

Effectmodellering watergang Waterfront Harderwijk

6 april 2011

Effectmodellering watergang Waterfront Harderwijk

Verantwoording

Titel	Effectmodellering watergang Waterfront Harderwijk
Opdrachtgever	Gemeente Harderwijk
Projectleider	Michiel de Koning
Auteur(s)	Willem Capel en André Blonk
Projectnummer	4765598
Aantal pagina's	26 (exclusief bijlagen)
Datum	6 april 2011
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale versie. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
afdeling Water
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding.....	9
1.1 Aanleiding.....	9
1.2 Modelberekening.....	9
1.3 Ligging.....	10
1.4 Leeswijzer	10
2 Resultaten modellering.....	11
2.1 Model.....	11
2.2 Resultaten huidige situatie	12
2.3 Effectberekening watergang.....	13
2.3.1 Toekomst peilstijging Veluwerandmeer.....	15
2.4 Stijghoogten	18
2.5 Verontreiniging Hoogstraat.....	24
2.6 Conclusie.....	24
3 Risico's op zettingen	25
3.1 Historische grondwaterstanden.....	25
3.2 Grondwaterstandverlagingen watergang	26
3.3 Conclusie.....	26

1 Inleiding

In de toekomstige ontwikkelingen van het Waterfront in Harderwijk wordt een nieuwe watergang aangelegd. Ondanks dat de effecten als klein worden ingeschat door de gemeente Harderwijk, is een modelberekening gewenst. De modelresultaten geven inzicht in de kwantitatieve effecten op de grondwaterstanden en deze wijziging kan mogelijk effect hebben op zettingen. Dit hoofdstuk beschrijft de ligging van de watergang en de door te rekenen effecten.

1.1 Aanleiding

De aanleg van de watergang kan een tweeledig effect hebben en daarom zijn modelberekeningen gewenst:

1. Verlaging van de grondwaterstand met als mogelijk gevolg risico voor zettingen van de panden in de oude binnenstad
2. Extra aantrekken van verontreiniging afkomstig van de binnenstad (Hoogstraat) en deels saneren door de drainerende werking van de watergang

Als onderdeel van de watertoets Waterfront Zuid Boulevard Oost zijn hierover met de betrokken partijen procesafspraken gemaakt. Deze procesafspraken zijn verwoord in de rapportage N001-4748743HWC-mfv-V01 van 18 januari 2010. Voor onderdeel 1 is de gemeente aan zet om dit te onderzoeken.

1.2 Modelberekening

Voor het in beeld brengen van de effecten onderscheiden wij de volgende onderdelen:

- Aanpassing modelinstrumentarium en berekening huidige situatie
- Doorrekenen effect op grondwaterstanden van watergang
- Bepaling fluctuatie historische grondwaterstanden en advies omtrent risico's voor zettingen

De scenario's die we beschouwen:

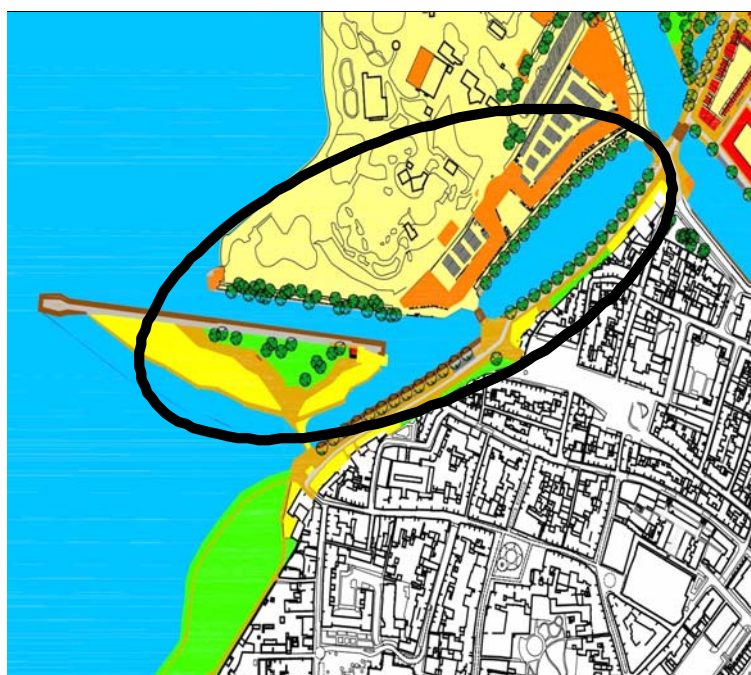
- 1 referentie: huidige situatie peil randmeer -0,3 mNAP
- 1' huidige situatie peil randmeer +0.25 mNAP
- 2 situatie met watergang en randmeer op -0,3 mNAP
- 2' situatie met watergang en randmeer op +0,25 mNAP

De effecten die we in beeld brengen:

- Effect op GHG; scenario 2- referentie 1)
- Effect op GHG (scenario 2'- referentie 1)
- Effect op GHG (scenario 2'- referentie 1')

1.3 Ligging

Tussen het Dolfinarium en de oude binnenstad van Harderwijk wordt, als onderdeel van het Waterfront, een watergang gegraven. De ligging van deze watergang is weergegeven in figuur 1.1.



Figuur 1.1 Ligging nieuw te graven watergang

1.4 Leeswijzer

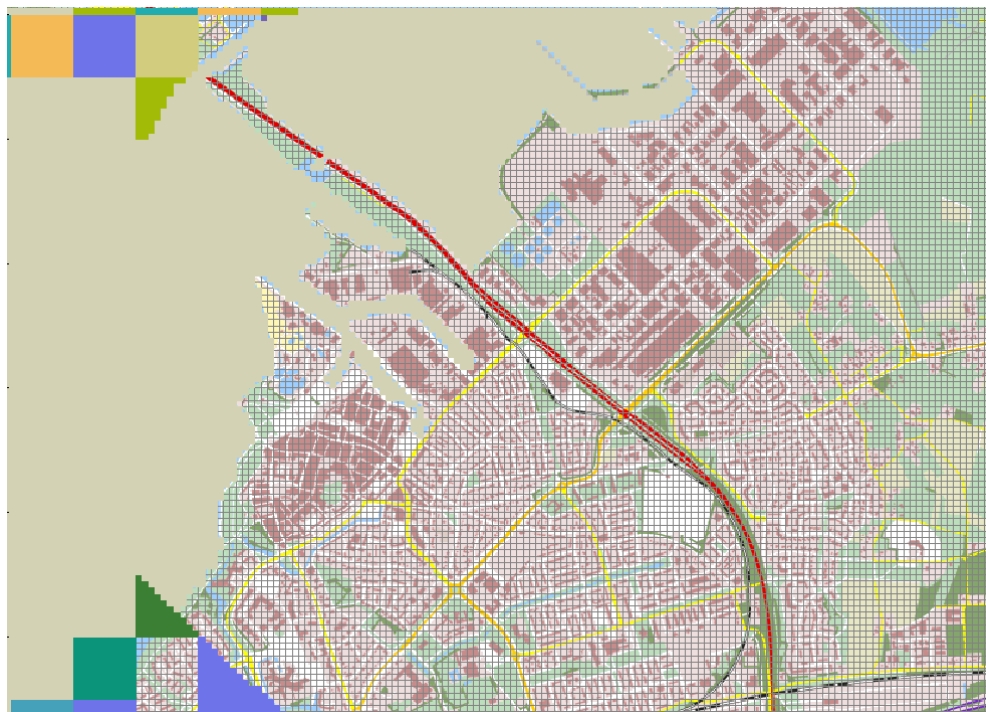
Deze beknopte rapportage bevat de bevindingen van dit onderzoek. In het eerste hoofdstuk hebben wij kort de context toegelicht. In hoofdstuk 2 beschrijven wij eigenlijk het belangrijkste onderwerp: de modellering en de resultaten van de effectberekening. Vervolgens gaan wij in hoofdstuk 3 in op de risico's op zettingen.

2 Resultaten modellering

Wij beschrijven hier zowel de resultaten van de modellering als de uitgangspunten. Wij gaan eerst in op het model en vervolgens op de resultaten op de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden. Die beschrijven wij met behulp van figuren. Vervolgens kijken wij naar de effecten op de tijdreeksen en de verontreiniging aan de Hoogstraat.

2.1 Model

Gebruik is gemaakt van het in-stationaire Veluwemodel (oorspronkelijke versie). Van dit model hebben wij een uitsnede gemaakt en lokaal verfijnd. Figuur 2.1 toont het verfijnde grid. Dit verfijnde grid heeft nu celafmetingen van 25 bij 25 m en het verfijnde gebied beslaat een vierkant gebied van 6 bij 6 km. Wij hebben een buffer om dit gebied ook verfijnd, met name voor toekomstige berekeningen elders in het stedelijk gebied Harderwijk. Deze buffer is nog eens 2 km buiten het gebied toegepast.



Figuur 2.1 Verfijning modelgrid

In verband met de verfijning is het Veluwemeer en de Vissers- en Lelyhaven opnieuw in het model ingevoerd. Daarbij zijn voorsnog dezelfde parameters gebruikt als in het Veluwemodel, te weten:

- Bodemweerstand van 10 dagen
- Waterpeil van 0,3 m -NAP

Vanwege het grofmazige karakter van de *rivers*¹ in het Veluwemodel (zoals Diepe Gracht / Friese Gracht en Couperussingel) zijn deze ook verwijderd uit het model en opnieuw in het model ingevoerd met daarbij de volgende aangepaste parameters.

Tabel 2.1 Modelparameters Diepe Gracht, Friese Gracht en Couperussingel

Waar	Peil (mNAP)	Bodem (mNAP)	Bodemweerstand (dagen)	Breedte (m)
Diepe gracht / Friese Gracht	1,4	0,4	10	10
Couperussingel	1,6	0,6	5	10

2.2 Resultaten huidige situatie

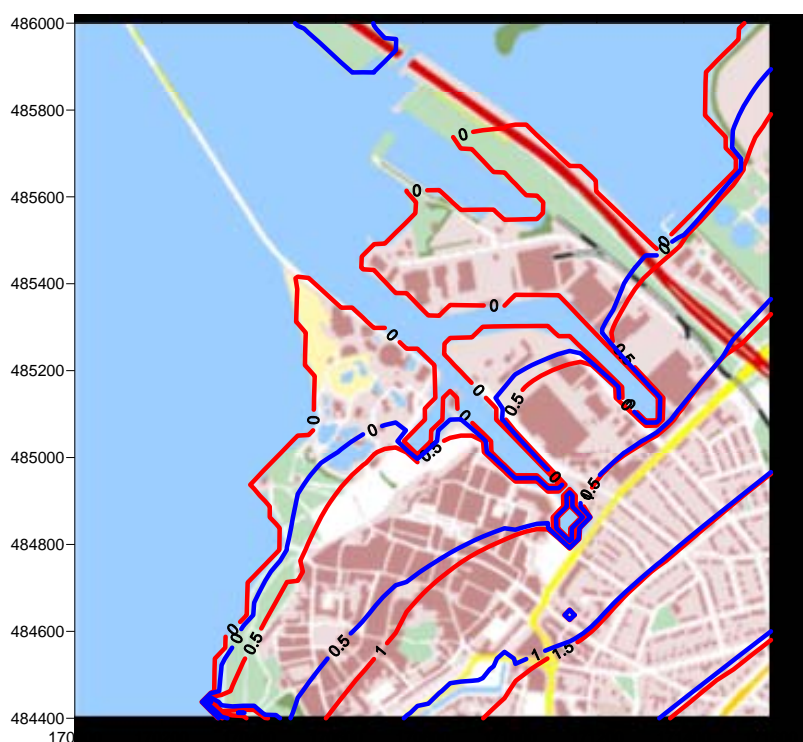
In figuur 2.1 zijn de resultaten van de huidige situatie weergegeven. Met blauw is de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) weergegeven en met rood de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG).

In figuur 2.1 is de berekende GHG en GLG (jaren 1990 tot en met 2000) weergegeven. Het resultaat leidt tot een kleine verhoging van de GHG en GLG ten opzichte van het oorspronkelijke model van Harderwijk. Dit heeft te maken met het feit dat de lokale waterlopen zoals Couperussingel en Diepe Gracht / Friese Gracht in het model zijn ingevoerd met een hogere bodemweerstand dan in het oorspronkelijke Veluwemodel.

Immers is het bekend dat deze watergangen op dit moment een wegzijging hebben naar de omgeving en daarmee ook een redelijke bodemweerstand zullen hebben. De bodemweerstand is overgenomen uit de 'Watersysteemanalyse' van Harderwijk. Dit blijkt ook uit een vergelijking van de gemeten en berekende stijghoogten in de peilbuizen van de gemeente Harderwijk. Grondwatermonitoringsgegevens (ten opzichte van NAP) van de peilbuizen in de directe omgeving van de watergang c.q. binnenstad zijn niet aanwezig.

¹ Rivers zijn de schematisatie van oppervlaktewaterlichamen in het grondwatermodel

Wat betekenen deze bovengenoemde punten voor de effectberekening? Door de enigszins hogere stijghoogten in het model ten opzichte van de werkelijkheid zal het berekende effect van de watergang groter zijn dan in werkelijkheid zal optreden. De grondwaterstand loopt steiler op, dan in werkelijkheid en dat leidt tot grotere effecten. Wij kijken dus zodoende naar een worstcase scenario en beoordelen de effecten ook zodanig.



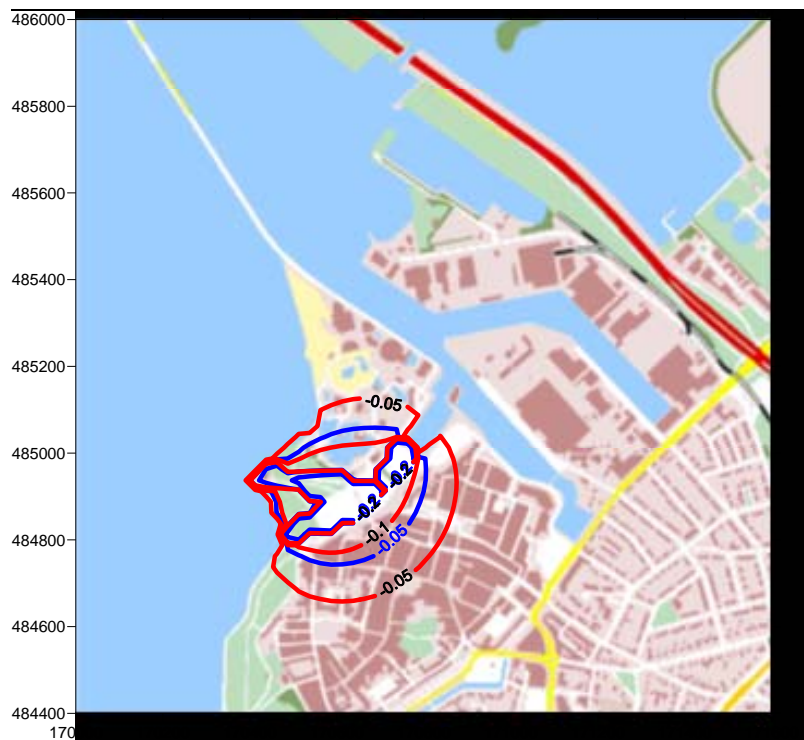
Figuur 2.2 Berekende GHG en GLG (huidige situatie)

2.3 Effectberekening watergang

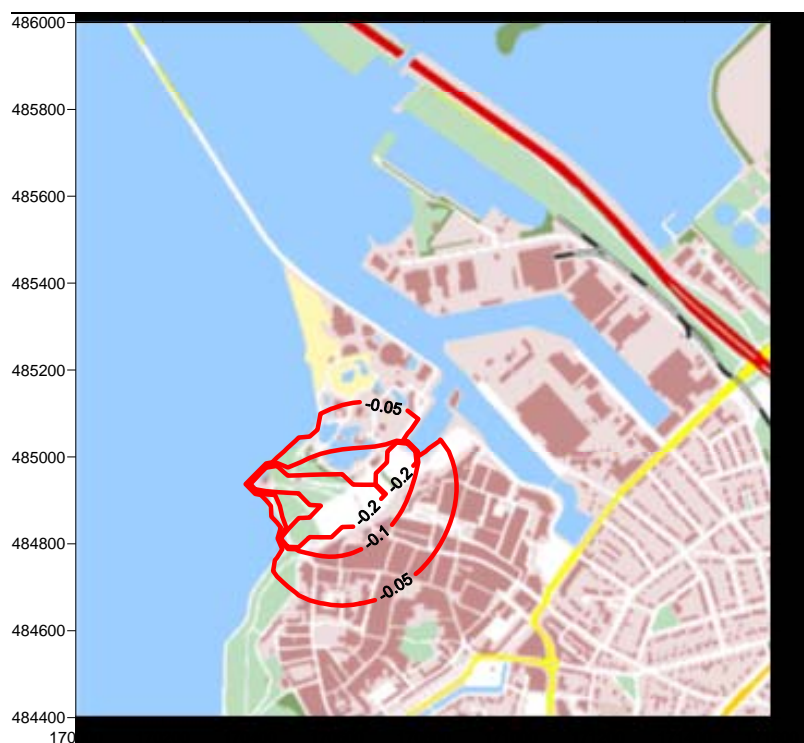
De nieuwe watergang is in het model verwerkt. Aangezien de watergang als verlengd deel van het Veluwemeer kan worden gezien, krijgt deze dezelfde parameterwaarden als het Veluwemeer. Dit betekent een bodemweerstand van 10 dagen.

Figuur 2.3 en figuur 2.4 tonen de berekende effecten van de watergang op de omgeving. Wij laten de effecten zien op de GHG en de GLG.

Figuur 2.3 laat zien dat de grootste effecten optreden ten opzichte van de huidige situatie bij de GHG. De GLG verlagingscontour van 0,05 m ligt ruim binnen die van de GHG. De effecten op de GHG bedragen tussen de 0,05 tot 0,20 cm (zie figuur 2.4).



Figuur 2.3 Berekende effect van de watergang op de GHG en GLG



Figuur 2.4 Berekende effect van de watergang op de GHG

2.3.1 Toekomst peilstijging Veluwerandmeer

In de toekomst gaat het Veluwemeerpeil mogelijk stijgen. Het zomerpeil wordt daarbij aangepast en met 0,30 m verhoogd van -0,05 mNAP naar 0,25 mNAP.

Vanwege de peilstijging is nog een variant doorgerekend. Hierbij hebben wij zowel de referentie als de situatie met watergang nog eens doorgerekend en nu met het peil van 0,25 mNAP in het Veluwerandmeer.

Ook dit is weer een worstcase berekening omdat in werkelijkheid alleen het zomerpeil wordt opgezet tot een niveau van 0,25 m +NAP. In het model is deze nu ingevoerd als een vast peil van 0,25 m +NAP gedurende het gehele jaar. In figuur 2.5 is de resulterende GHG weergegeven in de retentiesituatie (dus peil Veluwerandmeer 0,25 m +NAP, zonder watergang). Te zien is dat in de referentie met verhoogd peil de isohypsen van de GHG opschuiven en dus verhoogd zijn ten opzichte van de huidige situatie.



Figuur 2.5 Indicatief berekende toekomstige GHG (peil 0,25 mNAP Veluwerandmeer, worstcase)

Vervolgens is de watergang ingevoerd in het model eveneens met een peil van 0,25 m +NAP. Deze zorgt dan ter plaatse juist voor een verlaging van de grondwaterstand. Deze berekende verlaging is in figuur 2.6 weergegeven. De verlaging ligt in dezelfde orde van grootte als in de huidige situatie.



Figuur 2.6 Indicatief berekende verandering GHG (peil 0.25 mNAP Veluwerandmeer, worstcase)



Figuur 2.7 Indicatief berekende verandering GHG ten opzichte van de huidige situatie met peil op +0,25 mNAP peil 0.25 mNAP Veluwerandmeer (referentie 1')

2.4 Stijghoogten

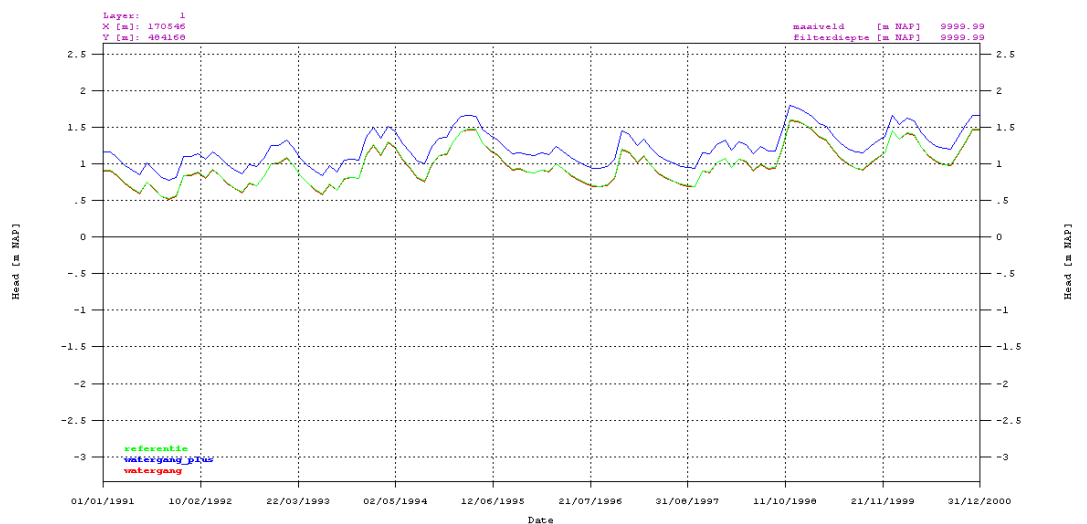
De berekende tijdreeksen zijn aanvankelijk niet vergeleken met gemeten waarden, omdat er simpelweg geen peilbuizen van TNO-NITG beschikbaar zijn in de buurt van de nieuwe watergang. Wij vergelijken stijghoogten uit de varianten in de modellering, maar ook stijghoogten in peilbuizen en modelresultaten. De gemeente heeft ook metingen van grondwaterstanden in een eigen meetnet. De twee meest relevante zijn HP03601, HP11801, HP11601 en HP11701. Deze vergelijken wij met modelresultaten in figuur 2.12 en in figuur 2.13. De peilbuizen HP03601, HP11801, HP11601 bevinden zich dicht bij het Veluwemeer en HP11701 ligt verder van de nieuwe watergang af.



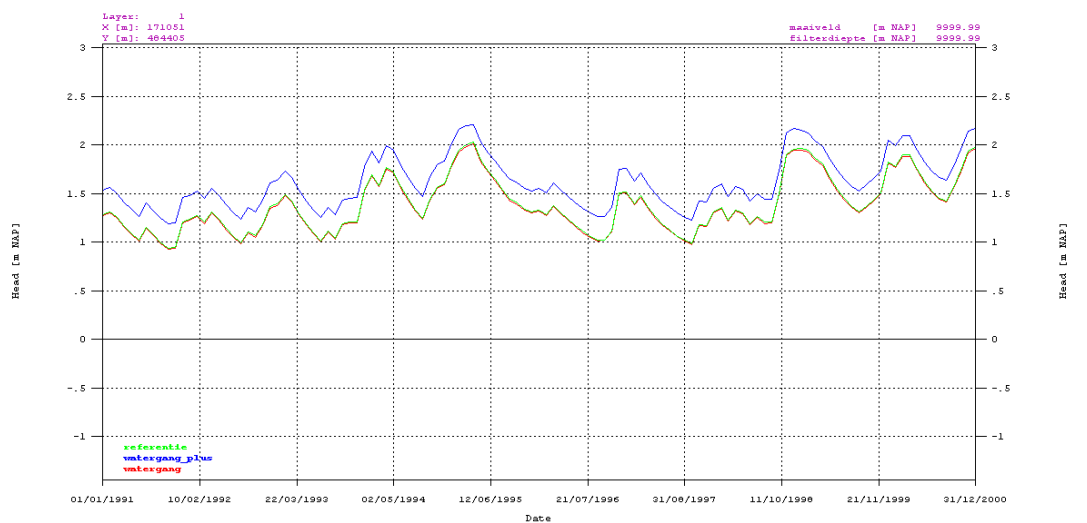
Figuur 2.8 Locaties waarvan de stijghoogten zijn bekeken (HP-codes zijn peilbuizen van Harderwijk)

Wij hebben ook de stijghoogten tussen de modelvarianten vergeleken op vier locaties en weergegeven in de figuren hieronder. Te zien is dat de verschillen erg klein zijn tussen de varianten.

De referentie in deze grafieken is groen, de variant met de watergang is rood en de variant met de watergang en aangepast peil is blauw. De donkergroene lijn zijn gemeten waterstanden.

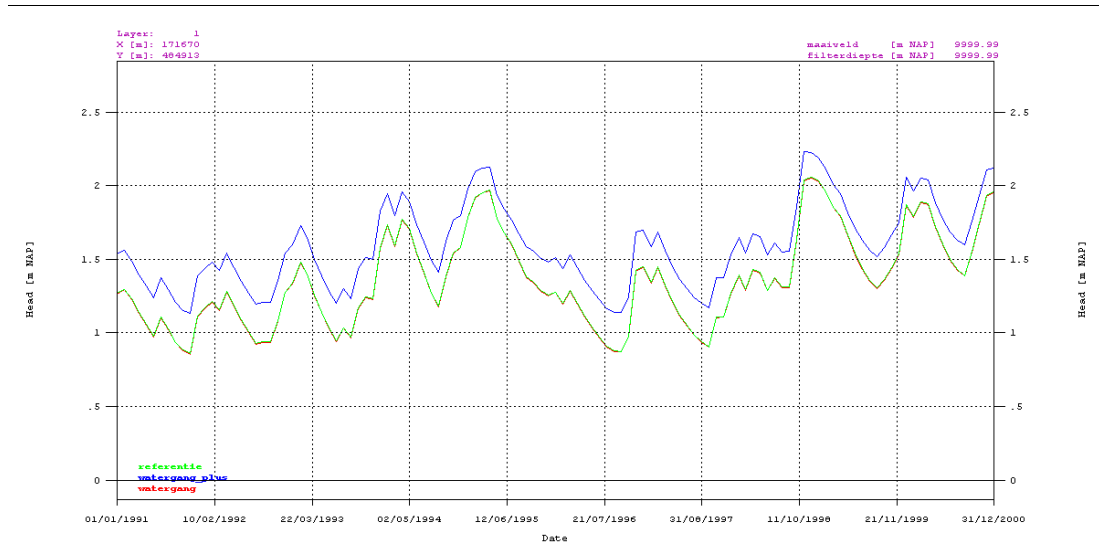


Figuur 2.9 Locatie 1

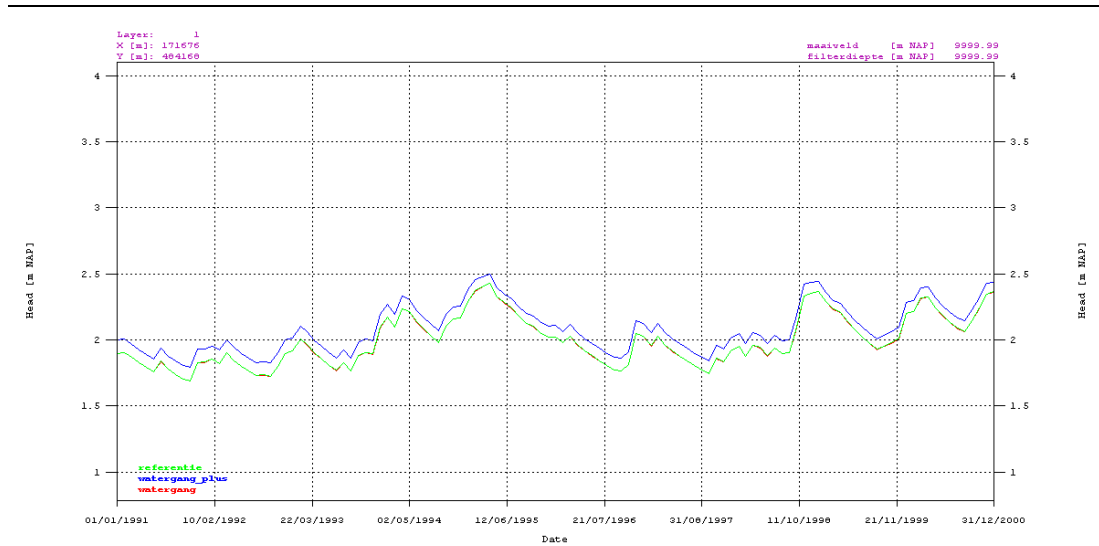


Figuur 2.10 Locatie 2

Kenmerk R001-4765598HWC-rlk-V02-NL



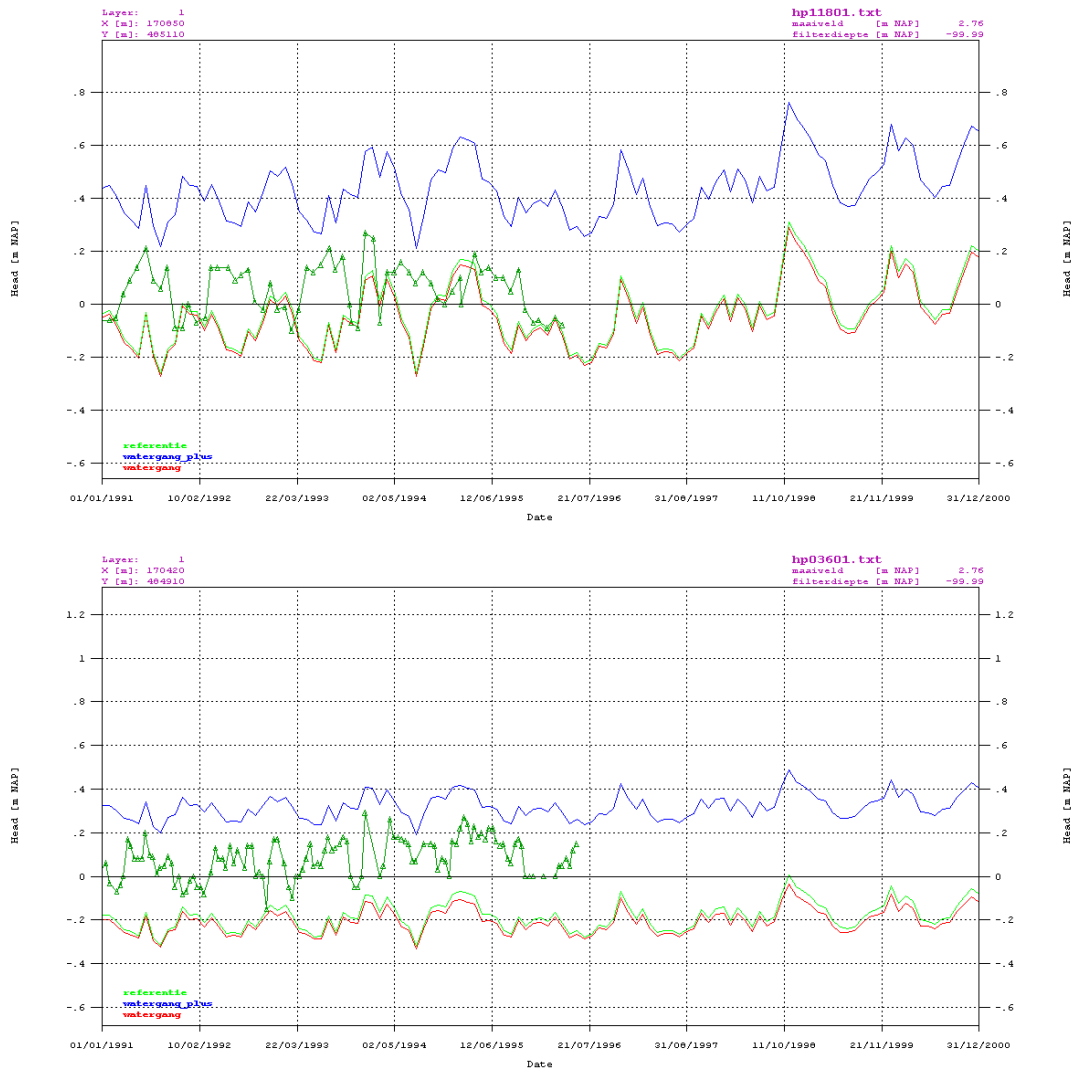
Figuur 2.11 Locatie 3



Figuur 2.12 Locatie 4

Hele goede fits zijn bij het Veluwemodel niet te verwachten. Het grid van het 'moedermodel' is grof. De verschillen tussen de gemeten en berekende stijghoogten zijn hier redelijk klein. De standen hebben ongeveer dezelfde waarden, maar de fluctuatie is licht afwijkend. Dit is het gevolg van de invloed het Veluwemeer en de eigenschappen van het model.

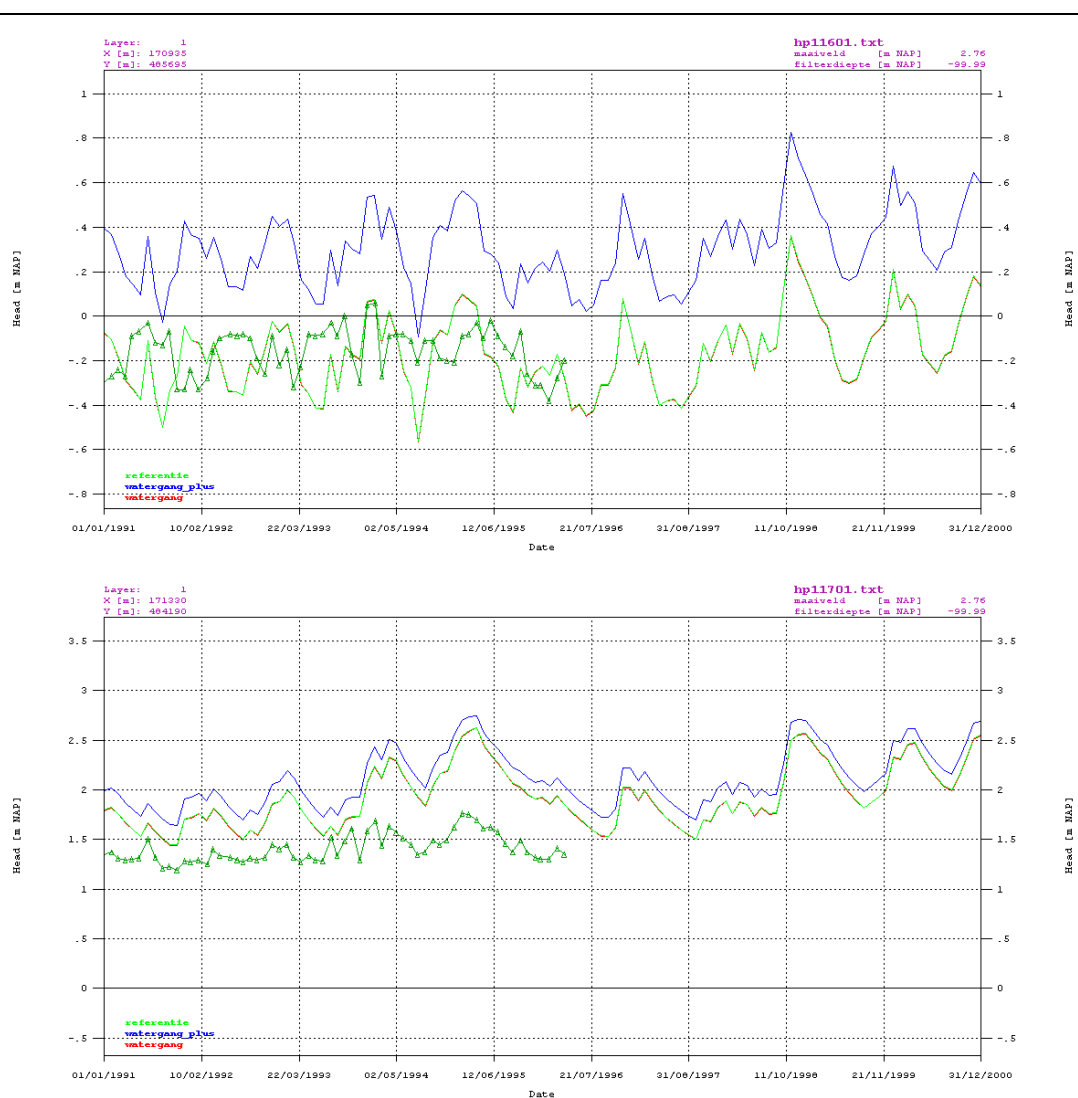
Alleen bij peilbuis HP03601 liggen de grondwaterstanden enigszins boven de berekende huidige grondwaterstanden. Ook de fluctuatie is enigszins anders als gevolg van de locatie: dicht bij het randmeer.



Figuur 2.13 Stijghoogten berekend en gemeten (donkergroen met meetmomenten)

Kenmerk R001-4765598HWC-rlk-V02-NL

In HP11701 liggen de berekende grondwaterstanden hoger. Dit beschreven wij eerder al: de grondwaterspiegel verder van het randmeer loopt in de modellering sneller op dan in werkelijkheid. De fluctuatie in gemeten en berekend komt wel overeen.



Figuur 2.14 Stijghoogten berekend en gemeten (donkergroen met meetmomenten)

2.5 Verontreiniging Hoogstraat

Figuur 2.14 toont de stroombanen vanaf de Hoogstraat voor zowel de referentie situatie als de situatie met de watergang. Te zien is dat er een kleine afwijking zit in de stroomrichting, maar deze is klein. De berekende afwijking na 10 jaar is circa 40 m.



Figuur 2.15 Berekende stroombanen

2.6 Conclusie

De effecten van de watergang op de grondwaterstanden zijn klein, ook zijn grote effecten op de verontreiniging niet te verwachten.

Een aanvullende conclusie is dat de voorgenomen wijziging peilbeheer veluwerandmeren een grotere invloed zal hebben op de grondwaterstanden dan het graven van de watergang op zichzelf, en dat de watergang juist daarop een 'compenserend' invloed heeft.

3 Risico's op zettingen

Wij beschrijven hier kort de risico's op zettingen als gevolg van de nieuwe watergang. De risico's op zettingen hangen enerzijds af van de grondwaterstandverlagingen die optreden, maar anderzijds ook van de historische grondwaterstanden die in het verleden zijn opgetreden en de zettingsgevoeligheid van de grond.

3.1 Historische grondwaterstanden

Wij hebben uitvoerig gezocht naar historische getij gegevens of grondwaterstanden bij Harderwijk. De grondwaterstanden reageren op het getij en fluctueren ongeveer even snel. Uiteraard met kleine vertraging en een demping.

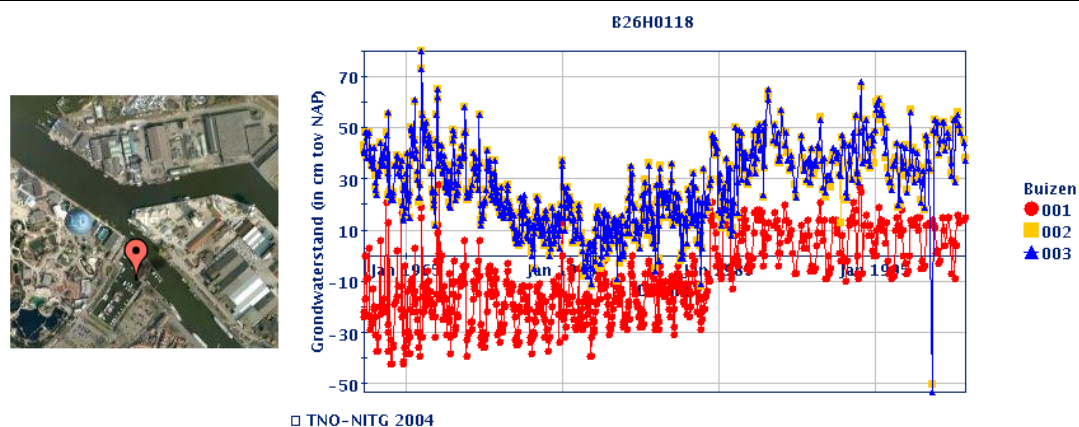
Wij stuiten op veel kwalitatieve beschrijvingen: De ondiepe Zuiderzee vertoonde grote fluctuaties, aangezien getij en wind de waterstand erg grillig konden beïnvloeden. Dit resulteerde in veel overstromingen.

Maar het kwam af en toe ook voor dat bij het juiste getij en windrichting de Zuiderzee droog viel bij Harderwijk en Elburg. Men kon dan ver de Zuiderzee inlopen. Dit betekent dat de grondwaterstanden voor de inpoldering ruim onder de huidige standen kunnen zijn geweest.

Wij kunnen dit enigszins kwantificeren (www.actuelewaterdata.nl). Het huidige getij in de Waddenzee is gedempt ten opzichte van vroeger, maar de waterstand zakt tegenwoordig tot onder -1,0 mNAP. Dit is al ruim onder het peil van het IJsselmeer is en in het verleden moeten waterstanden dus lager zijn geweest. We hebben geen studies gevonden die dit kwantificeren. Wel treedt er demping op: het getijdeneffect wordt kleiner naarmate je verder landinwaarts komt. Die demping is dan ook weer lastig te kwantificeren.

Overigens zijn de randmeren ooit aangelegd om (grote) verlaging van de grondwaterstanden te voorkomen. Bij de Noordoostpolder maakte men namelijk de fout het nieuwe land direct te verbinden met het oude land. Dat leidde tot een veel lagere grondwaterstand waardoor huizen verzakten en de landbouwgrond ging inklinken. Toen heeft men geleerd om bij dergelijke inpolderingen voortaan randmeren aan te leggen. Overigens hebben de polders nog steeds invloed op de grondwaterstanden.

Tijdens het aanleggen van de polders zijn er wel erg lage waterstanden geweest (jaren 50 en 60). Deze zijn wel structureel laag geweest bij Harderwijk (-0.40 mNAP) en hebben zodoende mogelijke zetting al veroorzaakt



Figuur 3.1 Voorbeeld van tijdstijghoogtelijnen met lage grondwaterstanden (1960-2000)

Wij concluderen op basis hiervan dat zetting niet aan de orde is in Harderwijk als gevolg van de nieuwe watergang. Ook is de bodemopbouw geheel zandig (TNO-NITG) in Harderwijk en is zetting als gevolg van lage grondwaterstanden al opgetreden.

3.2 Grondwaterstandverlagingen watergang

De effecten van de watergang op de GHG en GLG zijn dusdanig klein dat ze binnen de normale fluctuatie van de grondwaterstand liggen. De verandering ter hoogte van het oude centrum zijn kleiner dan 10 cm. Het risico op verdere zetting in de zandige bodem in het oudere deel van Harderwijk is niet aanwezig.

3.3 Conclusie

Zettingen als gevolg van de nieuwe watergang zijn op grond van de modelberekeningen en historische grondwaterstanden niet te verwachten.