



# Redeneerlijn wateroverlast Den Bosch

Rijkswaterstaat  
Programma Slim Watermanagement





# Redeneerlijn wateroverlast Den Bosch

---



Eindrapport

**Auteurs**

Ton Botterhuis  
Cor-Jan Vermeulen  
Bart Strijker

PR4561.10  
december 2021

# Inhoud

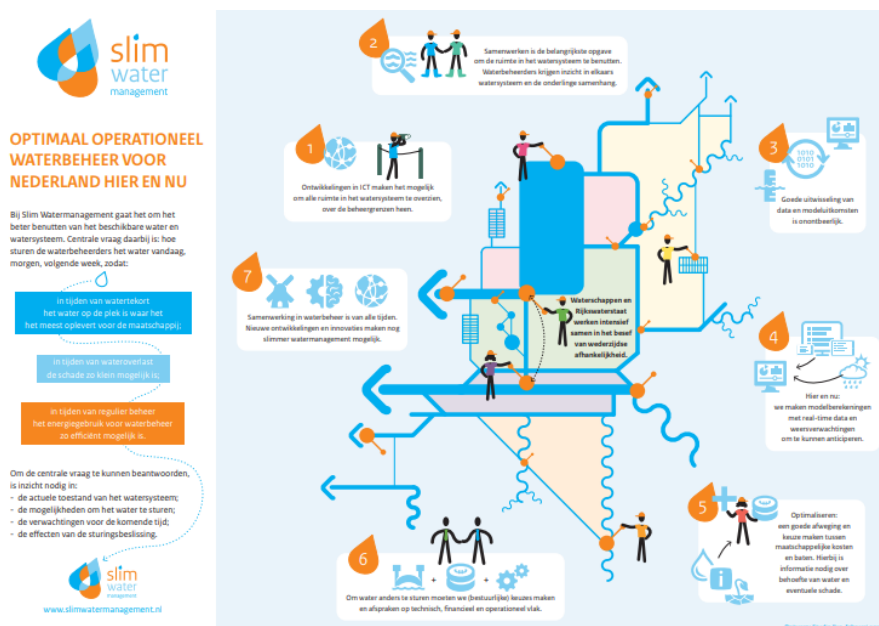
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Aanleiding tot het project	1
1.2	Doelstelling	2
1.3	Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>Waterbeheer Den Bosch</b>	<b>3</b>
2.1	Afvoeren via de spuisluisen bij Crèvecoeur en Bovenlandse spuisluis richting de Maas	4
2.2	Aanvoer richting Den Bosch zoveel mogelijk beperken door water af te voeren via het Wilhelminakanaal richting het buitenwater bij Oosterhout	5
2.3	Inzetten van waterbergingsgebieden rond Den Bosch.	5
<b>3</b>	<b>Maatregelen wateroverlast</b>	<b>7</b>
3.1	Optimalisatie inzet stuw Crèvecoeur en Bovenlandse sluis	8
3.2	Afvoeren via sluis I van Wilhelminakanaal	11
3.3	Inzet regionale berging voor beheersing maximale waterstand Den Bosch	16
3.4	Ruimtelijke riviermaatregelen voor verlaging Maaswaterstand	18
3.4.1	Maatregel Overdiepse polder	18
3.4.2	Maatregelen stormpolder Noordwaard	19
3.5	Aflaten Maasafvoer naar de Waal	20
3.6	Doorlaat van Maaswater naar het Volkerak-Zoommeer	23
3.7	Optimalisatie spuien Haringvlietssluisen	26
3.8	Samenvatting maatregelen	29
<b>4</b>	<b>Redeneerlijn</b>	<b>31</b>
4.1	Algemeen	31
4.2	Concept redeneerlijn wateroverlast Den Bosch	31
<b>5</b>	<b>Concept redeneerlijn, conclusies en aanbevelingen</b>	<b>33</b>
5.1	Voorstel redeneerlijn	33
5.2	Conclusies	33
5.3	Aanbevelingen	34
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>35</b>
A	Betrokken waterbeheerders	37

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding tot het project

Slim Watermanagement (SWM) heeft tot doel om watertekort en wateroverlast te verminderen door de beschikbare capaciteit van het Nederlandse watersysteem beter en duurzamer te benutten. Het is een optimalisatie van het operationele waterbeheer. In Slim Watermanagement wordt het watersysteem als een geheel beschouwd en wordt over de grenzen van beheergebieden heen gekeken. Het samenspel is weergegeven in Figuur 1, een infographic die is ontwikkeld door Rijkswaterstaat.

Figuur 1  
Infographic Slim  
Watermanagement  
(bron: Rijkswaterstaat).



Enkele SWM-regio's hebben redeneerlijnen<sup>1</sup> opgesteld die zijn gebaseerd op een integrale systeemanalyse en bevatten afsprakenkaders over de inzet van maatregelen afhankelijk van de situatie (wateroverlast of -tekort). De redeneerlijnen overstijgen het beheergebied van een waterschap. Voorbeeld van een redeneerlijn is het WATAK MLNBK, waarin waterschappen en Rijkswaterstaat afspraken hebben gemaakt over het waterbeheer. De redeneerlijnen zijn geen strikte voorschriften, maar bevatten flexibiliteit zodat tijdens overlast of tekort ze de basis zijn om 'tijdig de goede' afspraken te maken tussen verschillende organisaties.

In 2019 is het project 'Afgestemde redeneerlijnen' (Kolen et al, 2020) uitgevoerd, waarbij is gekeken naar waterbeheer over de zes SWM-regio's heen. Dit heeft, onder andere, geleid tot de aanbeveling om voor Den Bosch de mogelijkheid van een afgestemde redeneerlijn te onderzoeken tussen het

<sup>1</sup> Een redeneerlijn beschrijft hoe de waterbeheerders het water gezamenlijk verdelen in omstandigheden van (dreigend) watertekort of wateroverlast. Het is een samenhangende set beheergrensoverschrijdende afspraken met ruimte voor situationele bijstelling gebaseerd op juridische en bestuurlijke afsprakenkaders (zoals peilbesluiten, waterakkoorden, waterbeschikbaarheid en de verdringsreeks).

regionale watersysteem, Maas (Zuid-Nederland), de benedenstroomse Delta-regio (West-Nederland Zuid) en de Waal (Oost-Nederland).

Rijkswaterstaat heeft HKV gevraagd om voor de bestaande infrastructuur de afgestemde redeneerlijn wateroverlast Den Bosch uit te werken met betrekking tot de afstemmingspunten met de andere SWM-regio's. Als eerste is gekeken naar de interactie tussen de Maas, de Waal, het Volkerak-Zoommeer, de Haringvlietsluizen en het regionale watersysteem van beken de Aa en de Dommel. Mogelijke operationele beheermaatregelen met de bestaande infrastructuur zijn geïnventariseerd en bediscussieerd met de waterbeheerders. Vervolgens is een redeneerlijn wateroverlast opgesteld op basis van bestaande documenten en inbreng van de betrokken waterbeheerders

## 1.2 Doelstelling

Het doel van de opdracht is het maken van een afgestemde redeneerlijn wateroverlast Den Bosch, waarin het regionale watersysteem van Aa en Dommel en de Rijkswateren (de kanalen in Noord-Brabant en de rivieren de Maas en de Waal) integraal worden beschouwd en waarin naast regionale maatregelen (optimalisatie beheer, inzet berging, inzet kanalen) vooral maatregelen in en langs de Maas en de Maasmonding worden verkend. Daarbij worden de gevolgen van zeespiegelrijzing in een kwalitatieve beoordeling van de robuustheid van de maatregelen meegenomen.

De redeneerlijn is bedoeld voor operationele omstandigheden waardoor de kans op wateroverlast kleiner wordt. De redeneerlijn kan zodoende resulteren in het bijstellen van de veiligheidsopgave voor Den Bosch. Dit aspect valt echter buiten de scope van deze studie. Eindproduct van deze studie is een 'concept redeneerlijn wateroverlast Den Bosch'.

## 1.3 Leeswijzer

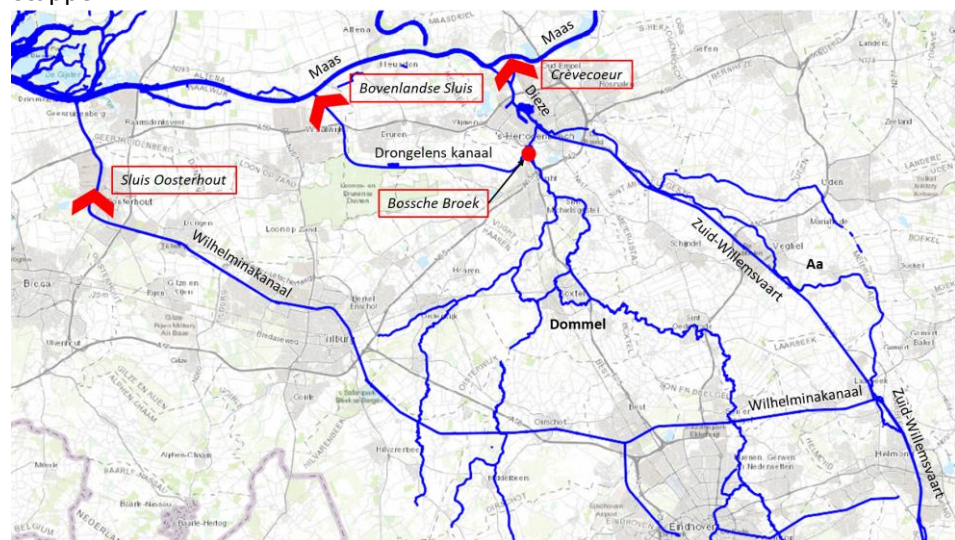
Na dit hoofdstuk geven wij een korte introductie van het waterbeheer tijdens afvoersituaties rondom Den Bosch.

Bij de uitwerking van de redeneerlijn wateroverlast zijn, samen met de waterbeheerders van RWS en de waterschappen, maatregelen geformuleerd en bediscussieerd die mogelijk de wateroverlast kunnen verminderen. Dit is uitgewerkt in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de bevindingen samengevoegd tot een 'concept redeneerlijn wateroverlast Den Bosch'. De redeneerlijn wateroverlast Den Bosch is bedoeld als een levend document, waarvan hier een eerste versie wordt gepresenteerd. Door het gebruik van de redeneerlijn zal deze worden verfijnd met nieuwe inzichten en detaillering van maatregelen.

Het rapport wordt afgesloten met een korte samenvatting met conclusies. Bij het opstellen van de redeneerlijn wateroverlast zijn kennisvragen gedefinieerd die in de aanbevelingen van het rapport zijn verwoord.

## 2 Waterbeheer Den Bosch

In het algemeen geldt dat om wateroverlast te beperken de afvoeren van de regionale rivieren de Aa en de Dommel verwerkt moeten worden in het regionale watersysteem, waarbij de waterstanden zo min mogelijk toenemen. De wijze waarop dit in wateroverlastsituaties, binnen de huidige infrastructuur wordt gedaan, wordt hier beschreven. Allereerst behandelen we de aanpak op hoofdlijnen, waarna we dieper in gaan op de verschillende stappen.



*Figuur 2: Kaart waarin belangrijkste watergangen, locaties en kunstwerken staan aangegeven. De drie locaties waar water gespuid kan worden (▲) en het meetpunt ADM Bossche Broek (○).*

De waterstanden in en rond het regionale watersysteem van Den Bosch worden bepaald door de afvoeren uit de bovenstroomse beken de Aa en de Dommel en de mogelijkheid om deze afvoeren benedenstrooms richting de Maas af te voeren. Het water wordt afgevoerd via spuisluizen, welke alleen kunnen afvoeren wanneer het binnenwater hoger is dan de Maaswaterstand. Problemen ontstaan bij afvoersituaties die samenvallen met hoogwater op de Maas.

In het algemeen worden de volgende stappen genomen om wateroverlast rond Den Bosch te beperken:

In eerste instantie wordt het water uit het regionale watersysteem zoveel mogelijk afgevoerd naar het buitenwater via twee spuisluizen in de omgeving van Den Bosch: spuisluis Crèvecoeur en de Bovenlandse sluis. De Bovenlandse sluis ligt verder benedenstrooms van de Maas dan Crèvecoeur en bij hoge Maaswaterstanden, zal bij de Bovenlandse sluis de afvoer minder vaak gestremd worden.

Om de afvoer richting Den Bosch te beperken kunnen bovenstrooms retentiebekkens in de stroomgebieden van de Aa en de Dommel gevuld

worden en/of kan zoveel mogelijk overtollig water via het Wilhelminakanaal worden afgevoerd richting de sluis bij Oosterhout, conform de redeneerlijn wateroverlast in het Waterakkoord Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen (WatAk, 2021). WatAk bevat de afspraken over de interactie tussen de regionale watersystemen van Brabantse Delta, Dommel en Aa en Maas en de kanalen in beheer bij Rijkswaterstaat (exclusief de waterbergingen rond Den Bosch en de interactie met de Maas). Bij Oosterhout wordt het water afgevoerd naar het buitenpand Wilhelminakanaal (Amertak), om vervolgens in de Maas uit te komen.

Wanneer de waterstand bij ADM Bossche Broek de waterstand van NAP+4,90m dreigt te overschrijden<sup>2</sup> worden de retentiegebieden ingezet.

Tabel 1 geeft een overzicht van de maatregelen en peilen voor verschillende locaties rond Den Bosch, met de grenswaarden waarop wordt gestuurd.

*Tabel 1  
Overzicht  
grenswaarden en  
maatregelen.*

Aandachtspunt	Locatie		
	Crèvecoeur	Bovenlandse sluis	Bossche Broek
Inzet bergingsgebieden			4,90 m+NAP
Gestremde afvoer	4,85 m+NAP	4,04 m+NAP	
Gelijkwaterregeling II	4,50 m+NAP		
Gelijkwaterregeling I	Streefpeil kan niet meer gerealiseerd		
Verhoogde waakzaamheid			3,40 m+NAP
Streefpeil	2,20 m+NAP	1,79 m+NAP	

## 2.1 Afvoeren via de spuisluizen bij Crèvecoeur en Bovenlandse spuisluis richting de Maas

Het water van het regionale watersysteem rond Den Bosch wordt afgevoerd via de spuisluizen Crèvecoeur en Bovenlandse sluis richting de Maas. De afvoermogelijkheden hangen af van het verval over de spuisluis. Het streefpeil op de Dieze bij Crèvecoeur en het Drongelens kanaal bij de Bovenlandse sluis zijn resp. NAP+2,2m en NAP+1,79m. De Maaswaterstanden zijn afhankelijk van de zeewaterstand (getij en storm) en rivierafvoeren. Bij hoge Maasafvoer wordt het getij minder belangrijk en zal de rivierafvoer hoofdzakelijk de waterstand bepalen. De Bovenlandse sluis loost water uit het regionale systeem circa 14 kilometer verder benedenstrooms van Den Bosch. De Maaswaterstand is bij de Bovenlandse sluis altijd lager dan bij Crèvecoeur en dit verschil kan bij hoge Maasafvoeren oplopen tot circa 1,6 meter. Hierdoor kan bij de Bovenlandse sluis over het algemeen langer worden gespuid.

Als de waterstanden op het Drongelenskanaal en de Dieze toenemen en het streefpeil niet meer gerealiseerd kan worden treedt bij Crèvecoeur de Gelijkwaterregeling I in werking. Hierbij wordt gestuurd op een verval over de stuw van 0,10 m.

<sup>2</sup> Dit peil is afkomstig uit de normering voor regionale oppervlaktewateren.

Bij een waterstand bij Den Bosch van NAP+4,5 m treedt de Gelijkwaterregeling II in werking, waarbij het verval over stuw wordt verkleind tot 0,03 m. Er loopt nog onderzoek naar het verder optimaliseren van de regeling van Crèvecoeur en de Bovenlandse sluis.

## 2.2 Aanvoer richting Den Bosch zoveel mogelijk beperken door water af te voeren via het Wilhelminakanaal richting het buitenwater bij Oosterhout

De regionale rivieren Aa en de Dommel zijn verbonden met de Brabantse kanalen. De waterverdeling tussen deze beken en het kanaal is vastgelegd in Watak 2021. In principe wordt de Zuid-Willemsvaart gebruikt voor de Aa, het Wilhelminakanaal voor de Dommel, maar dan kan van worden afgeweken. Het Wilhelminakanaal takt af van de Zuid-Willemsvaart en eindigt bij schutsluis bij Oosterhout waar het water loost in het buitenpand Wilhelminakanaal. Bij de schutsluis Oosterhout is ook tijdens wateroverlast-situaties altijd voldoende verval om water af te voeren met een maximale spuicapaciteit (40 m<sup>3</sup>/s spuiwerk + 8 m<sup>3</sup>/s schutsluis). De Maaswaterstanden benedenstrooms zijn niet beperkend voor de waterafvoer. Bepalend is de afvoercapaciteit van de bak van het Wilhelminakanaal met haar sluisen en spuiwerken. In het Waterakkoord (WatAk, 2021) is afgesproken hoeveel water van de regionale wateren Aa, Dommel en Boven-Dongel via het Wilhelminakanaal afgevoerd mag worden. Uitgangspunt is vanuit het maatschappelijk belang slim sturen van water. De hoeveelheid Aa-water die via het Wilhelminakanaal kan worden afgevoerd wordt bepaald door de afvoer van de Dommel en de dan resterende beschikbare afvoercapaciteit voor de Aa.

## 2.3 Inzetten van waterbergingsgebieden rond Den Bosch.

Op het moment dat de waterstand hoger dreigt te worden dan NAP+4,90 m kunnen waterbergingsgebieden worden ingezet (paragraaf 3.3). In deze situatie is Crèvecoeur veelal gestremd omdat de Maaswaterstand hoger is dan de waterstand op de Dieze. De bergingsgebieden worden zodanig ingezet dat de waterstand op de NAP+4,90m blijft: niet hoger vanwege wateroverlast en niet lager om het maximale verval te realiseren met de Bovenlandse sluis. De inzetvolgorde van de waterbergingen rond Den Bosch is:

- Waterberging Bossche Broek Noord (beheer WSDD);
- Waterberging Howabo Vughtse Gement (beheer WSAM);
- Waterberging Bossche Broek Zuid (beheer WSDD);
- Waterberging Howabo Engelermeer (nog niet beschikbaar, beheer WSAM), en
- Waterbergingen Dynamisch Beekdal – meerdere kleine bergingsgebieden (beheer WSAM).



Elke waterberging heeft een inzetprotocol (met de benodigde handelingen vanaf het besluit tot inzet).

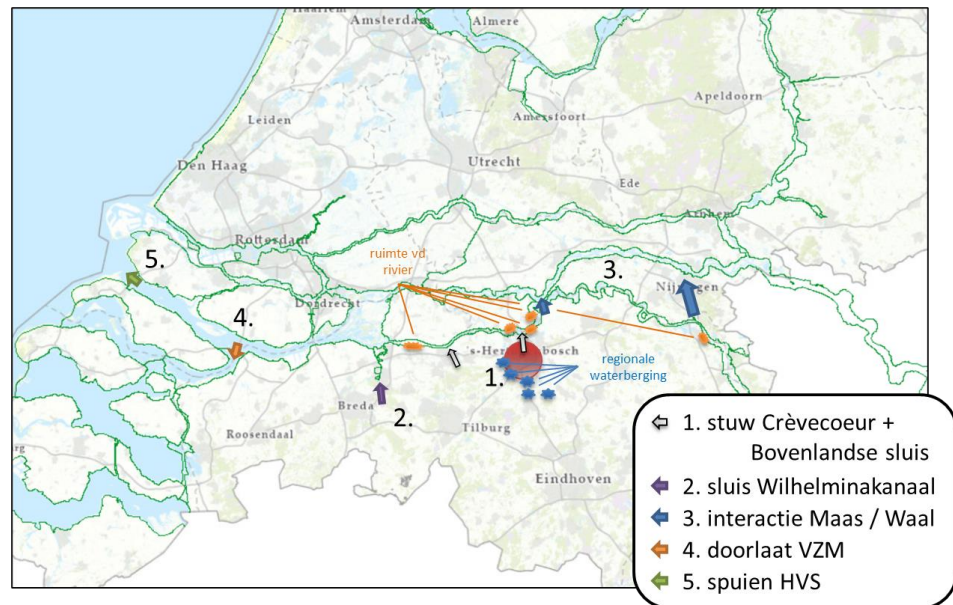
Uitgangspunt is om zo min mogelijk waterbergingen in te zetten en als er één wordt ingezet om deze zo optimaal mogelijk te benutten. Optimaal is hier inzet van zo min mogelijk bergingsgebieden en de waterstand maximaliseren op NAP+4,90 m. Waterberging Bossche Broek Noord wordt als eerste ingezet, omdat de capaciteit van Bossche Broek Noord het grootst is.

Uit de Hoogwatertoets Den Bosch (WSDD en WSAM, 2019) is gebleken dat de beschikbare waterberging onvoldoende is. om aan de normstelling te voldoen. In de maatgevende (T150) situatie zijn alle bergingsgebieden nodig en worden deze ook in de tijd snel achter elkaar ingezet.

### 3 Maatregelen wateroverlast

In twee werksessies zijn met waterbeheerders van Rijkswaterstaat en de waterschappen ideeën, kennis en ervaring uitgewisseld over mogelijke maatregelen ter voorkoming (of mitigatie) van wateroverlast bij Den Bosch en wanneer deze ingezet kunnen worden. Deelnemers aan de werksessies zijn vermeld in bijlage A. In Figuur 3 is een geografisch overzicht van de maatregelen te zien.

*Figuur 3  
Overzicht van de  
beschikbare  
maatregelen.*



We zijn op zoek naar maatregelen met een significant effect (> 10 cm waterstandverlaging op de Maas bij Den Bosch) in een T100-200 wateroverlastsituatie. Van elke maatregel gaan we op zoek naar de grenswaarden en het beoogde effect van de inzet. In de volgende paragrafen worden de volgende maatregelen beschreven:

- §3.1 Optimalisatie inzet stuw Crèvecoeur en Bovenlandse sluis,
- §3.2 Afvoeren via sluis I van Wilhelminakanaal,
- §3.3 Inzet regionale berging voor beheersing maximale waterstand Den Bosch,
- §3.4 Ruimtelijke riviermaatregelen voor verlaging Maaswaterstand,
- §3.5 Aflaten Maasafvoer naar de Waal,
- §3.6 Doorlaat van Maaswater naar het Volkerak-Zoommeer, en
- §3.7 Optimalisatie spuien Haringvlietssluisen.

### 3.1 Optimalisatie inzet stuw Crèvecoeur en Bovenlandse sluis

De afwatering van het regionale gebied rond en bovenstrooms van Den Bosch vindt plaats onder vrij verval. In deze paragraaf beschrijven we de afwatering naar de Maas op hoofdlijnen.

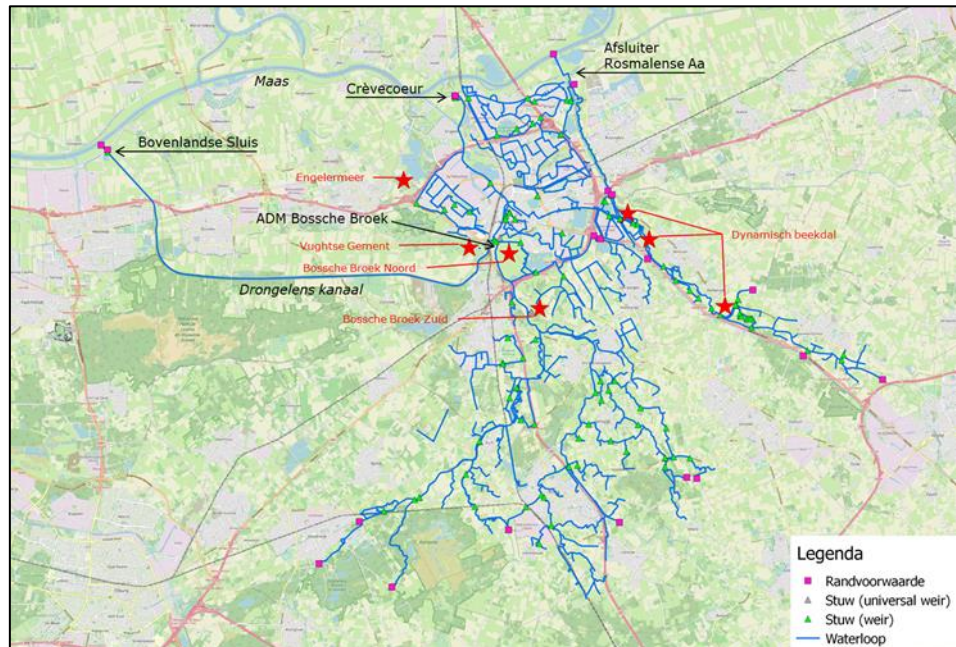
De afwatering van het regionale gebied rond en bovenstrooms van Den Bosch vindt plaats onder vrij verval

via het Drongelens kanaal met de Bovenlandse Sluis,

1. via de Dieze met stuw Crèvecoeur en
2. via de Rosmalense Aa met een sluis.

De waterstanden op de Maas bepalen de afvoermogelijkheden bij deze locaties. Bij te hoge waterstanden op de Maas worden de stuw bij Crèvecoeur ( $> \text{NAP } +4,85\text{m}$ ) en de afsluiter van de Rosmalense Aa ( $> \text{NAP } +2,0 \text{ m}$ ) gesloten. De Rosmalense Aa doet niet mee omdat deze in een T100-200 situatie gesloten is. Afvoer kan dan alleen nog via de Bovenlandse Sluis (neemt af bij stijgende Maaswaterstand). Als de waterstand ten zuiden van Den Bosch (ADM Bossche Broek) boven  $\text{NAP}+4,90\text{m}$  stijgt worden bergingsgebieden ingezet. Afvoer via de Bovenlandse sluis is gestremd als de waterstand op de Maas bij deze locatie  $\text{NAP}+4,04 \text{ m}$  ( $\approx \text{T}200$ ) is. In situaties met overlast ( $\approx \text{T}100\text{-}150$ ) zal de piekafvoer van de Dommel ongeveer  $105 \text{ m}^3/\text{s}$  bedragen, de piekafvoer van de Aa is dan ongeveer  $120 \text{ m}^3/\text{s}$ . De afvoer via de Bovenlandse sluis (en het Drongelens kanaal) wordt dan ingeschat op ruim  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ . De afvoer via Crèvecoeur (en de Dieze) is onzeker.

*Figuur 4  
Overzicht regionale  
watersysteem te  
Den Bosch (bron:  
Pleijter e.a., 2020)*



Situaties met hoogwater in het systeem van de Dommel en de Aa vallen vaak samen met een hoogwater op de Maas:

- Bij lage waterstanden op de Maas stuurt stuw Crèvecoeur volgens de [Streefpeilregeling](#) op een waterstand van NAP+2,20 m op de Dieze.
- Als de waterstanden op de Maas hoger worden en het streefpeil niet meer kan worden gehandhaafd, treedt de [Gelijkwaterregeling I](#) (verval over stuw van 0,10 m) in werking. Deze regeling zorgt voor een zo laag mogelijk waterstand waarbij het Maaswater niet de Dieze kan instromen.
- Als de waterstanden op de Dieze stijgen boven de NAP+4,50 m, wordt overgeschakeld op [Gelijkwaterregeling II](#) (verval over stuw van 0,03 m).

De Maaswaterstand bij de stuw zal bij serieuze wateroverlast NAP+5,0-5,5 m zijn ( $\approx T20$ ). De waterstand ten zuiden van Den Bosch bij Bossche Broek wordt gemaximaliseerd op NAP+4,90 m, daarmee is er geen verval over de Dieze. In pilot IRM (De Bake en Vieira da Silva, 2021) wordt NAP+4,85 m gehanteerd als Maaswaterstand, waarbij stremming van de afvoer via de stuw Crèvecoeur optreedt. Zonder stremming kan ruim 160 m<sup>3</sup>/s worden afgevoerd via Crèvecoeur en 100 m<sup>3</sup>/s bij de Bovenlandse sluis.

De afvoer via de Bovenlandse Sluis is onder vrij verval en daarmee ook afhankelijk van de Maaswaterstand. Op het kanaal wordt NAP+1,79 m als streefpeil gehanteerd. De Maaswaterstand bij de sluis zal bij serieuze wateroverlast NAP+3,5-4,0 m zijn. De waterstand aan het begin van het kanaal bij Bossche Broek wordt gemaximaliseerd op NAP+4,90 m, daarmee neemt het beschikbare verval over het kanaal af als de Maaswaterstand stijgt. In pilot IRM (De Bake en Vieira da Silva, 2021) wordt NAP+4,04 m gehanteerd als Maaswaterstand, waarbij stremming van de afvoer via de Bovenlandse sluis optreedt. De invloed hiervan op de afvoercapaciteit (via deze route) is onbekend.

De waterstand bij Bossche Broek wordt gemaximaliseerd door achtereenvolgens de bergingsgebieden Bossche Broek Noord, Vughtse Gement, Bossche Broek Zuid en Dynamisch beekdal in te zetten (zie §3.3). Bergingsgebied Engelermeer is nog in ontwikkeling en kan op dit moment nog niet worden ingezet.

Door waterschap De Dommel wordt nog onderzocht of het beheer van Crèvecoeur en de Bovenlandse sluis (verder) kan worden geoptimaliseerd. De resultaten hiervan zijn bij het schrijven van dit rapport nog niet bekend.

In Figuur 5 is een uittreksel van de betrekkinglijnen van de Maas weergegeven (RWS-ZN, 2021)<sup>3</sup>. In de tabel is de relatie tussen de afvoer bij locatie Borgharen dorp (regel 6) en de waterstand bij de stuw Crèvecoeur (regel 8) en bij de Bovenlandse sluis (regel 23). Deze informatie is gebruikt voor de getallen in voorgaande alinea's. De oranje gemarkeerde kolommen geven de Maaswaterstanden die optreden bij wateroverlast in Den Bosch.

<sup>3</sup> Bij afronding van rapport kwamen de betrekkinglijnen Maas 2020-2021 beschikbaar. Omdat de verschillen tussen de betrekkinglijnen beperkt zijn heeft het geen invloed op deze analyse.

Figuur 5  
 Overzicht  
 Maaswaterstanden  
 (bron: RWS-ZN,  
 2021).

Betrekkinglijnen Maas versie 2019_2020		geldigheidsbereik 1 nov. 2019 - 31 okt. 2020									
Informatiebron		WAQUA in bereik recente hoogwaters						WAQUA			
		43.21	43.80	44.26	44.48	44.70	44.95	45.27	45.53	45.73	45.94
Waterstand Borgharen-dorp [m]											
aantal dagen/jr dat ws hoger is											
Afvoer St. Pieter [m <sup>3</sup> /s]		1982	2308	2609	2781	2969	3226	3578	3862	4113	4396
herh. tijd v/d topafvoer in jaren		5	10	20	30	50	100	300	1000	3000	10000
Afvoer Borgharen-dorp [m <sup>3</sup> /s]		1971	2302	2603	2776	2965	3224	3573	3862	4118	4398
peilschaal op meetpunt	kmr	Waterstanden m + NAP									
stuw Crèvecoeur	221	3.45	4.02	4.52	4.78	5.06	5.41	5.76	6.04	6.21	6.36
	222	3.37	3.91	4.40	4.66	4.95	5.30	5.66	5.95	6.12	6.26
	223	3.30	3.84	4.32	4.58	4.86	5.20	5.56	5.83	6.00	6.15
	224	3.20	3.73	4.20	4.46	4.73	5.08	5.43	5.70	5.87	6.01
	225	3.09	3.61	4.08	4.33	4.60	4.94	5.29	5.56	5.72	5.86
	226	3.00	3.53	4.00	4.25	4.53	4.86	5.21	5.48	5.64	5.78
	227	2.90	3.42	3.87	4.12	4.38	4.72	5.06	5.32	5.48	5.62
	228	2.81	3.31	3.76	4.00	4.26	4.59	4.93	5.19	5.35	5.49
	229	2.70	3.18	3.61	3.86	4.13	4.46	4.82	5.09	5.25	5.39
	230	2.62	3.08	3.48	3.72	3.97	4.30	4.65	4.92	5.08	5.22
Heesbeen	230.61	2.58	3.04	3.45	3.68	3.93	4.25	4.60	4.86	5.02	5.16
	231	2.55	3.01	3.41	3.64	3.89	4.21	4.55	4.81	4.97	5.11
	232	2.49	2.94	3.34	3.56	3.81	4.12	4.46	4.72	4.88	5.02
	233	2.43	2.87	3.26	3.48	3.72	4.02	4.37	4.62	4.78	4.91
	234	2.37	2.80	3.19	3.40	3.63	3.93	4.27	4.52	4.68	4.81
Bovenlandse sluis	235	2.29	2.71	3.08	3.28	3.51	3.80	4.14	4.39	4.54	4.67

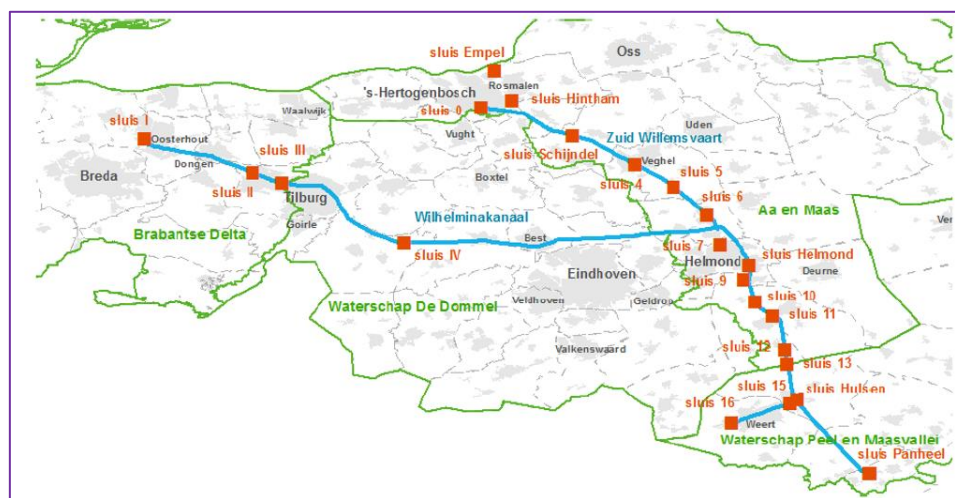
RWS ONGECLASSIFICEERD

### 3.2 Afvoeren via sluis I van Wilhelminakanaal

In het Waterakkoord (WatAk MLNBK) is afgesproken dat de regionale systemen via de sluis I in het Wilhelminakanaal bij Oosterhout (NB) maximaal 48 m<sup>3</sup>/s (40 m<sup>3</sup>/s spuiwerk, plus 8 m<sup>3</sup>/s schutsluis) kunnen lozen bij waterbezwaar. Hiervan kan maximaal 33 m<sup>3</sup>/s sluis IV passeren (25 m<sup>3</sup>/s spuiwerk plus 8 m<sup>3</sup>/s schutsluis), waarmee dit de maximale afname is van de afvoer bij Den Bosch via deze route. De reguliere afvoer van de bovenloop van de Dommel voert af via het Wilhelminakanaal, alleen de resterende ruimte kan door de Aa gebruikt worden om minder water te voeren richting Den Bosch.

In deze paragraaf beoordelen we of er condities op Maas en/of kanaal zijn, waaronder deze afvoer niet kan worden gerealiseerd.

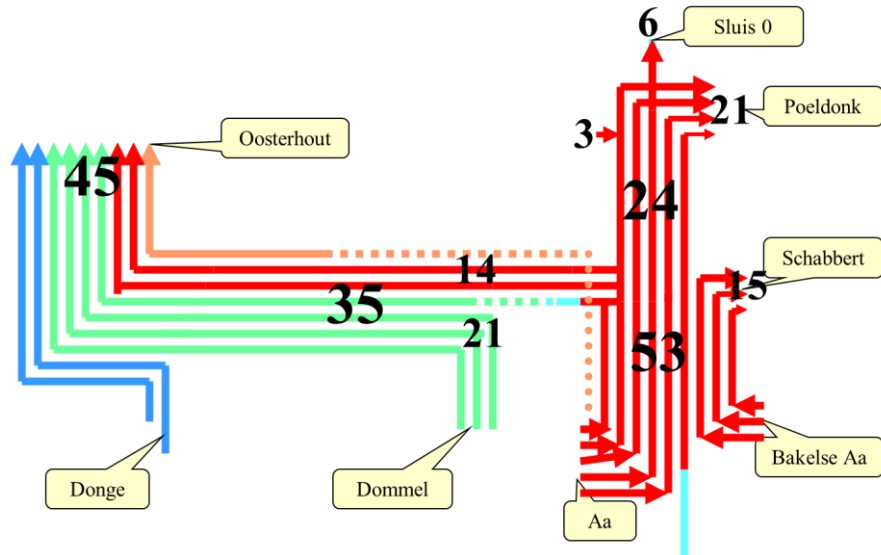
*Figuur 6  
Watersysteem van de MLNBK (bron: RWS2104-1-17-007.054 rapd-eindrapportage 'Stedelijk waterbeheer kanalen. W+B 2017).*



Om het samenspel van de Brabantse kanalen met het regionale systeem van de beken Dommel en Aa te illustreren gebruiken we een schematische weergave van WSAM met de maximale debieten tijdens het hoogwater van 1998 ( $\approx$  T100) schematische weergegeven (zie Figuur 7).

*Figuur 7  
Schematische weergave van maximale debieten in het systeem van MLNBK (bron: Oomen, 2006).*

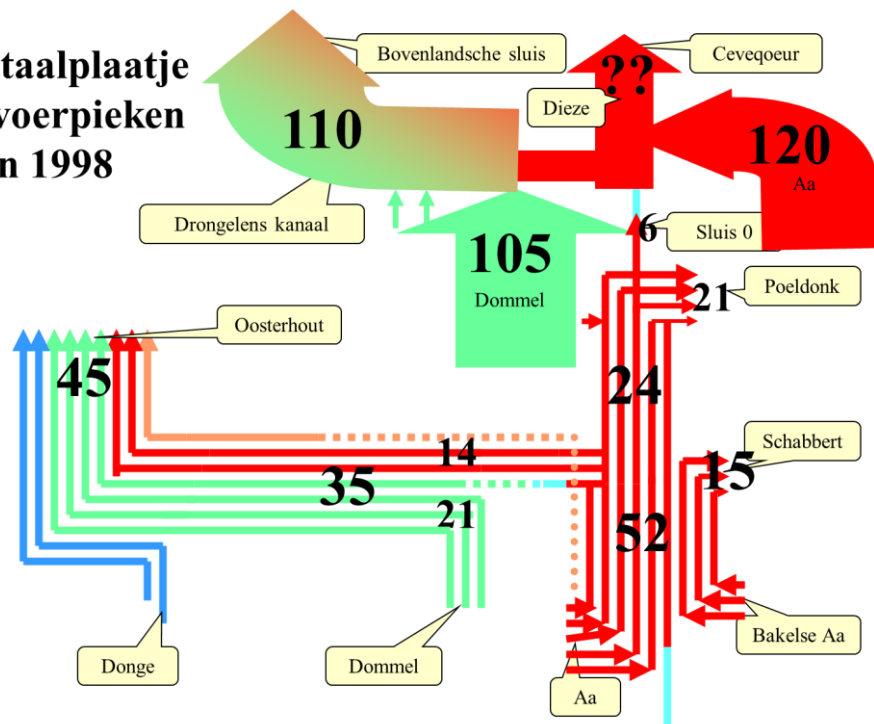
### Afvoeren op de Brabantse kanalen tijdens afvoerpiek van 1998



Via het bovenstrooms gelegen deel van de Aa en de Bakelse Aa wordt 53 m<sup>3</sup>/s op het grote kanaalband bij Helmond gebracht. Daarvan is 15 m<sup>3</sup>/s via stuw Schabbert weer teruggenomen naar het benedenstroomse deel van de Aa. Via de Zuid-Willemsvaart is 24 m<sup>3</sup>/s naar het noorden afgevoerd. Omdat WSDD een minder debiet (max. 21 m<sup>3</sup>/s) op het WHK loost, ontstaat er ruimte om water van de Aa (14 m<sup>3</sup>/s) via sluis VI richting Oosterhout af te voeren. In Figuur 7 is te zien dat van de waterschappen WSDD en WSAM gezamenlijk 35 m<sup>3</sup>/s wordt afgevoerd via het WHK. Vanuit WSBD wordt nog 22 m<sup>3</sup>/s toegevoegd, zodat bij Oosterhout 45 m<sup>3</sup>/s via Sluis I wordt geloosd.

*Figuur 8  
Schematische weergave van maximale debieten in het systeem van MLNBK, incl. de situatie Den Bosch (bron: Oomen, 2006).*

### Totaalplaatje afvoerpieken van 1998



In Figuur 8 is de situatie bij Den Bosch toegevoegd aan het samenspel van de MLNBK tijdens het hoogwater van 1998. De afvoer bij stuw Crèvecoeur is niet ingevuld. Over het algemeen kan worden gesteld dat de piek op de Maas enkele dagen later komt dan de piek op de Dommel en de Aa. Als de Maas eerder komt, of Dommel of Aa later, komt meer water tegelijk aan in Den Bosch en is het onduidelijk wat met de stuw kan worden (is) afgevoerd.

In de figuur is te zien dat bij Poeldonk 21 m<sup>3</sup>/s van de Zuid-Willemsvaart weer naar het systeem van de Aa wordt teruggevoerd. Ongeveer 6 m<sup>3</sup>/s wordt via Sluis 0 naar de Dieze afgevoerd. Gesommeerd is de afvoer van de Aa bij Den Bosch 120 m<sup>3</sup>/s. Deze sommatie bestaat uit de afvoer bij stuw Schabbert, de afvoer uit het stroomgebied van de Aa tussen Schabbert en Den Bosch en de 21 m<sup>3</sup>/s teruggenomen bij Poeldonk.

De Dommel voert 105 m<sup>3</sup>/s af naar Den Bosch. Gezamenlijk is 255 m<sup>3</sup>/s tijdens het regionaal hoogwater van 1998 naar Den Bosch afgevoerd. Hiervan kan ongeveer de helft (110 m<sup>3</sup>/s) worden afgevoerd via de Bovenlandse Sluis. Het overige zal in de bergingsgebieden opgevangen moeten worden. Als de Maas niet is verhoogd of het hoogwater op de Maas valt later dan het regionaal hoogwater, dan kan via stuw Crèvecoeur voldoende worden afgevoerd.

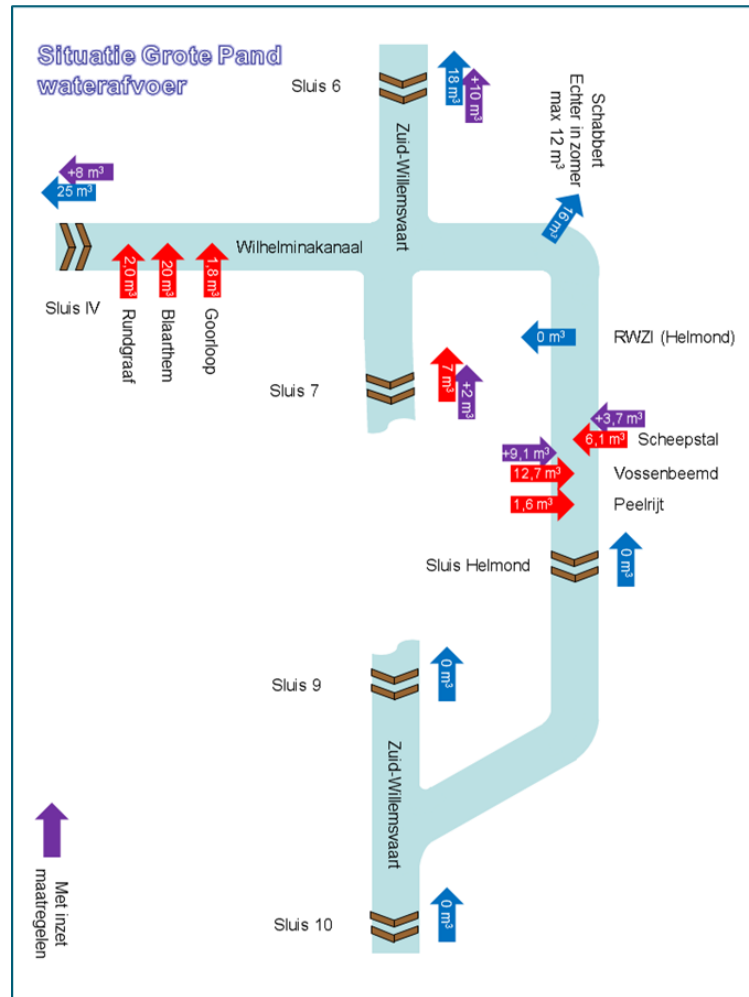
Het WatAk bevat afspraken voor een doelmatig beheer en doelmatige verdeling van het water in de MLNBK en de aanliggende regionale watersystemen waarmee uitwisseling van water plaats vindt. Onderstaande tabel geeft de afspraken weer onder natte omstandigheden. In de figuur zijn de locaties met pijlen en nummers aangegeven.

*Tabel 2  
WatAk afspraken bij  
wateroverlast (bron:  
WatAk, 2020).*

*Opmerking: WatAk  
2021 maakt  
onderscheid in  
zomer- en winter-  
situatie m.b.t. de  
inzet van retentie-  
gebieden.*

Stappenplan volgens samenwerkingskaart buiten groeiseizoen (winter)		aanvoerde biet	afvoer debiet kanaal	afvoer schabbert	inzet bergingsg ebieden	stil leggen scheepvaa rt
0	afvoer Dommel via Wilhelminakanaal	tot 25 m <sup>3</sup> /s	tot 25 m <sup>3</sup> /s			
1	Max 8 m <sup>3</sup> /s over Schabbert (afvoer Aa en Maas)	8	0	8	0	nee
2	Max 18 m <sup>3</sup> /s naar de Zuid Willemsvaart (RWS kan besluiten een deel van dit water af te voeren via Wilhelminakanaal als daar capaciteit vrij is)	26	18	8	0	nee
3	Volledige capaciteit Wilhelminakanaal en Zuid-Willemsvaart benut (25+18)	51	43	8	0	nee
4	Afvoer Schabbert verhogen tot max 16 m <sup>3</sup> /s	59	43	16	0	nee
5	Als er nu nog debiet over is, zet dan de waterbergingsgebieden in. *	72	43	16	13	nee
	Kijk na inzet van een waterbergingsgebied of er nog steeds debiet over is op het Grote Pand.					
6	Zet nog eens 8 m <sup>3</sup> /s op het Wilhelminakanaal (tot 33 m <sup>3</sup> /s benutten)	80	51	16	13	ja
7	Zet nog eens 10 m <sup>3</sup> /s op de Zuid Willemsvaart (tot 28 m <sup>3</sup> /s benutten)	90	61	16	13	ja
8**	Stuur het restant Aa-water over Schabbert					





In de bovenloop van de Aa en de Dommel wordt maximaal 33 m<sup>3</sup>/s op het Wilhelminakanaal afgelaten om de situatie benedenstrooms o.a. bij Den Bosch te ontzien. Bij Tilburg en de aansluiting van de Boven-Donge wordt ook nog 15 m<sup>3</sup>/s geloosd. In totaal moet via de sluis bij Oosterhout maximaal 48 m<sup>3</sup>/s kunnen worden afgevoerd (conform WaTak). In de onderstaande figuur is de situatie bij sluis I te Oosterhout weergegeven.

*Figuur 9  
Overzicht Amertak –  
Wilhelminakanaal  
sluis I (pijl) en  
waterstand Bergsche  
Maas/Donge  
(cirkels).*



In 2016 heeft WSBD de mogelijkheid van keermiddelen bij Amertak en Donge onderzocht (Van Haaren, 2016). In deze studie is de herhalingstijd van waterstanden op de gele punten vastgesteld (zie onderstaande tabel).

*Tabel 3  
Maatgevende  
(reken)  
waterstanden  
Bergsche Maas  
(bron: Van Haaren,  
2016).*

Herhalingstijd [1/jaar]	Waterstand [NAP+m]
25	2,77
100	3,03
250	3,21

Uit de rapportage Waterakkoord MLNBK 2020 (WatAk, 2020) volgt de tabel met het streefpeil tussen Sluis I en II van het Wilhelminakanaal.

*Tabel 4  
Streefpeilen  
Wilhelminakanaal  
(bron: WatAk,  
2020).*

Kanaalpand	Kanaalpand code	Streefpeil in m+ NAP	MAP2 in m+ NAP	MAP1 in m+ NAP	MIP1 in m+ NAP	MIP2 in m+ NAP
Wilhelminakanaal						
Buitenpand laagwater	2021	0.30 <sup>1)</sup>				
hoogwater		0.65 <sup>1)</sup>				
Sluis I - Sluis II	2122	5.15	5.30			5.05
Sluis II - Sluis III	2223	7.70	7.85	7.80	7.60	7.50
Sluis III - Sluis IV	2324	12.55	12.85	12.70	12.45	12.35
Sluis 6 - Sluis 7 - Sluis Helmond - Sluis IV (WHK)	24HM	15.00	15.15	15.08	14.85	14.80
Kanaal Wesseem-Nederweert		28.65	28.72	28.70	28.52	28.40
Noordervaart		31.65				

<sup>1)</sup> De weergegeven waterstanden zijn de gemiddelden voor laagwater en hoogwater.

De actuele waterstanden op het Buitenpand van het Wilhelminakanaal zijn afhankelijk van het getij, de meteorologische omstandigheden en de afvoeren van de grote rivieren.

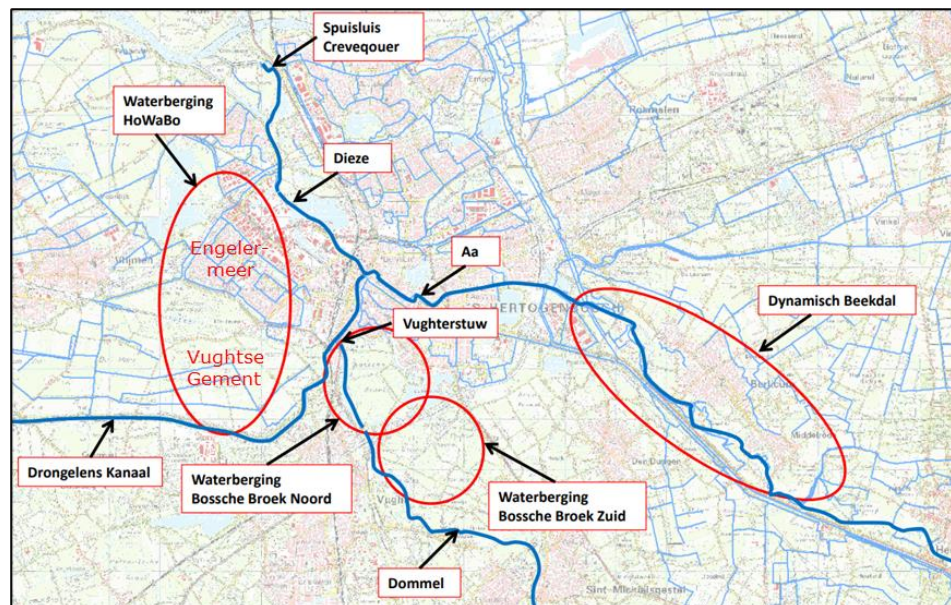
Conclusie is dat de condities op het kanaal of Bergsche Maas geen belemmering geven voor de afvoer van het Wilhelminakanaal. Het streefpeil op het kanaal bij Oosterhout ligt ongeveer 1,5-2 meter boven waterstand op de Bergsche Maas. Het is de maximale capaciteit van de spuiwerken en de, voor de infrastructuur veilige, spuicapaciteit van schutsluizen die de maximale (toegestane) afvoer bepalen. De mogelijkheid voor vergroten van de doorvoercapaciteit van het Wilhelminakanaal (spuiwerken en bak) is daarom een interessante optie.

### 3.3 Inzet regionale berging voor beheersing maximale waterstand Den Bosch

Na de wateroverlast van 1995 is de Hoogwateraanpak Den Bosch (HOWABO) opgestart, door de waterbergingsgebieden rondom Den Bosch in te richten. Eind jaren negentig is de waterberging in het Bossche Broek gerealiseerd en vanaf 2008 het Vughtse Gement en het Dynamisch Beekdal. Het laatste bergingsgebied, het Engelermeer, is nog niet voltooid. Deze maatregelen bieden Den Bosch en de omliggende gemeenten bescherming tegen overstromingen vanuit de Dommel en de Aa en moeten borgen dat de maximale waterstand bij de Vughterstuw onder NAP+4,9m blijft.

Door de bergingsgebieden Vughtse Gement en Engelermeer (4,5 mln. m<sup>3</sup>) en Bossche Broek (6 mln. m<sup>3</sup>) wordt Den Bosch zodanig beschermd dat inundatie niet vaker dan eens per 150 jaar voorkomt. Deze capaciteit kan ongeveer een dag lang de piekafvoer (die tijdens het regionaal hoogwater van 1998 is opgetreden) bergen, waarbij aangenomen is dat ruim 100 m<sup>3</sup>/s via de Bovenlandse sluis kan worden afgevoerd en stuw Crèvecoeur is gestremd.

*Figuur 10  
Overzicht locaties  
van regionale  
berging (bron:  
WSAM, 2020).*



De voorgestelde volgorde is:

- Waterberging Bossche Broek Noord (beheer WSDD);
- Waterberging Howabo Vughtse Gement (beheer WSAM);
- Waterberging Bossche Broek Zuid (beheer WSDD);
- Waterberging Howabo Engelermeer (nog niet beschikbaar, beheer WSAM), en
- Waterbergingen Dynamisch Beekdal – meerdere kleine bergingsgebieden (beheer WSAM).

Er is een basisvolgorde bepaald voor de inzet van de waterbergingen rond Den Bosch. Als uitgangspunt is genomen om zo min mogelijk waterbergingen in te zetten en als er één wordt ingezet om deze zo optimaal mogelijk te

benutten. Waterberging Bossche Broek Noord wordt daarbij als eerste ingezet, omdat de capaciteit van Bossche Broek Noord het grootst is. Afhankelijk van de bergingsbehoefte vindt bovenop inzet van Bossche Broek Noord verfijning plaats met inzet van de waterbergingsgebieden in de volgorde: Howabo Vughtse Gement, Bossche Broek Zuid en Howabo Engelermeer. Uit de hoogwatertoets Den Bosch (WSDD en WSAM, 2019) is bekend dat bij maatgevende (T150) situaties alle bergingsgebieden nodig zijn en ook snel achter elkaar worden ingezet.

De waterbergingen in Dynamisch Beekdal zijn erop gericht om problemen door vertraging van de afvoer van de Aa te voorkomen en hebben daarmee niet direct een relatie met problemen in Den Bosch (deze gebieden worden als laatste, aanvullend, ingezet).

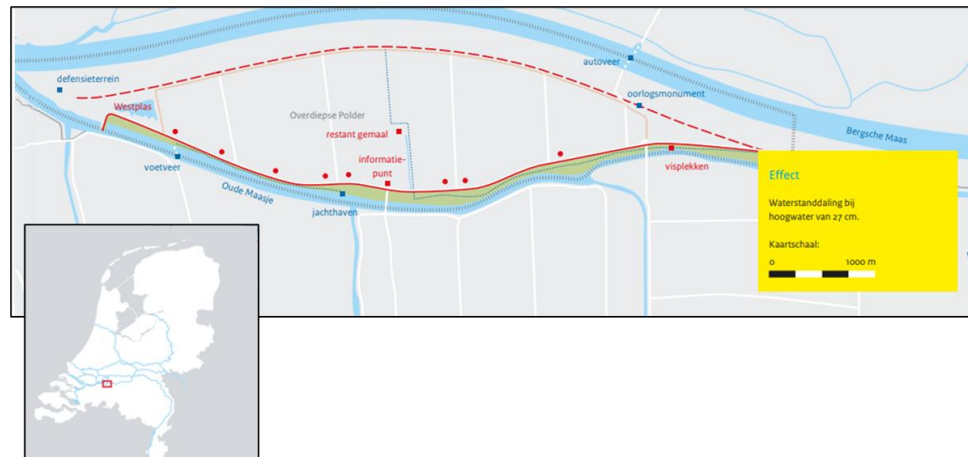
Elke waterberging heeft een inzetprotocol (met de benodigde handelingen vanaf het besluit tot inzet). Op het moment dat de waterstand hoger dreigt te worden dan NAP+4,90 m kunnen de betreffende waterbergingsgebieden worden ingezet. Vanaf een peil van NAP+3,4 m bij de Vughterstuw (meetpunt ADM Bossche Broek) wordt de waterstand extra goed in de gaten gehouden (calamiteiten fase 0.1). Als dan maximaal 100 m<sup>3</sup>/s over het Drongelens Kanaal (meetpunt ADM Waalwijk) gaat en de waterstand in de Dieze blijft kritisch (= 4,90m+NAP bij de Vughterstuw), wordt overgegaan op de inzet van waterbergingsgebieden. De afvoer van de Dommel en de Aa samen is dan meer dan 100 m<sup>3</sup>/s en er is geen afvoer naar de Maas over stuw Crèvecoeur mogelijk.

## 3.4 Ruimtelijke riviermaatregelen voor verlaging Maaswaterstand

### 3.4.1 Maatregel Overdiepse polder

Na de wateroverlast van 1995 is in het kader van Ruimte voor de Rivier de dijk aan de Bergsche Maas is verlaagd. Hierdoor zal er bij hoogwater rivierwater door de Overdiepse Polder stromen. Verder landinwaarts naar het zuiden, langs het Oude Maasje is een nieuwe dijk aangelegd (in feite is de banddijk teruggelegd).

*Figuur 11  
Weergave  
Overdiepse polder  
langs de Maas  
tussen Waalwijk en  
Geertruidenberg  
(bron: RWS, 2021a).*



De zomerkade tussen Maas en polder heeft een uniforme hoogte van NAP+2,5m, er is geen langshelling. De polder zal gemiddeld eenmaal per 25 jaar (RWS, 2021a) worden gebruikt als waterberging bij waterstanden op de Bergsche Maas hoger dan NAP+2,5m. De vaste overlaat van de Overdiepse Polder stroomt over als de Maaswaterstand bij stuw Crèvecoeur tussen NAP+4,5m en NAP+4,75m is (RWS-ZN, 2021). Tijdens het hoogwater van 2021 was de waterstand NAP+4,25 en is de polder net niet ingezet. De polder wordt ingezet als stroomvoerende waterberging, waardoor bovenstrooms op de Bergsche Maas een waterstanddaling van ca. 27 cm zal worden bereikt. Een verdere verlaging van de Maaswaterstand om wateroverlast bij Den Bosch te voorkomen is niet realistisch, omdat de timing van de inzet niet kan worden geregeld. De maximale verlaging (27 cm) is al in de waterstanden verwerkt.

### 3.4.2 Maatregelen stormpolder Noordwaard

Na het hoogwater op de grote rivieren van 1995 is in het kader van Ruimte voor de Rivier de dijk rondom polder Noordwaard verlaagd. Door de ontpoldering is de Noordwaard een vrijwel geheel buitendijks gebied met in het midden een doorstroomgebied. Via dit doorstroomgebied voert de Noordwaard rivierwater af vanaf een waterstand op de Nieuwe Merwede van 2 meter boven NAP (RWS, 2021b). Deze maatregel levert een waterstanddaling op de Boven Merwede bij Gorinchem van 30 cm.

*Figuur 12  
Weergave polder  
Noordwaard langs  
de Nieuwe Merwede  
tussen Werkendam  
en de Biesbosch  
(bron: RWS, 2021b)*



Om rivierwater via het doorstroomgebied te kunnen afvoeren, is de voormalige primaire waterkering langs de Nieuwe Merwede over een lengte van 2 kilometer verlaagd tot een vaste drempel met een hoogte van NAP+2m. Deze drempel begint direct ten westen van het bedrijventerrein bij Werkendam en loopt tot aan de nieuw kade van Polder Buitenste Kievitswaard. De overlaat heeft vier extra openingen die water doorlaten bij waterstanden die de drempel overstijgen.

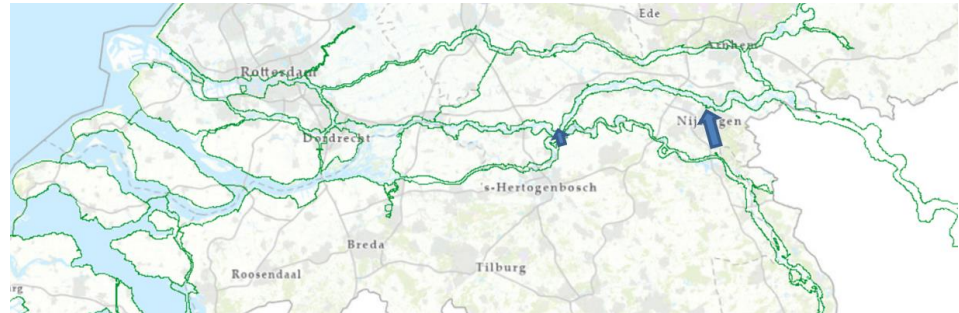
Voordat het water van de Nieuwe Merwede over de drempel stroomt, staan grote delen van de ontpolderde Noordwaard al onder water door de dagelijkse getijdewerking vanuit het zuidwesten. Ook bij waterstanden lager dan NAP+2m bepaalt het water voor een belangrijk deel het aanzien van het doorstroomgebied: dagelijks stroomt door de getijdenwerking vanuit het zuidwesten zoet water het niet-bekade deel van het doorstroomgebied in.

De vaste drempel van de Noordwaard overstroomt als de Maaswaterstand bij stuw Crèvecoeur tussen NAP+3,5m en NAP+4m is. Het doorstroomgebied wordt ingezet voor een waterstanddaling op de Boven Merwede. Een verlaging van de Maaswaterstand om wateroverlast bij Den Bosch te voorkomen is niet realistisch, omdat de timing van de inzet niet kan worden geregeld. De eventuele verlaging op de Maas is al in de waterstanden verwerkt.

### 3.5 Aflaten Maasafvoer naar de Waal

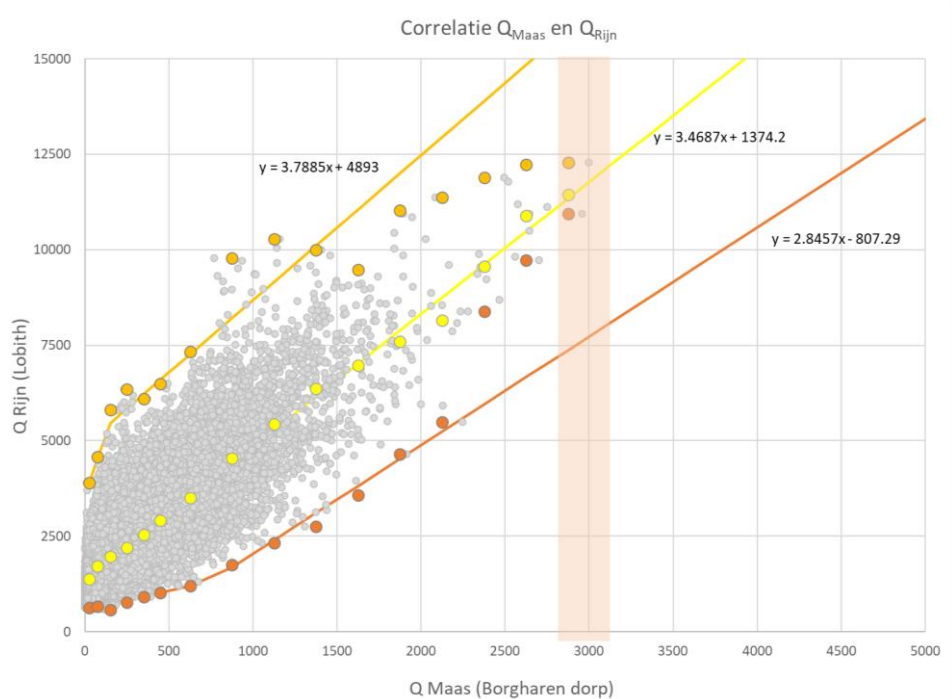
Het Maas-Waalkanaal verbindt de Maas bij Heumen (en/of Cuijk) met de Waal bij Nijmegen. Het kanaal staat normaal in open verbinding met de Maas. Bij hoog water op de Maas wordt de keersluis te Heumen gesloten. Bij St. Andries (verder benedenstrooms op de Maas) is een verbinding tussen de Maas en de Waal afgesloten met een sluis.

*Figuur 13  
Locatie van het  
Maas-Waal kanaal  
(grote pijl) tussen  
Heumen (Maas) en  
Weurt (Waal) en de  
locatie van de sluis  
te St. Andries  
(kleine pijl)*



De hoogte van de Maaswaterstand bepaalt in hoge mate de afvoermogelijkheden in en rond Den Bosch. De rivieren Maas en Waal zijn verbonden bij Heumen en St. Andries. Mogelijk dat de waterstand op de Maas kan worden verlaagd door water af te laten richting de Waal. In deze paragraaf beoordelen we of bij welke de condities op Waal en/of Maas, afvoer van de Maas richting de Waal mogelijk is. In Figuur 14 wordt de relatie tussen Rijn- en Maasafvoer getoond. Hiervoor hebben we aangenomen dat de afvoer van de Maas te Borgharen 3 dagen later arriveert bij de uitwisselpunten dan de afvoer van de Rijn te Lobith. De grijze punten zijn daggemiddelde gemeten afvoeren voor de periode 1911 t/m 2020.

*Figuur 14  
Relatie tussen  
daggemiddelde  
Maasafvoeren te  
Borgharen dorp en  
Rijnafvoeren te  
Lobith – een vast  
verschil looptijd 3  
dagen verwerkt  
(data- bron:  
[www.waterinfo.nl](http://www.waterinfo.nl)).*



In Figuur 14 is met gele punten de gemiddelde Rijnafvoer bij een bepaalde Maasafvoer getoond. Hiervoor hebben we de volgende klasse-gemiddelde van de Maasafvoer gehanteerd (25, 75, 150, 250, 350, 450, 625, 875, 1125, 1375, 1625, 1875, 2125, 2375, 2625, 2875, 3125, 3375, 3625). De bruine punten geven de minimale en de oranje punten geven de maximale Rijnafvoer per klasse gemiddelde Maasafvoer. Door deze punten is trendlijnen getrokken. Een lijn voor de relatie tussen de Maasafvoer en de minimale (bruin), de gemiddelde (geel) en de maximale Rijnafvoer (oranje).

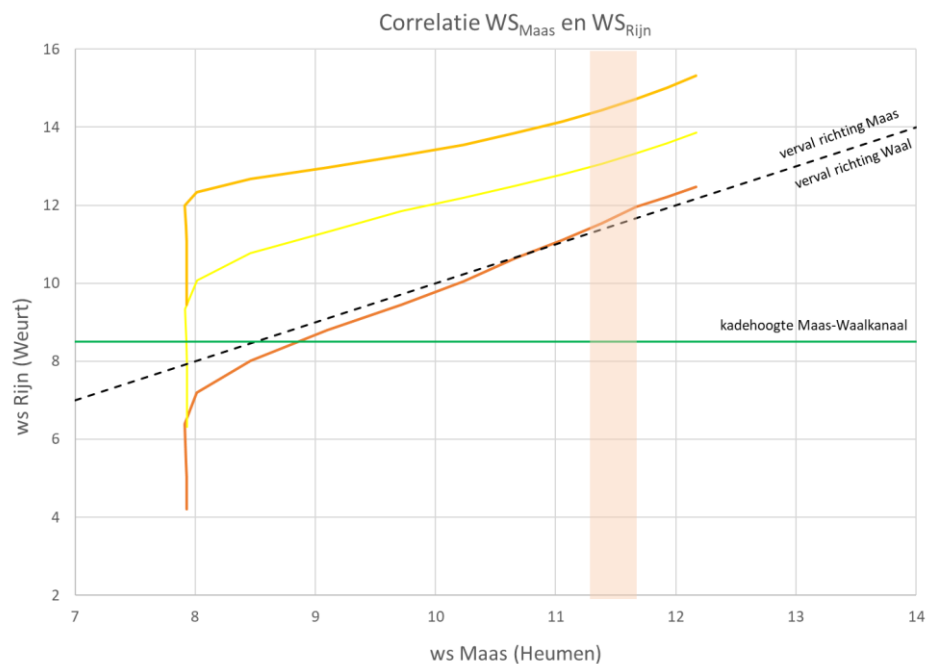
Met behulp van betrekkinglijnen voor de Maas (RWS-ZN, 2021) en voor de Rijn (RWS-ON, 2021) is de relatie uit Figuur 14, omgezet in een correlatie tussen de waterstand op de Maas en de waterstand op de Waal. In Figuur 15 zijn de lijnen uit Figuur 14 omgerekend naar drie relaties tussen de Maaswaterstand bij Heumen en de Waalwaterstand bij Weurt. In de figuur is de minimale, gemiddelde en de maximale Waalwaterstand bij Weurt te zien, gegeven een Maaswaterstand te Heumen. De stippellijn geeft aan of een verval richting Waal of richting Maas optreedt. Met de oranje kolom is het interessegebied (T100-T200) aangegeven.

De groene lijn toont de kadehoogte langs het Maas-Waal kanaal. Vanaf NAP+8,5 m op de Maas bij Heumen is een open verbinding tussen de rivier en het kanaal niet meer mogelijk, dan zouden namelijk de kaden langs het kanaal overstromen. De figuur toont aan dat dit al vrij snel optreedt. Mochten de kaden hoger zijn, dan toont de figuur aan dat de gemiddelde Waalwaterstand veel hoger (> 1 m) ligt dan de Maaswaterstand. In het interessegebied (van wateroverlast) ligt ook de minimale Waalwaterstand hoger dan de Maaswaterstand. Het is dus niet mogelijk om onder vrij verval water van de Maas naar de Waal te sturen via het Maas-Waalkanaal.

*Figuur 15  
Relatie tussen de  
Maaswaterstand te  
Heumen en  
Waalwaterstand te  
Weurt:*

- oranje maximum,
- geel gemiddelde,
- bruin minimum,

*Waalwaterstand  
gegeven een  
Maaswaterstand*

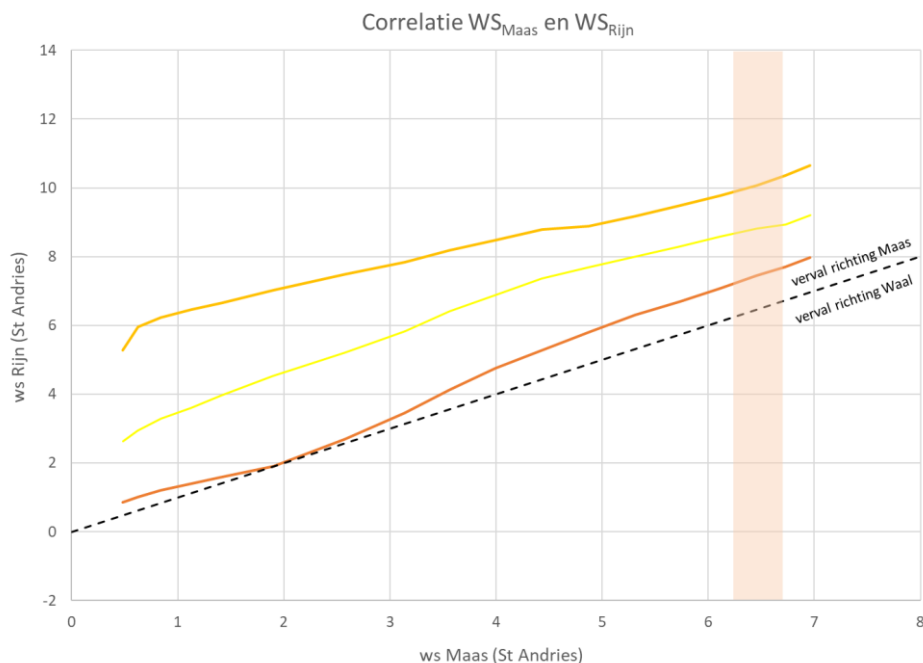




Figuur 16 toont de relatie tussen de Maas- en de Waalwaterstand te St. Andries. Op deze locatie geldt voor het gehele bereik de minimale Waalwaterstand boven de Maaswaterstand ligt. Ook hier is het dus niet mogelijk om onder vrij verval water van de Maas naar de Waal te sturen.

*Figuur 16  
Relatie tussen de  
Maas- en  
Waalwaterstand te  
St. Andries:  
- oranje maximum,  
- geel gemiddelde,  
- bruin minimum,*

*Waalwaterstand  
gegeven een  
Maaswaterstand.*



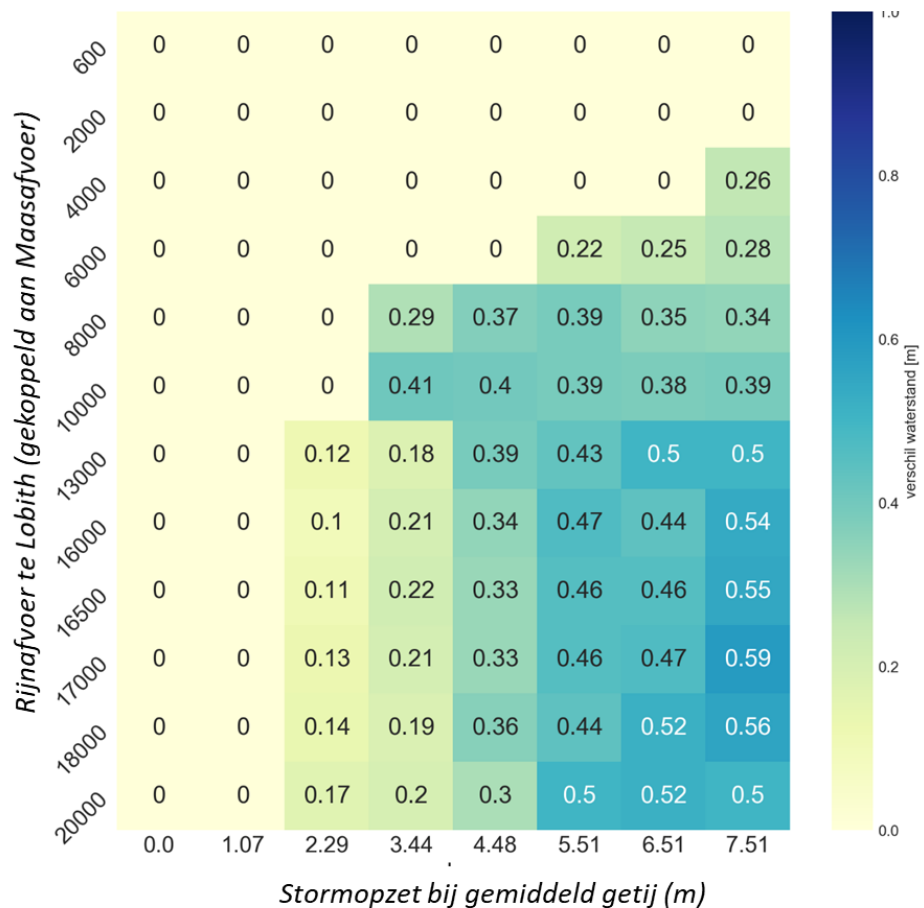
Met de voorgaande analyse is vastgesteld dat bij geen enkele Maaswaterstand te Heumen of te St. Andries een verval richting de Waal optreedt. De bandbreedte van dit verval is uitgerekend waarbij voor beide locaties eenzelfde looptijdverschil tussen de Maas en de Waal van 3 dagen is gehanteerd. Omdat het nooit mogelijk is om water naar de Waal af te laten, kunnen deze maatregelen worden geschrapt.

### 3.6 Doorlaat van Maaswater naar het Volkerak-Zoommeer

De Maaswaterstand bepaalt in hoge mate de afvoermogelijkheden in en rond Den Bosch. Benedenstrooms kan de waterstand van de Maas worden opgestuwd door een verhoogd Hollandsch Diep. De waterstand op het Hollandsch Diep kan worden verlaagd door water af te laten naar het Volkerak-Zoommeer (VZM). In deze paragraaf onderzoeken we de mogelijkheid om de Maaswaterstand te Den Bosch te verlagen voor situaties met wateroverlast door de inzet van de waterberging VZM.

In de onderstaande figuur staat het effect van de inzet van de waterberging op de waterstand op het Hollandsch Diep te Rak Noord. Getoond is de verhoging als de berging niet wordt ingezet en als de Maeslantkering wordt gesloten. De Maeslantkering wordt gesloten in situaties die minder vaak dan T10 jaar voorkomen.

*Figuur 17  
Weergave effect als de waterberging VZM niet wordt ingezet – getoond wordt de verhoging van de waterstand van het Hollandsch Diep te Rak Noord (bron: pilot RMM).*

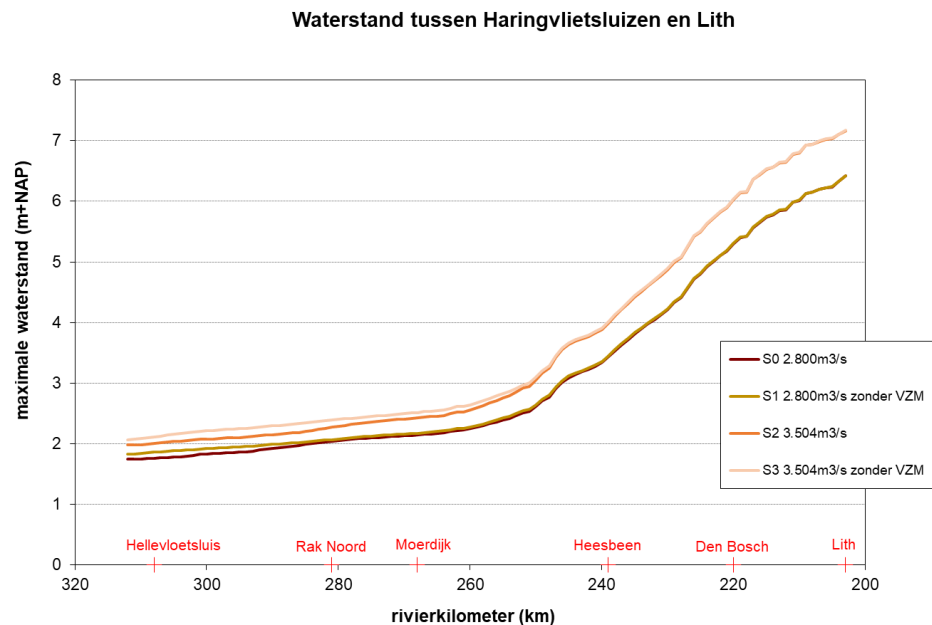


Het effect op het Hollandsch Diep wordt maximaal op 10-20 cm verlaging van de T100-T200 waterstand geschat. Afhankelijk van de Maasafvoer werkt dit effect verder bovenstrooms richting Den Bosch door. Bij een zeer extreme Maasafvoer zal het effect bij Geertruidenberg (rivierkilometer 252) al sterk zijn afgenomen. Op basis van enkele berekeningen uit Botterhuis (2012) is het effect van de inzet van de waterberging VZM bij een Maasafvoer van 2.800-3.504 m<sup>3</sup>/s ingeschat. Gebruik is gemaakt van de volgende berekeningen:

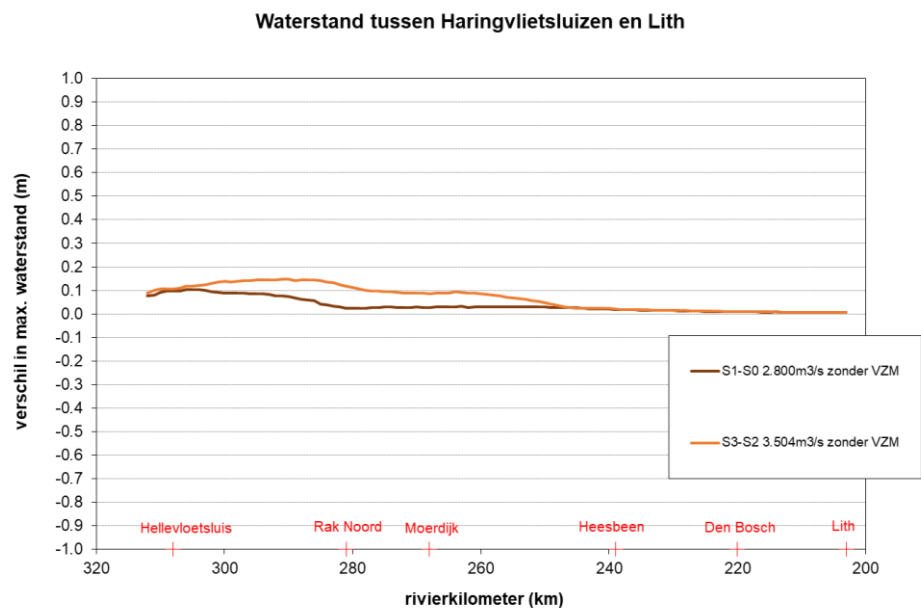
- S0: Maasafvoer 2.800 m<sup>3</sup>/s
- S1: Maasafvoer 2.800 m<sup>3</sup>/s, zonder inzet VZM
- S2: Maasafvoer 3.504 m<sup>3</sup>/s
- S3: Maasafvoer 3.504 m<sup>3</sup>/s, zonder inzet VZM

In Figuur 18 wordt voor een Maasafvoer te Lith van 2800 m<sup>3</sup>/s (verschil tussen S0 en S2) en van 3504 m<sup>3</sup>/s (S2 en S3) getoond wat het effect is van de inzet van de waterberging in maximale waterstanden (rekenset Benedenrivieren WBI). Zodra het verhang op de rivier sterk toe neemt, neemt het effect van de waterstand verhoging door het 'niet-inzetten' van de waterberging op het Haringvliet/Hollandsch Diep sterk af.

*Figuur 18  
Effect 'niet-inzetten'  
waterberging VZM in  
waterstanden bij  
storm NAP+2 m te  
Maasmond en  
Maasafvoer 2.800-  
3.504 m<sup>3</sup>/s te Lith  
(bron: Botterhuis,  
2012).*



*Figuur 19  
Verschil 'niet-  
inzetten'  
waterberging VZM in  
waterstanden bij  
storm NAP+2 m te  
Maasmond en  
Maasafvoer 2.800-  
3.504 m<sup>3</sup>/s te Lith  
(bron: Botterhuis,  
2012).*

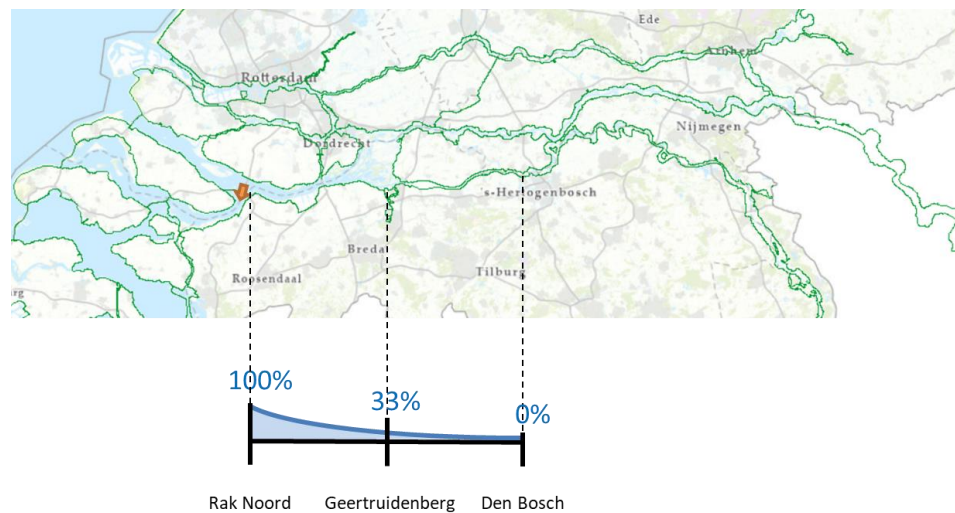


In Figuur 19 wordt het verschil tussen S1-S0 en tussen S3-S2 getoond. In de figuur is te zien dat bij een lagere Maasafvoer, het 'niet-inzetten' van de

waterberging een duidelijke verhoging van de waterstand tussen Rak Noord en de Haringvlietsluizen op levert. Bij een hogere Maasafvoer zal het 'niet-inzetten' van de waterberging leiden tot een verhoging van de waterstand tot aan Keizersveer (rivierkilometer 247). Andersom geredeneerd, inzet van de waterberging levert een waterstandsverlaging op het Haringvliet, Hollandsch Diep en de Bergsche Maas. Verder bovenstrooms wordt nauwelijks of geen een effect verwacht.

Als we verder inzoomen op de hier voor getoonde simulatieresultaten, dan moeten we de volgende kanttelingen plaatsen. Het is optimistisch om met de huidige infrastructuur een waterstandsverlaging van 10 cm op het Hollandsch Diep te realiseren. Hierbij gaan we ervan uit dat we deze maatregel ook willen inzetten zonder dat een storm optreedt (zit nu wel in de resultaten uit de grafieken). De verwachting is dat dan het verschil in waterstand tussen Hollandsch Diep en VZM kleiner is, dan nu in de gehanteerde sommen. In dergelijke situaties zal minder water richting VZM stromen (dit gebeurt immers onder vrij verval). De vraag is of het debiet dat dan door de Volkeraksluizen stroomt niet erg gering is t.o.v. het spuidebiet van de Haringvlietsluizen. Om een afvoergolf op de Maas te kunnen bergen, moet meerdere dagen water worden ingelaten richting Volkerak-Zoommeer. Het is dan de vraag of de bergingscapaciteit van het Volkerak-Zoommeer wel voldoende is (nu wordt de berging ingezet om water gedurende een storm te bergen, maximaal 36 uur).

*Figuur 20  
Schematische  
voorstelling van het  
effect van het  
doorlaten van  
Maasafvoer naar het  
VZM.*

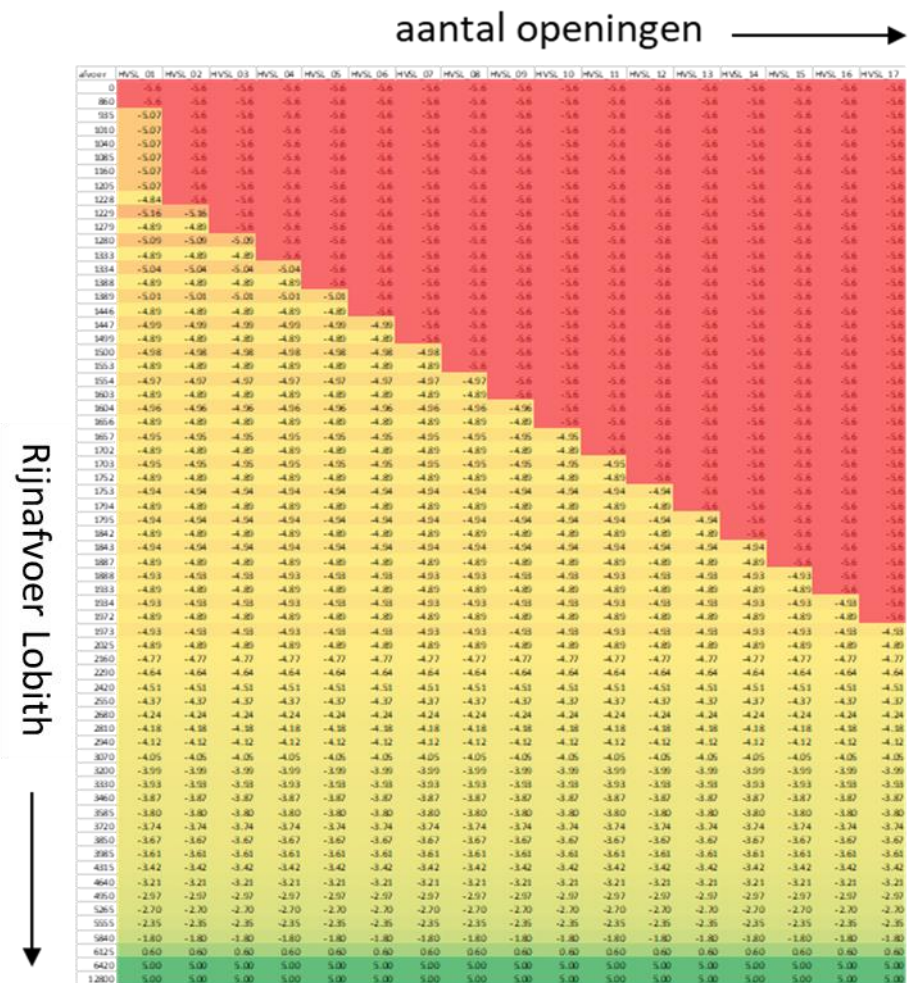


Onze inschatting van het effect van de waterberging VZM voor situaties met wateroverlast is maximaal 10 cm op het Hollandsch Diep. Op de Bergsche Maas zal nog 10% van deze verlaging over zijn en geen effect nabij Den Bosch. Bij Geertruidenberg (overgang Bergsche Maas en Amer, km 252) is het nog ongeveer 33% (3-4 cm), bij Heesbeen (kvr 239) is het nog 10% (1-2 cm van 10 cm), dus niet significant.

### 3.7 Optimalisatie spuien Haringvlietsluizen

Benedenstreams kan de waterstand van de Maas worden opgestuwd door een verhoogd Haringvliet. De waterstand op het Haringvliet wordt beheerd met de Haringvlietsluizen, waarvan het spuiprogramma is gebaseerd op de Rijnaafvoer te Lobith. Mogelijk dat de waterstand op het Haringvliet kan worden verlaagd als ook de Maasafvoer in het spuiprogramma wordt meegenomen. Vervolgens moet worden vastgesteld of de hoogte van de Maaswaterstand nabij Den Bosch, hierdoor ook wordt verlaagd (reikt het effect tot zover bovenstreams). In deze paragraaf onderzoeken we de mogelijkheid om de Maaswaterstand te Den Bosch te verlagen voor situaties met wateroverlast door de aanpassing van het spuiprogramma.

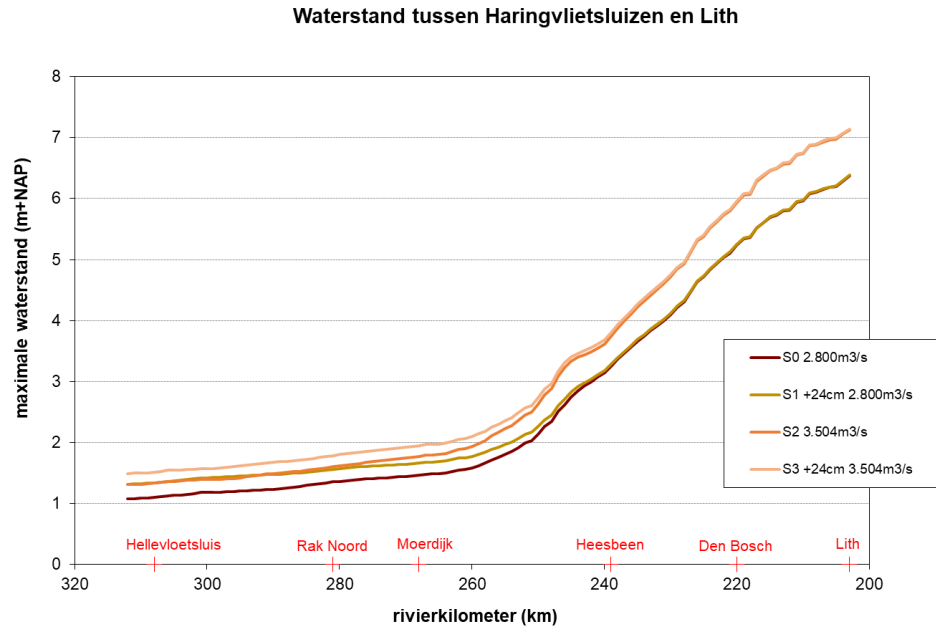
*Figuur 21  
Relatie tussen  
Rijnaafvoer en de  
benodigde opening  
van de Haringvliet-  
sluizen (bron:  
LPH84).*



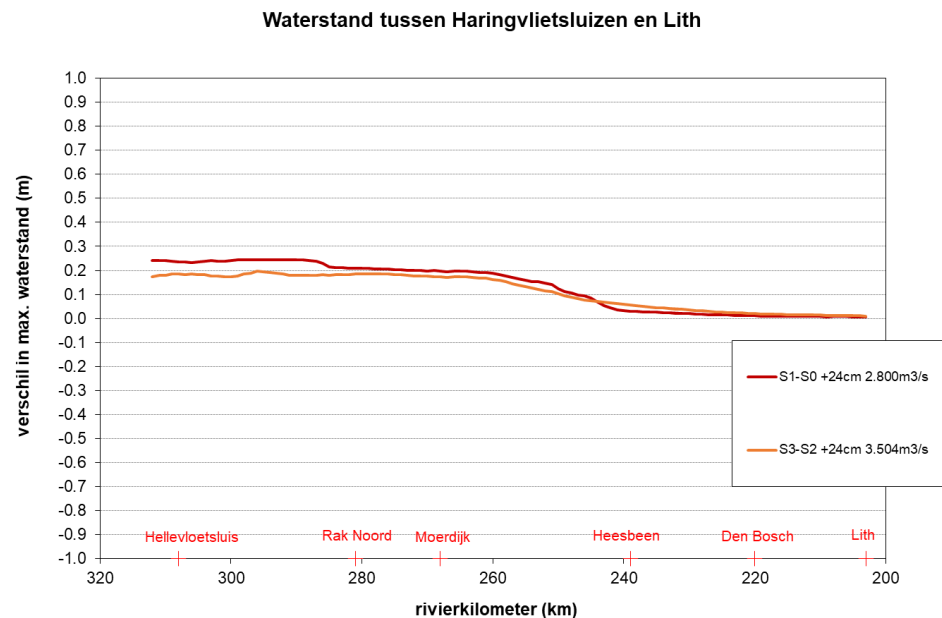
Het spuien op het Haringvliet volgt het Lozingsprogramma Haringvlietsluizen (LPH). Inmiddels is overgestapt op LPH20xx (kierbesluit). Het effect van de focus op Lobith afvoer i.p.v. de gezamenlijke Rijn- en Maasafvoer is onbekend. In de onderstaande figuur is de relatie tussen de Rijnaafvoer en de benodigde opening van de Haringvlietsluizen getoond. Bij een Rijnaafvoer van 9.500 m<sup>3</sup>/s te Lobith wordt maximaal gespuid. In de praktijk wordt de Maasafvoer al meegenomen in uitzonderlijke situaties, waarbij de Maasafvoer is verhoogd en de Rijnaafvoer lager dan gemiddeld is.

In Figuur 22 wordt voor een Maasafvoer te Lith van 2800 m<sup>3</sup>/s (verschil tussen S0 en S2) en van 3504 m<sup>3</sup>/s (S2 en S3) getoond wat het effect is van een hogere waterstand op het Haringvliet nabij de Haringvlietsluizen in maximale waterstanden (rekenset Benedenrivieren WBI). Hier geldt, dat zodra het verhang op de rivier sterk toe neemt, het effect van de waterstand verhoging op het Haringvliet/Hollandsch Diep sterk afneemt.

*Figuur 22  
Effect 'verhoging waterstand HVS' waterstanden bij gemiddeld getij en Maasafvoer 2.800-3.504 m<sup>3</sup>/s te Lith (bron: Slootjes et al., 2011)*



*Figuur 23  
Verschil 'verhoging waterstand HVS' waterstanden bij gemiddeld getij en Maasafvoer 2.800-3.504 m<sup>3</sup>/s te Lith (bron: Slootjes et al., 2011)*

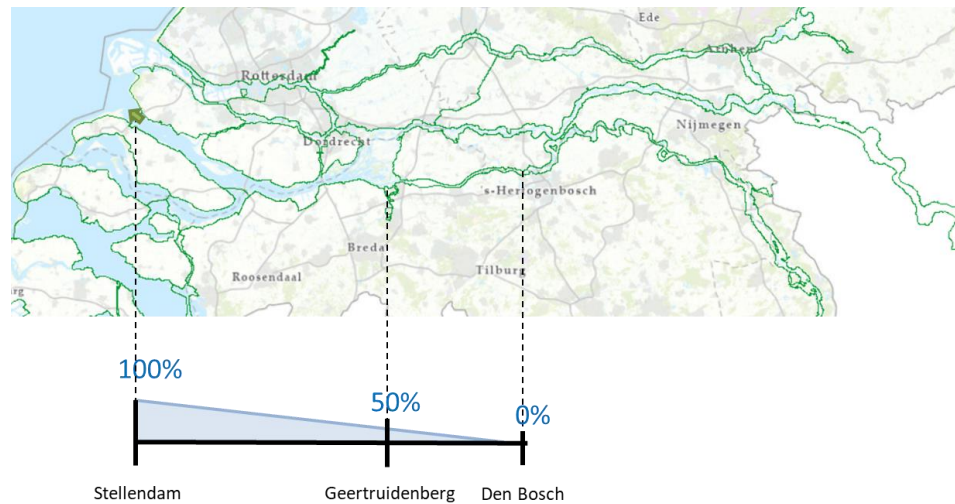


In Figuur 23 wordt het verschil tussen S1 -S0 en tussen S3 -S2 getoond. In de figuur is te zien dat bij een lagere Maasafvoer (S1-S0), een verhoogde waterstand op bij de Haringvlietsluizen een duidelijke verhoging van de waterstand tot aan Keizersveer (rivierkilometer 247) op levert. Tussen Keizersveer en Heesbeen (rivierkilometer 239) neemt het effect sterk af. Bij een hogere Maasafvoer (S3 -S2) is het effect het Haringvliet/Hollandsch Diep iets kleiner. Dat het effect wat langer bovenstrooms lijkt aan te houden op de

rivier is een artefact van de computersimulatie. We rekenen met een constante afvoer en een gekoppelde Rijn- en Maasafvoer op de bovenrand van het waterbewegingsmodel. Het Deltabekken is als gevolg van de hogere rivierafvoer meer gevuld. Dit effect is groter dan, het 'naar benedenstroms wegduwen' van het getij door een hogere rivierafvoer. Het effect tussen Heesbeen en Den Bosch (rivierkilometer 220) is zeer gering (1-2 cm).

Als we verder inzoomen op de hier voor getoonde simulatieresultaten, dan plaatsen we nog de volgende kanttekening. Verlaging van 24 cm op het Haringvliet met de huidige infrastructuur is eigenlijk onrealistisch groot. Bij 9500 m<sup>3</sup>/s te Lobith wordt nu maximaal gespuid, in zie Figuur 14 is te zien dat de Maasafvoer van 2800 en 3504 m<sup>3</sup>/s hoort bij 13.000 en 16.000 m<sup>3</sup>/s Rijnaflower te Lobith). Er kan dus niet meer worden gespuid, dan nu al in de simulaties zit. Bij minder dan Rijnaflower 9500 m<sup>3</sup>/s te Lobith is 3000 m<sup>3</sup>/s op de Maas wel mogelijk, maar op basis van Figuur 14 kunnen we stellen dat dit een zeer, zeer uitzonderlijke situatie zal zijn.

*Figuur 24 Schematische voorstelling van het effect van het aangepast spuien met de Haringvliet-sluisen.*

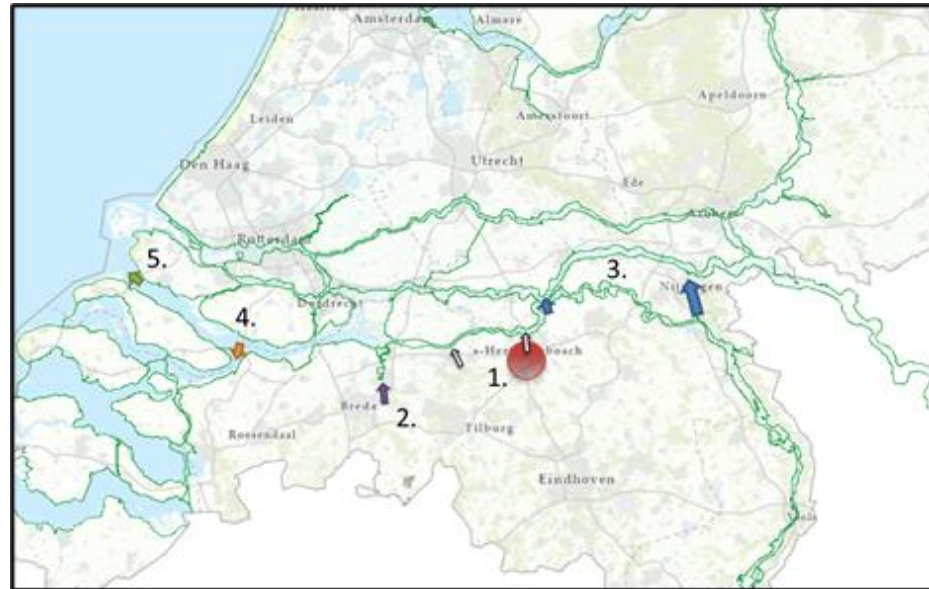


Uit onze exercitie in de voorgaande alinea's kunnen we stellen dat het niet zinvol is om deze maatregel verder te onderzoeken. Onze inschatting van het effect van een verhoogde spui voor situaties met wateroverlast is maximaal 10-20 cm op het Haringvliet. Op de Bergsche Maas zal nog 50% van deze verlaging over zijn en nauwelijks effect nabij Den Bosch.

### 3.8 Samenvatting maatregelen

In het voorgaande zijn maatregelen benoemd en, in samenwerking met waterbeheerders van RWS en de waterschappen, onderzocht op haalbaarheid van de maatregel en of deze maatregel (voldoende) effect zal sorteren. We zijn op zoek naar maatregelen die een waterstandsverlaging op de Maas bij Den Bosch van orde 10 cm of meer opleveren bij gebeurtenissen tussen T100-175.

*Figuur 25  
Onderzochte  
maatregelen*



De volgende maatregelen zijn uitgewerkt (Figuur 25)

Stuw Crèvecoeur + Bovenlandse sluis

Verder optimaliseren beheer stuw en sluis. Resultaten nog niet bekend, worden in een nog lopend onderzoek uitwerkt.

Sluis Wilhelminakanaal

Optimaliseren van de regionale afvoer via Wilhelminakanaal naar de Maas waardoor de aanvoer naar Den Bosch met maximaal 33 m<sup>3</sup>/s wordt verlaagd. Deze maatregel is sterk situatie afhankelijk en vraagt afstemming tussen de waterschappen die afvoeren via Wilhelminakanaal

Interactie Maas/Waal

Maasafvoer via de Waal naar zee, maar deze maatregel is hydraulisch niet haalbaar

Doorlaat VZM

Inzet van de Volkeraksluizen bij een hoge Maasafvoer, waardoor bij het Hollandsch Diep de waterstand wordt verlaagd en daarmee ook de waterstand bij Den Bosch. De maatregel heeft een verwaarloosbaar effect op de waterstanden bij Den Bosch

Spuien Haringvlietsluizen

De spui op het Haringvliet ook afstemmen op de Maasafvoer: de verlaagde waterstand op het Haringvliet heeft een verwaarloosbaar effect op de waterstanden bij Den Bosch, bovendien wordt in praktijk (aanvullend op het spuiprotocol) al gekeken naar de Maasafvoer.



## 4 Redeneerlijn

### 4.1 Algemeen

Redeneerlijnen zijn praktische hulpmiddelen voor het waterbeheer die waterbeheerders ondersteunen in hun taak. Redeneerlijnen maken het waterbeheer transparant en eenduidig. Voor de meer ervaren waterbeheerder is het een goede geheugensteun, voor de minder ervaren collega's is het een leidraad. Redeneerlijnen zijn daarnaast een uitstekend middel om kennis en ervaring van het waterbeheer overzichtelijk vast te leggen. Redeneerlijnen zijn geen starre voorschriften of protocollen: het zijn de afspraken die waterbeheerders onderling maken om het waterbeheer zo goed mogelijk te voeren.

De praktijk is echter weerbarstig, de actualiteit kan aanleiding zijn om af te wijken van de redeneerlijn. Echter, het is dan een gemotiveerde afwijking waarin duidelijk is waarom in die specifieke situatie anders wordt gehandeld.

### 4.2 Concept redeneerlijn wateroverlast Den Bosch

De redeneerlijn wateroverlast Den Bosch bestaat uit de afspraken in WatAk (2021) waarin de afspraken zijn vastgelegd over hoeveel water van de Aa, Dommel en Boven-Dongel via de Zuid-Willemsvaart en het Wilhelminakanaal afgevoerd mag worden, aangevuld met de afspraken over de inzet van de bergingsgebieden rondom Den Bosch (WSAM, 2020). toepassing van de redeneerlijn vraagt om een goede informatievoorziening van de actuele situatie in het beheergebied inclusief afvoerverwachtingen van het regionale systeem en van de Maas.

Opgemerkt wordt dat deze bestaande afspraken een werkwijze bieden om wateroverlast zoveel mogelijk te voorkomen, maar zijn niet voldoende om aan de normstelling wateroverlast te voldoen (WSDD en WSAM, 2019).

Buiten de scope van Slim Watermanagement, die de bestaande infrastructuur als uitgangspunt hanteert, worden op basis van de resultaten van dit onderzoek wel kansen gezien met het vergroten afvoercapaciteit van het Wilhelminakanaal en haar schutsluizen en daarmee de aanvoer naar Den Bosch te ontlasten.

#### **Het belang van de Maaswaterstanden**

Wateroverlastsituaties treden rond Den Bosch alleen op wanneer naast hoge afvoeren van de Dommel en/of Aa ook de Maaswaterstanden zijn verhoogd. In deze situaties kunnen Crèvecoeur en de Bovenlandse sluis het water uit het regionale watersysteem niet (volledig) afvoeren.

Op dit moment bepalen twee aspecten de mate van wateroverlast rond Den Bosch:

De duur dat hoge Maaswaterstanden aanhouden en de mate waarin de afvoer via de spuisluisen bij Crèvecoeur en Bovenlandse sluis hierdoor beperkt wordt.

Bovenstrooms in de stroomgebieden van Aa en Dommel kunnen retentiebekkens gevuld worden en er kan extra water afgevoerd worden via het Wilhelminakanaal. Let wel dit is alleen een beperkte hoeveelheid Aa-water omdat de reguliere afvoer vanuit het stroomgebied van de Dommel ook hoog zal zijn als het nat is in de regio.

Dit betekent dat bij oplopende waterstanden bij ADM Bossche Broek de verwachte waterstanden op de Maas beschouwd moeten worden. Andersom, is de verwachte hoge Maaswaterstand een trigger om (stijging van) de waterstand bij Den Bosch te monitoren. De verwachte Maaswaterstanden zijn een indicatie van de ernst en duur van dreigende wateroverlast.

## 5 Concept redeneerlijn, conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek is gekeken naar maatregelen binnen de bestaande infrastructuur die wateroverlast bij Den Bosch kunnen verminderen. Daarbij is zowel gekeken naar maatregelen in het regionale systeem als naar maatregelen die de Maaswaterstand bij Den Bosch kunnen verlagen. Het onderzoek is uitgevoerd op basis van bestaande kennis en samen met waterbeheerders van Rijkswaterstaat en de waterschappen. Met de verzamelde informatie is een concept voor de redeneerlijn wateroverlast Den Bosch geformuleerd.

### 5.1 Voorstel redeneerlijn

De redeneerlijn wateroverlast Den Bosch bestaat uit de afspraken in WatAk (2021), aangevuld met de afspraken over de inzet van de bergingsgebieden rondom Den Bosch (WSAM, 2020).

Wateroverlastsituaties treden rond Den Bosch alleen op wanneer hoge afvoeren van de Dommel en/of Aa samenvallen met hoge Maaswaterstanden bij Crèvecoeur, Den Bosch. De verwachte Maaswaterstanden zijn een indicatie van de ernst en duur van dreigende wateroverlast.

Gegeven de huidige infrastructuur zijn er geen maatregelen waarmee de interactie tussen het regionale watersysteem en de rivier kan worden beïnvloed om de wateroverlast in Den Bosch te reduceren.

### 5.2 Conclusies

Het onderzoek leidt tot de volgende conclusies:

- Door waterschap De Dommel wordt nog onderzocht of de regeling van Crèvecoeur en de Bovenlandse sluis (verder) kan worden geoptimaliseerd. De resultaten hiervan zijn bij het schrijven van dit rapport nog niet bekend.
- De afvoer over het Wilhelminakanaal, waarbij de waterschappen samen de maximale afvoercapaciteit van het kanaal benutten (uitgewerkt in WatAk (2021)), is een reële optie om Den Bosch te ontlasten.

- Waterstanden op de Amertak (van het Wilhelminakanaal) of Bergsche Maas zijn geen belemmering voor de afvoer van het Wilhelminakanaal. Het is de hydraulische capaciteit van de spuiwerken en scheepvaartsluizen (en het kanaal) die de maximale (toegestane) afvoer bepalen.
- Geen van de overige maatregelen die in de T100-200 wateroverlastsituaties de Maaswaterstand bij Den Bosch moeten verlagen worden als realistisch gezien.
- De Overdiepse polder en de Noordwaard worden eerder ingezet dan dat de afvoer bij Crèvecoeur en de Bovenlandse sluis wordt gestremd: de bijdrage aan het verlagen van de Maaswaterstand is in een eerder stadium al geeffectueerd.

### 5.3 Aanbevelingen

Naar aanleiding van het onderzoek wordt aanbevolen:

- Ervaring opdoen met de redeneerlijn (WatAk plus het inzetprotocol bergingsgebieden) en op basis hiervan het handelingsperspectief nader detailleren.
- Ter ondersteuning van de redeneerlijn wordt aanbevolen een gezamenlijk informatievoorziening te realiseren met o.a. afvoer(verwachtingen) van het regionale systeem en de Maas (informatiescherm).
- Verder onderzoek naar de kennisvragen:
  - Wat is de hydraulische doorcapaciteit van het Wilhelminakanaal (spuiwerken en bak) en de sluizen en kan dit worden vergroot?
  - Achtergronden bij de ontwerpkeuzen van de Overdiepse polder, met achterliggende gedachte of inzet op een later moment kan bijdragen aan het reduceren van de wateroverlast Den Bosch.
  - Wat is de afvoercapaciteit Bovenlandse Sluis en Drongelenskanaal in relatie tot de Maaswaterstand en klimaatontwikkeling (ook onderwerp Pilot IRM).
  - Wat is in wateroverlastsituaties de piekafvoer van Aa en Dommel minus afvoer Bovenlandse sluis. Nu kan ongeveer een dag worden geborgen met de beschikbare bergingsgebieden. Uit de Hoogwatertoets is duidelijk geworden dat met de huidige infrastructuur de normstelling niet wordt gehaald. Wat is nog extra nodig en wat is het handelingsperspectief van de waterbeheerders als de bergingsgebieden zijn benut?
  - Kan met het dynamisch beekdal de afvoer van de Aa worden vertraagd en geeft dit verlichting van de wateroverlast bij Den Bosch?

## 6 Referenties

### **Botterhuis, 2012**

T. Botterhuis, Nader onderzoek extra waterberging Zuidwestelijke Delta, Resultaten MHW- en kruinhoogteberekeningen, HKV-rapport PR2340, Lelystad, mei 2012, in opdracht van Deltares.

### **De Bake en Vieira da Silva, 2021**

D. de Bake en J. Vieira da Silva, Uitgangspunten WAQUA-berekeningen Hoogwaterbescherming 's-Hertogenbosch IRM Pilot 2021, HKV-memo PR4565.10, Lelystad, 20 september 2021, in opdracht van Ws Aa en Maas.

### **Kolen, Botterhuis en Honingh, 2020**

B. Kolen, T. Botterhuis en D. Honingh, Afgestemde redeneerlijnen Slim Water Management. Eindrapport, Pr4094.10, maart 2020, in opdracht van Rijkswaterstaat WVL namens Slim Watermanagement.

### **Oomen, 2006**

E. Oomen, Schema netto afvoerstromen, Rijkswaterstaat Directie Noord Brabant, Den Bosch, 16 juni 2006 – toelevering J. de Wilt, Ws Aa en Maas (13 oktober 2015).)

### **Pleijter et al., 2020**

G. Pleijter, A. Paarlberg, B. Strijker en B. de Graaf, HOWABO2.0, Fase 1 Relatie tussen het regionaal watersysteem en de Maas bij 's-Hertogenbosch, HKV-rapport PR4247.10, Lelystad, augustus 2020, in opdracht van Werkgroep Omvang HOWABO 2.0, Ws de Dommel en Ws Aa en Maas.

### **RWS, 2021a**

RWS, Presentatie Ruimte voor de Rivier maatregel Overdiepse polder, [www.ruimtevoorderivier.nl](http://www.ruimtevoorderivier.nl), Den Haag, oktober 2021.

### **RWS-ON, 2021**

RWS-ON, Betrekkingslijnen Rijn versie 2018, geldigheid vanaf 1 november 2018, Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Arnhem.

### **RWS-ZN, 2021**

RWS-ZN, Bijsluiter betrekkingslijnen 2019\_2020, geldigheidsbereik 1 november 2019 - 31 oktober 2020, Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, District Zuid-Oost, Maastricht.

### **Slotjes et al., 2011**

N. Slotjes, A. Jeuken, T. Botterhuis en Q. Gao, Resultaten MHW berekeningen t.b.v. probleemanalyse en verkenning hoekpunten voor het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden, Deltares-rapportage 1204302-000, Delft, april 2011.

### **Van Haaren, 2016**

D. van Haaren, Analyse waterstand achter keermiddelen Geertruidenberg/Amertak, HKV-rapport PR3285.10, Lelystad, mei 2016, in opdracht van Ws Brabantse Delta.

**WatAk, 2020**

Waterakkoord Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen 2020, Definitieve versie 1.0, Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, Waterschap Aa en Maas, Waterschap De Dommel, Waterschap Brabantse Delta, Waterschap Limburg, Den Bocht, 3 december 2020.

**WSDD en WSAM, 2019**

Hoogwatertoets Den Bosch methoden, uitgangspunten en resultaten, november 2019, Waterschappen De Dommel en Aa en Maas.

**WSAM, 2020**

Protocol Inzet Waterberging HoWaBo, Waterschap Aa en Maas, 30 juni 2020 – toelevering M. Heijnen (13 september 2021)

# A Betrokken waterbeheerders

In dit project is nauw samengewerkt met waterbeheerders van:

- Waterschap Aa en Maas
- Waterschap Brabantse Delta
- Waterschap De Dommel
- Rijkswaterstaat, West-Nederland Zuid
- Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving
- Rijkswaterstaat, Zuid-Nederland

**Hoofdkantoor**

HKV lijn in water BV  
Botter 11-29  
8232 JN Lelystad

**Nevenvestiging**

Informaticalaan 8  
2628 ZD Delft

0320 294242  
[info@hkv.nl](mailto:info@hkv.nl)  
[www.hkv.nl](http://www.hkv.nl)