
Toepassing van tijdreeksanalyse van grondwaterpeilen

Theo van Herwijnen

Bij de discussie rond de grondwateroverlast in Heemstede staat de vraag centraal in welke mate het grondwaterpeil in de stedelijke bebouwing van Heemstede wordt beïnvloed door de structurele verhoging van de grondwaterpeilen in het duingebied ten westen van Heemstede. Een analyse van twee onafhankelijke eendaagse tijdreeksen van het grondwaterpeil demonstreert de aanwezigheid van identieke trage fluctuaties in de drainagebasis in de strandwal van Heemstede met een verschil tussen piek en dal van 35 tot 40 cm. Vergelijking van deze fluctuaties met de gemeten seizoensvariatie van de stijghoogte in het wadzandpakket op -21 m respectievelijk -31 m NAP toont aan dat de doorwerking vanuit het diepe pakket naar het freatisch peil nagenoeg volledig is. Verandering van de stijghoogte in het wadzandpakket heeft derhalve een directe invloed op het grondwaterpeil waardoor veranderingen van stijghoogte in het wadzand als gevolg van veranderingen van de stijghoogte in de nabijgelegen duinen in belangrijke mate bijdragen tot het grondwateroverlastprobleem in Heemstede.

Introductie

In een voorgaande publicatie (Van Herwijnen, 2002) heb ik beschreven hoe een tijdreeks met een meetinterval van 1 dag is geanalyseerd. Door een eenvoudig drainagemodel kan het effect van neerslag en verdamping op het grondwaterpeil worden beschreven. Uit deze analyse blijkt dat deze tijdreeks een onverklaarde, trage component bevat met een winterpiek en zomerdal welke onderling meer dan 35 cm verschillen. Deze trage component, die als een variatie van de effectieve drainagebasis moet worden beschouwd, is het onderwerp van deze tweede publicatie.

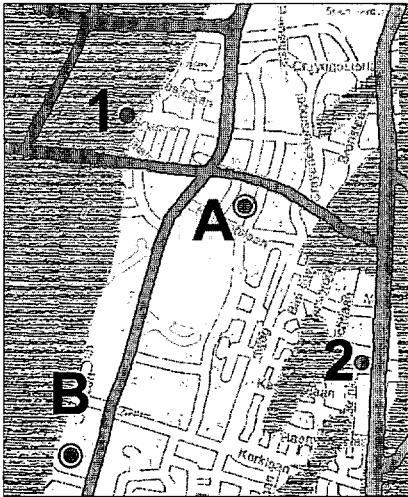
Ter plekke wordt het boezempeil het gehele jaar op -0,6 m NAP gehandhaafd en in de gekozen aanpak zijn lokale neerslag en verdamping verdisconteerd in het model (Van Herwijnen, 2002). De structurele verhoging van de drainagebasis in de winter kan zijn oorzaak vinden in een toename van de stijghoogte in de diepere ondergrond. Over de mate waarin deze ter plekke een bijdrage aan het freatisch peil levert bestaan verschillende inzichten. Olsthoorn (2001) berekent dat een toename van de diepe stijghoogte voor 14 % doorwerkt in het freatisch peil, en in geval van een goede drainage nog slechts 3%. Leijnse (2002) stelt dat “de doorvertaling van het effect op de diepe grondwaterstand naar het freatisch niveau 16% – 40%” is. Bij modelberekeningen gaat Copray (2002) er van uit dat “afhankelijk van de lokale ontwatering en weerstand van ondiepe scheidende lagen verla-

Theo van Herwijnen is te bereiken onder: theovanh@euronet.nl of per post: ETC Energy Technology Consultancy, Van de Spiegellaan 13, 2101 BL Heemstede.

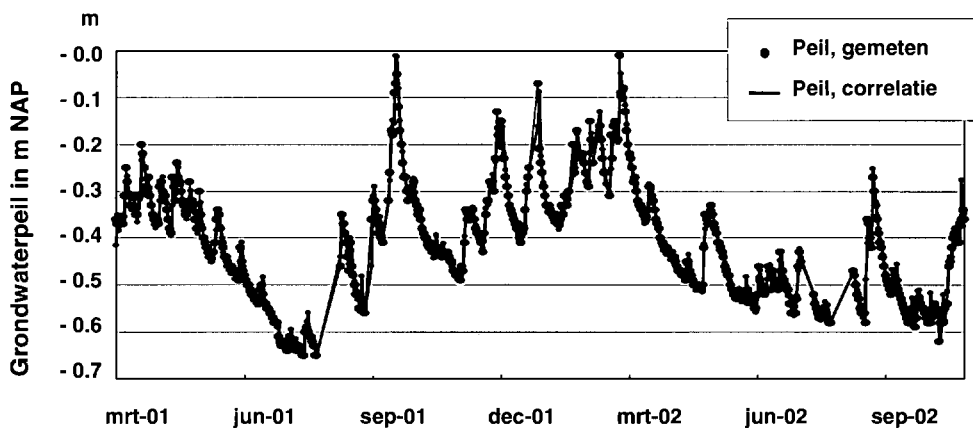
ging van de stijghoogte in het wadzand voor 50% tot 100% doorwerkt op de freatische grondwaterstand". Het grondwatermodel van Wareco voor Heemstede resulteert eveneens in een doorwerking van 50 – 100%, afhankelijk van de aanwezigheid van weerstandslagen (Wareco, 2000).

De metingen en de regressieanalyse

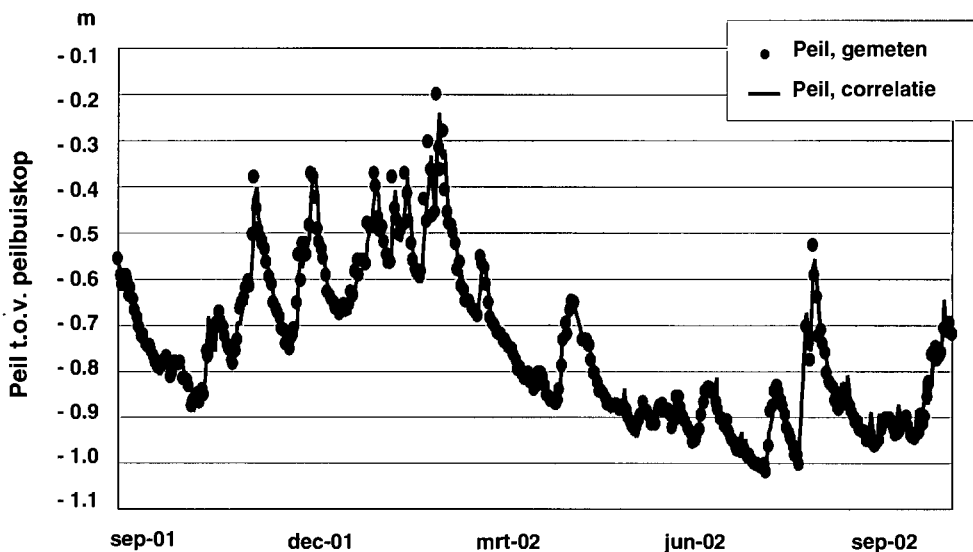
Voor deze studie is gebruik gemaakt van 4 grondwaterpeilreeksen waarvan de peilbuislocaties in Heemstede in figuur 1 zijn aangegeven. Naast de eerder beschreven 1-dags tijdreeks van grondwaterstanden op locatie A (Van Herwijnen, 2002, locatie 102.625 , 485.830, figuur 2) is beschikbaar een tweede 1-dags reeks met als aanvang eind september 2001, aangeduid als tijdreeks B. Deze tweede reeks werd gemeten in een peilbuis aan de prof. Asserlaan (locatie 102.025, 485.025, figuur 3), waarvan de peilbuiskop niet is ingemeten. Deze metingen worden derhalve niet tegen NAP gerapporteerd hetgeen voor de toegepaste analyse geen probleem is omdat die niet op een absoluut peil is gebaseerd. De afstand tussen A en B bedraagt 1005 m. Waar A nadrukkelijk in het midden van de oude strandwal is gelegen, begint direct ten westen van B een scheidende laag Hollandveen op een diepte van 1 à 2 meter. Bij het boren van de 1,8 m diepe peilput B werd louter zand aangetroffen. De tijdreeksen zijn geanalyseerd met de methode zoals deze is beschreven door Van Herwijnen (2002). Voor neerslag en verdamping zijn de reeksen van het KNMI (Heemstede en Schiphol) gebruikt.



Figuur 1: Locaties van de meetpunten; het lichte deel is de oude strandwal, in de gearceerde gebieden is Hollandveen aanwezig (Wareco, 2000).



Figuur 2: Tijdreeks A: Waarnemingen van grondwaterpeil met correlatie.



Figuur 3: Tijdreeks B: Waarnemingen van grondwaterpeil met correlatie. Het absolute peil is arbitrair omdat de peilbuis kop niet is ingemeten.

Naast het ‘verfrissen’ van de analyse op reeks A die inmiddels 6 maanden langer is geworden, is de vraag hoe reeks B door het gehanteerde model wordt beschreven, en of ook hier sprake is van een trage component in de drainagebasis. De resultaten in tabel 1 geven aan dat de parameterwaarden waarmee de drainage van de twee locaties wordt beschreven, duidelijk verschillen. Ook verschillen de parameterwaarden van de langere reeks A met de eerder gerapporteerde waarden tot en met juni 2002. Het model blijkt in staat de bijdrage van lokale neerslag en verdamping op de grondwaterstand nauwkeurig te beschrijven, gelet op de hoge waarde van de correlatiecoëfficiënt R^2 en de kleine standaardafwijking, circa 2 cm.

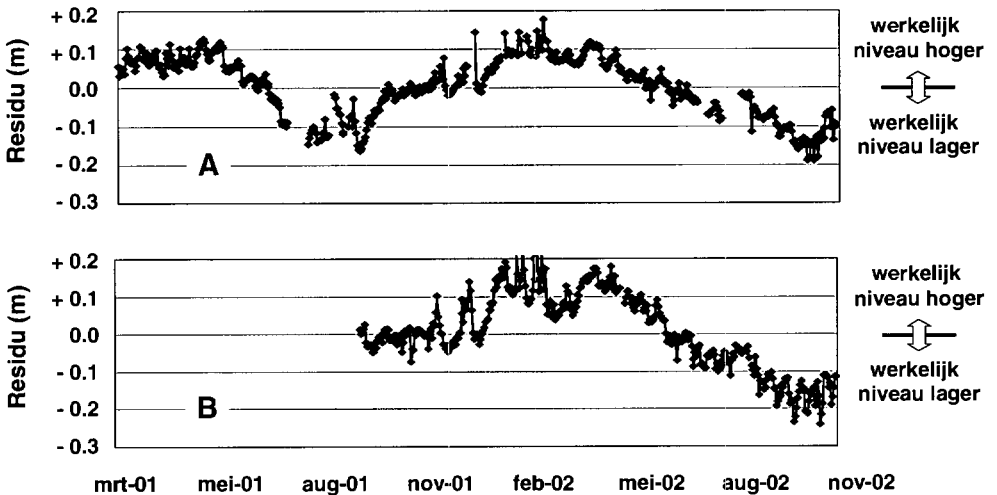
Vergelijking van de actuele waarde van het grondwaterpeil met de modelberekening geeft

een residu dat voor beide meetreeksen behalve de meetruis ook een seizoenschommeling blijkt te bevatten. De toegepaste lineaire drainagevergelijking welke uitgaat van een onbekende, maar constante drainagebasis h_0 geeft geen volledige beschrijving van de meetreeksen omdat de drainagebasis niet constant blijkt te zijn. Het verschil tussen berekende en gemeten waarde, in het vervolg aangeduid als het extrapolatieresidu, is een correctie op de modelparameter h_0 en toont, opgeteld bij h_0 , het feitelijk verloop van de drainagebasis met de tijd.

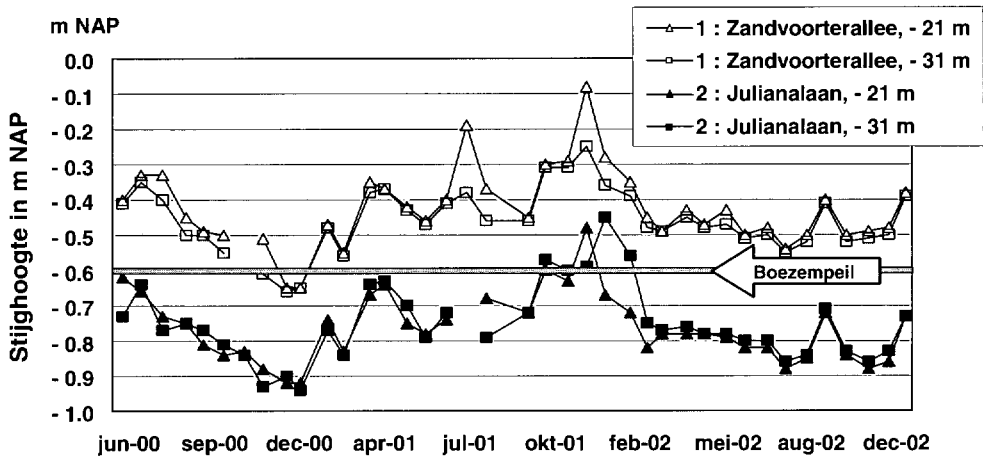
Meetinterval 1d	peilbuis A			peilbuis B			
	beste waarde	95% range min. max.		beste waarde	95% range min. max.		
Tijdsconstante	14,4	11,5	19,1	21,8	15,3	37,6	d
Bergingscoëfficiënt	0,169	0,157	0,182	0,143	0,130	0,158	-
Makink-coëfficiënt	0,38	0,12	0,65	0,32	-0,04	0,69	-
Drainagebasis h_0	-0,57	-0,67	-0,48	-	-0,28	+ 0,28	m NAP
Aantal meetpunten	542			395			-
R^2	0,973			0,975			-
Standaarddeviatie	0,021			0,026			m

Tabel 1: Parameterwaarden voor tijdreeksen A en B; metingen tot 1 november 2002

Figuur 4 vergelijkt de extrapolatieresiduen van A en B. Er is tussen beide reeksen een zeer grote mate van overeenkomst, zowel in het verloop als in het top – dalverschil. In dezelfde figuur geplot vallen de resultaten voor beide tijdreeksen zelfs geheel over elkaar (zie figuur 6, bovenste grafiek). Gelet op de onderlinge afstand, 1005 m, en de verschillen in drainageparameters kan er geen sprake zijn van koppeling op freatisch niveau. De trage componenten in de twee tijdreeksen vinden mogelijk gemeenschappelijk hun oorsprong in de variatie in de stijghoogte in het dieper gelegen wadzandpakket.

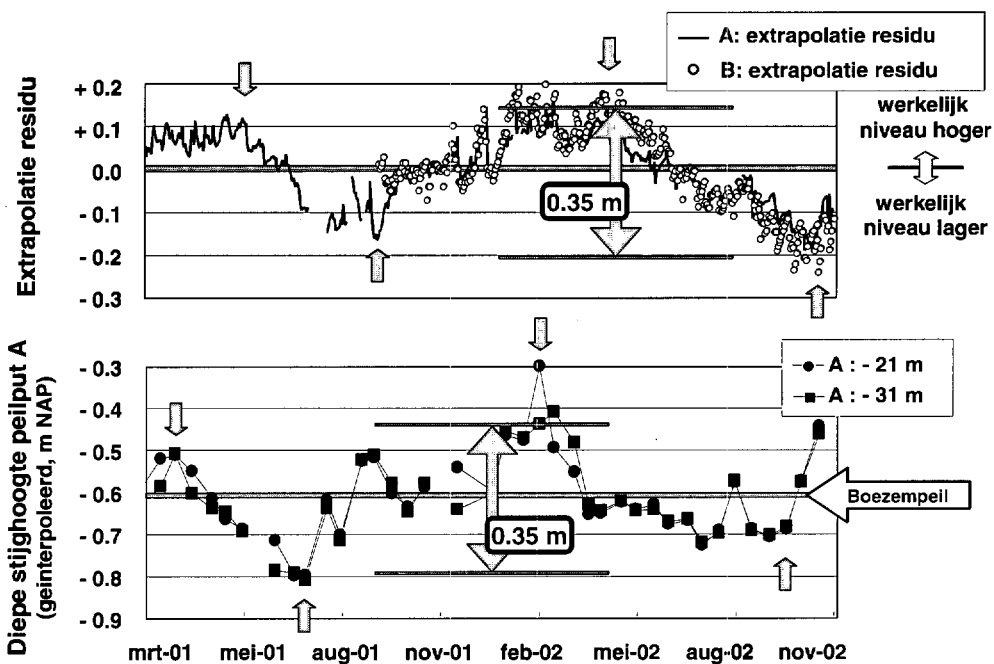


Figuur 4: Vergelijking van de extrapolatieresiduen van reeks A en B.



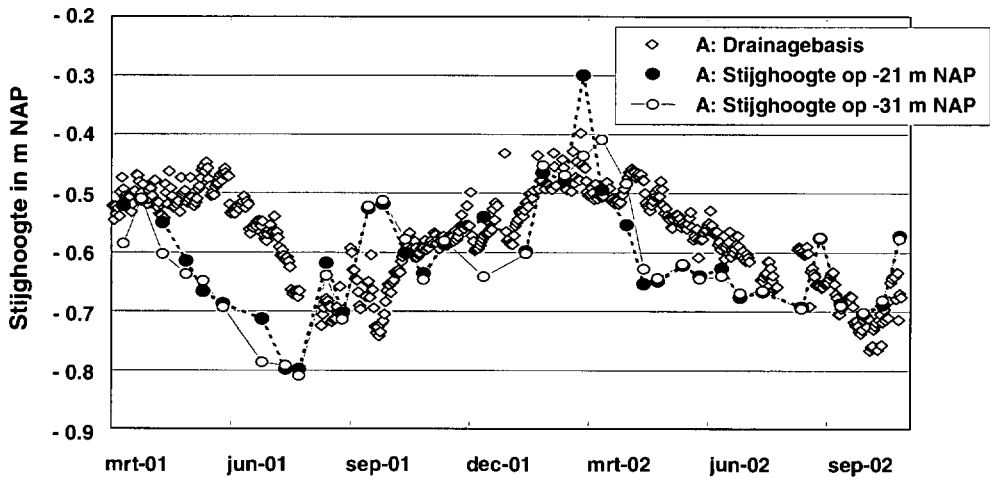
Figuur 5: Stijghoogte in het wadzand op locaties 1 en 2.

Voor locatie A kan deze hypothese kwantitatief worden getoetst. Er zijn twee tijdreeksen van diepe stijghoogten beschikbaar, in figuur 1 aangegeven als peilput 1 en 2. Op beide plaatsen wordt met een meetperiode van 14 dagen op -21 m en -31 m NAP diepte in het wadzand de stijghoogte gemeten. Met de kanttekening dat ook deze metingen snelle veranderingen, voor zover aanwezig, niet correct weergeven, kan toch worden opgemerkt dat zij onderling grote consistentie vertonen (figuur 5). Allereerst zijn voor beide meetpunten de waarden op -21 m en -31 m diepte voortdurend nagenoeg aan elkaar gelijk. Voorts is er altijd een verschil van $0,30-0,35$ m tussen de diepe stijghoogte in peilput 1 en peilput 2. Deze gradiënt bewijst de aanwezigheid van een west-oost-stromingsvector in het wadzand. Volledigheidshalve dient te worden opgemerkt dat de stijghoogte in het wadzand op locatie 1, een gebied met veel overlast, zelfs in de zomer boven het boezempeil ligt waardoor in geval van lage verticale weerstand kwel zal optreden.



Figuur 6: Vergelijking van de trage component van het freatisch peil(reeks A en B) en de stijghoogte in het wadzand op locatie A op -21 m en -31 m NAP.

Peilbuis A ligt op de verbindingslijn tussen peilputten 1 en 2 zodat door lineaire interpolatie een schatting van de stijghoogten in het wadzand op een diepte van -21 m respectievelijk -31 m NAP op plaats A kan worden gemaakt. De bovenste grafiek in figuur 6 toont allereerst het volledig samenvallen van de extrapolatieresiduen van de tijdreeksen van A en B. Daarnaast blijkt in figuur 6 ook de paralleliteit tussen het extrapolatieresidu en de diepe stijghoogte. Uit deze figuur komt duidelijk naar voren dat, zij het met een vertraging van enkele weken, de trage component in de drainagebasis de stijghoogte in het wadzandpakket volgt. De top-dal verschillen van beide tijdreeksen bedragen circa 35 cm en de stijghoogten zijn nagenoeg gelijk wat betekent dat de doorwerking van een verandering in de diepe stijghoogte op het extrapolatieresidu en daarmee de drainagebasis volledig is. Aangezien de drainage in de oppervlaktelaag goed tot zeer goed is, is de verticale weerstand klein.



Figuur 7: Relatie tussen effectief drainagebasis en diepe stijghoogte.

Dit alles wordt tenslotte duidelijk gedemonstreerd in figuur 7 waar de drainagebasis op locatie A wordt gecombineerd met de lineaire interpolaties van de stijghoogten op -21 m en -31 m NAP. De twee grootheden zijn direct aan elkaar gekoppeld, met dien verstande dat de drainagebasis de diepe stijghoogte volgt. Middels deze koppeling ontstaat ook een directe beïnvloeding van het freatisch grondwaterpeil door de stijghoogte in het duingebied. De geologie van het gebied ondersteunt deze observatie volledig. Een recente publicatie over de geologische structuur van de holocene en pleistocene afzettingen in Zuid-Kennemerland (Koster e.a., 2002), demonstreert de aanwezigheid van diep insnijdende, matig tot zeer goed doorlaatbare getijdegeulvullingen in west/oost richting vanuit de Waterleidingduinen tot onder de Haarlemmermeer.

Conclusies

- 1 Twee tijdreeksen van grondwaterpeilen, gemeten op verschillende locaties in de strandwal van Heemstede, demonstreren op vergelijkbare wijze de aanwezigheid van een trage seizoensfluctuatie van $0,35$ m in de drainagebasis in de strandwal.
- 2 De drainagebasis volgt veranderingen in de stijghoogte in het wadzand. De topdalafstanden als ook de absolute waarden van de drainagebasis en de diepe stijghoogte zijn nagenoeg gelijk aan elkaar. De veranderingen van de drainagebasis zijn een direct gevolg van de veranderingen van de stijghoogte in het wadzandpakket op -21 respectievelijk -31 m NAP die nagenoeg volledig doorwerken naar het freatisch niveau.

Dankwoord

De auteur is dank verschuldigd aan Jaap Stelling en Bert Spaan voor het consciëntieus uitvoeren van de grondwatermetingen en aan de Gemeente Heemstede en Wareco voor het beschikbaar stellen van de neerslag en verdampingsgegevens.

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van het Actiecomité tegen Grondwateroverlast in Heemstede ('AC-GWOH').

Referenties

- Copray, S. (2002)** Haalbaarheidsonderzoek putonttrekking Heemstede; Grontmij.
- Herwijnen, T. van (2002)** Tijdreeksanalyse van grondwaterpeilen: de invloed van het meetinterval; in: *Stromingen*, jrg 8, nr 4, pag 19–30.
- Koster, M., S. van Gessel, T.N. Olsthoorn (2002)** TNO-NITG lanceert nieuwe aanpak voor (hydro)geologische detailkartering; TNO-NITG Informatie, editie Grondwater en bodem, nummer 10, januari 2002.
- Leijnse, A. (2002)** Analyse wateroverlast Heemstede; TNO-NITG 02-067-A maart 2002.
- Olsthoorn, T.N. (2001)** Grondwateroverlast Heemstede, Calibratie van de drainageomstandigheden en simulatie van de grondwaterstanden; Gemeentewaterleidingen Amsterdam.
- Wareco (2000)** Grondwatermodel Heemstede; Wareco 2000.