

# EFFECTEN GEBOUWEN EN INFRASTRUCTUUR (inclusief molens en boezemkades)

Als gevolg van peilverlaging Achterwaterschap



Effecten gebouwen en infra  
Ref.: 1804041A02-R19-342  
Versie 2.0  
21 maart 2019

**Waterschap Rivierenland**

Opdrachtgever Frenk Mertens  
Contactpersoon Allard Koopal  
Adres De Blomboogerd 1  
4003 BX Tiel

**RPS advies- en ingenieursbureau bv**

Auteurs André de Wit  
Lianne van Buuren  
Projectleider André de Wit  
Gecontroleerd door Lianne van Buuren  
Projectreferentie 1804041A02-R19-342  
Versie 2.0  
Totaal aantal pagina's 27

---

Handtekening



André de Wit  
projectleider

---

<b>Versie</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Rapport datum</b>
1.4	Eerste concept	1 maart 2019
2.0	Eindconcept	21 maart 2019

---

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever. Alleen aan het originele complete rapport kunnen rechten worden ontleend. Dit rapport mag UITSLUITEND in zijn geheel worden gereproduceerd.

## INHOUDSOPGAVE

<b>1.</b>	<b>INLEIDING .....</b>	<b>4</b>
1.1	Aanleiding.....	4
1.2	Doel .....	5
1.3	Werkwijze en afstemmingsproces.....	5
1.4	Leeswijzer .....	5
<b>2</b>	<b>WATERSYSTEEM EN PEILEN .....</b>	<b>6</b>
2.1	Huidige situatie en peilen .....	6
2.1.1	Achterwaterschap.....	6
2.1.2	Lage boezem van de Nederwaard .....	8
2.1.3	Hoge Boezem Overwaard (HBO).....	9
2.1.4	Totaaloverzicht waterpeilen .....	10
2.2	Toekomstige situatie en peilen.....	10
2.2.1	Peilvoorstel Achterwaterschap .....	10
2.2.2	Effect peilbeheer .....	11
2.2.3	Effect grondwater .....	11
<b>3</b>	<b>EFFECTEN GEBOUWEN EN INFRASTRUCTUUR .....</b>	<b>14</b>
3.1	Molens Overwaard Kinderdijk .....	14
3.1.1	Funderingen en overige (houten) voorzieningen in de bodem .....	15
3.1.2	Maalcapaciteit .....	16
3.1.3	Maaluren .....	17
3.1.4	Werkzaamheid van de molens.....	19
3.1.5	Samenvatting molens en aanbevelingen .....	19
3.2	Broekmolen Streefkerk.....	20
3.3	Bebouwing Kinderdijk en De Donk.....	20
3.3.1	Kinderdijk.....	20
3.3.2	De Donk .....	21
3.4	Boezemkades Achterwaterschap.....	21
3.4.1	Inleiding .....	21
3.4.2	Binnenwaartse stabiliteit (STBI) .....	21
3.4.3	Piping .....	23
3.4.4	Micro-instabiliteit.....	23
3.4.5	Buitenwaartse stabiliteit (STBU) .....	23
3.4.6	Hoogte.....	24
3.5	Kabels en leidingen .....	26
3.6	Fietspad op kade.....	26
3.7	Overige objecten langs het Achterwaterschap .....	26
	<b>REFERENTIES.....</b>	<b>27</b>

## 1. INLEIDING

### 1.1 Aanleiding

Door piekbuien en hogere waterstanden in de rivieren krijgt waterschap Rivierenland meer water te verwerken. Daarnaast is er in de Alblasserwaard sprake van bodemdaling en zijn veel boezemkades niet hoog en niet stevig genoeg. Bij hevige regenval moeten extra noodgemalen bijgeplaatst worden om wateroverlast te voorkomen. Dit alles heeft ervoor gezorgd dat het waterschap op zoek is gegaan naar structurele oplossingen.

Het Algemeen Bestuur van het waterschap heeft een visie voor 2050 opgesteld om ook in de toekomst een robuust en klimaatbestendig watersysteem te hebben. Deze visie betekent een wijziging in de indeling van het huidige watersysteem van de Overwaard en de Nederwaard. Na zes eeuwen wordt namelijk het water niet alleen via Kinderdijk afgevoerd, maar ook via één of twee nieuw te bouwen boezemgemalen. Hierdoor zal een nieuwe indeling in het watersysteem van de Overwaard en de Nederwaard ontstaan. Op die manier is het waterpeil op de boezems beter te beheersen en hoeven minder kades verbeterd te worden. Onderdeel van het maatregelenpakket is een verlaging van het boezempeil van het Achterwaterschap met 15 cm. Op de overige boezempeilen en polderpeilen hebben de maatregelen geen effect.



figuur 1.1: nieuwe indeling watersysteem van de Alblasserwaard

Het boezempeil in het Achterwaterschap moet verlaagd worden, omdat op termijn het gemaal Ir. Kok in Kinderdijk nodig is om het water van de Nederwaard af te kunnen voeren, samen met het gemaal J.U. Smit in Kinderdijk. Om dat te realiseren, worden het Achterwaterschap en de Lage boezem van de Nederwaard via een opening in de Middelkade met elkaar verbonden. Het boezempeil van het Achterwaterschap moet dan verlaagd worden naar het boezempeil van de Nederwaard. Dit betreft een peilverlaging van 0,15 m ten opzichte van het peilbesluit. Het minimum en maximum peil zullen daarbij ook veranderen. Door de peilverlaging wordt tevens de kadeverbeteringsopgave voor het Achterwaterschap verkleind.

## 1.2 Doel

In deze rapportage worden de effecten van de peilverlaging in het Achterwaterschap beschreven voor de gebouwen en infrastructuur, inclusief de molens en boezemkades.

## 1.3 Werkwijze en afstemmingsproces

Bij de voorbereiding van de maatregelen zijn diverse technische en omgevingsonderzoeken uitgevoerd, onder meer naar de effecten van de peilverlaging op de grondwaterstand en de boezemkades. Deze vormen naast andere onderzoeken uit het (recente) verleden de basis voor de beschrijving van de effecten van de peilverlaging op de objecten. De effectbeschrijvingen voor de objecten zijn overwegend beschouwend van aard.

Het effect van de peilverlaging op de maalfunctie van de molens is gebaseerd op meetgegevens van de afgelopen jaren (peilverschillen en windkracht) aangevuld met praktijkervaring van de molenaars. Hiervoor is een aantal keren overleg gevoerd met de molenaars van Kinderdijk en SWEK (Stichting Werelderfgoed Kinderdijk).

## 1.4 Leeswijzer

PM

## 2 WATERSYSTEEM EN PEILEN

### 2.1 Huidige situatie en peilen

#### 2.1.1 Achterwaterschap

In de huidige situatie is het Achterwaterschap onderdeel van de Lage boezem van de Overwaard (peilgebied OVW200). Het vigerende peilbesluit is weergegeven in tabel 2.1. De Lage boezem van de Overwaard heeft een boezempeil NAP -0,75 m. Ten behoeve van het peilbeheer mag het peil uitzakken tot een minimumpeil van NAP -1,00 m en stijgen tot een maximumpeil van NAP -0,25 m.

Tabel 2.1: peilbesluit Lage boezem van de Overwaard, waaronder het Achterwaterschap

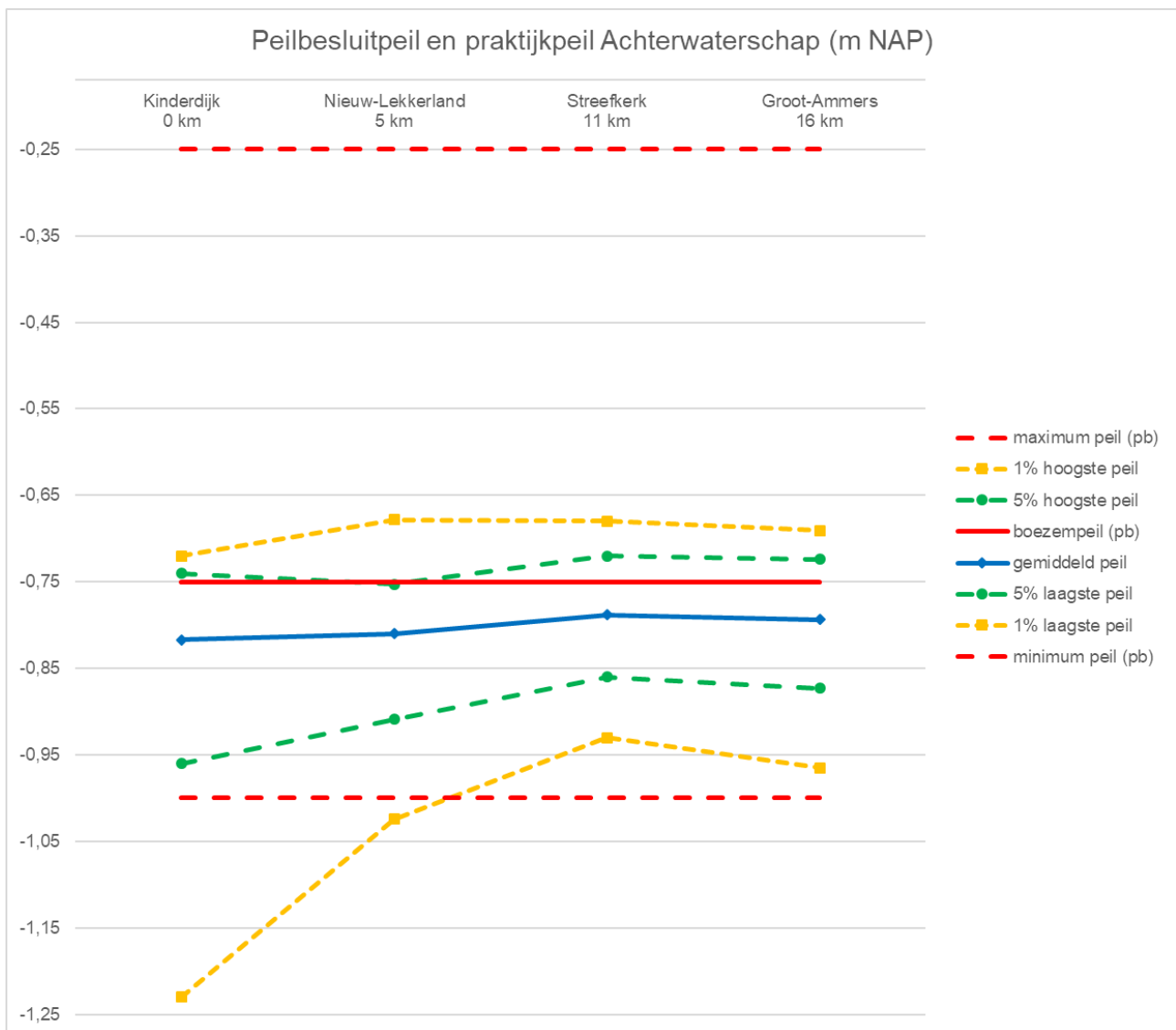
Vigerend peilbesluit				
Watergang	Peilgebied (code)	Boezempeil (m NAP)	Minimum peil (m NAP)	Maximum peil (m NAP)
Achterwaterschap	Lage boezem van de Overwaard (OVW200)	-0,75	-1,00	-0,25

Op vier locaties langs het Achterwaterschap worden praktijkpeilen gemeten, bij het boezemgemaal in Kinderdijk en de poldergemalen bij Nieuw-Lekkerland, Streefkerk en Liesveld-Graafland (Groot-Ammers). In figuur 2.1 zijn de gemiddelde praktijkpeilen bij de vier meetlocaties weergegeven voor de periode 2016 t/m 2018. Om een indruk te krijgen van de variatie van de praktijkpeilen, zijn daarnaast ook de 5% en 1% hoogste en laagste praktijkpeilen weergegeven. Tevens zijn de peilbesluitpeilen in de figuur weergegeven.

Uit de meetgegevens blijkt dat het gemiddelde praktijkpeil in het Achterwaterschap in 2016 t/m 2018 circa NAP -0,80 m is, dit is circa 5 cm lager dan het boezempeil volgens het peilbesluit. Het gemiddelde praktijkpeil toont een beperkt verhang van 3 cm van oost naar west in het Achterwaterschap.

Tevens blijkt dat er een behoorlijke bandbreedte is tussen de 1% hoogst gemeten peilen en de 1% laagst gemeten peilen in het Achterwaterschap, die van oost naar west toeneemt van circa 30 cm bij Groot-Ammers tot circa 50 cm bij gemaal Ir. Kok in Kinderdijk. De 1% laagste peilen bij Nieuw-Lekkerland en Kinderdijk zijn 2 tot 23 cm lager dan de minimumgrens van het peilbesluitpeil.

De praktijkpeilen in het Achterwaterschap zijn lager dan de praktijkpeilen van de hele Lage boezem van de Overwaard, doordat het Achterwaterschap direct achter het gemaal ligt. Door het verhang in het boezemstelsel, heeft het overige deel van de Lage boezem van de Overwaard hogere praktijkpeilen.



figuur 2.1: praktijkpeilen (blauwe, groene en oranje lijnen) en peilbesluitpeilen (rode lijnen) bij vier meetpunten in het Achterwaterschap op 0, 5, 11 en 16 km afstand van het gemaal

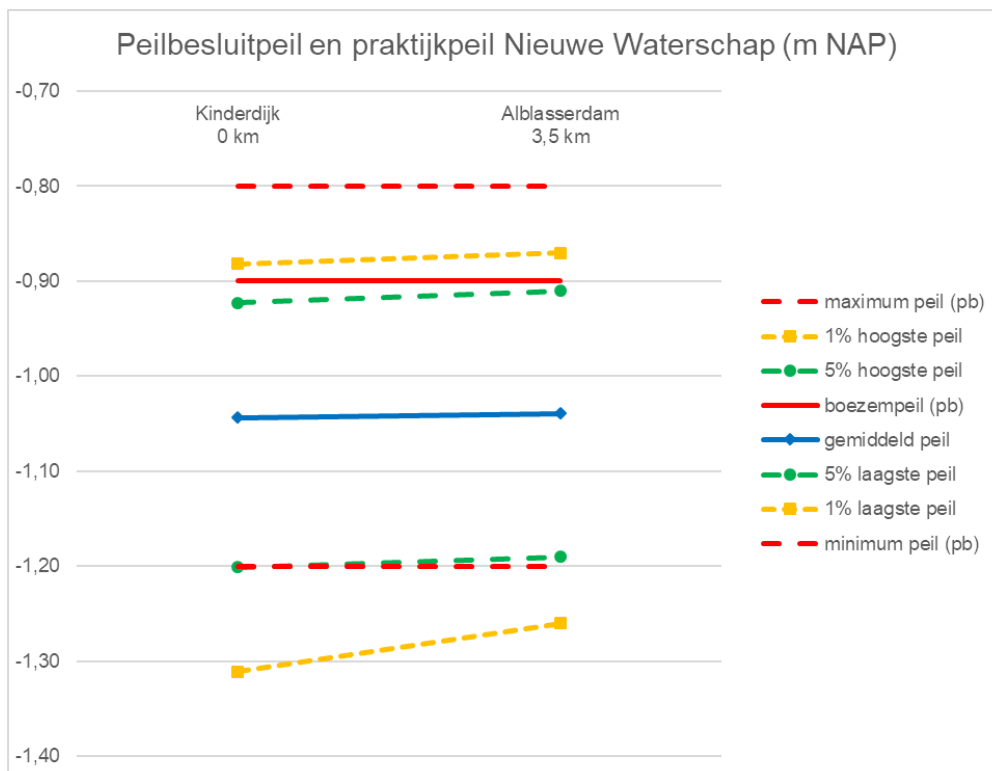
## 2.1.2 Lage boezem van de Nederwaard

Het Achterwaterschap wordt verbonden met de Lage boezem van de Nederwaard. De Lage boezem van de Nederwaard heeft een boezempeil NAP -0,90 m. Ten behoeve van het peilbeheer mag het peil uitzakken tot een minimumpeil van NAP -1,20 m en stijgen tot een maximumpeil van NAP -0,80 m.

Tabel 2.2: peilbesluit Lage boezem van de Nederwaard

Vigerend peilbesluit			
Peilgebied (code)	Boezempeil (m NAP)	Minimum peil (m NAP)	Maximum peil (m NAP)
Lage boezem van de Nederwaard (NDW100)	-0,90	-1,20	-0,80

In figuur 2.2 zijn de gemiddelde praktijkpeilen bij de twee meetlocaties in de Lage boezem van de Nederwaard weergegeven voor de periode 2016 t/m 2018. Uit de meetgegevens blijkt dat het praktijkpeil in de Lage boezem van de Nederwaard in 2016 t/m 2018 gemiddeld NAP -1,04 m is, dit is 14 cm lager dan het boezempeil volgens het peilbesluit. Tevens blijkt dat er een behoorlijke bandbreedte is tussen de 1% hoogst gemeten peilen en de 1% laagst gemeten peilen bij het gemaal, namelijk ruim 40 cm. De 1% laagste peilen bij Alblasserdam en Kinderdijk zijn 6 tot 11 cm lager dan de minimumgrens van het peilbesluitpeil.



figuur 2.2: praktijkpeilen (blauwe, groene en oranje lijnen) en peilbesluitpeilen (rode lijnen) bij twee meetpunten in de Lage boezem Nederwaard op 0 en 3,5 km afstand van het gemaal



### 2.1.3 Hoge Boezem Overwaard (HBO)

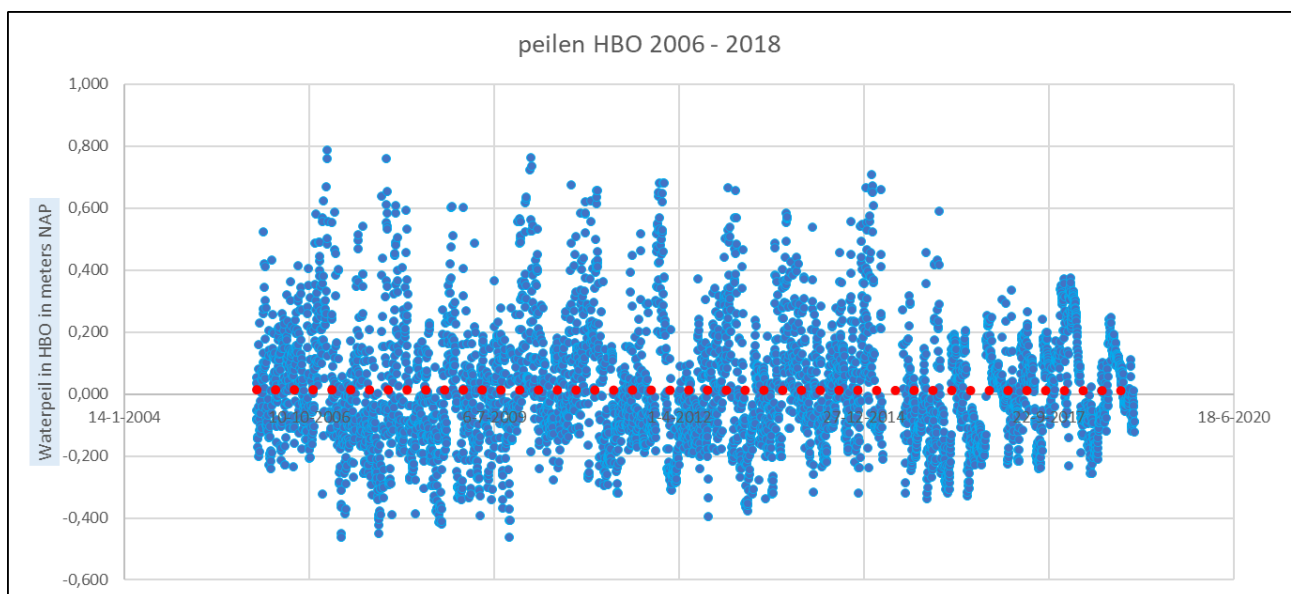
De Hoge Boezem van de Overwaard (HBO) ontvangt het bemalingswater van de acht molens langs het Achterwaterschap. Daarnaast fungeert het als tijdelijke berging van het watersysteem van de Lage boezem van de Overwaard. Navolgende figuur geeft een overzicht van de oude peilen (vigerend peilbesluit), huidige peilen (peilen sinds zomer 2016) en toekomstige peilen (peilvoorstel partiële herziening peilbesluit HBO).

Peilgebied (uit vigerend peilbesluit)	Vigerend peilbesluit		Peilen sinds zomer 2016		Peilvoorstel	
	maximaal peil	minimaal peil	maximaal peil	minimaal peil	maximaal peil	minimaal peil
OVW201 / HBO	NAP +0,9 m	NAP -0,4 m	NAP +0,4 m	NAP -0,4 m	NAP +0,25 m	NAP -0,4 m

figuur 2.3: peilbesluit Hoge Boezem van de Overwaard (HBO)

Sinds de zomer van 2016 is het maximale peil van NAP +0,90 m verlaten en is dit NAP +0,40 m geworden. Het minimumpeil NAP -0,40 m is niet gewijzigd. Er geldt in de HBO geen zomer- en winterregiem.

In onderstaande figuur zijn de praktijkpeilen bij de meetlocatie in de HBO weergegeven voor de afgelopen 13 jaren (meetgegevens 2006 – 2018). Uit de meetgegevens blijkt dat het gemiddelde peil rond NAP ligt. De pieken naar omhoog en omlaag zijn de laatste jaren kleiner geworden.



figuur 2.4: praktijkpeilen HBO

## 2.1.4 Totaaloverzicht waterpeilen

In de navolgende tabel zijn de peilbesluitpeilen en praktijkpeilen in de boezemsystemen Achterwaterschap, Nederwaard en de HBO naast elkaar gezet (bron: WSRL, data 2006-2018).

Tabel 2.3: overzicht peilbesluitpeilen en praktijkpeilen

Peilen (m NAP)	Achterwaterschap (Lage boezem Overwaard) 2016 - 2018	Lage boezem Nederwaard 2016 - 2018	HBO 2008 - 2015	HBO 2016 - 2018
<b>Maximum peil peilbesluit</b>	<b>-0,25</b>	<b>-0,80</b>	<b>+0,90</b>	<b>+0,40</b>
1% hoogste praktijkpeil	-0,70	-0,88	+0,77	+0,36
5% hoogste praktijkpeil	-0,75	-0,92	+0,50	+0,28
<b>Boezempeil peilbesluit</b>	<b>-0,75</b>	<b>-0,90</b>	-	-
Gemiddeld praktijkpeil	-0,82	-1,05	+0,02	+0,01
5% laagste praktijkpeil	-0,93	-1,20	-0,29	-0,23
<b>Minimum peil peilbesluit</b>	<b>-1,00</b>	<b>-1,20</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,40</b>
1% laagste praktijkpeil	-1,12	-1,28	-0,38	-0,30

## 2.2 Toekomstige situatie en peilen

### 2.2.1 Peilvoorstel Achterwaterschap

In tabel 2.4 is het peilvoorstel weergegeven in relatie met het vigerende peil. Het peilvoorstel is feitelijk een grenswijziging van het peilgebied Lage boezem van de Nederwaard, waarbij de peilgrens wordt verlegd van de Middelkade naar het nieuwe flexibel afsluitmiddel in het Achterwaterschap ter hoogte van de Ammerse Kade. Door deze grenswijziging wordt het Achterwaterschap onderdeel van de Lage boezem van de Nederwaard (NDW100), inclusief zomer- en winterpeil. Dit houdt in dat het boezempeil voor het Achterwaterschap wijzigt van NAP -0,75 m naar NAP -0,90 m. Het peilvoorstel inclusief minimum en maximum peil ten behoeve van het peilbeheer is overgenomen uit het vigerende peilbesluit voor de Lage boezem van de Nederwaard.

Het peilvoorstel is een verlaging van 15 cm van het boezempeil in het Achterwaterschap ten opzichte van het huidige peilbesluit. In de overige boezemwatergangen van de Lage boezem van de Overwaard en de Nederwaard blijft het boezempeil, inclusief minimum en maximum peil gelijk aan het vigerende peilbesluit.

Tabel 2.4: peilvoorstel Achterwaterschap

Watergang	Vigerend peilbesluit				Peilvoorstel			
	Peilgebied (code)	Boezem peil (m NAP)	Min. peil (m NAP)	Max. peil (m NAP)	Peilgebied (code)	Boezem peil (m NAP)	Min. peil (m NAP)	Max. peil (m NAP)
Achterwaterschap	Lage boezem van de Overwaard (OVW200)	-0,75	-1,00	-0,25	Lage boezem van de Nederwaard (NDW100)	-0,90	-1,20	-0,80
Lage boezem Overwaard	Lage boezem van de Overwaard (OVW200)	-0,75	-1,00	-0,25	Lage boezem van de Overwaard (OVW200)	-0,75	-1,00	-0,25
Lage boezem Nederwaard	Lage boezem van de Nederwaard (NDW100)	-0,90	-1,20	-0,80	Lage boezem van de Nederwaard (NDW100)	-0,90	-1,20	-0,80

### 2.2.2 Effect peilbeheer

De verwachting is dat de boezempeilen in het nieuwe watersysteem beter gehandhaafd kunnen worden. Nabij de gemalen hoeft minder verval getrokken te worden en het water achterin het watersysteem kan adequater naar de gemalen afgevoerd worden. De verwachting is dat hierdoor minder grote peilfluctuaties in het Achterwaterschap optreden bij extreme neerslagsituaties.

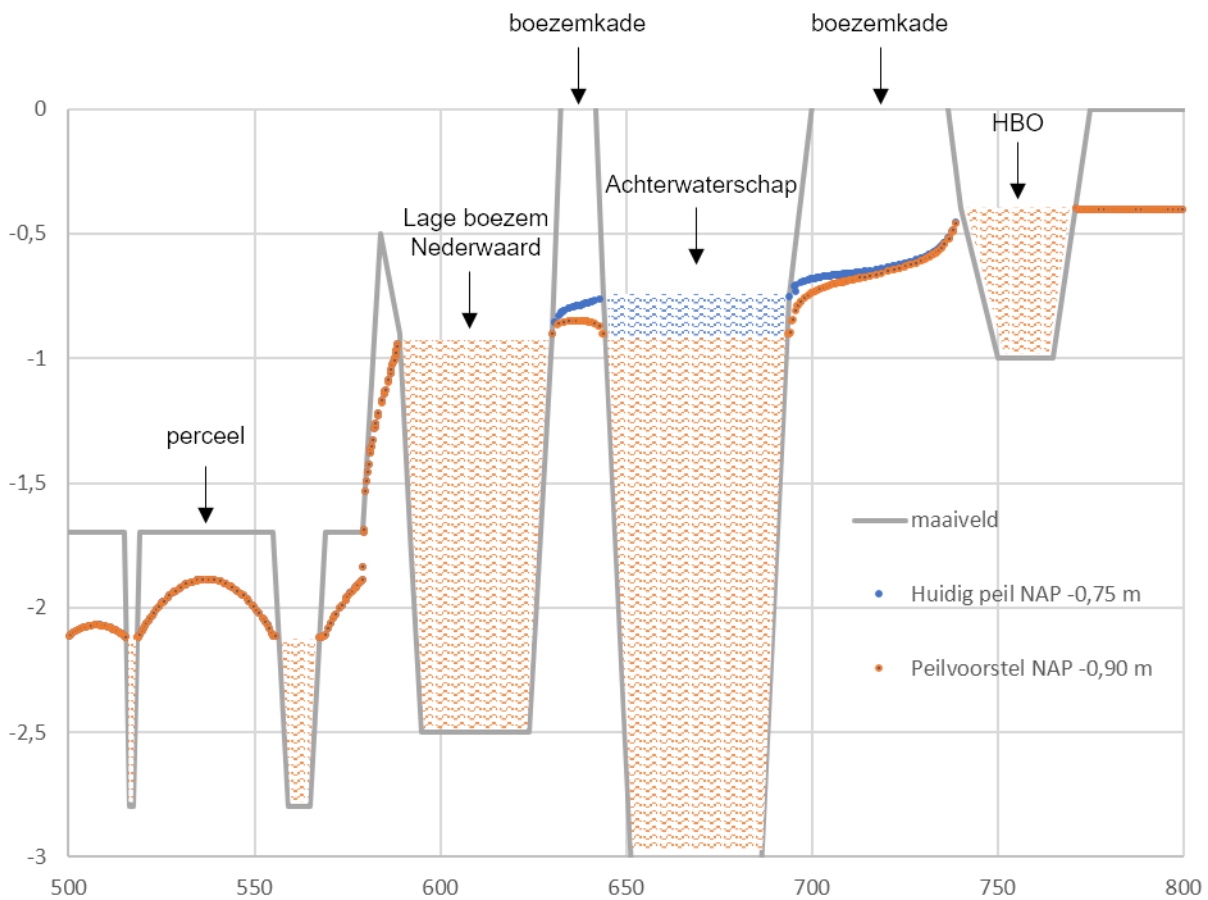
De verwachting is dat na uitvoering van de watersysteemmaatregelen het boezempeil van NAP -0,90 m in de Lage boezem van de Nederwaard gehanteerd kan worden. In de overgangperiode (als nog niet alle kades op hoogte zijn) kan mogelijk tijdelijk een lager praktijkpeil NAP -1,00 m aangehouden worden.

De effecten op gebouwen en infrastructuur worden zowel bepaald bij het voorgestelde boezempeil NAP -0,90 m (peilverlaging 0,15 m) als bij het mogelijke tijdelijke peil NAP -1,00 m (peilverlaging 0,25 m).

### 2.2.3 Effect grondwater

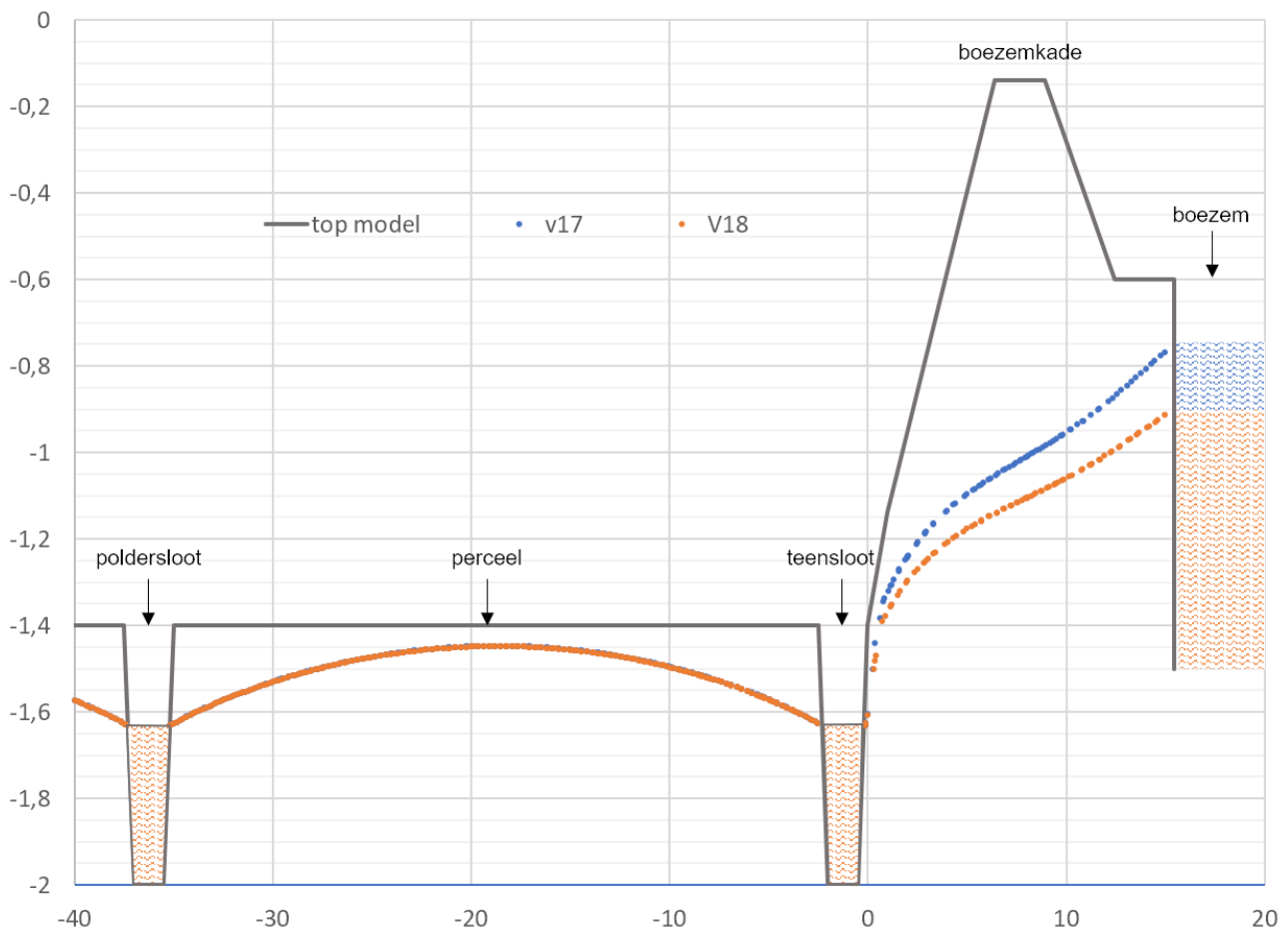
De peilverlaging in het Achterwaterschap heeft effect op het grondwater. Uit de notitie “Geohydrologische effecten peilverlaging in het Achterwaterschap” [ref. 6] blijkt dat de effecten in de aangrenzende polders beperkt zijn. Dit is in lijn der verwachting aangezien direct naast de boezem sloten liggen die het kwelwater uit de boezem afvangen.

Tevens is een nadere analyse uitgevoerd naar het effect van de peilverlaging in het Achterwaterschap op het grondwaterpeil in de kades en aangrenzende polders en de HBO [ref. 5]. Uit de samenvatting van de resultaten blijkt dat het effect van de peilverlaging in het Achterwaterschap op het grondwaterpeil beperkt is tot de boezemkades zelf. Doordat de peilen in de aangrenzende watersystemen (polders en boezems) gelijk blijven, verandert alleen de gradiënt van het grondwaterpeil in de kades als gevolg van de verlaging van het boezempeil in het Achterwaterschap. Dit is in figuur 2.5 schematisch weergegeven voor de boezemkades van het Achterwaterschap ter hoogte van de HBO en in figuur 2.6 voor de boezemkades van het Achterwaterschap ter hoogte van de polders.



figuur 2.5: Effect verlaging boezempeil Achterwaterschap op grondwaterpeil in kades ter hoogte van de HBO (blauw = huidig boezempeil NAP -0,75 m; oranje = boezempeil NAP -0,90 m) [ref. 5]

De blauwe punten in figuur 2.5 laten het verloop van het berekende grondwaterpeil zien voor de huidige situatie bij het boezempeil NAP -0,75 m. De oranje punten zijn de berekende grondwaterpeilen bij het peilvoorstel van NAP -0,90 m. Uit de figuur is af te lezen dat de berekende grondwaterpeilen in de percelen gelijk blijven. In de middelste kade vertonen de grondwaterpeilen een vlakker verloop (een lichte opbolling in plaats van een gradiënt). In de kade tussen het Achterwaterschap en de HBO wordt de gradiënt van de grondwaterstanden iets steiler.



figuur 2.6: Effect verlaging boezempeil Achterwaterschap op grondwaterpeil in percelen en kade  
(v17 blauw = huidig boezempeil NAP -0,75 m; V18 oranje = boezempeil NAP -0,90 m) [ref. 5]

De blauwe punten (v17) in figuur 2.6 laten het verloop van het berekende grondwaterpeil zien voor de huidige situatie bij het boezempeil NAP -0,75 m. De oranje punten (v18) zijn de berekende grondwaterpeilen bij het peilvoorstel van NAP -0,90 m. Uit de figuur is af te lezen dat de berekende grondwaterpeilen in de percelen gelijk blijven en in de kade een flauwere gradiënt vertonen.

In het grondwatermodel is alleen het effect van een peilverlaging van 0,15 m doorgerekend. Het berekende effect op de grondwaterstanden in de boezemkade is 0 m tot maximaal 0,15 m direct naast de oever van het Achterwaterschap. Bij een peilverlaging van 0,25 m blijft het effect op de grondwaterstand naar verwachting eveneens beperkt tot de boezemkades. Naar verwachting neemt de grootte van het effect iets toe en is het effect 0 m tot maximaal 0,25 m direct naast de oever van het Achterwaterschap.

### 3 EFFECTEN GEBOUWEN EN INFRASTRUCTUUR

De peilverlaging van het boezempeil in het Achterwaterschap heeft effect op diverse objecten, die op de een of andere manier een relatie / belang hebben met het boezempeil. In dit hoofdstuk worden de effecten van een peilverlaging van zowel 0,15 m als 0,25 m op de volgende objecten in beeld gebracht:

- Gebouwen;  
Het accent ligt hierbij op de molens (acht molens in Kinderdijk en de Broekmolen nabij de Zijdedweg ten zuiden van Streefkerk). Tevens worden de bebouwing in Kinderdijk (twee machinistenwoningen + Wisboomgemaal + toekomstig bezoekerscentrum SWEK in de boezem) en De Donk beschouwd.
- Boezemkades aan weerszijden van het Achterwaterschap.
- Kabels en leidingen.
- Infrastructuur: fietspaden, wegen, bruggen, gemalen.

#### 3.1 Molens Overwaard Kinderdijk

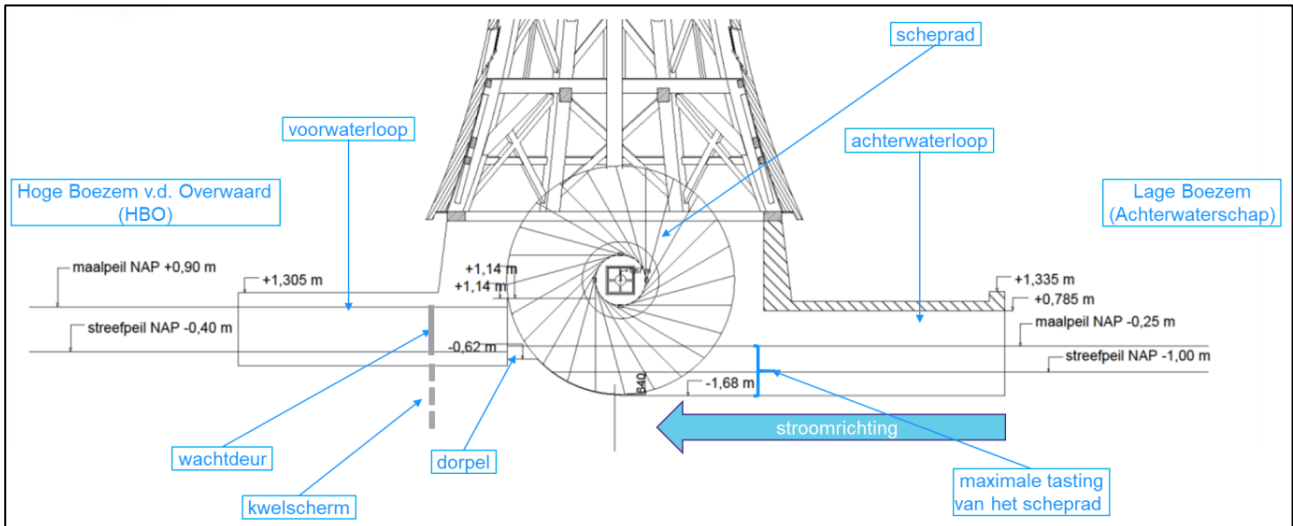
Het watersysteem van Kinderdijk heeft in 1997 de status van werelderfgoed van UNESCO toegekend gekregen. Het molennetwerk van Kinderdijk is een groep gebouwen in een uitzonderlijk landschap gemaakt door de mens. In dit landschap is de eeuwenlange strijd tegen het water, om gebieden droog te leggen en deze te beschermen tegen verdere overstroming, op spectaculaire wijze zichtbaar. Dit door het behoud van alle belangrijke elementen van het systeem dat voor dit doel is aangelegd. De constructie van hydraulische werken bedoeld voor de afwatering van het land om dit agrarisch te kunnen gebruiken en om te bewonen, is gestart in de Middeleeuwen en gaat tot op de dag van vandaag door. De site laat alle typische elementen die verbonden zijn met deze technologie zien: hoge en lage polders, afwateringskanalen, kades en dijken, 19 molens, 3 gemalen, 2 sluizen en 2 waterschapshuizen.

De 8 molens van de Overwaard zijn ronde bakstenen grondzeilers uit 1740, deze malen het water van de Lage boezem van de Overwaard (Achterwaterschap) naar de Hoge Boezem van de Overwaard. Van daaruit kan het water via het Elshoutcomplex afwateren op de Lek. De gezamenlijke maximale maalcapaciteit van de acht molens is 420 m<sup>3</sup>/minuut. Formeel hebben ze sinds 1868 geen waterstaatkundige functie meer, want toen is hun functie overgenomen door gemalen.

##### *Managementplan Werelderfgoed Kinderdijk-Elshout, april 2015*

Een belangrijk kenmerk van Werelderfgoed Kinderdijk-Elshout is dat het een werkend hydraulisch systeem is; 'De constructie van hydraulische werken bedoeld voor de afwatering van land om agrarisch te kunnen gebruiken en om te bewonen, is begonnen in de Middeleeuwen en gaat tot op de dag van vandaag door'. Dit houdt in dat het Werelderfgoed niet een statisch geheel is en dat, naast een heel aantal elementen die de oorsprong van Kinderdijk illustreren, er ook objecten zijn die het hydraulische systeem werkend moeten houden. Dit betekent dat er veranderingen moeten kunnen plaatsvinden en dat er mogelijk soms objecten vervangen moeten worden, zodat het land voldoende afgewaterd wordt en het systeem van de Kinderdijk molens kan blijven functioneren. Wanneer een dergelijke ontwikkeling noodzakelijk blijkt, moet een zorgvuldige afweging worden gemaakt. Bij deze afweging is de waterhuishouding in relatie tot de uitzonderlijke en universele waarden van het Werelderfgoed van belang, waarbij rekening moet worden gehouden met vigerend en toekomstig waterhuishoudkundig beleid en klimaatscenario's. Juist het leesbaar en beleefbaar houden van het hydraulische systeem is van unieke betekenis voor Kinderdijk.

Om een aantal (molen)termen te duiden wordt verwezen naar de volgende figuur, waarin een dwarsdoorsnede van een molen is weergegeven.



figuur 3.1: dwarsdoorsnede molen (maatvoeringen in dit voorbeeld zijn niet relevant)

De verlaging van het boezempeil van het Achterwaterschap kan effect hebben op:

- De funderingen van de molens en overige (houten) voorzieningen in de bodem.
- De maalcapaciteit van de molens.
- Het aantal maaluren van de molens.
- De werkzaamheid van de molens bij een lager boezempeil.

Deze effecten worden in de volgende sub paragrafen beschreven.

### 3.1.1 Funderingen en overige (houten) voorzieningen in de bodem

Voor alle acht molens geldt dat de fundering bestaat uit houten heipalen, kespen<sup>1</sup> en een doorgaande houten vloer er bovenop. De bovenzijde van deze constructie ligt op NAP -1,80 meter (marge +/- 0,05 m, mondeling SWEK). De paalfundering ontleent zijn stabiliteit aan het feit dat de paal met de punt op een zandtussenlaag rust of uitsluitend op kleef in de ondergrond.

De stalen wachtdeur is de beweegbare afsluiting in de voorwaterloop van de molen en handhaaft het peilverschil tussen de Hoge Boezem en het Achterwaterschap bij stilstand van de molen. Ter hoogte van de wachtdeur zit ook een kwelscherm in de ondergrond, die onder- en achterloopsheid moet voorkomen. Dit kwelscherm vormt een onderdeel van de fundering van de molens.

Van alle acht molens zijn zowel de achterwaterloop als de voorwaterloop gerenoveerd, waarbij het houtwerk is vervangen door stalen damwanden en betonvloeren. Hierdoor zijn ze waterdicht gemaakt ten opzichte van

<sup>1</sup> Een kesp is een korte balk die in een paalfundering het overgangsdeel vormt tussen heipaal en vloerhout.

het omgevings(grond)water en is het risico van grondverliezen door onderloopsheid en/of achterloopsheid opgeheven. Ook de oude houten kwelschermen zijn vervangen door stalen constructies.

De instroomopeningen zijn een paar jaar geleden vervangen door nieuwe houten beschoeiing met daar tegenaan een basaltglooing. De hoogte van de houten beschoeiing is afgewerkt op NAP -1,50 meter.

Bij een peilverlaging in het Achterwaterschap tot NAP -0,90 of NAP -1,00 m blijft het oppervlaktewaterpeil hoger dan het hoogste hout. De grondwaterstand in het gebied tussen het Achterwaterschap en de HBO blijft hoger dan NAP -0,90 of NAP -1,00 m (zie figuur 2.5 in paragraaf 2.2.3) en blijft daarmee eveneens hoger dan het hoogste hout. Doordat de houten constructies ruim dieper dan het voorgestelde boezempeil en ruim beneden de grondwaterstand blijven, leidt de voorgestelde peilverlaging in het Achterwaterschap niet tot aantasting van houten constructies onder de molen/instroom/uitstroom.

### 3.1.2 Maalcapaciteit

De maalcapaciteit is afhankelijk van de “tasting” van het scheprad. De tasting betreft de hoogte van de waterstand bij het scheprad ten opzichte van de onderzijde van de “schembladen”. Deze hoogte bepaalt in belangrijke mate het debiet van de watermolen. Bij de analyse is ervan uitgegaan dat de waterstand bij het scheprad gelijk is aan de buitenwaterstand (Achterwaterschap). In de praktijk is hier een klein verschil in verband met verlies aan drukhoogte in de achterwaterloop. Dit verschil is er zowel bij het huidige boezempeil als in de toekomstige situatie.

Een 0,15 m of 0,25 m lager peil heeft tot gevolg dat minder water in de achterloop van de molen terecht komt. Er blijft voldoende tasting over om de maalfunctie van de molens te behouden. De maalcapaciteit van de molens neemt echter wel af als gevolg van de peilverlaging. In de navolgende tabel is berekend in welke mate de capaciteit afneemt. Daarbij is gebruik gemaakt van de hoogtegegevens zoals deze zijn aangegeven in het rapport van Van Reeuwijk-Bouwmeester [ref. 6].

tabel 3.1: berekening afname capaciteit bij peilverlaging Achterwaterschap

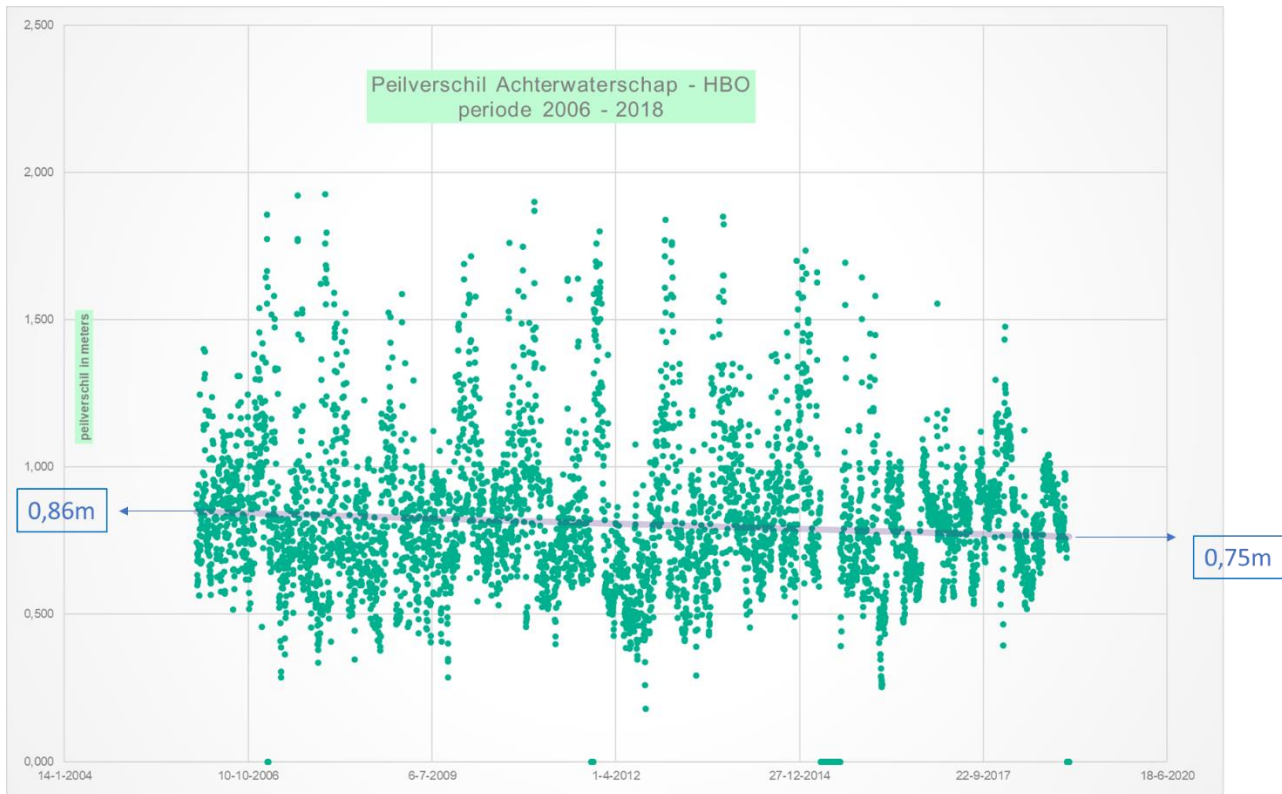
Overzicht onderzoeksbevindingen molens Kinderdijk (Overwaard) (Bron: van Reeuwijk-Bouwmeester 2014)								
Molen nr.	Hoogte onderzijde waterrad (m NAP)	Hoogte onderzijde achterwaterloop (m NAP)	Capaciteit bij NAP -0,75 m (m3/min)	Tasting bij streefpeil NAP -0,75 m	Procentuele afname bij NAP -0,90 m	Procentuele afname bij NAP -1,00 m	Te verwachten capaciteit molens bij NAP -0,90 m (m3/min)	Te verwachten capaciteit molens bij NAP -1,00 m (m3/min)
Overwaard nr. 1	-1,65	-1,79	53	0,90	17%	28%	44	38
Overwaard nr. 2	-1,57	-1,69	49	0,82	18%	30%	40	34
Overwaard nr. 3	-1,54	-1,63	44	0,79	19%	32%	35	30
Overwaard nr. 4	-1,52	-1,83	44	0,77	19%	32%	36	30
Overwaard nr. 5	-1,59	-1,65	50	0,84	18%	30%	41	35
Overwaard nr. 6	-1,72	-1,80	61	0,97	15%	26%	52	45
Overwaard nr. 7	-1,77	-1,86	65	1,04	14%	24%	56	50
Overwaard nr. 8	-1,64	-1,68	53	0,89	17%	28%	44	38

Uit de analyse blijkt dat een gemiddeld lagere waterstand leidt tot een afname van de tasting van het scheprad van alle molens. Wanneer de afname van de tasting lineair wordt beschouwd met het debiet dan neemt het maximale debiet van de molens af met 14 tot 19% bij een peilverlaging van 0,15 m en 24 tot 32% bij een peilverlaging van 0,25 m. Waarschijnlijk is de afname iets minder omdat bij een afname van het debiet ook het drukverlies in de voorwaterloop iets afneemt.



### 3.1.3 Maaluren

De peilverlaging op het Achterwaterschap heeft effect op het aantal maaluren van de molens, doordat het drukverschil over de wachtdeur in de molens toeneemt als gevolg van vergroting van de opvoerhoogte (peilverschil tussen Achterwaterschap en HBO). De opvoerhoogte is afhankelijk van de combinaties van optredende peilen in het Achterwaterschap en de HBO. De volgende figuur geeft het peilverschil weer tussen het Achterwaterschap en de HBO in de periode 2006 – 2018 (gemiddelde 24-uur waarden).



figuur 3.2: peilverschil tussen Achterwaterschap en HBO in de periode 2006 t/m 2018

Het merendeel van de waarden bevindt zich tussen 0,5 en 1,0 m. Het gemiddelde peilverschil ligt in de laatste jaren rond de 0,75 m. In een gesprek met vertegenwoordigers van SWEK en molenaars zijn gegevens uitgewisseld van een aantal praktijksituaties die in de volgende tabel zijn samengevat. Bij windkracht 2 BFT is sprake van onvoldoende wind om de molens te laten malen.

tabel 3.2: overzicht praktijksituaties peilverschil en benodigde windkracht

Situatie (nr.)	Peil Achterwaterschap (m NAP)	Peil HBO (m NAP)	Peilverschil (meter)	Windkracht (Beaufort)	Toelichting
1	-0,75	+0,05	0,80	3	Volle zeilen; wachtdeur gaat moeizaam open
2	-0,90	-0,30	0,60	3	Volle zeilen; wachtdeur gaat open
3	-0,75	-0,20	0,55	3	Praktijksituatie; geen problemen om te malen
4	-0,90	+0,25	1,15	5	Volle zeilen; wachtdeur gaat open
5	-0,75	+0,85	1,60	7/8	Volle zeilen; wachtdeur gaat open

Aan de hand van de beschikbare informatie van waterstanden en windgegevens is door RPS een rekenmodel gebouwd om de effecten van peilverlaging op het aantal maaluren te simuleren, voor zowel de huidige situatie als voor twee varianten met peilverlaging (0,15 m en 0,25 m). Daarbij is de meetreeks van 2006 – 2018 van de HBO en het Achterwaterschap alsmede de voor die periode geldende dagwaarden voor windkracht als uitgangspunten gebruikt. Verder is een effectieve maalduur van 8 uur per dag aangehouden. In totaal zijn 4.750 dagsituaties doorgerekend. In de volgende tabel zijn de rekenresultaten weergegeven. De gehanteerde maximale opvoerhoogte geldt bij een bepaalde windkracht en volle zeilen. De tabel geeft het aantal “maalbare” dagen weer.

tabel 3.3: overzicht aantal maalbare dagen bij huidig boezempeil en bij peilverlaging met 0,15 m en 0,25 m

Windkracht (BFT)	Maximale opvoerhoogte (meter)	Aantal maalbare dagen per jaar bij huidig boezempeil	Aantal maalbare dagen per jaar bij peilverlaging 0,15 m	Aantal maalbare dagen per jaar bij peilverlaging 0,25 m
3	0,75	55	19	7
4	1,00	52	37	24
5 of hoger	1,15	15	11	8
<b>Totaal</b>		<b>122</b>	<b>67</b>	<b>39</b>

Al eerder is gesteld dat de afname van de tasting leidt tot een afname van het debiet. De molens kunnen bij een toename van het drukverschil over de wachtdeur in combinatie met een afname van het debiet uitsluitend nog optimaal functioneren bij hogere windsnelheden. De molens malen optimaal als de omwentelingssnelheid circa 60 – 80 enden per minuut bedraagt. Dit komt overeen met tenminste 15 omwentelingen van de wieken per minuut. Afhankelijk van de windkracht wordt dit bereikt door geen of meerdere zeilen te gebruiken op de wieken.

Uit de tabel 3.3 volgt dat bij het huidige boezempeil circa 122 dagen per jaar gemalen kan worden. Het aantal maaldagen per jaar neemt af als gevolg van de peilverlaging. Bij een peilverlaging van 0,15 m is de verwachting dat er 67 dagen gemalen kan worden en bij een peilverlaging van 0,25 m neemt het aantal maaldagen verder af naar 39 dagen per jaar.

### 3.1.4 Werkzaamheid van de molens

De molenaars hebben aangegeven dat als de tasting van het scheprad kleiner wordt, de weerstand van het scheprad afneemt. Uit literatuur wordt afgeleid dat voor een optimale werking het scheprad 0,50 tot 0,90 m in het water moet steken. Wanneer de tasting kleiner is, leidt dit volgens de molenaars ertoe dat de molens lastiger zijn te bedienen, doordat de weerstand van het draaimechaniek afneemt. Met name bij windvlagen of windsnelheden die in korte tijd sterk fluctueren kost het de molenaars meer moeite om de molens regelmatig te laten malen. Termen als “de molen draait grilliger of bonkiger” zijn genoemd en het kost meer inspanning om de “zeilvoering goed te regelen”.

### 3.1.5 Samenvatting molens en aanbevelingen

Uit de analyses van waterstanden en de informatie van de molens kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Een peilverlaging van 0,15 tot 0,25 m heeft geen (negatief) effect voor de funderingen van de molens.
- De maalcapaciteit van de molens neemt met 14 tot 19% af bij een peilverlaging van 0,15 m ten opzichte van het huidige boezempeil. Bij een peilverlaging van 0,25 m neemt de maalcapaciteit met 24 tot 32% af ten opzichte van het huidige boezempeil.
- Als gevolg van de peilverlaging neemt het peilverschil over de wachtdeuren toe met 0,15 m en in een overgangperiode mogelijk 0,25 m.
- Als gevolg van de peilverlaging volstaat windkracht 3 met volle zeilen veel gevallen niet meer om te malen, hierdoor neemt de afhankelijkheid van het optreden van windkracht 4 toe.
- Een combinatie van minder debiet en een groter peilverschil over de wachtdeur leidt tot een significante afname van het aantal effectieve maaldagen per jaar voor de acht molens. Bij een peilverlaging van 0,15 m neemt het aantal maaldagen met de helft af; bij een peilverlaging van 0,25 m neemt het aantal maaldagen nog verder af naar een derde van het huidige aantal potentiële maaldagen.
- Bij een kleinere tasting van het scheprad neemt de weerstand van het draaimechaniek af en wordt het lastiger om de molens te bedienen.

Aanbevelingen:

- WSRL kan overwegen om in de HBO de waterpeilen in de zomermaanden op een zodanig lager niveau te handhaven (met behoud ondergrens NAP -0,40 meter) dat daarmee de negatieve effecten op de maalbaarheid worden verminderd.
- WSRL kan onderzoeken welke peilen in de HBO in de wintermaanden (minimaal) noodzakelijk zijn om de ecologische en andere belangen optimaal te behartigen. Indien blijkt dat de maximale peilen hiervoor niet noodzakelijk zijn, kan WSRL overwegen om jaarrond een lager peil in de HBO te hanteren.
- Het advies is om nader onderzoek uit te voeren naar de relatie “waterstanden in de achterwaterloop” en “debieten molens”, waarbij wordt nagegaan of de afname van de tasting lineair is met de afname van het debiet.
- Het advies is om nader onderzoek uit te voeren naar de exacte omvang van de effecten bij een combinatie van afname debiet en toename peilverschil over de wachtdeuren.

## 3.2 Broekmolen Streefkerk

De Broekmolen aan de Achterdijk betreft een wipmolen die een polder bemaalt ten zuiden van Streefkerk. De eigenaar van de molen is de SIMAV (Stichting tot Instandhouding van Molens in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden) en voorheen waterschap Rivierenland. In de periode 2010 – 2013 is de molen aanzienlijk gerenoveerd. De molen ligt achter (aan de polderzijde van) de boezemkade en is aan twee zijden omgeven door polderwatergangen. Aan de westzijde bevindt zich parallel aan het Achterwaterschap de maaltocht, die via een duiker door de boezemkade in verbinding staat met het Achterwaterschap.

Het effect van de peilverlaging op de grondwaterstand blijft beperkt tot in de boezemkade, zie ook paragraaf 2.2.3. Doordat de grondwaterstand ter plaatse van de molen niet verandert als gevolg van de peilverlaging, is er geen effect op het risico van funderingsschade van de molen als gevolg van de peilverlaging. Alleen bij de maaltocht is een direct raakvlak van het boezempeil met de molen en kan de grondwaterstand nabij de achterwaterloop van de molen worden beïnvloed. De houten funderingen van de molen liggen echter ruimschoots dieper dan het peil van de polder en daarmee ook ruimschoots dieper dan het huidige boezempeil en de voorgestelde peilverlagingen. Een peilverlaging van het Achterwaterschap met 0,15 m of 0,25 m heeft daarom geen effect op de fundatie van de molen.

Een peilverlaging in het Achterwaterschap met 0,15 m of 0,25 m heeft een positief effect op het drukverschil op de wachtdeur. Het wordt voor de molen gemakkelijker om polderwater uit te malen.

## 3.3 Bebouwing Kinderdijk en De Donk

### 3.3.1 Kinderdijk

Behalve de molens in Kinderdijk is ook andere bebouwing aanwezig langs het Achterwaterschap. Waar het Achterwaterschap uitkomt bij de Lek staan het huidige Ir. Kok gemaal, het voormalige Wisboomgemaal en de voormalige machinistenwoning. Verder is een nieuw bezoekerscentrum van SWEK aanwezig en opstallen naast de molens.

Het Wisboomgemaal en de machinistenwoning dateren uit de periode na de beëindiging van de bemaling met de acht watermolens (circa tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw). Het Ir. Kok gemaal heeft het oude Wisboomgemaal vervangen en dateert uit de 20<sup>e</sup> eeuw. De peildynamiek nabij deze gemalen heeft in het verleden al geleid tot lagere waterstanden in het Achterwaterschap dan het peilvoorstel NAP -0,90 / -1,00 m. Na de herinrichting van het watersysteem neemt de peildynamiek naar verwachting af, zie paragraaf 2.2.2. Hierdoor leidt een structurele peilverlaging van het boezempeil in het Achterwaterschap naar NAP -0,90 / -1,00 m niet tot een negatief effect op de genoemde gebouwen. Bovendien staan de gebouwen achter een oeverbescherming bestaande uit stalen damwanden. De grondwaterhuishouding ter plaatse van de gebouwen wordt hierdoor minder gedomineerd door het peil in het Achterwaterschap.

Het nieuwe bezoekerscentrum van SWEK kent een moderne bouwwijze en dito fundering. Peilverandering in het Achterwaterschap heeft geen effect op deze bebouwing.

Naast de molens zijn ook opstallen (schuren en andere bijgebouwen) aanwezig. Deze opstallen liggen in de directe invloedssfeer van het peil van het Achterwaterschap. Een peilverlaging met 0,15 of 0,25 m kan een negatief effect hebben op het maaiveldniveau rondom de opstallen en mogelijk ook op de funderingen van de opstallen. De praktijkpeilen in het Achterwaterschap zijn echter al zeer frequent lager dan het peilvoorstel NAP -0,90 m of NAP -1,00 m, daarmee zijn eventueel negatieve effecten al zeer frequent opgetreden. Een

peilverlaging van 0,15 m of 0,25 m levert geen bijdrage aan deze negatieve effecten mits de peildynamiek in het Achterwaterschap niet groter wordt dan thans het geval is.

### 3.3.2 De Donk

In het landelijk gebied ligt het buurtschap De Donk langs het Achterwaterschap. De Donk is een oude bewoningsplaats op een lokale zandduin waarop nu een tiental woningen / boerderijen staat. Plaatselijk (over een lengte van 100 m) is geen teensloot aanwezig langs het Achterwaterschap. Het grondwaterpeil rond de woningen staat hierdoor onder invloed van het Achterwaterschap, met name bij de drie woningen die het dichtst bij het Achterwaterschap staan. Als gevolg van een peilverlaging met 0,15 of 0,25 m wordt De Donk iets droger. Vanwege de zandondergrond heeft een verlaging van het grondwaterpeil naar verwachting geen negatief effect op de woningen. De zandgrond is namelijk niet of nauwelijks gevoelig voor bodemdaling en/of krimp als gevolg van een peilverlaging.

## 3.4 Boezemkades Achterwaterschap

### 3.4.1 Inleiding

Het gehele traject van het Achterwaterschap wordt begeleid door boezemkades aan weerszijden van het boezemwater. De boezemkades zijn regionale waterkeringen en vormen de fysieke begrenzing tussen het boezemsysteem en de polders, en beschermen het achterland (polders) tegen overstromingen vanuit de boezem. De kades bestaan uit klei en zijn gefundeerd op het holocene pakket.

Ter hoogte van de HBO is de functie van de boezemkade omgekeerd: hier beschermt de boezemkade het Achterwaterschap voor overstroming vanuit de HBO.

In 2014 heeft een toetsing plaatsgevonden van de boezemkades langs het Achterwaterschap. Hieruit zijn knelpunten naar voren gekomen. Deze informatie [ref. 1] vormt de basis voor een beoordeling van de waterveiligheid bij peilverlaging in het Achterwaterschap. In aanvulling hierop zijn door RPS berekeningen uitgevoerd bij een gewijzigd peilbesluit in de HBO alsmede een verlaging van de waterbodem in het Achterwaterschap.

Bij een structurele peilverlaging in de boezem treedt een aantal veranderingen op met betrekking tot waterveiligheid. Een peilverlaging heeft namelijk invloed op de stabiliteit van de boezemkade, zowel de buitenwaartse (STBU) als de binnenwaartse (STBI) stabiliteit. Daarnaast heeft een peilverlaging invloed op het aspect "hoogte" van de kering en ook op de aspecten piping en micro-instabiliteit.

In algemene zin kan worden gesteld dat een peilverlaging van het Achterwaterschap voor het deel langs de polders een gunstige invloed heeft op de onderdelen hoogte, STBI, piping en micro-instabiliteit.

### 3.4.2 Binnenwaartse stabiliteit (STBI)

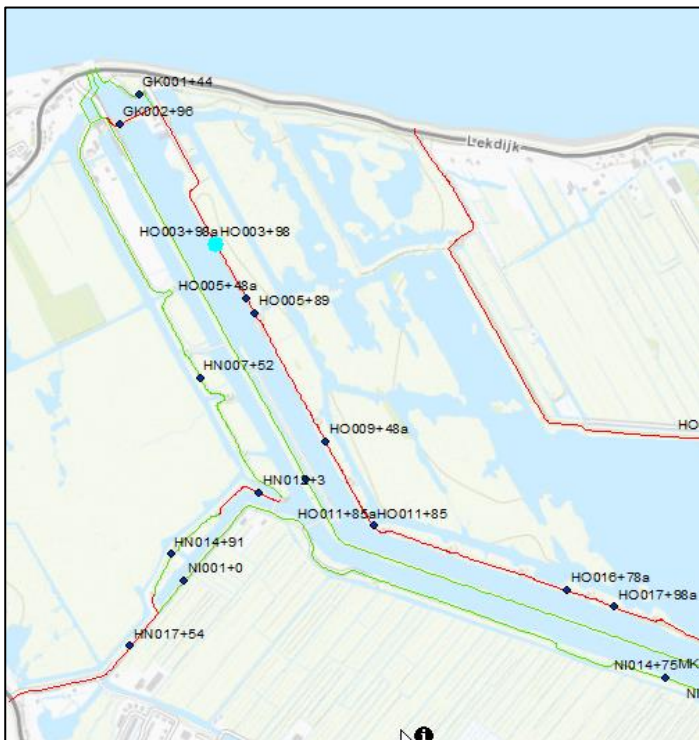
#### Gedeelte Achterwaterschap - polder

De binnenwaartse stabiliteit van de boezemkade neemt toe bij een peilverlaging in de boezem, omdat de freatische (grondwater)lijn daalt (paragraaf 2.2.3 en [ref. 5]). Bij een peilverlaging van 0,15 m is de daling van de grondwaterstand berekend op 0,01 tot circa 0,10 m, afhankelijk van de dwarslocatie van de kering en de

bodemkundige omstandigheden. De veiligheidsfactor voor afschuiving binnentaluds neemt toe, waarmee de kering veiliger wordt.

**Gedeelte Achterwaterschap - HBO**

STBI betreft hier de boezemkade zijde Achterwaterschap ter hoogte van de HBO, omdat het peil in de HBO hoger is dan in de lage boezem. De boezemkade is in 2014 getoetst [ref. 1]. Navolgende figuur geeft inzicht in de locatie van de stabiliteitsberekening (HO003+98) en navolgende tabel geeft de resultaten van de toetsing op basis van de (aanvullende) berekeningen.



figuur 3.3: ligging meetpunt HO003+98

tabel 3.4: toetsing STBI bij meetpunt HO003+98 voor vier situaties

Situatie	Beschrijving	Benodigde veiligheid STBI	Berekende veiligheid STBI
1	Achterwaterschap -0,75m; HBO +0,90m	0,90	0,78
2	Achterwaterschap -0,75m; HBO +0,25m	0,90	0,85
3	Achterwaterschap -0,90m; HBO +0,25m	0,90	0,83
4	Achterwaterschap -1,00m; HBO +0,25m	0,90	0,80

Uit de berekeningen volgt dat in de huidige situatie bij een peil van NAP -0,75 m de kadeveiligheid niet voldoet aan de gestelde norm van 0,90, ook niet bij een verlaging van het maximale peil in de HBO. Een peilverlaging in het Achterwaterschap naar NAP -0,90 m en tijdelijk NAP -1,00 m leidt tot een beperkte afname van de veiligheid. Doordat in de praktijk al waterstanden in het Achterwaterschap optreden van NAP

-1,10 m of lager in combinatie met hoge waterstanden in de HBO, geeft de zogenaamde “bewezen sterkte” enige nuanciering aan de stabiliteitsuitkomsten. De veiligheidstoestand laat zich dus minder urgent voordoen dan de berekeningen aangeven.

### 3.4.3 Piping

Piping kan worden gedefinieerd als een “geconcentreerde” grondwaterstroming vanuit de boezem onder de kade door naar het achterland. Vaak is er dan sprake van de aanwezigheid van ondiepe zandlagen die als het ware voor een kortsluiting zorgen. Piping kan leiden tot ondermijning van de kades. In dit deel van de Alblasserwaard treedt piping niet of nauwelijks op door het ontbreken van zandlagen die een open verbinding vormen met de boezem. Voor het Achterwaterschap speelt het aspect piping derhalve geen rol ten aanzien van kadeveiligheid.

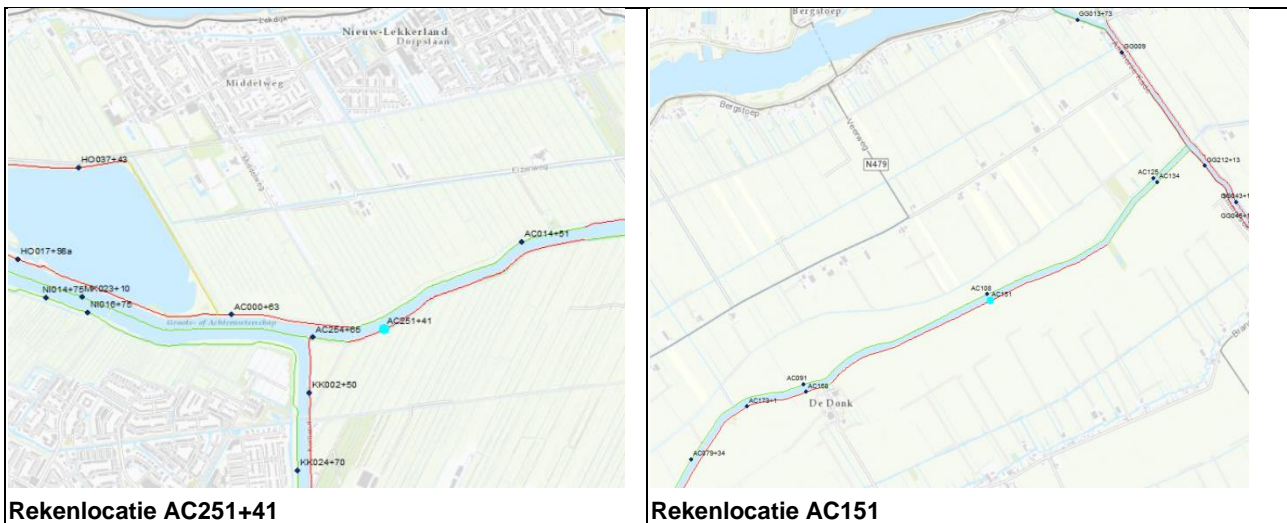
### 3.4.4 Micro-instabiliteit

Een structurele verlaging van het waterpeil leidt over het algemeen tot minder risico op micro-instabiliteit. Oevervegetaties zorgen voor een betere bescherming van buitentaluds als de waterstanden ietwat lager zijn. Het Achterwaterschap heeft echter naast robuuste oeverbegroeiing met rietvegetaties ook op een aantal locaties houten beschoeiingen, met name in de omgeving van de landhoofden van bruggen en uitstroomlocaties van gemalen. Een peilverlaging in het Achterwaterschap leidt ertoe dat beschoeiingen ruimer boven water zullen uitsteken. Hierdoor zijn ze gevoeliger voor houtrot en zijn daarmee eerder afgeschreven. Het omvallen van beschoeiingen leidt tot een toename van micro-instabiliteit van taluds c.q. oevers.

### 3.4.5 Buitenwaartse stabiliteit (STBU)

#### Gedeelte Achterwaterschap - polder

De toetsing van 2014 heeft aangetoond dat grote delen van de boezemkades thans niet voldoen aan de gestelde veiligheidsnorm van 0,90. Een peilverlaging in het Achterwaterschap met 0,15 m leidt tot een verdere afname van de veiligheidsnorm. Om te kunnen bepalen hoe groot deze afname is, zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd voor dié locaties waar thans al sprake is van een beperkte veiligheid. In navolgende figuren zijn de rekenlocaties aangegeven, die als worst-case locaties kunnen worden beschouwd.



figuur 3.4: ligging meetpunt AC251+41 en AC151

De resultaten van de toetsing zijn weergegeven in onderstaande tabel. Beide locaties geven thans al veiligheidsfactoren ruim beneden de gestelde norm van 0,90. De veiligheidswaarden hebben betrekking op een gebaggerde situatie in het Achterwaterschap. Op locatie AC251+41 leverde de toetsing een veiligheidswaarde van 0,65 en bij locatie AC151 was dit 0,78. Bij een peilverlaging in het Achterwaterschap met 0,15 m of 0,25 m nemen de veiligheidsfactoren verder af naar 0,64/0,62 respectievelijk 0,72/0,70. Op basis van deze indicatieve stabiliteitsberekeningen kan geconcludeerd worden dat de buitenwaartse stabiliteit van de boezemkaden langs het Achterwaterschap afneemt als gevolg van de voorgestelde peilverlaging.

tabel 3.5: toetsing STBU bij meetpunten AC251+41 en AC151

Meetpunt	Benodigde veiligheid STBU	Berekende veiligheid STBU bij NAP -0,75 m (huidig peil)	Berekende veiligheid STBU bij NAP -0,90 m (peilverlaging 0,15 m)	Berekende veiligheid STBU bij NAP -1,00 m (peilverlaging 0,25 m)
AC251+41	0,90	0,65	0,64	0,62
AC151	0,90	0,78	0,72	0,70

### Gedeelte Achterwaterschap - HBO

Dit betreft de HBO-zijde van de boezemkade. Als gevolg van een peilverlaging in het Achterwaterschap gaat de freatische (grondwater)lijn in de kade naar beneden. Een verlaging van het grondwater aan de HBO-zijde is (minder on)gunstig voor de stabiliteit van de kade. De verlaging van 0,10 tot 0,15 m is relatief echter beperkt ten opzichte van de peilfluctuaties in de praktijk. Ter hoogte van de HBO is de afname van de veiligheid geen directe reden tot zorg, doordat de dynamiek aldaar groter is en de kaden een “bewezen sterkte” bezitten. Verder stroomopwaarts zijn de verlagingen een nieuw verschijnsel en daarmee risicovoller.

### 3.4.6 Hoogte

De toetsing in 2014 heeft geleid tot de conclusie dat de kruinhoogte op veel locaties te laag is. De kerende hoogte tegen wateroverslag is op veel locaties onvoldoende. Een verlaging van het boezempeil met

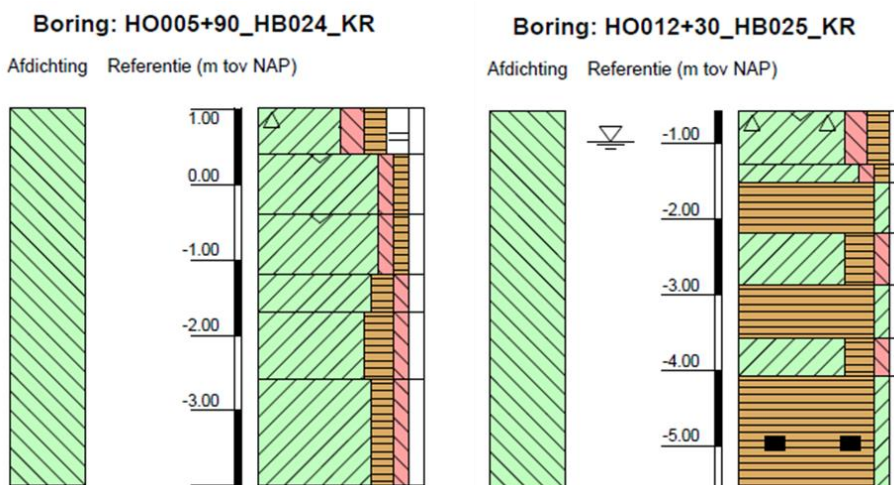


gemiddeld 0,15 m leidt tot een toename van de kerende hoogte met 0,15 m. Op dit aspect wordt de kering dus veiliger en heeft de peilverlaging een positief effect.

Een peilverlaging heeft echter ook een nadelig effect op het aspect “hoogte” van de kade, doordat bij een peilverlaging de maaiveldddaling van de boezemkade toeneemt. Als gevolg van een structureel lagere waterstand en dito grondwaterstanden (0 tot maximaal 0,25 m verlaging) treden in de boezemkade processen op die uiteindelijk leiden tot maaiveldddaling en daarmee lagere kruinhoogten. De processen zijn:

- Oxidatie: verbranding van organische stof (veen).
- Krimp: volumeverkleining door ontwatering.

Uit bodemonderzoek [ref. 4] blijkt dat de boezemkades overwegend zijn opgebouwd uit matig humeuze klei. Daarnaast bevinden zich soms dunne veenlaagjes binnen het traject waar de grondwaterstand zich in beweegt. In onderstaande figuur zijn twee voorbeelden weergegeven van de opbouw van een boezemkade langs het Achterwaterschap. Boring HO005 is gemaakt direct ten noorden van molen nr. 4. Boring HO012 is gemaakt ter plaatse van molen nr. 7. Zoals uit de figuur blijkt, verschilt de bodemopbouw van de boezemkade van plaats tot plaats.



figuur 3.5: boorprofielen in de kruin van de boezemkade (Fugro, 2015)

Ontwatering van de kade leidt daarmee tot een daling van de kade en een lagere kruinhoogte. De mate van daling zal echter altijd geringer zijn dan de 0,15 of 0,25 m waterstandverlaging in de boezem. Daarmee neemt uiteindelijk het verschil tussen waterstand en kruinhoogte toe en is de boezemkade voor dit aspect veiliger in de nieuwe situatie.

De kruinhoogte van de boezemkade wordt getoetst met hogere waterstanden dan de gemiddelde waterstand in de boezem. In de toekomstige situatie zijn er naar verwachting minder extreme waarden (aftoppen van hoge waterstanden). Ten aanzien van het aspect “hoogte” wordt de boezemkade daarom veiliger ondanks het optreden van enige maaiveldddaling in de kering.

### 3.5 Kabels en leidingen

Een aantal kabels en leidingen (k&l) kruisen met zinkers en/of gestuurde boringen de lage boezem van het Achterwaterschap. Parallele kabels en leidingen in de kering is alleen aan de orde bij de molens van de Overwaard. Een peilverlaging in het Achterwaterschap met 0,15 of 0,25 m leidt tot een verlaging van de grondwaterstand in het traject van de boezemkades; onder gemiddelde omstandigheden is dit in orde van grootte 0 tot 0,25 m bij de insteek van de watergang. Een dergelijke verlaging resulteert niet in negatieve effecten op de zinkers en/of gestuurde boringen die de lage boezem kruisen, doordat deze veel dieper liggen.

Ten zuiden van Nieuw Lekkerland staan twee hoogspanningsmasten. Eén van de masten staat aan de zuidkant van het Achterwaterschap met het hart op 10 tot 15 meter van de teensloot. Aangezien er geen grondwaterstandeffecten optreden voorbij de teensloot, is het effect van de peilverlaging in het Achterwaterschap op de hoogspanningsmast nihil.

### 3.6 Fietspad op kade

Op een deel van de boezemkade langs het Achterwaterschap ligt een fietspad. Dit fietspad betreft een asfaltverharding. Ook bij de molens van de Overwaard ligt een asfaltverharding ter ontsluiting van de molens. Op de Middeldkade ligt zowel een voetpad als een fietspad, beide met een asfaltverharding. Een peilverlaging in het Achterwaterschap leidt tot een verlaging van grondwaterstanden in de kade. Dit kan leiden tot daling van de kruin (oxidatie en krimp), zie paragraaf 3.4.6. De hierop gelegen fiets- en wandelpaden kunnen hiervan schade ondervinden in de vorm van onregelmatigheid van het rijvlak en scheurvormingen. Naar verwachting leidt de voorgestelde peilverlaging niet direct tot deze gevolgen; het zijn juist de extreme droge perioden die schade aan deze voorzieningen kunnen opleveren.

### 3.7 Overige objecten langs het Achterwaterschap

Langs het Achterwaterschap bevinden zich verder nog de volgende objecten:

- Fiets-/wandelbrug in de Middeldkade;
- Fietsbrug Molenweg over Achterwaterschap;
- Autobrug N481;
- Fietsbrug Zijdeweg;
- Fietsbrug De Donk.

Hiervan wordt gesteld dat een peilverlaging van 0,15 m of 0,25 m geen effect heeft op de kwaliteit/stabiliteit van deze objecten. De (paal)funderingen zijn dermate robuust dat naar verwachting geen nadelige effecten van een peilverlaging optreden.

## REFERENTIES

1. Toetsrapport boezemkaden Achterwaterschap (WSRL, 2014)
2. Peilbesluitgegevens WSRL (website)
3. Peilregistraties (website; WSRL)
4. Verbetering Kade Hoge Boezem Overwaard (Fugro, 16 maart 2015)
5. Grondwateronderzoek Achterwaterschap (Acacia, februari 2019)
6. Boezemmolens van de Overwaard (van Reeuwijk-Bouwmeester, 30 oktober 2014)
7. Informatie uit gesprek met SWEK (21 februari 2019)
8. Peilbesluit van de Hoge Boezem van de Overwaard (WSRL 2018)