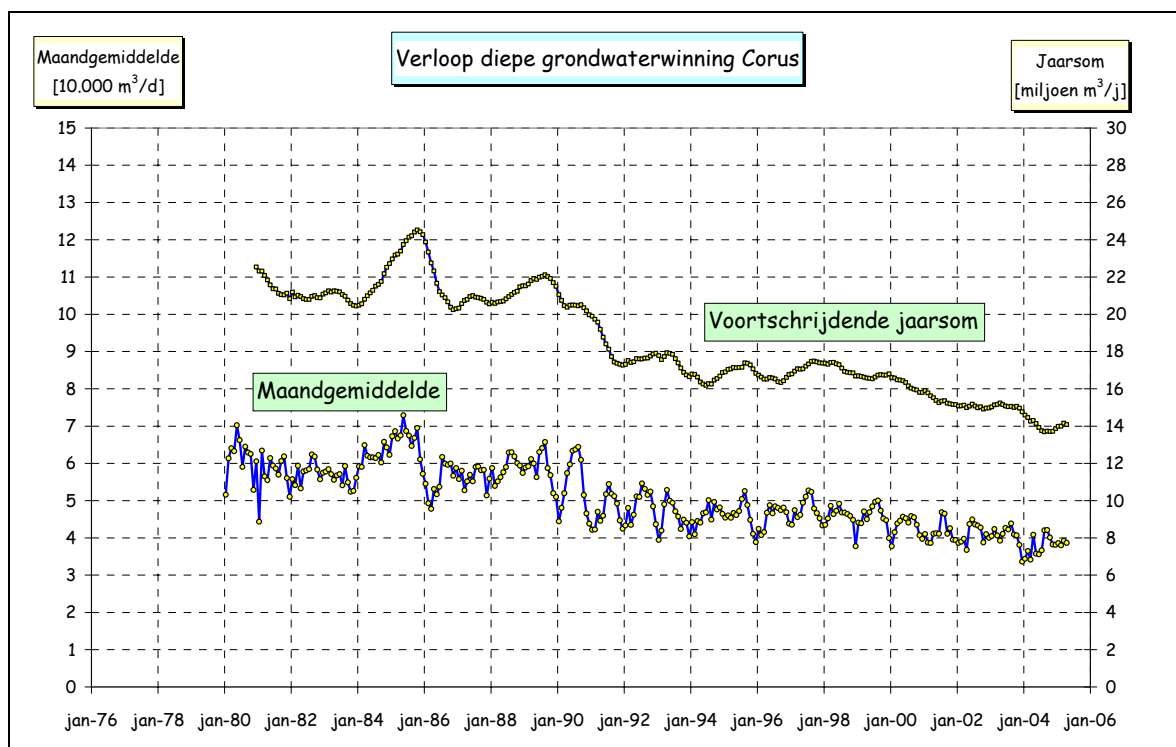
- Bloemendaal
- Heerenduinen
- IJmuiden
 - o Dokweg
 - o Coenstraat
 - o Tunnel
- Santpoort
- Koningshof / Kraantje Lek
- Bentveld

2.4.2 Overige grondwaterwinningen

Overige grondwaterwinningen met mogelijke invloed op de grondwaterstanden in het onderzoeksgebied zijn die van Corus en WLB Amsterdam. Er werd in Santpoort ook nog grondwater onttrokken door een zwembad en een door een ziekenhuis, tot 1997 respectievelijk 2000, maar dit betrof slechts kleine winningen (hooguit 100.000 respectievelijk 150.000 m³/jaar). Voor de aanleg van de Wijkertunnel is er tenslotte nog een diepe bronbemaling uitgevoerd van mei 1993 tot en met juli 1994. Deze zal in de omgeving de stijghoogten en wellicht ook de grondwaterstanden hebben beïnvloed.

Door Corus wordt zout grondwater onttrokken uit zeer diepe watervoerende pakketten (100 tot 200 m diep). Voor ons onderzoek waren gegevens over het verloop van deze winning beschikbaar van 1980 t/m april 2005. Het betreft een grote winning, die tussen 1980 en 1990 varieerde tussen 20 en 24 miljoen m³/jaar en daarna geleidelijk afnam tot momenteel circa 14 miljoen m³/jaar. Het verloop is op maandbasis weergegeven in figuur 2.6.

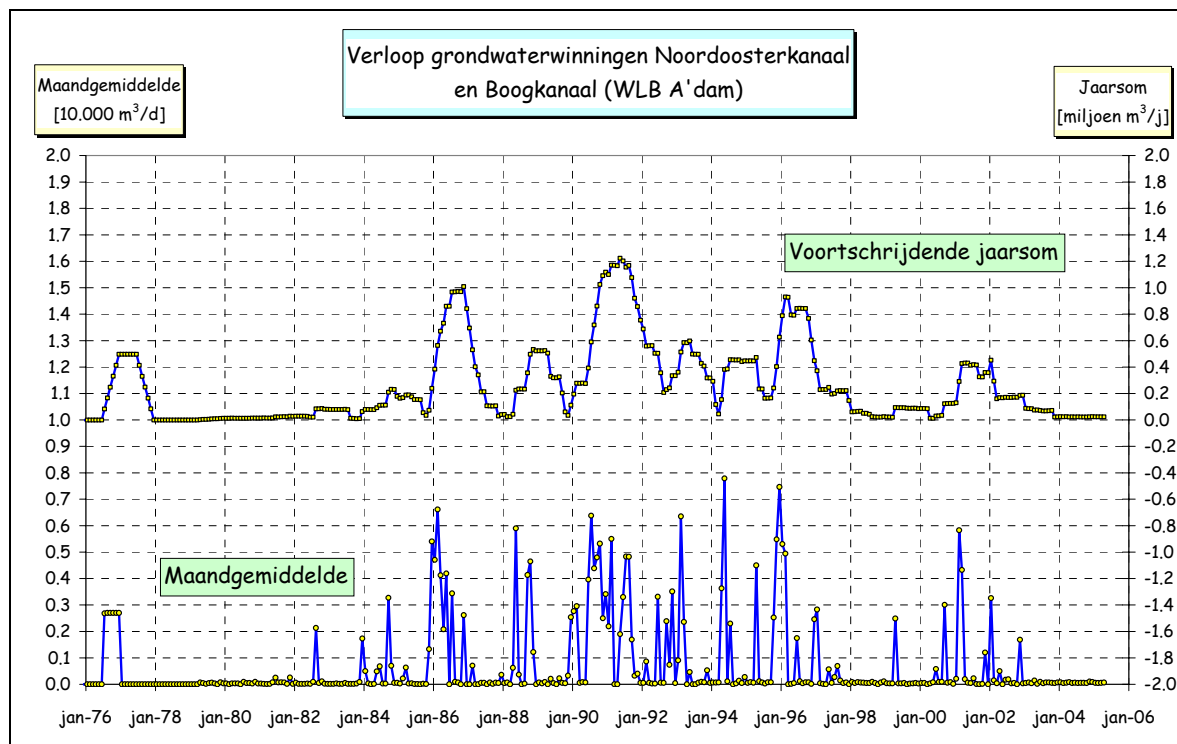
Figuur 2.6: Verloop van de diepe zoutwaterwinning van Corus op maandbasis, als maandgemiddelde en als voortschrijdende jaarsom.



Volgens theoretisch modelonderzoek kan een grote wijziging in deze winning de grondwaterstand in het duingebied van Zuid-Kennemerland beïnvloeden [Witteveen & Bos en TNO, 1987]. Voor het noordelijk duingebied van Zuid-Kennemerland (Velsen en Driehuis) is die invloed geraamd op circa 20 cm per wijziging van 4 miljoen m³/jaar.

Door WLB Amsterdam wordt bij het Noordoosterkanaal en het Boogkanaal zowel grondwater onttrokken uit het bovenpakket, als uit het middenpakket. In het bovenpakket wordt water onttrokken vanuit deze kanalen. Aangezien hierbij een constant peil wordt gehandhaafd, kan deze winning geen grote variatie van de grondwaterstand in de omgeving geven. De winning uit het middenpakket is overigens klein, met een zeer onregelmatig verloop (zie figuur 2.7). In de periode vanaf 1975 bedroeg deze op jaarbasis wel enkele malen rond de 1 miljoen m³, maar doorgaans was deze veel minder. Over de periode 1980 t/m 1990 bedroeg de jaargemiddelde onttrekking 0,29 miljoen m³/jaar.

Figuur 2.7: Verloop van de grondwaterwinningen Noordoosterkanaal en Boogkanaal (WLB Amsterdam) op maandbasis, als maandgemiddelde en als voortschrijdende jaarsom. Het betreft hier de winning uit het middenpakket.



2.5 Waterhuishoudkundige ingrepen

Uit een inventarisatie bij de vijf gemeenten in het onderzoeksgebied, bleek dat er in verschillende bebouwde (of verharde) gebieden die grenzen aan het duingebied van Zuid-Kennemerland maatregelen zijn getroffen om grondwateroverlast door het stoppen van de winningen van PWN te voorkomen. De maatregelen zijn vooral getroffen in zogenaamde 'urgente' gebieden. Dat zijn de gebieden waar al grondwateroverlast bestond, of waar deze is voorspeld volgens een grondwatermodelstudie van het gehele gebied [Grontmij, 1999]. Bij die studie zijn 49 'urgente' gebieden aangegeven. Tabel 2.2 vermeldt per urgent gebied welke urgentie daarvoor is aangegeven en welke maatregel er inmiddels is gerealiseerd (met ingangsjaar). Van de 49 urgente gebieden is er voor 19 gebieden een hoge urgentie aangegeven, 17 gebieden een beperkte urgentie en 13 gebieden een lage frequentie.

Diepdrainagesystemen

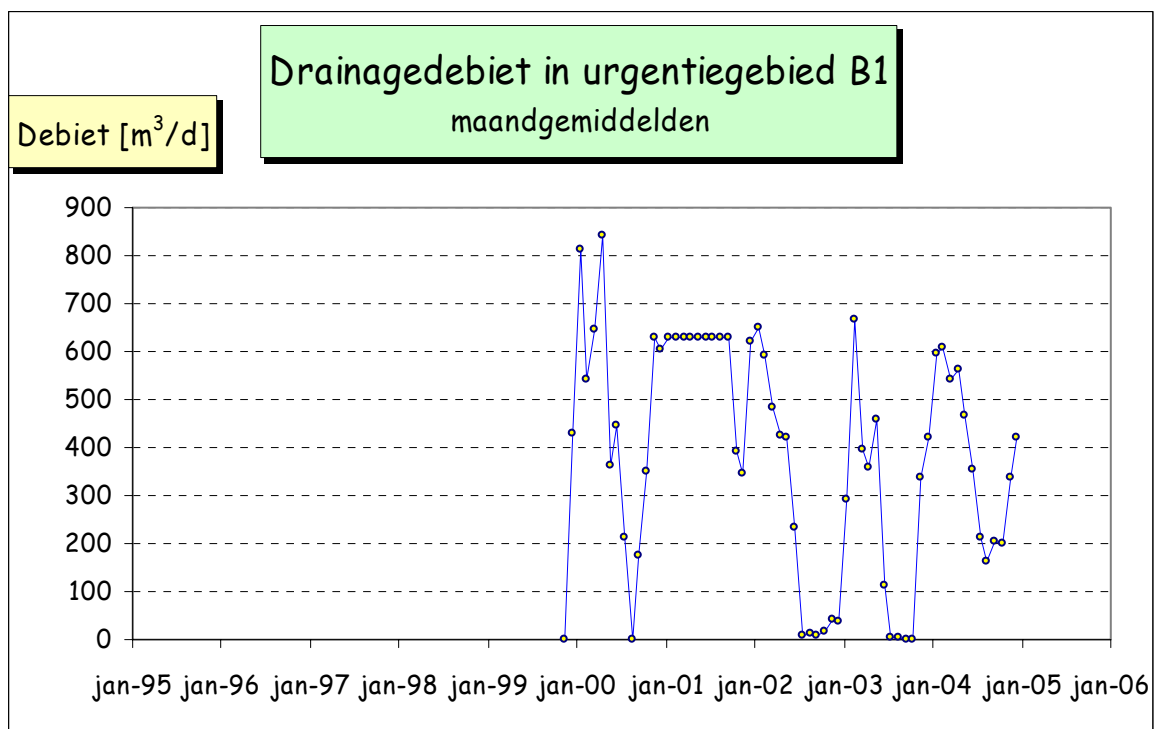
In vijf van de urgente gebieden zijn diepdrainageputten geplaatst om het gebied beter te ontwateren. Het betreft de gebieden B1, B2 en B3 in Bloemendaal en de gebieden V1d en V4 in Velsen. Van de gemeente Bloemendaal ontvingen wij gegevens over de onttrokken debieten van de diepdrainageputten in de gebieden B1, B2, B3 en V4 (dit laatste gebied ligt in Santpoort-Zuid en ten dele ook Bloemendaal). De pompfilters bevinden zich alle op 6 à 10 m onder maaiveld, in het zogenaamde wadzand-pakket (W1.2 in figuur 2.2). Het betreft de dagelijks gemeten debieten per diepdrainageput, waarbij de metingen starten in november of december 1999 en doorlopen tot en met oktober 2003. Hieruit hebben wij voor elk van deze urgente gebieden de reeks samengesteld van het maandgemiddelde drainage-debiet. Om te zorgen voor debietreeksen die lang genoeg doorlopen voor de tijdreeksanalyse, hebben wij elke reeks vervolgens handmatig aangevuld tot en met december 2004, door te extrapoleren met de vastgestelde maandgemiddelden. De resulterende debietreeksen op maandbasis zijn weergegeven in de figuren 2.8 t/m 2.11.

Tabel 2.2: De urgente gebieden in het onderzoeksgebied. Per urgent gebied is de urgentie vermeld en welke maatregel er is gerealiseerd om de grondwateroverlast te beperken (met ingangsjaar).

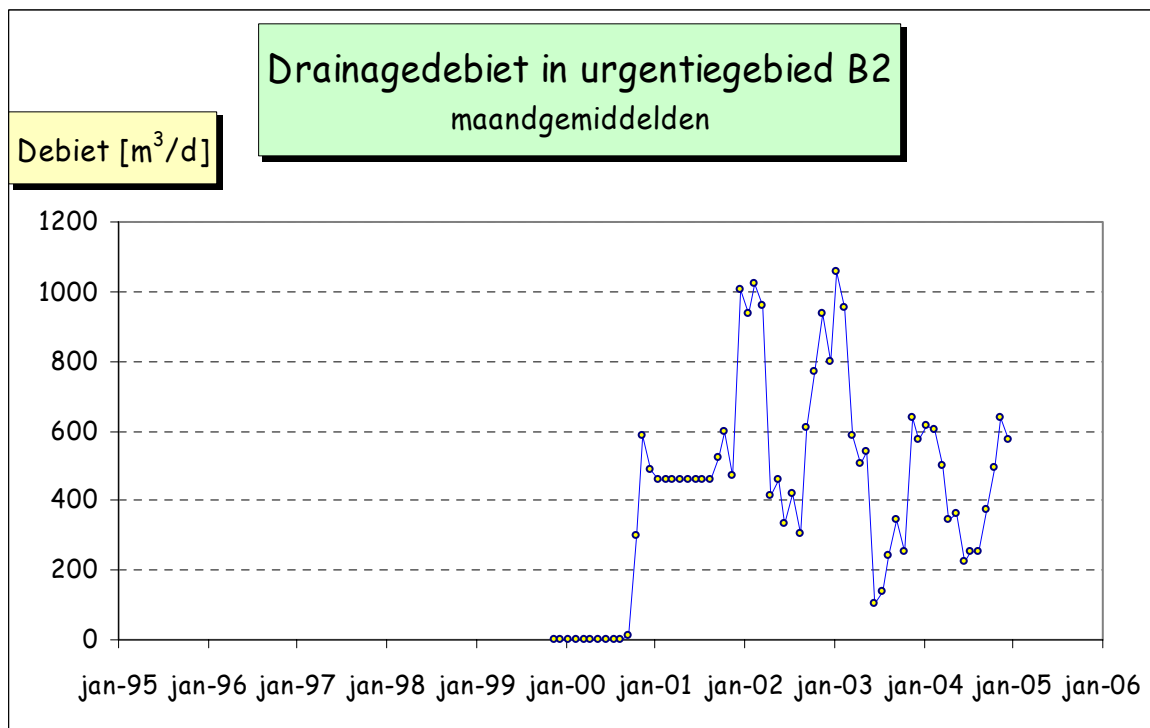
Gemeente	Code	Locatie	Urgentie	Gerealiseerde drainagemaatregel
Bloemend	B1	Bloemendaal-Zuidwest	Hoog	9 diepdrainageputten (1999)
	B2	Bloemendaal-Oost	Beperkt	14 diepdrainageputten (2000)
	B3	Overveen-Midden en -Oost	Beperkt	16 diepdrainageputten (1999)
	B4	Aerdenhout-Noordoost	Laag	
	B5	Bloemendaal-Noordwest sportvelden	Beperkt	
	B6	Restaurant en weg Bokkedoorns	Hoog	
	B7	Manege de Bokkedoorns	Beperkt	
	B8	Kampeerterein Bloemendaal	Hoog	
	B9	Caravankamp het Helmgat	Laag	
Haarlem	H1	wijk 72 Delftwijk	Hoog	
	H2A	wijk 63 sportpark Sinneveld	Hoog	
	H2B	wijk 63 Sinneveld	Hoog	
	H3	wijk 64 De Krim	Laag	buisdrainage (2001)
	H4	wijk 50, 51, 52 en 53	Beperkt	
	H5A	wijk 81 Zijlweg	Beperkt	buisdrainage (2000)
	H5B	wijk 80 Ramplaankwartier	Laag	
	H6	wijk 30 Amsterdamse buurt	Beperkt	
	H7	wijk 43 Rozenprieel	Beperkt	
	H8	wijk 42 Den Hout	Beperkt	
	H9	wijk 82 Oosterduin	Beperkt	
	H10	wijk 22, 23 en 40 (zuidelijke gedeelten)	Laag	
	H11	wijk 21, 22 en 23 (noordelijke gedeelten)	Laag	
	H12	wijk 60	Laag	
Heemst	H51	Omgeving laan van Rozenburg	Hoog	buisdrainage (1999-2001 en 2002)
	H52	Geleerdenwijk	Beperkt	buisdrainage (2002-2004)
	H53	Rivierenwijk	Laag	buisdrainage (1997)
	H54	Koediefsaan / Van Slingelandtlaan	Hoog	buisdrainage (2002)
	H55	Componistenwijk	Laag	
Velsen	V1A	Driehuis-Noordwest	Hoog	buisdrainage (2003-2004)
	V1B	Driehuis-Zuidwest	Hoog	buisdrainage (2003-2004)
	V1C	Driehuis-Zuidoost	Beperkt	buisdrainage (2003-2004)
	V1D	Begraafplaats en vijver Slingerduinlaan	Hoog	3 diepdrainageputten (2002)
	V2	Santpoort-Noord, omgeving Roos en Beeklaan	Beperkt	buisdrainage (2003-2004)
	V3	Willem de Zwijgerlaan, nabij Middenduinerweg	Laag	
	V4	Santpoort-Zuid, incl. gedeelte Bloemendaal	Beperkt	buisdrainage en 6 diepdrainageputten (1999)
	V5	Velsen-Zuid, Meervlietstraat	Laag	
	V6	Parkeerplaats IJmuiderslag	Hoog	buisdrainage (1999)
	V7	Kennemermeer	Beperkt	verbeterde waterafvoer (2002) ¹⁾
	V8	Spaarnberg	Laag	
	V9	Landgoed Duin- en Kruidberg	Beperkt	vijverafvoer (2002)
	V10	Santpoort-Noord, Paramaribostraat, Nassaulaan	Beperkt	buisdrainage (2001-2002 en 2005)
Zandv	Z1	Sportvelden en Camping Kennemerweg	Hoog	
	Z2	Nijhoffstraat	Hoog	infiltratie-transportriolering (2000-2003)
	Z3	Volkstuinjes Wurmenveld	Hoog	zandophoging (2000)
	Z4	Centrum (o.a. Schoolstraat)	Laag	
	Z5	Circuit	Hoog	
	Z6	Sportvelden Duintjesveld	Hoog	verbeterde waterafvoer (2003)
	Z7	Vijvers circuit	Hoog	peilbeheer (2001)
	Z8	Park Gran Dorado	Hoog	vergroting vijver (2002-2003)

1) De informatie over de verbeterde waterafvoer van het Kennemermeer kwam pas aan het eind van dit onderzoek beschikbaar en is dus niet apart meegenomen bij het modelleren. Er bevinden zich echter geen peilbuizen in de directe omgeving van dit meer. De dichtstbijzijnde peilbuizen zijn die rond de parkeerplaats IJmuiderslag (urgent gebied V6). Mocht deze maatregel daar nog tot een verlaging van de grondwaterstand hebben geleid, dan zal die invloed zijn meegeschat bij het schatten van de invloed van het drainagesysteem van de parkeerplaats IJmuiderslag, aangezien dat systeem in 2002 voluit is gaan werken (zie verder).

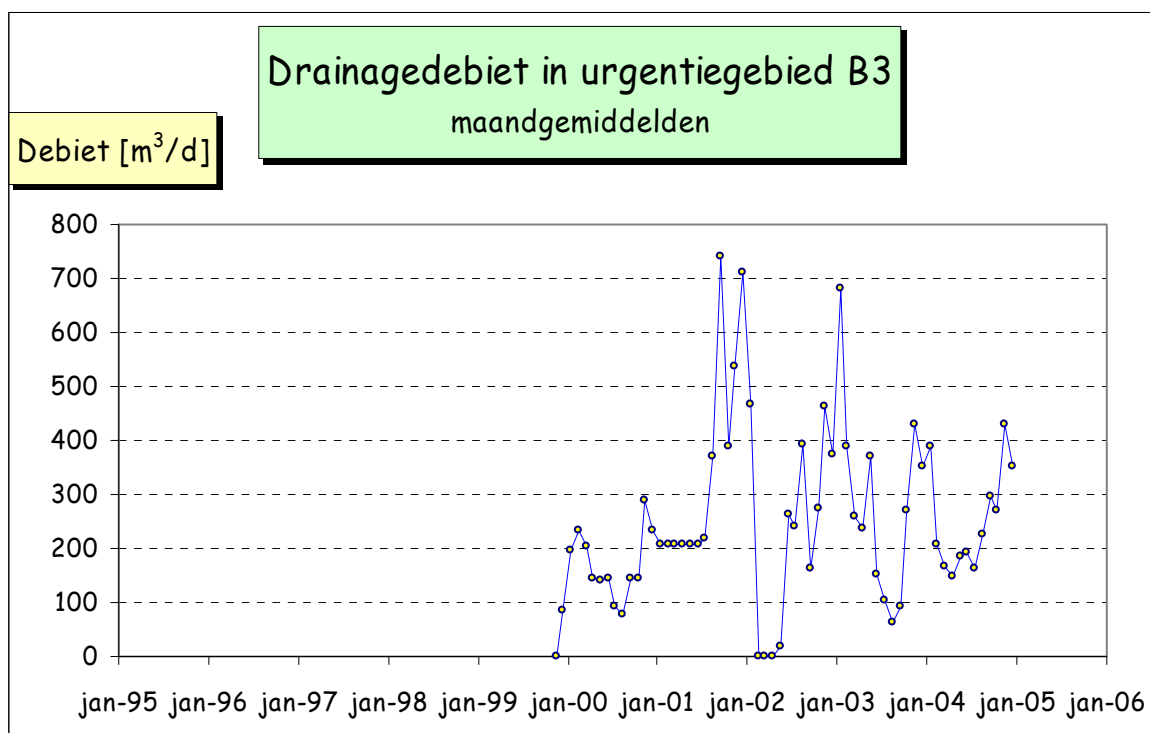
Figuur 2.8: Verloop van het maandgemiddelde debiet van de diepdrainage in het urgente gebied B1.



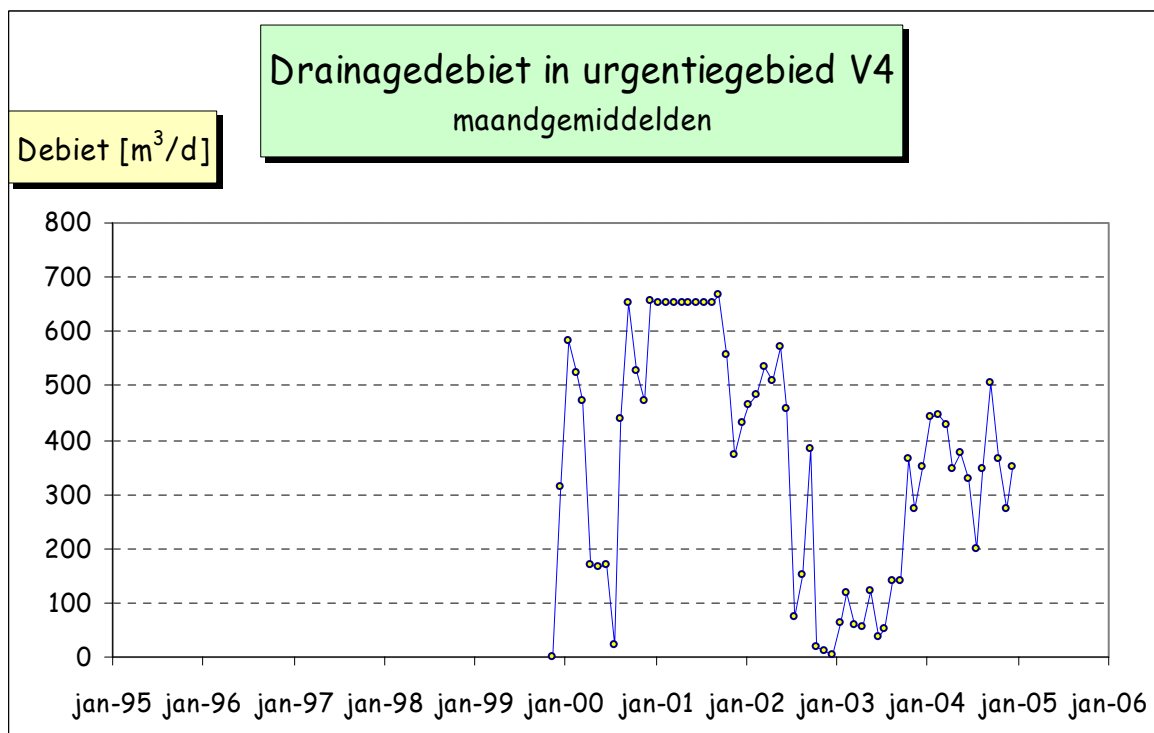
Figuur 2.9: Verloop van het maandgemiddelde debiet van de diepdrainage in het urgente gebied B2.



Figuur 2.10: Verloop van het maandgemiddelde debiet van de diepdrainage in het urgente gebied B3.

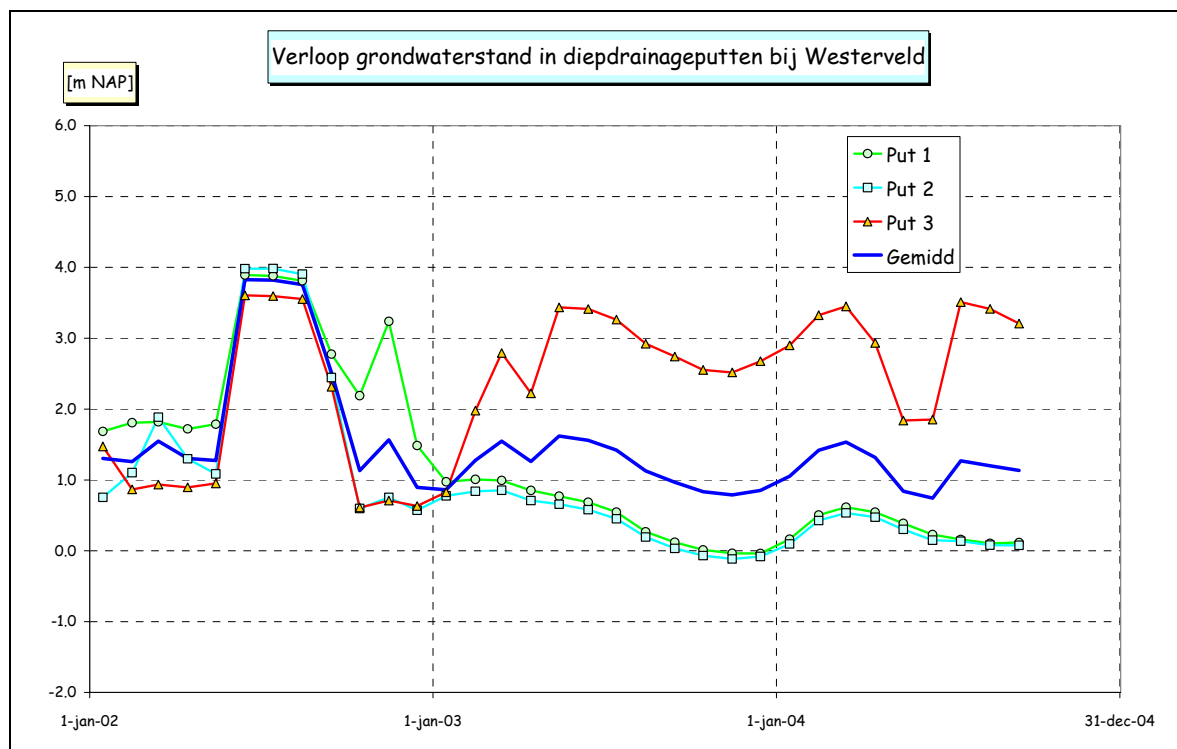


Figuur 2.11: Verloop van het maandgemiddelde debiet van de diepdrainage in het urgente gebied V4.



Het diepdrainagesysteem in het urgente gebied V1D (rond de begraafplaats Westerveld) bestaat uit 3 diepdrainageputten, met de pompfilters van 8 tot 22 m onder maaiveld, in het wadzand-pakket. De putten zijn geplaatst in 2001 en zijn in 2002 begonnen met het pompen. De drainagegebieden zijn niet bekend, maar wel is in elk van deze putten vanaf 13 januari 2002 de grondwaterstand vrijwel continu gemeten (met zogenaamde 'divers'). PWN heeft ons deze gegevens beschikbaar gesteld, waaruit wij vervolgens voor elke put het verloop van de maandgemiddelde grondwaterstand hebben afgeleid (zie figuur 2.12). Uit deze figuur kan worden afgeleid dat de drainage vanaf januari 2002 vrijwel voortdurend actief is geweest, echter met uitzondering van de periode juni t/m augustus 2002.

Figuur 2.12: Verloop van de maandgemiddelde grondwaterstand in de diepdrainageputten in het urgente gebied V1D (rond de begraafplaats Westerveld).



Drainagesysteem IJmuiderslag (urgent gebied V6)

De parkeerplaats IJmuiderslag en een deel van de naastliggende weg wordt onderbemalen door een horizontaal drainagesysteem, dat door PWN is aangelegd. De pomp draait naar schatting 6 à 8 maanden per jaar. Van oktober 1999 tot januari 2002 draaide deze echter nog maar zeer beperkt, waarbij het onttrokken grondwater werd verpompt naar een noordelijk gelegen duinvallei. De bemaling moest toen beperkt blijven, aangezien er geen vergunning was in het kader van de NB-wet. De bemaling had daarom als voornaamste doel om een verdergaande stijging van de grondwaterstand tegen te gaan. In de periode van 1999 t/m 2001 bleven dan ook langdurig weggedeelten onder water staan. In 2001 heeft zelfs het hele jaar een deel van de weg blank gestaan, inclusief het parkeerterrein. Vanaf januari 2002 kon de capaciteit van het drainagesysteem echter beter worden benut, waarbij het onttrokken grondwater naar een zuidelijk gelegen duinvallei van Natuurmonumenten is verpompt.

Andere waterhuishoudkundige ingrepen

Bij onze inventarisatie hebben we de betrokken gemeenten verzocht om alle informatie te verstrekken over de waterhuishoudkundige ingrepen die in de periode vanaf 1980 de grondwaterstand kunnen hebben beïnvloed. Behalve informatie over de reeds in tabel 2.2

vermelde maatregelen in de urgente gebieden hebben wij nog de volgende informatie ontvangen.

Gemeente Haarlem

In de gemeente Haarlem wordt al circa 20 jaar bij het vervangen van de riolering door- gaans ook drainage aangelegd (dat is al in 70% van de gevallen gebeurd). Er zijn echter nog geen drainagesystemen specifiek voor de urgente gebieden aangelegd, waarbij mee- speelt dat er nog geen meldingen van grondwateroverlast zijn binnen gekomen. Er is wel een gemeentelijk grondwaterplan in de maak, waarbij de urgente gebieden voorrang zul- len krijgen.

Gemeente Heemstede

Behalve in de urgente gebieden HS1 t/m HS4 zijn er in Heemstede ook nog in de volgende gebieden horizontale buisdrainages aangelegd:

- o 1995: in de omgeving van de Houtvaart.
- o 2001: Spoorzichtlaan en -plein.
- o 2003: Adriaan Pauwlaan, tussen Herenweg en Crayenestervaart.
- o 2004: omgeving station, in Zandvoortselaan-west en in Schollevaerlaan.
- o 2004 - 2005: Rembrandtlaan en omgeving.

Verder zijn er nog enkele uitbreidingen geweest van de bebouwde kom. Aangezien deze gepaard gaan met verharding van het oppervlak en de aanleg van riolering, mag worden verondersteld dat ze de plaatselijke grondwaterstand hebben beïnvloed. Het betreft de aanleg van de wijken Merlenhoven (1983 - 1989), Bleekersvaartgebied (1986 - 1989), Groe- nenhoven (1988 - 1990) en Prinseneiland (1988 - 1991).

Gemeente Velsen

Behalve in de urgente gebieden V1, V2, V6 en V10 is er in Velsen ook nog horizontale buisdrainage aangelegd in de strook die tussen V2 en V10 ligt. Deze drainage is aangelegd in 2001 en 2002.

Aan de Maasstraat (bij de Heerenduinweg te IJmuiden) is in 2000 en 2001 een groot ber- gingsbassin gebouwd, voor de tijdelijke opslag van rioolwater. Daarbij is grondwater ont- trokken om een droge bouwkuip te krijgen. Dit water is geloosd op de riolering

In 2001 en 2002 is een nieuw zwembad gebouwd aan de zuidzijde van de Heerenduinweg te IJmuiden. Hierbij is grondwater onttrokken en geloosd op de riolering.

Onder de rotonde Wüstelaan / Broekbergenlaan (Santpoort-Noord) is in 1999 een groot bergingsbassin gebouwd. Ook hierbij is grondwater onttrokken en geloosd op de riolering.

Gemeente Zandvoort

Een belangrijke drainagemaatregel in Zandvoort was het instellen van het peilbeheer van de vijvers op het circuit, in januari 2001. De vijvers zijn toen gaan functioneren als over- storten van het rioolwater, waarbij het peil steeds op circa 1,40 m boven NAP is gehouden. Volgens de gemeente zal dit tot een daling van de grondwaterstand binnen een straal van 1 à 2 km hebben geleid. Andere relevante maatregelen waren:

- o in het urgente gebied Z2 is in de periode 2000 t/m 2003 een infiltratie-transport- riolering aangelegd;
- o bij de sportvelden in het urgente gebied Z6 is in februari 2003 een extra watergang aangelegd en zijn de reeds bestaande watergangen opgeschoond, zodat er meer bergingscapaciteit ontstond;
- o de vijver in het Park Gran Dorado (urgent gebied Z8) is in 2002/2003 enigszins vergroot, om de bergingscapaciteit uit te breiden.

3 Details van de onderzoeks aanpak

Dit hoofdstuk geeft de details van de onderzoeks aanpak. In § 3.1 is aangegeven hoe de te modelleren grondwaterstandsreeksen zijn geselecteerd. In § 3.2 worden de hoofdkeuzen voor de modelontwikkeling toegelicht. Tenslotte licht § 3.3 toe hoe we met gevoeligheidsanalyse een classificatiesysteem voor de zeggingskracht van de resultaten van de tijdreeksanalyse hebben ontwikkeld.

3.1 Selectie van de te modelleren grondwaterstandsreeksen

De grondwaterstandsreeksen voor dit onderzoek zijn opgevraagd bij PWN, de Provincie Noord-Holland en de aanliggende gemeenten Bloemendaal, Haarlem, Heemstede, Velsen en Zandvoort. Elk van deze instanties beheert een grondwatermeetnet, dat bestaat uit verschillende peilbuizen, soms met filters op meerdere diepten. Behalve de grondwaterstanden zijn ook de algemene gegevens over de betreffende peilbuizen en peilfilters verzameld, zoals X- en Y-coördinaten, maaiveldshoogte, filterstelling en watervoerend pakket. Deze inventarisatie leverde 1049 grondwaterstandsreeksen op, waarvan vrijwel de helft afkomstig van PWN en de Provincie (zie tabel 3.1). De gegevens van de gemeente Haarlem konden helaas niet tijdig beschikbaar worden gesteld.

Tabel 3.1: De herkomst van de voor dit onderzoek verzamelde grondwaterstandsreeksen.

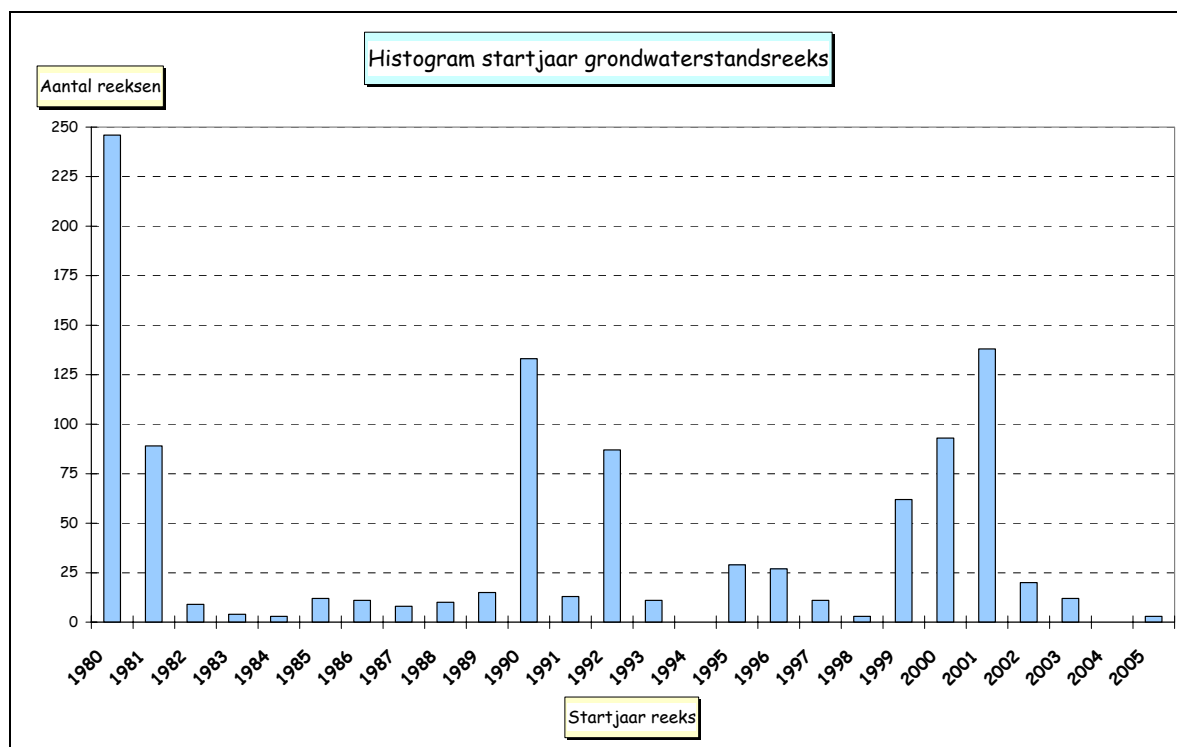
Herkomst	Aantal
PWN en Provincie	522
Bldaal	313
Heemst	92
Velsen	109
Zandv	13
Totaal	1049

De ontvangen reeksen verschillen sterk in lengte. Uit het histogram van het startjaar van de 1049 grondwaterstandsreeksen (figuur 3.1) blijkt dat de startjaren tussen 1980 en 2005 liggen. Ongeveer een kwart van de reeksen – 246 – start in 1980, terwijl een ander globaal kwart van de reeksen – 266 – pas start in 2000 of later.

3.1.1 Opschonen van fouten

De 1049 verzamelde grondwaterstandsreeksen zijn eerst onderzocht op het voorkomen van meet- en/of transcriptiefouten. Deze kunnen naar voren komen als uitbijters – dit zijn meetresultaten die niet in het normale beeld passen – of een vreemd verloop van de tijdreeks. Hiertoe zijn de grafieken van alle grondwaterstandsreeksen kritisch visueel beoordeeld op eventuele anomalieën, gebruik makende van hydrologische kennis en ervaring met betrekking tot grondwaterstandsreeksen. Daarbij is ook nagegaan of de anomalie kon zijn veroorzaakt door een lokale hydrologische ingreep. Indien voldoende aannemelijk was dat de anomalie is veroorzaakt door meet- en/of transcriptiefouten, is deze uit de reeks verwijderd.

Figuur 3.1: Histogram van het startjaar van de 1049 voor dit onderzoek verzamelde grondwaterstandsreeksen.



3.1.2 Selectie van de voor tijdreeksanalyse geschikte grondwaterstandsreeksen

Uit de opgeschoonde grondwaterstandsreeksen zijn vervolgens de reeksen geselecteerd voor de tijdreeksanalyse. Wij hebben een grondwaterstandsreeks geschikt geacht voor de tijdreeksanalyse, als deze voldeed aan **elk** van de volgende 5 criteria:

1. is langer dan 4 jaar;
2. bevat minstens 48 meetwaarden;
3. start vóór 1 april 1999;
4. eindigt ná 31 december 1990;
5. X- en Y-coördinaten van de betreffende peilbuis zijn bekend.

De eerste twee criteria zijn gebaseerd op onze algemene ervaringen met tijdreeksanalyse, waarbij is gebleken dat het afzonderlijk onderkennen van meteorologische en hydrologische invloeden op grondwaterstanden in traag reagerende systemen, zoals duingebieden, vrijwel onmogelijk is als de grondwaterstandsreeks te kort is of te weinig meetwaarden bevat. De criteria 3. en 4. zijn gebaseerd op onze specifieke ervaringen met de grondwaterstandsreeksen in dit gebied. Uit een analyse van de gevoeligheid van de resultaten van tijdreeksanalyse voor de modelperiode bleek namelijk dat zowel te laat startende, als te vroeg eindigende grondwaterstandsreeksen modelresultaten zonder zeggingskracht opleverden (zie § 3.3). Tenslotte zijn de X- en Y-coördinaten (het laatste criterium) van belang om de geschikte invoerreeksen bij de modellering te kunnen kiezen en om de modelresultaten ruimtelijk te kunnen presenteren en evalueren.

Na deze selectie resteerden er 528 grondwaterstandsreeksen, afkomstig uit 396 peilbuizen (zie tabel 3.2). Hiervan zijn 83 reeksen gemeten in peilbuizen die in urgente gebieden liggen.

Tabel 3.2: De indeling van de 528 voor tijdreeksanalyse geschikt geachte grondwaterstandsreeksen en hun peilbuizen naar herkomst en watervoerend pakket (de laatste gecodeerd als in figuur 2.2).

		Herkomst					Totaal
		PWN	Bldaal	Heemst	Velsen	Zandv	
Aantal peilbuizen		192	119	39	46	0	396
Aantal reeksen	W1.1	162	118	30	46	0	356
	W1.2	17	1	9	8	0	35
	W1.3	4	0	0	0	0	4
	W2.1	85	0	0	0	0	85
	W2.2	24	0	0	0	0	24
	W3.1	14	0	0	0	0	14
	W3.2	10	0	0	0	0	10
Geschikte reeksen		316	119	39	54	0	528
Percentage van de beschikbare reeksen		60.5%	38.0%	42.4%	49.5%	0.0%	50.3%

Van de 1049 verzamelde grondwaterstandsreeksen bleek dus slechts ongeveer de helft geschikt voor de tijdreeksanalyse. De meeste reeksen vielen af doordat ze te laat starten (ná 1 april 1999). De reeks bevat dan onvoldoende informatie over een eventuele invloed van het stoppen van de grondwaterwinning, aangezien de winning sinds 1999 nog maar weinig is afgenomen (zie § 3.3). Van het Zandvoortse meetnet bleek er geen enkele grondwaterstandsreeks geschikt voor de tijdreeksanalyse, doordat deze pas in 2000 starten. Dit alles pleit ervoor om meetinspanningen naar hydrologische effecten in dit duingebied (met de lange responstijden) zo vroeg mogelijk op te starten.

De locaties van de 396 peilbuizen waarin deze reeksen zijn gemeten zijn weergegeven op kaart 1. En in bijlage 2 zijn de algemene gegevens van de 528 geselecteerde peilfilters vermeld, namelijk herkomst, peilbuiscode, X- en Y-coördinaat, filternummer, filterstelling (boven- en onderkant), watervoerend pakket en maaiveldshoogte.

Van de 19 hoog urgente gebieden zijn 82 grondwaterstandsreeksen beschikbaar, maar slechts 18 daarvan, afkomstig uit 6 hoog urgente gebieden, voldoen aan de bovengenoemde 5 criteria (zie tabel 3.3). Er is dus maar weinig bruikbare informatie over de hoog urgente gebieden beschikbaar.

Tabel 3.3: Meetinspanning in de hoog urgente gebieden. Per hoog urgent gebied is het aantal beschikbare en het aantal (voor tijdreeksanalyse) geschikte grondwaterstandsreeksen vermeld.

Gebied	B1	B6	B8	H1	H2A	H2B	HS1	HS4	V1A	V1B	V1D	V6	Z1	Z2	Z3	Z5	Z6	Z7	Z8	Totaal
beschikbaar	11	0	0	4	0	1	18	1	2	13	13	11	2	1	0	0	1	4	0	82
geschikt	1	0	0	0	0	0	7	1	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	18

3.2 Hoofdkeuzen voor de modelontwikkeling

Voor de ontwikkeling van een statistisch model van een grondwaterstandsreeks biedt de door Box en Jenkins aanbevolen iteratieve aanpak een geschikt kader, met als onderdelen: 1) modelidentificatie, 2) schatting modelparameters en 3) verificatie van het model [Box and Jenkins, 1976]. Maar zelfs binnen deze gestructureerde aanpak zijn er nog belangrijke

keuzen nodig. Zo moet worden besloten wat de meest geschikte tijdseenheid is voor het modelleren (§ 3.2.1) en wat de maximale modelperiode is (§ 3.2.2). Verder moet worden besloten hoe de mogelijke invloedsfactoren bij de modellering te betrekken. Hier zijn dat het neerslagoverschot (§ 3.2.3), de verschillende grondwaterwinningen (§ 3.2.4) en de verschillende waterhuishoudkundige ingrepen (§ 3.2.5). Deze paragraaf sluit af met een toelichting op hoe de modellen iteratief zijn geformuleerd, geschat en geverifieerd (§ 3.2.6).

3.2.1 *Tijdseenheid bij het modelleren*

Om tot verantwoorde modellen te kunnen komen, dient de tijdseenheid die bij het modelleren van de grondwaterstand wordt gehanteerd aan te sluiten op de dynamiek van de verschillende processen die de grondwaterstand beïnvloeden. Daarbij is met name van belang welke responstijden optreden, oftewel hoe lang het duurt voordat de invloed van een verandering van een invloedsfactor op de grondwaterstand is uitgewerkt.

Uit een modelstudie [Grontmij, 1996], een eerdere studie waarbij grondwaterstandsreeksen in dit gebied statistisch zijn gemodelleerd [Van Vliet et. al, 2000] en eigen verkennende exercities bleek dat de responstijden van de grondwaterstand hier 1 à 2 jaar (respons op diepe grondwaterwinning) tot meerdere jaren (respons op neerslagoverschot) kunnen bedragen. Gezien deze trage responsen hebben wij ervoor gekozen de grondwaterstanden minimaal op maandbasis te modelleren. Het modelleren op frequentere tijdsbasis, zoals halve maand-, week- of dagbasis, zal hier geen extra informatie opleveren over de bovengenoemde processen.

De grondwaterstandsreeksen die doorgaans twee meetwaarden per maand bevatten (op of rond de 14^e en de 28^e), hebben we omgezet tot reeksen van maandgemiddelde grondwaterstanden, door per maand de meetwaarden te middelen. Het verlies aan informatie over het verloop van de grondwaterstand door het middelen van halfmaandelijks meetwaarden naar maandwaarden is gering, gezien de zeer grote autocorrelatie (op te vatten als een maat voor de overlap in informatie) van halfmaandelijks meetwaarden van de grondwaterstand. De overige, minder frequent bemeeten grondwaterstandsreeksen – met doorgaans vier metingen per jaar – hebben we omgezet tot reeksen op kwartaalbasis.

Van de 528 geselecteerde grondwaterstandsreeksen bleken er 299 geschikt voor modelleren op maandbasis en de overige 229 voor modelleren op kwartaalbasis.

De invoerreeksen die beschikbaar zijn als reeksen van maandsommen (het potentieel neerslagoverschot en de grondwaterwinningen), hebben we omgezet tot reeksen van maandgemiddelden, door per maand de maandsom te delen door het aantal dagen in die maand.

3.2.2 *Maximale modelperiode*

De maximale modelperiode die we hebben gehanteerd is januari 1980 t/m juni 2005. Deze periode omvat variaties van de grondwaterwinning in het duingebied die voldoende groot zijn om bij het modelleren de relatie tussen de grondwaterwinning en de grondwaterstand te kunnen schatten. Een groot aantal reeksen kon echter slechts over kortere perioden worden gemodelleerd. We hebben daarom een classificatiesysteem gehanteerd voor de zeggingskracht van de resultaten, dat is gebaseerd op een analyse van de gevoeligheid van de resultaten voor modelperiode en tijdsbasis (zie § 3.3).

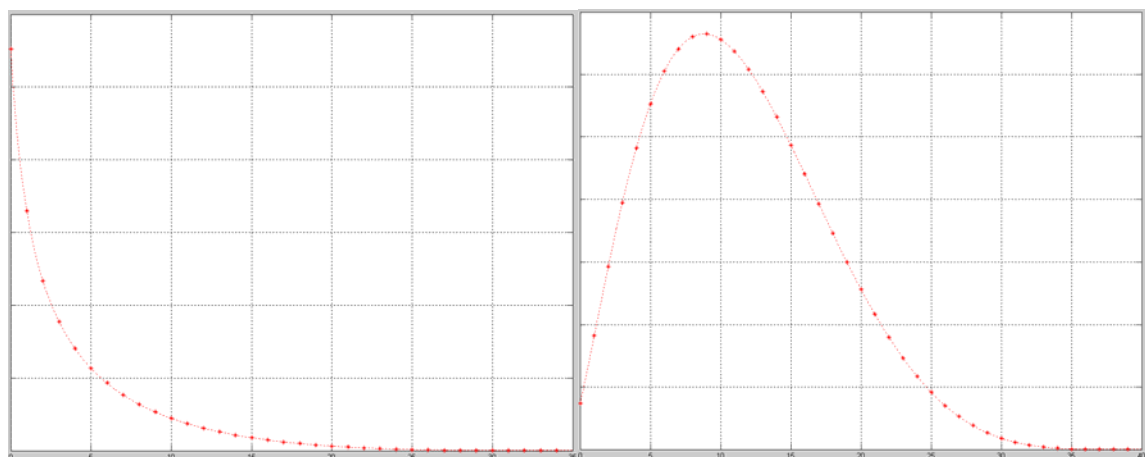
3.2.3 *Modelleren relatie met neerslagoverschot*

Om de relatie tussen het neerslagoverschot en een grondwaterstandsreeks te kunnen modelleren, is het potentieel neerslagoverschot als invoerreeks gehanteerd. Zoals vermeld in § 2.3 zijn er voor dit onderzoek vier tijdreeksen van het potentieel neerslagoverschot beschikbaar, die representatief mogen worden geacht voor het onderzoeksgebied. Elk van de neerslagreeksen op de meteostations Beverwijk, Bloemendaal, Heemstede en Zandvoort is

gecombineerd met de verdampingsreeks van De Kooy. De tijdreeksen van Beverwijk en Heemstede beslaan beide de periode van januari 1970 t/m april 2005 en ze starten daarmee dus minstens 10 jaar eerder dan de verzamelde grondwaterstandsreeksen (die in januari 1980 of later starten). De andere twee tijdreeksen van het potentieel neerslagoverschot starten pas later, namelijk januari 1981 (Zandvoort) en januari 1985 (Bloemendaal). We zullen hier bij de tijdreeksanalyse van een grondwaterstandsreeks als invoerreeks de tijdreeks van het potentieel neerslagoverschot hanteren die afkomstig is van het *dichtstbij gelegen* meteorologisch station, waarbij we de keuze echter beperken tot Beverwijk en Heemstede, aangezien daarvan de langste tijdreeksen beschikbaar zijn. Er kunnen namelijk betere tijdreeksmodellen worden ontwikkeld als de tijdreeks van het potentieel neerslagoverschot enkele jaren eerder start dan de tijdreeks van de grondwaterstand. Dit komt door de lange responstijd van de grondwaterstand op het neerslagoverschot in dit gebied (meerdere jaren). Verder zijn de correlaties tussen de vier tijdreeksen van het potentieel neerslagoverschot op maandbasis dermate groot (zie § 2.3), dat het niet nodig is om ze allemaal te gebruiken.

Om voor de eerste modelronde (zie ook § 3.2.6) tot een robuuste formulering van de relatie tussen het neerslagoverschot en de grondwaterstand te kunnen komen, is eerst voor een groot aantal grondwaterstandsreeksen het gewitte kruiscorrelogram van de grondwaterstand en het potentieel neerslagoverschot visueel beoordeeld. Een dergelijk kruiscorrelogram zal namelijk min of meer de vorm hebben van de impuls-respons-functie en daarmee een indruk geven van de wijze waarop de grondwaterstand reageert op het neerslagoverschot (zie bijlage 1). Voor de stijghoogtereeksen - gemeten in (semi)-spanningswater - wees het gewitte kruiscorrelogram doorgaans op een vrijwel instantane reactie van de grondwaterstand op het neerslagoverschot, gevolgd door een min of meer exponentiële terugkeer naar de evenwichtssituatie (zie figuur 3.2, links). Maar voor de grondwaterstandsreeksen die waren gemeten in het freatische watervoerende pakket wees het gewitte kruiscorrelogram daarentegen doorgaans op een langzaam - over meerdere maanden, tot soms bijna een jaar - opbouwende reactie van de grondwaterstand op het neerslagoverschot, gevolgd door een min of meer exponentiële terugkeer naar de evenwichtssituatie (zie figuur 3.2, rechts). Beide relaties bleken (in Box-Jenkins-terminologie) vaak al afdoende te beschrijven met 1 delta en 11 omega's als parameters van de betreffende transfer-functie (zie eveneens bijlage 1) bij modelleren op maandbasis en met 1 delta en 4 omega's bij modelleren op kwartaalbasis. Voor de eerste modelronde hebben we daarom transfer-functies met deze aantallen modelparameters gehanteerd.

Figuur 3.2: Twee voorbeelden uit dit gebied van impuls-responses op het potentieel neerslagoverschot, namelijk die van een stijghoogte gemeten in (semi)-spanningswater (links) en die van een freatische grondwaterstand in het duingebied. De horizontale assen hebben stappen van 5 maanden.



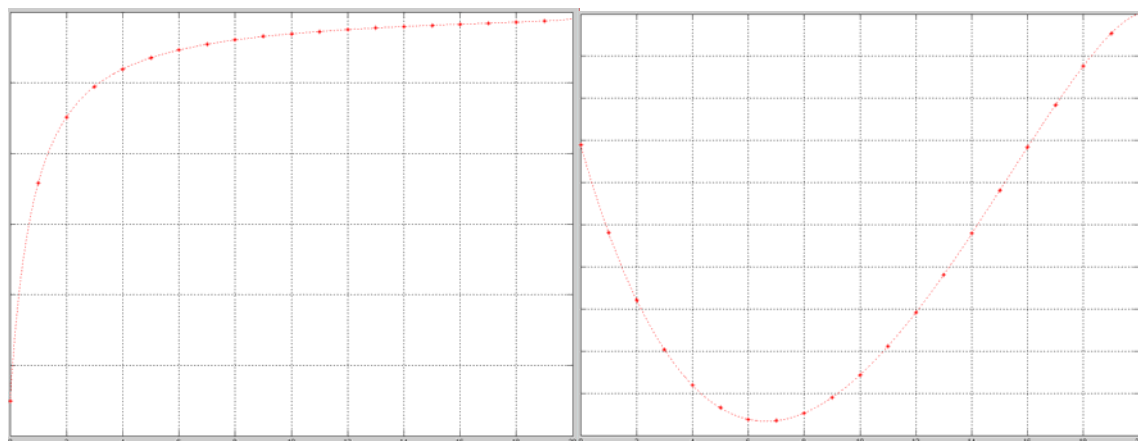
3.2.4 *Modelleren relaties met de grondwaterwinningen*

De grondwateronttrekking in het duingebied is verspreid over een groot aantal wingroepen (zie § 2.4). De meeste winningen zijn onderling echter sterk gecorreleerd, waardoor het onmogelijk is om van elk afzonderlijk de invloed op de grondwaterstand te reconstrueren. En het sommeren van alle winningsreeksen tot één gesommeerde winningsreeks zal tot een sterke vertekening leiden, aangezien het model dan geen rekening meer kan houden met het feit dat de verschillende winningen verschillende invloeden op de grondwaterstand hebben, doordat ze op verschillende afstanden liggen van het betreffende peilfilter.

Daarom hebben wij voor elke grondwaterstandsreeks afzonderlijk de winningen samengevoegd tot één winningsreeks, door middel van geohydrologische weging, waarbij de gewichten berekend zijn door een grondwatermodel van het gebied. Deze benadering is eerder toegepast bij een onderzoek naar de effecten van de reductie van de duinwaterwinning in het Noord-Hollands Duinreservaat [Rolf en Lebbink, 1998]. PWN beschikte namelijk voor elk van de watervoerende pakketten ter plaatse van een groot aantal peilbuizen in het gebied over de stationaire verlaging van de grondwaterstand door elke afzonderlijke grondwaterwinning, zoals berekend met een door Grontmij vervaardigd grondwatermodel [Grontmij, 1996]. Voor elke te modelleren grondwaterstandsreeks afzonderlijk is de gewogen winningsreeks samengesteld met de gewichten zoals die door het grondwatermodel zijn berekend voor het betreffende peilfilter, of, als daarvoor geen gewichten berekend waren, met de gewichten van het dichtstbijzijnde peilfilter in hetzelfde watervoerende pakket. Met deze benadering is het mogelijk om bij de tijdreeksanalyse van een grondwaterstandsreeks de verschillende invloeden van de grondwaterwinningen in het gebied handzaam te verdisconteren, ook al geeft het genoemde grondwatermodel slechts een globale beschrijving van de grondwaterstanden in het gebied.

Om een beeld te krijgen van de responstijd van de grondwaterstand op de gewogen winning, hebben we eerst enkele stijghoogtereeksen gemodelleerd uit het middenpakket (W2 in figuur 2.2). De meeste winningen onttrekken uit dit pakket. Meestal zijn dergelijke reeksen, die (semi)-spanningswater vertegenwoordigen, namelijk vrij eenduidig te modelleren, doordat ze van nature minder fluctueren en doordat ze snel reageren op grondwaterwinning. Uit deze modelleer-exercitie bleek dat de diepe stijghoogten vrijwel instantaan reageren op de grondwaterwinning met een verlaging, om vervolgens min of meer via een 1^e-orde exponentieel verloop terug te keren naar de evenwichtssituatie. De responstijd bleek daarbij ergens tussen één en twee jaar te kunnen liggen (zie figuur 3.3, links). Aangezien de responstijden van de in het freatische watervoerende pakket gemeten grondwaterstanden in dezelfde orde van grootte zullen liggen als die van de stijghoogten in het winpakket, hebben we ervoor gekozen om de relatie tussen een grondwaterstands- of stijghoogtereeks en de gewogen winning te modelleren met 19 omega's als parameters van de betreffende transferfunctie bij modelleren op maandbasis en met 7 omega's bij modelleren op kwartaalbasis. Op deze wijze kan rekening worden gehouden met responstijden tot circa anderhalf jaar. Verder biedt deze formulering voldoende flexibiliteit om ook de trage, geleidelijk opbouwende verandering van de freatische grondwaterstand door de diepere grondwaterwinning te kunnen modelleren. Voor veel freatische grondwaterstandsreeksen in dit gebied bleek namelijk het gewitte kruiscorrelogram van de betreffende reeks met de gewogen winning te duiden op een trage, geleidelijk opbouwende reactie van de grondwaterstand op de winning, die pas na verloop van enkele maanden maximaal was, om vervolgens weer langzaam terug te keren naar de evenwichtssituatie (zie figuur 3.3, rechts).

Figuur 3.3: Twee voorbeelden uit dit gebied van impuls-responses op de gewogen winning, namelijk die van een stijghoogte gemeten in (semi)-spanningswater (links) en die van een freatische grondwaterstand. De horizontale assen hebben stappen van 2 maanden.



Grondwaterwinning van WLB Amsterdam meegenomen in de gewogen winning

De meeste grondwaterwinningen in het gebied konden worden meegenomen in de gewogen winning, aangezien die winningen destijds ook door het grondwatermodel van Grontmij zijn meegenomen. Wij hebben ook de grondwaterwinning van WLB Amsterdam uit het middenpakket bij het Noordoosterkanaal en het Boogkanaal meegenomen in de gewogen winning en dus niet als aparte invoerreeksen, om problemen bij het modelleren van de grondwaterstandsreeksen te vermijden. De kans op problemen (onzuivere schattingen van statistische relaties) neemt namelijk sterk toe met het aantal afzonderlijke invoerreeksen, vooral als die niet alle zeer duidelijk verschillen in het verloop. Dit geldt des te meer bij het modelleren van grondwaterstandsreeksen die sterk fluctueren onder invloed van het neerslagoverschot, zoals de reeksen in het duingebied. Bovendien is de winning van WLB slechts klein (zie § 2.4.2), zodat zijn invloedsstraal beperkt zal zijn. De consequentie van het meenemen van deze winning in de gewogen winning is dat de invloed van het stoppen van de grondwaterwinning van PWN overschat kan zijn in de omgeving van de winning van WLB.

De kwaliteit (pasvorm) van onze tijdreeksmodellen van de grondwaterstandsreeksen nabij de winning van WLB Amsterdam bleek in veel gevallen overigens matig tot zelfs slecht. Dit betreft vooral de reeksen die zijn gemeten in de zogenaamde J- en H-peilbuizen, die liggen in het gebied begrensd door de X-coördinaten 98 en 100 en de Y-coördinaten 486 en 488. De WLB-winning Boogkanaal ligt hier middenin, maar er zijn destijds maar voor enkele locaties in deze vierhoek weegfactoren berekend door het grondwatermodel van Grontmij, zodat voor de meeste grondwaterstandsreeksen in die omgeving noodgedwongen weegfactoren van verderweg gelegen locaties moesten worden gehanteerd. Vooral nabij de winning van WLB is de berekende gewogen winning dan minder representatief, waardoor het ook moeilijker wordt om een goede pasvorm bij het modelleren te krijgen. De modelresultaten van de grondwaterstandsreeksen in de genoemde vierhoek rondom de winning van WLB moeten daarom minder betrouwbaar worden geacht.

Grondwaterwinning Corus en bronbemaling voor aanleg Wijkertunnel

De diepe zoutwaterwinning van Corus moest bij de tijdreeksanalyse wel als afzonderlijke invoerreeks worden meegenomen, evenals de bronbemaling voor de aanleg van de Wijkertunnel, aangezien daarvan geen weegfactoren waren berekend door het grondwatermodel van Grontmij.

De diepe zoutwaterwinning van Corus is als invoerreeds meegenomen bij het modelleren van de grondwaterstandsreeksen die zijn gemeten binnen een straal van circa 7 km van die winning, echter alleen voor de reeksen in het middenpakket of lager. Deze winning heeft namelijk nauwelijks grote sprongen gekend, maar slechts een langzame, vrijwel lineaire afname (zie figuur 2.6). Het gebruik van deze weinig veranderende invoerreeds bij het modelleren bleek in de meeste gevallen tot bizarre resultaten te leiden, door de hoge correlatie met de schatter van de constante in het tijdreeksmodel. Slechts voor enkele reeksen in de diepere watervoerende pakketten konden bevredigende modellen worden gemaakt met deze winning als één van de invoerreedsen. Zijn invloed is daar blijkbaar groot genoeg om de problemen op te heffen, maar dat geldt dus niet voor de hogere pakketten. Doordat deze winning niet is meegenomen als invoerreeds voor de grondwaterstandsreeksen in het freatisch watervoerend pakket, kan de invloed van het stoppen van de PWN-winningen zijn overschat in het noorden van ons onderzoeksgebied. Het is namelijk mogelijk dat de geleidelijke afname van de diepe Corus-winning de freatische grondwaterstand in die omgeving enkele decimeters heeft verhoogd (zie § 2.4.2).

De bronbemaling voor de aanleg van de Wijkertunnel hebben wij geschematiseerd tot een zogenaamde [0,1]-tijdreeks, die tot mei 1993 de waarde 0 heeft, vervolgens van mei 1993 tot en met juli 1994 de waarde 1 heeft en daarna weer de waarde 0 heeft. Deze is als invoerreeds meegenomen bij het modelleren van de grondwaterstandsreeksen die zijn gemeten binnen een straal van circa 4 km van die winning, ongeacht het watervoerend pakket. De keuze van deze invloedsstraal is gebaseerd op een visuele inspectie van de grondwaterstandsreeksen in de omgeving van de Wijkertunnel. De invloed van de bronbemaling is namelijk duidelijk visueel te onderkennen in veel grondwaterstandsreeksen binnen een straal van enkele kilometers van de Wijkertunnel.

Voor beide winningen (Corus en bronbemaling) is bij het modelleren de relatie met een grondwaterstands- of stijghoogtereeds gemodelleerd met 19 omega's als parameters van de betreffende transferfunctie bij modelleren op maandbasis en met 7 omega's bij modelleren op kwartaalbasis, zodat op flexibele wijze rekening kan worden gehouden met responstijden tot circa anderhalf jaar.

3.2.5 *Modelleren relaties met de waterhuishoudkundige ingrepen*

Bij het modelleren is ook rekening gehouden met de in § 2.5 vermelde waterhuishoudkundige ingrepen in het gebied. Enkele van de vermelde ingrepen konden daarbij worden vertegenwoordigd door de reeks van het drainagedebiet (de diepdrainagesystemen in de urgente gebieden B1, B2, B3 en V4), maar de overige ingrepen hebben we moeten schematiseren tot zogenaamde [0,1]-tijdreeksen, op basis van de veronderstelde periode van in werking zijn van de ingreep. Als is opgegeven dat de aanlegperiode van een ingreep zich over een langere periode uitstrekte, zoals een jaar of langer, dan hebben we de tijdreeks over de aanlegperiode lineair laten toenemen van 0 naar 1. Indien specifieke informatie over een seizoensmatig in werking zijn van de ingreep is verstrekt, is daar ook rekening mee gehouden bij het formuleren van de [0,1]-tijdreeks. Dit laatste gold voor het horizontale drainagesysteem in het urgente gebied HS4, dat volgens opgaaf van de gemeente is gestart in 2002 en vervolgens jaarlijks van oktober t/m februari in werking was. Het gold ook voor het horizontale drainagesysteem in het urgente gebied V6 (IJmuiderslag), dat volgens opgaaf van de gemeente Velsen startte in oktober 1999 en vervolgens jaarlijks van ongeveer oktober t/m april in werking was. Om te verdisconteren dat dit systeem tot januari 2002 slechts beperkt draaide, bevat de tijdreeks in de werkzame maanden tot die periode de waarde 0,25 en daarna de waarde 1.

Voor wat betreft het schematiseren van de horizontale drainagesystemen tot [0,1]-tijdreeksen hebben we niet apart verdisconteerd dat deze voornamelijk de lokale grondwaterstand boven het drainageniveau zullen aftoppen. Een dergelijke verfijning zou na-

melijk veel extra studie hebben geleverd. En bovendien bleek al bij de inventarisatie dat detailinformatie over de horizontale drainagesystemen niet, of niet makkelijk beschikbaar was. Dit heeft als consequentie dat de bij de tijdreeksanalyse geschatte invloed van een horizontaal drainagesysteem op de grondwaterstand moet worden gezien als de *gemiddelde* invloed over de periode dat het systeem in werking is.

Bij het modelleren van een grondwaterstandsreeks is een waterhuishoudkundige ingreep meegenomen als:

1. de grondwaterstand is gemeten in watervoerend pakket W2.1 of hoger (zie figuur 2.2);
2. de ingreep is getroffen in de nabijheid van de peilbuis waarin de grondwaterstand is gemeten. Voor wat betreft dit nabijheidscriterium zijn we uitgegaan van de volgende globale invloedsstralen van de verschillende soorten ingreep:
 - o diepdrainagesysteem: 1.000 m (dit geldt dan de diepdrainagesystemen in de urgente gebieden B1, B2, B3, V1D en V4);
 - o ondiepe bronbemalingen: 300 m;
 - o horizontale drainagesystemen: circa 250 m vanaf de globale omgrenzing van het gebied waarbinnen de drainagebuizen zich bevinden;
 - o peilbeheersing vijver Zandvoort: 2.000 m;
3. de tijdreeks van de ingreep niet constant is over de periode die de grondwaterstandsreeks beslaat. Dus als een ingreep bijvoorbeeld start in 2002, terwijl de grondwaterstandsreeks eindigt in 2001, dan heeft het geen zin die ingreep mee te nemen als invoerreeks bij het modelleren.

De relatie tussen een grondwaterstands- of stijghoogtereeks en diepdrainage is gemodelleerd met 13 omega's als parameters van de betreffende transferfunctie bij modelleren op maandbasis en met 5 omega's bij modelleren op kwartaalbasis. Op deze wijze kan rekening worden gehouden met responstijden tot circa een jaar. De relaties met de overige ingrepen zijn gemodelleerd met 1 omega als parameter van de betreffende transferfunctie.

3.2.6 *Iteratieve modelformulering, -schatting en -verificatie*

Gezien het grote aantal grondwaterstandsreeksen (528) zijn alle modellen voor de eerste modelronde ontwikkeld met een semi-automaat en vervolgens alle geverifieerd. Indien nodig is het tijdreeksmodel daarop handmatig aangepast, opnieuw geschat en weer geverifieerd, totdat het zo goed mogelijk voldeed aan de vooronderstellingen die aan het gehanteerde Box-Jenkins-model ten grondslag liggen (zie bijlage 1).

Eerste modelronde

Elk tijdreeksmodel had bij de eerste modelronde in ieder geval als invoerreeksen: (1) het potentieel neerslagoverschot en (2) de gewogen winning. Verder hadden enkele tijdreeksmodellen bij de eerste modelronde ook één of meer andere invoerreeksen volgens de in de voorgaande subparagrafen vermelde criteria, zoals de winning van Corus, de bronbemaling voor de aanleg van de Wijkertunnel, of een waterhuishoudkundige maatregel. De initiële modelinstellingen waren als beschreven in de voorgaande subparagrafen. Ongeacht de modelperiode is van elke invoerreeks steeds de gehele beschikbare lengte gehanteerd. Bijvoorbeeld voor wat betreft het potentieel neerslagoverschot is dus steeds de reeks gehanteerd van januari 1970 t/m april 2005 en voor wat betreft de gewogen winning is steeds de reeks gehanteerd van januari 1975 t/m mei 2005. Bij het modelleren van relaties met lange responstijden kunnen er namelijk betere modellen worden ontwikkeld als de invoerreeksen eerder starten dan de uitvoerreeks.

Modelverificatie

Na het schatten van alle modellen zijn deze geverifieerd op 1) de relevantie van de invoerreeksen en 2) de kenmerken van de modelresiduën en het ruismodel. Indien nodig is een model daarop aangepast en weer geschat, waarna het opnieuw is geverifieerd.

ad 1. *Relevantie van de invoerreeksen* - De statistische modellering leverde voor elke bij de modellering betrokken invoerreeks een schatting op van zijn statistische evenwichtsrelatie met de betreffende grondwaterstand, evenals de bijbehorende standaardfout (zie bijlage 1). Hiermee kunnen we de statistische significantie van de relatie vaststellen. Een relatie is bijvoorbeeld met circa 70% betrouwbaarheid statistisch significant als de absolute ratio van de geschatte evenwichtsrelatie en zijn standaardfout groter is dan 1 en met 95% betrouwbaarheid als deze absolute ratio groter is dan 2. Als na het schatten van de modelparameters bleek dat een statistische relatie van de grondwaterstand met de winning van Corus, de bronbemaling voor de aanleg van de Wijkertunnel, of een waterhuishoudkundige maatregel niet aannemelijk was, is die invoerreeks verder weggelaten en is het tijdreeksmodel opnieuw geschat. Om dit te kunnen beoordelen zijn we afgegaan op de ratio van de geschatte evenwichtsrelatie en zijn standaardfout. Als deze ratio -1 of nóg negatiever is, is er met circa 70% betrouwbaarheid sprake van een statistisch significante relatie, die ook fysisch gezien logisch is (namelijk een lagere grondwaterstand bij een hogere waarde van de invoerreeks). Maar bij een ratio die groter is dan -1 is een statistische en fysisch logische relatie van de grondwaterstand met de invoerreeks niet meer aannemelijk te achten en hebben we die invoerreeks uit het model verwijderd en het model opnieuw geschat en aansluitend geverifieerd.

Bij de modelverificatie is ook nagegaan of de geschatte transferfunctie voor de relatie tussen het potentieel neerslagoverschot en de grondwaterstand fysisch logisch is. Als bijvoorbeeld hun evenwichtsrelatie negatief werd geschat, of als de 1^e-orde autoregressieparameter van hun transferfunctie (δ_1) negatief of groter dan 0,95 werd geschat, is de transferfunctie handmatig aangepast en is het tijdreeksmodel opnieuw geschat. Om tot een beter passende formulering van deze transferfunctie te komen, is het gewitte kruiscorrelogram (zie bijlage 1) van de betreffende grondwaterstand en het potentieel neerslagoverschot visueel beoordeeld. Deze aanpassing bleek na de eerste modelronde in meer dan de helft van de gevallen nodig.

De gewogen winning is echter altijd meegenomen als invoerreeks, ongeacht de statistische significantie en/of fysische logica van zijn geschatte evenwichtsrelatie met de grondwaterstand.

ad 2. *Kenmerken van de modelresiduën en het ruismodel* - Het ruismodel is voor de eerste modelronde geformuleerd met alleen een 1^e-orde autoregressieparameter (ϕ_1) en een constante (c). Bij de modelverificatie is vervolgens voor elk tijdreeksmodel nagegaan of met dit ruismodel voldoende kon worden bewerkstelligd dat de modelresiduën 'witte ruis' vormen, dat wil zeggen dat de modelresiduën afkomstig zijn uit dezelfde normale kansverdeling, met gemiddelde nul en geen autocorrelatie vertonen (zie bijlage 1). Als dat niet het geval bleek, is het ruismodel handmatig aangepast, bijvoorbeeld door één of meerdere moving-average parameters (θ_1, θ_2 , etc.) toe te voegen, waarna het tijdreeksmodel opnieuw is geschat. Voor deze verificatie is de Portmanteau-toets gehanteerd, die is gebaseerd op een som van de gekwadrateerde autocorrelatiecoëfficiënten van de modelresiduën. De autocorrelatiecoëfficiënt is een maat voor de lineaire samenhang tussen waarden die zijn gescheiden door een bepaald tijdsinterval en wordt geschat als [Box and Jenkins, 1976]:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (a_t - \bar{a}) \cdot (a_{t+k} - \bar{a})}{\sum_{t=1}^n (a_t - \bar{a})^2}$$

met $\hat{\rho}_k$ de geschatte autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval k , a_t de t -de van de chronologisch gerangschikte modelresiduën, $\bar{a}$ het gemiddelde van de modelresiduën en n het aantal modelresiduën. De toetsingsgrootheid Q_M van de Portmanteau-toets wordt berekend als [Ljung and Box, 1978]:

$$Q_M = n \cdot (n+2) \cdot \sum_{k=1}^M \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k}$$

met M het aantal tijdsintervallen waarover de autocorrelatie wordt beschouwd (zie onder) en n het aantal modelresiduën. Onder de nulhypothese ('géén autocorrelatie') zal Q_M afkomstig zijn uit een χ^2 -verdeling met M vrijheidsgraden. Het aantal tijdsintervallen waarover de autocorrelatie wordt beschouwd (M) hebben we op 15 gezet. We mogen dan met 95% betrouwbaarheid aannemen dat de modelresiduën autocorrelatie vertonen als geldt:

$$Q_M > \chi^2_{(95\%, 15)} = 24,996$$

met $\chi^2_{(95\%, 15)} = 24,996$ de waarde van de χ^2 -verdeling met een eenzijdige onderschrijdingskans van 95% bij 15 vrijheidsgraden.

Bij de modelverificatie is ook nagegaan of de 1^e-orde autoregressieparameter van het ruismodel (ϕ_1) niet te hoog was geschat. Als voor deze parameter namelijk een waarde van circa 0,95 of meer is geschat, duidt dat er op dat de ruis een trend probeert te beschrijven en zo wellicht onterecht een deel van de invloed van de winning gaat verdisconteren. Als er sprake bleek van een te hoge waarde voor ϕ_1 hebben we geprobeerd of dit kon worden verbeterd door de parameterschatting met een lagere startwaarde te beginnen (0,50).

3.3 Classificatiesysteem voor de zeggingskracht van de resultaten

Gezien de grote verschillen in informatieinhoud (lengte, meetfrequentie) van de 528 te analyseren grondwaterstandsreeksen, hebben we een analyse uitgevoerd van de gevoeligheid van de resultaten voor modelperiode en tijdsbasis, om zo tot een classificatiesysteem voor de zeggingskracht van de resultaten te kunnen komen.

Aanpak gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd met 14 grondwaterstandsreeksen, gemeten in het middenpakket of hoger, die de grootste informatieinhoud hebben. Deze reeksen zijn namelijk (minstens) halfmaandelijks gemeten, met start ergens in de periode 1980 – 1982 en doorlopend tot minstens eind 2004 (zie tabel 3.4). Alle 14 reeksen zijn afkomstig van PWN, waarbij 7 zijn gemeten in het freatisch watervoerend pakket en 7 in het middenpakket (het pakket waaruit de meeste winningen onttrekken).

Tabel 3.4: De voor de gevoeligheidsanalyse gehanteerde grondwaterstandsreeksen, met peilbuis, filter, watervoerend pakket, reekslengte en locatie.

Peilbuis	Filter	Waterv. pakket	Beschikbare meetreeks	Ligging
25ANPP038	1	freatisch	jan '80 t/m mrt '05	tussen Velsen en winning Noord
25ANPP051	1	freatisch	mrt '82 t/m mrt '05	bij Noordzeekanaal, ingang Wijkertunnel
25AZPP032	1	freatisch	jan '80 t/m mrt '05	duingebied, 1 km O van Centrale winning
25AZPP033	1	freatisch	jan '80 t/m mrt '05	Bloemendaal, 1,7 km O van Centrale winning
25AZPP035	1	freatisch	jan '80 t/m mrt '05	duingebied, 1,5 km O van Centrale winning
25AZPP052	1	freatisch	jan '80 t/m mrt '05	Velsen-Zuid
25AZPP057	1	freatisch	apr '80 t/m feb '05	duingebied, 0,5 km O van Centrale winning
25ANPP038	2	midden	jan '80 t/m nov '04	tussen Velsen en winning Noord
25ANPP051	2	midden	mrt '82 t/m mrt '05	bij Noordzeekanaal, ingang Wijkertunnel
25AZPP033	2	midden	jan '80 t/m nov '04	Bloemendaal, 1,7 km O van Centrale winning
25AZPP035	2	midden	jan '80 t/m nov '04	duingebied, 1,5 km O van Centrale winning
25AZPP052	2	midden	jan '80 t/m nov '04	Velsen-Zuid
25AZPP684	2	midden	jan '80 t/m jan '05	NO-Haarlem
25AZPP688	3	midden	jan '80 t/m sep '04	Bloemendaal (in B3)

Elk van deze 14 grondwaterstandsreeksen is over verschillende modelperioden gemodelleerd, zowel op maandbasis als op kwartaalbasis. Voor de modellering op kwartaalbasis is elke reeks omgezet naar kwartaalbasis door per jaar de vier meetwaarden te nemen die het dichtst bij de datums 28 april, 28 augustus, 14 oktober en 14 december zijn genomen. Dat zijn namelijk de gebruikelijke meetdatums als er slechts vier metingen per jaar worden gedaan.

Bij de modellering zijn als invoerreeksen gehanteerd:

1. het potentieel neerslagoverschot zoals berekend uit de gemiddelde neerslag op de meteostations Beverwijk en Heemstede en de Makkink-verdamping te De Kooy;
2. de gewogen winning (zie § 3.2.4);
3. eventuele andere invoerreeksen, volgens de in § 3.2 vermelde criteria.

Ongeacht de modelperiode is van elke invoerreeks steeds de gehele beschikbare lengte gehanteerd. Alleen de grondwaterstandsreeks is dus ingekort tot de modelperiode. Dit sluit aan op onze modelleeraanpak, met maximaal gebruik van de beschikbare meetreeksen van de mogelijke invloedsfactoren (zie § 3.2.6).

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd op basis van de geschatte evenwichtsrelatie tussen de grondwaterstand en de gewogen winning. Per grondwaterstandsreeks is als 'beste schatting' voor die evenwichtsrelatie de schatting genomen die resulteerde uit het modelleren van de volledige reeks op maandbasis, aangezien dat model de beste pasvorm gaf. Door nu voor elke combinatie van modelperiode en tijdsbasis de geschatte evenwichtsrelatie tussen de grondwaterstand en de gewogen winning te vergelijken met de 'beste schatting' kon een oordeel worden geveld over de zeggingskracht van een willekeurig resultaat voor die combinatie (zie tabel 3.5). Bij deze vergelijking is ook rekening gehouden met de onzekerheid van de 'beste schatting', in de vorm van zijn standaardfout (zie ook bijlage 1). Het in tabel 3.5 vermelde oordeel over de zeggingskracht van een willekeurig resultaat voor een combinatie van modelperiode en tijdsbasis is gebaseerd op het geconstateerde percentage slechte resultaten voor die combinatie. Dat laatste percentage kunnen we immers opvatten als (een raming van) de kans op een slecht resultaat bij het modelleren over die modelperiode en met die tijdsbasis.

Tabel 3.5: Resultaten van de gevoeligheidsanalyse. Voor elke combinatie van modelperiode en tijdsbasis is de geschatte evenwichtsrelatie tussen de gemodelleerde grondwaterstand en de gewogen winning vermeld [m verandering per eenheid gewogen winning]. De slechte resultaten (meer dan twee standaardfouten verwijderd van de beste schatting) zijn cursief en gearceerd weergegeven. Op basis van het percentage slechte resultaten is een oordeel gegeven over de zeggingskracht van een willekeurig resultaat voor een combinatie van modelperiode en tijdsbasis.

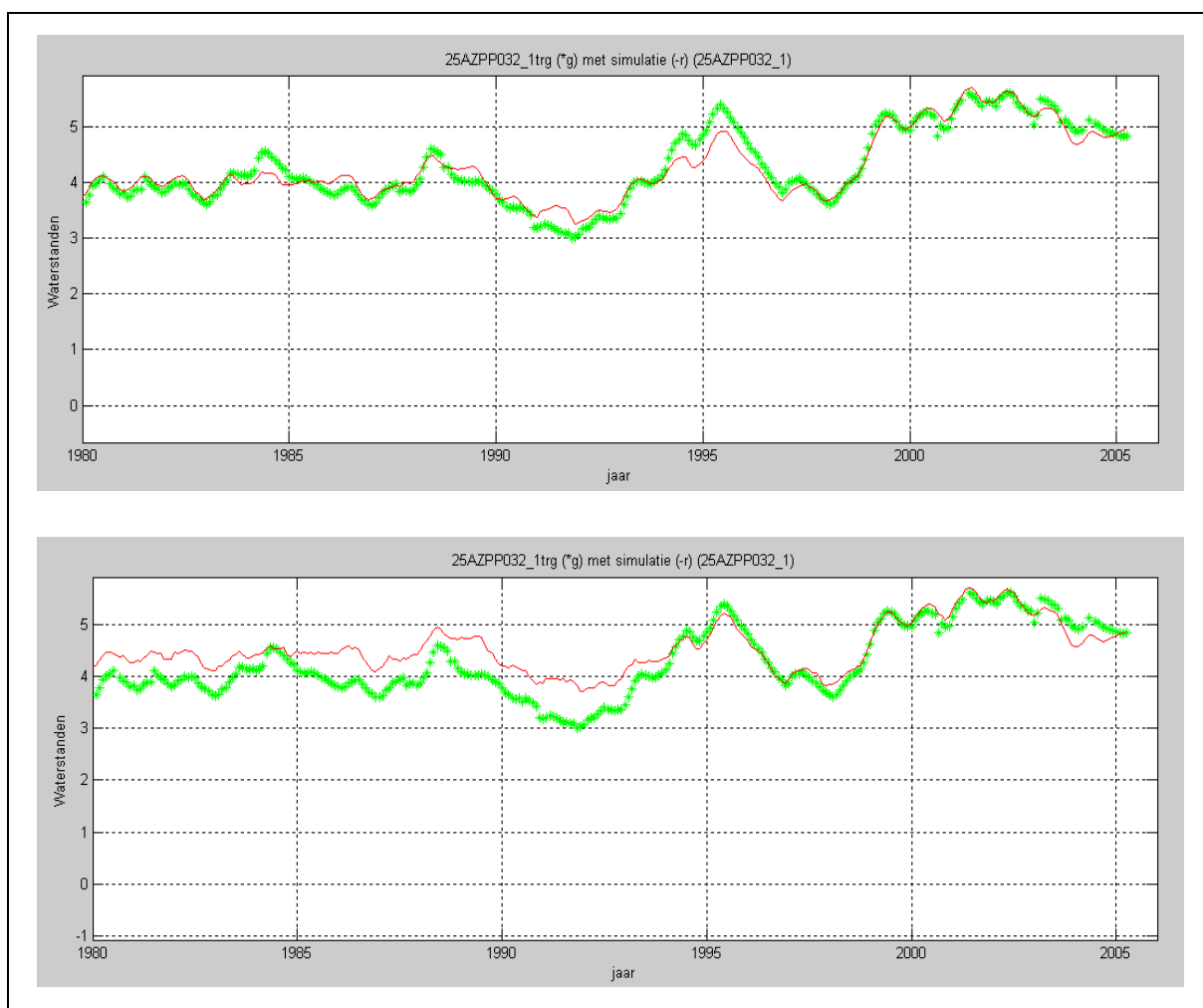
Tijdseenheid	Maand								Kwartaal	
Start	'80/'82	'85	'90	jun '92	'95	'98	'00	'80/'82	'80/'82	'90
Eind	'04/'05	'04/'05	'04/'05	'04/'05	'04/'05	'04/'05	'04/'05	'90	'04/'05	'04/'05
25ANPP038f1	-0.73	-0.69	-0.76	-0.73	-0.69	-0.83	<i>-1.90</i>	-0.81	-0.75	-0.69
25ANPP051f1	-0.06	-0.05	-0.02	-0.04	-0.04	<i>0.01</i>	<i>0.23</i>	<i>1.45</i>	0.06	0.06
25AZPP032f1	-0.32	-0.37	-0.31	<i>-0.09</i>	<i>-0.05</i>	<i>-0.11</i>	<i>1.90</i>	<i>0.45</i>	-0.36	-0.30
25AZPP033f1	-0.05	-0.06	-0.05	-0.10	-0.08	-0.21	<i>0.06</i>	<i>-0.71</i>	-0.03	-0.04
25AZPP035f1	-0.32	-0.32	-0.37	-0.41	-0.42	-0.36	<i>0.08</i>	<i>0.00</i>	-0.33	<i>-0.52</i>
25AZPP052f1	-0.13	-0.14	<i>-0.17</i>	<i>-0.25</i>	<i>-0.28</i>	<i>-0.52</i>	<i>-0.84</i>	<i>-0.38</i>	<i>-0.09</i>	<i>-0.20</i>
25AZPP057f1	-0.61	-0.50	<i>-0.32</i>	<i>-0.16</i>	<i>0.12</i>	<i>0.77</i>	<i>1.79</i>	<i>0.30</i>	-0.62	<i>-0.27</i>
25ANPP038f2	-1.33	-1.29	-1.41	-1.35	-1.39	<i>-1.20</i>	<i>-2.29</i>	<i>-1.67</i>	<i>-1.49</i>	<i>-1.50</i>
25ANPP051f2	-1.42	-1.36	-1.43	<i>-1.57</i>	<i>-1.56</i>	-1.45	<i>-0.82</i>	<i>2.48</i>	<i>-1.26</i>	-1.39
25AZPP033f2	-1.33	-1.33	-1.38	<i>-1.58</i>	<i>-1.66</i>	<i>-1.75</i>	<i>-2.70</i>	<i>-1.15</i>	-1.27	-1.34
25AZPP035f2	-1.39	-1.37	-1.48	-1.34	<i>-1.72</i>	<i>-1.86</i>	<i>-2.27</i>	<i>-1.66</i>	-1.43	<i>-1.56</i>
25AZPP052f2	-1.04	-1.05	-1.16	<i>-1.20</i>	<i>-1.33</i>	<i>-2.21</i>	<i>-2.08</i>	<i>-1.54</i>	-1.04	-1.13
25AZPP684f2	-9.34	-8.46	<i>-7.93</i>	<i>-13.10</i>	<i>-14.30</i>	<i>-15.53</i>	<i>-12.39</i>	<i>16.66</i>	-8.40	-9.02
25AZPP688f3	-0.61	-0.58	-0.59	-0.58	<i>-0.45</i>	<i>-0.42</i>	<i>0.00</i>	<i>-0.49</i>	<i>-0.55</i>	<i>-0.69</i>
#Slecht	0	0	0	5	8	8	13	12	0	1
%Slecht	0%	0%	0%	36%	57%	57%	93%	86%	0%	7%
Zeggingskracht	veel	veel	veel	beperkt	beperkt	beperkt	geen	geen	veel	veel
Toelichting										
-0.72	beste schatting									
-0.75	binnen 1 standaardfout van beste schatting									
<i>-0.85</i>	tussen 1 en 2 standaardfouten van beste schatting									
<i>-0.98</i>	buiten 2 standaardfouten van beste schatting									

Uit hetgeen is vermeld in tabel 3.5 kunnen we het volgende concluderen over de zeggingskracht van de modelresultaten:

- 1) bij modelleren op maandbasis hebben de resultaten nog maar beperkte zeggingskracht als de modelperiode in juni 1992 of later start. Dit is ook nog met een tweetal voorbeelden geïllustreerd in de figuren 3.4 en 3.5;
- 2) bij modelleren op maandbasis hebben de resultaten geen enkele zeggingskracht meer als de modelperiode pas in 2000 of later start, of als de reeks slechts de periode 1980/1982 t/m 1990 omvat. In beide gevallen moet dit worden toegeschreven aan het feit dat de totale winning van PWN – die het grootste deel van de gewogen winning vormt – binnen de betreffende periode slechts geringe variaties heeft gehad. Dit resulteerde doorgaans ook in instabiele modellen. Gezien deze bevindingen hebben wij geen grondwaterstandsreeksen voor het modelleren geselecteerd, die pas rond 2000 of later starten, of die slechts t/m 1990 lopen (zie § 3.1.2);
- 3) bij modelleren op kwartaalbasis doet de zeggingskracht van de resultaten nauwelijks onder voor die bij modelleren op maandbasis. De gevoeligheidsanalyse voor het modelleren op kwartaalbasis kon hier overigens beperkt blijven tot twee modelperioden

(1980/1982 t/m 2004/2005 en 1990 t/m 2004/2005). Dit zijn namelijk de enige perioden waarover de op kwartaalbasis te modelleren grondwaterstandsreeksen beschikbaar zijn.

Figuur 3.4: Illustratie van het verlies aan zeggingskracht bij het verkorten van de modelperiode. Het verloop van het maandgemiddelde van de gemeten grondwaterstand in peilbuis 25AZPP032, filter 1, is in beide grafieken weergegeven met sterren. De doorgetrokken lijn is de bij de tijdreeksanalyse geschatte simulatie van deze reeks, die hier bestaat uit de som van twee componenten, namelijk die van het potentieel neerslagoverschot en die van de gewogen winning. De bovenste grafiek toont de simulatie bij modelleren over de gehele periode (januari 1980 t/m maart 2005), terwijl de onderste grafiek de simulatie toont bij modelleren over de periode juni 1992 t/m maart 2005. Bij modelleren vanaf juni 1992 is de pasvorm tot circa 1994 duidelijk slechter en wordt de invloed van de winning onderschat.



Van de 528 voor tijdreeksanalyse geschikt geachte grondwaterstandsreeksen zijn er 354 waarvan de modelresultaten veel zeggingskracht zullen hebben en 174 waarvan de modelresultaten beperkte zeggingskracht zullen hebben (zie tabel 3.6). Deze laatste zijn vooral afkomstig van het meetnet van Bloemendaal, waar de metingen juni 1992 of later zijn gestart en het meetnet van Heemstede, waar de metingen januari 1996 of later zijn gestart.

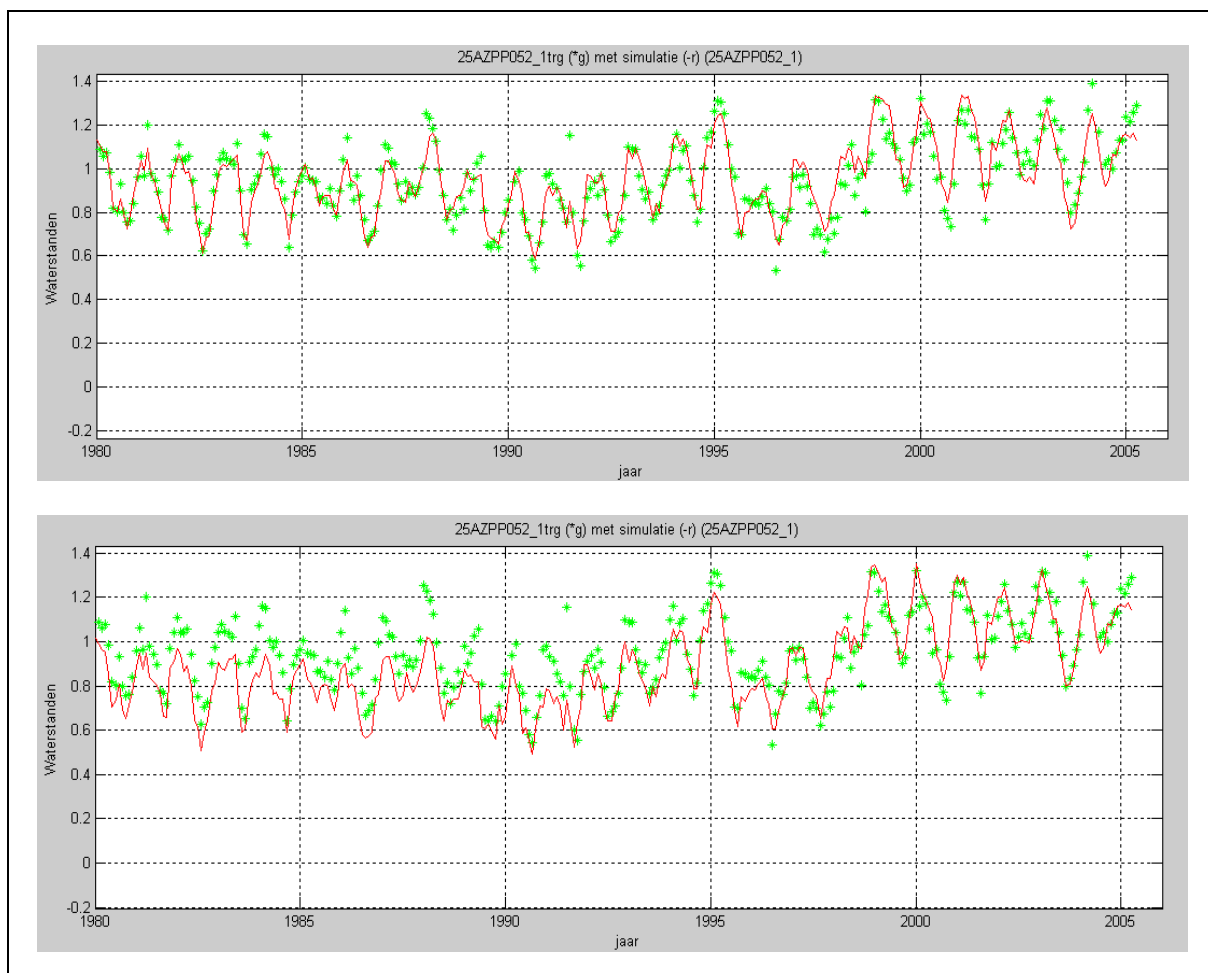
We gaan er van uit dat de hier afgeleide zeggingskracht ook geldt voor de geschatte evenwichtsrelatie van een grondwaterstand met een waterhuishoudkundige maatregel. De waterhuishoudkundige maatregel is immers bedoeld om het stijgen van de grondwaterstand door het stoppen van de winning tegen te gaan, zodat hun invloeden enigszins

gecorrleerd zullen zijn. Daardoor kan een onzuivere schatting van de stijging ook leiden tot een onzuivere schatting van de verlaging door de maatregel.

Tabel 3.6: De indeling van de 528 voor tijdreeksanalyse geschikt geachte grondwaterstandsreeksen naar herkomst en zeggingskracht van de modelresultaten.

Herkomst	Zeggingskracht		Totaal
	veel	beperkt	
PWN	300	16	316
Bloemendaal	0	119	119
Heemstede	0	39	39
Velsen	54	0	54
Zandvoort	0	0	0
Totaal	354	174	528

Figuur 3.5: Een andere illustratie van het verlies aan zeggingskracht bij het verkorten van de modelperiode, ditmaal voor de grondwaterstandsreeks van peilbuis 25AZPP052, filter 1. De bovenste grafiek toont de simulatie bij modelleren over de gehele periode (januari 1980 t/m maart 2005), terwijl de onderste grafiek de simulatie toont bij modelleren over de periode juni 1992 t/m maart 2005. Bij modelleren vanaf juni 1992 is de pasvorm tot circa 1994 duidelijk slechter en wordt de invloed van de winning overschat.



4 Resultaten van de tijdreeksanalyse

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de tijdreeksanalyse van de 528 grondwaterstandsreeksen. De resultaten zijn per reeks vermeld in de tabel van bijlage 3 en ook ruimtelijk weergegeven in de kaarten 2 t/m 5.

Voor 15 van de 528 grondwaterstandsreeksen bleek het niet mogelijk een verantwoord tijdreeksmodel af te leiden. Dit kwam naar voren als een extreem slechte pasvorm van de gesimuleerde reeks (de som van de meteorologische component, de winningscomponent en indien van toepassing ook de componenten van andere invloedsfactoren). De resultaten van deze modellen zijn daarom niet vermeld in bijlage 3 en ze worden hier verder ook niet meegenomen. Het betreft 15 meetreeksen van PWN.

4.1 Relaties grondwaterstanden met grondwaterwinningen

Er bleken 313 van de 513 succesvol gemodelleerde grondwaterstandsreeksen een statistisch significante en fysisch logische (negatieve) relatie te vertonen met de gewogen winning. In tabel 4.1 is vermeld hoe deze zijn verdeeld over de watervoerende pakketten.

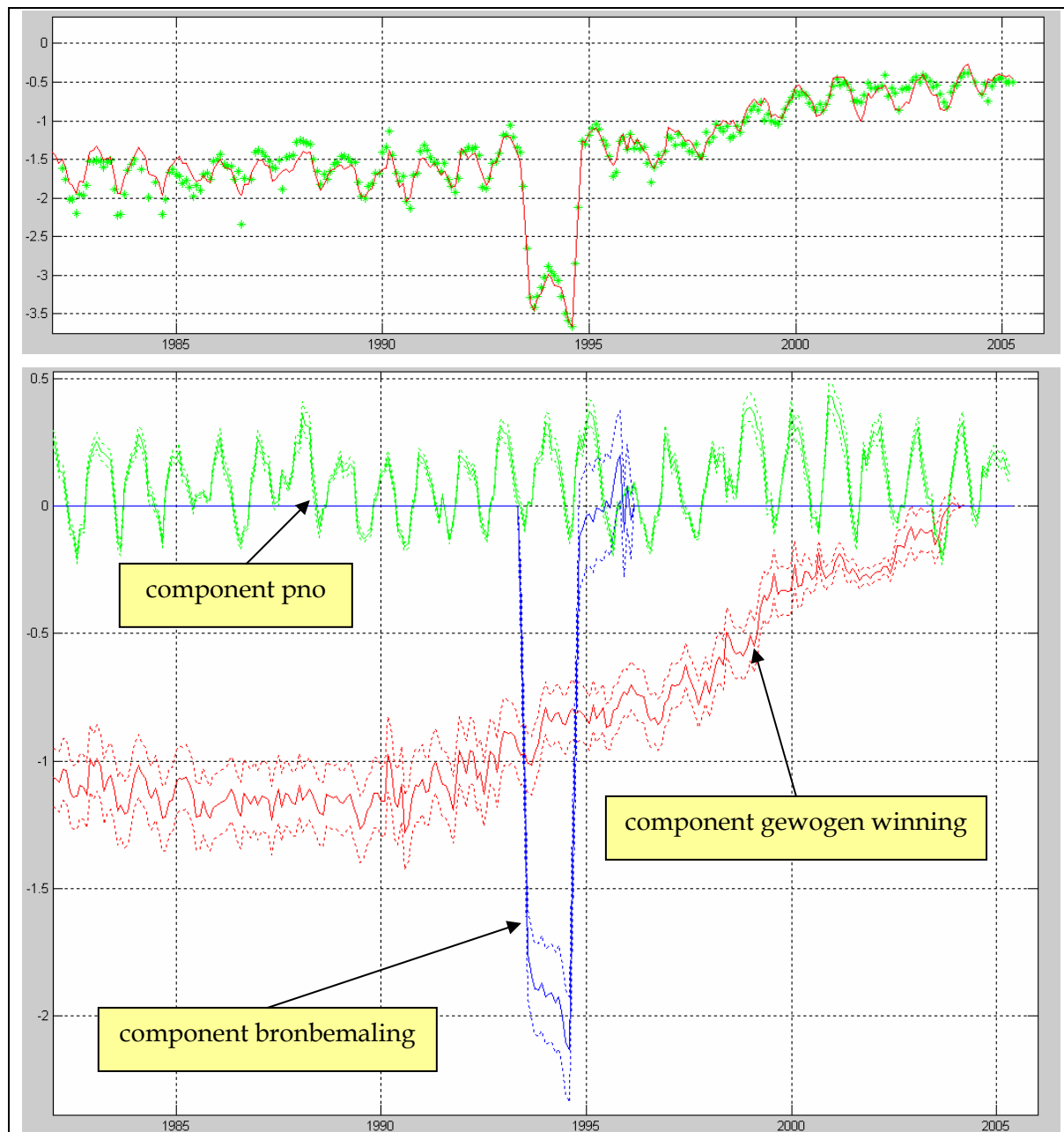
Tabel 4.1: De verdeling over de verschillende watervoerende pakketten van het aantal (succesvol) gemodelleerde grondwaterstandsreeksen en het aantal dat daarbij een statistisch significante en fysisch logische relatie vertoonde met de gewogen winning.

wvp	gemodelleerd	stat sign	% stat sign
W1.1	351	171	48.7%
W2.1	85	83	97.6%
overige	77	59	76.6%
Totaal	513	313	61.0%

Uit tabel 4.1 blijkt dat er voor wat betreft de grondwaterstandsreeksen in het freatisch watervoerend pakket (W1.1) in circa 49% van de gevallen een statistisch significante en fysisch logische relatie is geschat met de gewogen winning. Voor wat betreft de stijghoogten in het winpakket betrof dit ruim 97% van de gevallen.

Voor elke gemodelleerde grondwaterstandsreeks is het verloop van de winningscomponent gereconstrueerd van 1980 t/m 2004. Dit was ook mogelijk bij kortere grondwaterstandsreeksen, aangezien die reconstructie geschiedt met de reeks van de gewogen winning en zijn afgeleide transferfunctie met de grondwaterstandsreeks. Het principe van de ontleding van een grondwaterstandsreeks in verschillende componenten is toegelicht in figuur 4.1. De eerste grafiek toont met sterren het verloop van de maandgemiddelde grondwaterstand in de peilbuis P-ANPP051, filter 2 (in het winpakket W2.1). De doorgetrokken lijn is de bij de tijdreeksanalyse geschatte simulatie van deze reeks, die hier bestaat uit de som van drie componenten, namelijk die van het potentieel neerslagoverschot, de gewogen winning en de bronbemaling voor de aanleg van de Wijkertunnel. Deze drie componenten zijn vervolgens afzonderlijk weergegeven in de tweede grafiek, evenals hun bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen (de stippellijnen).

Figuur 4.1: Toelichting op het ontleden van een grondwaterstandsreeks in componenten. De eerste grafiek toont met sterren het verloop van het maandgemiddelde van de gemeten grondwaterstand in peilbuis P-ANPP051, filter 2 (in het winpakket W2.1). De doorgetrokken lijn is de bij de tijdreeks-analyse geschatte simulatie van deze reeks, die hier bestaat uit de som van drie componenten, namelijk die van het potentieel neerslagoverschot, de gewogen winning en de bronbemaling voor de aanleg van de Wijkertunnel. Deze drie componenten zijn afzonderlijk weergegeven in de tweede grafiek, evenals hun bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen (de stippellijnen).



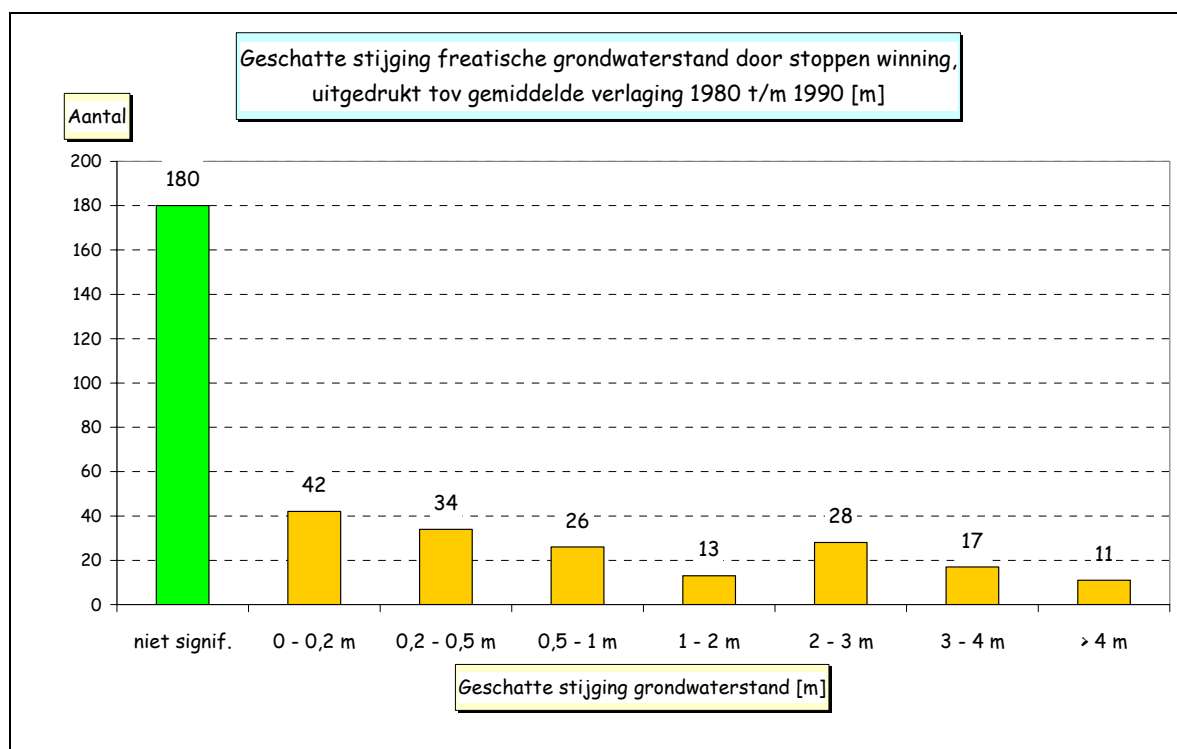
Vervolgens is per grondwaterstandsreeks uit het gereconstrueerde verloop van de winningscomponent de gemiddelde verlaging berekend over de periode 1980 t/m 1990, toen de totale winning van PWN vrij constant en hoog was (tussen de 13 en 15 miljoen m³/jaar). Aangezien de naijnde invloed van het stoppen van de PWN-winning in 2005 inmiddels is uitgewerkt, kan de berekende gemiddelde verlaging over de periode 1980 t/m 1990 worden gelijkgesteld aan de sindsdien opgetreden stijging van de grondwaterstand. De ruimtelijke verdeling van deze geschatte stijging van de grondwaterstand door

het stoppen van de PWN-winning is weergegeven in kaart 2 voor het freatisch watervoerend pakket (W1.1) en in kaart 3 voor het winpakket (W2.1).

4.1.1 *Stijging grondwaterstand in het freatisch watervoerend pakket*

Voor wat betreft het freatisch watervoerend pakket (W1.1) zijn 69 van de 171 statistisch significante stijgingen groter dan 1 m, met als maximum 4,79 m (zie figuur 4.2). Zoals te zien is in kaart 2, zijn de stijgingen van meer dan 1 m vrijwel allemaal geschat voor het duingebied rond de Centrale winning Overveen, met wat uitlopers naar het noorden en noordoosten. Zo is de stijging aan de uiterste zuidrand van de bebouwde kom van IJmuiden op twee plaatsen nog op circa 1,5 m geschat.

Figuur 4.2: Histogram van de geschatte stijging van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning, uitgedrukt ten opzichte van de gemiddelde verlaging in de periode 1980 t/m 1990.



Het merendeel van de statistisch significante stijgingen, namelijk 132 van de 171 (oftewel 77%), betreft freatische grondwaterstanden van het meetnet van PWN (zie tabel 4.2). Dat meetnet is dan ook sterk geconcentreerd rond de Centrale winning.

Voor al naar het oosten gaande neemt de geschatte stijging van de freatische grondwaterstand zeer sterk af. Voor het merendeel van de freatische grondwaterstandsreeksen van de meetnetten van Bloemendaal, Heemstede en Velsen zijn dan ook geen statistisch significante stijgingen aangetoond door het stoppen van de winning (zie tabel 4.2 en zie ook de voorbeelden in de figuren 4.3 en 4.4). Voor Bloemendaal betrof dit 96 van de 118 reeksen (81%), voor Heemstede 29 van de 30 reeksen (97%) en voor Velsen 30 van de 46 reeksen (65%). Dit is vermoedelijk veroorzaakt door het feit dat de dikte van de slecht doorlatende lagen tussen het winpakket en het bovenste watervoerende pakket oostwaarts toeneemt (het betreft vooral de Holocene afzettingen S1.1 en S1.3, zie figuur 2.2). Slechts op een beperkt aantal locaties in de bebouwde kommen van deze gemeenten zijn statistisch significante stijgingen van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning aangetoond. De resultaten wijzen dus eerder op lokale (en doorgaans beperkte) stijgingen van

de freatische grondwaterstand in deze gemeenten, dan op een duidelijke regionale stijging.

Tabel 4.2: Indeling van de geschatte stijging van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning naar grootteklasse en herkomst.

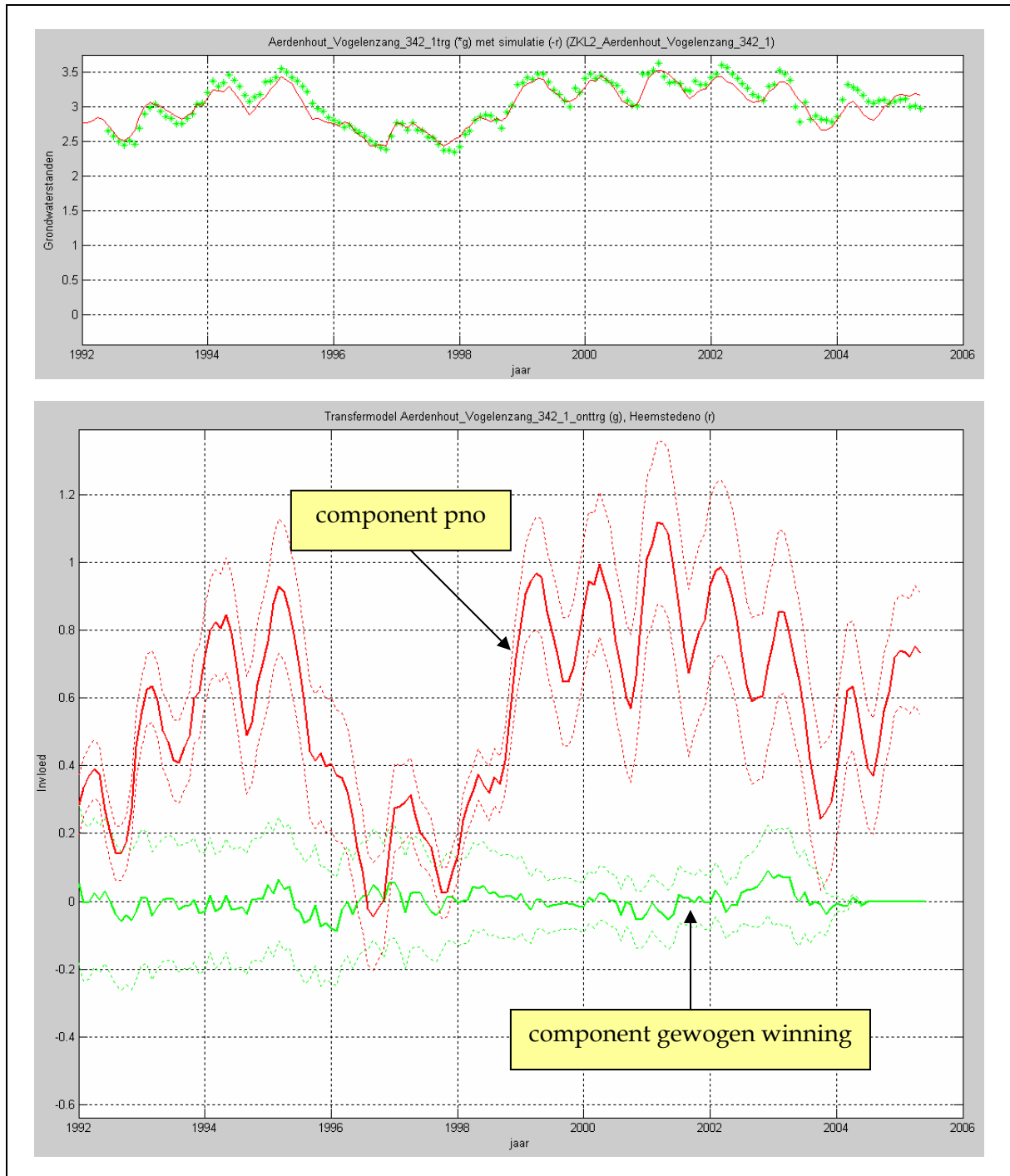
Klasse	PWN	Bloemend	Heemst	Velsen	Totaal
niet signif.	25	96	29	30	180
0 - 0,2 m	20	17	0	5	42
0,2 - 0,5 m	20	5	1	8	34
0,5 - 1 m	24	0	0	2	26
1 - 2 m	12	0	0	1	13
2 - 3 m	28	0	0	0	28
3 - 4 m	17	0	0	0	17
> 4 m	11	0	0	0	11
Totaal	157	118	30	46	351

Voor een aantal van de Bloemendaalse meetpunten die zijn gelegen nabij het ondiepe deel van de Centrale winning Overveen, zal de stijging van de freatische grondwaterstand zijn onderschat. Deze ondiepe winning - die vanaf 1980 tussen de 0,3 en 0,9 miljoen m³/jaar bedroeg - is namelijk reeds gestopt in 1991, terwijl de betreffende grondwaterstandsreeksen pas medio 1992 starten. Er kon dan nog wel de statistische relatie met het diepe deel van de grondwaterwinning worden geschat. Alleen als die relatie statistisch significant was, is door het reconstrueren van het verloop van de winningscomponent van 1980 t/m 2004 (aan de hand van de geschatte relatie met de gewogen winning), automatisch ook de invloed van het stoppen van de ondiepe winning verdisconteerd. Dat komt doordat het verloop van de gewogen winning over de periode 1980 - 1991 ook de nabijheid van de ondiepe winning zal weerspiegelen, dankzij het grote geohydrologische gewicht van die deelwinning voor de betreffende meetlocatie. De aldus gereconstrueerde stijging van de grondwaterstand ten opzichte van de periode 1980 t/m 1990 heeft dan zowel een empirische achtergrond, in de vorm van de statistisch geschatte relatie met het diepe deel van de grondwaterwinning, als een theoretische achtergrond, in de vorm van de met een theoretisch grondwatermodel bepaalde hydrogeologische gewichten van de verschillende deelwinningen, waarmee deze geschatte relatie met het diepe deel van de winning kon worden uitgebreid om ook de relatie met het ondiepe deel van de winning te verdisconteren. Maar als de statistisch geschatte relatie met de diepe winning niet significant was, dan bleef ook de door deze reconstructie verkregen schatting van de stijging van de grondwaterstand niet significant.

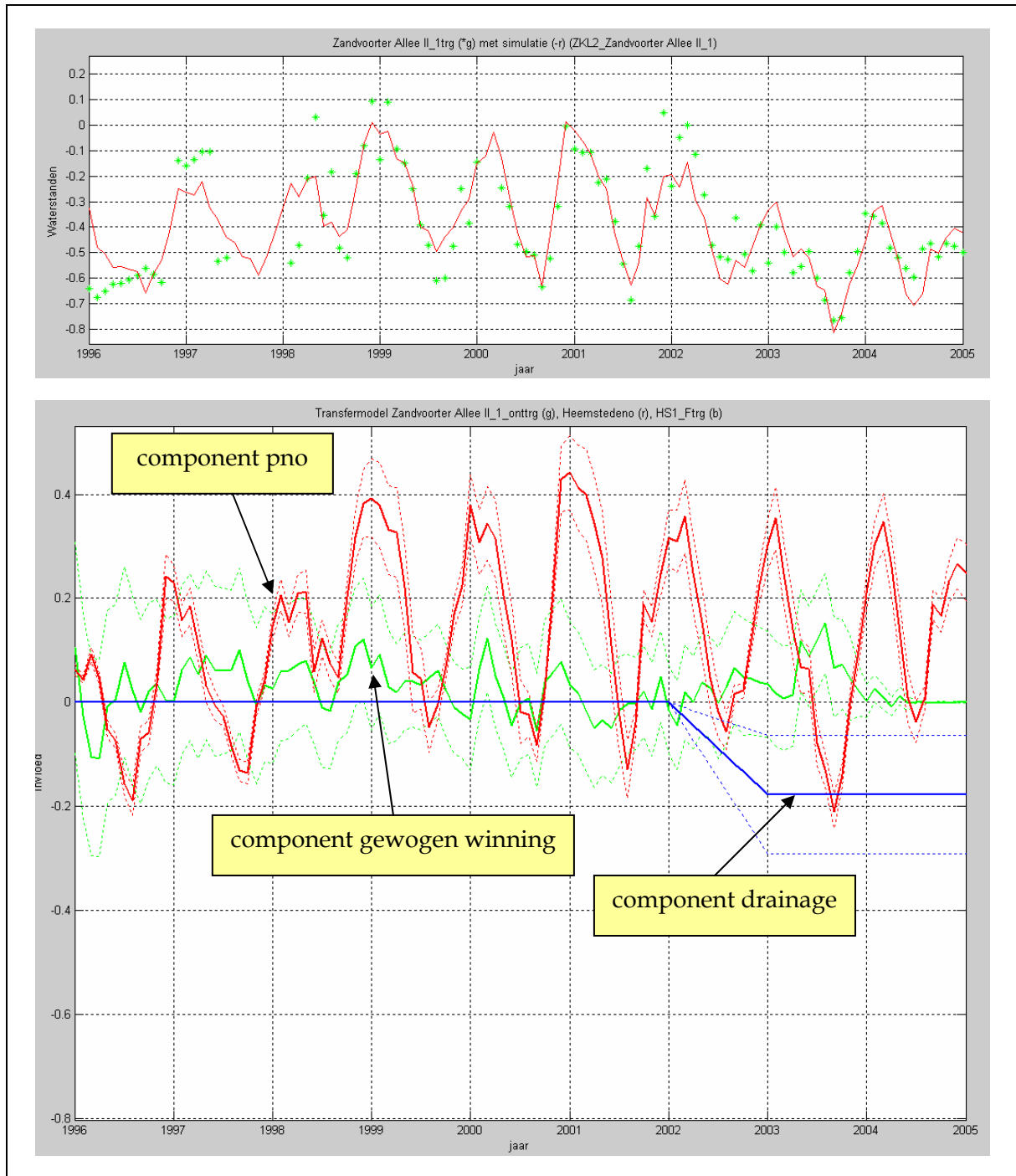
Bij de enige in het meetnet van Heemstede statistisch significant geschatte stijging van de freatische grondwaterstand (Julianaplein, Hs-2112, 0,41 m) moeten overigens vraagtekens worden gezet. Ten eerste doordat er in de omliggende peilbuizen geen stijgingen zijn aangetoond. En tweede doordat het plantsoen waarin deze peilbuis zich bevindt in de winter van 1999/2000 is opgehoogd, zo bleek uit navraag bij de gemeente Heemstede. Daarvoor vlakke de grondwaterstand soms nog af, door vijfervorming.

Voor het noordwesten, rond de parkeerplaats IJmuiderslag, zijn stijgingen van de freatische grondwaterstand geschat van tussen de 0,2 en 0,5 m. Ook voor het zuidwesten, bij Zandvoort, zijn dergelijke stijgingen geschat.

Figuur 4.3: Voorbeeld van modellering van een freatische grondwaterstandsreeks van het meetnet van Bloemendaal. De eerste grafiek toont met sterren het verloop van het maandgemiddelde van de gemeten grondwaterstand in peilbuis 342. De doorgetrokken lijn is de bij de tijdreeksanalyse geschatte simulatie van deze reeks, die hier bestaat uit de som van twee componenten, namelijk die van het potentieel neerslagoverschot en die van de gewogen winning. Deze twee componenten zijn afzonderlijk weergegeven in de tweede grafiek, evenals hun bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen (de stippellijnen). De winningscomponent schommelt rond nul en er is dan ook geen statistisch significante relatie met de gewogen winning gevonden. Aan de meteorologische component is te zien dat de periode 1999 t/m 2002 relatief nat was en dan vooral het jaar 2001.



Figuur 4.4: Voorbeeld van modellering van een freatische grondwaterstandsreeks van het meetnet van Heemstede. De eerste grafiek toont met sterren het verloop van het maandgemiddelde van de gemeten grondwaterstand in peilbuis 1111, in het hoog urgente gebied HS1. De doorgetrokken lijn is de bij de tijdreeksanalyse geschatte simulatie van deze reeks, die hier bestaat uit de som van drie componenten, namelijk die van het potentieel neerslagoverschot, de gewogen winning en drainage-maatregel HS1_F (zie ook tabel 4.3). Deze drie componenten zijn afzonderlijk weergegeven in de tweede grafiek, evenals hun bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen (de stippellijnen). Er is hier geen statistisch significante relatie met de gewogen winning gevonden. De drainagemaatregel, die is gestart in 2002, heeft een gemiddelde verlaging gegeven van 18 cm.



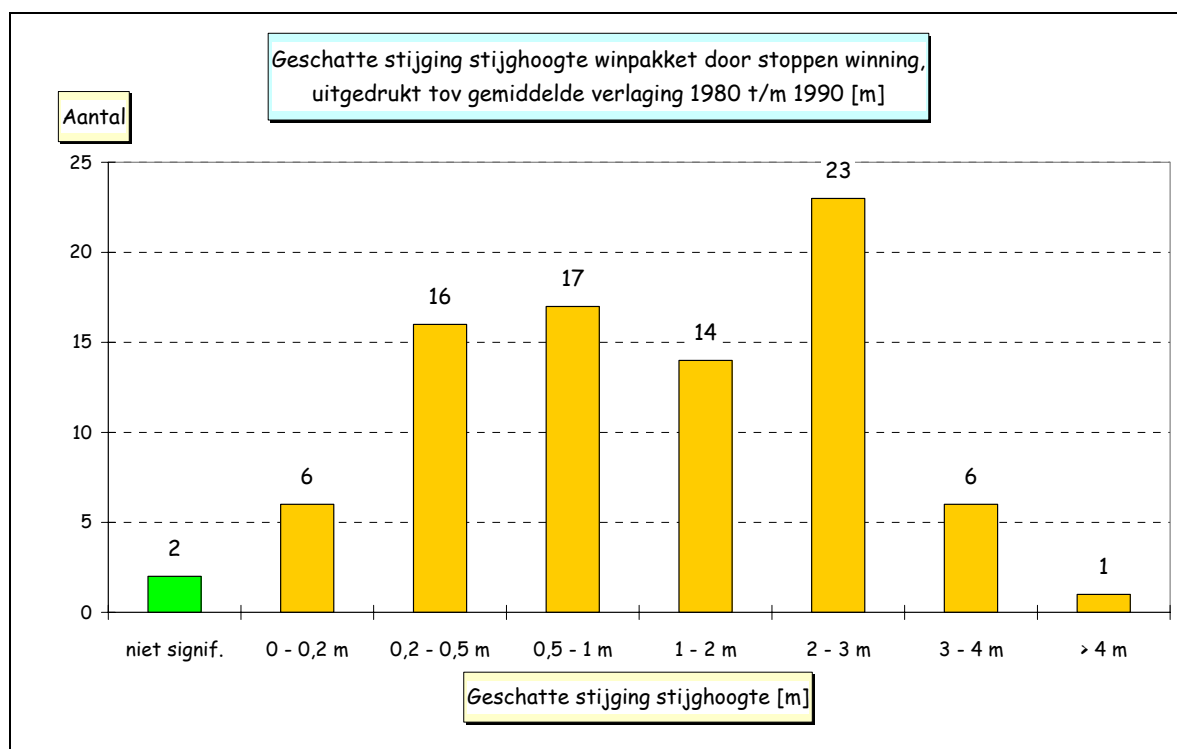
Van de 180 maal dat er geen statistisch significante en fysisch logische relatie is aangetoond tussen een freatische grondwaterstand en de gewogen winning is er in 92 gevallen wel een statistisch significante, maar fysisch onlogische relatie aangetoond, duidend op

een dalende grondwaterstand bij een afnemende winning. Dit betreft voor een belangrijk deel peilbuizen in de bebouwde kommen van Bloemendaal, Heemstede en Velsen. Deze statistische relaties kunnen uiteraard niet causaal zijn, aangezien ze aangeven dat de grondwaterstand is gedaald bij een afnemende grondwaterwinning, dus klaarblijkelijk is de grondwaterstand op deze plaatsen meer gedaald dan door de bij de modellering betrokken individuele drainagemaatregelen verklaard kan worden. Mogelijk zijn de invloedsstralen van de bij dit onderzoek betrokken drainagemaatregelen groter dan verondersteld, of is er door het grote aantal drainagemaatregelen een soort regionale verlaging ontstaan. Het kan ook zijn dat er meer ontwateringsmechanismes werkzaam zijn geweest dan waar ons informatie over is verstrekt. Maar het is tenslotte ook niet uit te sluiten dat het in een aantal van deze gevallen statistische artefacten betreft, veroorzaakt door een ongeslaagde opsplitsing van de grondwaterstandsreeks in zijn componenten. In 61 van de 92 gevallen is de zeggingskracht van het resultaat immers beperkt. Het betreft overigens geen grote verlagingen, want in 92% van de gevallen bedragen de schattingen minder dan 0,5 m en in 63% van de gevallen zelfs minder dan 0,2 m.

4.1.2 *Stijging stijghoogte in het winpakket*

Voor wat betreft het winpakket (W2.1) zijn 44 van de 83 statistisch significant geschatte stijgingen groter dan 1 m, met als maximum 4,23 m (zie figuur 4.5). Aangezien de stijghoogte in het winpakket alleen is bemeaten in het meetnet van PWN, hebben deze resultaten een beperktere ruimtelijke spreiding dan die van de freatische grondwaterstand. Zoals te zien is in kaart 3 zijn de grootste stijgingen (meer dan 1 m) vooral geschat voor het duingebied rond de Centrale winning Overveen, met uitlopers tot onder de bebouwde kommen van IJmuiden, Driehuis en het noorden van Bloemendaal.

Figuur 4.5: Histogram van de geschatte stijging van de stijghoogte in het winpakket door het stoppen van de winning, uitgedrukt ten opzichte van de gemiddelde verlaging in de periode 1980 t/m 1990.

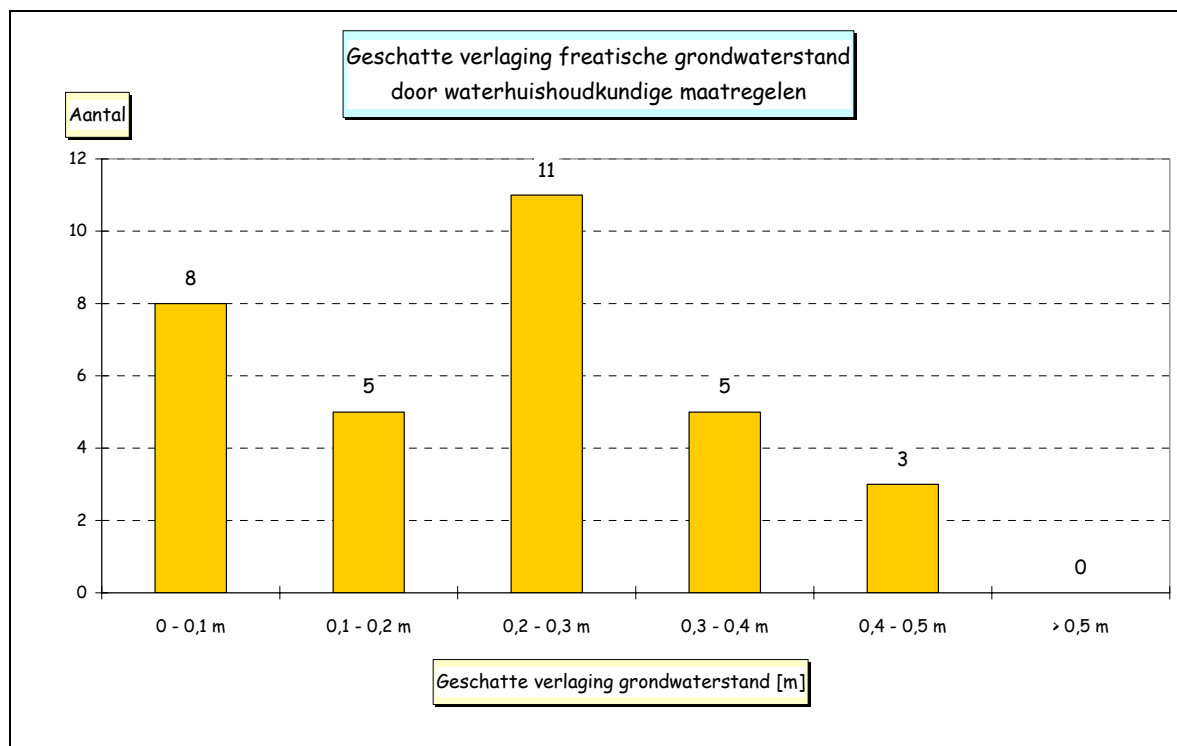


4.2 Relaties grondwaterstanden met waterhuishoudkundige maatregelen

In 32 gevallen kon er een statistisch significante en fysisch logische (negatieve) relatie tussen een grondwaterstandsreeks in het freatische watervoerende pakket en een waterhuishoudkundige maatregel worden aangetoond. De geschatte dalingen van de freatische grondwaterstand door deze maatregelen liggen tussen 0,05 en 0,43 m (zie figuur 4.6).

De ruimtelijke verdeling van de geschatte verandering van de freatische grondwaterstand door waterhuishoudkundige maatregelen is weergegeven in kaart 4.

Figuur 4.6: Histogram van de geschatte verlaging van de freatische grondwaterstand door waterhuishoudkundige maatregelen.



Tabel 4.3 vermeldt per maatregel bij hoeveel freatische grondwaterstandsreeksen deze in eerste instantie (bij de eerste modelronde) fungeerde als invoerreeks en in hoeveel gevallen er uiteindelijk sprake bleek van een statistisch significante en fysisch logische (negatieve) relatie. Vervolgens is het over die laatste gevallen berekende gemiddelde en de standaardafwijking van de invloed vermeld, met onderscheid tussen de resultaten met veel en beperkte zeggingskracht.

In 151 gevallen fungeerde een drainagemaatregel bij de eerste modelronde als invoerreeks van een freatische grondwaterstandsreeks, volgens de in § 3.2.5 vermelde criteria. En uiteindelijk bleek er in 32 gevallen sprake van een statistisch significante daling van een freatische grondwaterstandsreeks door een drainagemaatregel. Uit tabel 4.3 blijkt dat deze drainagemaatregelen lokaal tot beperkte gemiddelde dalingen van de freatische grondwaterstand hebben geleid, namelijk hooguit 0,3 m.

Voor 6 van de 16 in tabel 4.3 vermelde drainagemaatregelen is geen statistisch significante invloed aangetoond op de freatische grondwaterstand, maar voor 3 hiervan (HS_J, V1ABC en V10) kan dit ook veroorzaakt zijn door een gebrek aan onderscheidend vermogen bij het modelleren, doordat de betreffende maatregel pas actief is geworden aan het eind van de modelperiode.

Tabel 4.3: Samenvatting van de invloeden van de drainagemaatregelen. Per drainagemaatregel is aangegeven bij hoeveel freatische grondwaterstandsreeksen deze in de eerste modelronde fungeerde als invoerreeks en in hoeveel gevallen er sprake was van een statistisch significante negatieve relatie, met onderscheid naar de zeggingskracht. Vervolgens is het over die laatste gevallen berekende gemiddelde en de standaardafwijking van de invloed vermeld. De resultaten met veel zeggingskracht zijn gearceerd. Maatregelen die voor geen enkele grondwaterstandsreeks in aanmerking kwamen als invoerreeks zijn hier niet vermeld.

Maatregel	Gemodelleerde reeksen in W1.1	Geschatte veranderingen [m]			
		Aantal sign	Zeggingskracht	Gemiddelde	Standaardafwijking
B1_dd	27	3	veel	-0.23	0.07
		5	beperkt	-0.25	0.06
B2_dd	29	7	beperkt	-0.18	0.11
B3_dd	22	8	beperkt	-0.31	0.13
HS1_C	1	0		ns	
HS1_D	4	1	beperkt	-0.04	?
HS1_F	3	2	beperkt	-0.13	0.07
HS2_G	2	1	beperkt	-0.26	?
HS4_H	1	1	beperkt	-0.15	?
HS_I	1	1	beperkt	-0.06	?
HS_J	2	0		ns	
V1ABC	2	0		ns	
V1D-dd	6	0		ns	
V4_dd	21	2	beperkt	-0.13	0.15
V6	5	0		ns	
V10	3	0		ns	
Zvrt-vijver	22	1	veel	-0.20	?

Toelichting op de bovenvermelde drainagemaatregelen

B1_dd, B2_dd, B3_dd, V1D_dd en V4_dd zijn de diepdrainagesystemen in de betreffende urgente gebieden.

HS1_C: horizontale buisdrainage Heemstede, zuidelijk van Zandvoortselaan (1999 – 2001).

HS1_D: horizontale buisdrainage Heemstede, Zandvoortselaan (2000).

HS1_F: horizontale buisdrainage Heemstede, noordelijk van Zandvoortselaan (2002).

HS2_G: horizontale buisdrainage Heemstede, Geleerdenwijk (2002 – 2004).

HS4_H: horizontale buisdrainage Heemstede, Van Slingelandtlaan (2002).

HS_I: horizontale buisdrainage Heemstede, Adriaan Pauwlaan, tussen Herenweg en Crayenestervaart (2003).

HS_J: horizontale buisdrainage Heemstede, Rembrandtlaan en omgeving (2004 – 2005).

V1ABC: horizontale buisdrainage Driehuis (2003 – 2004).

V6: horizontale buisdrainage Velsen, parkeerplaats IJmuiderslag (1999).

V10: horizontale buisdrainage Santpoort-Noord (2005).

Zvrt-vijver: peilbeheersing van de circuitvijvers te Zandvoort (2001).

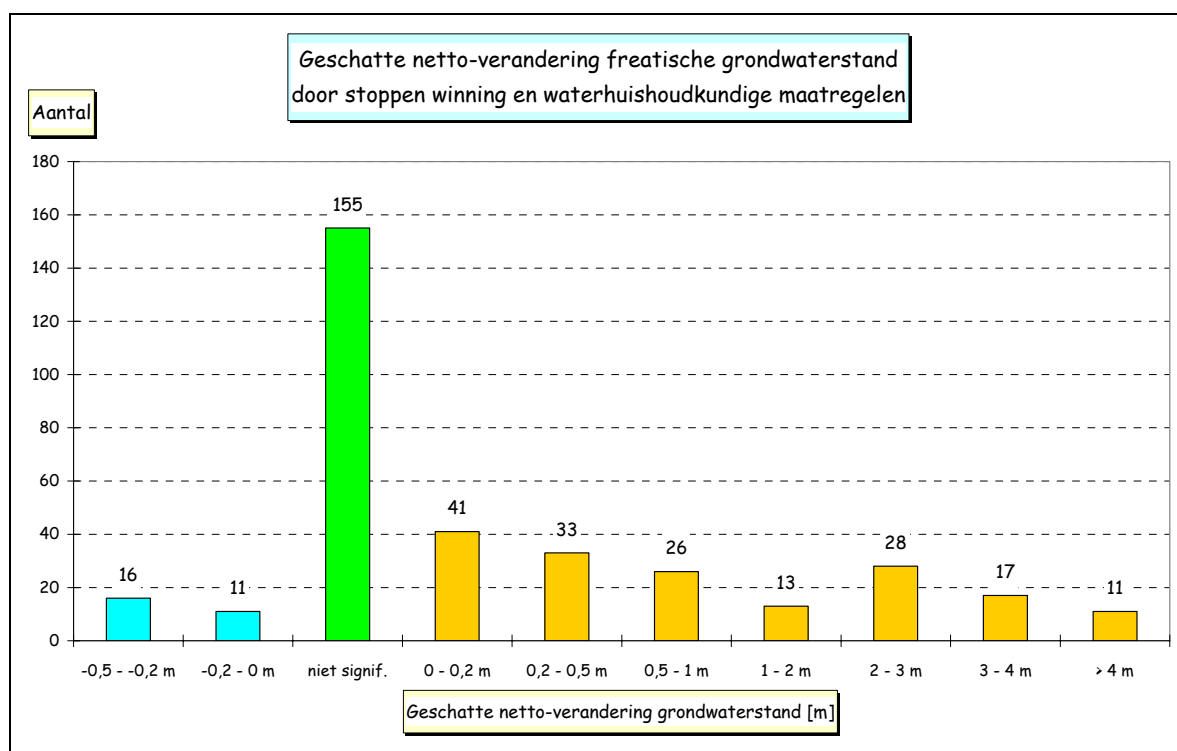
Door de relatief beperkte meetgegevens van de grondwaterstand nabij de door de gemeenten uitgevoerde drainagemaatregelen is het niet mogelijk om tot een afgewogen oordeel te komen over het nut en de efficiëntie van deze maatregelen.

4.3 Netto-veranderingen van de grondwaterstand

Als voor een grondwaterstandsreeks behalve de gewogen winning ook een drainagemaatregel in aanmerking kwam als invoerreeks, dan zijn de geschatte veranderingen van de grondwaterstand door het stoppen van de winning en het uitvoeren van de drainagemaatregelen simultaan geschat. Door vervolgens per grondwaterstandsreeks de geschatte veranderingen te sommeren, resulteert de geschatte netto-verandering van de grondwaterstand door deze invloeden. Een niet-significant geschatte verandering is voor deze somming op 0 gezet. En als beide schattingen niet-significant zijn is ook de netto-verandering als niet-significant aangegeven. Als er geen drainagemaatregel diende als invoerreeks voor een grondwaterstandsreeks, dan is de netto-verandering gelijk aan de geschatte verandering door het stoppen van de winning.

In 196 van de 351 gevallen is er een statistisch significante netto-verandering geschat, waarbij het merendeel (169) stijgingen betrof (zie figuur 4.7). In 27 gevallen zijn statistisch significante dalingen geschat, alle echter minder dan 0,5 m.

Figuur 4.7: Histogram van de geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning en het uitvoeren van de drainagemaatregelen.



De ruimtelijke verdeling van de geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning en het uitvoeren van de drainagemaatregelen is weergegeven in kaart 5. Uit deze kaart blijkt dat de geschatte netto-stijgingen vooral optreden nabij de Centrale winning en dat de netto-verlagingen vooral optreden in Bloemendaal en Heemstede. Deze bevindingen blijken ook uit tabel 4.4, waarin de geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand is ingedeeld naar grootteklasse en herkomst. Het grootste deel van de geschatte netto-stijgingen betreft grondwaterstandsreeksen van het meetnet van PWN, namelijk 132 van de 169 netto-stijgingen (78%). De overige 37 geschatte netto-stijgingen betreffen grondwaterstandsreeksen van de meetnetten van Bloemendaal (20), Heemstede (1) en Velsen (16). Voor het grootste deel van van de grondwaterstandsreeksen van die drie meetnetten zijn echter geen statistisch significante netto-stijgingen geschat. Voor het meetnet van Bloemendaal betrof dit 98 van de 118 reek-

sen (83%), voor het meetnet van Heemstede 29 van de 30 reeksen (97%) en voor het meetnet van Velsen 30 van de 46 reeksen (65%).

Tabel 4.4: Indeling van de geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand naar grootteklasse en herkomst.

Klasse	PWN	Bloemend	Heemst	Velsen	Totaal
-0,5 - -0,2 m	1	14	1	0	16
-0,2 - 0 m	1	5	5	0	11
niet signif.	23	79	23	30	155
0 - 0,2 m	20	16	0	5	41
0,2 - 0,5 m	20	4	1	8	33
0,5 - 1 m	24	0	0	2	26
1 - 2 m	12	0	0	1	13
2 - 3 m	28	0	0	0	28
3 - 4 m	17	0	0	0	17
> 4 m	11	0	0	0	11
Totaal	157	118	30	46	351

In 17 van de urgente gebieden bevinden zich bij dit onderzoek betrokken peilbuizen. De resultaten van de betreffende grondwaterstandsreeksen (totaal 83) zijn per urgent gebied samengevat in tabel 4.5, met ook onderscheid naar de verschillende watervoerende pakketten. In 16 van deze gebieden is de freatische grondwaterstand gemeten.

Uit tabel 4.5 blijkt dat de freatische grondwaterstand (pakket W1.1) in de meeste van deze urgente gebieden niet of hooguit twee decimeters is gestegen door het stoppen van de winning, met als uitzonderingen V5 (Velsen-Zuid), waarvoor een stijging van 0,33 m is geschat en V6 (IJmuiderslag), waarvoor een stijging van 0,40 m is geschat.

In slechts één van de zes hoog urgente gebieden met voor modellering geschikte grondwaterstandsreeksen is een stijging van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning aangetoond. Dit betreft het urgente gebied V6 (IJmuiderslag), waar de gemiddelde stijging is geschat op 0,40 m. In de andere vijf hoog urgente gebieden met voor modellering geschikte grondwaterstandsreeksen is geen stijging van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning aangetoond.

In de hoog urgente gebieden HS1 en V1B zijn nog wel stijgingen aangetoond van stijghoogten in diepere pakketten, van respectievelijk 0,24 en 1,30 m, maar deze zijn klaarblijkelijk niet doorgewerkt naar het freatisch watervoerend pakket.

Voor wat betreft de freatische grondwaterstandsreeksen in de urgente gebieden die ook een statistisch significante en fysisch logische (negatieve) relatie vertoonden met een drainagemaatregel, bleek het effect van de betreffende maatregel doorgaans afdoende om de stijging van de grondwaterstand te compenseren.

De geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand is in zes van de urgente gebieden positief (B3, B4, V1C, V4, V5 en V6), waarbij deze doorgaans 0,1 à 0,2 m bedraagt, behalve in V5 en V6, waar deze respectievelijk 0,3 en 0,4 m bedraagt. In zes beschouwde urgente gebieden is geen statistisch significante netto-verandering van de freatische grondwaterstand aangetoond (B1, HS5, V1B, V1D, V2 en V10). En in de overige vier beschouwde urgente gebieden is de geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand negatief (B2, HS1, HS2, HS4), waarbij deze globaal tussen -0,05 en -0,25 m ligt.

Tabel 4.5: Samenvatting van de resultaten voor de urgente gebieden, met ook onderscheid naar de verschillende watervoerende pakketten. Alleen van de statistisch significante relaties zijn het gemiddelde en de standaardafwijking vermeld, met onderscheid naar de zeggingskracht. De resultaten met veel zeggingskracht zijn gearceerd.

Urgent gebied	Urgentie	wvp	Aantal gemodelleerde reeksen	Zeggingskracht	Verandering grondwaterstand [m]									
					door stoppen winning tov 1980 t/m 1990			door drainage				netto-verandering		
					sign	gemidd	stafw	Drainage	sign	gemidd	stafw	sign	gemidd	stafw
B1	Hoog	W1.1	1	Beperkt	0	ns						0	ns	
B2	Beperkt	W1.1	8	Beperkt	3	0.10	0.07	B2_dd	4	-0.12	0.12	5	-0.04	0.17
		W1.2	1	Beperkt	0	ns						0	ns	
B3	Beperkt	W1.1	1	Veel	0	ns						0	ns	
			3	Beperkt	1	0.25	?					1	0.25	?
		W1.2	1	Veel	0	ns						0	ns	
			W2.1	1	Veel	1	0.70	?					1	0.70
B4	Laag	W1.1	3	Veel	2	0.16	0.02					2	0.16	0.02
			24	Beperkt	3	0.11	0.08					3	0.11	0.08
H7	Beperkt	W2.1	1	Veel	1	0.13	?					1	0.13	?
HS1	Hoog	W1.1	4	Beperkt	0	ns		HS1_D/F	3	-0.10	0.07	3	-0.10	0.07
		W1.2	3	Beperkt	1	0.24	?	HS1_D/F	3	-0.38	0.34	3	-0.30	0.43
HS2	Beperkt	W1.1	2	Beperkt	0	ns		HS2_G	1	-0.26	?	1	-0.26	?
HS4	Hoog	W1.1	1	Beperkt	0	ns		HS4_H	1	-0.15	?	1	-0.15	?
HS5	Laag	W1.1	2	Beperkt	0	ns						0	ns	
		W1.2	2	Beperkt	0	ns						0	ns	
V1B	Hoog	W1.1	1	Beperkt	0	ns						0	ns	
		W1.2	1	Beperkt	0	ns						0	ns	
		W1.3	2	Beperkt	2	1.30	0.36					2	1.30	0.36
V1C	Beperkt	W1.1	2	Veel	2	0.16	0.01					2	0.16	0.01
V1D	Hoog	W1.1	1	Veel	0	ns						0	ns	
		W1.2	1	Veel	0	ns						0	ns	
V2	Beperkt	W1.1	1	Veel	0	ns						0	ns	
V4	Beperkt	W1.1	3	Veel	1	0.07	?					1	0.07	?
			1	Beperkt	0	ns						0	ns	
V5	Laag	W1.1	3	Veel	1	0.33	?					1	0.33	?
V6	Hoog	W1.1	3	Veel	3	0.40	0.03					3	0.40	0.03
V10	Beperkt	W1.1	6	Veel	0	ns						0	ns	

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de uitspraken over de netto-veranderingen in de meeste van de urgente gebieden met meetgegevens enigszins 'zacht' zijn, doordat ze zijn gebaseerd op weinig resultaten en/of resultaten met beperkte zeggingskracht.

4.4 Samenvattende conclusies over het veranderen van de grondwaterstand

Dit alles leidt tot de onderstaande conclusies over de invloeden van het stoppen van de grondwaterwinning en het uitvoeren van de drainagemaatregelen.

Aantal statistisch significante en fysisch logische relaties met de gewogen winning

Er bleken 313 van de 513 succesvol gemodelleerde grondwaterstandsreeksen een statistisch significante en fysisch logische (negatieve) relatie te vertonen met de gewogen winning. Voor wat betreft de grondwaterstandsreeksen in het freatisch watervoerend pakket is er in circa 49% van de gevallen een statistisch significante en fysisch logische relatie ge-

schat met de gewogen winning. Voor wat betreft de stijghoogten in het winpakket betrof dit ruim 97% van de gevallen.

Invloed stoppen grondwaterwinning op freatische grondwaterstand

Voor het freatisch watervoerend pakket zijn 69 van de 171 statistisch significante stijgingen groter dan 1 m, met als maximum 4,79 m. De stijgingen van meer dan 1 m zijn vrijwel allemaal geschat voor het duingebied rond de Centrale winning Overveen, met wat uitlopers naar het noorden en noordoosten. Zo is de stijging aan de uiterste zuidrand van de bebouwde kom van IJmuiden op twee plaatsen nog op circa 1,5 m geschat. Het merendeel van de statistisch significante stijgingen, namelijk 132 van de 171 (oftewel 77%), betreft freatische grondwaterstanden van het meetnet van PWN. Dat meetnet is dan ook sterk geconcentreerd rond de Centrale winning. Vooral naar het oosten gaande neemt de geschatte stijging van de freatische grondwaterstand zeer sterk af. Voor het merendeel van de freatische grondwaterstandsreeksen van de meetnetten van Bloemendaal, Heemstede en Velsen zijn dan ook geen statistisch significante stijgingen aangetoond door het stoppen van de winning. Voor Bloemendaal betrof dit 96 van de 118 reeksen (81%), voor Heemstede 29 van de 30 reeksen (97%) en voor Velsen 30 van de 46 reeksen (65%). Dit is vermoedelijk veroorzaakt door het feit dat de dikte van de slecht doorlatende lagen tussen het winpakket en het bovenste watervoerende pakket oostwaarts toeneemt. Slechts op een beperkt aantal locaties in de bebouwde kommen van deze gemeenten zijn statistisch significante stijgingen van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning aangetoond. De resultaten wijzen dus eerder op lokale (en doorgaans beperkte) stijgingen van de freatische grondwaterstand in deze gemeenten, dan op een duidelijke regionale stijging.

Voor het noordwesten, rond de parkeerplaats IJmuiderslag, zijn stijgingen van de freatische grondwaterstand geschat van tussen de 0,2 en 0,5 m. Ook voor het zuidwesten, bij Zandvoort, zijn dergelijke stijgingen geschat.

Van de 180 maal dat er geen statistisch significante en fysisch logische relatie is aangetoond tussen een freatische grondwaterstand en de gewogen winning is er in 92 gevallen wel een statistisch significante, maar fysisch onlogische relatie aangetoond, duidend op een dalende grondwaterstand bij een afnemende winning. Dit betreft voor een belangrijk deel peilbuizen in de bebouwde kommen van Bloemendaal, Heemstede en Velsen. Klaarblijkelijk is de grondwaterstand op deze plaatsen dus meer gedaald dan door de bij de modellering betrokken individuele drainagemaatregelen verklaard kan worden. Mogelijke verklaringen zijn: (1) de invloedsstralen van de bij dit onderzoek betrokken drainagemaatregelen zijn groter dan verondersteld, (2) er is door het grote aantal drainagemaatregelen een soort regionale verlaging ontstaan, of (3) er zijn meer ontwateringsmechanismen werkzaam geweest dan waar ons informatie over is verstrekt. Maar het is tenslotte ook niet uit te sluiten dat het in een aantal gevallen statistische artefacten betreft, veroorzaakt door een ongeslaagde opsplitsing van de grondwaterstandsreeks in zijn componenten. In 61 van de 92 gevallen is de zeggingskracht van het resultaat immers beperkt. Het betreft overigens geen grote verlagingen, want in 92% van de gevallen bedragen de schattingen minder dan 0,5 m en in 63% van de gevallen zelfs minder dan 0,2 m.

Invloed drainagemaatregelen

In 32 gevallen kon er een statistisch significante en fysisch logische (negatieve) relatie tussen een grondwaterstandsreeks in het freatische watervoerende pakket en een waterhuishoudkundige maatregel worden aangetoond. De geschatte dalingen van de freatische grondwaterstand door deze maatregelen liggen tussen 0,05 en 0,43 m.

Netto-invloeden

De geschatte netto-stijgingen van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning en het uitvoeren van de drainagemaatregelen treden vooral op nabij de Centrale winning, terwijl de geschatte netto-verlagingen vooral optreden in Bloemendaal en Heemstede. Het grootste deel van de geschatte netto-stijgingen betreft grondwaterstandsreeksen van het meetnet van PWN, namelijk 132 van de 169 netto-stijgingen (78%). De overige 37 geschatte netto-stijgingen betreffen grondwaterstandsreeksen van de meetnetten van Bloemendaal (20), Heemstede (1) en Velsen (16). Voor het grootste deel van van de grondwaterstandsreeksen van die drie meetnetten zijn echter geen statistisch significante netto-stijgingen geschat. Voor het meetnet van Bloemendaal betrof dit 98 van de 118 reeksen (83%), voor het meetnet van Heemstede 29 van de 30 reeksen (97%) en voor het meetnet van Velsen 30 van de 46 reeksen (65%).

Resultaten voor de urgente gebieden

In 17 van de urgente gebieden bevinden zich bij dit onderzoek betrokken peilbuizen, met totaal 83 voor tijdreeksanalyse geschikte grondwaterstandsreeksen. De freatische grondwaterstand is in de meeste van deze urgente gebieden niet of hooguit twee decimeters gestegen door het stoppen van de winning, met als uitzonderingen V5 (Velsen-Zuid), waarvoor een stijging van 0,33 m is geschat en V6 (IJmuiderslag), waarvoor een stijging van 0,40 m is geschat.

Van de 19 hoog urgente gebieden zijn 82 grondwaterstandsreeksen beschikbaar, maar slechts 18 daarvan, afkomstig uit 6 hoog urgente gebieden, voldoen aan onze criteria voor tijdreeksanalyse. Er is dus maar weinig bruikbare informatie over de hoog urgente gebieden beschikbaar. In slechts één van de zes hoog urgente gebieden is een stijging van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning aangetoond. Dit betreft het urgente gebied V6 (IJmuiderslag), waar de gemiddelde stijging is geschat op 0,40 m. In de andere vijf hoog urgente gebieden met voor modellering geschikte grondwaterstandsreeksen is geen stijging van de freatische grondwaterstand door het stoppen van de winning aangetoond. In de hoog urgente gebieden HS1 en V1B zijn nog wel stijgingen aangetoond van stijghoogten in diepere pakketten, van respectievelijk 0,24 en 1,30 m, maar deze zijn klaarblijkelijk niet doorgewerkt naar het freatisch watervoerend pakket.

Voor wat betreft de freatische grondwaterstandsreeksen in de urgente gebieden die ook een statistisch significante en fysisch logische (negatieve) relatie vertoonden met een drainagemaatregel, bleek het effect van de betreffende maatregel doorgaans afdoende om de stijging van de grondwaterstand te compenseren.

De geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand is in zes van de beschouwde urgente gebieden positief (B3, B4, V1C, V4, V5 en V6), waarbij deze doorgaans 0,1 à 0,2 m bedraagt, behalve in V5 en V6, waar deze respectievelijk 0,3 en 0,4 m bedraagt. In zes beschouwde urgente gebieden is geen statistisch significante netto-verandering van de freatische grondwaterstand aangetoond (B1, HS5, V1B, V1D, V2 en V10). En in de overige vier beschouwde urgente gebieden is de geschatte netto-verandering van de freatische grondwaterstand negatief (B2, HS1, HS2, HS4), waarbij deze globaal tussen -0,05 en -0,25 m ligt.

Enkele kanttekeningen

Voor een aantal van de Bloemendaalse meetpunten die zijn gelegen nabij het ondiepe deel van de Centrale winning Overveen, zal de stijging van de freatische grondwaterstand zijn onderschat. Deze ondiepe winning - die vanaf 1980 tussen de 0,3 en 0,9 miljoen m³/jaar bedroeg - is namelijk reeds gestopt in 1991, terwijl de betreffende grondwaterstandsreeksen pas starten medio 1992.

De uitspraken over de netto-veranderingen in de meeste van de urgente gebieden met meetgegevens zijn enigszins 'zacht', doordat ze zijn gebaseerd op weinig resultaten en/of resultaten met beperkte zeggingskracht.

Door de relatief beperkte meetgegevens van de grondwaterstand nabij de door de gemeenten uitgevoerde drainagemaatregelen is het niet mogelijk om tot een afgewogen oordeel te komen over het nut en de efficiëntie van deze maatregelen.

De modelresultaten van de grondwaterstandsreeksen in de vierhoek begrensd door de X-coördinaten 98 en 100 en de Y-coördinaten 486 en 488, rondom de winning van WLB (gelegen in het zuidwesten van het onderzoeksgebied), moeten om modeltechnische redenen (het ontbreken van gewichtsfactoren voor het berekenen van de gewogen winning) minder betrouwbaar worden geacht.

Doordat de diepe zoutwaterwinning van Corus om modeltechnische redenen niet is meegenomen als invoerreeks voor de grondwaterstandsreeksen in het freatisch watervoerend pakket, kan de invloed van het stoppen van de PWN-winningen zijn overschat in het noorden van ons onderzoeksgebied. Het is namelijk mogelijk dat de geleidelijke afname van de diepe Corus-winning de freatische grondwaterstand in die omgeving enkele decimeters heeft verhoogd.

4.5 Aanbeveling

Aanbevolen wordt om het meten van de grondwaterstanden zoveel mogelijk te handhaven. Nieuwe veranderingen van de hydrologische situatie zijn immers niet uit te sluiten, bijvoorbeeld door wijzigingen in de grondwaterwinningen in de Amsterdamse Waterleidingduinen of op het Corus-terrein, of door de zeespiegelrijzing en de klimaatsverandering. Om de effecten van deze wijzigingen te kunnen beoordelen zijn lange meetreeksen van de grondwaterstand nodig, die zowel vele jaren voor als na de wijziging omvatten.

Geraadpleegde literatuur

Baggelaar, P.K. (1988): 'Tijdreeksanalyse bij verlagingsonderzoek: principe en voorbeeld'. *H₂O* (21), 1988, Nr. 16, blz. 443 – 450.

Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1976): 'Time Series Analysis, Forecasting and Control'. Holden Day, San Francisco.

Grontmij (1996): 'Grondwaterbeheersplan Bloemendaal en omgeving'. Basisstudie.

Grontmij (1999): 'Beëindigen PWN-winningen Zuid-Kennemerland - grondwateronderzoek naar de gevolgen voor de ontwatering in bebouwd gebied en beoordeling van de nodige maatregelen tegen grondwateroverlast'. Grontmij Advies & Techniek bv, 30 november 1999, Alkmaar.

Hemker, C.J. and Maas, C. (1987): 'Unsteady flow to wells in layered and fissured aquifer systems'. *Journal of Hydrology*, 90, pp. 231 – 249.

KNMI (1972): 'Klimaatatlas van Nederland'. KNMI, De Bilt.

Ljung, G.M and Box, G.E.P (1978): 'On a measure of lack of fit in time series models'. *Biometrika*, 65, blz. 297 – 303.

McLeod, G. (1983): 'Box Jenkins in Practice'. Time Series Library, Gwilym Jenkins & Partners Ltd., Lancaster.

Rolf, H.L.M. en Lebbink, J.J. (1998): 'Hydrologische effecten als gevolg van de reductie duinwaterwinning in het Noord-Hollands Duinreservaat'. NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, 1998.

Stuyfzand, P.J. (1987): 'Hydrochemie en hydrologie van duinen en aangrenzende polders tussen Zandvoort en Wijk aan Zee'. Kiwa-rapport SWE 86.016, mei 1987, Rijswijk.

Van der Meulen, E.C.J. (2004): 'Handleiding TRG'. AMO Adviesbureau Modelling en Optimalisatie, Hengelo.

Witteveen & Bos en TNO (1987): 'Geohydrologisch onderzoek IJmond-Noord'.

Bijlage 1: Algemene toelichting op de Box-Jenkins-methode

Aan de hand van tijdreeksanalyse volgens de Box-Jenkins-methode [Box and Jenkins, 1976], kan de tijdreeks van een variabele beschreven worden met een discreet lineair dynamisch stochastisch model. In het nu volgende geven we een beknopte uitleg van deze methode. Voor een diepgaande theoretische verhandeling wordt verwezen naar het standaardwerk [Box and Jenkins, 1976]. Voor een praktisch gerichte verhandeling wordt verwezen naar [McLeod, 1983].

Uitleg aan de hand van systeemtheorie

Het principe van de Box-Jenkins benadering kan goed worden toegelicht aan de hand van begrippen uit de systeemtheorie. Een systeem zal daartoe - enigszins intuïtief - worden omschreven als een deel van de werkelijkheid, dat via in- en uitgangssignalen wisselwerkingen vertoont met z'n omgeving. De grondwaterstand in een peilbuis zullen we dan opvatten als het uitgangssignaal (hier: de uitvoerreeks) van een systeem, dat wordt aangedreven door meerdere ingangssignalen (hier: invoerreeksen of ook wel dynamische invloedsfactoren). In het geval van een (freatische) grondwaterstand zullen deze laatste voornamelijk van meteorologische aard zijn. Een dergelijk systeem kan mathematisch worden uitgeschreven als:

$$Y(t) = g(G, X, t) \quad 1$$

met Y de grondwaterstand, $g(\cdot)$ één of andere functie, G een verzameling modelparameters, X de verzameling dynamische invloedsfactoren en t de continue tijd.

Als we de grondwaterstand empirisch willen modelleren verdient het echter aanbeveling deze te beschouwen als de uitvoerreeks van een discreet lineair dynamisch stochastisch systeem:

- discreet: omdat relevante gegevens over de grondwaterstand en de dynamische invloedsfactoren meestal slechts beschikbaar zijn in de vorm van discrete tijdreeksen;
- lineair: omdat dit de minste theoretische en praktische problemen oplevert, bovendien is gebleken dat veel systemen redelijk beschreven kunnen worden met lineaire modellen;
- dynamisch: omdat de tijd een essentiële rol speelt in het gedrag van de uitvoerreeks;
- stochastisch: omdat zo'n systeem nooit exact (deterministisch) kan worden beschreven, enerzijds vanwege de benadering die is ingevoerd door de discretisatie en linearisatie, anderzijds vanwege het feit dat het onmogelijk is alle dynamische invloedsfactoren bij de beschrijving mee te nemen.

Een discreet lineair dynamisch stochastisch systeem kan mathematisch worden uitgeschreven als:

$$Y_t = f(F, X', t) + N_t \quad 2$$

met Y de grondwaterstand, $f(\cdot)$ een lineaire functie, F een verzameling modelparameters, X' een deelverzameling van de dynamische invloedsfactoren, N de ruis en t de discrete tijdsindex. Omdat de algemene vorm van de Box-Jenkins modellen ook kan worden uitgeschreven als bovenstaande formule, is de Box-Jenkins-methode bij uitstek geschikt om zo'n systeem langs empirische weg te beschrijven. En omdat de methode er op is gericht het stochastische element terug te brengen tot een verschijnsel dat minimaal is en dat bekende waarschijnlijkheidswetten volgt, kunnen er uitspraken omtrent het systeem worden gedaan met minimale en kwantificeerbare onzekerheden.

Statistisch modelleren van een tijdreeks

De klassieke statistische methodologie is zelden geschikt voor een statistische modellering van tijdreeksen, omdat deze gebaseerd is op onafhankelijke waarnemingen, terwijl de waarnemingen in een tijdreeks vaak niet onafhankelijk van elkaar zijn. De belangrijkste bijdragen

van Box en Jenkins tot de oplossing van dit probleem bestonden uit de formulering van een familie van statistische modellen om tijdreeksen te beschrijven en uit aanwijzingen tot een verantwoorde modelbouw [Box and Jenkins, 1976]. Voor de modellering van een tijdreeks ontwikkelden ze twee benaderingen, namelijk univariate modellering aan de hand van een Arima-model en transfer-ruismodellering aan de hand van een transfer-ruismodel. Beide zullen in het nu volgende kort en voornamelijk intuïtief worden omschreven.

Univariaat modelleren

Bij de univariate modellering wordt uitsluitend uitgegaan van de te modelleren tijdreeks, die wordt beschouwd als de uitvoerreeks van een discreet lineair dynamisch stochastisch systeem dat wordt aangedreven door een stochastische invoerreeks. Deze laatste is onbekend en ontstaat eigenlijk pas in de modelleerfase als het modelresidu. De modellering is er dan ook op gericht dit terug te brengen tot een verschijnsel dat bekende waarschijnlijkheidswetten volgt ("witte ruis") en een minimale variantie heeft. De variantie mag in dit verband als een soort maat voor de onzekerheid van het model worden beschouwd.

Witte ruis kan worden opgevat als een volledig toevallig signaal, bestaande uit een opeenvolging van onafhankelijke trekkingen uit een normale kansverdeling, met gemiddelde nul en variantie σ_a^2 .

Het zal duidelijk zijn dat de univariate benadering nauwelijks inzicht levert in het beschouwde systeem. Het wordt wel veel toegepast om voorspellingen van een bepaalde variabele te genereren. Deze zijn dan uitsluitend gebaseerd op een statistische analyse van het gedrag van deze variabele in het verleden. Deze toepassing heeft dan ook vooral opgang gemaakt in de economie, met zijn gecompliceerde en minder inzichtelijke dynamische systemen.

Transfer-ruismodelleren

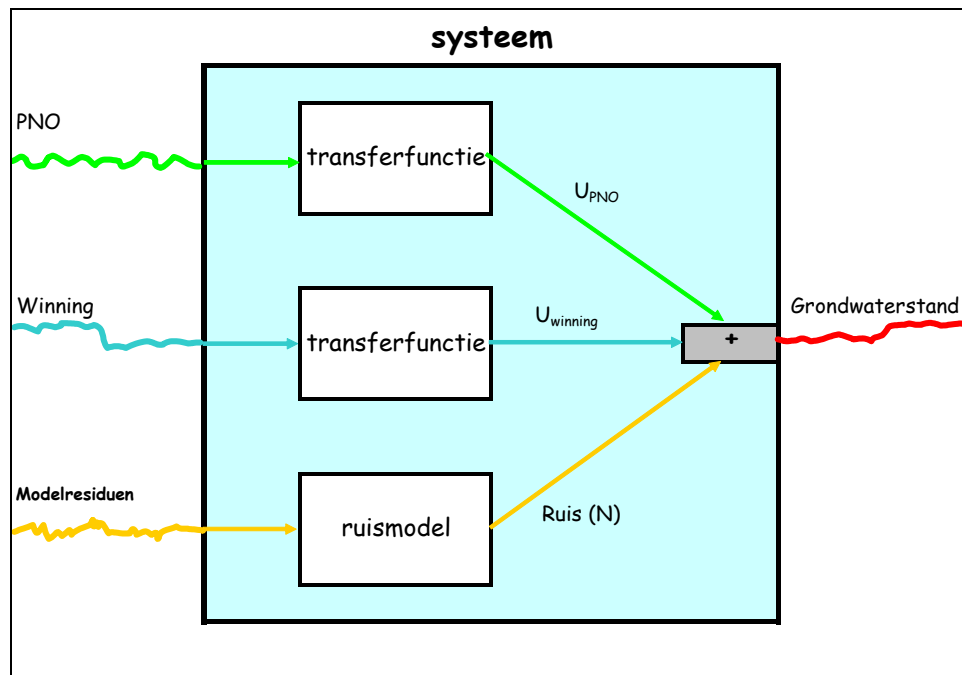
Bij de transfer-ruismodellering wordt de te modelleren tijdreeks beschouwd als de uitvoerreeks van een discreet lineair dynamisch stochastisch systeem dat wordt aangedreven door meerdere invoerreeksen, waaronder ook witte ruis. Elke invoerreeks (X_i) levert hierbij volgens een afzonderlijke lineaire transferfunctie een component (U_i) van de uitvoerreeks (Y). De resterende ruis (N) vertegenwoordigt de component die wordt geleverd door alle dynamische invloedsfactoren die niet bij de modellering zijn betrokken. Deze ruis kan op zijn beurt worden weergegeven als de uitvoerreeks van een deelsysteem, dat volgens een Arima-model (in feite ook een transferfunctie) wordt aangedreven door witte ruis. De verschillende componenten geven door middel van lineaire superpositie de uiteindelijk waargenomen uitvoerreeks, volgens:

$$Y_t = U_{1t} + \dots + U_{mt} + N_t \quad 3$$

Figuur b1.1 toont het principe van het transfer-ruismodel, voor het geval een grondwaterstand wordt gemodelleerd als functie van het potentieel neerslagoverschot en een grondwaterwinning.

De kracht van het transfer-ruismodel is dat een groot aantal dynamische situaties beschreven kan worden met slechts een gering aantal modelparameters.

Figuur b1.1: Principe van het transfer-ruismodel van de grondwaterstand, hier met het potentieel neerslagoverschot en een winning als invoerreeksen.



Ontwikkelen van een Box-Jenkins model

Het ontwikkelen van een Box-Jenkins model is - net als bij de meeste modellen - een iteratief proces. Per ronde worden drie fasen doorlopen:

- 1) identificatie van de vorm het model;
- 2) schatting van de modelparameters en
- 3) verificatie van het model.

In het nu volgende beschrijven we de drie fasen afzonderlijk, met als toepassing de ontwikkeling van een transfer-ruismodel.

Identificeren van de modelvorm

Aan de hand van diagnostieken van de relaties tussen de uitvoerreeksen en de invoerreeksen, bij voorkeur aangevuld met fysisch inzicht in deze relaties, wordt de vorm van het model gepostuleerd. De diagnostieken worden geleverd door de (steekproef) kruiscorrelatiefuncties van de uitvoerreeksen en elke afzonderlijke invoerreeksen. Zo'n functie geeft de kruiscorrelatiecoëfficiënt, een maat voor de samenhang tussen de waarde van de invoerreeksen en de uitvoerreeksen k tijdseenheden later, als functie van k (de "lag"). Een kruiscorrelatie functie wordt vaak geplot weergegeven (het kruiscorrelogram), omdat dit de diagnose aanzienlijk vergemakkelijkt. Omdat het beeld van de relatie vertroebeld kan worden door de autocorrelaties binnen de reeksen, worden beide vóór het berekenen van de kruiscorrelatiefunctie door een filter gehaald, namelijk het inverse Arima-model voor de invoerreeksen. Deze aanpak noemt men ook wel het "witten" [Box and Jenkins, 1976].

In deze identificatiefase dient tevens de vorm van het ruismodel te worden geformuleerd. Hiervoor zijn verschillende benaderingen mogelijk. Als er met grote waarschijnlijkheid van kan worden uitgegaan dat alle relevante dynamische invloedsfactoren in het transfer-ruismodel zijn opgenomen, kan het ruismodel worden geformuleerd als een stationair model. Zo'n model beschrijft een tijdreeks die voldoet aan een bepaald statistisch evenwicht en in feite met een constante spreiding rond een constante waarde schommelt. Als er daarentegen (vermoedelijk) relevante dynamische invloedsfactoren ontbreken, kan het ruismodel in

eerste instantie worden geformuleerd als het Arima-model voor de uitvoerreeks. In alle gevallen zal de juistheid of onjuistheid van de formulering van het ruismodel blijken in de verificatiefase.

Schatten van de modelparameters

De parameters van het geïdentificeerde model worden geschat volgens een optimalisatieprocedure, waarbij de som van de kwadraten van de residuën - een functie van de modelparameters - wordt geminimaliseerd. Dit noemt men ook wel de kleinste kwadratenmethode.

Verifiëren van het model

In de verificatiefase wordt nagegaan of het model de tijdreeks adequaat beschrijft en of voldaan wordt aan alle vooronderstellingen die aan het model ten grondslag liggen (residuën afkomstig uit dezelfde normale kansverdeling, onafhankelijk van elkaar en zonder relatie met de afzonderlijke invoerreeksen). Hierbij wordt gebruik gemaakt van diagnostieken van de residuën, zoals een plot, een histogram en enkele (steekproef-)correlatiefuncties, alsmede de schatting van de variantie van de residuën, de statistische significantie van de modelparameters en de correlatiematrix van de parameterschatters. Bij een onbevredigende diagnose kan een betere modelvorm geformuleerd worden aan de hand van de geconstateerde discrepanties. Het ontwikkelproces vervolgt dan weer met de schatting van de modelparameters.

Betrouwbaarheidsinterval van een geschatte parameter

De schatting van de parameter van een transfer-ruismodel kan opgevat worden als een waarde van een schatter, een stochastische (of toevals-)variabele met een bepaalde kansverdeling. Een schatting gaat gepaard met een maat voor de spreiding van deze kansverdeling: de standaardafwijking (de wortel uit de variantie). De standaardafwijking van een schatter wordt ook wel als standaardfout aangeduid. Als voldaan wordt aan de vooronderstellingen die ten grondslag liggen aan het transfer-ruismodel, heeft een schatter een normale kansverdeling waarvan het gemiddelde overeenkomt met de echte waarde van de te schatten parameter. Aan de hand van de schatting en de standaardfout kan dan het interval worden aangegeven waarbinnen de echte waarde van de parameter zal liggen met een bepaalde betrouwbaarheid (meestal wordt hiervoor 95% genomen). Dit noemt men het (95%) betrouwbaarheidsinterval. Als dit interval de waarde 0 bevat, is de modelparameter statistisch niet significant.

Formuleren van een transfer-ruismodel

De Box-Jenkins formulering van de dynamische relatie tussen een invoerreeks en een uitvoerreeks van een systeem is afgeleid van de algemene weergave van een discreet lineair dynamisch systeem met een lineaire differentie vergelijking. Voor een systeem met één invoerreeks geldt bijvoorbeeld de volgende differentievergelijking:

$$(1 + C_1 \Delta + \dots + C_r \Delta^r) Z_t = g(1 + D_1 \Delta + \dots + D_s \Delta^s) X_t \quad 4$$

met Z de afwijking van de uitvoerreeks ten opzichte van zijn gemiddelde, X de afwijking van de invoerreeks ten opzichte van zijn gemiddelde, t de discrete tijdsindex, $C_1 \dots C_r$ en $D_1 \dots D_s$ modelparameters, ∇ de differentie-operator ($\nabla Z_t = Z_t - Z_{t-1}$) en g de evenwichtsrelatie tussen Z en X (Engels: "steady-state gain"). De evenwichtsrelatie is een belangrijke karakteristiek van een dynamische relatie. Het is in feite de waarde die de uitvoerreeks aan zal nemen als de invoerreeks continu op de waarde +1 wordt gehouden. Of, in het geval van de modellering van de grondwaterstand aan de hand van een grondwaterwinning, de stationaire verlaging van de grondwaterstand bij een eenheid van die grondwaterwinning.

De oplossing van bovenstaande differentievergelijking kan worden uitgeschreven als:

$$Z_t = \sum_{u=0}^{\infty} \nu_u \cdot X_{t-u}$$

$$= \nu_0 X_t + \nu_1 X_{t-1} + \nu_2 X_{t-2} + \dots \quad 5$$

$$= (\nu_0 + \nu_1 B + \nu_2 B^2 + \dots) X_t$$

met $\nu_0, \nu_1, \nu_2 \dots$ de impuls-respons gewichten (die samen de discrete impuls-respons functie vormen) en B de backshift-operator ($BX_t = X_{t-1}$, let wel: B is geen modelparameter, maar slechts een operator die dient om de notatie te vereenvoudigen!). Deze impuls-respons functie vertegenwoordigt de dynamica van het systeem en beschrijft de reactie van de uitvoerreeks Z op een eenheidspuls in de invoerreeks X . En als X bestaat uit een opeenvolging van verschillende pulsen, wordt Z beschreven als de som van door X geschaalde impuls-respons gewichten.

In Box-Jenkins notatie wordt een differentievergelijking met één invoerreeks uitgeschreven als:

$$(1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r) Z_t = (\omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_s B^s) X_t \quad 6$$

met $\delta_1 \dots \delta_r$ de autoregressieve parameters, $\omega_0 \dots \omega_s$ de moving-average parameters en B de backshift-operator (hier gebruikt als substituuut voor ∇ , aangezien $B=1-\nabla$). Dit noemt men de transferfunctie van de orde (r,s) .

In nóg compactere vorm wordt dit ook wel als volgt uitgeschreven:

$$Z_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} X_t \quad 7$$

met $\omega(B)$ de moving-average operator voor X , volgens:

$$\omega(B) X_t = \omega_0 X_t - \omega_1 X_{t-1} - \dots - \omega_s X_{t-s} \quad 8$$

en $\delta(B)$ de autoregressieve operator, die inwerkt op Z , volgens:

$$\delta(B) Z_t = Z_t - \delta_1 Z_{t-1} - \dots - \delta_r Z_{t-r} \quad 9$$

Het Box-Jenkins transfer-ruismodel is een model om een tijdreeks te beschrijven als een som van transferfuncties van de relevante dynamische invloedsfactoren, aangevuld met een ruis-term. In deze zin vormt het een discreet lineair dynamisch stochastisch model. In compacte vorm kan het transfer-ruismodel als volgt worden uitgeschreven:

$$Z_t = \frac{\omega_1(B)}{\delta_1(B)} X_{1t} + \dots + \frac{\omega_m(B)}{\delta_m(B)} X_{mt} + N_t \quad 10$$

met $X_1 \dots X_m$ de dynamische invloedsfactoren en N de ruis.

De tijdreeks van de ruis vertegenwoordigt de invloed van alle invloedsfactoren die niet in het model zijn opgenomen. Over het algemeen bevat zo'n reeks nog regelmatigigheden die beschreven kunnen worden met een univariaat model (ook wel Arima-model genaamd).

Het univariate model

Een univariaat model beschrijft een variabele als lineaire functie van voorgaande waarden van deze variabele en het modelresidu. De algemene vorm van een univariaat model is:

$$\phi(B)\Phi(B^S)(\nabla^d \nabla_S^D Z_t^\lambda - c) = \theta(B)\Theta(B^S)a_t \quad 11$$

met Z de variabele, a het modelresidu, t de tijdsindex, ∇ de differentie operator ($\nabla Z_t = Z_t - Z_{t-1}$), d het aantal differenties, S de seizoensperiode (met dagelijkse waarnemingen en een weekcyclus is deze bijvoorbeeld 7), ∇_S de seizoensdifferentie-operator ($\nabla_S Z_t = Z_t - Z_{t-S}$), D het aantal seizoensdifferenties, λ de transformatieparameter ($\lambda=1$ als Z normaal verdeeld is) en c een constante.

Verder bevat deze formulering de volgende operatoren:

- $\phi(B)$ de autoregressieve operator, volgens:

$$\phi(B)Z_t = Z_t - \phi_1 Z_{t-1} - \dots - \phi_p Z_{t-p} \quad 12$$

met $\phi_1 \dots \phi_p$ de autoregressieve parameters;

- $\Phi(B^S)$ de autoregressieve seizoensoperator, volgens:

$$\Phi(B^S)Z_t = Z_t - \Phi_1 Z_{t-S} - \dots - \Phi_P Z_{t-P \cdot S} \quad 13$$

met $\Phi_1 \dots \Phi_P$ de autoregressieve seizoenparameters;

- $\theta(B)$ de moving-average operator, volgens:

$$\theta(B)a_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad 14$$

met $\theta_1 \dots \theta_q$ de moving-average parameters;

- en $\Theta(B^S)$ de moving-average seizoensoperator, volgens:

$$\Theta(B^S)a_t = a_t - \Theta_1 a_{t-S} - \dots - \Theta_Q a_{t-Q \cdot S} \quad 15$$

met $\Theta_1 \dots \Theta_Q$ de moving-average seizoenparameters.

Bijlage 2: Algemene gegevens geselecteerde peilfilters

De onderstaande tabel vermeldt de algemene gegevens van de geselecteerde peilfilters, namelijk herkomst, peilbuis, X- en Y-coördinaat, filternummer, filterstelling (boven- en onderkant), watervoerend pakket en maaiveldshoogte.

Afhankelijk van de herkomst zijn in deze tabel bovenkant filter (*bkfilt*) en onderkant filter (*okfilt*) als volgt vermeld:

PWN: meter onder meetpunt;

Bloemendaal: meter onder maaiveld;

Heemstede: meter ten opzichte van NAP;

Velsen: meter onder bovenkant buis.

De Bloemendaalse nummers 151 t/m 179 betreffen peilschalen.

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
PWN	10J003	101510	486490	1	3.4	4.4	W1.1	1.02
PWN	10J004	101270	486510	1	5.87	6.87	W1.1	4.09
PWN	10J005	101080	486795	1	3.05	4.05	W1.1	4.81
PWN	10J006	100570	487235	1	4.71	5.71	W1.1	6.66
PWN	10J013	100430	486010	1	4.65	5.65	W1.1	5.04
PWN	10J014	100720	486175	1	4.48	5.48	W1.1	5.21
PWN	10J015	100800	486660	1	4.52	5.52	W1.1	6.7
PWN	10J109	99220	486090	1	10.78	11.78	W1.1	7.04
PWN	10J116	98745	486115	1	11.78	12.78	W1.1	10.37
PWN	10J118	98880	486395	1	14.35	15.35	W1.1	11.88
PWN	10J125	98530	487860	1	7.58	8.58	W1.1	6.19
PWN	10J126	98660	487705	1	7.37	8.37	W1.1	6.97
PWN	10J127	98740	487590	1	9.99	10.99	W1.1	7.24
PWN	10J128	99030	487210	1	10.68	11.68	W1.1	8.48
PWN	10J129	99125	487140	1	12.57	13.57	W1.1	9.2
PWN	10J130	99190	487070	1	10.88	11.88	W1.1	6.41
PWN	10J132	99490	486730	1	11	12	W1.1	8.95
PWN	10J134	99445	487830	1	12.35	13.35	W1.1	8.5
PWN	10J135	99535	487870	1	12.5	13.5	W1.1	8.51
PWN	10J136	99590	487960	1	9.88	10.88	W1.1	8.03
PWN	24H013	98970	487390	1	4.7	5.7	W1.1	0.5
PWN	24H013	98970	487390	2	32.1	33.1	W2.1	0.5
PWN	24H014	98995	487360	1	3.5	4.5	W1.1	0.5
PWN	24H014	98995	487360	2	31.8	32.8	W2.1	0.5
PWN	24H015	98975	487340	1	7.1	8.1	W1.1	0.5
PWN	24H015	98975	487340	2	27.5	28.5	W2.1	0.5
PWN	24H021	98900	487421	1	11.51	12.51	W1.1	9.05
PWN	24H021	98900	487421	2	39.61	40.61	W2.1	9.05
PWN	24H022	98885	487438	1	11.52	12.52	W1.1	7.2
PWN	24H022	98885	487438	2	37.52	38.52	W2.1	7.2
PWN	24H023	98851	487478	1	15.54	16.54	W1.1	8.3
PWN	24H023	98851	487478	2	32.54	33.54	W2.1	8.3
PWN	24H029	98314	486805	1	13.49	14.49	W1.1	3.6
PWN	24H029	98314	486805	2	37.28	38.28	W2.1	3.6
PWN	24H031	98914	487405	10	35.15	36.15	W1.1	1.36
PWN	24H031	98914	487405	7	3.15	4.15	W1.1	1.36
PWN	24H060	99420	486210	1	29.23	30.23	W1.1	8.1
PWN	24H245	97335	486507	5	15.01	16.01	W1.1	7
PWN	24H245	97335	486507	6	36.01	37.01	W2.1	7
PWN	24H257	99243	486993	8	11.64	12.64	W1.1	8.15
PWN	24H257	99243	486993	9	42.64	43.64	W2.1	8.15
PWN	24H261	96374	486420	1	9.58	10.58	W1.1	4.4
PWN	24H261	96374	486420	2	28.1	29.1	W2.1	4.4
PWN	24H288	97304	487113	1	9.97	10.97	W1.1	4.4
PWN	24H288	97304	487113	2	37.77	38.77	W2.1	4.4
PWN	24H295	97714	486865	1	12.03	13.03	W1.1	6.55
PWN	24H295	97714	486865	2	38.73	39.73	W2.1	6.55
PWN	24H296	96047	486575	2	4.9	5.9	W1.1	3.3
PWN	24H297	96749	486581	1	12.97	13.97	W1.1	9.14
PWN	24H297	96749	486581	2	38.67	39.67	W2.1	9.14
PWN	24H298	97692	486530	1	9.67	10.67	W1.1	6.4
PWN	24H298	97692	486530	2	32.57	33.57	W2.1	6.4
PWN	24H299	96150	486460	1	3.58	4.58	W1.1	1.95
PWN	24H299	96150	486460	2	30.53	31.53	W2.1	1.95
PWN	24H302	99930	486210	1	31.23	32.23	W2.1	7.1
PWN	24H328	97330	486573	1	10.85	11.85	W1.1	8.18

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
PWN	24H328	97330	486573	2	32.95	33.95	W2.1	8.18
PWN	24H540	97895	487180	4	15.2	16.2	W1.1	5.01
PWN	24H540	97895	487180	5	44.2	45.2	W2.1	5.01
PWN	24H541	98180	486490	6	10.2	11.2	W1.1	9.52
PWN	24H541	98180	486490	7	33.2	34.2	W1.1	9.52
PWN	24HNPP015	99686	487199	1	42.45	43.45	W2.1	8.01
PWN	24HNPP015	99686	487199	2	49.94	50.94	W2.2	8.01
PWN	24HNPP016	98785	486875	1	44.26	45.26	W2.1	9.7
PWN	24HNPP017	98471	486676	1	43.29	44.29	W2.1	9.95
PWN	24HNPP225	96855	487354	1	9.96	10.96	W1.1	3.79
PWN	24HNPP225	96855	487354	2	33.93	34.93	W2.1	3.79
PWN	24HNPP226	97400	487121	1	10.3	11.3	W1.1	4.56
PWN	24HNPP226	97400	487121	2	34.3	35.3	W2.1	4.56
PWN	25AB0540	103874	487547	1	26.5	41.5	W2.1	0.61
PWN	25ANOPP041	104120	495565	1	3.05	4.05	W1.1	3.77
PWN	25ANOPP041	104120	495565	2	10.72	11.72	W1.2	3.77
PWN	25ANOPP041	104120	495565	3	16.67	17.67	W1.3	3.77
PWN	25ANOPP041	104120	495565	4	19.82	20.82	W1.3	3.77
PWN	25ANPP037	101054	494458	1	7.42	8.42	W1.1	5.12
PWN	25ANPP037	101054	494458	2	34	35	W2.1	5.12
PWN	25ANPP038	102119	494527	1	6.95	7.95	W1.1	5.98
PWN	25ANPP038	102119	494527	2	44.18	45.18	W2.1	5.98
PWN	25ANPP039	103624	494211	1	8.6	9.6	W1.1	4.28
PWN	25ANPP039	103624	494211	2	47.43	48.43	W2.1	4.28
PWN	25ANPP039	103624	494211	3	100.05	101.05	W3.1	4.28
PWN	25ANPP040	103673	495606	1	2	3	W1.1	5.16
PWN	25ANPP040	103673	495606	2	8.8	9.8	W1.2	5.16
PWN	25ANPP042	104240	495911	1	2.2	3.2	W1.1	4.1
PWN	25ANPP043	103452	496291	1	12.76	13.76	W1.1	6.19
PWN	25ANPP043	103452	496291	2	45.65	46.65	W2.1	6.19
PWN	25ANPP043	103452	496291	3	61.73	62.73	W2.2	6.19
PWN	25ANPP043	103452	496291	4	108.71	109.71	W3.1	6.19
PWN	25ANPP043	103452	496291	5	118.68	119.68	W3.2	6.19
PWN	25ANPP043	103452	496291	6	132.66	133.66	W3.2	6.19
PWN	25ANPP044	102412	496495	1	17.32	18.32	W1.1	7.51
PWN	25ANPP044	102412	496495	2	33.95	34.95	W2.1	7.51
PWN	25ANPP045	101755	496219	1	14.5	15.5	W1.1	7.66
PWN	25ANPP045	101755	496219	2	24.93	25.93	W2.1	7.66
PWN	25ANPP046	101357	495765	1	7.34	8.34	W1.1	7.99
PWN	25ANPP046	101357	495765	2	18.33	19.33	W1.2	7.99
PWN	25ANPP046	101357	495765	3	35.3	36.3	W2.1	7.99
PWN	25ANPP046	101357	495765	4	62.27	63.27	W2.2	7.99
PWN	25ANPP046	101357	495765	5	89.24	90.24	W3.1	7.99
PWN	25ANPP047	99622	495801	1	3.2	4.46	W1.1	5.16
PWN	25ANPP048	99935	497079	1	26.32	27.32	W2.1	3.96
PWN	25ANPP048	99935	497079	2	44.3	45.3	W2.2	3.96
PWN	25ANPP049	100140	496680	1	26.46	27.46	W2.1	4.76
PWN	25ANPP049	100140	496680	2	44.4	45.4	W2.2	4.76
PWN	25ANPP050	100352	497294	1	16.13	17.13	W1.1	5.53
PWN	25ANPP050	100352	497294	2	31.19	32.19	W2.1	5.53
PWN	25ANPP050	100352	497294	3	40.07	41.07	W2.2	5.53
PWN	25ANPP050	100352	497294	4	49.06	50.06	W2.2	5.53
PWN	25ANPP050	100352	497294	5	69.02	70.02	W2.2	5.53
PWN	25ANPP050	100352	497294	6	92.01	93.01	W3.1	5.53
PWN	25ANPP051	104646	497212	1	10.66	11.66	W1.1	2.04
PWN	25ANPP051	104646	497212	2	22.64	23.64	W2.1	2.04

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
PWN	25ANPP051	104646	497212	3	36.62	37.62	W2.2	2.04
PWN	25ANPP051	104646	497212	4	56.61	57.61	W2.2	2.04
PWN	25ANPP051	104646	497212	5	103.59	104.59	W3.1	2.04
PWN	25ANPP051	104646	497212	6	138.57	139.57	W3.2	2.04
PWN	25ANPP265	101544	493837	1	7.75	8.75	W1.1	4.92
PWN	25ANPP265	101544	493837	2	34.47	35.47	W2.1	4.92
PWN	25ANPP266	100796	493990	1	36.7	37.7	W2.1	4.96
PWN	25ANPP267	101259	493938	1	55.47	60.47	W2.1	6.41
PWN	25ANPP273	101262	494786	1	8.7	9.7	W1.1	7.26
PWN	25ANPP273	101262	494786	2	34.44	35.44	W2.1	7.26
PWN	25ANPP274	103554	494143	2	44	45	W2.1	3.43
PWN	25ANPP275	103358	494543	1	9.64	10.64	W1.1	5.06
PWN	25ANPP275	103358	494543	2	38.41	39.41	W2.1	5.06
PWN	25ANPP275	103358	494543	3	60.4	61.4	W2.2	5.06
PWN	25ANPP275	103358	494543	4	115.81	116.81	W3.1	5.06
PWN	25ANPP277	100865	496956	1	26	27	W2.1	4.19
PWN	25ANPP277	100865	496956	2	43.9	44.9	W2.2	4.19
PWN	25ANPP278	102525	497450	1	20.47	21.47	W1.1	7.42
PWN	25ANPP278	102525	497450	2	30.92	31.92	W2.1	7.42
PWN	25ANPP278	102525	497450	3	43.89	44.89	W2.2	7.42
PWN	25ANPP278	102525	497450	4	62.88	63.88	W2.2	7.42
PWN	25ANPP278	102525	497450	5	78.84	79.84	W2.2	7.42
PWN	25ANPP279	106210	495436	1	6.38	7.38	W1.2	0.06
PWN	25ANPP279	106210	495436	2	12.29	13.29	W2.1	0.06
PWN	25ANPP279	106210	495436	3	22.24	23.24	W2.1	0.06
PWN	25ANPP281	105227	495417	1	2.35	3.35	W1.1	1.86
PWN	25ANPP281	105227	495417	2	7.3	8.3	W1.2	1.86
PWN	25ANPP281	105227	495417	3	13.25	14.25	W2.1	1.86
PWN	25ANPP281	105227	495417	4	25.19	26.19	W2.2	1.86
PWN	25ANPP405	100753	493871	1	70	71	W2.1	5.26
PWN	25ANPP405	100753	493871	2	97.95	98.95	W3.1	5.26
PWN	25ANPP405	100753	493871	3	117.91	118.91	W3.2	5.26
PWN	25ANPP451	103679	494984	1	8	9	W1.1	4.52
PWN	25ANPP451	103679	494984	2	21	22	W2.1	4.52
PWN	25ANPP451	103679	494984	3	44	45	W2.2	4.52
PWN	25ANPP451	103679	494984	4	76	77	W2.2	4.52
PWN	25ANPP451	103679	494984	5	108	109	W3.1	4.52
PWN	25ANPP451	103679	494984	6	144	145	W3.2	4.52
PWN	25ANPP452	101723	496265	1	8	9	W1.1	7.25
PWN	25ANPP452	101723	496265	2	23	24	W2.1	7.25
PWN	25ANPP452	101723	496265	3	33	34	W2.2	7.25
PWN	25ANPP452	101723	496265	4	45	46	W2.2	7.25
PWN	25ANPP452	101723	496265	5	56	57	W3.1	7.25
PWN	25ANPP452	101723	496265	6	77	78	W3.2	7.25
PWN	25ANPP452	101723	496265	7	87	88	W3.2	7.25
PWN	25ANPP452	101723	496265	8	98	99	W3.2	7.25
PWN	25ANPPR373	101087	494087	1	11.08	11.58	W1.1	6.18
PWN	25ANPPR375	101074	493985	1	8.99	9.49	W1.1	5.14
PWN	25ANPPR376	101073	493968	1	11.2	11.7	W1.1	6.11
PWN	25ANPPR377	101071	493934	1	11.56	12.56	W1.1	5.47
PWN	25ANPPR378	101073	493895	1	9.47	9.97	W1.1	4.87
PWN	25AZPP001	100838	489994	1	10.64	11.64	W1.1	6.64
PWN	25AZPP001	100838	489994	2	27.61	28.61	W2.1	6.64
PWN	25AZPP013	99597	488142	1	13.37	14.37	W1.1	9.22
PWN	25AZPP014	99605	487808	1	44.31	45.31	W2.1	7.24
PWN	25AZPP018	97392	487778	1	9.45	10.45	W1.1	4.4

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
PWN	25AZPP018	97392	487778	2	33.93	34.93	W2.1	4.4
PWN	25AZPP028	100933	493410	1	3.67	4.67	W1.1	4.67
PWN	25AZPP028	100933	493410	2	8.13	9.13	W1.2	4.67
PWN	25AZPP028	100933	493410	3	32.09	33.09	W2.1	4.67
PWN	25AZPP030	100809	492457	1	35.69	40.69	W2.1	6.76
PWN	25AZPP031	101400	491668	1	10.99	11.99	W1.1	7.22
PWN	25AZPP032	101608	491668	1	18.76	19.76	W1.1	16.38
PWN	25AZPP032	101608	491668	2	48.5	49.5	W2.1	16.38
PWN	25AZPP033	102415	492428	1	14.8	15.8	W1.1	8.81
PWN	25AZPP033	102415	492428	2	35.29	36.29	W2.1	8.81
PWN	25AZPP034	101933	492951	1	9.96	10.96	W1.1	6.93
PWN	25AZPP035	102257	493525	1	11.74	12.74	W1.1	7.61
PWN	25AZPP035	102257	493525	2	30.42	31.42	W2.1	7.61
PWN	25AZPP052	104140	493284	1	13.34	14.34	W1.1	4.35
PWN	25AZPP052	104140	493284	2	43.44	44.44	W2.1	4.35
PWN	25AZPP052	104140	493284	3	118.99	119.99	W3.1	4.35
PWN	25AZPP053	103542	493256	1	8.9	9.9	W1.1	4.81
PWN	25AZPP053	103542	493256	2	28.85	29.85	W2.1	4.81
PWN	25AZPP054	103070	493196	1	11.45	12.45	W1.1	5.01
PWN	25AZPP054	103070	493196	2	29.38	30.38	W2.1	5.01
PWN	25AZPP055	103055	493005	1	8.15	9.15	W1.1	5.2
PWN	25AZPP056	101966	491447	1	17.64	18.64	W1.1	13.17
PWN	25AZPP056	101966	491447	2	31.6	32.6	W2.1	13.17
PWN	25AZPP057	101614	490488	1	19.18	20.18	W1.1	13.78
PWN	25AZPP057	101614	490488	2	44.18	45.18	W2.1	13.78
PWN	25AZPP217	100871	489695	1	6.2	7.2	W1.1	-0.04
PWN	25AZPP217	100871	489695	2	29.4	30.4	W2.1	-0.04
PWN	25AZPP218	98543	488923	1	9.11	10.11	W1.1	5.92
PWN	25AZPP218	98543	488923	2	17.01	18.01	W1.2	5.92
PWN	25AZPP218	98543	488923	3	36.91	37.91	W2.1	5.92
PWN	25AZPP222	100188	488755	1	14.1	15.1	W1.1	6.97
PWN	25AZPP222	100188	488755	2	29	30	W2.1	6.97
PWN	25AZPP223	100417	488727	1	42.6	43.6	W2.1	5.92
PWN	25AZPP224	100229	488424	1	14.12	15.12	W1.1	16.78
PWN	25AZPP224	100229	488424	2	27.1	28.1	W1.2	16.78
PWN	25AZPP227	97690	487887	1	6.43	7.43	W1.1	3.76
PWN	25AZPP227	97690	487887	2	38.6	39.6	W2.1	3.76
PWN	25AZPP229	98596	488651	1	10.1	11.1	W1.1	3.79
PWN	25AZPP229	98596	488651	2	18	19	W2.1	3.79
PWN	25AZPP229	98596	488651	3	33	34	W2.2	3.79
PWN	25AZPP230	97157	488203	1	9.61	10.61	W1.1	4.33
PWN	25AZPP230	97157	488203	2	33.88	34.88	W2.1	4.33
PWN	25AZPP246	100766	493464	1	36.98	37.98	W2.1	4.46
PWN	25AZPP247	100813	493396	2	7.69	8.69	W1.2	4.29
PWN	25AZPP248	100827	493398	1	3.23	4.23	W1.1	4.58
PWN	25AZPP248	100827	493398	2	7.69	8.69	W1.2	4.58
PWN	25AZPP248	100827	493398	3	18.15	19.15	W1.3	4.58
PWN	25AZPP249	100832	493397	2	7.33	8.33	W1.2	4.9
PWN	25AZPP250	100854	493401	2	5.65	6.65	W1.2	3.57
PWN	25AZPP251	100864	493403	2	6.91	7.91	W1.2	4.54
PWN	25AZPP252	100869	493403	2	7.61	8.61	W1.2	4.82
PWN	25AZPP253	100893	493406	2	7.85	8.85	W1.2	4.49
PWN	25AZPP254	100739	492137	1	48.04	53.04	W2.1	6.97
PWN	25AZPP255	101268	491756	1	8.87	9.87	W1.1	6.72
PWN	25AZPP255	101268	491756	2	32.35	33.35	W2.1	6.72
PWN	25AZPP256	100790	492020	1	37.21	38.21	W2.1	7.45

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
PWN	25AZPP260	101030	490841	1	36.38	37.38	W2.1	7.4
PWN	25AZPP261	101076	489935	1	56.18	61.18	W2.1	7.2
PWN	25AZPP262	101072	489872	1	8.46	9.46	W1.1	7.88
PWN	25AZPP263	101049	489701	1	9.89	10.89	W1.1	6.44
PWN	25AZPP264	101621	492718	1	12.21	13.21	W1.1	7.17
PWN	25AZPP264	101621	492718	2	37.81	38.81	W2.1	7.17
PWN	25AZPP280	105763	493371	1	1.37	2.37	W1.1	-0.02
PWN	25AZPP280	105763	493371	2	5.34	6.34	W1.2	-0.02
PWN	25AZPP280	105763	493371	3	14.3	15.3	W1.3	-0.02
PWN	25AZPP280	105763	493371	4	23.2	24.2	W2.1	-0.02
PWN	25AZPP282	103515	492790	3	58.14	59.14	W2.2	5.63
PWN	25AZPP282	103515	492790	4	115.24	116.24	W3.1	5.63
PWN	25AZPP283	103659	493644	1	8.75	9.75	W1.1	4.82
PWN	25AZPP283	103659	493644	2	28.34	29.34	W2.1	4.82
PWN	25AZPP401	100809	493020	1	84.32	85.32	W3.1	6
PWN	25AZPP401	100809	493020	2	110.26	111.26	W3.2	6
PWN	25AZPP401	100809	493020	3	126.2	127.2	W3.2	6
PWN	25AZPP403	101053	490139	2	95.36	96.36	W3.1	3.43
PWN	25AZPP410	100773	492238	1	68.97	69.97	W2.1	6.06
PWN	25AZPP410	100773	492238	2	94.97	95.97	W2.2	6.06
PWN	25AZPP410	100773	492238	3	132.94	133.94	W3.1	6.06
PWN	25AZPP670	105040	492500	1	18.33	35.03	W1.1	1
PWN	25AZPP676	104740	491080	1	24.83	39.83	W2.1	1
PWN	25AZPP684	104960	490500	1	9	10	W1.1	2
PWN	25AZPP684	104960	490500	2	17.82	18.82	W2.1	2
PWN	25AZPP688	102725	489400	1	0.64	1.64	W1.1	0.3
PWN	25AZPP688	102725	489400	2	6.09	7.09	W1.2	0.3
PWN	25AZPP688	102725	489400	3	23.94	24.94	W2.1	0.3
PWN	25AZPP701	101250	488000	1	2.54	3.54	W1.1	0.42
PWN	25AZPP701	101250	488000	2	34.5	35.5	W2.1	0.42
PWN	25AZPP701	101250	488000	3	53.45	54.45	W2.2	0.42
PWN	25AZPPR301	100927	490305	1	12.54	13.54	W1.1	7.3
PWN	25AZPPR303	101074	490274	1	11.2	12.2	W1.1	6.14
PWN	25AZPPR304	101103	490268	1	10.48	10.98	W1.1	5.11
PWN	25AZPPR305	101143	490279	1	15.04	15.54	W1.1	9.93
PWN	25AZPPR306	101143	490279	1	11.38	11.88	W1.1	6.24
PWN	25AZPPR307	101226	490264	1	9.28	10.28	W1.1	4.56
PWN	25AZPPR308	101307	490244	1	6.74	7.74	W1.1	4.95
PWN	25AZPPR309	100988	490614	1	12.77	13.77	W1.1	7.04
PWN	25AZPPR310	101086	490633	1	12.26	12.76	W1.1	6.97
PWN	25AZPPR311	101135	490641	1	12.29	12.79	W1.1	6.99
PWN	25AZPPR312	101165	490645	1	13.47	13.97	W1.1	8.34
PWN	25AZPPR313	101205	490652	1	12.09	13.09	W1.1	7.89
PWN	25AZPPR314	101229	490662	1	10.82	11.82	W1.1	6.69
PWN	25AZPPR315	101283	490666	1	10.4	11.4	W1.1	7.1
PWN	25AZPPR316	101382	490681	1	14.96	15.96	W1.1	12.21
PWN	25AZPPR318	100750	490900	1	14.58	15.58	W1.1	11.16
PWN	25AZPPR319	100765	490945	1	12.75	13.75	W1.1	7.09
PWN	25AZPPR320	100780	490980	1	12.98	13.48	W1.1	7.88
PWN	25AZPPR321	100815	491005	1	9.27	9.77	W1.1	4.17
PWN	25AZPPR322	100835	491035	1	12.08	13.08	W1.1	7.81
PWN	25AZPPR323	100865	491075	1	10.95	11.95	W1.1	7.56
PWN	25AZPPR324	100920	491155	1	14.46	15.46	W1.1	10.33
PWN	25AZPPR327	100710	491465	1	13.03	13.53	W1.1	7.93
PWN	25AZPPR329	100775	491425	1	9.5	10	W1.1	4.4
PWN	25AZPPR330	100795	491400	1	12.57	13.07	W1.1	7.22

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
PWN	25AZPPR331	100840	491380	1	10.81	11.81	W1.1	7.04
PWN	25AZPPR332	100920	491325	1	12.52	13.52	W1.1	7.57
PWN	25AZPPR335	100735	491970	1	16.06	16.56	W1.1	10.59
PWN	25AZPPR336	100760	491980	1	12.9	13.4	W1.1	7.6
PWN	25AZPPR337	100795	492000	1	11.83	12.33	W1.1	6.78
PWN	25AZPPR338	100825	492010	1	12.89	13.39	W1.1	7.49
PWN	25AZPPR339	100870	492030	1	12.37	13.37	W1.1	9.17
PWN	25AZPPR340	100960	492070	1	12.53	13.53	W1.1	8.18
PWN	25AZPPR343	100743	492373	1	14.6	15.6	W1.1	6.23
PWN	25AZPPR344	100764	492371	1	10.46	11.46	W1.1	6.03
PWN	25AZPPR345	100805	492337	1	10.76	11.76	W1.1	5.59
PWN	25AZPPR346	100836	492326	1	10.6	11.6	W1.1	6.34
PWN	25AZPPR347	100882	492309	1	8.16	9.16	W1.1	5.41
PWN	25AZPPR348	100980	492282	1	9.49	10.49	W1.1	7.3
PWN	25AZPPR350	100716	492791	1	10.24	11.24	W1.1	5.33
PWN	25AZPPR351	100764	492795	1	10.58	11.58	W1.1	6.11
PWN	25AZPPR352	100794	492798	1	11.05	11.55	W1.1	5.87
PWN	25AZPPR353	100834	492799	1	10.34	10.84	W1.1	5.16
PWN	25AZPPR354	100865	492804	1	10.68	11.68	W1.1	6.32
PWN	25AZPPR356	101014	492824	1	9.76	10.76	W1.1	7.27
PWN	25AZPPR359	100718	493269	1	9.04	9.54	W1.1	3.94
PWN	25AZPPR360	100750	493272	1	10.42	11.42	W1.1	4.92
PWN	25AZPPR361	100789	493280	1	9.6	10.1	W1.1	4.32
PWN	25AZPPR362	100818	493281	1	9.56	10.06	W1.1	4.56
PWN	25AZPPR363	100872	493289	1	10.19	10.69	W1.1	3.95
PWN	25AZPPR364	100960	493300	1	10.27	10.77	W1.1	5.17
PWN	25AZPPR367	106694	493560	1	9.65	10.15	W1.1	4.2
PWN	25AZPPR368	100722	493567	1	9.01	10.01	W1.1	5.29
PWN	25AZPPR369	100760	493586	1	9.48	9.98	W1.1	4.3
PWN	25AZPPR370	100792	493589	1	8.08	9.08	W1.1	4.11
PWN	25AZPPR371	100840	493594	1	9.78	10.28	W1.1	4.79
PWN	25AZPPR372	100940	493603	1	9.8	10.8	W1.1	4.77
PWN	25AZPPR380	101066	493796	1	9.65	10.15	W1.1	4.42
PWN	25C339	100883	487050	1	31.5	32.5	W2.1	7.49
PWN	25C339	100883	487050	2	18.5	19.5	W2.1	7.49
PWN	25C339	100883	487050	3	2	7	W1.1	7.49
Bidaal	1	102454	490447	1		2.60	W1.1	2.49
Bidaal	2	102686	490410	1		1.65	W1.1	0.79
Bidaal	3	102864	490336	1		1.52	W1.1	0.39
Bidaal	19	103051	490258	1		3.08	W1.1	1.47
Bidaal	24	103175	490781	1		3.95	W1.1	0.33
Bidaal	26	102977	490830	2		3.50	W1.2	0.5
Bidaal	28	102799	490851	1		3.80	W1.1	1.87
Bidaal	29	102619	490957	1		6.27	W1.1	7.26
Bidaal	30	102401	490962	1		3.78	W1.1	5.56
Bidaal	31	102224	491158	1		3.68	W1.1	5.66
Bidaal	32	101975	490983	1		3.60	W1.1	4.86
Bidaal	33	101947	490811	1		2.13	W1.1	4.8
Bidaal	34	102118	490718	1		10.84	W1.1	12.49
Bidaal	35	102299	490618	1		8.51	W1.1	8.97
Bidaal	38	103104	491262	1		3.89	W1.1	2.33
Bidaal	39	103325	491265	1		3.90	W1.1	0.81
Bidaal	45	103031	491755	1		5.02	W1.1	5.42
Bidaal	46	103239	491789	1		5.10	W1.1	3.72
Bidaal	47	103437	491695	1		3.92	W1.1	0.87
Bidaal	49	103372	492220	1		3.80	W1.1	1.02

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
Bidaal	54	103185	492176	1		5.20	W1.1	5.69
Bidaal	57	103007	492452	1		4.05	W1.1	5.74
Bidaal	58	103108	492856	1		3.87	W1.1	6.03
Bidaal	59	102581	493198	1		2.60	W1.1	7.32
Bidaal	60	102773	492365	1		4.85	W1.1	5.94
Bidaal	61	102518	492392	1		3.50	W1.1	6.21
Bidaal	62	102773	492365	1		3.50	W1.1	5.78
Bidaal	63	102922	491363	1		3.94	W1.1	4.08
Bidaal	64	102759	491415	1		3.90	W1.1	4.78
Bidaal	65	102552	491526	1		2.01	W1.1	5.43
Bidaal	67	102330	491466	1		3.95	W1.1	5.5
Bidaal	71	102121	491549	1		3.92	W1.1	5.42
Bidaal	72	101952	491392	1		11.50	W1.1	13.47
Bidaal	101	101302	485885	1		1.98	W1.1	0.82
Bidaal	102	101459	485985	1		1.99	W1.1	0.7
Bidaal	103	100366	484665	1		1.50	W1.1	2.21
Bidaal	104	101446	486279	1		1.75	W1.1	1.29
Bidaal	105	101665	487293	1		1.99	W1.1	1.38
Bidaal	106	101630	487028	1		1.99	W1.1	1.34
Bidaal	107	101581	486804	1		1.99	W1.1	1.45
Bidaal	108	101593	486624	1		1.69	W1.1	0.79
Bidaal	109	101736	486510	1		1.90	W1.1	0.68
Bidaal	110	101712	486748	1		1.99	W1.1	0.94
Bidaal	151	101618	486473	1			W1.1	
Bidaal	152	101713	486394	1			W1.1	
Bidaal	153	101730	486766	1			W1.1	
Bidaal	154	101803	486880	1			W1.1	
Bidaal	157	101584	486943	1			W1.1	
Bidaal	158	101595	487139	1			W1.1	
Bidaal	159	101628	488967	1			W1.1	
Bidaal	161	102395	489433	1			W1.1	
Bidaal	163	102334	489770	1			W1.1	
Bidaal	164	102237	489840	1			W1.1	
Bidaal	165	102362	490116	1			W1.1	
Bidaal	166	102607	490685	1			W1.1	
Bidaal	167	102729	490611	1			W1.1	
Bidaal	168	103044	490239	1			W1.1	
Bidaal	169	103013	490771	1			W1.1	
Bidaal	173	102222	491182	1			W1.1	
Bidaal	174	102026	491150	1			W1.1	
Bidaal	175	103077	491198	1			W1.1	
Bidaal	176	103345	491201	1			W1.1	
Bidaal	179	102284	491386	1			W1.1	
Bidaal	201	101398	489643	1		9.50	W1.1	10.33
Bidaal	202	101272	489260	1		10.95	W1.1	10.14
Bidaal	203	101435	489029	1		3.32	W1.1	2.14
Bidaal	204	100879	488675	1		7.23	W1.1	7.07
Bidaal	205	100683	488344	1		8.53	W1.1	8.75
Bidaal	206	100728	487999	1		7.65	W1.1	7.71
Bidaal	207	100884	487739	1		4.98	W1.1	5.95
Bidaal	208	101373	487951	1		3.84	W1.1	2.63
Bidaal	209	101409	488480	1		2.18	W1.1	0.78
Bidaal	210	101628	488948	1		3.93	W1.1	1.04
Bidaal	211	101838	488964	1		3.23	W1.1	1.76
Bidaal	212	101917	489233	1		4.62	W1.1	3.44
Bidaal	213	102043	489161	1		3.70	W1.1	0.87

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
Bidaal	230	102000	489601	1		7.20	W1.1	6.39
Bidaal	231	101806	489594	1		9.77	W1.1	9.71
Bidaal	232	101601	489658	1		11.25	W1.1	11.81
Bidaal	233	101424	489799	1		13.61	W1.1	13.98
Bidaal	234	101246	489916	1		10.81	W1.1	10.85
Bidaal	235	101006	489947	1		6.16	W1.1	6.96
Bidaal	236	100802	489982	1		7.07	W1.1	7.21
Bidaal	237	101790	490138	1		10.21	W1.1	11.28
Bidaal	238	101923	490055	1		11.18	W1.1	11.58
Bidaal	239	102107	490023	1		8.55	W1.1	8.61
Bidaal	301	100640	487324	1		4.95	W1.1	7.53
Bidaal	302	100428	486991	1		4.98	W1.1	7.47
Bidaal	303	100005	486931	1		4.42	W1.1	8.06
Bidaal	304	100192	486881	1		4.38	W1.1	7.46
Bidaal	305	99872	486460	1		4.81	W1.1	7.32
Bidaal	306	100087	486427	1		4.97	W1.1	7.11
Bidaal	307	100322	486477	1		3.93	W1.1	6.76
Bidaal	308	100493	486330	1		4.65	W1.1	7.1
Bidaal	309	100670	486284	1		3.96	W1.1	5.57
Bidaal	310	100865	486233	1		3.86	W1.1	5.03
Bidaal	311	101058	486201	1		4.01	W1.1	4.17
Bidaal	319	101444	485985	1		3.58	W1.1	0.5
Bidaal	329	100946	485703	1		4.20	W1.1	5.13
Bidaal	330	100655	485459	1		3.25	W1.1	4.32
Bidaal	336	100523	485674	1		3.75	W1.1	5.34
Bidaal	337	100058	485563	1		6.02	W1.1	7.09
Bidaal	338	99868	485553	1		6.15	W1.1	7.87
Bidaal	339	100355	485956	1		4.95	W1.1	7.33
Bidaal	340	100642	486959	1		6.93	W1.1	9.51
Bidaal	341	100800	486734	1		4.92	W1.1	6.94
Bidaal	342	100996	486698	1		3.92	W1.1	5
Bidaal	343	101164	486590	1		3.70	W1.1	5.39
Bidaal	344	101308	486261	1		3.80	W1.1	3.27
Bidaal	351	101569	486477	1		3.95	W1.1	0.61
Bidaal	364	101390	486553	1		3.75	W1.1	2.78
Bidaal	370	101713	486899	1		2.91	W1.1	0.9
Bidaal	374	101560	487034	1		3.69	W1.1	1.69
Bidaal	376	101415	487432	1		4.60	W1.1	5.13
Bidaal	377	101225	487491	1		5.43	W1.1	6.23
Bidaal	378	101011	487205	1		4.27	W1.1	5.72
Bidaal	379	101109	487080	1		3.98	W1.1	4.53
Bidaal	380	101282	487012	1		3.95	W1.1	4.41
Bidaal	381	101056	487652	1		5.30	W1.1	5.86
Heemst	1101	101597	485796	1		-2.64	W1.1	
Heemst	1102	101687	485971	1		-1.52	W1.1	
Heemst	1106	102080	485884	1	0.25	-1.75	W1.1	0.53
Heemst	1108	102139	486154	1		-0.93	W1.1	
Heemst	1111	102310	486156	1		-1.27	W1.1	
Heemst	1115	102721	485944	1		-2.22	W1.1	
Heemst	1116	102554	485831	1		-2.66	W1.1	
Heemst	1119	102992	485691	1	-2.09	-3.09	W1.1	
Heemst	1134	102541	486077	1		-1.33	W1.1	0.54
Heemst	1208	102139	486154	1		-3.1	W1.2	
Heemst	1211	102310	486156	1		-3.4	W1.2	
Heemst	1234	102541	486077	1		-2.41	W1.2	0.55
Heemst	2102	101864	485230	1		-1.83	W1.1	

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
Heemst	2104	101780	484972	1		-2.21	W1.1	
Heemst	2107	102179	485421	1		-1.34	W1.1	
Heemst	2108	102344	485042	1	-2.1	-3.1	W1.1	
Heemst	2110	102596	485350	1	-2.42	-3.42	W1.1	
Heemst	2112	102959	485329	1	-2.51	-3.51	W1.1	
Heemst	2113	102939	485102	1		-2.01	W1.1	
Heemst	3102	103153	486095	1		-2.72	W1.1	
Heemst	3104	103097	485663	1		-1.49	W1.1	
Heemst	3106	103483	485686	1		-0.98	W1.1	
Heemst	3109	103793	485924	1		-1.31	W1.1	
Heemst	3110	103243	485388	1		-1.6	W1.1	
Heemst	3204	103097	485663	1		-4.55	W1.2	
Heemst	3206	103483	485686	1		-4.98	W1.2	
Heemst	3210	103243	485388	1		-3.63	W1.2	
Heemst	3212	103353	485229	1		-3.03	W1.2	
Heemst	4101	101557	484463	1		-2.51	W1.1	
Heemst	4104	101428	484114	1		-1.62	W1.1	
Heemst	5102	103270	484083	1			W1.1	
Heemst	5104	103409	483842	1		-1.48	W1.1	
Heemst	5204	103409	483842	1		-3.31	W1.2	
Heemst	6101	101820	482840	1		-3.22	W1.1	
Heemst	6102	101859	482508	1		-3.14	W1.1	
Heemst	6103	102271	482820	1		-3.58	W1.1	
Heemst	6104	102533	483200	1		-3.2	W1.1	
Heemst	6105	102582	483344	1		-3.25	W1.1	
Heemst	6203	102271	482820	1		-2.22	W1.2	
Velsen	15	104148	496713	2			W1.1	
Velsen	25	103360	494540	1			W1.1	
Velsen	58	104304	496044	1			W1.1	
Velsen	59	104239	495911	1			W1.1	
Velsen	62	103812	492645	1			W1.1	
Velsen	72-3	104281	498607	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-4	105561	498389	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-5	103920	498291	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-6	104464	498068	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-10	100218	496654	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-12	103036	496823	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-13	104999	496571	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-15	100406	496149	1		5.00	W1.1	
Velsen	72-16	102292	496220	1		5.00	W1.1	
Velsen	72-18	104512	494123	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-20	103417	493314	1		3.00	W1.1	
Velsen	72-21	103796	493207	1		3.00	W1.1	
Velsen	73-6	104999	497329	1		1.50	W1.1	
Velsen	73-9	105010	497234	1		1.00	W1.1	
Velsen	73-10	104997	497176	1		1.50	W1.1	
Velsen	73-15	104947	497276	1			W1.1	
Velsen	80-5	99621	495802	1		3.00	W1.1	
Velsen	80-6	99496	495897	1		3.00	W1.1	
Velsen	80-7	99845	496004	1		3.00	W1.1	
Velsen	80-8	99577	496087	1		4.00	W1.1	
Velsen	80-9	103445	491955	1			W1.1	
Velsen	84-2	105019	495038	1			W1.1	
Velsen	86-1	105393	494998	1			W1.1	
Velsen	87-3	103943	494087	1		3.00	W1.1	
Velsen	87-4	104817	494797	1		3.00	W1.1	

Herkomst	Peilbuis	X-coord [m]	Y-coord [m]	filter	bkfilt [m]	okfilt [m]	wvp	maaiveld [m NAP]
Velsen	87-6	104964	494747	1			W1.1	
Velsen	87-8	105347	494871	1			W1.1	
Velsen	87-9	103460	492295	1			W1.1	
Velsen	87-12	103437	492486	1			W1.1	
Velsen	90-3	105042	494842	1			W1.1	
Velsen	90-6	104800	494500	1			W1.1	
Velsen	90-8	104744	494520	1			W1.1	
Velsen	90-9	104715	494463	1			W1.1	
Velsen	90-10	104748	494613	1			W1.1	
Velsen	90-11	104711	494562	1			W1.1	
Velsen	90-12	104700	494599	1			W1.1	
Velsen	A2-4	105250	495600	1			W1.1	
Velsen	A2-3	105250	495600	2			W1.2	
Velsen	A2-2	105250	495600	3			W1.2 ?	
Velsen	A2-1	105250	495600	4			W1.2 ?	
Velsen	A3-3	106195	495455	1			W1.1	
Velsen	A3-2	106195	495455	2			W1.2	
Velsen	A3-1	106195	495455	3			W1.2 ?	
Velsen	A5-4	105752	493375	1			W1.1	
Velsen	A5-3	105752	493375	2			W1.2	
Velsen	A5-2	105752	493375	3			W1.2 ?	
Velsen	A5-1	105752	493375	4			W1.2 ?	
Velsen	B1	106275	496110	1			W1.1	
Velsen	B5	107120	493700	1			W1.1	

Bijlage 3: Resultaten tijdreeksanalyse

De tabel geeft per gemodelleerde grondwaterstandsreeks de volgende informatie:

- herkomst
- peilbuis;
- filternummer;
- watervoerend pakket (genummerd als in figuur 2.2);
- code van het urgente gebied (indien van toepassing);
- tijdbasis waarop is gemodelleerd ('M' is maand, 'K' is kwartaal);
- startjaar van de modelperiode;
- eindjaar van de modelperiode;
- geschatte stijging van de grondwaterstand door het stoppen van de grondwaterwinningen. De stijging is uitgedrukt ten opzichte van de gemiddelde verlaging van deze grondwaterstand door de winning in de periode 1980 t/m 1990. Alleen vermeld zijn de schattingen die statistisch significant en fysisch logisch zijn;
- drainagemaatregel, als daarvoor een statistisch significante en fysisch logische relatie met deze grondwaterstand is geschat (zie onder voor de coderingen);
- de geschatte verandering van de grondwaterstand door die drainagemaatregel;
- de netto-verandering van de grondwaterstand. Dit is de som van de in voorgaande kolommen vermelde statistisch significante veranderingen van de grondwaterstand;
- de zeggingskracht van deze resultaten ('veel', of 'beperkt', zie ook § 3.3).

Codering van de drainagemaatregelen

B1_dd, B2_dd, B3_dd, V1D_dd en V4_dd zijn de diepdrainagesystemen in de betreffende urgente gebieden.

HS_A: horizontale buisdrainage Heemstede, in de omgeving van de Houtvaart (1995).

HS1_C: horizontale buisdrainage Heemstede, zuidelijk van Zandvoortselaan (1999 – 2001).

HS1_D: horizontale buisdrainage Heemstede, Zandvoortselaan (2000).

HS1_F: horizontale buisdrainage Heemstede, noordelijk van Zandvoortselaan (2002).

HS2_G: horizontale buisdrainage Heemstede, Geleerdenwijk (2002 – 2004).

HS4_H: horizontale buisdrainage Heemstede, Van Slingelandtlaan (2002).

HS_I: horizontale buisdrainage Heemstede, Adriaan Pauwlaan, tussen Herenweg en Crayenester-vaart (2003).

HS_J: horizontale buisdrainage Heemstede, Rembrandtlaan en omgeving (2004 – 2005).

V1ABC: horizontale buisdrainage Driehuis (2003 – 2004).

V6: horizontale buisdrainage Velsen, parkeerplaats IJmuiderslag (1999).

V10: horizontale buisdrainage Santpoort-Noord (2005).

Zvrt-vijver: peilbeheersing van de circuitvijvers te Zandvoort (2001).

Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage-maatregel	verand gws [m]	netto-verand [m]	zeggings-kracht
PWN	10J003	1	W1.1	101510	486490	B4	K	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	10J004	1	W1.1	101270	486510	B4	K	1981	2004	0.15		0.00	0.15	veel
PWN	10J005	1	W1.1	101080	486795	B4	K	1981	2004	0.18		0.00	0.18	veel
PWN	10J006	1	W1.1	100570	487235		K	1983	2004	0.13		0.00	0.13	veel
PWN	10J013	1	W1.1	100430	486010		K	1981	2004	0.17		0.00	0.17	veel
PWN	10J014	1	W1.1	100720	486175		K	1981	2004	0.13		0.00	0.13	veel
PWN	10J015	1	W1.1	100800	486660		K	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	10J109	1	W1.1	99220	486090		K	1981	2004	0.35		0.00	0.35	veel
PWN	10J116	1	W1.1	98745	486115		K	1981	2004	0.22		0.00	0.22	veel
PWN	10J118	1	W1.1	98880	486395		K	1981	2004	0.14		0.00	0.14	veel
PWN	10J125	1	W1.1	98530	487860		K	1981	2004	0.39		0.00	0.39	veel
PWN	10J126	1	W1.1	98660	487705		K	1981	2004	0.32		0.00	0.32	veel
PWN	10J127	1	W1.1	98740	487590		K	1981	2004	0.25		0.00	0.25	veel
PWN	10J128	1	W1.1	99030	487210		K	1981	2004	0.12		0.00	0.12	veel
PWN	10J129	1	W1.1	99125	487140		K	1981	2004	0.37		0.00	0.37	veel
PWN	10J130	1	W1.1	99190	487070		K	1981	2004	0.15		0.00	0.15	veel
PWN	10J132	1	W1.1	99490	486730		K	1981	2004	0.12		0.00	0.12	veel
PWN	10J134	1	W1.1	99445	487830		K	1981	2004	0.30		0.00	0.30	veel
PWN	10J135	1	W1.1	99535	487870		K	1981	2004	0.18		0.00	0.18	veel
PWN	10J136	1	W1.1	99590	487960		K	1981	2004	0.20		0.00	0.20	veel
PWN	24H013	1	W1.1	98970	487390		K	1981	2004	0.67		0.00	0.67	veel
PWN	24H013	2	W2.1	98970	487390		K	1981	2004	0.19		0.00	0.19	veel
PWN	24H014	1	W1.1	98995	487360		K	1981	2004	0.70		0.00	0.70	veel
PWN	24H014	2	W2.1	98995	487360		K	1981	2004	0.26		0.00	0.26	veel
PWN	24H015	1	W1.1	98975	487340		K	1981	2004	0.62		0.00	0.62	veel
PWN	24H015	2	W2.1	98975	487340		K	1981	2004	0.46		0.00	0.46	veel
PWN	24H021	1	W1.1	98900	487421		K	1981	2004	0.60		0.00	0.60	veel
PWN	24H021	2	W2.1	98900	487421		K	1981	2004	0.27		0.00	0.27	veel
PWN	24H022	1	W1.1	98885	487438		K	1981	2004	0.63		0.00	0.63	veel
PWN	24H022	2	W2.1	98885	487438		K	1981	2004	0.17		0.00	0.17	veel
PWN	24H023	1	W1.1	98851	487478		K	1981	2004	0.59		0.00	0.59	veel
PWN	24H023	2	W2.1	98851	487478		K	1981	2004	0.22		0.00	0.22	veel
PWN	24H029	1	W1.1	98314	486805		K	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	24H029	2	W2.1	98314	486805		K	1981	2004	0.82		0.00	0.82	veel
PWN	24H031	10	W1.1	98914	487405		K	1981	2004	geen goede modellering mogelijk				
PWN	24H031	7	W1.1	98914	487405		K	1981	2004	0.59		0.00	0.59	veel
PWN	24H060	1	W1.1	99420	486210		K	1981	2004	0.74		0.00	0.74	veel
PWN	24H245	5	W1.1	97335	486507		K	1981	2004	0.59		0.00	0.59	veel
PWN	24H245	6	W2.1	97335	486507		K	1981	2004	0.12		0.00	0.12	veel
PWN	24H257	8	W1.1	99243	486993		K	1981	2004	0.78		0.00	0.78	veel
PWN	24H257	9	W2.1	99243	486993		K	1981	2004	0.18		0.00	0.18	veel
PWN	24H261	1	W1.1	96374	486420		K	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	24H261	2	W2.1	96374	486420		K	1981	2004	0.36		0.00	0.36	veel
PWN	24H288	1	W1.1	97304	487113		K	1981	2004	0.26		0.00	0.26	veel
PWN	24H288	2	W2.1	97304	487113		K	1981	2004	0.63		0.00	0.63	veel
PWN	24H295	1	W1.1	97714	486865		K	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	24H295	2	W2.1	97714	486865		K	1981	2004	0.85		0.00	0.85	veel
PWN	24H296	2	W1.1	96047	486575		K	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	24H297	1	W1.1	96749	486581		K	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	24H297	2	W2.1	96749	486581		K	1981	2004	0.25		0.00	0.25	veel
PWN	24H298	1	W1.1	97692	486530		K	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	24H298	2	W2.1	97692	486530		K	1981	2004	0.49		0.00	0.49	veel
PWN	24H299	1	W1.1	96150	486460		K	1981	2004	0.06		0.00	0.06	veel
PWN	24H299	2	W2.1	96150	486460		K	1981	2004	0.08		0.00	0.08	veel
PWN	24H302	1	W2.1	99930	486210		K	1981	2004	0.86		0.00	0.86	veel
PWN	24H328	1	W1.1	97330	486573		K	1981	2004	0.22		0.00	0.22	veel
PWN	24H328	2	W2.1	97330	486573		K	1981	2004	0.41		0.00	0.41	veel
PWN	24H540	4	W1.1	97895	487180		K	1986	2004	0.40		0.00	0.40	veel
PWN	24H540	5	W2.1	97895	487180		K	1984	2004	0.29		0.00	0.29	veel
PWN	24H541	6	W1.1	98180	486490		K	1986	2004	0.72		0.00	0.72	veel
PWN	24H541	7	W1.1	98180	486490		K	1986	2004	0.63		0.00	0.63	veel
PWN	24HNP015	1	W2.1	99686	487199		M	1980	2000	0.72		0.00	0.72	veel

Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage-maatregel	verand gws [m]	netto-verand [m]	zeggings-kracht
PWN	24HNPP015	2	W2.2	99686	487199		M	1980	2000	0.74		0.00	0.74	veel
PWN	24HNPP016	1	W2.1	98785	486875		M	1980	2005	0.68		0.00	0.68	veel
PWN	24HNPP017	1	W2.1	98471	486676		M	1980	2005	0.67		0.00	0.67	veel
PWN	24HNPP225	1	W1.1	96855	487354		K	1980	2004	0.20		0.00	0.20	veel
PWN	24HNPP225	2	W2.1	96855	487354		K	1980	2004	0.26	Zvrt_vijv	-0.08	0.18	veel
PWN	24HNPP226	1	W1.1	97400	487121		K	1980	2004	0.23		0.00	0.23	veel
PWN	24HNPP226	2	W2.1	97400	487121		K	1980	2004	0.37		0.00	0.37	veel
PWN	25AB0540	1	W2.1	103874	487547	H7	K	1980	1998	0.13		0.00	0.13	veel
PWN	25ANOPP041	1	W1.1	104120	495565	V1B	M	1991	1996	0.00		0.00	0.00	beperkt
PWN	25ANOPP041	2	W1.2	104120	495565	V1B	M	1991	1996	0.00		0.00	0.00	beperkt
PWN	25ANOPP041	3	W1.3	104120	495565	V1B	M	1991	1996	1.04		0.00	1.04	beperkt
PWN	25ANOPP041	4	W1.3	104120	495565	V1B	M	1991	1996	1.55		0.00	1.55	beperkt
PWN	25ANPP037	1	W1.1	101054	494458		M	1980	2005	1.79		0.00	1.79	veel
PWN	25ANPP037	2	W2.1	101054	494458		M	1980	2005	2.18		0.00	2.18	veel
PWN	25ANPP038	1	W1.1	102119	494527		M	1980	2005	1.09		0.00	1.09	veel
PWN	25ANPP038	2	W2.1	102119	494527		M	1980	2004	2.06		0.00	2.06	veel
PWN	25ANPP039	1	W1.1	103624	494211		M	1980	2004	0.03		0.00	0.03	veel
PWN	25ANPP039	2	W2.1	103624	494211		M	1980	2004	2.42		0.00	2.42	veel
PWN	25ANPP039	3	W3.1	103624	494211		M	1980	2005	1.07		0.00	1.07	veel
PWN	25ANPP040	1	W1.1	103673	495606	V1D	M	1989	2005	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25ANPP040	2	W1.2	103673	495606	V1D	M	1989	2005	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25ANPP042	1	W1.1	104240	495911	V1C	M	1989	2005	0.17		0.00	0.17	veel
PWN	25ANPP043	1	W1.1	103452	496291		M	1990	2005	0.34		0.00	0.34	veel
PWN	25ANPP043	2	W2.1	103452	496291		M	1990	2005	1.85		0.00	1.85	veel
PWN	25ANPP043	3	W2.2	103452	496291		M	1990	2005	1.86		0.00	1.86	veel
PWN	25ANPP043	4	W3.1	103452	496291		M	1990	2005	0.69		0.00	0.69	veel
PWN	25ANPP043	5	W3.2	103452	496291		M	1990	2005	0.63		0.00	0.63	veel
PWN	25ANPP043	6	W3.2	103452	496291		M	1990	2005	0.62		0.00	0.62	veel
PWN	25ANPP044	1	W1.1	102412	496495		M	1980	2005	0.66		0.00	0.66	veel
PWN	25ANPP044	2	W2.1	102412	496495		M	1980	2005	3.26		0.00	3.26	veel
PWN	25ANPP045	1	W1.1	101755	496219		M	1989	2003	0.89		0.00	0.89	veel
PWN	25ANPP045	2	W2.1	101755	496219		M	1989	2003	2.93		0.00	2.93	veel
PWN	25ANPP046	1	W1.1	101357	495765		M	1990	2005	1.49		0.00	1.49	veel
PWN	25ANPP046	2	W1.2	101357	495765		M	1990	2005	1.45		0.00	1.45	veel
PWN	25ANPP046	3	W2.1	101357	495765		M	1990	2005	2.83		0.00	2.83	veel
PWN	25ANPP046	4	W2.2	101357	495765		M	1990	2005	2.50		0.00	2.50	veel
PWN	25ANPP046	5	W3.1	101357	495765		M	1990	2005	0.98		0.00	0.98	veel
PWN	25ANPP047	1	W1.1	99622	495801	V6	M	1989	2005	0.41		0.00	0.41	veel
PWN	25ANPP048	1	W2.1	99935	497079		M	1987	2005	1.05		0.00	1.05	veel
PWN	25ANPP048	2	W2.2	99935	497079		M	1987	2005	1.14		0.00	1.14	veel
PWN	25ANPP049	1	W2.1	100140	496680		M	1988	1995	0.00		0.00	0.00	beperkt
PWN	25ANPP049	2	W2.2	100140	496680		M	1988	1995	1.00		0.00	1.00	beperkt
PWN	25ANPP050	1	W1.1	100352	497294		M	1980	2005	0.04		0.00	0.04	veel
PWN	25ANPP050	2	W2.1	100352	497294		M	1980	2005	1.30		0.00	1.30	veel
PWN	25ANPP050	3	W2.2	100352	497294		M	1981	2005	1.09		0.00	1.09	veel
PWN	25ANPP050	4	W2.2	100352	497294		M	1981	2005	1.08		0.00	1.08	veel
PWN	25ANPP050	5	W2.2	100352	497294		M	1982	2005	1.37		0.00	1.37	veel
PWN	25ANPP050	6	W3.1	100352	497294		M	1982	2005	0.85		0.00	0.85	veel
PWN	25ANPP051	1	W1.1	104646	497212		M	1982	2005	0.02		0.00	0.02	veel
PWN	25ANPP051	2	W2.1	104646	497212		M	1982	2005	1.11		0.00	1.11	veel
PWN	25ANPP051	3	W2.2	104646	497212		M	1982	2005	1.10		0.00	1.10	veel
PWN	25ANPP051	4	W2.2	104646	497212		M	1982	2005	1.13		0.00	1.13	veel
PWN	25ANPP051	5	W3.1	104646	497212		M	1982	2005	1.00		0.00	1.00	veel
PWN	25ANPP051	6	W3.2	104646	497212		M	1982	2005	0.67		0.00	0.67	veel
PWN	25ANPP265	1	W1.1	101544	493837		K	1980	2004	2.02		0.00	2.02	veel
PWN	25ANPP265	2	W2.1	101544	493837		K	1980	2004	2.94		0.00	2.94	veel
PWN	25ANPP266	1	W2.1	100796	493990		K	1986	2004	3.42		0.00	3.42	veel
PWN	25ANPP267	1	W2.1	101259	493938		K	1980	2004	3.73		0.00	3.73	veel
PWN	25ANPP273	1	W1.1	101262	494786		K	1980	2004	1.32		0.00	1.32	veel
PWN	25ANPP273	2	W2.1	101262	494786		K	1980	2004	2.15		0.00	2.15	veel
PWN	25ANPP274	2	W2.1	103554	494143		K	1991	2004	1.35		0.00	1.35	veel
PWN	25ANPP275	1	W1.1	103358	494543		K	1980	2004	0.27		0.00	0.27	veel

Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage-maatregel	verand gws [m]	netto-verand [m]	zeggings-kracht
PWN	25ANPP275	2	W2.1	103358	494543		K	1980	2004	2.16		0.00	2.16	veel
PWN	25ANPP275	3	W2.2	103358	494543		K	1980	2004	2.47		0.00	2.47	veel
PWN	25ANPP275	4	W3.1	103358	494543		K	1980	2004	1.06		0.00	1.06	veel
PWN	25ANPP277	1	W2.1	100865	496956		K	1991	2004	2.23		0.00	2.23	veel
PWN	25ANPP277	2	W2.2	100865	496956		K	1991	2004	1.68		0.00	1.68	veel
PWN	25ANPP278	1	W1.1	102525	497450		K	1980	1998	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25ANPP278	2	W2.1	102525	497450		K	1980	1998	2.26		0.00	2.26	veel
PWN	25ANPP278	3	W2.2	102525	497450		K	1983	1998	1.54		0.00	1.54	veel
PWN	25ANPP278	4	W2.2	102525	497450		K	1983	1998	2.66		0.00	2.66	veel
PWN	25ANPP278	5	W2.2	102525	497450		K	1983	1998	2.10		0.00	2.10	veel
PWN	25ANPP279	1	W1.2	106210	495436		K	1989	2004	0.40		0.00	0.40	veel
PWN	25ANPP279	2	W2.1	106210	495436		K	1989	2004	0.60		0.00	0.60	veel
PWN	25ANPP279	3	W2.1	106210	495436		K	1989	2005	0.49		0.00	0.49	veel
PWN	25ANPP281	1	W1.1	105227	495417		M	1981	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25ANPP281	2	W1.2	105227	495417		M	1981	2004	0.16		0.00	0.16	veel
PWN	25ANPP281	3	W2.1	105227	495417		M	1981	2005	0.70		0.00	0.70	veel
PWN	25ANPP281	4	W2.2	105227	495417		M	1981	2004	0.73		0.00	0.73	veel
PWN	25ANPP405	1	W2.1	100753	493871		K	1980	2004	2.86		0.00	2.86	veel
PWN	25ANPP405	2	W3.1	100753	493871		K	1980	2004	0.62		0.00	0.62	veel
PWN	25ANPP405	3	W3.2	100753	493871		K	1980	2004	0.85		0.00	0.85	veel
PWN	25ANPP451	1	W1.1	103679	494984		M	1993	2005	0.10		0.00	0.10	beperkt
PWN	25ANPP451	2	W2.1	103679	494984		M	1993	2005	3.19		0.00	3.19	beperkt
PWN	25ANPP451	3	W2.2	103679	494984		M	1993	2005	3.31		0.00	3.31	beperkt
PWN	25ANPP451	4	W2.2	103679	494984		M	1993	2005	3.66		0.00	3.66	beperkt
PWN	25ANPP451	5	W3.1	103679	494984		M	1993	2005	0.65		0.00	0.65	beperkt
PWN	25ANPP451	6	W3.2	103679	494984		M	1993	2005	0.54		0.00	0.54	beperkt
PWN	25ANPP452	1	W1.1	101723	496265		K	1990	2004	0.92		0.00	0.92	veel
PWN	25ANPP452	2	W2.1	101723	496265		K	1990	2004	2.40		0.00	2.40	veel
PWN	25ANPP452	3	W2.2	101723	496265		K	1990	2004	2.14		0.00	2.14	veel
PWN	25ANPP452	4	W2.2	101723	496265		K	1990	2004	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25ANPP452	5	W3.1	101723	496265		K	1990	2004	1.25		0.00	1.25	veel
PWN	25ANPP452	6	W3.2	101723	496265		K	1990	2004	0.73		0.00	0.73	veel
PWN	25ANPP452	7	W3.2	101723	496265		K	1990	2004	1.36		0.00	1.36	veel
PWN	25ANPP452	8	W3.2	101723	496265		K	1990	2004	1.10		0.00	1.10	veel
PWN	25ANPPR373	1	W1.1	101087	494087		K	1989	2002	4.02		0.00	4.02	veel
PWN	25ANPPR375	1	W1.1	101074	493985		K	1980	2000	2.56		0.00	2.56	veel
PWN	25ANPPR376	1	W1.1	101073	493968		K	1989	2002	4.18		0.00	4.18	veel
PWN	25ANPPR377	1	W1.1	101071	493934		K	1980	2000	3.74		0.00	3.74	veel
PWN	25ANPPR378	1	W1.1	101073	493895		K	1980	2000	2.58		0.00	2.58	veel
PWN	25AZPP001	1	W1.1	100838	489994		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP001	2	W2.1	100838	489994		M	1990	2004	1.59		0.00	1.59	veel
PWN	25AZPP013	1	W1.1	99597	488142		M	1980	2005	0.48		0.00	0.48	veel
PWN	25AZPP014	1	W2.1	99605	487808		M	1980	2004	0.76		0.00	0.76	veel
PWN	25AZPP018	1	W1.1	97392	487778		M	1980	2005	0.30		0.00	0.30	veel
PWN	25AZPP018	2	W2.1	97392	487778		M	1980	2005	0.31		0.00	0.31	veel
PWN	25AZPP028	1	W1.1	100933	493410		M	1982	2005	1.16		0.00	1.16	veel
PWN	25AZPP028	2	W1.2	100933	493410		M	1980	2005	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP028	3	W2.1	100933	493410		M	1980	2005	2.72		0.00	2.72	veel
PWN	25AZPP030	1	W2.1	100809	492457		M	1980	2005	3.10		0.00	3.10	veel
PWN	25AZPP031	1	W1.1	101400	491668		M	1980	2005	1.35		0.00	1.35	veel
PWN	25AZPP032	1	W1.1	101608	491668		M	1980	2005	0.98	B1_dd	-0.19	0.79	veel
PWN	25AZPP032	2	W2.1	101608	491668		M	1980	1994	2.65		0.00	2.65	veel
PWN	25AZPP033	1	W1.1	102415	492428		M	1980	2005	0.00	B1_dd	-0.18	-0.18	veel
PWN	25AZPP033	2	W2.1	102415	492428		M	1980	2004	2.24		0.00	2.24	veel
PWN	25AZPP034	1	W1.1	101933	492951		M	1990	2005	0.30		0.00	0.30	veel
PWN	25AZPP035	1	W1.1	102257	493525		M	1980	2005	0.56		0.00	0.56	veel
PWN	25AZPP035	2	W2.1	102257	493525		M	1980	2004	2.46		0.00	2.46	veel
PWN	25AZPP052	1	W1.1	104140	493284		M	1980	2005	0.14		0.00	0.14	veel
PWN	25AZPP052	2	W2.1	104140	493284		M	1980	2004	1.51		0.00	1.51	veel
PWN	25AZPP052	3	W3.1	104140	493284		M	1980	2005	0.90		0.00	0.90	veel
PWN	25AZPP053	1	W1.1	103542	493256		M	1983	2005	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP053	2	W2.1	103542	493256		M	1980	2004	2.54		0.00	2.54	veel

Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage-maatregel	verand gws [m]	netto-verand [m]	zeggings-kracht
PWN	25AZPP054	1	W1.1	103070	493196		M	1980	2005	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP054	2	W2.1	103070	493196		M	1980	2005	2.43		0.00	2.43	veel
PWN	25AZPP055	1	W1.1	103055	493005		M	1986	2005	0.68		0.00	0.68	veel
PWN	25AZPP056	1	W1.1	101966	491447		M	1990	2005	0.00	Bl_dd	-0.31	-0.31	veel
PWN	25AZPP056	2	W2.1	101966	491447		M	1990	2004	2.52		0.00	2.52	veel
PWN	25AZPP057	1	W1.1	101614	490488		M	1980	2005	0.83		0.00	0.83	veel
PWN	25AZPP057	2	W2.1	101614	490488		M	1980	2004	1.38		0.00	1.38	veel
PWN	25AZPP217	1	W1.1	100871	489695		K	1990	2005	0.13		0.00	0.13	veel
PWN	25AZPP217	2	W2.1	100871	489695		K	1990	2005	1.67		0.00	1.67	veel
PWN	25AZPP218	1	W1.1	98543	488923		K	1980	2005	0.82	Zvrt_vijv	-0.20	0.62	veel
PWN	25AZPP218	2	W1.2	98543	488923		K	1981	2005	0.51	Zvrt_vijv	-0.12	0.38	veel
PWN	25AZPP218	3	W2.1	98543	488923		K	1980	2005	0.52	Zvrt_vijv	-0.08	0.44	veel
PWN	25AZPP222	1	W1.1	100188	488755		K	1991	2004	0.64		0.00	0.64	veel
PWN	25AZPP222	2	W2.1	100188	488755		K	1991	2004	1.20		0.00	1.20	veel
PWN	25AZPP223	1	W2.1	100417	488727		K	1991	2005	1.04		0.00	1.04	veel
PWN	25AZPP224	1	W1.1	100229	488424		K	1991	2005	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP224	2	W1.2	100229	488424		K	1991	2005	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP227	1	W1.1	97690	487887		K	1991	2004	0.37		0.00	0.37	veel
PWN	25AZPP227	2	W2.1	97690	487887		K	1991	2004	0.37		0.00	0.37	veel
PWN	25AZPP229	1	W1.1	98596	488651		M	1993	2005	0.55		0.00	0.55	beperkt
PWN	25AZPP229	2	W2.1	98596	488651		M	1993	2004	0.58	Zvrt_vijv	-0.05	0.53	beperkt
PWN	25AZPP229	3	W2.2	98596	488651		M	1993	2004	0.57		0.00	0.57	beperkt
PWN	25AZPP230	1	W1.1	97157	488203		K	1980	2004	0.24		0.00	0.24	veel
PWN	25AZPP230	2	W2.1	97157	488203		K	1980	2004	0.26		0.00	0.26	veel
PWN	25AZPP246	1	W2.1	100766	493464		K	1980	2004	2.89		0.00	2.89	veel
PWN	25AZPP247	2	W1.2	100813	493396		K	1980	2004	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP248	1	W1.1	100827	493398		K	1982	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP248	2	W1.2	100827	493398		K	1980	2004	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP248	3	W1.3	100827	493398		K	1980	2000	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP249	2	W1.2	100832	493397		K	1980	2004	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP250	2	W1.2	100854	493401		K	1980	2004	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP251	2	W1.2	100864	493403		K	1980	2002	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP252	2	W1.2	100869	493403		K	1980	2002	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP253	2	W1.2	100893	493406		K	1980	2004	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPP254	1	W2.1	100739	492137		K	1980	2004	4.23		0.00	4.23	veel
PWN	25AZPP255	1	W1.1	101268	491756		K	1980	2004	2.21		0.00	2.21	veel
PWN	25AZPP255	2	W2.1	101268	491756		K	1980	2004	2.00		0.00	2.00	veel
PWN	25AZPP256	1	W2.1	100790	492020		K	1980	2004	3.06		0.00	3.06	veel
PWN	25AZPP260	1	W2.1	101030	490841		K	1980	2004	1.89		0.00	1.89	veel
PWN	25AZPP261	1	W2.1	101076	489935		K	1980	2003	1.39		0.00	1.39	veel
PWN	25AZPP262	1	W1.1	101072	489872		K	1980	2004	0.62		0.00	0.62	veel
PWN	25AZPP263	1	W1.1	101049	489701		K	1980	2001	0.53		0.00	0.53	veel
PWN	25AZPP264	1	W1.1	101621	492718		K	1980	2004	1.25		0.00	1.25	veel
PWN	25AZPP264	2	W2.1	101621	492718		K	1980	2005	2.80		0.00	2.80	veel
PWN	25AZPP280	1	W1.1	105763	493371		M	1981	2003	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP280	2	W1.2	105763	493371		M	1981	2003	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP280	3	W1.3	105763	493371		M	1981	2003	0.07		0.00	0.07	veel
PWN	25AZPP280	4	W2.1	105763	493371		M	1981	2003	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP282	3	W2.2	103515	492790		K	1980	2001	1.38		0.00	1.38	veel
PWN	25AZPP282	4	W3.1	103515	492790		K	1980	2001	1.63		0.00	1.63	veel
PWN	25AZPP283	1	W1.1	103659	493644		K	1980	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP283	2	W2.1	103659	493644		K	1980	2004	1.11		0.00	1.11	veel
PWN	25AZPP401	1	W3.1	100809	493020		K	1980	2003	0.81		0.00	0.81	veel
PWN	25AZPP401	2	W3.2	100809	493020		K	1980	2004	0.87		0.00	0.87	veel
PWN	25AZPP401	3	W3.2	100809	493020		K	1980	2004	1.39		0.00	1.39	veel
PWN	25AZPP403	2	W3.1	101053	490139		K	1980	2004	1.67		0.00	1.67	veel
PWN	25AZPP410	1	W2.1	100773	492238		K	1980	2004	2.78		0.00	2.78	veel
PWN	25AZPP410	2	W2.2	100773	492238		K	1980	2004	2.80		0.00	2.80	veel
PWN	25AZPP410	3	W3.1	100773	492238		K	1980	2004	1.14		0.00	1.14	veel
PWN	25AZPP670	1	W1.1	105040	492500		M	1980	2002	0.15		0.00	0.15	veel
PWN	25AZPP676	1	W2.1	104740	491080		M	1980	1999	0.30		0.00	0.30	veel
PWN	25AZPP684	1	W1.1	104960	490500		M	1980	2004	0.00		0.00	0.00	veel

Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage-maatregel	verand gws [m]	netto-verand [m]	zeggings-kracht
PWN	25AZPP684	2	W2.1	104960	490500		M	1980	2005	0.65		0.00	0.65	veel
PWN	25AZPP688	1	W1.1	102725	489400	B3	M	1980	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP688	2	W1.2	102725	489400	B3	M	1980	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP688	3	W2.1	102725	489400	B3	M	1980	2004	0.70		0.00	0.70	veel
PWN	25AZPP701	1	W1.1	101250	488000		M	1987	2004	0.00		0.00	0.00	veel
PWN	25AZPP701	2	W2.1	101250	488000		M	1987	2005	0.66		0.00	0.66	veel
PWN	25AZPP701	3	W2.2	101250	488000		M	1987	2004	0.66		0.00	0.66	veel
PWN	25AZPPR301	1	W1.1	100927	490305		K	1980	1995	2.55		0.00	2.55	beperkt
PWN	25AZPPR303	1	W1.1	101074	490274		K	1980	2000	1.95		0.00	1.95	veel
PWN	25AZPPR304	1	W1.1	101103	490268		K	1985	1999	2.12		0.00	2.12	veel
PWN	25AZPPR305	1	W1.1	101143	490279		K	1980	2002	1.79		0.00	1.79	veel
PWN	25AZPPR306	1	W1.1	101143	490279		K	1980	2000	1.96		0.00	1.96	veel
PWN	25AZPPR307	1	W1.1	101226	490264		K	1980	2000	1.70		0.00	1.70	veel
PWN	25AZPPR308	1	W1.1	101307	490244		K	1980	2001	1.72		0.00	1.72	veel
PWN	25AZPPR309	1	W1.1	100988	490614		K	1980	2002	2.65		0.00	2.65	veel
PWN	25AZPPR310	1	W1.1	101086	490633		K	1980	2000	2.91		0.00	2.91	veel
PWN	25AZPPR311	1	W1.1	101135	490641		K	1980	2000	2.93		0.00	2.93	veel
PWN	25AZPPR312	1	W1.1	101165	490645		K	1989	2002	2.94		0.00	2.94	veel
PWN	25AZPPR313	1	W1.1	101205	490652		K	1980	2000	3.84		0.00	3.84	veel
PWN	25AZPPR314	1	W1.1	101229	490662		K	1980	2000	3.29		0.00	3.29	veel
PWN	25AZPPR315	1	W1.1	101283	490666		K	1980	2000	3.24		0.00	3.24	veel
PWN	25AZPPR316	1	W1.1	101382	490681		K	1980	2000	2.53		0.00	2.53	veel
PWN	25AZPPR318	1	W1.1	100750	490900		K	1980	2000	4.36		0.00	4.36	veel
PWN	25AZPPR319	1	W1.1	100765	490945		K	1980	2000	4.01		0.00	4.01	veel
PWN	25AZPPR320	1	W1.1	100780	490980		K	1989	2002	3.95		0.00	3.95	veel
PWN	25AZPPR321	1	W1.1	100815	491005		K	1980	2000	4.08		0.00	4.08	veel
PWN	25AZPPR322	1	W1.1	100835	491035		K	1980	2000	4.79		0.00	4.79	veel
PWN	25AZPPR323	1	W1.1	100865	491075		K	1980	2000	4.41		0.00	4.41	veel
PWN	25AZPPR324	1	W1.1	100920	491155		K	1980	2002	4.41		0.00	4.41	veel
PWN	25AZPPR327	1	W1.1	100710	491465		K	1980	2000	3.72		0.00	3.72	veel
PWN	25AZPPR329	1	W1.1	100775	491425		K	1980	2002	4.17		0.00	4.17	veel
PWN	25AZPPR330	1	W1.1	100795	491400		K	1980	2000	4.06		0.00	4.06	veel
PWN	25AZPPR331	1	W1.1	100840	491380		K	1980	2000	3.73		0.00	3.73	veel
PWN	25AZPPR332	1	W1.1	100920	491325		K	1980	2002	4.18		0.00	4.18	veel
PWN	25AZPPR335	1	W1.1	100735	491970		K	1980	2000	3.07		0.00	3.07	veel
PWN	25AZPPR336	1	W1.1	100760	491980		K	1980	2000	3.27		0.00	3.27	veel
PWN	25AZPPR337	1	W1.1	100795	492000		K	1985	2002	2.91		0.00	2.91	veel
PWN	25AZPPR338	1	W1.1	100825	492010		K	1980	2000	3.11		0.00	3.11	veel
PWN	25AZPPR339	1	W1.1	100870	492030		K	1980	2000	3.89		0.00	3.89	veel
PWN	25AZPPR340	1	W1.1	100960	492070		K	1980	2002	3.48		0.00	3.48	veel
PWN	25AZPPR343	1	W1.1	100743	492373		K	1980	2000	2.22		0.00	2.22	veel
PWN	25AZPPR344	1	W1.1	100764	492371		K	1980	2002	3.22		0.00	3.22	veel
PWN	25AZPPR345	1	W1.1	100805	492337		K	1980	2003	2.41		0.00	2.41	veel
PWN	25AZPPR346	1	W1.1	100836	492326		K	1980	2000	2.28		0.00	2.28	veel
PWN	25AZPPR347	1	W1.1	100882	492309		K	1980	2000	2.16		0.00	2.16	veel
PWN	25AZPPR348	1	W1.1	100980	492282		K	1980	2003	2.41		0.00	2.41	veel
PWN	25AZPPR350	1	W1.1	100716	492791		K	1980	2000	2.46		0.00	2.46	veel
PWN	25AZPPR351	1	W1.1	100764	492795		K	1980	2000	2.53		0.00	2.53	veel
PWN	25AZPPR352	1	W1.1	100794	492798		K	1981	2002	2.50		0.00	2.50	veel
PWN	25AZPPR353	1	W1.1	100834	492799		K	1983	2000	2.45		0.00	2.45	veel
PWN	25AZPPR354	1	W1.1	100865	492804		K	1980	2000	2.38		0.00	2.38	veel
PWN	25AZPPR356	1	W1.1	101014	492824		K	1980	2002	3.12		0.00	3.12	veel
PWN	25AZPPR359	1	W1.1	100718	493269		K	1980	2000	2.95		0.00	2.95	veel
PWN	25AZPPR360	1	W1.1	100750	493272		K	1980	2002	3.01		0.00	3.01	veel
PWN	25AZPPR361	1	W1.1	100789	493280		K	1984	2000	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPPR362	1	W1.1	100818	493281		K	1980	2000	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPPR363	1	W1.1	100872	493289		K	1980	1999	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPPR364	1	W1.1	100960	493300		K	1980	2002	3.18		0.00	3.18	veel
PWN	25AZPPR367	1	W1.1	106694	493560		K	1980	2000	geen goede modellering mogelijk				
PWN	25AZPPR368	1	W1.1	100722	493567		K	1980	2002	3.46		0.00	3.46	veel
PWN	25AZPPR369	1	W1.1	100760	493586		K	1980	2003	2.83		0.00	2.83	veel
PWN	25AZPPR370	1	W1.1	100792	493589		K	1980	2000	2.83		0.00	2.83	veel

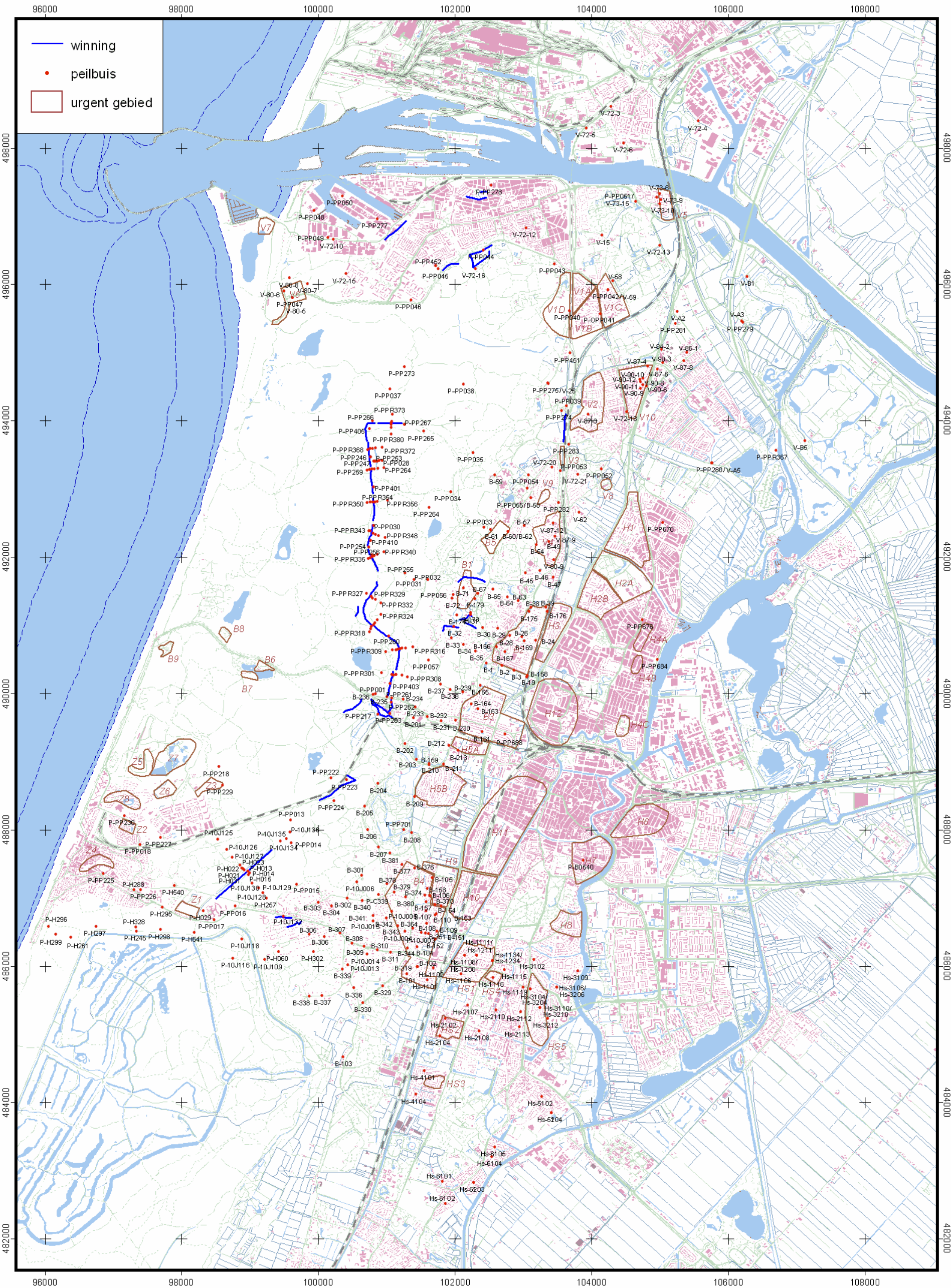
Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage- maatregel	verand gws [m]	netto- verand [m]	zeggings- kracht
PWN	25AZPPR371	1	W1.1	100840	493594		K	1980	2000	2.73		0.00	2.73	veel
PWN	25AZPPR372	1	W1.1	100940	493603		K	1980	2003	2.95		0.00	2.95	veel
PWN	25AZPPR380	1	W1.1	101066	493796		K	1980	2002	2.99		0.00	2.99	veel
PWN	25C339	1	W2.1	100883	487050		K	1980	2004	0.58		0.00	0.58	veel
PWN	25C339	2	W2.1	100883	487050		K	1980	2002	0.72		0.00	0.72	veel
PWN	25C339	3	W1.1	100883	487050		K	1980	2004	0.00		0.00	0.00	veel
Bldaal	1	1	W1.1	102454	490447		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	2	1	W1.1	102686	490410		M	1992	2005	0.13	B2_dd	-0.23	-0.10	beperkt
Bldaal	3	1	W1.1	102864	490336		M	1992	2005	0.00	B2_dd	-0.28	-0.28	beperkt
Bldaal	19	1	W1.1	103051	490258		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	24	1	W1.1	103175	490781	B2	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	26	2	W1.2	102977	490830	B2	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	28	1	W1.1	102799	490851	B2	M	1992	2005	0.00	B2_dd	-0.29	-0.29	beperkt
Bldaal	29	1	W1.1	102619	490957		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	30	1	W1.1	102401	490962		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	31	1	W1.1	102224	491158		M	1992	2005	0.00	B1_dd	-0.23	-0.23	beperkt
Bldaal	32	1	W1.1	101975	490983		M	1992	2005	0.00	B1_dd	-0.33	-0.33	beperkt
Bldaal	33	1	W1.1	101947	490811		M	1992	2005	0.00	B1_dd	-0.28	-0.28	beperkt
Bldaal	34	1	W1.1	102118	490718		M	1992	2005	0.00	B2_dd	-0.26	-0.26	beperkt
Bldaal	35	1	W1.1	102299	490618		M	1992	2005	0.00	B1_dd	-0.18	-0.18	beperkt
Bldaal	38	1	W1.1	103104	491262		M	1992	2005	0.04	V4_dd	-0.03	0.01	beperkt
Bldaal	39	1	W1.1	103325	491265	B2	M	1992	2005	0.18		0.00	0.18	beperkt
Bldaal	45	1	W1.1	103031	491755		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	46	1	W1.1	103239	491789		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	47	1	W1.1	103437	491695		M	1992	2005	0.10		0.00	0.10	beperkt
Bldaal	49	1	W1.1	103372	492220	V4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	54	1	W1.1	103185	492176		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	57	1	W1.1	103007	492452		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	58	1	W1.1	103108	492856		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	59	1	W1.1	102581	493198		M	1992	2005	0.20		0.00	0.20	beperkt
Bldaal	60	1	W1.1	102773	492365		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	61	1	W1.1	102518	492392		M	1992	2005	0.05		0.00	0.05	beperkt
Bldaal	62	1	W1.1	102773	492365		M	1992	2005	0.00	V4_dd	-0.24	-0.24	beperkt
Bldaal	63	1	W1.1	102922	491363		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	64	1	W1.1	102759	491415		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	65	1	W1.1	102552	491526		M	1992	2005	0.32		0.00	0.32	beperkt
Bldaal	67	1	W1.1	102330	491466		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	71	1	W1.1	102121	491549	B1	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	72	1	W1.1	101952	491392		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	101	1	W1.1	101302	485885	B4	M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	102	1	W1.1	101459	485985	B4	M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	103	1	W1.1	100366	484665		M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	104	1	W1.1	101446	486279	B4	M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	105	1	W1.1	101665	487293	B4	M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	106	1	W1.1	101630	487028	B4	M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	107	1	W1.1	101581	486804	B4	M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	108	1	W1.1	101593	486624	B4	M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	109	1	W1.1	101736	486510	B4	M	1997	2004	0.10		0.00	0.10	beperkt
Bldaal	110	1	W1.1	101712	486748	B4	M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	151	1	W1.1	101618	486473	B4	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	152	1	W1.1	101713	486394	B4	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	153	1	W1.1	101730	486766	B4	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	154	1	W1.1	101803	486880		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	157	1	W1.1	101584	486943	B4	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	158	1	W1.1	101595	487139	B4	M	1996	2005	0.04		0.00	0.04	beperkt
Bldaal	159	1	W1.1	101628	488967		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	161	1	W1.1	102395	489433	B3	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	163	1	W1.1	102334	489770	B3	M	1996	2005	0.25		0.00	0.25	beperkt
Bldaal	164	1	W1.1	102237	489840	B3	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	165	1	W1.1	102362	490116		M	1996	2005	0.00	B3_dd	-0.03	-0.03	beperkt
Bldaal	166	1	W1.1	102607	490685	B2	M	1996	2005	0.00	B2_dd	-0.07	-0.07	beperkt
Bldaal	167	1	W1.1	102729	490611	B2	M	1996	2005	0.07	B2_dd	-0.03	0.04	beperkt

Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage- maatregel	verand gws [m]	netto- verand [m]	zeggings- kracht
Bldaal	168	1	W1.1	103044	490239		M	1996	2005	0.08		0.00	0.08	beperkt
Bldaal	169	1	W1.1	103013	490771	B2	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	173	1	W1.1	102222	491182		M	1996	2005	0.39		0.00	0.39	beperkt
Bldaal	174	1	W1.1	102026	491150		M	1996	2005	0.40	B1_dd	-0.22	0.18	beperkt
Bldaal	175	1	W1.1	103077	491198	B2	M	1996	2005	0.04	B2_dd	-0.07	-0.03	beperkt
Bldaal	176	1	W1.1	103345	491201	B2	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	179	1	W1.1	102284	491386		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	201	1	W1.1	101398	489643		M	1992	2005	0.00	B3_dd	-0.34	-0.34	beperkt
Bldaal	202	1	W1.1	101272	489260		M	1992	2005	0.10		0.00	0.10	beperkt
Bldaal	203	1	W1.1	101435	489029		M	1992	2005	0.04		0.00	0.04	beperkt
Bldaal	204	1	W1.1	100879	488675		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	205	1	W1.1	100683	488344		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	206	1	W1.1	100728	487999		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	207	1	W1.1	100884	487739		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	208	1	W1.1	101373	487951		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	209	1	W1.1	101409	488480		M	1995	2005	0.06		0.00	0.06	beperkt
Bldaal	210	1	W1.1	101628	488948		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	211	1	W1.1	101838	488964		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	212	1	W1.1	101917	489233		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	213	1	W1.1	102043	489161		M	1992	2005	0.07		0.00	0.07	beperkt
Bldaal	230	1	W1.1	102000	489601		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	231	1	W1.1	101806	489594		M	1992	2005	0.00	B3_dd	-0.24	-0.24	beperkt
Bldaal	232	1	W1.1	101601	489658		M	1992	2005	0.00	B3_dd	-0.41	-0.41	beperkt
Bldaal	233	1	W1.1	101424	489799		M	1992	2005	0.00	B3_dd	-0.31	-0.31	beperkt
Bldaal	234	1	W1.1	101246	489916		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	235	1	W1.1	101006	489947		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	236	1	W1.1	100802	489982		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	237	1	W1.1	101790	490138		M	1992	2005	0.00	B3_dd	-0.43	-0.43	beperkt
Bldaal	238	1	W1.1	101923	490055		M	1992	2005	0.00	B3_dd	-0.40	-0.40	beperkt
Bldaal	239	1	W1.1	102107	490023		M	1992	2005	0.00	B3_dd	-0.33	-0.33	beperkt
Bldaal	301	1	W1.1	100640	487324		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	302	1	W1.1	100428	486991		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	303	1	W1.1	100005	486931		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	304	1	W1.1	100192	486881		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	305	1	W1.1	99872	486460		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	306	1	W1.1	100087	486427		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	307	1	W1.1	100322	486477		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	308	1	W1.1	100493	486330		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	309	1	W1.1	100670	486284		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	310	1	W1.1	100865	486233		M	1992	2005	0.09		0.00	0.09	beperkt
Bldaal	311	1	W1.1	101058	486201		M	1992	2005	0.15		0.00	0.15	beperkt
Bldaal	319	1	W1.1	101444	485985	B4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	329	1	W1.1	100946	485703		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	330	1	W1.1	100655	485459		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	336	1	W1.1	100523	485674		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	337	1	W1.1	100058	485563		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	338	1	W1.1	99868	485553		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	339	1	W1.1	100355	485956		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	340	1	W1.1	100642	486959		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	341	1	W1.1	100800	486734		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	342	1	W1.1	100996	486698		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	343	1	W1.1	101164	486590	B4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	344	1	W1.1	101308	486261	B4	M	1992	2004	0.19		0.00	0.19	beperkt
Bldaal	351	1	W1.1	101569	486477	B4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	364	1	W1.1	101390	486553	B4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	370	1	W1.1	101713	486899		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	374	1	W1.1	101560	487034	B4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	376	1	W1.1	101415	487432	B4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	377	1	W1.1	101225	487491		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	378	1	W1.1	101011	487205		M	1993	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	379	1	W1.1	101109	487080	B4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Bldaal	380	1	W1.1	101282	487012	B4	M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt

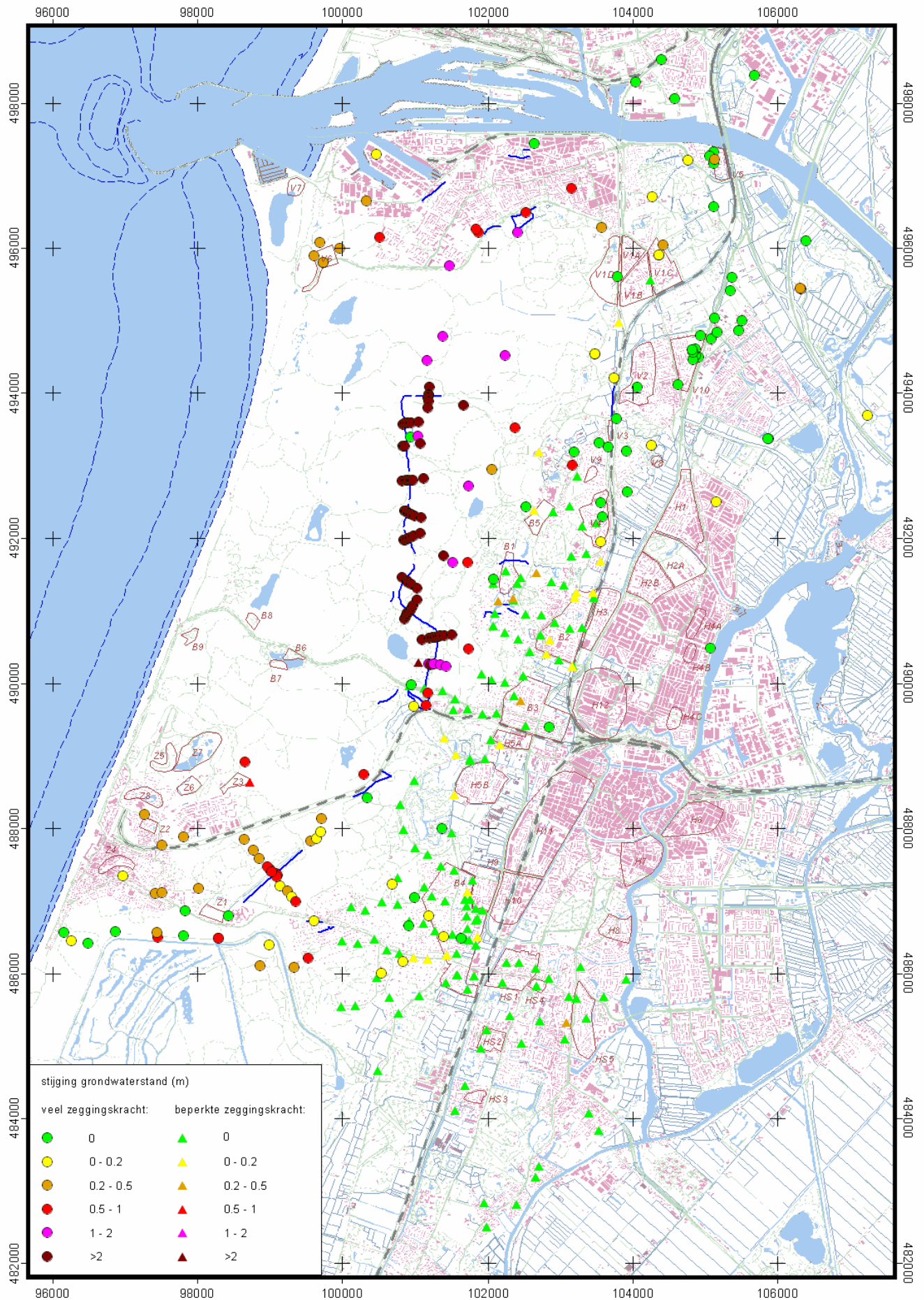
Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage-maatregel	verand gws [m]	netto-verand [m]	zeggings-kracht
Bldaal	381	1	W1.1	101056	487652		M	1992	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	1101	1	W1.1	101597	485796	B4	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	1102	1	W1.1	101687	485971		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	1106	1	W1.1	102080	485884	HS1	M	1996	2005	0.00	HS1_D	-0.04	-0.04	beperkt
Heemst	1108	1	W1.1	102139	486154	HS1	M	1999	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	1111	1	W1.1	102310	486156	HS1	M	1996	2005	0.00	HS1_F	-0.18	-0.18	beperkt
Heemst	1115	1	W1.1	102721	485944		M	1996	2005	0.00	HS_I	-0.06	-0.06	beperkt
Heemst	1116	1	W1.1	102554	485831	HS4	M	1996	2005	0.00	HS4_H	-0.15	-0.15	beperkt
Heemst	1119	1	W1.1	102992	485691		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	1134	1	W1.1	102541	486077	HS1	M	1996	2005	0.00	HS1_F	-0.08	-0.08	beperkt
Heemst	1208	1	W1.2	102139	486154	HS1	M	1999	2005	0.00	HS1_D+F	-0.77	-0.77	beperkt
Heemst	1211	1	W1.2	102310	486156	HS1	M	1996	2005	0.00	HS1_F	-0.21	-0.21	beperkt
Heemst	1234	1	W1.2	102541	486077	HS1	M	1996	2005	0.24	HS1_F	-0.15	0.09	beperkt
Heemst	2102	1	W1.1	101864	485230	HS2	M	1996	2005	0.00	HS2_G	-0.26	-0.26	beperkt
Heemst	2104	1	W1.1	101780	484972	HS2	M	1999	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	2107	1	W1.1	102179	485421		M	1996	2003	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	2108	1	W1.1	102344	485042		M	1999	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	2110	1	W1.1	102596	485350		M	1999	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	2112	1	W1.1	102959	485329		M	1996	2005	0.41		0.00	0.41	beperkt
Heemst	2113	1	W1.1	102939	485102		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3102	1	W1.1	103153	486095		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3104	1	W1.1	103097	485663	HS5	M	1998	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3106	1	W1.1	103483	485686		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3109	1	W1.1	103793	485924		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3110	1	W1.1	103243	485388	HS5	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3204	1	W1.2	103097	485663	HS5	M	1998	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3206	1	W1.2	103483	485686		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3210	1	W1.2	103243	485388	HS5	M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	3212	1	W1.2	103353	485229		M	1997	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	4101	1	W1.1	101557	484463		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	4104	1	W1.1	101428	484114		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	5102	1	W1.1	103270	484083		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	5104	1	W1.1	103409	483842		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	5204	1	W1.2	103409	483842		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	6101	1	W1.1	101820	482840		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	6102	1	W1.1	101859	482508		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	6103	1	W1.1	102271	482820		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	6104	1	W1.1	102533	483200		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	6105	1	W1.1	102582	483344		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Heemst	6203	1	W1.2	102271	482820		M	1996	2005	0.00		0.00	0.00	beperkt
Velsen	15	2	W1.1	104148	496713		M	1990	2005	0.11		0.00	0.11	veel
Velsen	25	1	W1.1	103360	494540		M	1990	2005	0.20		0.00	0.20	veel
Velsen	58	1	W1.1	104304	496044		M	1990	2005	0.32		0.00	0.32	veel
Velsen	59	1	W1.1	104239	495911	VIC	M	1990	2005	0.15		0.00	0.15	veel
Velsen	62	1	W1.1	103812	492645		K	1990	2000	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	72-3	1	W1.1	104281	498607		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	72-4	1	W1.1	105561	498389		K	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	72-5	1	W1.1	103920	498291		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	72-6	1	W1.1	104464	498068		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	72-10	1	W1.1	100218	496654		M	1990	2005	0.44		0.00	0.44	veel
Velsen	72-12	1	W1.1	103036	496823		M	1990	2005	0.70		0.00	0.70	veel
Velsen	72-13	1	W1.1	104999	496571		K	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	72-15	1	W1.1	100406	496149		M	1990	2005	0.58		0.00	0.58	veel
Velsen	72-16	1	W1.1	102292	496220		M	1990	2005	1.73		0.00	1.73	veel
Velsen	72-18	1	W1.1	104512	494123		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	72-20	1	W1.1	103417	493314		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	72-21	1	W1.1	103796	493207		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	73-6	1	W1.1	104999	497329	V5	K	1990	2001	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	73-9	1	W1.1	105010	497234	V5	K	1990	2001	0.33		0.00	0.33	veel
Velsen	73-10	1	W1.1	104997	497176	V5	M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	73-15	1	W1.1	104947	497276		K	1990	2001	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	80-5	1	W1.1	99621	495802	V6	M	1990	2005	0.37		0.00	0.37	veel

Herkomst	Peilbuis	filt	wvp	X	Y	urgent gebied	tijd basis	start	eind	verand gws tov 80-90 [m]	drainage- maatregel	verand gws [m]	netto- verand [m]	zeggings- kracht
Velsen	80-6	1	W1.1	99496	495897	V6	M	1990	2005	0.41		0.00	0.41	veel
Velsen	80-7	1	W1.1	99845	496004		K	1990	2005	0.43		0.00	0.43	veel
Velsen	80-8	1	W1.1	99577	496087		M	1990	2005	0.26		0.00	0.26	veel
Velsen	80-9	1	W1.1	103445	491955	V4	M	1990	2005	0.07		0.00	0.07	veel
Velsen	84-2	1	W1.1	105019	495038		K	1990	2001	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	86-1	1	W1.1	105393	494998		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	87-3	1	W1.1	103943	494087	V2	M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	87-4	1	W1.1	104817	494797	V10	K	1990	1999	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	87-6	1	W1.1	104964	494747		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	87-8	1	W1.1	105347	494871		K	1990	2002	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	87-9	1	W1.1	103460	492295	V4	M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	87-12	1	W1.1	103437	492486	V4	M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	90-3	1	W1.1	105042	494842		K	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	90-6	1	W1.1	104800	494500		M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	90-8	1	W1.1	104744	494520	V10	M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	90-9	1	W1.1	104715	494463	V10	K	1990	2004	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	90-10	1	W1.1	104748	494613	V10	M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	90-11	1	W1.1	104711	494562	V10	K	1990	2000	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	90-12	1	W1.1	104700	494599	V10	M	1990	2005	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	A2-4	1	W1.1	105250	495600		M	1990	2000	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	A2-3	2	W1.2	105250	495600		M	1990	2000	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	A2-2	3	W1.2 ?	105250	495600		M	1990	2000	0.67		0.00	0.67	veel
Velsen	A2-1	4	W1.2 ?	105250	495600		K	1990	2005	2.18		0.00	2.18	veel
Velsen	A3-3	1	W1.1	106195	495455		M	1990	2005	0.35		0.00	0.35	veel
Velsen	A3-2	2	W1.2	106195	495455		M	1990	2005	0.43		0.00	0.43	veel
Velsen	A3-1	3	W1.2 ?	106195	495455		M	1990	2005	0.56		0.00	0.56	veel
Velsen	A5-4	1	W1.1	105752	493375		K	1990	2001	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	A5-3	2	W1.2	105752	493375		K	1990	2001	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	A5-2	3	W1.2 ?	105752	493375		K	1990	2001	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	A5-1	4	W1.2 ?	105752	493375		K	1990	2000	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	B1	1	W1.1	106275	496110		K	1990	2001	0.00		0.00	0.00	veel
Velsen	B5	1	W1.1	107120	493700		K	1990	2005	0.11		0.00	0.11	veel

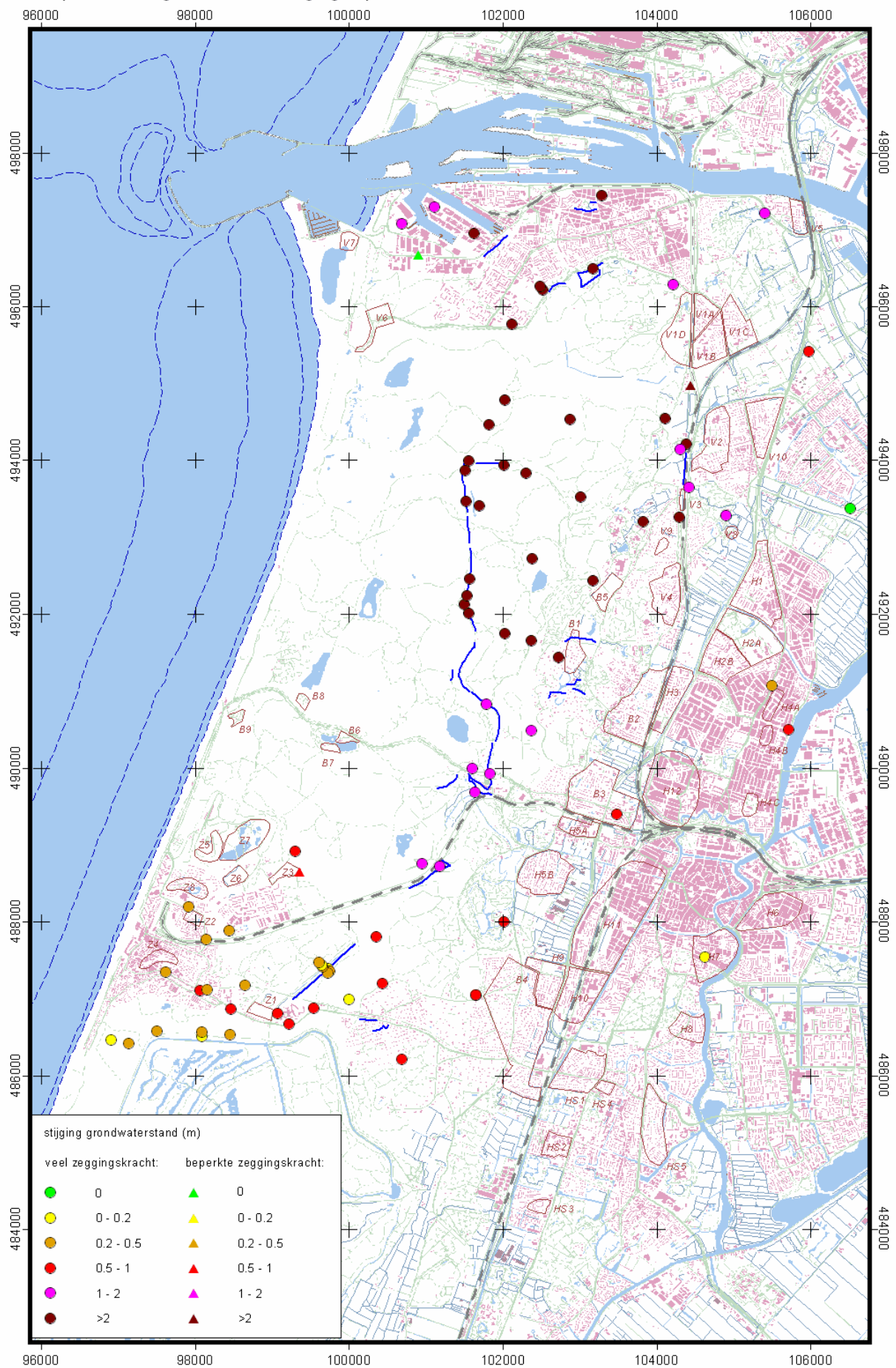
Kaart 1 Lokatie winningen, peilbuizen en urgente gebieden



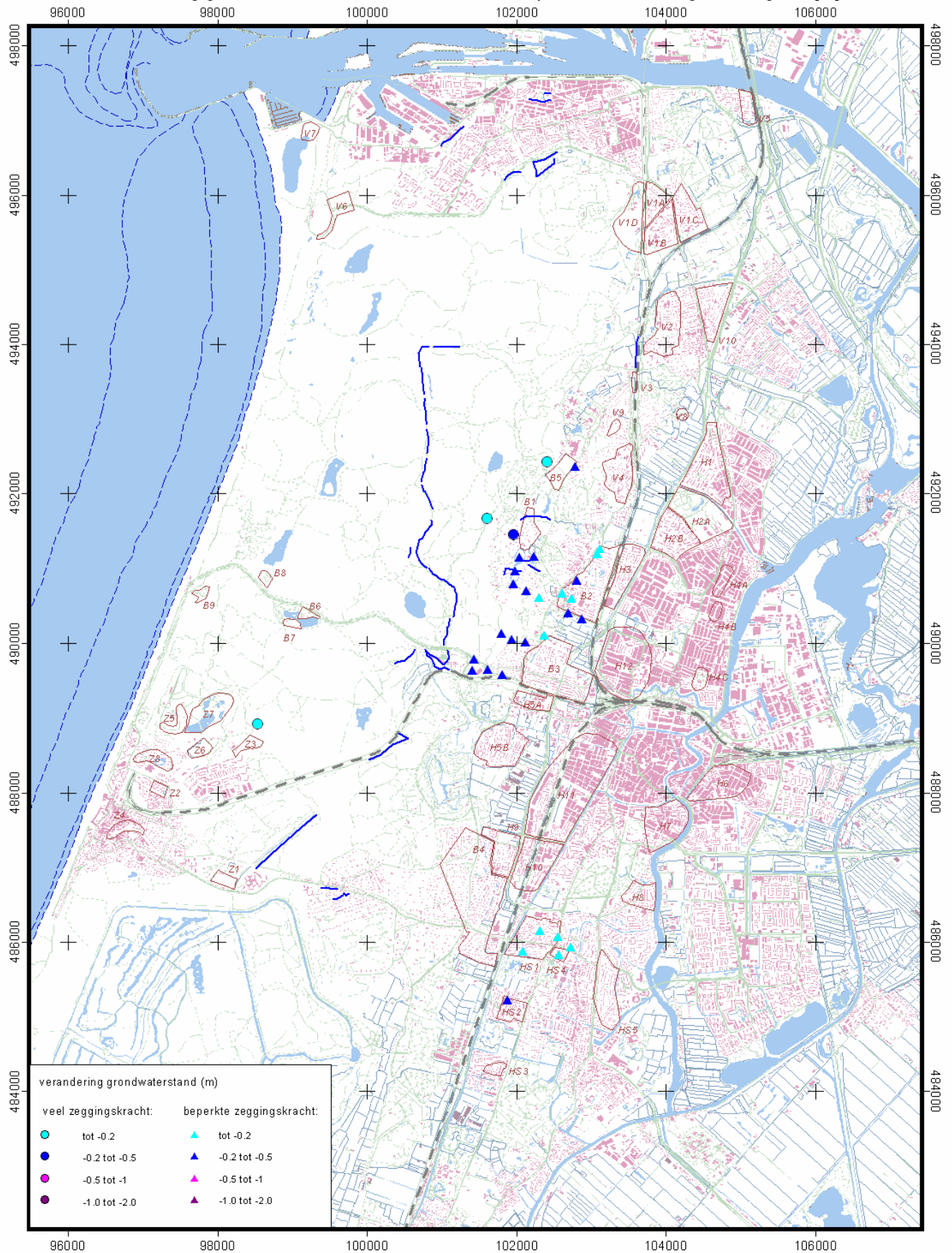
Kaart 2: Stijging grondwaterstand freatisch watervoerend pakket door stoppen winningen [m], ten opzichte van gemiddelde verlaging in periode 1980 t/m 1990



96000 98000 100000 102000 104000 106000



Kaart 4: Verandering grondwaterstand freatisch watervoerend pakket door drainagemaatregelen [m].



96000 98000 100000 102000 104000 106000

