

Optimalisatie primair meetnet grondwaterstand Gelderland, haalbaarheid gebruik
hulpinformatie

Optimalisatie primair meetnet grondwaterstand Gelderland

Haalbaarheid gebruik hulpinformatie

M. Knotters

M.F.P. Bierkens

T. Hoogland

Alterra-Rapport 234

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001

REFERAAT

Knotters, M., M.F.P. Bierkens en T. Hoogland, 2001. *Optimalisatie primair meetnet grondwaterstand Gelderland, Haalbaarheid gebruik hulpinformatie*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-Rapport 234. .. blz. 5 fig.; 63 tab.; 6 ref.

De invloed van het gebruik van hulpinformatie naast data uit het Primaire Grondwatermeetnet van de provincie Gelderland op de nauwkeurigheid van voorspellingen van de freatische grondwaterstand is onderzocht. De hulpinformatie bestaat uit neerslagoverschot, verdampingstekort en bodemvochtgehalte die zijn berekend uit *remote sensing*-beelden. Voor het waterschap Rijn en IJssel zijn daarnaast ook maaiveldshoogten uit het AHN-bestand en geactualiseerde gegevens over de grondwaterdynamiek beschikbaar. De hulpinformatie is gebruikt als predictorvariabele in regressie of als hulpvariabele in *kriging with an external drift* of *kriging with varying means*. Het blijkt dat de grondwaterstand t.o.v. maaiveld nauwkeuriger is te voorspellen dan t.o.v. NAP. De hulpinformatie die is afgeleid uit *remote sensing*-beelden blijkt niet bij te dragen aan een verbetering van de nauwkeurigheid van de ruimtelijke voorspellingen op een bepaald tijdstip. De maaiveldshoogten uit het AHN-bestand blijkt een bruikbare hulpvariabele te zijn. Afhankelijk van de geologische opbouw van de ondergrond bedraagt de voorspelnauwkeurigheid van de grondwaterstand t.o.v. maaiveld, uitgedrukt in de *root mean squared error*, 29 tot 42 cm.

Trefwoorden: regressie-analyse, digitaal terreinmodel, *remote sensing*, kriging

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 40,00 (€ 18) over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-Rapport 234. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Grondwaterstanden en hulpinformatie	15
2.1 Grondwaterstanden	15
2.2 <i>Remote sensing</i> -gegevens	15
2.3 Hoogtecijfers	16
2.4 GHG, GLG en GVG	16
2.5 Hydrologisch-landschappelijke strata	16
3 Regressie-analyse	19
3.1 Gelderland	19
3.1.1 NOAA-data voor 1998	19
3.1.2 Landsatdata 3 mei 1999	20
3.2 Rijn en IJssel	21
4 Ruimtelijke voorspelling van grondwaterstanden	23
4.1 Regressievoorspellingen	23
4.2 Kriging zonder hulpinformatie: Ordinary kriging (OK)	23
4.3 Kriging met hulpinformatie	24
4.3.1 Kriging with an external drift (KED)	24
4.3.2 Simple kriging with varying means (SKV)	25
4.4 Evaluatie van de voorspelnauwkeurigheid	25
5 Samenhang tussen grondwaterstand en hulpinformatie	27
5.1 Regressiemodellen Gelderland: NOAA	27
5.2 Regressiemodellen Gelderland: Landsat	27
5.3 Regressiemodellen Rijn en IJssel	27
6 Ruimtelijk voorspelde grondwaterstanden	29
6.1 Regressievoorspellingen	29
6.2 Variogrammen	29
6.3 Resultaten kruisvalidatie	31
6.4 Voorbeeld: de grondwaterstand op 14 mei 1998	32
7 Conclusies	33
Literatuur	35
 <i>Aanhangsels</i>	
1 Resultaten modelselectie Gelderland; NOAA	37
2 Resultaten modelselectie Gelderland; Landsat	55
3 Resultaten modelselectie Rijn en IJssel	57
4 Resultaten ruimtelijke voorspelling	93
5 Kaart van grondwaterstanden in Oost-Gelderland t.o.v. maaiveld en t.o.v. NAP, 14-5-1998	97

Woord vooraf

In de provincie Gelderland wordt de freatische grondwaterstand sinds 1985 waargenomen in het Primaire Grondwatermeetnet. Sinds 1985 is het aantal gebruiksdoeleinden van grondwaterinformatie toegenomen, waardoor nu een herbezinning op het meetnet ontwerp nodig is. Een van de stappen hierbij is deze studie naar de mogelijkheid om grondwaterstand toch nauwkeurig te voorspellen door gebruik te maken van goedkope hulpinformatie die met de grondwaterstand samenhangt. Veel hulpinformatie die in deze studie op bruikbaarheid is onderzocht is afkomstig van satellietbeelden. Deze informatie is geleverd door het bureau Waterwatch remote sensing services in Wageningen. Wij bedanken Wim Bastiaansen en Edwin Noordman van dit bureau hartelijk voor de samenwerking.

Samenvatting

In 1985 werd het Primaire Grondwatermeetnet Gelderland operationeel, ter ondersteuning van het provinciale grondwaterbeleid. Het toenmalige meetnet-ontwerp vraagt om een aantal redenen om herbezinning. In de eerste plaats kunnen met de gegevens die sinds 1985 zijn verzameld de veronderstellingen en doelstellingen van destijds worden geëvalueerd. Nieuwe meettechnieken zijn ontstaan, zoals *divers*, waarmee nieuwe meetstrategieën mogelijk zijn. Automatische analysetechnieken zijn de laatste jaren sterk uitgebreid. Met name interpolatiemethoden die gebruik kunnen maken van goedkope hulpinformatie bieden potentiële mogelijkheden om het meetnet te optimaliseren. Bronnen van hulpinformatie zijn bijvoorbeeld *remote-sensing*-beelden, digitale hoogtecijferkaarten en digitale kaarten van de grondwaterdynamiek. Deze ontwikkelingen deed de vraag rijzen in hoeverre de verschillende bronnen van hulpinformatie bruikbaar zijn bij de voorspelling in ruimte en tijd van de grondwaterstand en volgens welke methode deze hulpinformatie het best kan worden aangewend.

Het **doel** van dit onderzoek is om een methode te ontwikkelen waarmee de ruimtelijke voorspelling van grondwaterstanden in de provincie Gelderland kan worden verbeterd als naast waarnemingen in het Primaire Grondwatermeetnet gebruik wordt gemaakt van verschillende bronnen van hulpinformatie. De hulpinformatie wordt ontleend aan de bodemkaart schaal 1:50 000, wekelijkse satellietbeelden in een 1000×1000 m grid in 1998, en satellietbeelden in een 25×25 m grid op 3 mei 1999. Uit de satellietbeelden zijn schattingen van het neerslagoverschot, het verdampingstekort en het vochtgehalte van de wortelzone afgeleid. Voor het deel van Gelderland dat deel uitmaakt van het waterschap Rijn en IJssel waren bovendien een digitaal bestand met geactualiseerde informatie over de grondwaterdynamiek en een digitaal hoogtecijferbestand (AHN) beschikbaar.

Het Primaire Grondwatermeetnet Gelderland bevat 632 tijdreeksen die voor de analyses in dit onderzoek bruikbaar zijn. 171 daarvan liggen in het waterschap Rijn en IJssel. De grondwaterstanden zijn rond de 14^{de} en de 28^{ste} van de maand waargenomen. Zowel grondwaterstanden t.o.v. maaiveld als grondwaterstanden t.o.v. NAP zijn in de analyses betrokken. Uit het NOAA-satellietbestand zijn voor 1998 wekelijkse verdampingstekorten, relatieve bodemvochtgehalten en neerslagoverschotten berekend. Uit de Landsatbeelden zijn het neerslagoverschot en het relatieve bodemvochtgehalte voor 3 mei 1999 berekend.

Voor het waterschap Rijn en IJssel zijn hoogtecijfers beschikbaar die voor een 25×25 m grid zijn geschat d.m.v. *laserscanning* (AHN-bestand). Voor elk punt uit het AHN-bestand is ook een schatting bekend van de gemiddeld hoogste, gemiddeld laagste, en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (resp. GHG, GLG en GVG).

De provincie Gelderland is verdeeld in vijf hydrologisch-landschappelijke strata: 1) hoge gronden met vrije afwatering die op stuwwallen liggen; 2) hoge gronden met

vrije afwatering die niet op stuwwallen liggen; 3) gronden met een beheerst peil; 4) gronden binnen de invloed van een rivier; 5) gronden met een freatisch pakket dat dunner dan 12 m is.

Met behulp van regressieanalyse is de samenhang onderzocht tussen de grondwaterstand op een bepaald tijdstip en de hulpinformatie. De responsvariabelen zijn de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld, de logaritmisch getransformeerde grondwaterstand ten opzichte van maaiveld en de grondwaterstand ten opzichte van NAP. Voor elk van de responsvariabelen zijn kandidaatmodellen gevormd volgens een uitputtende reeks combinaties van de beschikbare predictorvariabelen. Elke predictorvariabele komt als lineaire term in de modellen voor. Interacties zijn niet in de modellen opgenomen. Modelselectie heeft plaatsgevonden op basis van het hoogste percentage verklaarde variantie (R^2) onder de modellen met significante parameters.

De grondwaterstand is voor een bepaald tijdstip ruimtelijk voorspeld met behulp van vier verschillende methoden:

1. regressievoorspellingen met het geselecteerde model;
2. *ordinary kriging* (OK), zonder gebruik van hulpinformatie;
3. *kriging with an external drift* (KED), met de regressievoorspellingen als hulpvariabele;
4. *simple kriging with varying means* (SKV), met de regressievoorspellingen als hulpvariabele.

De voorspelnauwkeurigheid is geëvalueerd door middel van kruisvalidatie volgens de *leave-one-out* methode.

Uit de resultaten van de regressieanalyse blijkt dat er niet of nauwelijks samenhang is tussen de grondwaterstanden en de hulpvariabelen die zijn afgeleid uit de satellietbeelden. Dit geldt zowel voor het NOAA- als het Landsat-bestand. In het gebied van het waterschap Rijn en IJssel liggen twee strata met voldoende tijdreeksen voor analyse. Uit de regressieanalyse blijkt dat er een goede samenhang is tussen de grondwaterstand en de maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand in stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering die niet op een stuwwal liggen. De samenhang tussen grondwaterstand en hulpinformatie is gering in stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner dan 12 m is.

De ruimtelijke voorspelling van grondwaterstanden beperkte zich tot het gebied van het waterschap Rijn en IJssel, omdat daar naast de satellietbeelden andere bronnen van hulpinformatie aanwezig zijn waarmee de grondwaterstand samenhang vertoont. Met behulp van kruisvalidatie zijn de volgende ruimtelijke voorspellingsmethoden geselecteerd:

1. grondwaterstand t.o.v. maaiveld, stratum 2: *simple kriging with varying means*, met regressievoorspellingen als *varying means*. Hulpvariabelen: GHG en maaiveldhoogte volgens het AHN-bestand (gemiddelde voorspelfout (ME) = 3 cm, *root mean squared error* ($RMSE$) = 42 cm);

2. grondwaterstand t.o.v. maaiveld, stratum 5: regressie, met als hulpvariabelen neerslagoverschot, verdampingstekort, GHG en GVG ($ME = 0$ cm, $RMSE = 29$ cm);
3. grondwaterstand t.o.v. NAP, stratum 2: *simple kriging with varying means*, met regressievoorspellingen als *varying means*. Hulpvariabele: maaiveldhoogte volgens het AHN-bestand ($ME = -1$ cm, $RMSE = 53$ cm);
4. grondwaterstand t.o.v. maaiveld, stratum 5: regressie, met als hulpvariabele de maaiveldhoogte volgens het AHN-bestand ($ME = 0$ cm, $RMSE = 58$ cm).

Uit de resultaten van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat de hulpinformatie die ontleend is aan satellietbeelden niet bruikbaar is als hulpvariabele in de ruimtelijke interpolatie van de grondwaterstand. Voor het gebied van het waterschap Rijn en IJssel is naast hulpinformatie van satellietbeelden ook een digitale hoogtecijferkaart aanwezig (AHN-bestand). Bovendien zijn er voor de punten van deze digitale hoogtecijferkaart ook actuele schattingen bekend van de GHG, de GLG en de GVG. Deze extra hulpinformatie blijkt bruikbaar te zijn bij de interpolatie van grondwaterstanden, vooral in de gebieden met vrije afwatering en een freatisch pakket dat dikker is dan 12 m. In het deel van het waterschap waar het freatische pakket dunner is dan 12 m, is het verband tussen de grondwaterstand en hulpinformatie minder sterk. Uit de analyses kan worden geconcludeerd dat de maaiveldshoogte een bruikbare hulpvariabele is bij het interpoleren van grondwaterstanden.

De grondwaterstand t.o.v. maaiveld is nauwkeuriger te interpoleren dan de grondwaterstand t.o.v. NAP. Uitgedrukt in $RMSE$ is de voorspelfout van de grondwaterstand t.o.v. maaiveld echter in gebieden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m 29 cm, terwijl de $RMSE$ in gebieden met vrije afwatering en een freatisch pakket dat dikker is dan 12 m 42 cm bedraagt.

1 Inleiding

Sinds 1985 is in de provincie Gelderland een meetnet operationeel waarin de freatische grondwaterstanden en de stijghoogten van het diepere grondwater regelmatig worden waargenomen. De waarnemingen in dit zogenaamde Primaire Grondwatermeetnet dienen ter ondersteuning van het provinciale grondwaterbeleid. In het rapport 'Ontwerp Primair Grondwatermeetnet Gelderland' (Anoniem, 1985) is beschreven volgens welke veronderstellingen en uitgangspunten destijds het meetnet is ontworpen. Sindsdien zijn er echter ontwikkelingen geweest die een herbezinning op het meetnetontwerp noodzakelijk maken, zoals:

1. in het Primaire Grondwatermeetnet is gedurende de laatste 16 jaar systematisch informatie over de grondwaterstand verzameld, waarmee de veronderstellingen die in 1985 zijn gemaakt kunnen worden gecontroleerd en de doelstellingen van het meetnet kunnen worden geëvalueerd;
2. recent zijn automatische dataloggers ontwikkeld waarmee het mogelijk is om met een hoge frequentie (bijvoorbeeld dag-, uur- of kwartierfrequentie) de grondwaterstand waar te nemen. De provincie Gelderland bouwt al enige tijd aan een bestand van hoogfrequente tijdreeksen met een korte meetperiode op wisselende locaties (de zogenaamde 'wandelende *divers*');;
3. de automatische analysetechnieken zijn de laatste jaren sterk uitgebreid. Een potentiële verbetering bieden methoden die bij de voorspelling van de grondwaterstand in ruimte en tijd gebruik maken van hulpinformatie, zoals digitale maaiveldhoogtebestanden, gegevens over het waterbeheer en *remote sensing*-beelden;
4. er vindt steeds meer overleg en afstemming plaats tussen de verschillende partijen die bij het grondwaterbeheer zijn betrokken, in het bijzonder tussen de provincie en de waterschappen;
5. de doelstellingen van het grondwatermeetnet kunnen beter worden aangegeven sinds er onderzoek heeft plaatsgevonden naar het 'gewenste grond- en oppervlaktewaterregime (GGOR)'.

Deze ontwikkelingen vormen de aanleiding om het Primaire Grondwatermeetnet van de provincie Gelderland te optimaliseren. Alvorens een meetnet is ontworpen dat volgens de huidige inzichten en uitgangspunten optimaal is, dienen een aantal vragen te worden beantwoord. In een plan van aanpak dat door Alterra en NITG-TNO als voorbereiding op de optimalisatie van het meetnetontwerp is opgesteld worden de volgende twee deelvragen onderscheiden die voorafgaan aan de optimalisatie van het meetnet:

1. in hoeverre beantwoordt het huidige meetnet aan de doelstellingen die in 1985 bij het ontwerp ervan zijn gehanteerd, gegeven de informatie die sindsdien is verzameld?
2. in hoeverre zijn de verschillende bronnen van hulpinformatie bruikbaar bij de voorspelling in ruimte en tijd van de grondwaterstand en volgens welke methode kan deze hulpinformatie het best worden aangewend?

Het onderzoek dat in dit rapport is samengevat richt zich op de tweede vraag.

Het **doel** van deze studie is om een methode te ontwikkelen waarmee de ruimtelijke voorspelling van grondwaterstanden in de provincie Gelderland kan worden verbeterd als naast waarnemingen in het Primaire Grondwatermeetnet gebruik wordt gemaakt van verschillende bronnen van hulpinformatie. Deze bronnen van hulpinformatie zijn:

1. bodemkundig-/hydrologische strata op basis van de bodemkaart 1:50 000;
2. neerslagoverschotten in mm/week, verdampingstekorten in mm/week en relatieve bodemvochtgehalten in %, die voor 52 weken in 1998 uit *remote sensing*-beelden zijn geschat in een grid van 1000×1000 m;
3. verdampingstekort en relatief bodemvochtgehalte in de wortelzone op 3 mei 1999, geschat uit *remote sensing*-beelden in een grid van 25×25 m.

Voor het deel van Gelderland dat behoort tot het waterschap Rijn en IJssel is bovendien een digitaal bestand met geactualiseerde informatie over de gemiddeld hoogste, laagste en voorjaarsgrondwaterstand (resp. GHG, GLG en GVG) beschikbaar, en een digitale hoogtekaart die onderdeel uitmaakt van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN).

De bronnen van hulpinformatie zullen op hun bruikbaarheid bij de voorspelling van grondwaterstanden worden geëvalueerd, zowel voor de provincie Gelderland als geheel als voor het waterschap Rijn en IJssel. Het onderzoek beperkt zich tot de voorspelling van freatische grondwaterstanden. Onderscheid wordt gemaakt tussen de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld en de grondwaterstand ten opzichte van NAP.

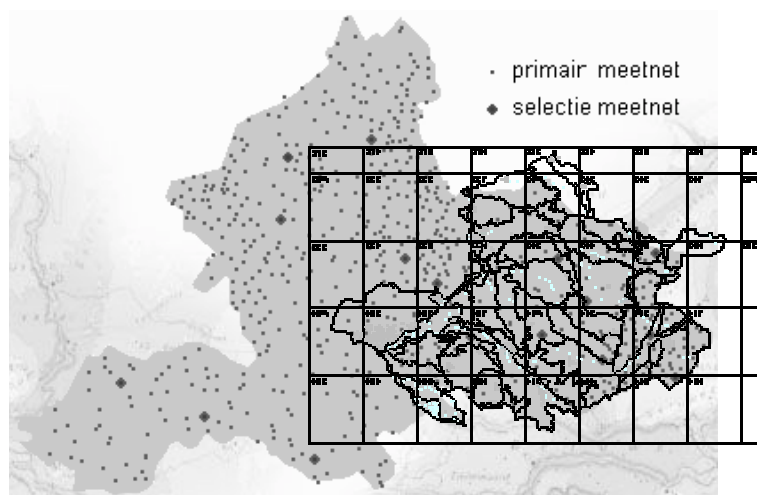
De opbouw van het rapport is als volgt. In hoofdstuk 2 worden de gebruikte gegevens toegelicht. Hoofdstuk 3 beschrijft de analyse die is gevolgd om de samenhang tussen de verschillende bronnen van hulpinformatie en de grondwaterstand te kwantificeren. In hoofdstuk 4 worden de methoden uitgelegd die zijn toegepast om de grondwaterstand op een bepaald tijdstip ruimtelijk te voorspellen. In hoofdstuk 5 wordt de samenhang die is gevonden tussen de verschillende bronnen van hulpinformatie en de grondwaterstand gerapporteerd. De resultaten van de ruimtelijke voorspellingen zijn samengevat in hoofdstuk 6. Met een aantal conclusies en aanbevelingen wordt het rapport in hoofdstuk 7 afgesloten.

2 Grondwaterstanden en hulpinformatie

2.1 Grondwaterstanden

Figuur 1 geeft de locatie van de buizen in het Primaire grondwatermeetnet van de provincie Gelderland. Voor de analyses bleken 632 tijdreeksen uit dit meetnet bruikbaar te zijn, gelet op de diepte van het filter en de waarnemingsperiode. Deze reeksen zijn met een min of meer regelmatige halfmaandelijke frequentie waargenomen, waarbij de waarnemingen zijn verricht rond de 14^{de} en de 28^{ste} van de maand. Waarnemingen die meer dan 5 dagen voor of na deze data waren verricht zijn niet gebruikt in de analyses. Zowel grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld als grondwaterstanden ten opzichte van NAP zijn gebruikt in de analyses.

In figuur 1 is ook het gebied van het waterschap Rijn en IJssel aangegeven, waarin 171 buizen liggen.



Figuur 1 Ligging van het studiegebied en locaties van de grondwaterstandbuizen, ligging van het waterschap Rijn en IJssel (kader). De punten aangeduid met 'selectie meetnet' spelen in deze studie geen rol

2.2 Remote sensing-gegevens

Het NOAA-bestand bevat satellietbeelden van de provincie Gelderland, waaruit door het bureau WaterWatch de volgende hydrologische parameters zijn uitgerekend voor de 52 weken van 1998:

1. verdampingstekort in mm/week;
2. relatief bodemvochtgehalte in %;
3. neerslagoverschot in mm/week.

Uit de Landsat-beelden is het neerslagoverschot in mm en het relatieve bodemvochtgehalte in % geschat voor 3 mei 1999. In verband met atmosferische storingen bedekt dit bestand de provincie Gelderland slechts gedeeltelijk.

2.3 Hoogtecijfers

Voor het waterschap Rijn en IJssel is een digitale kaart van maaiveldhoogten beschikbaar die is gemaakt met behulp van *laserscanning*. Deze kaart, die deel uitmaakt van het Actueel Hoogtecijferbestand Nederland (AHN), geeft voor gridcellen van 25×25 m een voorspelling van de gemiddelde maaiveldhoogte. In het vervolg wordt naar deze maaiveldhoogten verwezen met het symbool z_{DEM} .

2.4 GHG, GLG en GVG

Van het waterschap Rijn en IJssel is een digitaal bestand beschikbaar dat voor elk punt van het AHN-bestand een schatting geeft van de gemiddeld hoogste, gemiddeld laagste en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (resp. *GHG*, *GLG* en *GVG*) (Finke *et al.*, in prep.). Deze schattingen hebben betrekking op het actuele hydrologische regime, waarbij het klimaat is benaderd met de weersomstandigheden van de laatste 30 jaar.

2.5 Hydrologisch-landschappelijke strata

In overleg met de provincie Gelderland is een indeling gemaakt in hydrologisch-landschappelijke strata. De indeling is als volgt:

Hydrologische situatie:

1. Hoge gronden (hg), het deel van Gelderland buiten het rivierengebied, met vrije afwatering;
2. Rivierinvloed (riv), een band van 1 kilometer aan weerszijden van de rivieren, waarbinnen een sterke invloed van de rivierwaterstand op het grondwaterregime wordt verwacht;
3. Gebieden met een beheerst peil (peil), o.a. de polder Arkemheen, grote delen van het rivierengebied, de randmeerkust en enkele delen van Oost-Gelderland;
4. Stedelijk gebied (gem-geriol), gebieden binnen de invloed van stedelijke riolering;
5. Dikte freatisch pakket (trs), het deel van Oost-Gelderland waar het freatisch pakket dunner is dan 12 m (volgens Regis).

Grondwatertrappenkaart:

1. Gt-klassen 1 t/m 3 (gt13);
2. Gt-klassen 4 en 5 (gt45);
3. Gt-klassen 6 en 7 (gt67).

Landschappelijke ligging:

1. Stuwwal (stuwwal), gebieden die tot de stuwwallen in Gelderland behoren;
2. Overige gebieden (-)

Op basis van de bovenstaande indeling konden voor de 632 grondwaterstandbuizen in het studiegebied in het totaal 19 klassen worden onderscheiden:

- hgg13
- hgg45
- hgg67
- hgg13-stuwwal
- hgg45-stuwwal
- hgg67-stuwwal
- riv13
- riv45
- riv67
- riv67-stuwwal
- peil13
- peil45
- peil67
- trsg13
- trsg45
- trsg67
- gem-riol
- gem-riol-stuwwal
- onbekend/overig (geen dekking met de digitale bestanden, of onvolledige informatie)

De 19 klassen zijn geclusterd tot 5 strata omdat in een aantal strata te weinig punten vielen. Bovendien kan worden beredeneerd dat de indeling naar Gt-klasse zou leiden tot vermindering van de samenhang tussen grondwaterstand en hulpinformatie binnen de strata. Verschillen tussen droog en nat komen namelijk juist tot uiting in de Gt-klassen; binnen een Gt-klasse is de variatie in natte en droge situaties te gering om de samenhang tussen de grondwaterstand en hulpinformatie goed te kunnen beschrijven. De clustering leidt tot de volgende vijf strata:

Stratum 1: hgg13-stuwwal, hgg45-stuwwal, hgg67-stuwwal;

Stratum 2: hgg13, hgg45, hgg67;

Stratum 3: peil13, peil45, peil67;

Stratum 4: riv13, riv45, riv67;

Stratum 5: trsg13, trsg45, trsg67.

Slechts één buis bleek te vallen in de klasse riv67-stuwwal. Deze buis is buiten beschouwing gebleven.

3 Regressie-analyse

In dit hoofdstuk worden de methoden besproken, waarmee de samenhang tussen de grondwaterstand en de verschillende vormen van hulpinformatie is geanalyseerd. In paragraaf 3.1 worden de methoden die zijn toegepast voor de gehele provincie Gelderland beschreven. Omdat voor het waterschap Rijn en IJssel meer bronnen van hulpinformatie beschikbaar waren dan voor de rest van Gelderland, is hier een andere aanpak gevolgd. Deze wordt beschreven in paragraaf 3.2.

3.1 Gelderland

3.1.1 NOAA-data voor 1998

De samenhang tussen grondwaterstand en hulpinformatie is zowel voor geheel Gelderland als per stratum onderzocht met behulp van regressie-analyse. Hiervoor is de procedure SELECT (Goedhart en Thissen, 1998) behorende bij het statistische pakket Genstat, Release 5.4.1 gebruikt (Genstat 5 Committee, 1993). Modellen zijn geselecteerd op basis van het percentage verklaarde variantie (R^2) en significantie van de regressiecoëfficiënten.

Voor elke halfmaandelijke tijdstap $t; t = 1, \dots, N; N = 23$ is de samenhang onderzocht tussen de grondwaterstand en hulpinformatie. De tijdstap $t = 1$ komt overeen met 14 januari 1998, de tijdstap $t = 23$ komt overeen met 14 december 1998. Drie verschillende responsvariabelen zijn afgeleid van de waargenomen grondwaterstanden en maaiveldhoogtes:

- h_t , de grondwaterstand t.o.v. maaiveld (cm);
- $\ln(h_t + 10000)$, logaritmisches getransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld;
- $h_{\text{NAP},t}$, de grondwaterstand t.o.v. NAP (cm);

Het onderscheid tussen h_t en $h_{\text{NAP},t}$ komt voort uit de verschillende toepassingen van de grondwaterstandinformatie; voor landbouwkundige en ecologische toepassingen is h_t relevant, terwijl voor de invoer van grondwaterstromingsmodellen en civieltechnische toepassingen $h_{\text{NAP},t}$ relevant is. De logaritmische transformatie is ingegeven door het feit dat de ongetransformeerde grondwaterstand niet symmetrisch verdeeld is, bijvoorbeeld door afstroming naar ontwateringsmiddelen.

Als predictorvariabelen zijn onderscheiden:

- n_t , de gemiddelde neerslagoverschot-intensiteit (mm/dag) tussen $t - 1$ en t ;
- d_t , de gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort (mm/dag) tussen $t - 1$ en t ;

- m_t , het gemiddelde vochtgehalte in de wortelzone (%) in de week waarin t valt.

n_t en d_t zijn geschat uit de weekgemiddelde waarden van het NOAA-bestand (zie paragraaf 2.2).

De volgende regressiemodellen zijn geëvalueerd:

$$\ln(h_t + 10000) \left. \begin{matrix} h_t \\ h_{\text{NAP},t} \end{matrix} \right\} = \begin{cases} b_{0,t} + b_{1,t}n_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}d_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}m_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}n_t + b_{2,t}d_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}n_t + b_{2,t}m_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}d_t + b_{2,t}m_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}n_t + b_{2,t}d_t + b_{3,t}m_t + \varepsilon_t \end{cases}$$

In het totaal zijn voor 23 tijdstappen, de gehele provincie en vijf strata, drie responsvariabelen en 21 combinaties van predictorvariabelen $23 \times (1 + 5) \times 3 \times 7 = 2898$ modellen geëvalueerd.

3.1.2 Landsatdata 3 mei 1999

Uit Landsatdata is een schatting gemaakt van het verdampingstekort (mm) en het relatieve bodemvochtgehalte in de wortelzone (%) op 3 mei 1999. Beide zijn als predictorvariabele gebruikt in de voorspelling van de grondwaterstand op of rond 14 mei 1999. Uit het 25×25 m-grid zijn de Landsat-waarden gezocht die het dichtst bij de locaties van de grondwaterstandbuizen liggen. Hieruit zijn de volgende responsvariabelen afgeleid: 1) verdampingstekort of bodemvochtgehalte op het dichtstbijzijnde gridpunt; 2) gemiddeld verdampingstekort of bodemvochtgehalte van de vier omliggende gridpunten. De analyse is beperkt tot Landsat-data die binnen 25 m van een grondwaterstandbuis liggen. De geëvalueerde regressiemodellen zijn:

$$\ln(h_t + 10000) \left. \begin{matrix} h_t \\ h_{\text{NAP},t} \end{matrix} \right\} = \begin{cases} b_{0,t} + b_{1,t}d_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}d'_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}m_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}m'_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}d_t + b_{2,t}m_t + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}d'_t + b_{2,t}m'_t + \varepsilon_t \end{cases}$$

waarin d_t en m_t respectievelijk het verdampingstekort en het vochtgehalte op het dichtstbijzijnde punt van het Landsat-grid zijn, en d'_t en m'_t respectievelijk het gemiddelde verdampingstekort en gemiddelde vochtgehalte voor de vier dichtstbijzijnde punten van het Landsat-grid zijn. Voor de gehele provincie en vijf strata, drie responsvariabelen en zes combinaties van predictorvariabelen zijn in het totaal $(1 + 5) \times 3 \times 6 = 108$ modellen geëvalueerd.

3.2 Rijn en IJssel

Voor het gebied van het waterschap Rijn en IJssel zijn (naast de NOAA- en Landsatdata) maaiveldhoogten, geactualiseerde voorspellingen van de GHG, GLG en GVG digitaal beschikbaar, zie paragraaf 2.3 en 2.4. Voor dit gebied is daarom een groter aantal regressiemodellen geëvalueerd dan voor de provincie Gelderland als geheel:

$$\ln(h_t + 10000) \left\{ \begin{array}{l} h_t \\ h_{\text{NAP},t} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} b_{0,t} + b_{1,t}x_1 + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}x_1 + b_{2,t}x_2 + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}x_1 + b_{2,t}x_2 + b_{3,t}x_3 + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}x_1 + b_{2,t}x_2 + b_{3,t}x_3 + b_{4,t}x_4 + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}x_1 + b_{2,t}x_2 + b_{3,t}x_3 + b_{4,t}x_4 + b_{5,t}x_5 + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}x_1 + b_{2,t}x_2 + b_{3,t}x_3 + b_{4,t}x_4 + b_{5,t}x_5 + b_{6,t}x_6 + \varepsilon_t \\ b_{0,t} + b_{1,t}x_1 + b_{2,t}x_2 + b_{3,t}x_3 + b_{4,t}x_4 + b_{5,t}x_5 + b_{6,t}x_6 + b_{7,t}x_7 + \varepsilon_t \end{array} \right.$$

Hierin is $x_1, \dots, x_7$ gelijk aan $n_t, d_t, m_t, z_{\text{DEM}}, GHG, GLG$ of GVG , en geldt voor elk model dat $x_1 \neq x_2 \neq x_3 \neq x_4 \neq x_5 \neq x_6 \neq x_7$. Dit leidt tot 98 combinaties van predictorvariabelen. Het aantal geëvalueerde modellen is voor 23 tijdstappen, het gehele gebied en vijf strata, drie responsvariabelen en 98 combinaties van predictorvariabelen gelijk aan $23 \times (1 + 5) \times 3 \times 98 = 40572$.

4 Ruimtelijke voorspelling van grondwaterstanden

4.1 Regressievoorspellingen

Voor elk tijdstip t is de grondwaterstand ruimtelijk voorspeld met behulp van verschillende ruimtelijke voorspellingsmethoden. Een eenvoudige methode is de grondwaterstand te voorspellen met behulp van het regressiemodel dat is geselecteerd voor de samenhang tussen de grondwaterstand en hulpinformatie (zie hoofdstuk 3) en de ruim voorhanden zijnde hulpinformatie. In het geval van één predictorvariabele x_t ziet de voorspelling van bijvoorbeeld de grondwaterstand t.o.v. maaiveld er als volgt in formulevorm uit:

$$\tilde{h}_t = \hat{b}_{0,t} + \hat{b}_{1,t}x_t,$$

waarin $\hat{b}_{0,t}$ en $\hat{b}_{1,t}$ de gekalibreerde regressieparameters zijn. De nauwkeurigheid van deze voorspellingsmethode hangt af van de sterkte van de samenhang tussen de grondwaterstand en hulpinformatie.

4.2 Kriging zonder hulpinformatie: Ordinary kriging (OK)

In een studie waarin veel hulpinformatie beschikbaar is, lijkt het niet voor de hand te liggen om bij de interpolatie van grondwaterstanden deze hulpinformatie te negeren. Als er echter niet of nauwelijks samenhang is tussen de grondwaterstand en de hulpinformatie, dan zou een interpolatiemethode die geen rekening houdt met hulpinformatie betere resultaten op kunnen leveren dan een methode die dat wel doet. In deze studie is *ordinary kriging* (OK) toegepast. Dit is een geostatistische interpolatiemethode die geen rekening houdt met hulpinformatie. Bij krigingmethoden krijgen de waarden op de punten rond het voorspelpunt gewichten. Deze gewichten, vermenigvuldigd met de waarden op de omgevingspunten, leveren de voorspelling voor het voorspelpunt op. De gewichten kunnen worden berekend op basis van een model van ruimtelijke samenhang, bijvoorbeeld een semivariogram. Een semivariogram beschrijft in welke mate de waarde op een bepaald punt samenhangt met de waarden op punten die op verschillende afstanden verwijderd liggen. Meestal is het zo dat de mate van samenhang afneemt met de toename van de afstand. In formulevorm kan OK als volgt worden samengevat (Deutsch en Journel, 1992):

$$Z_{OK}^*(\mathbf{u}) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}^{(OK)}(\mathbf{u})Z(\mathbf{u}_{\alpha}),$$

waarin $Z_{OK}^*(\mathbf{u})$ de kriging-schatter is op het voorspelpunt (de voorspelde grondwaterstand in deze studie), $\lambda_{\alpha}^{(OK)}$, $\alpha=1,\dots,n$ de gewichten zijn voor de n omgevingspunten rond het voorspelpunt, en $Z(\mathbf{u}_{\alpha})$, $\alpha=1,\dots,n$ de waarden op de n omgevingspunten zijn. De gewichten worden berekend door het volgende stelsel van vergelijkingen op te lossen:

$$\begin{cases} \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta}^{(OK)}(\mathbf{u}) C(\mathbf{u}_{\beta} - \mathbf{u}_{\alpha}) + \mu(\mathbf{u}) = C(\mathbf{u} - \mathbf{u}_{\alpha}), \alpha = 1, \dots, n \\ \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta}^{(OK)}(\mathbf{u}) = 1 \end{cases}$$

Hierin is $\mu(\mathbf{u})$ een zogenaamde Lagrange-*multiplier*, die er voor zorgt dat de gewichten sommeren tot 1. $C(\cdots)$ zijn covarianties voor de te voorspellen variabele Z . Als bijvoorbeeld de locaties $\mathbf{u}$ en $\mathbf{u}_{\alpha}$ van elkaar verwijderd zijn door een vector $\mathbf{h}$, dan is de covariantie:

$$C(\mathbf{u}, \mathbf{u} + \mathbf{h}) = E\{Z(\mathbf{u})Z(\mathbf{u} + \mathbf{h})\} - E\{Z(\mathbf{u})\}E\{Z(\mathbf{u} + \mathbf{h})\}.$$

Onder aanname van stationariteit geldt dat

$$C(\mathbf{h}) = E\{Z(\mathbf{u} + \mathbf{h})Z(\mathbf{u})\} - [E\{Z(\mathbf{u})\}]^2.$$

Deze stationariteit wordt lokaal verondersteld aanwezig te zijn in OK, dat wil zeggen binnen de zoekstraal rond een voorspelpunt. Onder aanname van stationariteit kan als alternatief voor de covariantie $C(\mathbf{h})$ het variogram $\gamma(\mathbf{h})$ als volgt worden gedefinieerd:

$$\gamma(\mathbf{h}) = C(0) - C(\mathbf{h}), \forall \mathbf{u}$$

met $C(0) = \text{Var}\{Z(\mathbf{u})\}$.

Het variogram wordt in deze studie gebruikt als model voor de ruimtelijke structuur.

4.3 Kriging met hulpinformatie

4.3.1 Kriging with an external drift (KED)

De eerste geostatistische interpolatiemethode waarbij rekening wordt gehouden met hulpinformatie is *kriging with an external drift* (KED) (Goovaerts, 1997; Deutsch en Journel, 1992). De *drift* kan worden beschouwd als de verwachtingswaarde van de doelvariabele $Z(\mathbf{u})$, die lineair samenhangt met een hulpvariabele $y(\mathbf{u})$ volgens het volgende trendmodel:

$$E\{Z(\mathbf{u})\} = m(\mathbf{u}) = a_0 + a_1 y(\mathbf{u}).$$

De variabele $Z(\mathbf{u})$ bestaat dus uit een driftcomponent $m(\mathbf{u})$ en een *random* component $R(\mathbf{u})$:

$$Z(\mathbf{u}) = m(\mathbf{u}) + R(\mathbf{u}).$$

De regressieparameters a_0 en a_1 worden in KED impliciet door het krigingsysteem geschat. In formulevorm kan KED als volgt worden samengevat:

$$\begin{aligned} Z_{KED}^*(\mathbf{u}) &= \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}^{(KED)}(\mathbf{u}) Z(\mathbf{u}_{\alpha}), \\ \begin{cases} \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta}^{(KED)}(\mathbf{u}) C_R(\mathbf{u}_{\beta} - \mathbf{u}_{\alpha}) + \mu_0(\mathbf{u}) + \mu_1(\mathbf{u}) y(\mathbf{u}_{\alpha}) = C_R(\mathbf{u} - \mathbf{u}_{\alpha}), \alpha = 1, \dots, n \\ \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta}^{(KED)}(\mathbf{u}) = 1 \\ \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta}^{(KED)}(\mathbf{u}) y(\mathbf{u}_{\beta}) = y(\mathbf{u}) \end{cases} \end{aligned}$$

Het onderschrift R geeft aan dat de covarianties C_R betrekking hebben op de *random* component. In deze studie is $y(\mathbf{u})$ de regressievoorspelling, zie paragraaf 4.1.

4.3.2 Simple kriging with varying means (SKV)

De regressievoorspellingen die via de methode uit paragraaf 4.1 zijn verkregen, kunnen mogelijk nog worden verbeterd door nadien de residuen van het regressiemodel te interpoleren met behulp van bijvoorbeeld een geostatistische interpolatiemethode, en deze op te tellen bij de regressievoorspelling. Dit gebeurt bijvoorbeeld in *simple kriging with varying means* (SKV) (Goovaerts, 1997; Deutsch en Journel, 1992), waarbij de *varying means* de regressievoorspellingen zijn. In formulevorm kan SKV als volgt worden samengevat:

$$[Z_{SKV}^*(\mathbf{u}) - m^*(\mathbf{u})] = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}^{(SKV)}(\mathbf{u}) [Z(\mathbf{u}_{\alpha}) - m^*(\mathbf{u}_{\alpha})],$$

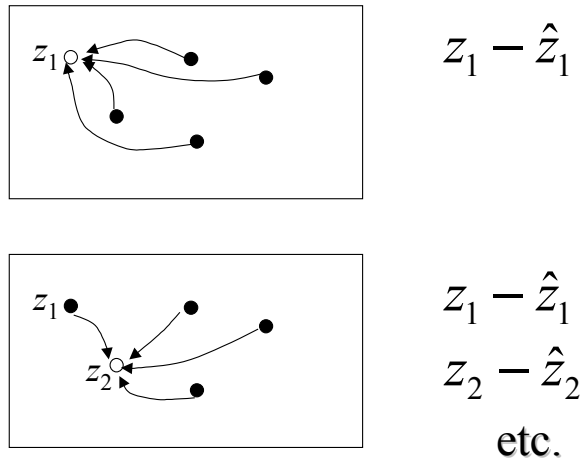
waarin $Z_{SKV}^*(\mathbf{u})$ de *simple-kriging*-schatting voor het voorspelpunt is, en $m^*(\mathbf{u})$ het *varying mean*. Voor de gewichten $\lambda_{\alpha}(\mathbf{u})$ geldt:

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta}^{(SKV)}(\mathbf{u}) C_R(\mathbf{u}_{\alpha} - \mathbf{u}_{\beta}) = C_R(\mathbf{u}_{\alpha} - \mathbf{u}), \quad \alpha = 1, \dots, n.$$

$C_R(\mathbf{h})$ is de covariantiefunctie van de residuen $Z(\mathbf{u}) - m^*(\mathbf{u})$. Het *varying mean* $m^*(\mathbf{u})$ moet vooraf bekend zijn en mag elke vorm hebben. In deze studie is $m^*(\mathbf{u})$ een regressievoorspelling, zie paragraaf 4.1.

4.4 Evaluatie van de voorspelnauwkeurigheid

De ruimtelijke voorspelnauwkeurigheid is geëvalueerd door middel van kruisvalidatie. Deze methode is schematisch weergegeven in figuur 2. Bij kruisvalidatie wordt telkens een van de datapunten niet gebruikt om ruimtelijk te voorspellen, bijvoorbeeld punt 1 in het bovenste plaatje van figuur 2. Vanuit de overige punten wordt dan naar dat ene punt voorspeld. De voorspelling, $\hat{z}_1$, wordt vergeleken met de waarneming, z_1 . Het verschil tussen beide is de voorspelfout. Deze procedure wordt herhaald totdat alle n punten ($n - 1$) keer datapunt zijn geweest en eenmaal voorspelpunt.



Figuur 2 Kruisvalidatie. De pijlen geven de voorspelling vanuit datapunten naar een voorspelpunt aan. Gesloten cirkels: datapunten, open cirkels: voorspelpunten

De volgende validatiecriteria zijn berekend:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i - \hat{z}_i ,$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - \hat{z}_i)^2} .$$

ME (mean error) is een maat voor de systematische fout in de voorspelling. *RMSE* is een maat voor de nauwkeurigheid van de voorspelling, dat wil zeggen de algehele overeenkomst tussen voorspellingen en werkelijke waarden. De willekeurige fout kan uit beide maten als volgt worden gekwantificeerd met de *SDE (standard deviation of error)*:

$$SDE = \sqrt{\frac{n}{n-1} (RMSE^2 - ME^2)} .$$

5 Samenhang tussen grondwaterstand en hulpinformatie

In dit hoofdstuk wordt de samenhang tussen de grondwaterstand en hulpinformatie beschreven die is gevonden met behulp van de regressie-analyse die in hoofdstuk 3 is gegeven. In paragraaf 5.1 worden de resultaten voor de NOAA-satellietbeelden voor de gehele provincie Gelderland in 1998 gegeven. Paragraaf 5.2 bevat de resultaten voor de Landsatbeelden op 3 mei 1999. Paragraaf 5.3 beschrijft de resultaten die zijn gevonden voor het waterschap Rijn en IJssel.

5.1 Regressiemodellen Gelderland: NOAA

In Aanhangsel 1 zijn in tabel 1 t/m 18 de resultaten van de modelselectie voor de gehele provincie Gelderland weergegeven. De predictorvariabelen zijn afkomstig uit de NOAA-satellietbeelden van 1998, zie subparagraaf 3.1.1. Uit de 18 tabellen in Aanhangsel 1 blijkt dat er niet of nauwelijks sprake is van samenhang tussen de grondwaterstand en de hulpvariabelen die zijn afgeleid uit de satellietbeelden. Het hoogste percentage verklaarde variantie (R^2) dat is gevonden bedraagt 60 % (tabel 18). Het betreft hier de samenhang die is gevonden tussen de grondwaterstand t.o.v. NAP en verdampingstekort en vochtgehalte op 28 juni 1998, in stratum 5 (gronden met een freatisch pakket dat dunner dan 12 m is). Veelal is R^2 echter minder dan 20 %, ongeacht stratificatie. Op basis van de resultaten in Aanhangsel 1 kan geen predictorvariabele of combinatie van predictorvariabelen worden aangewezen die gemiddeld voor alle tijdstippen het meest verklarend is.

5.2 Regressiemodellen Gelderland: Landsat

Aanhangsel 2 bevat de resultaten van de modelselectie voor de gehele provincie Gelderland, met predictorvariabelen die gebaseerd zijn op de Landsat-beelden van 3 mei 1999, zie subparagraaf 3.1.2. De responsvariabele is de grondwaterstand die op of rond 14 mei 1999 is gemeten. De samenhang met de hulpinformatie is afwezig of zeer gering. Alleen voor stratum 3, gronden met een beheerst peil, bedraagt R^2 ca. 22 tot 40 %.

5.3 Regressiemodellen Rijn en IJssel

Aanhangsel 3 geeft een overzicht van de regressiemodellen die zijn geselecteerd voor het waterschap Rijn en IJssel. De predictorvariabelen zijn afkomstig uit de NOAA-satellietbeelden van 1998, het AHN-bestand en de geactualiseerde kaart van GHG's, GLG's en GVG's. In het gebied van het waterschap Rijn en IJssel zijn twee strata aanwezig waarin voldoende grondwaterstandbuizen liggen om de samenhang tussen grondwaterstand en hulpinformatie te onderzoeken: stratum 2, hoge gronden met

vrije afwatering met uitzondering van de stuwwallen, en stratum 5, gronden met een freatisch pakket dat dunner dan 12 m is.

Voor het gehele Rijn en IJssel, dus zonder stratificatie, kon met de beschikbare hulpinformatie circa 40 tot 60 % van de variantie van de grondwaterstand t.o.v. maaiveld worden verklaard (tabel 25 t/m 32). Van de variantie van de grondwaterstand t.o.v. NAP kon circa 70 tot 80 % worden verklaard (tabel 33 t/m 36). Alle modellen bevatten de maaiveldhoogte volgens het AHN als predictorvariabele.

Tabel 37 t/m 48 bevatten de resultaten voor stratum 2, hoge gronden met vrije afwatering met uitzondering van de stuwwallen. Van de variantie van de grondwaterstand t.o.v. maaiveld kan circa 55 tot 65 % worden verklaard met de beschikbare hulpinformatie. Van de grondwaterstand t.o.v. NAP kan zelfs 98 à 99 % worden verklaard. Ook in stratum 2 geldt dat de maaiveldhoogte volgens het AHN het meeste bijdraagt aan de verklaring van de grondwaterstand.

Tabel 49 t/m 59 bevatten de resultaten voor stratum 5, gronden met een freatisch pakket dat dunner dan 12 m is. De samenhang tussen de grondwaterstand t.o.v. maaiveld en hulpinformatie is in dit stratum gering, zoals uit de resultaten in tabel 49 t/m 56 blijkt. De combinatie van neerslagoverschot berekend uit NOAA-data en GHG en GVG van de geactualiseerde grondwatertrappenkaart blijkt het meeste samenhang met de grondwaterstand te vertonen (R^2 circa 40 %). De grondwaterstand t.o.v. NAP blijkt wederom sterk samen te hangen met de maaiveldhoogte volgens het AHN.

6 Ruimtelijk voorspelde grondwaterstanden

Zoals uit de resultaten die in het vorige hoofdstuk zijn besproken blijkt, is de samenhang tussen grondwaterstanden en hulpinformatie uit de NOAA- en Landsat-satellietbeelden zeer gering. De ruimtelijke voorspelling van grondwaterstanden is daarom beperkt tot het waterschap Rijn en IJssel, omdat daar naast de satellietbeelden ook andere bronnen van hulpinformatie aanwezig zijn waarmee de grondwaterstand meer samenhang vertoont. In paragraaf 6.1 worden de regressiemodellen gegeven waarmee ruimtelijke voorspellingen zijn gemaakt van de grondwaterstand. Deze modellen zijn geselecteerd op basis van de resultaten die zijn beschreven in paragraaf 5.3. Paragraaf 6.2 geeft de variogrammen die in de kriging-interpolatie zijn gebruikt. In paragraaf 6.3 worden de resultaten van de kruisvalidatie beschreven. Als voorbeeld is in paragraaf 6.4 de grondwaterstand die optrad op of rond 14 mei 1998 ruimtelijk voorspeld.

6.1 Regressievoorspellingen

Aanhangsel 4 geeft een overzicht van alle geselecteerde regressiemodellen voor stratum 2 en 5 in het waterschap Rijn en IJssel. De modellen zijn geselecteerd volgens de procedure die beschreven is in paragraaf 3.2. De resultaten van de modelselectie zijn weergegeven in paragraaf 5.3 en Aanhangsel 3.

De volgende regressiemodellen zijn uiteindelijk geselecteerd om te gebruiken in de ruimtelijke voorspelling van de grondwaterstand:

Stratum 2:

$$h_t = b_0 + b_1 GHG + b_2 z_{DEM} + e_t,$$

$$h_{NAP,t} = b_0 + b_1 z_{DEM} + e_t;$$

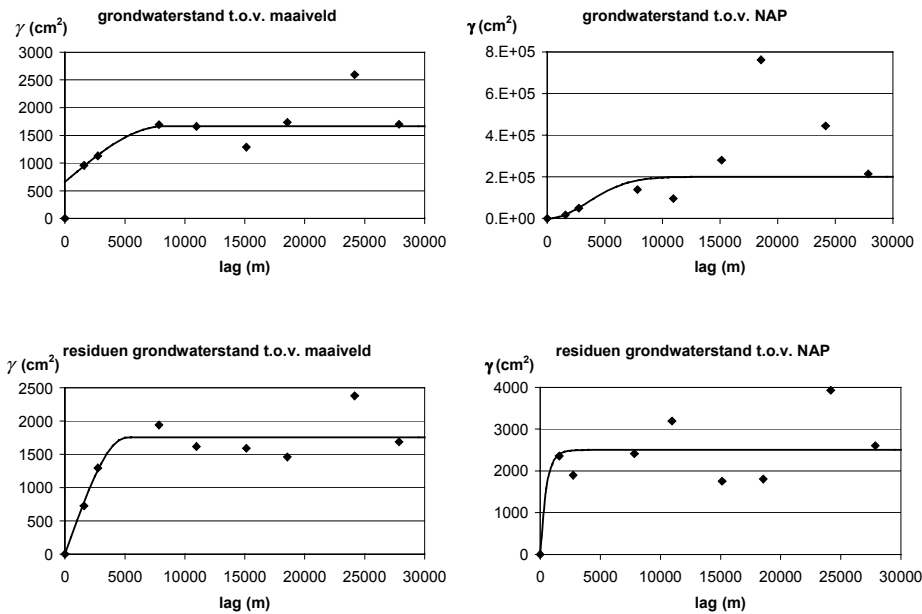
Stratum 5:

$$h_t = b_0 + b_1 n_t + b_2 d_t + b_3 GHG + b_4 GVG + e_t,$$

$$h_{NAP,t} = b_0 + b_1 z_{DEM} + e_t.$$

6.2 Variogrammen

Figuur 3 geeft de experimentele en gefitte variogrammen voor de grondwaterstand t.o.v. maaiveld, de grondwaterstand t.o.v. NAP en voor de residuen van de regressiemodellen die voor beide zijn geselecteerd. De variogrammen hebben betrekking op het gehele gebied van het waterschap Rijn en IJssel, dus zowel stratum 2 als stratum 5. Verder hebben de variogrammen betrekking op alle 23 tijdstippen in 1998.



Figuur 3 Variogrammen van de grondwaterstand t.o.v. maaiveld en t.o.v. NAP. Boven: variogrammen voor de doelvariabele; onder: variogrammen voor de residuen van het geselecteerde regressiemodel

Voor de grondwaterstand t.o.v. maaiveld is een sferisch model gefit:

$$\gamma(l) = \begin{cases} 660 + 1006 \left[1.5 \frac{l}{8253} - 0.5 \left(\frac{l}{8253} \right)^3 \right] & , \text{als } l \leq 8253 \text{ m}, \\ 660 + 1006 & , \text{als } l > 8253 \text{ m}, \end{cases}$$

waarin l de lag is (m) en $\gamma(l)$ het variogram in cm^2 .

Voor de residuen van de regressiemodellen die zijn geselecteerd voor de grondwaterstand t.o.v. maaiveld in stratum 2 en 5 (paragraaf 6.1), is het volgende sferische model gefit:

$$\gamma(l) = \begin{cases} 1754 \left[1.5 \frac{l}{5160} - 0.5 \left(\frac{l}{5160} \right)^3 \right] & , \text{als } l \leq 5160 \text{ m}, \\ 1754 & , \text{als } l > 5160 \text{ m}. \end{cases}$$

Voor de grondwaterstand t.o.v. NAP is een Gaussisch model gefit:

$$\gamma(l) = 20000 \left[1 - \exp \left(- \frac{(3l)^2}{8660^2} \right) \right],$$

waarin 8660 de effectieve range in m is.

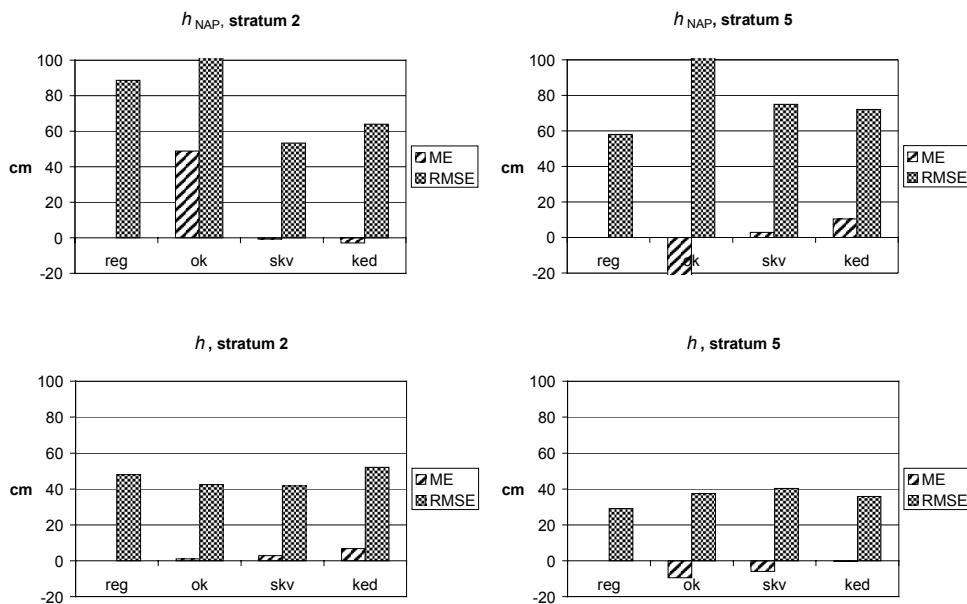
Voor de residuen van de regressiemodellen die zijn geselecteerd voor de grondwaterstand t.o.v. NAP in stratum 2 en 5 (paragraaf 6.1), is het volgende exponentiële model gefit:

$$\gamma(l) = 20000 \left[1 - \exp \left(- \frac{(3l)^2}{8660^2} \right) \right],$$

waarin 1500 de effectieve range in m is.

6.3 Resultaten kruisvalidatie

Figuur 4 toont de resultaten van de kruisvalidatie. Het blijkt dat de grondwaterstand t.o.v. NAP ruimtelijk minder nauwkeurig is te voorspellen dan de grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Dit is zowel in stratum 2 als 5 het geval en geldt alle vier voorspellingsmethoden. Dit resultaat lijkt in tegenspraak met de resultaten die zijn besproken in paragraaf 5.3, met betrekking tot de samenhang tussen grondwaterstand en hulpinformatie. De grondwaterstand t.o.v. NAP blijkt nl. sterker met hulpinformatie samen te hangen dan de grondwaterstand t.o.v. maaiveld. De samenhang, uitgedrukt in R^2 , betreft echter een relatieve maat, terwijl de resultaten van de kruisvalidatie in figuur 4 absolute maten zijn. Doordat de grondwaterstand t.o.v. NAP veel meer in de ruimte varieert dan t.o.v. maaiveld, zijn de ruimtelijke voorspelfouten voor de grondwaterstand t.o.v. NAP groter dan die voor de grondwaterstand t.o.v. maaiveld, ondanks de betere samenhang met hulpinformatie. Het *varying mean* in *simple kriging with varying means* wordt gevormd door de regressievoorspellingen. In *kriging with an external drift* doen de regressievoorspellingen dienst als hulpvariabele in de *external drift*.



Figuur 4 Staafdiagrammen van de mean error (ME) en de root mean squared error (RMSE). reg=regressievoorspelling; ok=ordinary kriging; skv=simple kriging with varying means; ked=kriging with an external drift

Op basis van de resultaten van de kruisvalidatie zijn de volgende voorspellingsmethoden gekozen:

1. grondwaterstand t.o.v. maaiveld, stratum 2: *simple kriging with varying means*, met regressievoorspellingen als *varying means*. Hulpvariabelen: GHG en maaiveldhoogte volgens het AHN-bestand (ME = 3 cm, RMSE = 42 cm);

2. grondwaterstand t.o.v. maaiveld, stratum 5: regressie, met als hulpvariabelen neerslagoverschot, verdampingstekort, GHG en GVG ($ME = 0$ cm, $RMSE = 29$ cm);
 3. grondwaterstand t.o.v. NAP, stratum 2: *simple kriging with varying means*, met regressievoorspellingen als *varying means*. Hulpvariabele: maaiveldhoogte volgens het AHN-bestand ($ME = -1$ cm, $RMSE = 53$ cm);
 4. grondwaterstand t.o.v. NAP, stratum 5: regressie, met als hulpvariabele de maaiveldhoogte volgens het AHN-bestand ($ME = 0$ cm, $RMSE = 58$ cm).
- Met deze voorspellingsmethoden zijn als voorbeeld in paragraaf 6.4 kaarten gemaakt van de grondwaterstand t.o.v. maaiveld en t.o.v. NAP.

6.4 Voorbeeld: de grondwaterstand op 14 mei 1998

Ter illustratie is een kaart gemaakt van de grondwaterstand t.o.v. maaiveld en t.o.v. NAP op 14 mei 1998. De volgende voorspelmethoden en modellen voor de ruimtelijke structuur zijn hierbij gebruikt:

*Stratum 2, grondwaterstand t.o.v. maaiveld, **kriging with varying means, regressie**:*

$$m_t^*(\mathbf{u}) = 22.75565 - 1.48699GHG(\mathbf{u}) - 0.02140z_{\text{DEM}}(\mathbf{u}),$$

$$\gamma(l) = \begin{cases} 1754 \left[1.5 \frac{l}{5160} - 0.5 \left(\frac{l}{5160} \right)^3 \right] & , \text{als } l \leq 5160 \text{ m,} \\ 1754 & , \text{als } l > 5160 \text{ m.} \end{cases}$$

*Stratum 5, grondwaterstand t.o.v. maaiveld, **regressie**:*

$$\tilde{h}_t(\mathbf{u}) = 2.38722 - 61.75425n_t(\mathbf{u}) - 157.91002d_t(\mathbf{u}) - 1.66408GHG(\mathbf{u}) + 1.15157GVG(\mathbf{u})$$

*Stratum 2, grondwaterstand t.o.v. NAP, **kriging with varying means, regressie**:*

$$m_t^*(\mathbf{u}) = -111.27919 + 0.98629z_{\text{DEM}}(\mathbf{u}),$$

$$\gamma(l) = 2500 \left[1 - \exp \left(- \frac{3l}{1500} \right) \right],$$

*Stratum 5, grondwaterstand t.o.v. NAP, **regressie**:*

$$\tilde{h}_{\text{NAP},t}(\mathbf{u}) = -152.07707 + 1.0350z_{\text{DEM}}(\mathbf{u}).$$

De kaarten zijn afgedrukt in Aanhangsel 5.

7 Conclusies

De haalbaarheid van het gebruik van hulpinformatie bij de interpolatie van grondwaterstanden in de provincie Gelderland is onderzocht. Uit de resultaten van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat de hulpinformatie die ontleend is aan satellietbeelden niet bruikbaar is als hulpvariabele in de ruimtelijke interpolatie van de grondwaterstand. Voor het gebied van het waterschap Rijn en IJssel is naast hulpinformatie van satellietbeelden ook een digitale hoogtecijferkaart aanwezig (AHN-bestand). Bovendien zijn er voor de punten van deze digitale hoogtecijferkaart ook actuele schattingen bekend van de GHG, de GLG en de GVG. Deze extra hulpinformatie blijkt bruikbaar te zijn bij de interpolatie van grondwaterstanden, vooral in de gebieden met vrije afwatering en een freatisch pakket dat dikker is dan 12 m. In het deel van het waterschap waar het freatische pakket dunner is dan 12 m, is het verband tussen de grondwaterstand en hulpinformatie minder sterk. Uit de analyses kan worden geconcludeerd dat de maaiveldshoogte een bruikbare hulpvariabele is bij het interpoleren van grondwaterstanden.

De grondwaterstand t.o.v. maaiveld is nauwkeuriger te interpoleren dan de grondwaterstand t.o.v. NAP. Uitgedrukt in *RMSE* is de voorspelfout van de grondwaterstand t.o.v. maaiveld echter in gebieden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m 29 cm, terwijl de *RMSE* in gebieden met vrije afwatering en een freatisch pakket dat dikker is dan 12 m 42 cm bedraagt.

Literatuur

Anoniem, 1985. *Ontwerp primair grondwaterstandsmeetnet Gelderland*. DGV-TNO, Rijkswaterstaat Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Provincie Gelderland Dienst Waterbeheer.

Deutsch, C.V. en A.G. Journel, 1992. *GSLIB. Geostatistical Software Library and User's Guide*. New York, Oxford University Press.

Finke, P.A., T. Hoogland en F. de Vries., in prep. *Actualisatie grondwatertrappenkaart Waterschap Rijn en IJssel*. Wageningen, Alterra-rapport 126.

Genstat 5 Committee, 1993. *Genstat 5 Release 3 Reference Manual*. London, Clarendon Press, 796 pp.

Goedhart, P.W. en J.T.N.M. Thissen (eds.), 1998. *CBW Genstat Procedure Library Manual Release 4.1*. Wageningen, Centre for Biometry, 78 pp .

Goovaerts, P., 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation*. New York, Oxford University Press.

Aanhangsel 1 Resultaten modelselectie Gelderland; NOAA

Tabel 1 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan			15.45			16.75
28-Jan			11.69			
14-Feb		8.75				9.86
28-Feb		15.31				16.74
14-Mar		6.61				11.4
28-Mar			2.96			
14-Apr	1.09					
28-Apr			0.71			
14-May			21.33	26.97		
28-May			23.55		24.5	
14-Jun			18.08			22.79
28-Jun			13.56	17.33		
14-Jul		14.8				17.67
28-Jul		14.5				16.72
14-Aug		16.57				22.87
28-Aug			18.25			27.44
14-Sep		21.13				27.06
28-Sep		12.98		15.7		
14-Oct		5.96				
28-Oct		4.66		5.62		
14-Nov	0.92			2.47		
28-Nov			2.38		3.22	
14-Dec			10.8			12.55
R ² _{gem.}	1.005	12.127	12.61455	13.618	13.86	18.35
n	2	10	11	5	2	11

Tabel 2 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan			13.13			14.28
28-Jan			9.66			
14-Feb		7.4				8.19
28-Feb		12.74				13.89
14-Mar		5.65				9.76
28-Mar			2.57			
14-Apr	1.01					
28-Apr						
14-May			18.99	22.77		
28-May			20.96		22.01	
14-Jun			16.13			20.13
28-Jun			12.25	15.3		
14-Jul		12.17				14.9
28-Jul		11.82				14.03
14-Aug			14.7			19.81
28-Aug			16.8			24.04
14-Sep		17.5				23.95
28-Sep		11.37		13.51		
14-Oct		5.4				6.08
28-Oct		4.27		5.04		
14-Nov		0.69		1.88		
28-Nov			2.02		2.74	
14-Dec			9.22			10.67
R ² _{gem.}	1.01	8.901	12.40273	11.7	12.375	14.9775
n	1	10	11	5	2	12

Tabel 3 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v NAP. Geen stratificatie.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	12.43				19.58	
28-Jan		4.04		5.58		
14-Feb		6.21				11.62
28-Feb		3.67				
14-Mar			6.2		11.16	
28-Mar		11.54		13.1		
14-Apr	0.92					
28-Apr	27.85			29.66		
14-May		3.71		5.03		
28-May			3.81			8.09
14-Jun			14.11			29.32
28-Jun		19.19				
14-Jul		3.83		5.35		
28-Jul	9.51					
14-Aug	1.55					
28-Aug						
14-Sep	12.26			14.23		
28-Sep	10.02			13.71		
14-Oct	1.28					
28-Oct						
14-Nov	8.61					
28-Nov	3.35					
14-Dec	11.96				15.78	
R ² _{gem.}	9.067273	7.455714	8.04	12.38	15.506667	16.34333
n	11	7	3	7	3	3

Tabel 4 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 1: hoge gronden met vrije afwatering, in stuwvallen.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan			9.28			
28-Jan			4.95			
14-Feb		3.75				
28-Feb						
14-Mar		5.61				
28-Mar						
14-Apr	3.45					
28-Apr						
14-May			9.68			
28-May			10.37			
14-Jun			11.6			
28-Jun		8.51				
14-Jul	4.71			12.16		
28-Jul						
14-Aug						
28-Aug			7.91			
14-Sep		11.83				17.75
28-Sep			3.94			
14-Oct						
28-Oct						
14-Nov						
28-Nov	3.65					
14-Dec			7.4	9.71		
R ² _{gem.}	3.936667	7.425	8.14125	10.935	#DIV/0!	17.75
n	3	4	8	2	0	1

Tabel 5 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 1: hoge gronden met vrije afwatering, in stuwvallen.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan			7.43			
28-Jan			3.56			
14-Feb		3.08				
28-Feb						
14-Mar		4.38				
28-Mar						
14-Apr						
28-Apr						
14-May			8.93			
28-May			9.83			
14-Jun			10.67			
28-Jun			7.74			
14-Jul	4.55			10.2		
28-Jul						
14-Aug						
28-Aug			7.9			
14-Sep		8.75				16.14
28-Sep			5.36			
14-Oct			3.53			
28-Oct						
14-Nov						
28-Nov						
14-Dec			5.96			
R ² _{gem.}	4.55	5.403333	7.091	10.2	#DIV/0!	16.14
n	1	3	10	1	0	1

Tabel 6 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 1: hoge gronden met vrije afwatering, in stuwwallen.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	14.19					
28-Jan						
14-Feb						
28-Feb			9.57			
14-Mar			7.62			
28-Mar			9.83			
14-Apr			13.9			16.5
28-Apr			13.19			23.25
14-May						
28-May						
14-Jun						
28-Jun						
14-Jul	27.19				30.01	
28-Jul						
14-Aug	3.5					
28-Aug						
14-Sep	5.9				14.43	
28-Sep			4.71			
14-Oct			4.94			8.71
28-Oct	11.3					
14-Nov						
28-Nov						
14-Dec		4.66				12.09
R ² _{gem.}	12.416	4.66	9.108571	#DIV/0!	22.22	15.1375
n	5	1	7	0	2	4

Tabel 7 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwvallen.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan			5.67		12.15	
28-Jan			8.06			
14-Feb			2.76			
28-Feb		1.93				
14-Mar						
28-Mar		1.64				
14-Apr	2.07					
28-Apr	4.25					
14-May		4.17		5.75		
28-May			2.95			
14-Jun			5.28			
28-Jun		10.21		12.33		
14-Jul		8.08				10.14
28-Jul			2.35			4.94
14-Aug		3.92				7.2
28-Aug		5.71				
14-Sep		11.54		18.46		
28-Sep						
14-Oct	2.39					
28-Oct						
14-Nov	3.79					
28-Nov		3.11				
14-Dec	4.14			6.36		
R ² _{gem.}	3.328	5.59	4.511667	10.725	12.15	7.426667
n	5	9	6	4	1	3

Tabel 8 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwwallen.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan			5.65		11.98	
28-Jan			8.02			
14-Feb			2.76			
28-Feb		1.91				
14-Mar						
28-Mar		1.63				
14-Apr	2.03					
28-Apr	4.16					
14-May		4.07		5.62		
28-May			2.87			
14-Jun			5.18			
28-Jun		10.03		12.09		
14-Jul		8.02				10.12
28-Jul			2.37			4.98
14-Aug		3.93				7.23
28-Aug		5.7				
14-Sep		11.44		18.29		
28-Sep						
14-Oct	2.35					
28-Oct						
14-Nov	3.72					
28-Nov		3.08				
14-Dec	4.06			6.3		
R ² _{gem.}	3.264	5.534444	4.475	10.575	11.98	7.443333
n	5	9	6	4	1	3

Tabel 9 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwwallen.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	38.13				39.79	
28-Jan	9.38					
14-Feb			4.95			
28-Feb						
14-Mar	8.37			20.11		
28-Mar		26.55		29.9		
14-Apr	4.38				6.59	
28-Apr	38.46			43.18		
14-May			4.97			8.83
28-May		14.3		22.19		
14-Jun		36.32				44.71
28-Jun		21.64				
14-Jul		4.72				6.31
28-Jul			9.29			15.31
14-Aug			12.27		14.93	
28-Aug			8.18			9.81
14-Sep			10.96		16.56	
28-Sep	39.74				42.54	
14-Oct			10.43		13.89	
28-Oct			4.43			
14-Nov	10.43					11.64
28-Nov	6.78					
14-Dec	26.61				31.11	
R ² _{gem.}	20.25333	20.706	8.185	28.845	23.63	16.10167
n	9	5	8	4	7	6

Tabel 10 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R^2 -waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 3: gronden met een beheerst peil.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	5					
28-Jan	6.27					
14-Feb		5.11				
28-Feb						
14-Mar	5.75					
28-Mar						
14-Apr						
28-Apr	8.85					
14-May						7.36
28-May						
14-Jun	4.98					
28-Jun						6.14
14-Jul		7.68				
28-Jul						
14-Aug	12.04					
28-Aug						
14-Sep					10.18	
28-Sep						
14-Oct						
28-Oct	9.8			14.99		
14-Nov	5.18					
28-Nov						
14-Dec						
$R^2_{\text{gem.}}$	7.23375	6.395	#DIV/0!	14.99	10.18	6.75
n	8	2	0	1	1	2

Tabel 11 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R^2 -waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 3: gronden met een beheerst peil.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	4.97					
28-Jan	6.32					
14-Feb		5.14				
28-Feb						
14-Mar	5.75					
28-Mar						
14-Apr						
28-Apr	8.9					
14-May						7.36
28-May						
14-Jun	4.99					
28-Jun						
14-Jul		7.71				
28-Jul						
14-Aug	12.04					
28-Aug						
14-Sep					10.19	
28-Sep						
14-Oct						
28-Oct	9.82			15.02		
14-Nov	5.2					
28-Nov						
14-Dec						
$R^2_{\text{gem.}}$	7.24875	6.425	#DIV/0!	15.02	10.19	7.36
n	8	2	0	1	1	1

Tabel 12 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R^2 -waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 3: gronden met een beheerst peil.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	19				23.42	
28-Jan			3.26			
14-Feb		5.53				
28-Feb						
14-Mar		12.8				
28-Mar		15.01				
14-Apr						
28-Apr	23.59					
14-May			4.47			16.17
28-May		6.21				
14-Jun		16.44				
28-Jun			11.82			31.08
14-Jul			19.65		36.07	
28-Jul			12.43		17.18	
14-Aug			6.61		12.4	
28-Aug			8.67			
14-Sep			12.3		22.12	
28-Sep			13.37		22.51	
14-Oct	6.56					
28-Oct						
14-Nov	4.34					
28-Nov		6.26				10.69
14-Dec						
$R^2_{\text{gem.}}$	13.3725	10.375	10.28667	#DIV/0!	22.283333	19.31333
n	4	6	9	0	6	3

Tabel 13 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 4: gronden binnen de invloed van een rivier.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	27.32					
28-Jan	14.1					
14-Feb						
28-Feb						
14-Mar			16.01			
28-Mar						
14-Apr			19.6			
28-Apr			20.83		34.51	
14-May						
28-May						
14-Jun	14.63					
28-Jun		19.26				
14-Jul	14.93					
28-Jul						
14-Aug						
28-Aug						
14-Sep						
28-Sep						
14-Oct						
28-Oct						
14-Nov						
28-Nov						
14-Dec						
R ² _{gem.}	17.745	19.26	18.81333	#DIV/0!	34.51	#DIV/0!
n	4	1	3	0	1	0

Tabel 14 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R²-waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 4: gronden binnen de invloed van een rivier.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	27.32					
28-Jan	14.08					
14-Feb						
28-Feb						
14-Mar			15.89			
28-Mar						
14-Apr			19.55			
28-Apr			20.82		34.54	
14-May						
28-May						
14-Jun	14.72					
28-Jun		19.34				
14-Jul	14.9					
28-Jul						
14-Aug						
28-Aug						
14-Sep						
28-Sep						
14-Oct						
28-Oct						
14-Nov						
28-Nov						
14-Dec						
R ² _{gem.}	17.755	19.34	18.75333	#DIV/0!	34.54	#DIV/0!
n	4	1	3	0	1	0

Tabel 15 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R^2 -waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 4: gronden binnen de invloed van een rivier.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	26.7					
28-Jan						
14-Feb						
28-Feb		16.57				
14-Mar						
28-Mar						
14-Apr			16.94			
28-Apr						
14-May						
28-May						
14-Jun						
28-Jun	19.72					
14-Jul	17.84					
28-Jul						
14-Aug						
28-Aug	13.95					
14-Sep						
28-Sep						
14-Oct						
28-Oct						
14-Nov						
28-Nov			14.8			
14-Dec			16.65			
$R^2_{\text{gem.}}$	19.5525	16.57	16.13	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
n	4	1	3	0	0	0

Tabel 16 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R^2 -waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	10.28					
28-Jan						
14-Feb		10.37				
28-Feb						
14-Mar						
28-Mar						
14-Apr						
28-Apr						
14-May						
28-May			9.28			
14-Jun						
28-Jun						
14-Jul						
28-Jul						
14-Aug						
28-Aug						
14-Sep						
28-Sep						
14-Oct						
28-Oct						
14-Nov	30.25					
28-Nov						
14-Dec						
$R^2_{\text{gem.}}$	20.265	10.37	9.28	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
n	2	1	1	0	0	0

Tabel 17 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R^2 -waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m.

datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan	10.21					
28-Jan						
14-Feb		10.35				
28-Feb						
14-Mar						
28-Mar						
14-Apr						
28-Apr						
14-May						
28-May			9.21			
14-Jun						
28-Jun						
14-Jul						
28-Jul						
14-Aug						
28-Aug						
14-Sep						
28-Sep						
14-Oct						
28-Oct						
14-Nov	30.6					
28-Nov						
14-Dec						
$R^2_{\text{gem.}}$	20.405	10.35	9.21	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
n	2	1	1	0	0	0

Tabel 18 Resultaten modelselectie Gelderland 1998. R^2 -waarden, ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m.

grondwaterstand t.o.v. NAP, stratum 5						
datum	nov	def	mois	nov+def	nov+mois	def+mois
14-Jan						
28-Jan						
14-Feb		14.1				
28-Feb			36.02			
14-Mar			29.93			
28-Mar	18.88					
14-Apr	16.67					
28-Apr						
14-May						
28-May	10.34					
14-Jun			25.66		35.56	
28-Jun			51.17			60.3
14-Jul	30.81				42.07	
28-Jul						
14-Aug	18.9					
28-Aug			28.96			37.69
14-Sep			25.67			
28-Sep			22.76			
14-Oct			9.99			
28-Oct	15.65					
14-Nov						
28-Nov						
14-Dec						
$R^2_{\text{gem.}}$	18.54167	14.1	28.77	#DIV/0!	38.815	48.995
n	6	1	8	0	2	2

Aanhangsel 2 Resultaten modelselectie Gelderland; Landsat

Tabel 19 Resultaten modelselectie Gelderland 14 mei 1999. R²-waarden voor modellen met significante parameters. Responsvariabelen: grondwaterstand t.o.v. maaiveld, loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld en grondwaterstand t.o.v. NAP. Predictorvariabelen: def=verdampingstekort op 3 mei 1999, mois=vochtgehalte van de wortelzone op 3 mei 1999. def en mois zijn geschat uit het Landsatpunt dat het dichtst bij de grondwaterstandbuis ligt. Geen stratificatie.

responsvariabele	predictorvariabelen		
	def	mois	def, mois
h	3.68	4.82	9.69
$\ln(h + 10000)$	2.94	4.27	8.22
h_{NAP}		7.37	

Tabel 20 Resultaten modelselectie Gelderland 14 mei 1999. R²-waarden voor modellen met significante parameters. Responsvariabelen: grondwaterstand t.o.v. maaiveld, loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld en grondwaterstand t.o.v. NAP. Predictorvariabelen: def=verdampingstekort op 3 mei 1999, mois=vochtgehalte van de wortelzone op 3 mei 1999. def en mois zijn geschat uit de vier Landsatpunten die het dichtst bij de grondwaterstandbuis liggen. Geen stratificatie.

responsvariabele	predictorvariabelen		
	def	mois	def, mois
h	3.71	6.51	11.4
$\ln(h + 10000)$	2.93	5.88	9.81
h_{NAP}		8.73	

Tabel 21 Resultaten modelselectie Gelderland 14 mei 1999. R²-waarden voor modellen met significante parameters. Responsvariabelen: grondwaterstand t.o.v. maaiveld, loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld en grondwaterstand t.o.v. NAP. Predictorvariabelen: def=verdampingstekort op 3 mei 1999, mois=vochtgehalte van de wortelzone op 3 mei 1999. def en mois zijn geschat uit het Landsatpunt dat het dichtst bij de grondwaterstandbuis ligt. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, uitgezonderd stuwvallen.

responsvariabele	predictorvariabelen		
	def	mois	def, mois
h	9.26		
$\ln(h + 10000)$			
h_{NAP}			

Tabel 22 Resultaten modelselectie Gelderland 14 mei 1999. R²-waarden voor modellen met significante parameters. Responsvariabelen: grondwaterstand t.o.v. maaiveld, loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld en grondwaterstand t.o.v. NAP. Predictorvariabelen: def=verdampingstekort op 3 mei 1999, mois=vochtgehalte van de wortelzone op 3 mei 1999. def en mois zijn geschat uit de vier Landsatpunten die het dichtst bij de grondwaterstandbuis liggen. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, uitgezonderd stuwvallen.

responsvariabele	predictorvariabelen		
	def	mois	def, mois
h	7.66		
$\ln(h + 10000)$			
h_{NAP}			

Tabel 23 Resultaten modelselectie Gelderland 14 mei 1999. R²-waarden voor modellen met significante parameters. Responsvariabelen: grondwaterstand t.o.v. maaiveld, loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld en grondwaterstand t.o.v. NAP. Predictorvariabelen: def=verdampingstekort op 3 mei 1999, mois=vochtgehalte van de wortelzone op 3 mei 1999. def en mois zijn geschat uit het Landsatpunt dat het dichtst bij de grondwaterstandbuis ligt. Stratum 3: gronden met een beheerst peil.

responsvariabele	predictorvariabelen		
	def	mois	def, mois
h			
$\ln(h + 10000)$			
h_{NAP}	28.39		38.99

Tabel 24 Resultaten modelselectie Gelderland 14 mei 1999. R²-waarden voor modellen met significante parameters. Responsvariabelen: grondwaterstand t.o.v. maaiveld, loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld en grondwaterstand t.o.v. NAP. Predictorvariabelen: def=verdampingstekort op 3 mei 1999, mois=vochtgehalte van de wortelzone op 3 mei 1999. def en mois zijn geschat uit de vier Landsatpunten die het dichtst bij de grondwaterstandbuis liggen. Stratum 3: gronden met een beheerst peil.

responsvariabele	predictorvariabelen		
	def	mois	def, mois
h			
$\ln(h + 10000)$			
h_{NAP}	21.95		33.21

Aanhangsel 3 Resultaten modelselectie Rijn en IJssel

Tabel 25 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	43.81				1			
28-Jan	41.91				1			
14-Feb	43.6				1			
28-Feb	43.13				1			
14-Mar	44.68				1			
28-Mar	44.37				1			
14-Apr	43.23				1			
28-Apr	41.73				1			
14-May	42.15				1			
28-May	43.39				1			
14-Jun	41.38				1			
28-Jun	42.8				1			
14-Jul	43.57				1			
28-Jul	41.72				1			
14-Aug	44.45				1			
28-Aug	43.08				1			
14-Sep	42.96				1			
28-Sep	43.4				1			
14-Oct	43.2				1			
28-Oct	45.38				1			
14-Nov	44.83				1			
28-Nov	43.67				1			
14-Dec	43.72				1			

Tabel 26 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	55.49	1						1
28-Jan	54.35			1	1			
14-Feb	52.88			1	1			
28-Feb	54.84		1		1			
14-Mar	57.19		1		1			
28-Mar	60.89		1		1			
14-Apr	52.41				1			1
28-Apr	58.22	1			1			
14-May	56.11			1	1			
28-May	53.66		1		1			
14-Jun	56.06		1		1			
28-Jun	52.13				1			1
14-Jul	52.47				1			1
28-Jul	52.77				1			1
14-Aug	55.12		1		1			
28-Aug	52.62		1		1			
14-Sep	54.51		1		1			
28-Sep	58.43	1			1			
14-Oct	52.46				1			1
28-Oct	53.69				1			1
14-Nov	53.22				1			1
28-Nov	52.32				1			1
14-Dec	53.32		1		1			

Tabel 27 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	60.79	1			1			1
28-Jan	60.66			1	1			1
14-Feb	58.75			1	1			1
28-Feb	59.86		1		1			1
14-Mar	60.8		1		1			1
28-Mar	62.38		1		1			1
14-Apr	53.73		1		1			1
28-Apr	62.45	1			1			1
14-May	59.34			1	1			1
28-May	57.9		1		1			1
14-Jun	60.65		1		1			1
28-Jun								
14-Jul	55.32	1			1			1
28-Jul	57.45		1		1			1
14-Aug	60.8		1		1			1
28-Aug	58.99		1		1			1
14-Sep	62.25	1		1	1			
28-Sep	62.41	1			1			1
14-Oct								
28-Oct	54.96				1		1	1
14-Nov	54.49				1		1	1
28-Nov	53.76			1	1			1
14-Dec	58.54		1		1			1

Tabel 28 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie. Modellen met 4 predictorvariabelen.

datum	R ²	predictorvariabelen
14-Jan	60.79	
28-Jan	62.16	nov, mois, z-dem, glg
14-Feb	61.34	nov, mois, z-dem, glg
28-Feb		
14-Mar	62.89	nov, def, z-dem, glg
28-Mar		
14-Apr		
28-Apr	64.78	nov, mois, z-dem, glg
14-May		
28-May		
14-Jun		
28-Jun		
14-Jul	57.26	nov, def, z-dem, glg
28-Jul	58.79	nov, def, z-dem, glg
14-Aug		
28-Aug	60.33	def, mois, z-dem, glg
14-Sep	65.36	nov, def, mois, zdem
28-Sep	63.68	nov, def, zdem, glg
14-Oct		
28-Oct		
14-Nov	55.71	nov, z-dem, gvg, glg
28-Nov		
14-Dec	60.97	nov, mois, z-dem, glg

Tabel 29 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	42.62				1			
28-Jan	40.67				1			
14-Feb	42.49				1			
28-Feb	42.03				1			
14-Mar	43.42				1			
28-Mar	43.16				1			
14-Apr	42.14				1			
28-Apr	40.48				1			
14-May	40.76				1			
28-May	42.15				1			
14-Jun	40.03				1			
28-Jun	41.75				1			
14-Jul	42.49				1			
28-Jul	40.42				1			
14-Aug	43.24				1			
28-Aug	41.92				1			
14-Sep	41.89				1			
28-Sep	42.23				1			
14-Oct	42.08				1			
28-Oct	44.05				1			
14-Nov	43.47				1			
28-Nov	42.41				1			
14-Dec	42.51				1			

Tabel 30 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	52.8	1						1
28-Jan	51.36			1	1			
14-Feb	51.31			1	1			
28-Feb	52.22		1		1			
14-Mar	55.37		1		1			
28-Mar	58.71		1		1			
14-Apr	51				1			1
28-Apr	55.52	1			1			
14-May	54.23			1	1			
28-May	51.65		1		1			
14-Jun	53.69		1		1			
28-Jun	50.74				1			1
14-Jul	51.06				1			1
28-Jul	50.96				1			1
14-Aug	52.59		1		1			
28-Aug	50.84				1			1
14-Sep	52.03		1		1			
28-Sep	55.74	1			1			
14-Oct	51.03				1			1
28-Oct	52.12				1			1
14-Nov	51.65				1			1
28-Nov	50.81				1			1
14-Dec	51.05		1		1			

Tabel 31 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	58.27	1			1			1
28-Jan	57.58			1	1			1
14-Feb	56.27			1	1			1
28-Feb	57.27		1		1			1
14-Mar	58.9		1		1			1
28-Mar	60.23		1		1			1
14-Apr	52.13		1		1			1
28-Apr	59.68	1			1			1
14-May	57.3			1	1			1
28-May	55.86		1		1			1
14-Jun	58.17		1		1			1
28-Jun								
14-Jul	53.87	1			1			1
28-Jul	54.89		1		1			1
14-Aug	58.21		1		1			1
28-Aug	56.62		1		1			1
14-Sep	59.46	1		1	1			
28-Sep	59.75	1			1			1
14-Oct								
28-Oct								
14-Nov								
28-Nov	52.16			1	1			1
14-Dec	56.24		1		1			1

Tabel 32 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R^2 -waarden. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Geen stratificatie. Modellen met 4 predictorvariabelen.

datum	R^2	predictorvariabelen
14-Jan		
28-Jan	58.94	nov, mois, z-dem, glg
14-Feb	58.58	nov, mois, z-dem, glg
28-Feb		
14-Mar	61.03	nov, def, z-dem, glg
28-Mar		
14-Apr		
28-Apr	61.83	nov, mois, z-dem, glg
14-May		
28-May		
14-Jun		
28-Jun		
14-Jul	55.59	nov, def, z-dem, glg
28-Jul		
14-Aug		
28-Aug	57.97	def, mois, z-dem, glg
14-Sep	62.12	nov, def, mois, zdem
28-Sep	60.92	nov, def, zdem, glg
14-Oct		
28-Oct		
14-Nov		
28-Nov		
14-Dec	58.46	nov, mois, z-dem, glg

Tabel 33 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Geen stratificatie. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	vgg	glg
14-Jan	72.92				1			
28-Jan	74.58				1			
14-Feb	73.3				1			
28-Feb	73.61				1			
14-Mar	72.87				1			
28-Mar	73.03				1			
14-Apr	72.75				1			
28-Apr	74.99				1			
14-May	75.33				1			
28-May	73.86				1			
14-Jun	74.51				1			
28-Jun	73.09				1			
14-Jul	72.69				1			
28-Jul	75.29				1			
14-Aug	71.59				1			
28-Aug	73.65				1			
14-Sep	72.78				1			
28-Sep	72.68				1			
14-Oct	72.31				1			
28-Oct	71.09				1			
14-Nov	72.09				1			
28-Nov	72.69				1			
14-Dec	72.83				1			

Tabel 34 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Geen stratificatie. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	78.22	1			1			
28-Jan	79.8			1	1			
14-Feb	77.51			1	1			
28-Feb	79.08		1		1			
14-Mar	78.96		1		1			
28-Mar	80.65		1		1			
14-Apr	76.45				1			1
28-Apr	81.9	1			1			
14-May	80.83			1	1			
28-May	78.24		1		1			
14-Jun	80.6		1		1			
28-Jun	76.78				1			1
14-Jul	76.3				1			1
28-Jul	79.24				1			1
14-Aug	76.66		1		1			
28-Aug	77.88		1		1			
14-Sep	78.05	1			1			
28-Sep	79.81	1			1			
14-Oct	76.11				1			1
28-Oct	74.77				1			1
14-Nov	75.62				1			1
28-Nov	76.2				1			1
14-Dec	77.33		1		1			

Tabel 35 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Geen stratificatie. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	80.48	1			1			1
28-Jan	82.04			1	1			1
14-Feb	79.76			1	1			1
28-Feb	80.88		1		1			1
14-Mar	80.51	1	1		1			
28-Mar								
14-Apr	77.14		1		1			1
28-Apr	83.51	1		1	1			
14-May	81.87			1	1			1
28-May	79.79		1		1			1
14-Jun	82.16		1		1			1
28-Jun	77.41				1		1	1
14-Jul	77.68	1			1			1
28-Jul	81.11		1		1			1
14-Aug	78.99		1		1			1
28-Aug	80.27		1		1			1
14-Sep	81.71	1		1	1			
28-Sep	81.27	1			1			1
14-Oct	76.75				1		1	1
28-Oct	75.54				1		1	1
14-Nov	76.36				1		1	1
28-Nov	76.94			1	1			1
14-Dec	79.33		1		1			1

Tabel 36 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R^2 -waarden. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Geen stratificatie. Modellen met 4 predictorvariabelen.

datum	R^2	predictorvariabelen
14-Jan		
28-Jan	82.68	nov, mois, z-dem, glg
14-Feb	80.97	nov, mois, z-dem, glg
28-Feb		
14-Mar	81.27	nov, def, z-dem, glg
28-Mar		
14-Apr		
28-Apr	84.27	nov, mois, z-dem, glg
14-May		
28-May		
14-Jun		
28-Jun		
14-Jul	78.58	nov, def, z-dem, glg
28-Jul	81.75	nov, def, z-dem, glg
14-Aug		
28-Aug	80.92	def, z-dem, gvg, glg
14-Sep	83.1	nov, def, mois, zdem
28-Sep	81.94	nov, def, zdem, glg
14-Oct		
28-Oct		
14-Nov	76.97	nov, z-dem, gvg, glg
28-Nov	77.54	mois, z-dem, gvg, glg
14-Dec	80.52	nov, mois, z-dem, glg

Tabel 37 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwvallen. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	58.37					1		
28-Jan	54.81					1		
14-Feb	58.62					1		
28-Feb	54.44					1		
14-Mar	54					1		
28-Mar	53.72					1		
14-Apr	56.59					1		
28-Apr	56.66					1		
14-May	53.29					1		
28-May	54.84					1		
14-Jun	57.36					1		
28-Jun	56.26					1		
14-Jul	57.27					1		
28-Jul	55.18					1		
14-Aug	58.05					1		
28-Aug	59.22					1		
14-Sep	59.56					1		
28-Sep	57.48					1		
14-Oct	56.88					1		
28-Oct	60.39					1		
14-Nov	45.65					1		
28-Nov	48.92					1		
14-Dec	51.14					1		

Tabel 38 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwvallen. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	63.42				1	1		
28-Jan	60.35				1	1		
14-Feb	62.63				1	1		
28-Feb	59.21				1	1		
14-Mar	58.73				1	1		
28-Mar	57.89				1	1		
14-Apr	60.78					1		1
28-Apr	60.16				1	1		
14-May	58.71				1	1		
28-May	60.77				1	1		
14-Jun	61.29					1		1
28-Jun	59.51					1		1
14-Jul	60.05					1		1
28-Jul	59.83					1		1
14-Aug	62.74				1	1		
28-Aug	63.29				1	1		
14-Sep	63.59				1	1		
28-Sep	62.4					1		1
14-Oct	61.02					1		1
28-Oct	65				1	1		
14-Nov	50.81						1	1
28-Nov	53.62					1		1
14-Dec	55.34					1		1

Tabel 39 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwvallen. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	65.94				1	1		1
28-Jan	63.86				1	1		1
14-Feb	66.79				1	1		1
28-Feb	63.06				1	1		1
14-Mar	63.29				1	1		1
28-Mar	61.7				1	1		1
14-Apr	64.19				1	1		1
28-Apr	64.31				1	1		1
14-May	63.91				1	1		1
28-May	62.6				1	1		1
14-Jun	64.31				1	1		1
28-Jun	62.2				1	1		1
14-Jul	63.23				1	1		1
28-Jul	64.86				1	1		1
14-Aug	66.7				1	1		1
28-Aug	66.27				1	1		1
14-Sep	68.2				1	1		1
28-Sep	65.81				1	1		1
14-Oct	64.05				1	1		1
28-Oct	69.29				1	1		1
14-Nov	54.13				1	1		1
28-Nov	56.14				1	1		1
14-Dec	58.44				1	1		1

Tabel 40 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R^2 -waarden. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z_{dem} =maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwwallen. Modellen met 4 predictorvariabelen.

datum	R^2	predictorvariabelen
14-Jan		
28-Jan		
14-Feb	69.58	def, zdem, ghg, glg
28-Feb		
14-Mar		
28-Mar		
14-Apr		
28-Apr		
14-May		
28-May		
14-Jun		
28-Jun		
14-Jul		
28-Jul		
14-Aug		
28-Aug		
14-Sep	69.65	def, zdem, ghg, glg
28-Sep		
14-Oct		
28-Oct		
14-Nov		
28-Nov		
14-Dec		

Tabel 41 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwvallen. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	58.29					1		
28-Jan	54.74					1		
14-Feb	58.42					1		
28-Feb	54.41					1		
14-Mar	53.85					1		
28-Mar	53.61					1		
14-Apr	56.44					1		
28-Apr	56.54					1		
14-May	53.23					1		
28-May	54.74					1		
14-Jun	57.3					1		
28-Jun	56.19					1		
14-Jul	57.21					1		
28-Jul	55.17					1		
14-Aug	58					1		
28-Aug	59.23					1		
14-Sep	59.65					1		
28-Sep	57.38					1		
14-Oct	56.85					1		
28-Oct	60.2					1		
14-Nov	45.71					1		
28-Nov	49					1		
14-Dec	51.21					1		

Tabel 42 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwwallen. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	63.47				1	1		
28-Jan	60.4				1	1		
14-Feb	62.58				1	1		
28-Feb	59.32				1	1		
14-Mar	58.72				1	1		
28-Mar	57.92				1	1		
14-Apr	60.72					1		1
28-Apr	60.2				1	1		
14-May	58.76				1	1		
28-May	60.78				1	1		
14-Jun	61.32					1		1
28-Jun	59.55					1		1
14-Jul	60.11					1		1
28-Jul	59.92					1		1
14-Aug	62.8				1	1		
28-Aug	63.4				1	1		
14-Sep	63.78				1	1		
28-Sep	62.35					1		1
14-Oct	61.09					1		1
28-Oct	64.92				1	1		
14-Nov	51.05						1	1
28-Nov	53.79					1		1
14-Dec	55.5					1		1

Tabel 43 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwwallen. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	66.11				1	1		1
28-Jan	64.03				1	1		1
14-Feb	66.88				1	1		1
28-Feb	63.3				1	1		1
14-Mar	63.42				1	1		1
28-Mar	61.88				1	1		1
14-Apr	64.32				1	1		1
28-Apr	64.49				1	1		1
14-May	64.08				1	1		1
28-May	62.76				1	1		1
14-Jun	64.52				1	1		1
28-Jun	62.4				1	1		1
14-Jul	63.44				1	1		1
28-Jul	65.09				1	1		1
14-Aug	66.89				1	1		1
28-Aug	66.51				1	1		1
14-Sep	68.53				1	1		1
28-Sep	65.93				1	1		1
14-Oct	64.29				1	1		1
28-Oct	69.35				1	1		1
14-Nov	54.44				1	1		1
28-Nov	56.45				1	1		1
14-Dec	58.74				1	1		1

Tabel 44 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R^2 -waarden. nov =gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; def =gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; $mois$ =gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z_{dem} =maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwwallen. Modellen met 4 predictorvariabelen.

datum	R^2	predictorvariabelen
14-Jan		
28-Jan		
14-Feb	69.62	def, zdem, ghg, glg
28-Feb		
14-Mar		
28-Mar		
14-Apr		
28-Apr		
14-May		
28-May		
14-Jun		
28-Jun		
14-Jul		
28-Jul		
14-Aug		
28-Aug		
14-Sep	69.89	def, zdem, ghg, glg
28-Sep		
14-Oct		
28-Oct		
14-Nov		
28-Nov		
14-Dec		

Tabel 45 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwvallen. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	98.7				1			
28-Jan	98.79				1			
14-Feb	98.74				1			
28-Feb	98.73				1			
14-Mar	98.69				1			
28-Mar	98.76				1			
14-Apr	98.74				1			
28-Apr	98.75				1			
14-May	98.91				1			
28-May	98.9				1			
14-Jun	98.73				1			
28-Jun	98.82				1			
14-Jul	98.76				1			
28-Jul	98.94				1			
14-Aug	98.89				1			
28-Aug	98.9				1			
14-Sep	98.67				1			
28-Sep	98.88				1			
14-Oct	98.77				1			
28-Oct	98.68				1			
14-Nov	98.95				1			
28-Nov	99				1			
14-Dec	99.02				1			

Tabel 46 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwvallen. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	99.6				1	1		
28-Jan	99.59				1	1		
14-Feb	99.61				1	1		
28-Feb	99.56				1	1		
14-Mar	99.55				1	1		
28-Mar	99.56				1	1		
14-Apr	99.57				1	1		
28-Apr	99.59				1	1		
14-May	99.61				1	1		
28-May	99.63				1	1		
14-Jun	99.57				1	1		
28-Jun	99.57				1	1		
14-Jul	99.56				1	1		
28-Jul	99.62				1	1		
14-Aug	99.63				1	1		
28-Aug	99.65				1	1		
14-Sep	99.57				1	1		
28-Sep	99.6				1	1		
14-Oct	99.56				1	1		
28-Oct	99.61				1	1		
14-Nov	99.51				1	1		
28-Nov	99.55				1	1		
14-Dec	99.59				1	1		

Tabel 47 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwvallen. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	99.62				1	1		1
28-Jan	99.61				1	1		1
14-Feb	99.64				1	1		1
28-Feb	99.58				1	1		1
14-Mar	99.58				1	1		1
28-Mar	99.6				1	1		1
14-Apr	99.61				1	1		1
28-Apr	99.62				1	1		1
14-May	99.64				1	1		1
28-May	99.64				1	1		1
14-Jun	99.61				1	1		1
28-Jun	99.6				1	1		1
14-Jul	99.59				1	1		1
28-Jul	99.66				1	1		1
14-Aug	99.65				1	1		1
28-Aug	99.67				1	1		1
14-Sep	99.61				1	1		1
28-Sep	99.64				1	1		1
14-Oct	99.61				1	1		1
28-Oct	99.65				1	1		1
14-Nov	99.56				1	1		1
28-Nov	99.58				1	1		1
14-Dec	99.63				1	1		1

Tabel 48 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R^2 -waarden. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 2: hoge gronden met vrije afwatering, met uitzondering van stuwwallen. Modellen met 4 predictorvariabelen.

modellen met 4 predictorvariabelen		
datum	R^2	predictorvariabelen
14-Jan		
28-Jan		
14-Feb	99.67	def, zdem, ghg, glg
28-Feb		
14-Mar		
28-Mar	99.61	nov, z-dem, ghg, glg
14-Apr		
28-Apr		
14-May		
28-May		
14-Jun		
28-Jun	99.62	mois, z-dem, ghg, glg
14-Jul	99.61	mois, z-dem, ghg, glg
28-Jul		
14-Aug		
28-Aug		
14-Sep		
28-Sep		
14-Oct		
28-Oct		
14-Nov		
28-Nov		
14-Dec		

Tabel 49 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	18.01	1						
28-Jan								
14-Feb	12.67		1					
28-Feb								
14-Mar								
28-Mar								
14-Apr	15.81	1						
28-Apr								
14-May	14.32			1				
28-May	25.45		1					
14-Jun	26.89	1						
28-Jun								
14-Jul								
28-Jul	17.34		1					
14-Aug								
28-Aug								
14-Sep								
28-Sep								
14-Oct								
28-Oct								
14-Nov								
28-Nov								
14-Dec								

Tabel 50 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan								
28-Jan								
14-Feb								
28-Feb	16.86					1	1	
14-Mar								
28-Mar								
14-Apr								
28-Apr								
14-May	23.9	1	1					
28-May								
14-Jun								
28-Jun								
14-Jul								
28-Jul								
14-Aug								
28-Aug								
14-Sep	17.46					1	1	
28-Sep								
14-Oct								
28-Oct								
14-Nov								
28-Nov								
14-Dec								

Tabel 51 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	38.16	1				1	1	
28-Jan								
14-Feb	31.21		1			1	1	
28-Feb	33.02	1				1	1	
14-Mar								
28-Mar								
14-Apr								
28-Apr	27.75			1		1	1	
14-May								
28-May								
14-Jun								
28-Jun								
14-Jul	26.95		1			1	1	
28-Jul								
14-Aug								
28-Aug								
14-Sep								
28-Sep	33.02	1				1	1	
14-Oct								
28-Oct								
14-Nov								
28-Nov								
14-Dec								

Tabel 52 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R^2 -waarden. *nov*=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; *def*=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; *mois*=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z_{dem} =maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 4 predictorvariabelen.

datum	R^2	predictorvariabelen
14-Jan		
28-Jan		
14-Feb	42.95	nov, def, ghg, gvg
28-Feb	41.87	nov, ghg, gvg, glg
14-Mar		
28-Mar		
14-Apr		
28-Apr	38.94	nov, mois, ghg, gvg
14-May		
28-May		
14-Jun		
28-Jun		
14-Jul	42.61	nov, def, ghg, gvg
28-Jul		
14-Aug		
28-Aug		
14-Sep		
28-Sep	47.13	nov, def, ghg, gvg
14-Oct		
28-Oct		
14-Nov		
28-Nov		
14-Dec		

Tabel 53 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	18.01	1						
28-Jan								
14-Feb	12.67		1					
28-Feb								
14-Mar								
28-Mar								
14-Apr	15.77	1						
28-Apr								
14-May	14.29			1				
28-May	25.44		1					
14-Jun	26.84	1						
28-Jun								
14-Jul								
28-Jul	17.37		1					
14-Aug								
28-Aug								
14-Sep								
28-Sep								
14-Oct								
28-Oct								
14-Nov								
28-Nov								
14-Dec								

Tabel 54 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan								
28-Jan								
14-Feb								
28-Feb	16.91					1	1	
14-Mar								
28-Mar								
14-Apr								
28-Apr								
14-May	23.86	1	1					
28-May								
14-Jun								
28-Jun								
14-Jul								
28-Jul								
14-Aug								
28-Aug								
14-Sep	17.49					1	1	
28-Sep								
14-Oct								
28-Oct								
14-Nov								
28-Nov								
14-Dec								

Tabel 55 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	38.1	1				1	1	
28-Jan								
14-Feb	31.25		1			1	1	
28-Feb	33.04	1				1	1	
14-Mar								
28-Mar								
14-Apr								
28-Apr	27.79			1		1	1	
14-May								
28-May								
14-Jun								
28-Jun								
14-Jul	26.93		1			1	1	
28-Jul								
14-Aug								
28-Aug								
14-Sep								
28-Sep	33.02	1				1	1	
14-Oct								
28-Oct								
14-Nov								
28-Nov								
14-Dec								

Tabel 56 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R^2 -waarden. *nov*=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen $t-1$ en t ; *def*=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen $t-1$ en t ; *mois*=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; $\bar{z}_{dem}$ =maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: loggetransformeerde grondwaterstand t.o.v. maaiveld. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 4 predictorvariabelen.

datum	R^2	predictorvariabelen
14-Jan		
28-Jan		
14-Feb	42.98	nov, def, ghg, gvg
28-Feb	41.9	nov, ghg, gvg, glg
14-Mar		
28-Mar		
14-Apr		
28-Apr	38.95	nov, mois, ghg, gvg
14-May		
28-May		
14-Jun		
28-Jun		
14-Jul	42.58	nov, def, ghg, gvg
28-Jul		
14-Aug		
28-Aug		
14-Sep		
28-Sep	47.12	nov, def, ghg, gvg
14-Oct		
28-Oct		
14-Nov		
28-Nov		
14-Dec		

Tabel 57 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 1 predictorvariabele.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	98.44				1			
28-Jan	98.51				1			
14-Feb	98.49				1			
28-Feb	98.51				1			
14-Mar	99.05				1			
28-Mar	99.01				1			
14-Apr	98.59				1			
28-Apr	98.79				1			
14-May	98.73				1			
28-May	98.67				1			
14-Jun	98.85				1			
28-Jun	98.82				1			
14-Jul	98.76				1			
28-Jul	98.64				1			
14-Aug	98.56				1			
28-Aug	98.32				1			
14-Sep	98.67				1			
28-Sep	98.69				1			
14-Oct	98.78				1			
28-Oct	98.99				1			
14-Nov	99.03				1			
28-Nov	98.91				1			
14-Dec	98.86				1			

Tabel 58 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 2 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan	98.84				1	1		
28-Jan	98.85				1	1		
14-Feb	98.84				1	1		
28-Feb	98.91				1	1		
14-Mar	99.28				1	1		
28-Mar	99.2				1	1		
14-Apr	98.9				1	1		
28-Apr	99.08				1	1		
14-May	99				1	1		
28-May	98.88				1	1		
14-Jun	99.08				1	1		
28-Jun	99.05				1	1		
14-Jul	99.03				1	1		
28-Jul	98.92				1	1		
14-Aug	98.85				1		1	
28-Aug	98.61				1		1	
14-Sep	99.09				1	1		
28-Sep	99				1	1		
14-Oct	99.12				1	1		
28-Oct	99.26				1	1		
14-Nov								
28-Nov	99.14				1	1		
14-Dec	99.13				1	1		

Tabel 59 Resultaten modelselectie waterschap Rijn en IJssel 1998. R²-waarden, 1 ingevuld bij de (combinatie van) significante parameters. nov=gemiddelde neerslagoverschotintensiteit tussen t-1 en t; def=gemiddelde intensiteit van het verdampingstekort tussen t-1 en t; mois=gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in de week waarin de grondwaterstandswaarneming valt; z-dem=maaiveldshoogte volgens het AHN-bestand. Responsvariabele: grondwaterstand t.o.v. NAP. Stratum 5: gronden met een freatisch pakket dat dunner is dan 12 m. Modellen met 3 predictorvariabelen.

datum	R ²	nov	def	mois	z-dem	ghg	gvg	glg
14-Jan								
28-Jan								
14-Feb	99.08		1		1	1		
28-Feb	99.1		1		1	1		
14-Mar								
28-Mar								
14-Apr								
28-Apr								
14-May								
28-May								
14-Jun	99.23	1			1	1		
28-Jun								
14-Jul								
28-Jul	99.08		1		1	1		
14-Aug								
28-Aug								
14-Sep								
28-Sep	99.19	1			1	1		
14-Oct								
28-Oct								
14-Nov								
28-Nov								
14-Dec								

Aanhangsel 4 Resultaten ruimtelijke voorspelling

Tabel 60 Geselecteerde regressiemodellen voor de grondwaterstand t.o.v. maaiveld in stratum 2. Het model heeft de volgende structuur:

$$h_t = b_{0,t} + b_{1,t}GHG + b_{2,t}z_{\text{DEM}} + e.$$

datum	$\hat{b}_{0,t}$	$\hat{b}_{1,t}$	$\hat{b}_{2,t}$	voorspelfout		$R^2/100$
				ME	RMSE	
14-Jan	57.49631	-1.70828	-0.02288	0.000	48.811	0.638
28-Jan	40.45143	-1.61138	-0.02300	0.000	49.093	0.612
14-Feb	29.55530	-1.61822	-0.01994	0.000	47.558	0.630
28-Feb	26.16516	-1.59063	-0.02178	0.000	50.094	0.596
14-Mar	72.01795	-1.61936	-0.02230	0.000	51.786	0.599
28-Mar	43.08074	-1.54979	-0.02018	0.000	50.671	0.583
14-Apr	47.66869	-1.59785	-0.01556	0.000	50.319	0.594
28-Apr	58.93552	-1.62325	-0.01872	0.000	49.602	0.605
14-May	22.75565	-1.48699	-0.02140	0.000	46.653	0.591
28-May	16.76846	-1.49653	-0.02252	0.000	45.419	0.596
14-Jun	51.40930	-1.61589	-0.01436	0.000	50.177	0.598
28-Jun	21.66182	-1.50831	-0.01293	0.000	48.600	0.585
14-Jul	16.93520	-1.50513	-0.01498	0.000	47.696	0.600
28-Jul	-0.78774	-1.44255	-0.01733	0.000	45.697	0.593
14-Aug	-13.37724	-1.44127	-0.01996	0.000	43.387	0.660
28-Aug	0.34978	-1.53977	-0.01943	-0.416	43.798	0.723
14-Sep	58.39147	-1.72109	-0.02089	0.105	48.503	0.713
28-Sep	43.81825	-1.57711	-0.01492	0.823	46.326	0.668
14-Oct	61.01979	-1.56471	-0.01398	0.000	49.611	0.593
28-Oct	110.87877	-1.63152	-0.02180	0.000	46.753	0.654
14-Nov	50.08780	-1.27544	-0.01329	0.000	50.398	0.483
28-Nov	15.43412	-1.24704	-0.01057	0.000	47.099	0.509
14-Dec	25.99142	-1.27594	-0.01214	0.000	45.459	0.536
gemiddeld	37.24817	-1.53253	-0.01804	0.022	47.979	0.607

Tabel 61 Geselecteerde regressiemodellen voor de grondwaterstand t.o.v. NAP in stratum 2. Het model heeft de volgende structuur:

$$h_{\text{NAP},t} = b_{0,t} + b_{1,t}z_{\text{DEM}} + e.$$

datum	$\hat{b}_{0,t}$	$\hat{b}_{1,t}$	voorspelfout		R ² /100
			ME	RMSE	
14-Jan	-100.52539	0.98615	0.000	90.353	0.987
28-Jan	-108.18295	0.98573	0.000	87.584	0.988
14-Feb	-126.72690	0.99129	0.000	88.188	0.988
28-Feb	-123.71765	0.98791	0.000	88.751	0.987
14-Mar	-83.16340	0.98825	0.000	90.425	0.987
28-Mar	-103.98866	0.98951	0.000	88.552	0.988
14-Apr	-103.93156	0.99456	0.000	88.868	0.988
28-Apr	-95.29491	0.99156	0.000	88.421	0.988
14-May	-111.27919	0.98629	0.000	82.536	0.989
28-May	-124.06053	0.98700	0.000	82.332	0.989
14-Jun	-101.62229	0.99595	0.000	89.004	0.987
28-Jun	-119.67479	0.99594	0.000	85.633	0.988
14-Jul	-125.15046	0.99412	0.000	85.775	0.988
28-Jul	-133.57970	0.99067	0.000	81.581	0.989
14-Aug	-146.21122	0.98824	0.000	81.557	0.990
28-Aug	-142.40739	0.98934	0.000	82.303	0.989
14-Sep	-102.12882	0.98833	0.000	90.482	0.987
28-Sep	-101.86964	0.99354	0.000	83.802	0.989
14-Oct	-86.09340	0.99523	0.000	87.564	0.988
28-Oct	-46.24895	0.98963	0.000	89.655	0.987
14-Nov	-68.22837	0.99446	0.000	80.728	0.990
28-Nov	-100.12238	0.99708	0.000	78.937	0.990
14-Dec	-91.54495	0.99530	0.000	77.817	0.990
gemiddeld	-106.33711	0.99113	0.000	85.689	0.988

Tabel 62 Geselecteerde regressiemodellen voor de grondwaterstand t.o.v. maaiveld in stratum 5. Het model heeft de volgende structuur:

$$h_t = b_{0,t} + b_{1,t}n_t + b_{2,t}d_t + b_{3,t}GHG + b_{4,t}GVG + e.$$

datum	$\hat{b}_{0,t}$	$\hat{b}_{1,t}$	$\hat{b}_{2,t}$	$\hat{b}_{3,t}$	$\hat{b}_{4,t}$	voorspelfout		R ² /100
						ME	RMSE	
14-Jan	-926.35332	335.84694	-985.01729	-2.97576	2.20677	-0.	28.542	0.399
28-Jan	-45.10502	-80.06471	65.42191	-2.60422	1.96894	0.	32.617	0.309
14-Feb	409.47780	-640.51349	-2401.88101	-3.58309	2.78529	0.	29.323	0.447
28-Feb	140.09547	-178.91392	-620.66052	-3.89158	3.00362	0.	29.638	0.359
14-Mar	-208.92735	21.21634	10.82888	-1.30659	1.02585	0.	30.638	0.115
28-Mar	-39.72400	140.23202	-189.91263	-2.63585	2.16240	0.	32.510	0.208
14-Apr	63.54449	-89.92560	-3.09307	-2.30787	1.87427	0.	28.956	0.293
28-Apr	-22.33126	-67.68625	187.28501	-2.25464	1.79070	0.	29.013	0.173
14-May	2.38722	-61.75425	-157.91002	-1.66408	1.15157	0.	23.575	0.370
28-May	-13.44676	-1.05808	-185.48985	-0.91140	0.75265	0.	26.820	0.296
14-Jun	464.39373	-118.31117	-108.46370	-1.68683	1.53072	0.	25.738	0.403
28-Jun	-406.02442	94.77895	71.67313	-2.36465	1.67570	0.	27.435	0.243
14-Jul	-248.48282	154.73747	-149.84515	-3.41205	2.65803	0.	26.133	0.443
28-Jul	-130.28629	-21.98642	31.24401	0.13803	-0.32369	0.	36.441	0.070
14-Aug	-135.35736	-32.64974	-8.61201	0.14023	-0.24763	0.	31.245	0.054
28-Aug	-130.28681	-21.98750	31.24533	0.13807	-0.32371	0.	36.441	0.070
14-Sep	-36.76792	-19.12581	-21.86586	-2.84772	2.18393	0.	30.759	0.217
28-Sep	-432.24027	96.87421	-182.66335	-3.43926	2.47040	0.	23.974	0.487
14-Oct	-76.26863	0.20642	-58.06738	-1.74415	1.29799	0.	28.444	0.129
28-Oct	-120.60862	11.64621	-41.35827	-1.19463	0.90755	0.	27.578	0.075
14-Nov	-69.08311	-5.04902	61.81354	-0.97744	0.92793	0.	28.200	0.074
28-Nov	-108.39793	-8.68538	2.83667	-1.79055	1.58694	0.	27.407	0.187
14-Dec	80.75228	-124.49861	119.65932	-2.42446	1.92224	0.	29.070	0.198
gem.	-86.480	-26.812	-197.080	-1.983	1.521	0.	29.152	0.244

Tabel 63 Geselecteerde regressiemodellen voor de grondwaterstand t.o.v. NAP in stratum 5. Het model heeft de volgende structuur:

$$h_{\text{NAP},t} = b_{0,t} + b_{1,t}z_{\text{DEM}} + e.$$

datum	constant	z-dem	naar NAP		R ² /100
			ME	RMSE	
14-Jan	-150.13520	1.01880	-0.001	63.590	0.985
28-Jan	-187.37396	1.02647	-0.001	68.624	0.982
14-Feb	-178.34038	1.02500	-0.001	63.888	0.985
28-Feb	-172.81136	1.02150	-0.001	62.358	0.986
14-Mar	-140.95021	1.01889	-0.001	50.647	0.991
28-Mar	-146.93112	1.01720	-0.001	52.643	0.990
14-Apr	-148.95312	1.02112	-0.001	60.560	0.986
28-Apr	-129.56149	1.01644	-0.001	56.561	0.988
14-May	-152.07707	1.01350	-0.001	57.258	0.988
28-May	-147.39448	1.00803	-0.001	58.347	0.987
14-Jun	-115.53746	1.01226	-0.001	54.523	0.989
28-Jun	-135.57840	1.01414	-0.001	56.209	0.989
14-Jul	-144.27485	1.01587	-0.001	57.678	0.988
28-Jul	-119.07161	0.99480	-0.001	64.997	0.984
14-Aug	-147.30945	1.00181	-0.001	60.469	0.986
28-Aug	-119.07161	0.99480	-0.001	64.997	0.984
14-Sep	-102.14530	1.00316	-0.001	58.157	0.987
28-Sep	-118.06965	1.01127	-0.001	58.880	0.987
14-Oct	-98.62472	1.00998	-0.001	56.083	0.988
28-Oct	-70.52533	1.00950	-0.001	52.485	0.990
14-Nov	-81.28342	1.00756	-0.001	48.738	0.991
28-Nov	-117.19094	1.01244	-0.001	53.869	0.989
14-Dec	-108.42778	1.01136	-0.001	52.299	0.989
gemiddeld	-131.810	1.012	-0.001	57.994	0.987

**Aanhangsel 5 Kaart van grondwaterstanden in Oost-Gelderland
t.o.v. maaiveld en t.o.v. NAP, 14-5-1998**

