

## Stresstest Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen

Impact op de scheepvaart



# **Stresstest Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen**

## Impact op de scheepvaart

### **Auteur(s)**

Anna van den Hoek

Rolien van der Mark

## Stresstest Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen

Impact op de scheepvaart

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Opdrachtgever</b>      | Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving  |
| <b>Contactpersoon</b>     | Nathaly Dasburg-Tromp, Anja van der Sluijs, Jessica van den Heuvel  |
| <b>Projectreferenties</b> | -   |
| <b>Trefwoorden</b>        | Klimaatbestendige Netwerken, Hoofdvaarwegennetwerk, MLNBK, scheepvaart, stresstest, schutsluizen, droogte, hoogwater, wateroverlast |

### Documentgegevens

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| <b>Versie</b>        | 1.0                   |
| <b>Datum</b>         | 21-11-2025            |
| <b>Projectnummer</b> | 11211515-001          |
| <b>Document ID</b>   | 11211515-001-ZWS-0001 |
| <b>Pagina's</b>      | 44                    |
| <b>Classificatie</b> |                       |
| <b>Status</b>        | Definitief            |

### Auteur(s)

|  |                     |  |
|--|---------------------|--|
|  | Anna van den Hoek   |  |
|  | Rolien van der Mark |  |

# Samenvatting

Binnen het programma Klimaatbestendige Netwerken – Hoofdvaarwegennetwerk (KBN-HVWN) zijn de afgelopen jaren stresstesten voor de Nederlandse rivieren uitgevoerd, met de focus op de Rijntakken en de Maas. Deze stresstesten hebben als doel om de risico's voor de scheepvaart, die voortkomen uit een veranderend klimaat, inzichtelijk te maken. De Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen (MLNBK) zijn tot dusver nog niet onderzocht, maar mogelijk wel gevoelig voor klimaatverandering.

Het doel van deze studie is om door middel van een zogenaamde 'quick scan' de impact van klimaatverandering op de beschikbaarheid van de sluizen in het MLNBK-systeem in beeld te brengen voor:

- Te weinig water door droogte en laagwater op de Maas en op de beken; en
- Te veel water door hevige regenval en hoogwater op de beken.

De MLNBK zijn een stelsel van verschillende vaarwegen. De basis wordt gevormd door de Zuid-Willemsvaart. Dit kanaal start bij Maastricht en mondt uit in de Dieze bij Den Bosch. Het kanaal wordt bij Maastricht gevoed vanuit de Maas, waarna het door België stroomt en via Lozen (max. 10 m<sup>3</sup>/s) weer terug in Nederland komt. Ook kan het MLNBK-systeem gevoed worden vanuit de Maas met pompgemaal Panheel (max. 6 m<sup>3</sup>/s) in het kanaal Wessem-Nederweert. De Noordervaart wordt gevoed via een voedingskanaal dat bovenstrooms van Sluis 15 water onttrekt aan de Zuid-Willemsvaart. Tegenwoordig dient dit kanaal alleen voor de wateraanvoer naar de Peelregio (o.a. via Katsberg). De Peel is een droogtegevoelig natuurgebied, dat voldoende nat gehouden moet worden om onherstelbare schade te voorkomen (categorie 1 van de verdringsreeks). De capaciteit van de Noordervaart bedraagt 3,8 m<sup>3</sup>/s. In 2023 zou dit vergroot moeten zijn naar 5,4 m<sup>3</sup>/s ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)). Het werk is in voorbereiding, maar anno 2025 nog niet gestart. Het Wilhelminakanaal takt benedenstrooms van Helmond af van de Zuid-Willemsvaart en mondt uit in de Amer.

## **Te weinig water**

Ten tijde van droogte is de hoeveelheid water in het kanalsysteem grotendeels afhankelijk van de afvoer op de Maas. Afspraken over de aanvoer van water naar de MLNBK per afvoerniveau op de Maas zijn vastgelegd in het Maasafvoercontract uit 1995. Daarom is onderzocht hoe kwetsbaar de sluizen in het MLNBK-systeem zijn bij verschillende lage afvoerniveaus op de Maas. Deze analyse is gekoppeld aan afvoeren op de Maas bij St. Pieter, omdat [Van den Hoek & Van der Mark \(2024\)](#) daar de terugkeertijden van lage afvoeren in verschillende klimaatscenario's hebben bepaald. Hiervoor zijn de KNMI'23-afvoerscenario's van de ongedeelde afvoer bij Monsin uit [Buitink et al. \(2023\)](#) met behulp van het Maasafvoercontract vertaald naar afvoeren bij St. Pieter. Benoemd moet worden dat het om een theoretische 'quick scan' gaat. De praktijk kan door tal van redenen anders zijn dan wat is afgesproken in het Maasafvoercontract.

Uit de 'quick scan' blijkt dat Sluis Schijndel, Sluis Hintham en Sluis Empel de meest kwetsbare sluizen zijn in het MLNBK-systeem. Zelfs bij een theoretische 100% kolkbezetting per schutcyclus kunnen bij Sluis Empel niet alle schepen worden geschutz bij een daggemiddelde afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s en lager bij St. Pieter. Volgens de KNMI'23-scenario's komen afvoeren lager dan 20 m<sup>3</sup>/s in het huidige klimaat (referentie) en in het scenario 2050Hd echter niet voor. Verder in de toekomst neemt de kans op dergelijke lage afvoeren wel toe, maar blijft deze zeer klein.

Wanneer er niet geschut wordt met een volledige kolkbezetting, maar met één schip per cyclus, kunnen – als het Maasafvoerdrag gevolgd wordt – bij de genoemde sluizen al problemen ontstaan bij afvoeren van 44 m<sup>3</sup>/s en lager bij St. Pieter. Dit betekent dat niet alle schepen geschut kunnen worden, waardoor wachttijden toenemen en de doorvaartcapaciteit van de sluizen aanzienlijk afneemt. De kans op afvoeren lager dan 44 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter is in het huidige klimaat al aanzienlijk en zal naar verwachting verder toenemen in de toekomst. Als de intensiteit op de MLNBK zal verdubbelen in de toekomst, zullen bij een afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter en één schip per schutcyclus nu ook problemen optreden bij Sluis Helmond, Sluis 6, Sluis 5 en Sluis 4.

In de toekomst is het de bedoeling dat alle sluizen op het Wilhelminakanaal, met uitzondering van Sluis IV zelfvoorzienend worden door de inzet van pompen, waardoor het schutverlies door deze sluizen op nul komt en er alleen nog een aantal onttrekkingen langs het kanaal en Sluis IV voorzien moeten worden van water. Hierdoor komt er meer water beschikbaar voor de Zuid-Willemsvaart, wat de kans op problemen voor de scheepvaart op dat traject aanzienlijk verkleint. De belangrijkste afweging is echter of structureel moet worden ingezet op pompen om watertekorten op te vangen, of dat moet worden geïnvesteerd in het klimaatbestendiger maken van het kanaal als geheel. Het continu inzetten van pompen vraagt namelijk energie en brengt een risico op falen met zich mee.

### **Te veel water**

Voor te veel water is de situatie anders dan bij droogte. Sluizen worden gestremd voor scheepvaart bij bepaalde hoogwatercondities, bijvoorbeeld omdat een sluis dan wordt ingezet om te spuien (overtollig water af te voeren). Daarom is de beoogde aanpak voor dit deel van de 'quick scan' om te redeneren vanuit het systeem, oftewel bij welke situatie beginnen de stremmingen. Hierbij is alleen gekeken naar wateroverlast door hevige regenval en hoogwater op de beken. De situatie met hoogwater op de Maas is in overleg met Rijkswaterstaat-ZN niet meegenomen in deze 'quick scan'. Sluis I heeft namelijk geen problemen bij hoogwater op de Maas en Sluis Empel heeft een pomp om water het kanaalpad af te kunnen pompen. Bij extreem hoogwater op de Maas moet Sluis Empel wel functioneren als primaire waterkering, waardoor de scheepvaart tijdelijk wordt gestremd. De kans op een dergelijke situatie wordt echter ingeschat als zeer klein (persoonlijke communicatie met RWS-ZN).

Uit de 'quick scan' blijkt dat tijdens eenzelfde hoogwater in de zomer eerder stremmingen voor de scheepvaart optreden dan in de winter. Dit komt doordat volgens de redeneerlijn in het Waterakkoord ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)) in de zomer het stilleggen van de scheepvaart vóór het inzetten van bergingsgebieden gaat, terwijl dit in de winter juist omgekeerd is. Bij een waterverdeling, zoals in de redeneerlijn in het Waterakkoord 2021, treden er in het huidige klimaat stremmingen op het Wilhelminakanaal op bij piekafvoeren met een herhalingsdij van 71 jaar in de winter en 11 jaar in de zomer. In het klimaatscenario 2050WH nemen deze herhalingsdijen af tot zo'n 34 jaar in de winter en 4,4 jaar in de zomer, wat betekent dat de frequentie van stremmingen toeneemt in het klimaatscenario 2050WH.

In de praktijk is het echter lastig om op deze verdeling te sturen. Bij volledige afvoer van de Dommel (bij Blaarthem) via het Wilhelminakanaal en de Aa via de Zuid-Willemsvaart neemt de kans op stremmingen toe, vooral op de Zuid-Willemsvaart: daar kunnen al stremmingen optreden bij piekafvoeren met een herhalingsdij vanaf 5,3 jaar (winter) en 2,3 jaar (zomer). Door klimaatverandering zullen de piekafvoeren horend bij een bepaalde terugkeertijd naar verwachting toenemen, wat leidt tot een grotere kans op stremmingen voor de scheepvaart. Zo is er in het KNMI'14-scenario 2050WH al bij een piekafvoer met een terugkeertijd van één jaar kans op stremming op de Zuid-Willemsvaart, wanneer al het Aa-water hierop wordt afgevoerd. Op het Wilhelminakanaal is er in het huidige klimaat sprake van stremming vanaf een piekafvoer van de Dommel met een herhalingsdij van ongeveer 8,8 jaar.

In het klimaat 2050WH neemt dit af tot een herhalingsjijd van ongeveer 5,7 jaar. De frequentie van stremmingen neemt dus toe in het klimaatscenario 2050WH.

# Summary

Within the *Klimaatbestendige Netwerken – Hoofdvaarwegennetwerk (KBN-HVWN)* program, stress tests for the Dutch rivers have been carried out, focusing on the Rhine branches and the Meuse. These stress tests aim to identify the risks to shipping resulting from a changing climate. The *Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen* (MLNBK) have not yet been studied, but may be sensitive to climate change.

The objective of this study is to assess, through a so-called quick scan, the impact of climate change on the availability of locks in the MLNBK system under the following conditions:

- Too little water due to drought and low water levels in the Meuse and streams; and
- Too much water due to heavy rainfall and high water levels in the streams.

The MLNBK is a system of various waterways. The core is the Zuid-Willemsvaart canal, which starts in Maastricht and flows into the Dieze near Den Bosch. The canal is fed from the Meuse at Maastricht, then flows through Belgium and returns to the Netherlands via Lozen (max. 10 m<sup>3</sup>/s). The MLNBK system can also be supplied from the Meuse via the Panheel pumping station (max. 6 m<sup>3</sup>/s) in the Wessem-Nederweert Canal. The Noordervaart is fed via a supply channel that withdraws water from the Zuid-Willemsvaart upstream of Lock 15. Nowadays, this canal only serves to supply water to the Peel region (e.g. via Katsberg). The Peel is a drought-sensitive nature area that must be kept sufficiently wet to prevent irreversible damage (category 1 in the prioritization sequence). The capacity of the Noordervaart is 3.8 m<sup>3</sup>/s, and was expected to be increased to 5.4 m<sup>3</sup>/s in 2023 ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)). The work is in preparation but has not started as of 2025. The Wilhelminakanaal branches off downstream of Helmond and flows into the Amer.

## Too little water

During periods of drought, the amount of water in the canal system largely depends on the discharge of the Meuse. Agreements on water supply to the MLNBK at different discharge levels of the Meuse are laid down in the *Maasafvoerverdrag* of 1995. Therefore, an assessment was made of how vulnerable the locks in the MLNBK system are at various low discharge levels of the Meuse. This analysis is linked to discharges at St. Pieter, because [Van den Hoek & Van der Mark \(2024\)](#) determined the return periods of low discharges under different climate scenarios there. For this, the KNMI'23 discharge scenarios of the undivided discharge at Monsin from [Buitink et al. \(2023\)](#) were translated into discharges at St. Pieter using the *Maasafvoerverdrag*. It should be noted that this is a theoretical quick scan. In practice, conditions may differ for many reasons from what is agreed in the treaty.

The quick scan shows that Locks Schijndel, Hintham, and Empel are the most vulnerable in the MLNBK system. Even with a theoretical 100% chamber occupancy per lock cycle, not all ships can be locked at Lock Empel when the daily average discharge at St. Pieter is 20 m<sup>3</sup>/s or lower. According to the KNMI'23 scenarios, discharges below 20 m<sup>3</sup>/s do not occur in the current climate (reference) or in the 2050Hd scenario. Further into the future, the likelihood of such low discharges increases but remains very small. If locking is done with only one ship per cycle instead of full chamber occupancy, problems may already arise at the mentioned locks with discharges of 44 m<sup>3</sup>/s or lower at St. Pieter. This means not all ships can pass, leading to longer waiting times and a significant reduction in lock throughput capacity. The probability of discharges below 44 m<sup>3</sup>/s at St. Pieter is already considerable in the current climate and is expected to increase further in the future.

If shipping intensity on the MLNBK doubles in the future, problems will also occur at Lock Helmond, Lock 6, Lock 5, and Lock 4 at a discharge of 20 m<sup>3</sup>/s at St. Pieter and one ship per lock cycle.

In the future, all locks on the Wilhelminakanaal, except Lock IV, are intended to become self-sufficient through the use of pumps. Only some withdrawals along the canal and Lock IV will still need to be supplied with water. This will make more water available for the Zuid-Willemsvaart, significantly reducing the risk of navigation problems on that route. The main consideration, however, is whether to structurally rely on pumps to compensate for water shortages or to invest in making the entire canal system more climate-resilient. Continuous use of pumps requires energy and carries a risk of failure.

### **Too much water**

Too much water presents a different situation than drought. Locks may be closed to navigation under certain high-water conditions, for example when a lock is used for discharging excess water. Therefore, the approach in this quick scan is to reason from a system perspective: at what point do closures begin? This analysis only considers flooding caused by heavy rainfall and high water levels in the streams. The situation involving high water on the Meuse was not included in this quick scan in consultation with Rijkswaterstaat South Netherlands (RWS-ZN). Lock I does not experience problems during high water on the Meuse, and Lock Empel has a pump to drain water from the canal section. In cases of extreme high water on the Meuse, Lock Empel must function as a primary flood barrier, temporarily halting navigation. However, the likelihood of such a situation is considered very small (personal communication with RWS-ZN).

The quick scan shows that during the same high-water event, closures for navigation occur earlier in summer than in winter. This is because, according to the reasoning in the *Waterakkoord 2021* ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)), in summer, stopping navigation precedes the use of storage areas, whereas in winter, the reverse applies. Under the water distribution as outlined in the *Waterakkoord 2021*, closures occur on the Wilhelminakanaal in the current climate during peak discharges with a return period of 71 years in winter and 11 years in summer. In the 2050WH climate scenario, these return periods decrease to about 34 years in winter and 4.4 years in summer, meaning that the frequency of lock closures increases in the 2050WH scenario.

In practice, however, it is difficult to manage this distribution. When the Dommel (near Blaarthem) discharges via the Wilhelminakanaal and the Aa via the Zuid-Willemsvaart, the likelihood of closures increases, especially on the Zuid-Willemsvaart: closures can occur at peak discharges with a return period of 5.3 years (winter) and 2.3 years (summer). Climate change is expected to increase peak discharges associated with a given return period, leading to a higher chance of navigation closures. For example, in the KNMI'14 2050WH scenario, there is already a risk of closure on the Zuid-Willemsvaart at a peak discharge with a return period of one year when all Aa water is discharged there. On the Wilhelminakanaal, closures occur in the current climate at Dommel peak discharges with a return period of about 8.8 years. In the 2050WH climate scenario, this decreases to about 5.7 years. Thus, the frequency of lock closures increases in the 2050WH scenario.

# Inhoud

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
|          | <b>Samenvatting</b>   | <b>4</b>  |
|          | <b>Summary</b>  | <b>7</b>  |
|          | <b>Inhoud</b>   | <b>9</b>  |
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>  | <b>10</b> |
| 1.1      | Achtergrond   | 10        |
| 1.2      | Doel  | 10        |
| 1.3      | Leeswijzer  | 11        |
| <b>2</b> | <b>Systeembeschrijving</b>                                    | <b>12</b> |
| 2.1      | Kenmerken van de vaarweg en sluizen                           | 12        |
| 2.2      | Scheepvaart op de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen | 14        |
| <b>3</b> | <b>Stresstest te weinig water</b>                             | <b>16</b> |
| 3.1      | Aanpak quick scan   | 16        |
| 3.2      | Stap 1: Mogelijk aantal schutcycli                            | 17        |
| 3.3      | Stap 2: Benodigd aantal schutcycli                            | 19        |
| 3.4      | Stap 3: Ratio mogelijk en benodigd aantal schutcycli          | 22        |
| 3.5      | Stap 4: Koppeling met klimaatscenario's                       | 25        |
| <b>4</b> | <b>Stresstest te veel water</b>                               | <b>27</b> |
| 4.1      | Aanpak quick scan   | 27        |
| 4.2      | Stap 1: Zuid-Willemsvaart                                     | 29        |
| 4.3      | Stap 2: Wilhelminakanaal                                      | 31        |
| 4.4      | Stap 3: Grote Pand  | 33        |
| <b>5</b> | <b>Conclusies</b>   | <b>37</b> |
| 5.1      | Te weinig water   | 37        |
| 5.2      | Te veel water   | 37        |
| <b>6</b> | <b>Referenties</b>  | <b>39</b> |
| <b>A</b> | <b>Waterverdeling tijdens droogte</b>                         | <b>40</b> |
| <b>B</b> | <b>Benodigd aantal schuttingen</b>                            | <b>43</b> |

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Binnen het programma Klimaatbestendige Netwerken – Hoofdvaarwegennetwerk (KBN-HVWN) zijn de afgelopen jaren stresstesten voor de Nederlandse rivieren uitgevoerd, met de focus op de Rijntakken en de Maas. Deze stresstesten hebben als doel om de risico's voor de scheepvaart, die voortkomen uit een veranderend klimaat, inzichtelijk te maken. De Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen (MLNBK) zijn tot dusver nog niet onderzocht, maar mogelijk wel gevoelig voor klimaatverandering.

Rijkswaterstaat heeft een interne verkenning (interviews en literatuurscan) uitgevoerd naar de klimaatrisico's op de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen ([Rijkswaterstaat, 2025b](#)). De impact van te veel water in het kanalenstelsel lijkt de grootste dreiging te zijn, omdat het kanalenstelsel boven bepaalde grenzen het water moeilijk kan afvoeren, en de sluisen dan gebruikt worden om water af te voeren met stremming voor scheepvaart als gevolg. Tegelijkertijd is ook vastgesteld dat er sinds 2000 geen noemenswaardige hinder voor scheepvaart plaatsgevonden heeft vanwege hoogwater, behalve enkele korte stremmingen, zoals bijvoorbeeld twee korte stremmingen tijdens de 'waterbom' van 2021 en een 24-uurs stremming in 2024 om te anticiperen op een verwachte hoogwatergolf. De gevolgen van droogte, waarbij schut- en lekverliezen moeten opwegen tegen de wateraanvoer, lijken een minder grote impact te hebben op het functioneren van het kanalenstelsel als vaarweg.

De vraag is of en hoe dit beeld in de toekomst door klimaatverandering wijzigt. Ook als er volgens de analyse geen problemen voor de toekomst worden verwacht, is het zinvol dit vast te leggen.

## 1.2 Doel

Het doel van deze studie is om door middel van een zogenaamde 'quick scan' de impact van klimaatverandering op de beschikbaarheid van de sluisen in het MLNBK-systeem in beeld te brengen voor:

- Te weinig water door droogte en laagwater op de Maas en op de beken; en
- Te veel water door hevige regenval en hoogwater op de beken.

De insteek is om dit zo kwantitatief mogelijk te doen en gebruik te maken van de KNMI'23- en KNMI'14-klimaatsscenario's, waarmee de huidige en toekomstige situatie in beeld is gebracht.

Onder de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen vallen de Zuid-Willemsvaart, Kanaal Wesseem-Nederweert, Noordervaart, Maximakanaal, Wilhelminakanaal en Markkanaal.

In deze studie bepalen we de kwetsbaarheid van de sluisen in het huidige vaarwegenstelsel bij het huidige klimaat en het toekomstige klimaat (2050). Dat betekent dat we toekomstige ontwikkelingen aan het netwerk, zoals vervanging van sluisen of opwaardering van kanalen niet meenemen. Ook wordt aangenomen dat wat er aanwezig is aan sluisen en pompen naar behoren werkt.

## 1.3 Leeswijzer

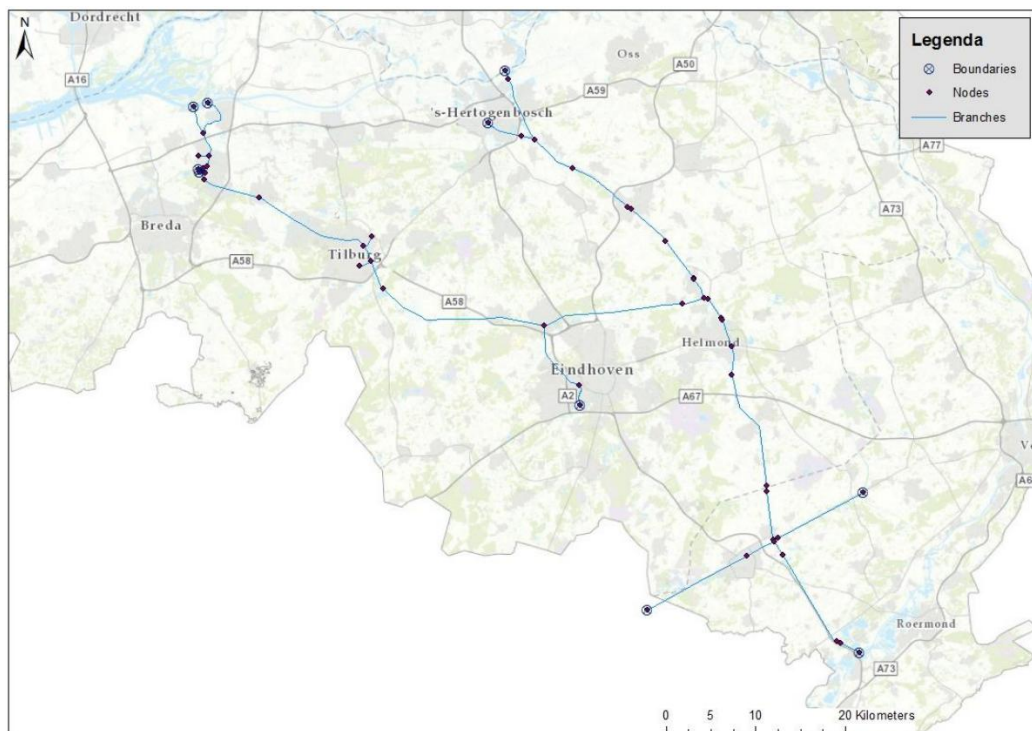
De opbouw van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 bevat een systeembeschrijving, waarin de algemene kenmerken van de vaarwegen en sluisen worden toegelicht, evenals de intensiteit van scheepvaart op de MLNBK . In Hoofdstuk 3 wordt via een 'quick scan' beschouwd welke sluisen het meest kwetsbaar zijn voor te weinig water (laagwater Maas en beken). Hoofdstuk 4 gaat eveneens in op de kwetsbaarheid van de sluisen, maar dan voor te veel water (hoogwater beken). De conclusies staan in Hoofdstuk 5.

## 2 Systeembeschrijving

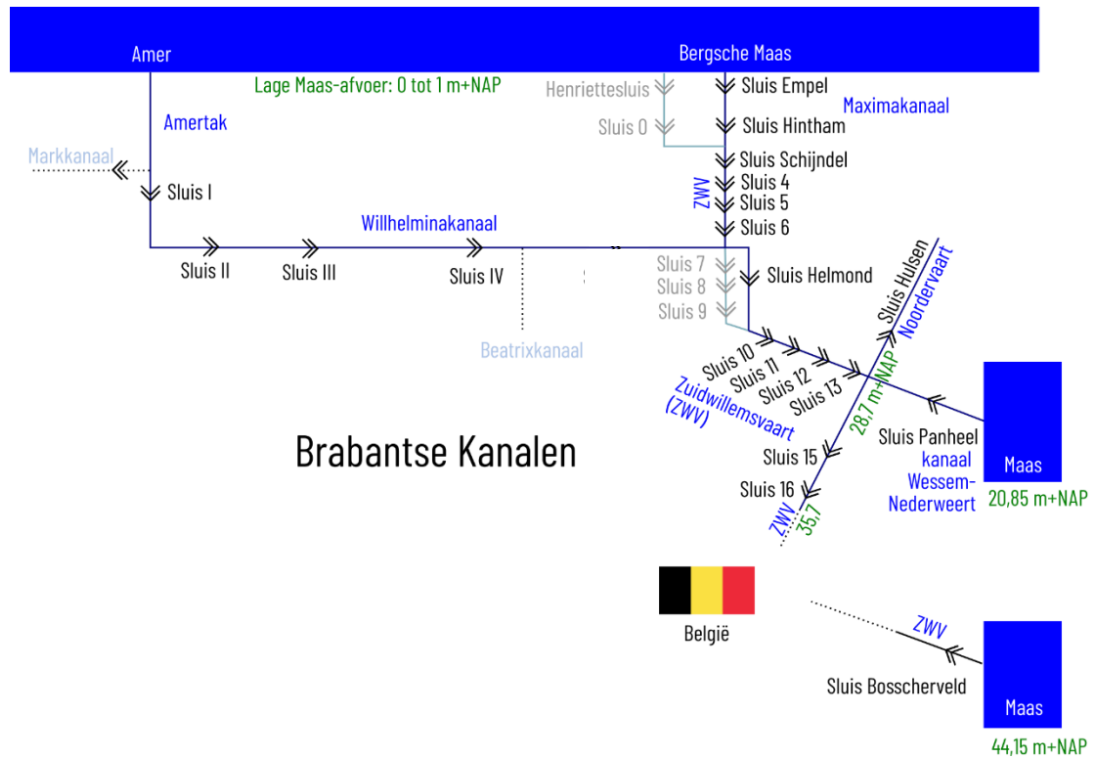
### 2.1 Kenmerken van de vaarweg en sluisen

De Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen (MLNBK) zijn een stelsel van verschillende vaarwegen. In Figuur 2-1 is een geografische weergave van het kanalsysteem te zien. Figuur 2-2 toont een schematische weergave van het MLNBK-systeem. De basis wordt gevormd door de Zuid-Willemsvaart. Dit kanaal start bij Maastricht en mondt uit in de Dieze bij Den Bosch. Het kanaal wordt bij Maastricht gevoed vanuit de Maas, waarna het door België stroomt en via Lozen (max. 10 m<sup>3</sup>/s) weer terug in Nederland komt. Ook kan het MLNBK-systeem gevoed worden vanuit de Maas met pompemaal Panheel (max. 6 m<sup>3</sup>/s) in het kanaal Wessem-Nederweert. De Noordervaart wordt gevoed via een voedingskanaal dat bovenstrooms van Sluis 15 water onttrekt aan de Zuid-Willemsvaart. Tegenwoordig dient dit kanaal alleen voor de wateraanvoer naar de Peelregio (o.a. via Katsberg). De Peel is een droogtegevoelig natuurgebied, dat voldoende nat gehouden moet worden om onherstelbare schade te voorkomen (categorie 1 van de verdringsreeks). De capaciteit van de Noordervaart bedraagt 3,8 m<sup>3</sup>/s. In 2023 zou dit vergroot moeten zijn naar 5,4 m<sup>3</sup>/s ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)). Het werk is in voorbereiding, maar anno 2025 nog niet gestart. Het Wilhelminakanaal takt benedenstrooms van Helmond af van de Zuid-Willemsvaart en mondt uit in de Amer.

Het grootste deel van de kanalen heeft vaarwegklasse CEMT II. Alleen benedenstrooms van Sluis 4 bij Veghel en benedenstrooms van Sluis II bij Tilburg is de vaarwegklasse hoger, namelijk CEMT klasse IV. Na de herbouw van Sluis II zouden in 2029 ook klasse IV schepen door deze sluis naar Tilburg moeten kunnen varen (zie bijv. [Schuttevaer, 2025](#)). In deze 'quick scan' is uitgegaan van de huidige sluisafmetingen (zomer 2025). De verruiming van Sluis II is dus niet meegenomen. De dimensies van de sluisen in de MLNBK zijn verzameld om een analyse naar de kwetsbaarheid te kunnen doen (zie Tabel 2-1).



Figuur 2-1 Geografische kaart van het kanalsysteem van de MLNBK. Bron: [RWS-WVL & Deltares \(2016\)](#).



Figuur 2-2 Schematische weergave van de MLNBK. Voor meer informatie wordt verwezen naar [Rijkswaterstaat \(2025a\)](#). Bron: [De Jong \(2022\)](#).

Tabel 2-1 Algemene gegevens sluzen en afmetingen sluiscolken. Data van: [Rijkswaterstaat \(2025c\)](#).

| Naam sluis             | Gelegen aan vaarweg | Kolk          | Lengte (m) | Breedte (m) |
|------------------------|---------------------|---------------|------------|-------------|
| <b>Sluis Panheel</b>   | Wessem-Nederweert   | Nieuw<br>Oud  | 145<br>143 | 12,6<br>7,5 |
| <b>Sluis 16</b>        | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 65         | 15,8        |
| <b>Sluis 15</b>        | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 65         | 15,5        |
| <b>Sluis 13</b>        | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 82         | 9,8         |
| <b>Sluis 12</b>        | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 82         | 9,8         |
| <b>Sluis 11</b>        | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 82         | 9,8         |
| <b>Sluis 10</b>        | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 82         | 9,8         |
| <b>Sluis Helmond</b>   | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 112        | 12,6        |
| <b>Sluis 6</b>         | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 110        | 12,6        |
| <b>Sluis 5</b>         | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 110        | 12,6        |
| <b>Sluis 4</b>         | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 110        | 12,6        |
| <b>Sluis Schijndel</b> | Zuid-Willemsvaart   | Kolk 1        | 110        | 12,6        |
| <b>Sluis Hintham</b>   | Maximakanaal        | Kolk 1        | 115        | 12,6        |
| <b>Sluis Empel</b>     | Maximakanaal        | Kolk 1        | 115        | 12,6        |
| <b>Sluis IV</b>        | Wilhelminakanaal    | Kolk 1        | 63         | 16,2        |
| <b>Sluis III</b>       | Wilhelminakanaal    | Noord<br>Zuid | 65<br>115  | 16<br>10,5  |
| <b>Sluis II</b>        | Wilhelminakanaal    | Kolk 1        | 63         | 16          |
| <b>Sluis I</b>         | Wilhelminakanaal    | Kolk 1        | 115        | 13,8        |

## 2.2 Scheepvaart op de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen

Figuur 2-3 toont voor de 18 sluizen in de MLNBK het aantal scheepspassages (zonder recreatievaart) per jaar voor de periode 2020 tot 2024 volgens de IVS-database (data aangeleverd door Rijkswaterstaat). Het volgende valt op:

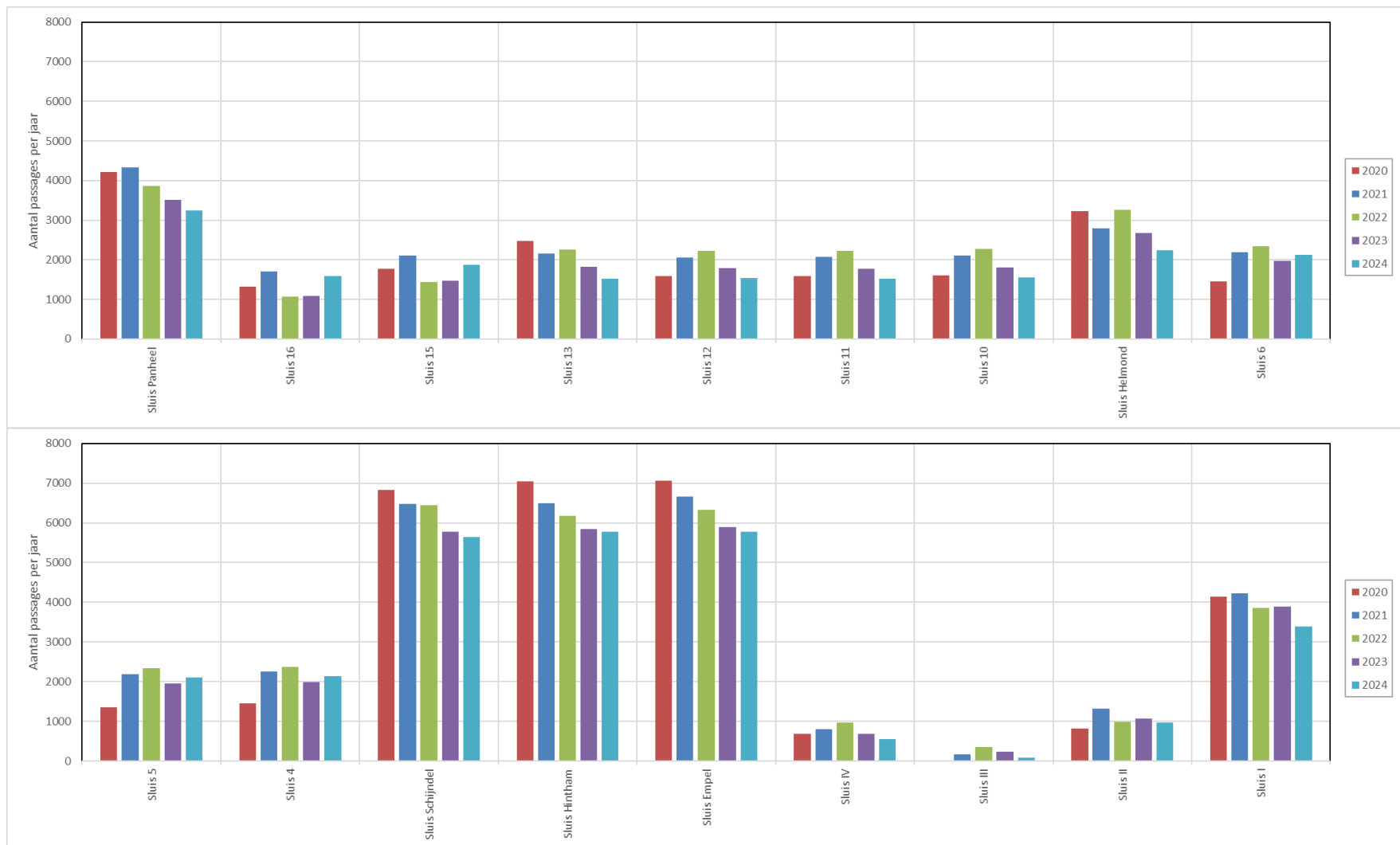
- Voor de meeste sluiscomplexen is over het algemeen een afname over de tijd in scheepspassages te zien;
- De meeste scheepspassages zijn geteld bij de sluiscomplexen Schijndel, Hintham en Empel. Dit komt waarschijnlijk doordat via deze sluizen de haven bij Veghel bereikbaar is en doordat deze sluizen ook klasse IV schepen kunnen schutten;
- Er zijn relatief weinig scheepspassages geteld bovenstrooms op het Wilhelminakanaal (Sluis IV, Sluis III en Sluis II);
- Het aantal scheepspassages tussen Sluis 13 en Sluis 10 en tussen Sluis 6 en Sluis 4 is redelijk gelijk.

Hoewel Figuur 2-3 een afname in scheepspassages laat zien, bestaat de verwachting dat de intensiteit op de MLNBK kan toenemen in de toekomst. Volgens het nieuwste WLO-scenario ([PBL, 2025](#)) Hoog Snel groeit het vervoerde gewicht (ton) door binnenvaart met respectievelijk 22% ten opzichte van 2018. Volgens het WLO-scenario Laag Vertraagd krimpt het juist met 5%. Deze cijfers hebben betrekking op de landelijke binnenvaart. Hoe deze ontwikkelingen doorwerken op de MLNBK is op dit moment niet bekend.

In Figuur 2-3 is de recreatievaart niet meegenomen. Hierdoor is het aantal passages voor de sluizen in werkelijkheid groter. Ook in het vervolg van deze 'quick scan' is recreatievaart buiten beschouwing gelaten.

In tijden van (extreme) droogte zullen er in het hele systeem waterbesparende maatregelen genomen worden. Voorbeelden van mogelijke maatregelen om waterverlies ten gevolge van schutten te verminderen zijn (1) minder schuttingen op een dag te laten plaatsvinden, (2) het waterverlies per schutcyclus te verminderen (via spaarbekkens of door twee kolken hevelend te laten schutten) of (3) water van het benedenpand weer terug naar boven te pompen. Over het algemeen wordt in de MLNBK het aantal schuttingen beperkt door met de maatgevende sluizen gegroepeerd te schutten. Bij iedere opvolgende sluis wordt dan gewacht met schutten tot alle schepen uit de voorgaande sluis zijn aangekomen. Het aantal schuttingen in het hele systeem wordt dan redelijk gelijk gehouden. Schutbeperkingen gelden voor zowel beroeps- als recreatievaart, maar de impact verschilt. Voor beroepsvaart wordt de wachttijd zoveel mogelijk beperkt en onder het uur gehouden. Voor recreatievaart kan de wachttijd verder oplopen, afhankelijk van het aantal schepen en de beschikbaarheid van water.

Bij te veel water is de situatie anders dan bij droogte. Wanneer zich bepaalde hoogwatercondities voordoen, kan het noodzakelijk zijn om sluizen in te zetten voor het afvoeren van overtollig water om zo oevers en regionale keringen te beschermen. In dergelijke gevallen kunnen sluizen tijdelijk gestremd zijn voor de scheepvaart. Naast gestremde sluizen kunnen ook andere knelpunten ontstaan voor de scheepvaart, zoals een verminderde doorvaarthoogte bij bruggen door hoge waterstanden of een slechtere bevaarbaarheid van de kanalen door verhoogde stroomsnelheden. Deze stresstest richt zich uitsluitend op de situatie waarin de sluizen gestremd zijn voor de scheepvaart als gevolg van hoogwater.



Figuur 2-3 Totaal aantal scheepspassages per jaar per sluis (zonder recreatievaart) voor de periode 2020-2024 (Bron: IVS-database).

## 3 Stresstest te weinig water

Ten tijde van droogte is de hoeveelheid water in het kanalsysteem grotendeels afhankelijk van de afvoer op de Maas. Afspraken over de aanvoer van water naar de MLNBK per afvoerniveau op de Maas zijn vastgelegd in het Maasafvoeroverdrag uit 1995. Daarom is onderzocht hoe kwetsbaar de sluizen in het MLNBK-systeem zijn bij verschillende lage afvoerniveaus op de Maas. Deze analyse is gekoppeld aan afvoeren op de Maas bij St. Pieter, omdat [Van den Hoek & Van der Mark \(2024\)](#) daar de terugkeertijden van lage afvoeren in verschillende klimaatscenario's hebben bepaald. Hiervoor zijn de KNMI'23-afvoerscenario's van de ongedeelde afvoer bij Monsin uit [Buitink et al. \(2023\)](#) met behulp van het Maasafvoeroverdrag vertaald naar afvoeren bij St. Pieter. Benoemd moet worden dat het om een theoretische 'quick scan' gaat. De praktijk kan door tal van redenen anders zijn dan wat is afgesproken in het Maasafvoeroverdrag.

Uit de 'quick scan', hierna in dit hoofdstuk uitgewerkt, blijkt dat Sluis Schijndel, Sluis Hintham en Sluis Empel de meest kwetsbare sluizen zijn in het MLNBK-systeem. Zelfs bij een theoretische 100% kolkbezetting per schutcyclus kunnen bij Sluis Empel niet alle schepen worden geschut bij een daggemiddelde afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s en lager bij St. Pieter. Volgens de KNMI'23-scenario's komen afvoeren lager dan 20 m<sup>3</sup>/s in het huidige klimaat (referentie) en in het scenario 2050Hd echter niet voor. Verder in de toekomst neemt de kans op dergelijke lage afvoeren wel toe, maar blijft deze zeer klein. Wanneer er niet geschut wordt met een volledige kolkbezetting, maar met één schip per cyclus, kunnen – als het Maasafvoeroverdrag gevolgd wordt – bij de genoemde sluizen al problemen ontstaan bij afvoeren van 44 m<sup>3</sup>/s en lager bij St. Pieter. Dit komt neer op afvoeren van 60 m<sup>3</sup>/s en lager bij Monsin. De kans op deze afvoeren is in het huidige klimaat al aanzienlijk en zal naar verwachting verder toenemen in de toekomst.

### 3.1 Aanpak quick scan

Voor de 'quick scan' droogte is (nagenoeg) dezelfde aanpak gehanteerd als in [Van der Mark en De Jong \(2020\)](#). Hierin werd het mogelijk aantal schuttingen, uitgaande van de waterbeschikbaarheid die tijdens droogte beperkt is, vergeleken met de benodigde hoeveelheid water voor het benodigde aantal schuttingen op basis van het (gemiddeld) aantal passages. De verhouding hier tussen (water beschikbaar versus benodigd) voor verschillende afvoerniveaus geeft aan hoe kwetsbaar een sluiscomplex is.

De 'quick scan' bestaat uit de volgende stappen:

- 1 Bepalen van het mogelijk aantal schutcycli op basis van de waterbeschikbaarheid:
  - a. Bepalen van het schutverlies per complex per schutcyclus (m<sup>3</sup>/cyclus);
  - b. Bepalen van de waterbeschikbaarheid per schutcomplex (m<sup>3</sup>/dag) per afvoerniveau bij St. Pieter (te weten: de KBN-afvoeren 10, 15, 20, 25 en 44 m<sup>3</sup>/s, gekozen om een droogte te karakteriseren; [De Jong, 2020](#); [Van den Hoek & Van der Mark, 2024](#)).
  - c. Bepalen van het mogelijk aantal cycli per dag per schutcomplex voor elk afvoerniveau bij St. Pieter.
- 2 Bepalen van het benodigd aantal schutcycli:
  - d. Bepalen van het (gemiddeld) aantal scheepspassages per sluiscomplex per dag;
  - e. Bepalen van de kolkbezetting (maximaal aantal schepen dat gemiddeld per cyclus kan worden geschut);
  - f. Bepalen van het benodigd aantal cycli per dag.

- 3 Bepalen van de verhouding mogelijk en benodigd aantal schutcycli per dag per sluiscomplex voor elk van de vijf afvoerniveaus bij St. Pieter.
- 4 Koppeling maken met de KNMI'23 afvoerscenario's van de Maas.

De 'quick scan' is uitgevoerd voor alle sluisen op de Zuid-Willemsvaart, het Maximakanaal en het Wilhelminakanaal. Sluis Panheel op het kanaal Wessem-Nederweert is niet meegenomen om de volgende redenen:

- Er is al eerder een 'quick scan' gedaan voor Sluis Panheel door [Van der Mark & De Jong \(2020\)](#), waaruit bleek dat Panheel niet heel kwetsbaar is voor droogte;
- Sluis Panheel ligt bovenstrooms van de MLNBK, waardoor het aantal schuttingen invloed kan hebben op de hoeveelheid water die wordt aangevoerd naar het kanaal Wessem-Nederweert. In deze analyse is aangenomen dat alle schepen altijd gescht kunnen worden bij Sluis Panheel. De twee pompen bij de sluis hebben samen een capaciteit van 6 m<sup>3</sup>/s. [De Jong \(2022\)](#) gaat uit van een schutdebiet van 1,4 m<sup>3</sup>/s. Dit betekent dat er maximaal een netto aanvoer van 4,6 m<sup>3</sup>/s beschikbaar is richting de MLNBK (6 - 1,4 = 4,6 m<sup>3</sup>/s). Wanneer er door droogte minder dan 4,6 m<sup>3</sup>/s uit de Maas kan worden onttrokken, is aangenomen dat het schutdebiet volledig gecompenseerd wordt door de pompen. In dat geval is de netto aanvoer richting de MLNBK gelijk aan de hoeveelheid water die maximaal uit de Maas beschikbaar is (Appendix A licht toe hoe deze maximale onttrekking uit de Maas bepaald is).

## 3.2 Stap 1: Mogelijk aantal schutcycli

De hoeveelheid water die per schutcyclus wordt verloren, wordt (net als in [Van der Mark & De Jong, 2020](#)) bepaald met de onderstaande formule:

$$V = L * B * \Delta h + W_{up} - W_{down}$$

waarin:

$V$  = hoeveelheid water die verloren wordt met één schutcyclus (m<sup>3</sup>)

$L$  = lengte van de kolk (m)

$B$  = breedte van de kolk (m)

$\Delta h$  = verval (m)

$W_{up}$  = hoeveelheid verplaatste water door schepen die stroomopwaarts varen (m<sup>3</sup>)

$W_{down}$  = hoeveelheid verplaatste water door schepen die stroomafwaarts varen (m<sup>3</sup>)

Hierbij zijn  $W_{up}$  en  $W_{down}$  gelijk verondersteld (over de vaarrichting was niets bekend) en het verval niet afvoerafhankelijk. Wanneer er meerdere kolken aanwezig zijn in een sluiscomplex, is het totale schutverlies per cyclus bepaald als de som van het verlies van de afzonderlijke kolken. Tabel 3-1 toont het schutverlies per sluiscomplex. De totale schutverliezen treden op wanneer er **geen waterbesparende maatregelen** worden genomen, zoals de inzet van spaarbekkens of door het compenseren met terugpompen.

Tabel 3-1 Bepaling schutverliezen per sluiscomplex aan de hand van kolkafmetingen en het verval.

| Sluis                  | Kolk   | Lengte (m) | Breedte (m) | Oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Verval (m) | Schutverlies per kolk per schutcyclus (m <sup>3</sup> ) | Schutverlies per complex per schutcyclus (m <sup>3</sup> ) |
|------------------------|--------|------------|-------------|-----------------------------|------------|---|--|
| <b>Sluis 16</b>        | Kolk 1 | 65         | 15,8        | 1027                        | 2,07       | 2126  | 2126   |
| <b>Sluis 15</b>        | Kolk 1 | 65         | 15,5        | 1008                        | 4,96       | 4997  | 4997   |
| <b>Sluis 13</b>        | Kolk 1 | 82         | 9,8         | 804                         | 1,59       | 1278  | 1278   |
| <b>Sluis 12</b>        | Kolk 1 | 82         | 9,8         | 804                         | 1,98       | 1591  | 1591   |
| <b>Sluis 11</b>        | Kolk 1 | 82         | 9,8         | 804                         | 2,50       | 2009  | 2009   |
| <b>Sluis 10</b>        | Kolk 1 | 82         | 9,8         | 804                         | 1,91       | 1535  | 1535   |
| <b>Sluis Helmond</b>   | Kolk 1 | 112        | 12,6        | 1411                        | 5,67       | 8002  | 8002   |
| <b>Sluis 6</b>         | Kolk 1 | 110        | 12,6        | 1386                        | 2,25       | 3119  | 3119   |
| <b>Sluis 5</b>         | Kolk 1 | 110        | 12,6        | 1386                        | 2,18       | 3021  | 3021   |
| <b>Sluis 4</b>         | Kolk 1 | 110        | 12,6        | 1386                        | 2,05       | 2841  | 2841   |
| <b>Sluis Schijndel</b> | Kolk 1 | 110        | 12,6        | 1386                        | 3,82       | 5295  | 5295   |
| <b>Sluis Hintham</b>   | Kolk 1 | 115        | 12,6        | 1449                        | 2,70       | 3912  | 3912   |
| <b>Sluis Empel</b>     | Kolk 1 | 115        | 12,6        | 1449                        | 2,13       | 3086  | 3086   |
| <b>Sluis IV</b>        | Kolk 1 | 63         | 16,2        | 1021                        | 2,45       | 2500  | 2500   |
| <b>Sluis III</b>       | Noord  | 65         | 16          | 1040                        | 4,85       | 5044  | 10900  |
|                        | Zuid   | 115        | 10,5        | 1208                        | 4,85       | 5856  |  |
| <b>Sluis II</b>        | Kolk 1 | 63         | 16          | 1008                        | 2,55       | 2570  | 2570   |
| <b>Sluis I</b>         | Kolk 1 | 115        | 13,8        | 1587                        | 4,85       | 7697  | 7697   |

Bij St. Pieter worden vijf verschillende afvoerniveaus beschouwd, namelijk 10, 15, 20, 25 en 44 m<sup>3</sup>/s. Met deze waarden kunnen karakteristieke droge jaren voor de Maas, nu en in de toekomst worden beschreven ([De Jong, 2020](#)). Voor elke afvoer is de waterbeschikbaarheid per sluiscomplex (m<sup>3</sup>/dag) tot stand gekomen door eerst de aanvoer bovenstrooms van de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Wessem-Nederweert te bepalen aan de hand van onder andere het Maasafvoeroverdrag van 1995. Voor het bepalen van de lozingen en onttrekkingen is gebruik gemaakt van het Waterakkoord 2021 ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)). Vervolgens is voor elke afvoer een waterbalans opgesteld voor het systeem. De waterbeschikbaarheid per dag per afvoer bij St. Pieter is voor elk sluiscomplex te zien in het groene deel van Tabel 3-2. Voor afvoeren lager dan 16 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter is scheepvaart niet meer mogelijk, omdat dan volgens het Waterakkoord al het beschikbare water gebruikt moet worden voor natuurgebied de Peel en peilhandhaving van de MLNBK. Om deze reden zijn voor de afvoeren 10 m<sup>3</sup>/s en 15 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter geen waarden gegeven in Tabel 3-2. Appendix A gaat dieper in op hoe de waterbalansen zijn opgesteld en welke aannames er gedaan zijn.

Tabel 3-2 Totale schutverlies (alle kolken), waterbeschikbaarheid en aantal mogelijke cycli per dag per complex voor vijf afvoerniveaus bij St. Pieter. Wanneer de afvoer bij St. Pieter lager is dan 16 m<sup>3</sup>/s is er geen scheepvaart meer mogelijk op de MLNBK.

| Sluis                 | Schutverlies totaal per schutcyclus (m <sup>3</sup> ) | Waterbeschikbaarheid bij sluis (x1000 m <sup>3</sup> /dag) bij een afvoer (m <sup>3</sup> /s) bij St. Pieter |    |     |     |     | Mogelijk aantal cycli per dag o.b.v. waterbeschikbaarheid bij een afvoer (m <sup>3</sup> /s) bij St. Pieter |    |     |     |     |
|-----------------------|---|--|----|-----|-----|-----|---|----|-----|-----|-----|
|                       |   | 10   | 15 | 20  | 25  | 44  | 10  | 15 | 20  | 25  | 44  |
| Sluis 16              | 2126  | -  | -  | 344 | 429 | 853 | -   | -  | 161 | 201 | 401 |
| Sluis 15              | 4997  | -  | -  | 339 | 416 | 814 | -   | -  | 67  | 83  | 162 |
| Sluis 13 <sup>1</sup> | 1278  | -  | -  | 131 | 216 | 372 | -   | -  | 102 | 169 | 290 |
| Sluis 12              | 1591  | -  | -  | 131 | 216 | 372 | -   | -  | 82  | 135 | 233 |
| Sluis 11              | 2009  | -  | -  | 131 | 216 | 372 | -   | -  | 65  | 107 | 184 |
| Sluis 10              | 1535  | -  | -  | 131 | 216 | 372 | -   | -  | 85  | 140 | 242 |
| Sluis Helmond         | 8002  | -  | -  | 124 | 202 | 328 | -   | -  | 15  | 25  | 41  |
| Sluis 6               | 3119  | -  | -  | 42  | 68  | 104 | -   | -  | 13  | 21  | 33  |
| Sluis 5               | 3021  | -  | -  | 37  | 55  | 65  | -   | -  | 12  | 18  | 21  |
| Sluis 4               | 2841  | -  | -  | 37  | 55  | 65  | -   | -  | 12  | 19  | 22  |
| Sluis Schijndel       | 5295  | -  | -  | 37  | 55  | 65  | -   | -  | 6   | 10  | 12  |
| Sluis Hintham         | 3912  | -  | -  | 36  | 52  | 56  | -   | -  | 9   | 13  | 14  |
| Sluis Empel           | 3086  | -  | -  | 36  | 52  | 56  | -   | -  | 11  | 16  | 18  |
| Sluis IV              | 2500  | -  | -  | 68  | 103 | 125 | -   | -  | 27  | 41  | 50  |
| Sluis III             | 10900   | -  | -  | 65  | 96  | 104 | -   | -  | 5   | 8   | 9   |
| Sluis II              | 2570  | -  | -  | 65  | 96  | 104 | -   | -  | 25  | 37  | 40  |
| Sluis I               | 7697  | -  | -  | 65  | 95  | 102 | -   | -  | 8   | 12  | 13  |

Het mogelijk aantal cycli per dag op basis van waterbeschikbaarheid (Tabel 3-2, blauw) is bepaald door de beschikbare afvoer per dag bij de sluis te delen door het schutverlies per cyclus. In dit geval wordt al het aangevoerde water gebruikt om te schutten. Hoe hoger de afvoer, hoe hoger het mogelijk aantal schutcycli. Omdat het aantal schutcycli alleen een geheel getal kan zijn, zijn de mogelijke aantal cycli per dag naar beneden afgerond.

Belangrijk om te vermelden is dat waterbesparende maatregelen (bijv. pompen) niet zijn meegenomen bij het bepalen van het mogelijk aantal cycli per dag. Hierdoor wordt het mogelijk aantal schuttingen mogelijk onderschat en kan de kwetsbaarheid gereduceerd worden. Aan de andere kant zijn lekverliezen ook niet meegenomen in deze 'quick scan'.

### 3.3 Stap 2: Benodigd aantal schutcycli

Het gemiddelde aantal scheepspassages per dag (Tabel 3-3) is afgeleid van het maximale aantal scheepspassages per jaar voor de jaren 2020 t/m 2024. Daarbij moet opgemerkt worden dat door het gemiddelde te gebruiken seizoens- en weektrends uitgevlakt worden.

<sup>1</sup> Er gaat maximaal 6,5 m<sup>3</sup>/s door Sluis 13, ook als er meer water beschikbaar is (aangegeven vanuit RWS-ZN). Ook is er bij Sluis 13 2,2 m<sup>3</sup>/s van de beschikbare afvoer afgetrokken om verdamping en wegzijging mee te nemen. Omdat deze 2,2 m<sup>3</sup>/s voor het hele systeem geldt, is dit voor de bovenstroomse sluisen een lichte overschatting.

Tabel 3-3 Maximaal aantal scheepspassages per jaar en gemiddeld aantal scheepspassages per dag voor het maximale jaar per sluiscomplex voor de periode 2020-2024.

| Sluis           | Maximaal aantal passages per jaar over de periode 2020-2024 | Gemiddeld aantal scheepspassages per dag voor een maximaal jaar |
|-----------------|---|---|
| Sluis 16        | 1706  | 4,7   |
| Sluis 15        | 2106  | 5,8   |
| Sluis 13        | 2473  | 6,8   |
| Sluis 12        | 2230  | 6,1   |
| Sluis 11        | 2225  | 6,1   |
| Sluis 10        | 2272  | 6,2   |
| Sluis Helmond   | 3261  | 8,9   |
| Sluis 6         | 2346  | 6,4   |
| Sluis 5         | 2343  | 6,4   |
| Sluis 4         | 2371  | 6,5   |
| Sluis Schijndel | 6819  | 18,7  |
| Sluis Hintham   | 7047  | 19,3  |
| Sluis Empel     | 7054  | 19,3  |
| Sluis IV        | 969   | 2,7   |
| Sluis III       | 359   | 1,0   |
| Sluis II        | 1327  | 3,6   |
| Sluis I         | 4226  | 11,6  |

Net als in [Van der Mark & De Jong \(2020\)](#) is het maximaal aantal schepen dat in de kolk past bepaald aan de hand van de grafieken van [Kooman en De Bruijn \(1975\)](#). Appendix B bevat een voorbeeld van de grafieken die gebruikt zijn. Deze Kooman-grafieken zijn tot stand gekomen met behulp van hand- en computersimulaties en praktijkwaarnemingen. Het resultaat hiervan is een relatie tussen het maximum aantal schepen in de kolk ( $n_{max}$ ) en het gemiddeld laadvermogen. De waarde  $n_{max}$  is gedefinieerd als het gemiddelde aantal schepen per schutting voor een reeks van schuttingen met volledig bezette kolken. Om het aantal schepen per schutting ( $n_{max}$ ) af te kunnen lezen zijn de afmetingen van de kolk en het gemiddeld laadvermogen nodig. Het gemiddeld laadvermogen per sluis is bepaald aan de hand van IVS-data van 2020 t/m 2024. Het totaal aantal schepen dat in het geval van meerdere kolken verwerkt kan worden per cyclus is gelijk aan de som van de afzonderlijke kolken. Vervolgens zijn de  $n_{max}$  waarden vermenigvuldigd met twee, vanwege op en neer schutten (zie Tabel 3-4).

Tabel 3-4 Gemiddeld laadvermogen en maximale kolkbezetting op basis van [Kooman & De Bruijn \(1975\)](#). Lengte en breedte zijn nodig om de Kooman-grafieken af te lezen.

| Sluis                  | Kolk          | Lengte (m) | Breedte (m) | Gemiddeld laadvermogen (ton) | $n_{\max}$ per schutting (Kooman) | $n_{\max}$ per schutcyclus |
|------------------------|---------------|------------|-------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| <b>Sluis 16</b>        | Kolk 1        | 65         | 15,8        | 532                          | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis 15</b>        | Kolk 1        | 65         | 15,5        | 551                          | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis 13</b>        | Kolk 1        | 82         | 9,8         | 586                          | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis 12</b>        | Kolk 1        | 82         | 9,8         | 591                          | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis 11</b>        | Kolk 1        | 82         | 9,8         | 589                          | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis 10</b>        | Kolk 1        | 82         | 9,8         | 589                          | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis Helmond</b>   | Kolk 1        | 112        | 12,6        | 601                          | 2,0                               | 4                          |
| <b>Sluis 6</b>         | Kolk 1        | 110        | 12,6        | 641                          | 2,0                               | 4                          |
| <b>Sluis 5</b>         | Kolk 1        | 110        | 12,6        | 639                          | 2,0                               | 4                          |
| <b>Sluis 4</b>         | Kolk 1        | 110        | 12,6        | 639                          | 2,0                               | 4                          |
| <b>Sluis Schijndel</b> | Kolk 1        | 110        | 12,6        | 1115                         | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis Hintham</b>   | Kolk 1        | 115        | 12,6        | 1107                         | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis Empel</b>     | Kolk 1        | 115        | 12,6        | 1104                         | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis IV</b>        | Kolk 1        | 63         | 16,2        | 559                          | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis III</b>       | Noord<br>Zuid | 65<br>115  | 16<br>10,5  | 607                          | 1,5<br>2,0                        | 7                          |
| <b>Sluis II</b>        | Kolk 1        | 63         | 16          | 600                          | 1,5                               | 3                          |
| <b>Sluis I</b>         | Kolk 1        | 115        | 13,8        | 1935                         | 1,0                               | 2                          |

Het benodigd aantal schutcycli per dag is verkregen door het aantal passages per dag te delen door het aantal schepen per schutcyclus (Tabel 3-5). Hierbij zijn als onder- en bovengrens een 100% kolkbezetting en een bezetting van slechts één schip per schutcyclus beschouwd. Deze laatste situatie is ook beschouwd, omdat het aantal passages bij sommige sluisen zo laag ligt dat we in deze situatie veronderstellen dat ieder schip dat aankomt direct “in zijn eentje” geschut wordt. Ook is er in deze situatie nog ruimte in de kolk voor recreatievaart, die niet is meegenomen bij het bepalen van het benodigd aantal schuttingen. Dit is de bovengrens voor het aantal benodigde cycli. Immers hoe leger de kolk, hoe meer schuttingen er nodig zijn om hetzelfde aantal passages te verwerken. Omdat het aantal schutcycli minimaal 1 is en het alleen een geheel getal kan zijn, zijn de mogelijke aantal cycli per dag naar boven afgerond.

Tabel 3-5 Gemiddeld aantal passages per dag en benodigd aantal cycli per dag. Dit is bepaald voor een 100% bezetting en een bezetting van één schip per schutcyclus.

| Sluis           | Gemiddeld aantal passages per dag | 100%  |                               | 1 schip per schutcyclus                         |                               |
|-----------------|-----------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
|                 |                                   | Bezetting (aantal geschutte schepen per cyclus) | Benodigd aantal cycli per dag | Bezetting (aantal geschutte schepen per cyclus) | Benodigd aantal cycli per dag |
| Sluis 16        | 4,7                               | 3   | 2                             | 1   | 5                             |
| Sluis 15        | 5,8                               | 3   | 2                             | 1   | 6                             |
| Sluis 13        | 6,8                               | 3   | 3                             | 1   | 7                             |
| Sluis 12        | 6,1                               | 3   | 3                             | 1   | 7                             |
| Sluis 11        | 6,1                               | 3   | 3                             | 1   | 7                             |
| Sluis 10        | 6,2                               | 3   | 3                             | 1   | 7                             |
| Sluis Helmond   | 8,9                               | 4   | 3                             | 1   | 9                             |
| Sluis 6         | 6,4                               | 4   | 2                             | 1   | 7                             |
| Sluis 5         | 6,4                               | 4   | 2                             | 1   | 7                             |
| Sluis 4         | 6,5                               | 4   | 2                             | 1   | 7                             |
| Sluis Schijndel | 18,7                              | 3   | 7                             | 1   | 19                            |
| Sluis Hintham   | 19,3                              | 3   | 7                             | 1   | 20                            |
| Sluis Empel     | 19,3                              | 3   | 7                             | 1   | 20                            |
| Sluis IV        | 2,7                               | 3   | 1                             | 1   | 3                             |
| Sluis III       | 1,0                               | 7   | 1                             | 1   | 1                             |
| Sluis II        | 3,6                               | 3   | 2                             | 1   | 4                             |
| Sluis I         | 11,6                              | 2   | 6                             | 1   | 12                            |

### 3.4 Stap 3: Ratio mogelijk en benodigd aantal schutcycli

De derde stap is het bepalen van de verhouding tussen benodigd en mogelijk aantal schutcycli per sluiscomplex voor de verschillende afvoerniveaus en kolkbezettingen. Tabel 3-6 toont het resultaat hiervoor. Wanneer er meer schuttingen nodig zijn dan er uitgevoerd kunnen worden vanwege beperkte waterbeschikbaarheid dan is de verhouding groter dan 1 en kan slechts een deel van de schepen geschut worden. Als de verhouding bij alle beschouwde afvoerniveaus bij St. Pieter flink kleiner blijft dan 1, dan is een sluiscomplex niet kwetsbaar voor beperkte waterbeschikbaarheid.

Zoals eerder vermeld is er bij een afvoer van minder dan 16 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter geen scheepvaart meer mogelijk op de MLNBK. Vandaar dat voor de afvoerniveaus 10 m<sup>3</sup>/s en 15 m<sup>3</sup>/s geen ratio weergegeven is in Tabel 3-6 en dat deze kolommen rood gekleurd zijn. Voor de overige drie afvoerniveaus komt de verhouding bij een 100% kolkbezetting alleen bij Sluis Schijndel bij een afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter boven de 1 uit. Voor de meeste sluisen komt de waarde bij een 100% kolkbezetting niet boven de 0,2 uit, behalve voor Sluis Schijndel, Sluis Hintham, Sluis Empel en Sluis I.

Wanneer er maar één schip per schutcyclus wordt geschut, komt de ratio tussen benodigd en mogelijk aantal schutcycli naast Sluis Schijndel ook voor Sluis Hintham, Sluis Empel en Sluis I boven de 1 uit voor alle lage afvoeren bij St. Pieter. Deze vier sluisen zijn dus volgens deze 'quick scan' het meest kwetsbaar voor droogte. Dit komt omdat dit de sluisen zijn met de hoogste intensiteit en een relatief groot schutverlies.

Sluis I heeft echter pompen met een capaciteit van totaal 3 m<sup>3</sup>/s, die ingezet kunnen worden in droge periodes (ter referentie: de afvoer bij Sluis I is slechts 2,2 m<sup>3</sup>/s bij een afvoer van 44 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter). Hierdoor zal de verhouding aanzienlijk dalen en neemt de kwetsbaarheid af.

Tabel 3-6 Ratio benodigd versus mogelijk aantal schutcycli voor verschillende afvoerniveaus bij St. Pieter. Dit is bepaald voor een 100% kolkbezetting en een bezetting van één schip per schutcyclus zonder waterbesparende maatregelen.

| Sluis           | Ratio benodigd / mogelijk # cycli per dag<br>100 % bezetting |    |      |      |      |  | Ratio benodigd / mogelijk # cycli per dag<br>1 schip per schutcyclus |    |      |      |      |
|-----------------|--|----|------|------|------|--|--|----|------|------|------|
|                 | 10   | 15 | 20   | 25   | 44   |  | 10   | 15 | 20   | 25   | 44   |
| Sluis 16        | -  | -  | 0,01 | 0,01 | 0,00 |  | -  | -  | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| Sluis 15        | -  | -  | 0,03 | 0,02 | 0,01 |  | -  | -  | 0,09 | 0,07 | 0,04 |
| Sluis 13        | -  | -  | 0,03 | 0,02 | 0,01 |  | -  | -  | 0,07 | 0,04 | 0,02 |
| Sluis 12        | -  | -  | 0,04 | 0,02 | 0,01 |  | -  | -  | 0,09 | 0,05 | 0,03 |
| Sluis 11        | -  | -  | 0,05 | 0,03 | 0,02 |  | -  | -  | 0,11 | 0,07 | 0,04 |
| Sluis 10        | -  | -  | 0,04 | 0,02 | 0,01 |  | -  | -  | 0,08 | 0,05 | 0,03 |
| Sluis Helmond   | -  | -  | 0,20 | 0,12 | 0,07 |  | -  | -  | 0,60 | 0,36 | 0,22 |
| Sluis 6         | -  | -  | 0,15 | 0,10 | 0,06 |  | -  | -  | 0,54 | 0,33 | 0,21 |
| Sluis 5         | -  | -  | 0,17 | 0,11 | 0,10 |  | -  | -  | 0,58 | 0,39 | 0,33 |
| Sluis 4         | -  | -  | 0,17 | 0,11 | 0,09 |  | -  | -  | 0,58 | 0,37 | 0,32 |
| Sluis Schijndel | -  | -  | 1,17 | 0,70 | 0,58 |  | -  | -  | 3,17 | 1,90 | 1,58 |
| Sluis Hintham   | -  | -  | 0,78 | 0,54 | 0,50 |  | -  | -  | 2,22 | 1,54 | 1,43 |
| Sluis Empel     | -  | -  | 0,64 | 0,44 | 0,39 |  | -  | -  | 1,82 | 1,25 | 1,11 |
| Sluis IV        | -  | -  | 0,04 | 0,02 | 0,02 |  | -  | -  | 0,11 | 0,07 | 0,06 |
| Sluis III       | -  | -  | 0,20 | 0,13 | 0,11 |  | -  | -  | 0,20 | 0,13 | 0,11 |
| Sluis II        | -  | -  | 0,08 | 0,05 | 0,05 |  | -  | -  | 0,16 | 0,11 | 0,10 |
| Sluis I         | -  | -  | 0,75 | 0,50 | 0,46 |  | -  | -  | 1,50 | 1,00 | 0,92 |

Er is een WLO-scenario waarin de intensiteit op de MLNBK zal toenemen in de toekomst. Voor deze 'quick scan' is bepaald wat het ratio benodigd versus mogelijk aantal schutcycli is bij een verdubbeling van de scheepvaart voor een 100% kolkbezetting en voor een bezetting van één schip per schutcyclus (Tabel 3-7). In dit geval zijn Sluis Schijndel, Sluis Hintham, Sluis Empel en Sluis I nog steeds de meest kwetsbare sluisen, maar bij een afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter en één schip per schutcyclus treden er nu ook problemen op bij Sluis Helmond, Sluis 6, Sluis 5 en Sluis 4.

Tabel 3-7 Ratio benodigd versus mogelijk aantal schutcycli voor verschillende afvoerniveaus bij St. Pieter. Dit is bepaald voor een groei van 100% in scheepspassages voor een 100% kolkbezetting en een bezetting van één schip per schutcyclus zonder waterbesparende maatregelen.

| Sluis           | Ratio benodigd / mogelijk # cycli per dag<br>100 % bezetting |    |      |      |      |  | Ratio benodigd / mogelijk # cycli per dag<br>1 schip per schutcyclus |    |      |      |      |
|-----------------|--|----|------|------|------|--|--|----|------|------|------|
|                 | 10   | 15 | 20   | 25   | 44   |  | 10   | 15 | 20   | 25   | 44   |
| Sluis 16        | -  | -  | 0,02 | 0,02 | 0,01 |  | -  | -  | 0,06 | 0,05 | 0,02 |
| Sluis 15        | -  | -  | 0,06 | 0,05 | 0,02 |  | -  | -  | 0,18 | 0,14 | 0,07 |
| Sluis 13        | -  | -  | 0,05 | 0,03 | 0,02 |  | -  | -  | 0,14 | 0,08 | 0,05 |
| Sluis 12        | -  | -  | 0,06 | 0,04 | 0,02 |  | -  | -  | 0,16 | 0,10 | 0,06 |
| Sluis 11        | -  | -  | 0,08 | 0,05 | 0,03 |  | -  | -  | 0,20 | 0,12 | 0,07 |
| Sluis 10        | -  | -  | 0,06 | 0,04 | 0,02 |  | -  | -  | 0,15 | 0,09 | 0,05 |
| Sluis Helmond   | -  | -  | 0,33 | 0,20 | 0,12 |  | -  | -  | 1,20 | 0,72 | 0,44 |
| Sluis 6         | -  | -  | 0,31 | 0,19 | 0,12 |  | -  | -  | 1,00 | 0,62 | 0,39 |
| Sluis 5         | -  | -  | 0,33 | 0,22 | 0,19 |  | -  | -  | 1,08 | 0,72 | 0,62 |
| Sluis 4         | -  | -  | 0,33 | 0,21 | 0,18 |  | -  | -  | 1,08 | 0,68 | 0,59 |
| Sluis Schijndel | -  | -  | 2,17 | 1,30 | 1,08 |  | -  | -  | 6,33 | 3,80 | 3,17 |
| Sluis Hintham   | -  | -  | 1,44 | 1,00 | 0,93 |  | -  | -  | 4,33 | 3,00 | 2,79 |
| Sluis Empel     | -  | -  | 1,18 | 0,81 | 0,72 |  | -  | -  | 3,55 | 2,44 | 2,17 |
| Sluis IV        | -  | -  | 0,07 | 0,05 | 0,04 |  | -  | -  | 0,22 | 0,15 | 0,12 |
| Sluis III       | -  | -  | 0,20 | 0,13 | 0,11 |  | -  | -  | 0,40 | 0,25 | 0,22 |
| Sluis II        | -  | -  | 0,12 | 0,08 | 0,08 |  | -  | -  | 0,32 | 0,22 | 0,20 |
| Sluis I         | -  | -  | 1,50 | 1,00 | 0,92 |  | -  | -  | 3,00 | 2,00 | 1,85 |

In de toekomst is het de bedoeling dat alle sluisen op het Wilhelminakanaal, behalve Sluis IV, zelfvoorzienend worden door de inzet van pompen, waardoor het schutverlies door deze sluisen op nul komt en alleen nog een aantal onttrekkingen langs het kanaal en Sluis IV voorzien moet worden van water. Hierdoor komt er meer water beschikbaar voor de Zuid-Willemsvaart, wat de kans op problemen voor de scheepvaart op dat traject aanzienlijk verkleint. Tabel 3-8 toont de verhouding tussen het benodigde en het beschikbare aantal schutcycli voor de sluisen op de Zuid-Willemsvaart, benedenstrooms van Sluis Helmond, in het scenario waarin een groot deel van het beschikbare water naar de Zuid-Willemsvaart wordt geleid. Nu blijken Sluis Schijndel, Sluis Hintham en Sluis Empel aanzienlijk minder kwetsbaar te zijn. De belangrijkste afweging is echter of structureel moet worden ingezet op pompen om watertekorten op te vangen, of dat moet worden geïnvesteerd in het klimaatbestendiger maken van het kanaal als geheel. Het continu inzetten van pompen vraagt namelijk energie en brengt een risico op falen met zich mee.

Tabel 3-8 Ratio benodigd versus mogelijk aantal schutcycli voor verschillende afvoerniveaus bij St. Pieter in het scenario waarin de sluisen in het Wilhelminakanaal volledig zelfvoorzienend zijn door middel van pompen. Dit is bepaald voor een 100% kolkbezetting en een bezetting van één schip per schutcyclus zonder waterbesparende maatregelen op de Zuid-Willemsvaart.

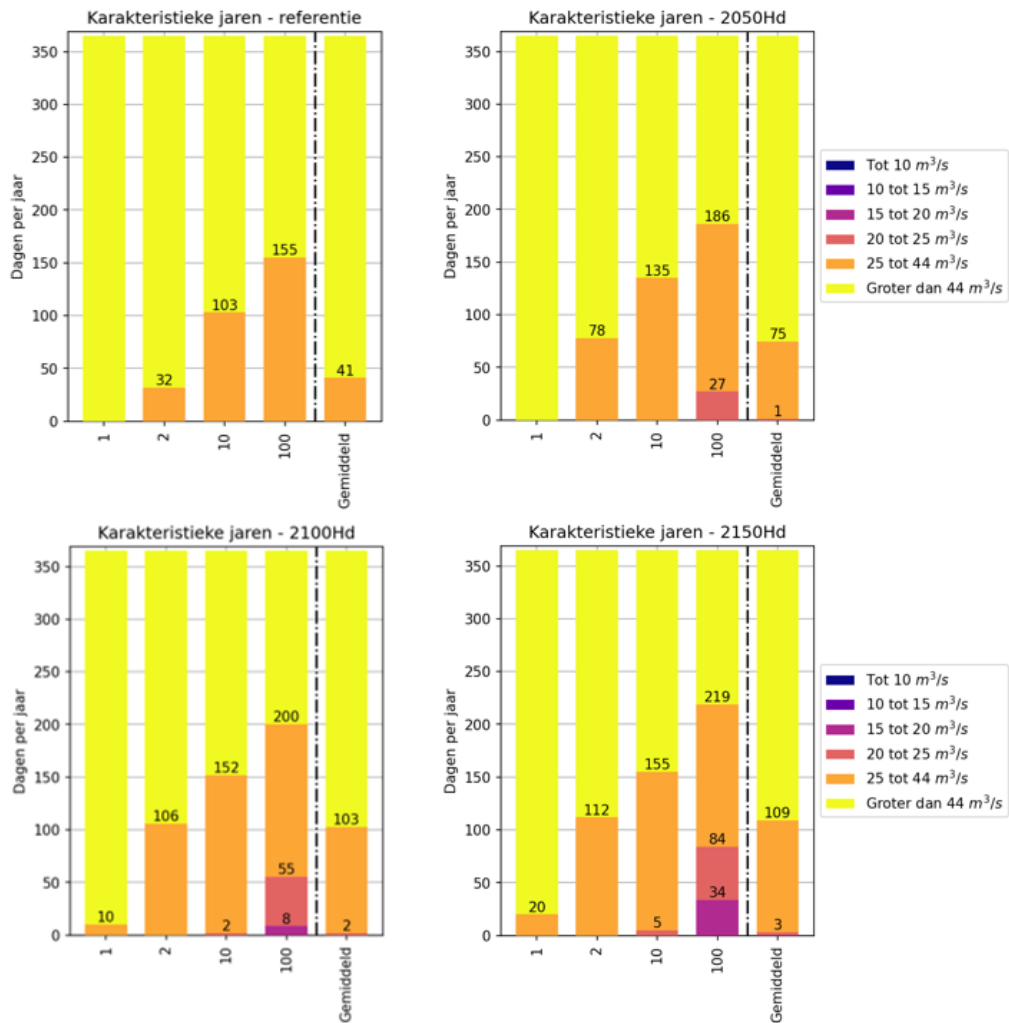
| Sluis           | Ratio benodigd / mogelijk # cycli per dag<br>100 % bezetting |    |      |      |      |  | Ratio benodigd / mogelijk # cycli per dag<br>1 schip per schutcyclus |    |      |      |      |
|-----------------|--|----|------|------|------|--|--|----|------|------|------|
|                 | 10   | 15 | 20   | 25   | 44   |  | 10   | 15 | 20   | 25   | 44   |
| Sluis 6         | -  | -  | 0,06 | 0,04 | 0,03 |  | -  | -  | 0,21 | 0,13 | 0,11 |
| Sluis 5         | -  | -  | 0,06 | 0,04 | 0,04 |  | -  | -  | 0,21 | 0,14 | 0,13 |
| Sluis 4         | -  | -  | 0,06 | 0,04 | 0,03 |  | -  | -  | 0,20 | 0,13 | 0,12 |
| Sluis Schijndel | -  | -  | 0,37 | 0,25 | 0,23 |  | -  | -  | 1,00 | 0,68 | 0,61 |
| Sluis Hintham   | -  | -  | 0,28 | 0,19 | 0,18 |  | -  | -  | 0,80 | 0,54 | 0,50 |
| Sluis Empel     | -  | -  | 0,22 | 0,15 | 0,14 |  | -  | -  | 0,63 | 0,43 | 0,39 |

### 3.5 Stap 4: Koppeling met klimaatscenario's

Als laatste wordt de koppeling gemaakt tussen de vijf afvoerniveaus en het aantal dagen dat die afvoer onderschreden wordt. Zo kan er in beeld gebracht worden hoeveel dagen per jaar er in zowel het huidige als toekomstige klimaat een probleem is voor scheepvaart. Figuur 3-1 toont voor de vijf afvoerniveaus bij St. Pieter de opbouw van de droge jaren voor een referentiejaar en voor de drie zichtjaren van het meest droge KNMI'23-klimaatscenario Hd: 2050, 2100 en 2150. Op de horizontale as staat de terugkeertijd van onder andere een droog jaar dat eens in de 10 jaar optreedt (T10) en een extreem droog jaar dat eens in de 100 jaar optreedt (T100). Ook is het gemiddelde jaar in elk klimaatscenario opgenomen. Bij de analyse is gebruik gemaakt van de totale reeks van 240 jaar. Voor een uitgebreidere omschrijving van het bepalen van de karakteristieke droge jaren wordt verwezen naar [De Jong \(2019\)](#) en [Van den Hoek & Van der Mark \(2024\)](#).

Uit Figuur 3-1 blijkt dat een afvoer bij St. Pieter van minder dan 15 m<sup>3</sup>/s niet in de klimaatscenario's voorkomt. De kans op een complete stremming van de scheepvaart op de MLNBK is dus volgens de KNMI'23 klimaatscenario's, zowel nu als in de toekomst, zeer klein.

Uit de 'quick scan' blijkt dat Sluis Schijndel, Sluis Hintham en Sluis Empel de meest kwetsbare sluisen zijn in het MLNBK-systeem. Zelfs bij een theoretische 100% kolkbezetting per schutcyclus kunnen bij Sluis Empel niet alle schepen worden geschut bij een daggemiddelde afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s en lager bij St. Pieter. Volgens de KNMI'23-scenario's komen afvoeren lager dan 20 m<sup>3</sup>/s in het huidige klimaat (referentie) en in het scenario 2050Hd echter niet voor. Verder in de toekomst neemt de kans op dergelijke lage afvoeren wel toe, maar blijft deze zeer klein. Wanneer er niet geschut wordt met een volledige kolkbezetting, maar met één schip per cyclus, kunnen – als het Maasafvoeroverdrag gevolgd wordt – bij de genoemde sluisen al problemen ontstaan bij afvoeren van 44 m<sup>3</sup>/s en lager bij St. Pieter. De kans op afvoeren lager dan 44 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter is in het huidige klimaat al aanzienlijk en zal naar verwachting verder toenemen in de toekomst.



Figuur 3-1 Opbouw van karakteristieke droge jaren in klimaatscenario's Referentie, 2050Hd, 2100Hd en 2150Hd voor vijf afvoerniveaus bij St. Pieter.

## 4 Stresstest te veel water

Voor te veel water is de situatie anders dan bij droogte. Sluizen worden gestremd voor scheepvaart bij bepaalde hoogwatercondities, bijvoorbeeld omdat een sluis dan wordt ingezet om te spuien (overtollig water af te voeren). Daarom is de beoogde aanpak voor dit deel van de 'quick scan' om te redeneren vanuit het systeem, oftewel bij welke situatie beginnen de stremmingen. Hierbij is alleen gekeken naar wateroverlast door hevige regenval en hoogwater op de beken. De situatie met hoogwater op de Maas is in overleg met Rijkswaterstaat-ZN niet meegenomen in deze 'quick scan'. Sluis I heeft namelijk geen problemen bij hoogwater op de Maas en Sluis Empel heeft een pomp om water het kanaalpand af te kunnen pompen. Bij extreem hoogwater op de Maas moet Sluis Empel wel functioneren als primaire waterkering, waardoor de scheepvaart tijdelijk wordt gestremd. De kans op een dergelijke situatie wordt echter ingeschat als zeer klein (persoonlijke communicatie met RWS-ZN).

Uit de 'quick scan', hierna in dit hoofdstuk uitgewerkt, blijkt dat tijdens hoogwater in de zomer eerder stremmingen voor de scheepvaart optreden dan in de winter. Dit komt doordat volgens de redeneerlijn in het Waterakkoord ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)) in de zomer het stilleggen van de scheepvaart vóór het inzetten van bergingsgebieden gaat, terwijl dit in de winter juist omgekeerd is. Bij een waterverdeling, zoals in de redeneerlijn in het Waterakkoord 2021, treden er in het huidige klimaat stremmingen op het Wilhelminakanaal op bij piekafvoeren met een herhalingsstijd van 71 jaar in de winter en 11 jaar in de zomer. In de praktijk is het echter lastig om op deze verdeling te sturen. Bij afvoer van de Dommel bij Blaarthem via het Wilhelminakanaal en de Aa via de Zuid-Willemsvaart neemt de kans op stremmingen toe, vooral op de Zuid-Willemsvaart: daar kunnen al stremmingen optreden bij piekafvoeren met een herhalingsstijd vanaf 5,3 jaar (winter) en 2,3 jaar (zomer). Door klimaatverandering zullen de piekafvoeren horend bij een bepaalde terugkeertijd naar verwachting toenemen, wat leidt tot een grotere kans op stremmingen voor de scheepvaart. Zo is er in het scenario 2050WH al bij een piekafvoer met een terugkeertijd van één jaar kans op stremming op de Zuid-Willemsvaart, wanneer al het Aa-water hierop wordt afgevoerd.

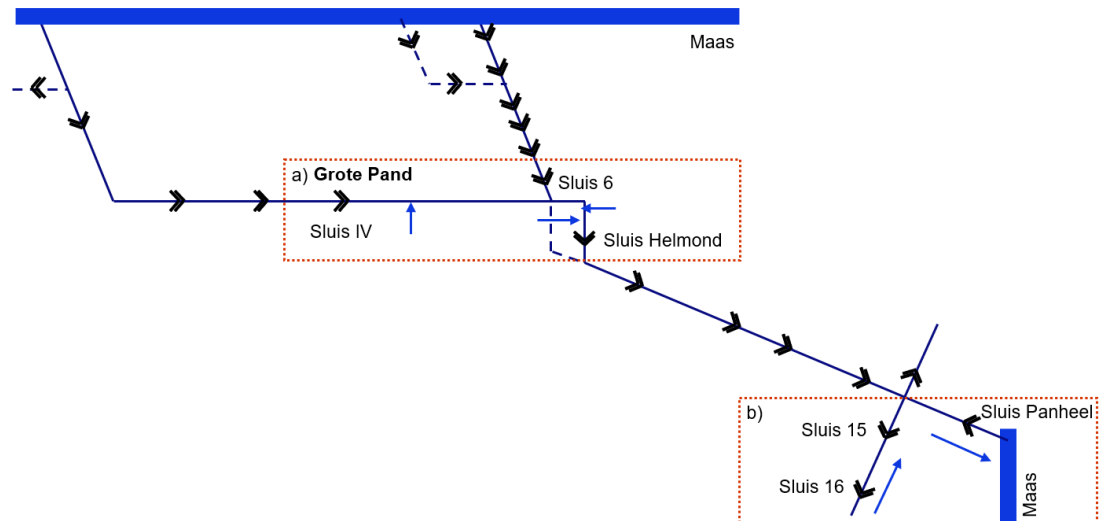
### 4.1 Aanpak quick scan

Bij 'natte' omstandigheden kan de situatie op het Grote Pand kritiek worden, doordat er meer water instroomt dan dat er afgevoerd kan worden. Het Grote Pand is het deel van het kanalenstelsel tussen Sluis Helmond (en Sluis 7 van de traverse Helmond), Sluis 6 en Sluis IV (zie Figuur 4-1). Dit gebied vormt een belangrijk knooppunt voor de aan- en afvoer van water vanuit de waterschappen De Dommel en Aa en Maas.

Wanneer de beken door zware regenval veel water afvoeren, kunnen deze beken een grotere hoeveelheid richting het Grote Pand aanvoeren dan wat eruit kan. In dat geval worden maatregelen getroffen om de situatie beheersbaar te houden, wat gevolgen kan hebben voor de scheepvaart. Dergelijke problemen doen zich op andere kanaalpanden nauwelijks voor, waardoor het Grote Pand bij 'natte' omstandigheden als maatgevend wordt beschouwd ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)).

Als de situatie op het Grote Pand kritiek is, wordt de wateraanvoer via de Zuid-Willemsvaart beperkt. Dit gebeurt door het water dat via Sluis 15 binnenkomt af te voeren naar de Maas via Sluis Panheel (zie Figuur 4-1). Deze afvoer van water gaat tussen het schutten door en heeft dus geen complete stremming van Sluis Panheel als gevolg.

Omdat deze maatregel alleen wordt ingezet bij een kritieke situatie op het Grote Pand, blijft dit gebied maatgevend. Daarom richt deze 'quick scan' zich uitsluitend op het Grote Pand.



*Figuur 4-1 Schematische weergave van het kanalsysteem van de MLNBK waarbij met een rode stippellijn zijn omlind: a) het Grote Pand, dat maatgevend is tijdens 'natte' omstandigheden, waarbij de blauwe pijlen aangeven waar de beken vanuit de waterschappen De Dommel en De Aa en Maas lozen op het Grote Pand en b) de situatie bovenstrooms in de MLNBK, waar Sluis Panheel bij een kritieke situatie op het Grote Pand wordt gebruikt om water af te voeren naar de Maas (dit is aangegeven met de blauwe pijlen).*

Deze 'quick scan' bestaat uit de volgende stappen, waarbij het Grote Pand – op verzoek van RWS-ZN – eerst is opgesplitst in de Zuid-Willemsvaart en het Wilhelminakanaal:

- 1 Zuid-Willemsvaart:
  - a. Bepalen vanaf welke afvoer van de Aa en de Bakelse Aa de scheepvaart gestremd wordt zonder het inzetten van bergingsgebieden;
  - b. Vaststellen bij welke herhalingstijd en in welk klimaat (huidig/toekomstig) stremming optreedt op de Zuid-Willemsvaart, op basis van piekafvoeren van de Aa en de Bakelse Aa.
- 2 Wilhelminakanaal:
  - c. Bepalen vanaf welke afvoer van de Dommel de scheepvaart gestremd wordt zonder het inzetten van bergingsgebieden;
  - d. Vaststellen bij welke herhalingstijd en in welk klimaat (huidig/toekomstig) stremming optreedt op het Wilhelminakanaal, op basis van piekafvoeren van de Dommel.
- 3 Grote Pand:
  - e. Bepalen van de totale aanvoer (beken en overige maximale lozingen) naar het Grote Pand voor verschillende herhalingstijden in zowel het huidige als toekomstige klimaat;
  - f. Vaststellen in welk scenario stremmingen optreden, door middel van het volgen van het stappenplan zoals in het Waterakkoord is vastgesteld ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)), waarbij bergingsgebieden wel ingezet worden.

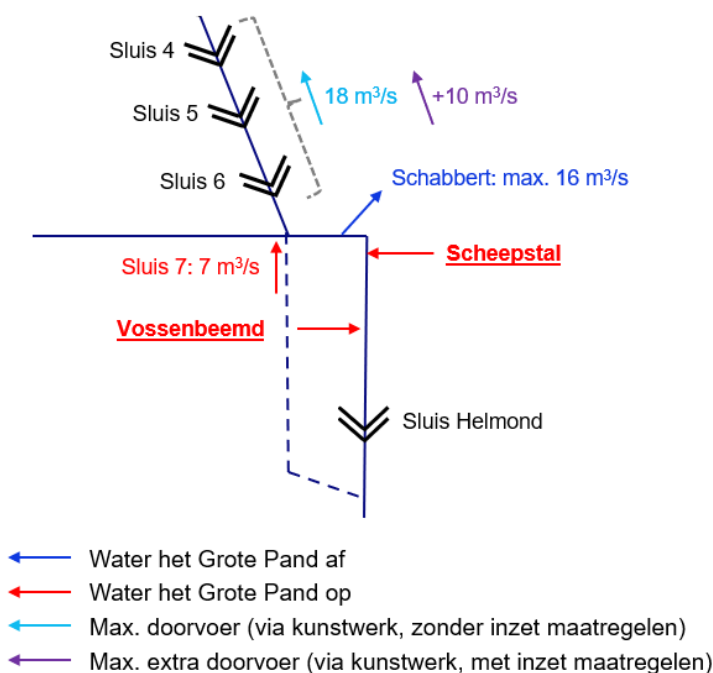
De 'quick scan' is uitgevoerd op basis van de volgende aannames en uitgangspunten:

- De gebruikte afvoerstatistieken van de beken zijn aangeleverd door de Waterschappen De Dommel en Aa en Maas. Deze zijn als randvoorwaarde gebruikt; de totstandkoming en achtergronden zijn niet bekend en niet geverifieerd;

- Voor de overige afvoeren die uitstromen op het Grote Pand zijn maximale afvoeren genomen zoals vermeld in het Waterakkoord ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)).
- Alleen situaties waarbij stremming voor de scheepvaart optreedt zijn beschouwd. Problemen rond waterveiligheid bij extreem hoge afvoeren vallen buiten deze 'quick scan';
- De analyse gaat uit van een sturing, zoals in het Waterakkoord 2021, wat in de praktijk lastig kan zijn. De 'quick scan' is bedoeld om scheepvaartknelpunten in het systeem inzichtelijk te maken.
- In deze 'quick scan' zijn de piekafvoeren van beken met dezelfde terugkeertijd bij elkaar opgeteld. Hoewel het aannemelijk is dat deze piekafvoeren gelijktijdig optreden (volgens persoonlijke communicatie met RWS-ZN), kan dit met name voor de hogere terugkeertijden leiden tot een overschatting.

## 4.2 Stap 1: Zuid-Willemsvaart

Figuur 4-2 toont een schematisch overzicht van de aanvoer naar en afvoer van de Zuid-Willemsvaart en de doorvoercapaciteit van de sluisen. Water komt dit deel van het Grote Pand op bij Vossenbeemd (Aa inclusief Peelrijt), Scheepstal (Bakelse Aa), Sluis 7 (max. 7 m<sup>3</sup>/s) en Sluis Helmond. Onder normale omstandigheden wordt het aangevoerde Aa-water bij aflatwerk Schabbert weer terug op de Aa gezet. Er zijn echter hoogwater omstandigheden waarbij niet al het Aa-water via de Schabbert afgevoerd kan worden. Dit water wordt dan via Sluis 6 naar de Zuid-Willemsvaart doorgevoerd om uiteindelijk bij Poeldonk weer terug op de Aa te worden gezet. Tijdens kritieke situaties op het Grote Pand wordt de afvoer van Sluis 15 geheel richting Sluis Panheel gestuurd, waardoor de afvoer bij Sluis Helmond nul wordt.



Figuur 4-2 Schematische weergave van aanvoer naar en afvoer van de Zuid-Willemsvaart en de doorvoercapaciteit van de sluisen.

De capaciteit van aflatwerk Schabbert is maximaal 16 m<sup>3</sup>/s in de winter en 12 m<sup>3</sup>/s in de zomer vanwege meer begroeiing. Sluis 6, Sluis 5 en Sluis 4 kunnen maximaal 18 m<sup>3</sup>/s doorvoeren zonder dat de scheepvaart er hinder van ondervindt. Als het nodig is kunnen deze sluisen nog 10 m<sup>3</sup>/s extra doorvoeren met inzet van maatregelen.

De sluisen zijn dan wel gestremd voor scheepvaart. Om te bepalen wat de maximale aanvoer van de beken kan zijn zonder dat er stremmingen optreden, is de volgende waterbalans opgezet:

$$Q_{in} = Q_{uit}$$

$$Q_{Scheepstal} + Q_{Vossenbeemd} + Q_{Sluis\ 7} + Q_{Sluis\ Helmond} = Q_{Schabbert} + Q_{Sluis\ 6}$$

$$Q_{Scheepstal} + Q_{Vossenbeemd} \leq Q_{Schabbert} + Q_{Sluis\ 6} - Q_{Sluis\ 7} - Q_{Sluis\ Helmond}$$

$$\text{winter: } Q_{Scheepstal} + Q_{Vossenbeemd} \leq 16 + 18 - 7 - 0 = 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{zomer: } Q_{Scheepstal} + Q_{Vossenbeemd} \leq 12 + 18 - 7 - 0 = 23 \text{ m}^3/\text{s}$$

De maximale gezamenlijke afvoer van de beken, waarbij nog (net) geen stremmingen optreden voor de scheepvaart, is dus 27 m<sup>3</sup>/s in de winter en 23 m<sup>3</sup>/s in de zomer. Tabel 4-1 toont de door het Waterschap De Aa en Maas aangeleverde piekafvoeren van de Aa bij Vossenbeemd en Bakelse Aa bij Scheepstal voor het huidige klimaat. In de laatste kolom zijn de piekafvoeren van beide beken opgeteld. Hieruit blijkt dat bij de piekafvoeren met een herhalingsstijd T1 en T2 er, zowel in de zomer als in de winter, nog geen stremming optreedt voor de scheepvaart. Vanaf de piekafvoer van T10 en hoger treden wel stremmingen op voor de scheepvaart, ongeacht het seizoen. Omdat de golfvorm onbekend is, kan er geen uitspraak worden gedaan over de duur van de stremming.

Tabel 4-2 toont de piekafvoeren voor het KNMI'14-klimaatscenario 2050WH. Door klimaatverandering zijn deze afvoeren hoger dan in Tabel 4-1, waardoor nu voor alle piekafvoeren stremmingen voor de scheepvaart optreden in zowel de zomer als de winter.

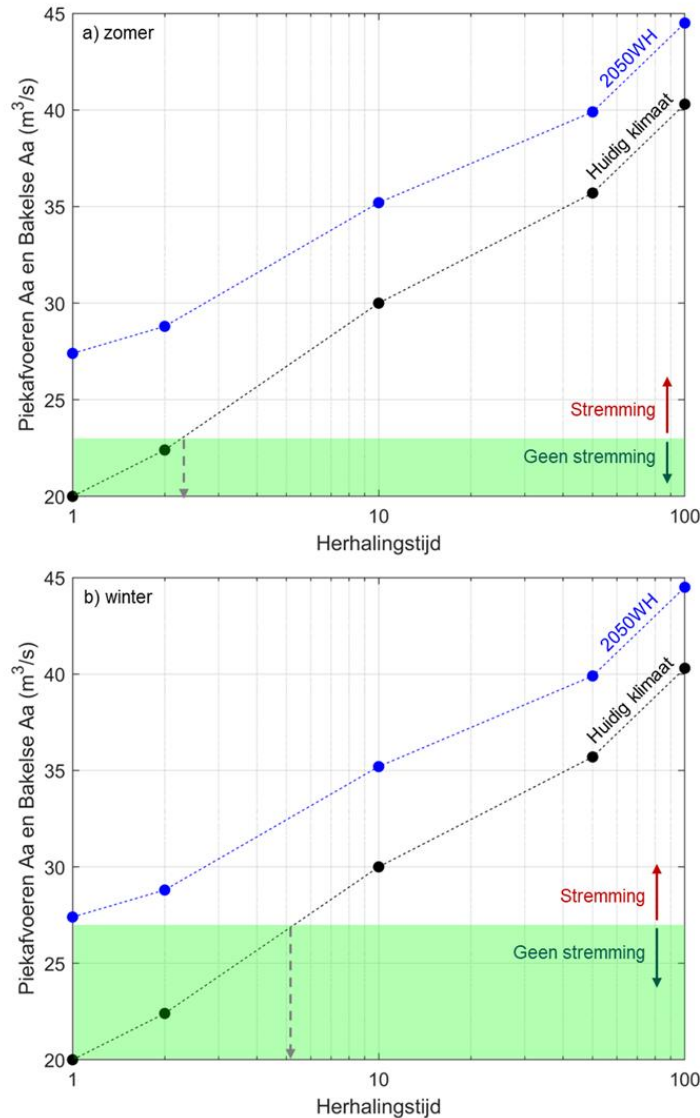
Tabel 4-1 Berekende piekafvoeren van de Aa bij Vossenbeemd (incl. Peelrijt) en de Bakelse Aa bij Scheepstal voor het huidige klimaat. Bron: Waterschap Aa en Maas.

| Herhalingsstijd | Berekende piekafvoeren – Huidig klimaat |                   |                        |
|-----------------|---|-------------------|------------------------|
|                 | Aa (m3/s)                               | Bakelse Aa (m3/s) | Aa + Bakelse Aa (m3/s) |
| T1              | 12,8                                    | 7,2               | 20,0                   |
| T2              | 14,6                                    | 7,8               | 22,4                   |
| T10             | 19,5                                    | 10,5              | 30,0                   |
| T50             | 21,2                                    | 14,5              | 35,7                   |
| T100            | 21,9                                    | 18,4              | 40,3                   |

Tabel 4-2 Berekende piekafvoeren van de Aa bij Vossenbeemd (incl. Peelrijt) en de Bakelse Aa bij Scheepstal voor het klimaat 2050WH. Bron: Waterschap Aa en Maas.

| Herhalingsstijd | Berekende piekafvoeren – Klimaat 2050WH |                   |                        |
|-----------------|---|-------------------|------------------------|
|                 | Aa (m3/s)                               | Bakelse Aa (m3/s) | Aa + Bakelse Aa (m3/s) |
| T1              | 17,6                                    | 9,8               | 27,4                   |
| T2              | 18,4                                    | 10,4              | 28,8                   |
| T10             | 22,9                                    | 12,3              | 35,2                   |
| T50             | 23,6                                    | 16,3              | 39,9                   |
| T100            | 23,8                                    | 20,7              | 44,5                   |

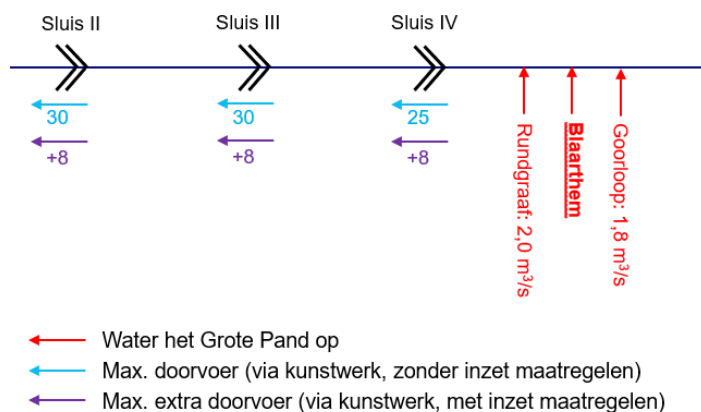
In Figuur 4-3 zijn de bovenstaande piekafvoeren geplot en is geïnterpoleerd tussen de punten om een inschatting te kunnen maken vanaf welke herhalingsstijd stremming voor de scheepvaart optreedt. In de zomer (Figuur 4-3a) is er in het huidige klimaat sprake van stremming vanaf een piekafvoer met een herhalingsstijd van ongeveer 2,3 jaar, terwijl dit in de winter (Figuur 4-3b) pas vanaf een piekafvoer met een herhalingsstijd van 5,3 jaar is. In het klimaat 2050WH is (net zoals in Tabel 4-2) voor alle piekafvoeren de scheepvaart gestremd.



Figuur 4-3 Piekafvoeren van de Aa en Bakelse Aa voor verschillende herhalingsstijden in het huidige klimaat (zwart) en het klimaatscenario 2050WH (blauw). Wanneer de punten en stippellijnen zich in het groene gebied bevinden, treedt er geen stremming op voor scheepvaart. Buiten dit gebied is wel sprake van stremming. Grafiek a) toont de situatie in de zomer en grafiek b) die in de winter.

### 4.3 Stap 2: Wilhelminakanaal

Figuur 4-4 toont een schematisch overzicht van de aanvoer naar het Wilhelminakanaal en de doorvoercapaciteit van de sluisen. Water wordt aangevoerd door de Dommel bij Blaarthem, de Rundgraaf (max. 2 m³/s) en de Goorloop (max. 1,8 m³/s). De afvoer van water vindt achtereenvolgens via Sluis IV, Sluis III en Sluis II plaats.



Figuur 4-4 Schematische weergave van aanvoer naar het Wilhelminakanaal en de doorvoercapaciteit van de sluisen.

Sluis IV kan maximaal 25 m<sup>3</sup>/s doorvoeren zonder dat de scheepvaart er hinder van ondervindt. Als het nodig is kan deze sluis nog 8 m<sup>3</sup>/s extra doorvoeren met inzet van maatregelen. Sluis IV is dan wel gestremd voor scheepvaart. Om te bepalen wat de maximale aanvoer van de Dommel kan zijn zonder dat er stremmingen optreden, is de volgende waterbalans opgezet:

$$Q_{in} = Q_{uit}$$

$$Q_{Blaarthem} + Q_{Rundgraaft} + Q_{Goorloop} = Q_{Sluis\ IV}$$

$$Q_{Blaarthem} \leq Q_{Sluis\ IV} - Q_{Rundgraaft} - Q_{Goorloop}$$

$$Q_{Blaarthem} \leq 25 - 2 - 1,8 = \mathbf{21,2\ m^3/s}$$

De maximale afvoer van de Dommel, waarbij nog (net) geen stremmingen optreden voor de scheepvaart, is dus 21,2 m<sup>3</sup>/s. Tabel 4-3 toont de door het Waterschap De Dommel aangeleverde piekafvoeren van de Dommel voor het huidige klimaat. Voor de Dommel is geen piekafvoer met een herhalingstijd T2 beschikbaar, zoals voor de Aa en Bakelse Aa wel het geval was. Omdat voor deze piekafvoeren de golfvorm wel bekend was, kon ook de duur van de stremming bepaald worden (laatste kolom). Bij de piekafvoer met herhalingstijd T1 treedt nog geen stremming op voor de scheepvaart. Vanaf de piekafvoer van T10 en hoger treden wel stremmingen op voor de scheepvaart. Hoe hoger de piekafvoer, hoe langer het aantal dagen stremming.

Tabel 4-4 toont de piekafvoeren voor het klimaatscenario 2050WH. Door klimaatverandering zijn deze afvoeren hoger dan in Tabel 4-3 waardoor ook het aantal dagen stremming toeneemt.

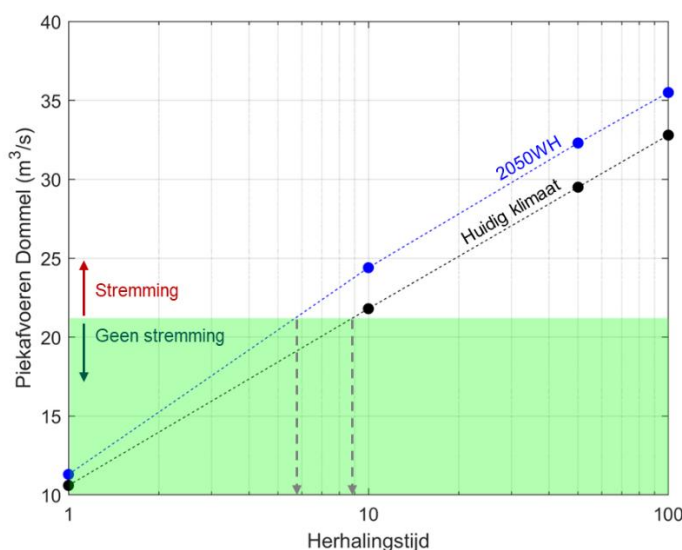
Tabel 4-3 Berekende piekafvoeren van de Dommel bij Blaarthem voor het huidige klimaat. Bron: Waterschap De Dommel.

| Herhalingstijd | Berekende piekafvoeren Dommel (m <sup>3</sup> /s) – Huidig klimaat | Aantal dagen stremming |
|----------------|--|------------------------|
| T1             | 10,6   | Geen stremming         |
| T10            | 21,8   | 0,9                    |
| T50            | 29,5   | 3,3                    |
| T100           | 32,8   | 3,9                    |

Tabel 4-4 Berekende piekafvoeren van de Dommel bij Blaarthem voor het klimaatscenario 2050WH. Bron: Waterschap De Dommel.

| Herhalingstijd | Berekende piekafvoeren Dommel (m <sup>3</sup> /s) – Klimaat 2050 WH | Aantal dagen stremming |
|----------------|---|------------------------|
| T1             | 11,3  | Geen stremming         |
| T10            | 24,4  | 1,8                    |
| T50            | 32,3  | 3,9                    |
| T100           | 35,5  | 4,5                    |

In Figuur 4-5 zijn de bovenstaande piekafvoeren van de Dommel geplot en is geïnterpoleerd tussen de punten om een inschatting te kunnen maken vanaf welke herhalingstijd stremming optreedt. In het huidige klimaat is er sprake van stremming vanaf een piekafvoer met een herhalingstijd van ongeveer 8,8 jaar. In het klimaat 2050WH neemt dit af tot een herhalingstijd van ongeveer 5,7 jaar, waardoor de frequentie van stremmingen toeneemt.



Figuur 4-5 Piekafvoeren van de Dommel voor verschillende herhalingstijden voor het huidige klimaat (zwart) en het klimaatscenario 2050WH (blauw). Wanneer de punten en stippellijnen zich in het groene gebied bevinden, treedt er geen stremming op voor scheepvaart. Buiten dit gebied is wel sprake van stremming.

#### 4.4 Stap 3: Grote Pand

In deze stap zijn de Zuid-Willemsvaart en het Wilhelminakanaal samengevoegd en zal de inzet van bergingsgebieden wel meegenomen worden. Alle afvoeren zoals gegeven in paragraaf 4.2 en 4.3 zijn dus bij elkaar opgeteld, zie Tabel 4-5 voor de totale aanvoer richting het Grote Pand in het huidige klimaat en Tabel 4-6 voor de totale aanvoer in het klimaatscenario 2050WH.

Tabel 4-5 Totale aanvoer van water naar het Grote Pand voor verschillende herhalingstijden in het huidige klimaat. Totaal overig bestaat uit: Sluis 7, Rundgraaf en Goorloop.

| Herhalingstijd | Aa   | Bakelse Aa | Dommel | Totaal overig (m <sup>3</sup> /s) | Totale aanvoer (m <sup>3</sup> /s) |
|----------------|------|------------|--------|-----------------------------------|------------------------------------|
| T1             | 12,8 | 7,2        | 10,6   | 10,8                              | 41,4                               |
| T10            | 19,5 | 10,5       | 21,8   | 10,8                              | 62,6                               |
| T50            | 21,2 | 14,5       | 29,5   | 10,8                              | 76,0                               |
| T100           | 21,9 | 18,4       | 32,8   | 10,8                              | 83,9                               |

Tabel 4-6 Totale aanvoer van water naar het Grote Pand voor verschillende herhalingstijden in het klimaatscenario 2050WH. Totaal overig bestaat uit: Sluis 7, Rundgraaf en Goorloop.

| Herhalingstijd | Aa   | Bakelse Aa | Dommel | Totaal overig (m <sup>3</sup> /s) | Totale aanvoer (m <sup>3</sup> /s) |
|----------------|------|------------|--------|-----------------------------------|------------------------------------|
| T1             | 17,6 | 9,8        | 11,3   | 10,8                              | 49,5                               |
| T10            | 22,9 | 12,3       | 24,4   | 10,8                              | 70,4                               |
| T50            | 23,6 | 16,3       | 32,3   | 10,8                              | 83,0                               |
| T100           | 23,8 | 20,7       | 35,5   | 10,8                              | 90,8                               |

Wanneer de streefpeilen op het Grote Pand niet meer gehandhaafd kunnen worden, wordt de redeneerlijn ingezet zoals in Figuur 4-6. Bij het hanteren van dit stappenplan worden de volgende uitgangspunten gevolgd:

- Buiten het groeiseizoen (winter) gaat de inzet van bergingsgebieden vóór het stilleggen van de scheepvaart;
- In het groeiseizoen (zomer) gaat het stil leggen van de scheepvaart vóór de inzet van bergingsgebieden.

| Stappenplan volgens samenwerkingskaart <u>buiten groeiseizoen (winter)</u> |   | aanvoerdebiet            | afvoer debiet kanaal     | afvoer schabbert | inzet bergingsgebieden | stil leggen scheepvaart |
|--|---|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| 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   |                          |                          |                  |                        |                         |

| Stappenplan volgens samenwerkingskaart <u>groeiseizoen (zomer)</u> |   | aanvoerdebiet            | afvoer debiet kanaal     | afvoer schabbert | inzet bergingsgebieden | stil leggen scheepvaart |
|--|---|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| 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 12 m <sup>3</sup> /s vanwege meer begroeiing  | 55                       | 43                       | 12               | 0                      | nee                     |
| 5  | Zet nog eens 8 m <sup>3</sup> /s op het Wilhelminakanaal (tot 33 m <sup>3</sup> /s benutten)  | 63                       | 51                       | 12               | 0                      | ja                      |
| 6  | Zet nog eens 10 m <sup>3</sup> /s op de Zuid Willemsvaart (tot 28 m <sup>3</sup> /s benutten)   | 73                       | 61                       | 12               | 0                      | ja                      |
| 7  | Als er nu nog debiet over is, zet dan de waterbergingsgebieden in.  | 86                       | 61                       | 12               | 13                     | ja                      |
|  | Kijk na inzet van een waterbergingsgebied of er nog steeds debiet over is op het Grote Pand.  |                          |                          |                  |                        |                         |
| 8**  | Stuur het restant Aa-water over Schabbert   |                          |                          |                  |                        |                         |

\*\*deze stap is een optie, een andere optie is bovenstrooms meer land onder water te zetten buiten de bergingen om. Het kan zijn dat als je teveel water over de Schabbert stuurt je grotere schade veroorzaakt i.v.m. benedenstroomse ligging van bebouwde gebieden aldaar en kapitaalintensief landgebruik

Figuur 4-6 Stappenplan voor hoogwatersituaties op het Grote Pand. Met in de bovenste tabel de stappen voor in de winter en in de onderste die voor in de zomer. De afvoeren waarbij stremming voor de scheepvaart optreedt zijn rood omlijnd. \*\* Stap 8 is een optie waar geen afspraken over zijn. Bron: [Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al. \(2022\)](#).

Door Tabel 4-5 en Tabel 4-6 te combineren met Figuur 4-6 kan bepaald worden voor welke herhalingstijden de scheepvaart gestremd wordt. Tabel 4-7 toont voor welke herhalingstijden er stremmingen optreden voor het huidige klimaat en Tabel 4-8 voor het klimaat 2050WH. Door klimaatverandering neemt de kans op stremming zowel in de zomer als in de winter toe.

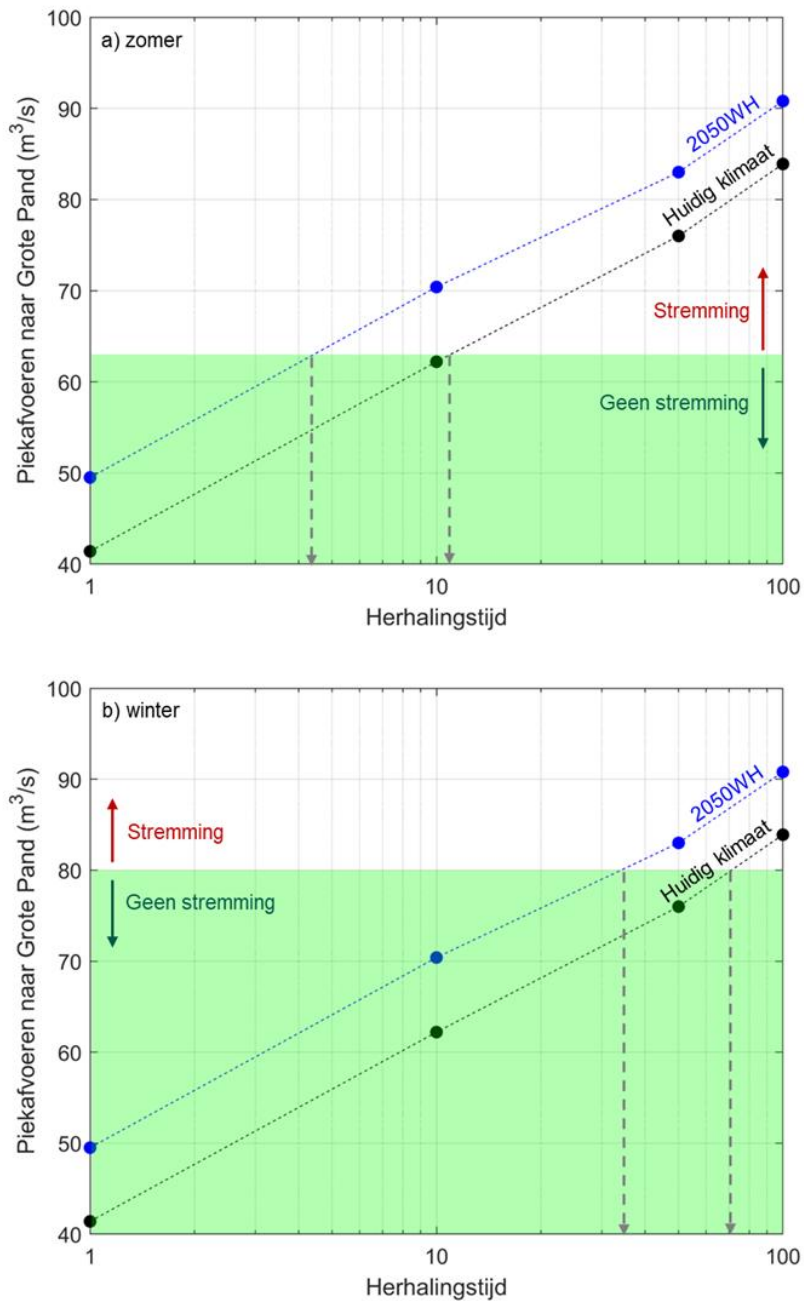
*Tabel 4-7 Totale aanvoer naar het Grote Pand in het huidige klimaat, inclusief indicatie van stremmingen in de zomer en winter.*

| Herhalingstijd | Totale aanvoer Grote Pand (m <sup>3</sup> /s) – Huidig klimaat | Stil leggen scheepvaart - zomer | Stilleggen scheepvaart - winter |
|----------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>T1</b>      | 41,4   | Nee                             | Nee                             |
| <b>T10</b>     | 62,6   | Nee                             | Nee                             |
| <b>T50</b>     | 76,0   | Ja                              | Nee                             |
| <b>T100</b>    | 83,9   | Ja                              | Ja                              |

*Tabel 4-8 Totale aanvoer naar het Grote Pand in het klimaat 2050WH, inclusief indicatie van stremmingen in de zomer en winter.*

| Herhalingstijd | Totale aanvoer Grote Pand (m <sup>3</sup> /s) – klimaat 2050WH | Stil leggen scheepvaart - zomer | Stilleggen scheepvaart - winter |
|----------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>T1</b>      | 49,5   | Nee                             | Nee                             |
| <b>T10</b>     | 70,4   | Ja                              | Nee                             |
| <b>T50</b>     | 83,0   | Ja                              | Ja                              |
| <b>T100</b>    | 90,8   | Ja                              | Ja                              |

In Figuur 4-7 is de totale aanvoer naar het Grote Pand (voor het huidige klimaat en klimaat 2050WH) geplot en is geïnterpoleerd tussen de punten om een inschatting te kunnen maken vanaf welke herhalingstijd stremming optreedt. In het huidige klimaat treden er stremmingen voor de scheepvaart op bij piekafvoeren met een herhalingstijd van 71 jaar in de winter en 11 jaar in de zomer. In het klimaatscenario 2050WH nemen deze herhalingstijden af tot zo'n 34 jaar in de winter en 4,4 jaar in de zomer, waardoor de frequentie van stremmingen toeneemt.



Figuur 4-7 Piekatvoeren naar het Grote Pand voor verschillende herhalingstijden voor het huidige klimaat (zwart) en het klimaatscenario 2050WH (blauw). Wanneer de punten en stippellijnen zich in het groene gebied bevinden, treedt er geen stremming op voor scheepvaart. Buiten dit gebied is wel sprake van stremming. Grafiek a) toont de situatie in de zomer en grafiek b) die in de winter.

## 5 Conclusies

Het doel van deze studie is om middels een zogenaamde 'quick scan' de kwetsbaarheid van de sluizen te bepalen in het MLNBK-systeem bij het huidige en toekomstige klimaat voor:

- Te weinig water door droogte en laagwater op de Maas en op de beken; en
- Te veel water door hevige regenval en hoogwater op de beken.

### 5.1 Te weinig water

Uit de 'quick scan' blijkt dat Sluis Schijndel, Sluis Hintham en Sluis Empel de meest kwetsbare sluizen zijn in het MLNBK-systeem. Zelfs bij een theoretische 100% kolkbezetting per schutcyclus kunnen bij Sluis Empel niet alle schepen worden geschut bij een daggemiddelde afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s en lager bij St. Pieter. Volgens de KNMI'23-scenario's komen afvoeren lager dan 20 m<sup>3</sup>/s in het huidige klimaat (referentie) en in het scenario 2050Hd echter niet voor. Verder in de toekomst neemt de kans op dergelijke lage afvoeren wel toe, maar blijft deze zeer klein. Wanneer er niet geschut wordt met een volledige kolkbezetting, maar met één schip per cyclus, kunnen – als het Maasafvoeroverdrag gevolgd wordt – bij de genoemde sluizen al problemen ontstaan bij afvoeren van 44 m<sup>3</sup>/s en lager bij St. Pieter. Dit betekent dat niet alle schepen geschut kunnen worden, waardoor wachttijden toenemen en de doorvaartcapaciteit van de sluizen aanzienlijk afneemt. De kans op afvoeren lager dan 44 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter is in het huidige klimaat al aanzienlijk en zal naar verwachting verder toenemen in de toekomst.

Als de intensiteit op de MLNBK zal verdubbelen in de toekomst, zullen bij een afvoer van 20 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter en één schip per schutcyclus nu ook problemen optreden bij Sluis Helmond, Sluis 6, Sluis 5 en Sluis 4.

In de toekomst is het de bedoeling dat alle sluizen op het Wilhelminakanaal, met uitzondering van Sluis IV, zelfvoorzienend worden door de inzet van pompen, waardoor het schutverlies door deze sluizen op nul komt en er alleen nog een aantal onttrekkingen langs het kanaal en Sluis IV voorzien moeten worden van water. Hierdoor komt er meer water beschikbaar voor de Zuid-Willemsvaart, wat de kans op problemen voor de scheepvaart op dat traject verkleint. De belangrijkste afweging is echter of structureel wordt ingezet op pompen om watertekorten op te vangen, of dat wordt geïnvesteerd in het klimaatbestendiger maken van het kanaal als geheel. Het continu inzetten van pompen vraagt namelijk energie en brengt een risico op falen met zich mee.

### 5.2 Te veel water

Uit de 'quick scan' blijkt dat tijdens eenzelfde hoogwater in de zomer eerder stremmingen voor de scheepvaart optreden dan in de winter. Dit komt doordat volgens de redeneerlijn in het Waterakkoord ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)) in de zomer het stilleggen van de scheepvaart vóór het inzetten van bergingsgebieden gaat, terwijl dit in de winter juist omgekeerd is. Bij een waterverdeling, zoals in de redeneerlijn in het Waterakkoord 2021, treden er in het huidige klimaat stremmingen op het Wilhelminakanaal op bij piekafvoeren met een herhalingsdij van 71 jaar in de winter en 11 jaar in de zomer. In het klimaatscenario 2050WH nemen deze herhalingsdijen af tot zo'n 34 jaar in de winter en 4,4 jaar in de zomer, wat betekent dat de frequentie van stremmingen toeneemt in het klimaatscenario 2050WH.

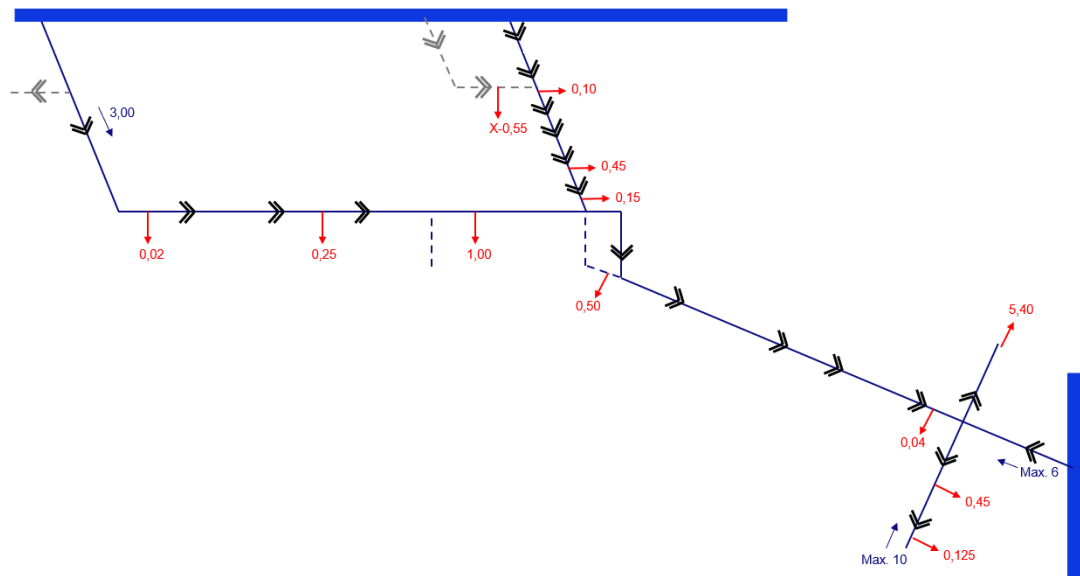
In de praktijk is het echter lastig om op deze verdeling te sturen. Bij afvoer van de Dommel (bij Blaarthem) via het Wilhelminakanaal en de Aa via de Zuid-Willemsvaart neemt de kans op stremmingen toe, vooral op de Zuid-Willemsvaart: daar kunnen al stremmingen optreden bij piekafvoeren met een herhalingsstijd vanaf 5,3 jaar (winter) en 2,3 jaar (zomer). Door klimaatverandering zullen de piekafvoeren horend bij een bepaalde terugkeertijd naar verwachting toenemen, wat leidt tot een grotere kans op stremmingen voor de scheepvaart. Zo is er in het KNMI'14-scenario 2050WH al bij een piekafvoer met een terugkeertijd van één jaar kans op stremming op de Zuid-Willemsvaart, wanneer al het Aa-water hierop wordt afgevoerd. Op het Wilhelminakanaal is er in het huidige klimaat sprake van stremming vanaf een piekafvoer van de Dommel met een herhalingsstijd van ongeveer 8,8 jaar. In het klimaat 2050WH neemt dit af tot een herhalingsstijd van ongeveer 5,7 jaar. De frequentie van stremmingen neemt dus toe in het klimaatscenario 2050WH.

## 6 Referenties

- Buitink et al (2023) gebruiken (Buitink, J., Tsiokanos, A., Geertsema, T., ten Velden, C., Bouaziz, L., & Sperna Weiland, F. (2023). Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse. Deltares rapport 11209265
- Daggenvoorde, R. & Pezij, M. (2024). Waterbeschikbaarheid Maas – Eindrapportage. PR5010.10, april 2024.
- Van den Hoek, A.M. & Van der Mark, C.F. (2024). Vergelijking KNMI'23 en KNMI'14 scenario's ten behoeve van stresstesten KBN-HVWN. Deltares rapport: 11210314-000-ZWS-0001, 27 mei 2024
- De Jong, J. S. (2019). KBN: Bedreiging klimaatverandering – Beschrijving karakteristieke droge jaren met stationaire afvoerniveaus. Deltares memo 11203738-005-BGS-0002 versie 1.1, d.d. 14 december 2019.
- De Jong, J.S. (2022). KBN-HVWN: Scheepvaartbeperkingen door watertekorten. Deltares rapport: 11206832-020-GEO-0002, 23 maart 2022
- Kooman & De Bruijn (1975). Lock capacity and traffic resistance of locks. Rijkswaterstaat communications No 22.
- De Jong, J.S. (2020). KBN- Stresstest droogte Maas – Bedreiging: Klimaatverandering. Beschrijving karakteristieke droge jaren met stationaire afvoerniveaus. Deltares memo met kenmerk: 11205274-004-BGS-0003.
- Van der Mark, C.F. & De Jong, J.S. (2020). Stresstest droogte Maas – Blootstelling en kwetsbaarheid bij de sluiscomplexen. Deltares memo met kenmerk: 11205274-0004-BGS-0020.
- PBL (2025), Toekomstverkenning WLO 2025: Cahier Mobiliteit Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rijkswaterstaat (2025a). Infographics operationeel watermanagement van: Midden- Limburgse en Noord-Brabantse kanalen. Te downloaden vanaf: <https://iplo.nl/thema/water/beheer-watersysteem/infographics-operationeel-watermanagement/>
- Rijkswaterstaat (2025b). Verkenning stresstesten overige vaarwegen; Midden-Limburgse- en Brabantse-Kanalen. MLNBK\_onderzoeksopzet\_v0.1\_Deltares.pdf
- Rijkswaterstaat (2025c). Vaarweginformatie: Vaarwegen en Objecten. Geraadpleegd op 14 juli 2025, van: [Vaarwegen en objecten | Rijkswaterstaat](#)
- Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, Waterschap Aa en Maas, Waterschap de Dommel, Waterschap Brabantse Delta & Waterschap Limburg (2022). Waterakkoord Midden-Limburgse en Noord-Brabantse Kanalen 2021. Definitieve versie 1.2, d.d. 15 juni 2022.
- RWS-WVL & Deltares (2016). Beschrijving Modelschematisatie MLNBK 5e-generatie SOBEK 3, Versie 2016\_01.
- Schuttevaer (2025). Vernieuwing Sluis II Wilhelminakanaal Tilburg kan nu echt van start. Van: [Vernieuwing Sluis II Wilhelminakanaal Tilburg kan nu echt van start | Schuttevaer.nl](#)

# A Waterverdeling tijdens droogte

Figuur A-1 toont een schematisch overzicht van de maximale toevoer bovenstrooms aan de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Wessem-Nederweert en van de maximale onttrekkingen uit het systeem volgens het Waterakkoord van 2022 ([Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al., 2022](#)).



Figuur A-1 Schematisch overzicht van de maximale toevoer en maximale onttrekkingen in  $m^3/s$  in de MLNBK voor een afvoer van  $44 m^3/s$  en hoger bij St. Pieter met in blauw de maximale aanvoer van water en in rood de maximale onttrekkingen zoals in het Waterakkoord (2022).

Vervolgens is voor verschillende afvoeren bij Monsin door middel van interpolatie de afvoer bepaald voor St. Pieter en Lozen met behulp van het Maasafvoerdrag (1995), Tabel A-1 uit [Van der Mark & De Jong \(2020\)](#) en Tabel 1 uit [Daggenvoorde & Pezij \(2024\)](#). De eerste drie kolommen in Tabel A-1 tonen deze afvoeren.

Sluis Panheel in het kanaal Wessem Nederweert heeft een pompcapaciteit van maximaal  $6 m^3/s$ , waardoor dit de maximale aanvoer is voor het kanaal. De aanvoer richting kanaal Wessem-Nederweert voor een afvoer van  $10 m^3/s$  bij St. Pieter is bepaald door met behulp van Tabel A-1 uit [Van der Mark & De Jong \(2020\)](#) de volgende balans sluitend te krijgen:  $M2 + JK = M3 + LK + KWN^2$ . Hieruit volgt een netto afvoer van  $1 m^3/s$  richting Wessem-Nederweert bij een afvoer van  $10 m^3/s$  bij St. Pieter. De tussenliggende afvoeren zijn bepaald met behulp van interpolatie (vierde kolom Tabel A-1). Daarna zijn de afvoeren bij Lozen en Panheel opgeteld (vijfde kolom Tabel A-1) om te kunnen bepalen of er waterbesparende maatregelen genomen moeten worden.

<sup>2</sup> Waarin: M2 de afvoer op de Gemeenschappelijke Maas tussen Borgharen en Linne is, JK de afvoer op het Julianakanaal tussen Borgharen en Linne, M3 de afvoer op de Maas tussen Linne en Buggenum, LK de afvoer op het Lateraalkanaal tussen Linne en Buggenum en KWN de sluitende term is voor de maximale netto aanvoer richting Kanaal Wessem-Nederweert.

Tabel A-1 Benadering van afvoeren voor verschillende locaties gekoppeld aan de afvoer bij Monsin.

| Ongedeelde Maas (Monsin) | Afvoer per locatie (m <sup>3</sup> /s) |                           |                             |                                       |
|--------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
|                          | Maas (St. Pieter)                      | Zuid-Willemsvaart (Lozen) | Wessem-Nederweert (Panheel) | Zuid-Willemsvaart + Wessem-Nederweert |
| 60,0                     | 44,0                                   | 10,0                      | 6,0                         | 16,0                                  |
| 29,9                     | 25,0                                   | 5,0                       | 3,2                         | 8,2                                   |
| 24,2                     | 20,0                                   | 4,0                       | 2,5                         | 6,5                                   |
| 18,3                     | 15,0                                   | 2,3                       | 1,7                         | 4,0                                   |
| 12,0                     | 10,0                                   | 0,6                       | 1,0                         | 1,6                                   |

Figuur A-2 toont het overzicht van prioriteitstelling voor de verdeling van water in tijden van droogte zoals vermeld staat in het Waterakkoord 2021. Bij een afvoer van 44 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter (60 m<sup>3</sup>/s bij Monsin) is er nog sprake van een normale situatie. In dit geval is het Maasafvoercontract leidend en zijn de onttrekkingen zoals weergegeven in Figuur A-1. De watervoorziening moet maximaal gekort worden bij de afvoeren 15 m<sup>3</sup>/s en 10 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter. In deze situatie zijn alle onttrekkingen uit Figuur A-1 gereduceerd tot 0 m<sup>3</sup>/s en wordt al het beschikbare water gebruikt voor natuurgebied de Peel en peilhandhaving. Er kan daardoor in deze situatie geen scheepvaart meer plaatsvinden op de MLNBK. Bij de afvoeren van 25 m<sup>3</sup>/s en 20 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter wordt er geleidelijk gekort. De onttrekkingen worden bepaald door lineair te interpoleren tussen de situatie met maximale onttrekkingen en wanneer de onttrekkingen volledig gereduceerd zijn.

|   |  |  |
|---|--|--|
| Normale situatie (Monsin > 60 m <sup>3</sup> )<br>Aanvoer Maaswater via Lozen en Panheel ≥ 16.5 m <sup>3</sup> /s   | Geleidelijk korten, aanvoer Maaswater via Lozen en Panheel < 16.5 m <sup>3</sup> /s  | Aanvoer Maaswater via Lozen en Panheel < 4.5 m <sup>3</sup> /s   |
| Het Maasafvoercontract is leidend voor de beschikbaarheid van water vanuit de Maas.<br><br>Uitgangspunt bij de waterverdeling zijn de hoeveelheden zoals opgenomen in paragraaf 3.2 onder 'droge situatie' en bijlage II. | Wanneer de afvoer daalt wordt in het RDO ZO in onderlinge afstemming de beschikbare hoeveelheid water evenredig gekort over de verschillende functies binnen de vigerende verdringingsreeks. | Wanneer de watervoorziening maximaal moet worden gereduceerd, geldt 'geen korting, tenzij' voor de functies van categorie 1 van de vigerende verdringingsreeks.<br><br>De volgende ondergrens (minimaal benodigd) wordt hiervoor aangehouden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peelvenen (onherstelbare natuurschade incl. peilhandhaving Noordervaart en Peelkanalen) → 2.3 m<sup>3</sup>/s</li> <li>• Peilhandhaving MLNBK (wegzijing/verdamping) → 2,2 m<sup>3</sup>/s</li> </ul> |
| Wat aan water beschikbaar is wordt bepaald door Lozen en Panheel.<br>Benodigde wateraanvoer vanuit buitenpand WHK voor de regionale watervoorziening, schutwater en peilhandhaving is niet opgenomen in deze tabel.       |  |  |

*De m<sup>3</sup>/s bij ondergrens voor onherstelbare schade Peelvenen zijn gebaseerd op ervaringen uit 2018/2019*

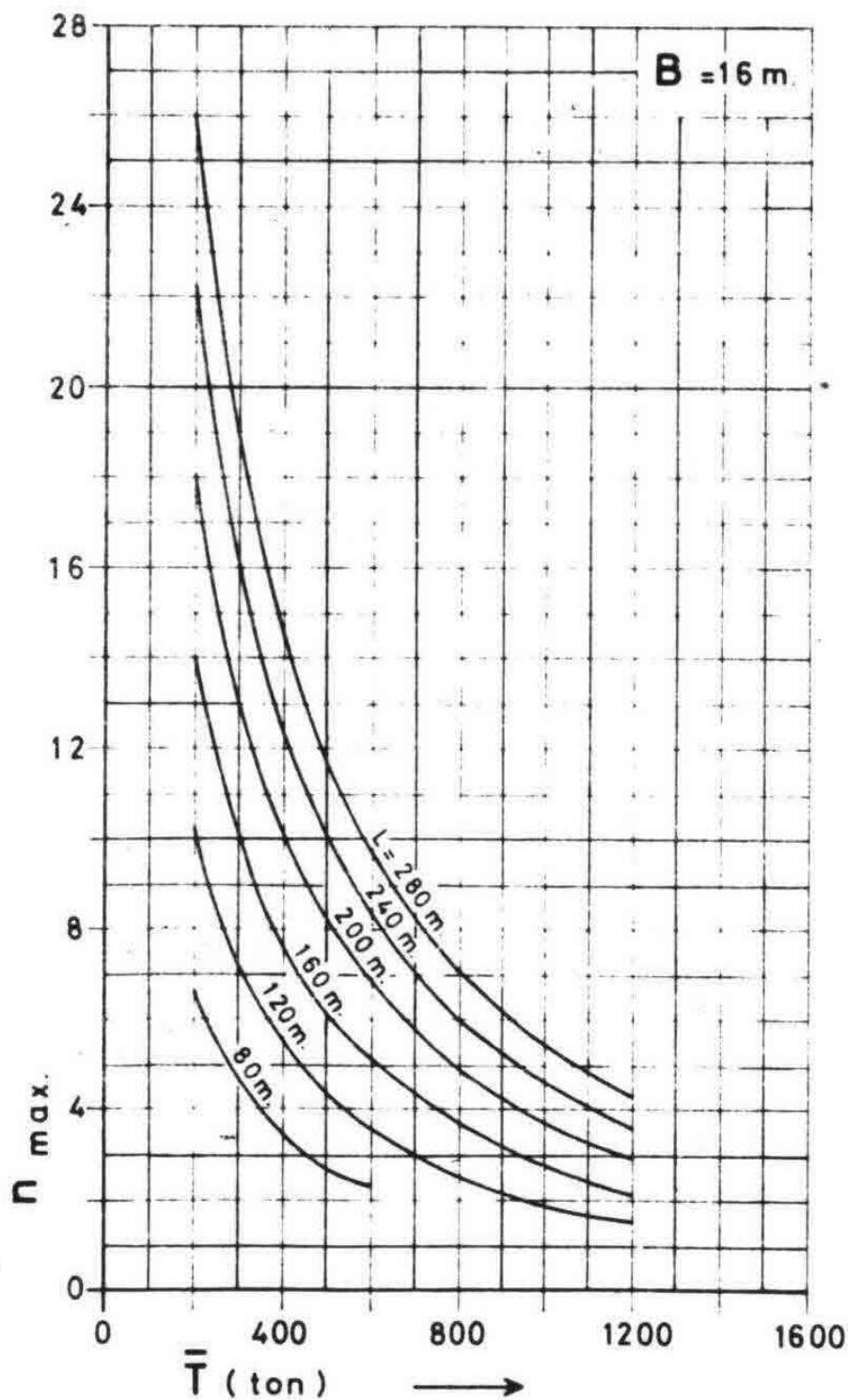
*De m<sup>3</sup>/s voor peilhandhaving, schutwater en onttrekkingen zijn gebaseerd op het wateraanvoerbeleid uit het WWLB*

Figuur A-2 Overzicht prioriteitstelling voor de verdeling van water bij droogte. Bron: [Rijkswaterstaat Zuid-Nederland et al. \(2022\)](#).

Om de balans voor alle afvoeren bij St. Pieter sluitend te krijgen zijn de volgende aannames gedaan:

- Er is tijdens droogte geen netto aanvoer van water vanuit de Dommel en de Aa;
- In een normale situatie (afvoer >44 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter) gaat er 5,4 m<sup>3</sup>/s naar natuurgebied de Peel en in tijden van extreme droogte (afvoer <16 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter) nog 2,3 m<sup>3</sup>/s (als mogelijk). Voor de tussenliggende afvoeren wordt er geïnterpoleerd om de aanvoer naar de Peel te bepalen.
- Het schutdebiet bij Sluis Panheel is 1,4 m<sup>3</sup>/s ([De Jong, 2022](#)). Bij een afvoer van 44 m<sup>3</sup>/s bij St. Pieter kan er 6 m<sup>3</sup>/s uit de Maas onttrokken worden, waarvan dan dus 1,4 m<sup>3</sup>/s wordt verbruikt bij het schutten en niet richting de MLNBK kan. Wanneer er bij lagere afvoeren minder dan 4,6 m<sup>3</sup>/s uit de Maas kan worden onttrokken, is aangenomen dat het schutdebiet volledig gecompenseerd wordt door de pompen. In dat geval is de netto aanvoer richting de MLNBK gelijk aan de hoeveelheid water die maximaal uit de Maas beschikbaar is.
- Door Sluis 13 kan maximaal 6,5 m<sup>3</sup>/s (ook als er meer beschikbaar is), zoals aangegeven is vanuit RWS-ZN.
- In deze 'quick scan' is verdamping en wegzijging meegenomen door bij Sluis 13 2,2 m<sup>3</sup>/s van de beschikbare afvoer af te trekken. Dit is voor de bovenstroomse sluisen en lichte overschatting.
- De verdeling van water over de Zuid-Willemsvaart en het Wilhelminakanaal is gelijk aan de verhouding van de onttrekkingen in beide kanalen.

## B Benodigd aantal schuttingen



Figuur B-1 Maximaal aantal schepen in de kolk voor een kolkbreedte van 16 m (Kooman en De Bruijn, 1975).

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)