



## Werkpakket Wateroverlast en overstrooming 2023-2024

**Methodiek voor een kwantitatieve risicodialoog en het opstellen van een bibliotheek met kritieke uitvalwaarden inclusief voorbeelden van beschermingsmogelijkheden van vitale infra.**

Datum: Januari 2024

Versie: Definitief

### **Projectteam:**

Dorien Honingh (HKV, projectleider)  
Bas Kolen (HKV, projectdirecteur)  
Bart Strijker (HKV)  
Dorien Lugt (HKV)  
Jochem Caspers (HKV)  
Jarl Kind (De Waterwerkers)  
Harm Nomden (Sweco)  
Julia de Niet (Sweco)  
Sven Suijkens (Sweco)  
Sander van den Tillaart (Royal HaskoningDHV)  
Mandy van Kouwen (Royal HaskoningDHV)  
Calvin Damen (Royal HaskoningDHV)

## Inhoud

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Samenvatting</b>                                  | <b>4</b>  |
| <b>1 Inleiding</b>                                   | <b>7</b>  |
| 1.1 Aanleiding voor dit onderzoek                    | 7         |
| 1.2 Doelstellingen                                   | 8         |
| 1.3 Risicodialoog binnen stresstesten                | 8         |
| 1.4 Procesaanpak                                     | 10        |
| 1.5 Leeswijzer                                       | 11        |
| <b>2 Vitale objecten</b>                             | <b>12</b> |
| 2.1 Inleiding  | 12        |
| 2.1.1 Vitale functies en objecten                    | 12        |
| 2.1.2 Definities en faalboom van vitale objecten     | 12        |
| 2.1.3 Intrinsieke veiligheid                         | 14        |
| 2.2 Bibliotheek                                      | 15        |
| 2.3 Reflectie  | 19        |
| <b>3 Procesleidraad risicodialoog</b>                | <b>21</b> |
| 3.1 Inleiding  | 21        |
| 3.2 Drie perspectieven in één risicodialoog          | 22        |
| 3.3 Risicodialoog uitwerking                         | 24        |
| 3.3.1 Waterperspectief                               | 25        |
| 3.3.2 Functieperspectief                             | 27        |
| 3.3.3 Additionele risico-aversieperspectief          | 29        |
| 3.3.4 Maatregelen en opmaat voor bestuurlijk afwegen | 31        |
| <b>4 Toepassing methode in casussen</b>              | <b>36</b> |
| 4.1 Den Bosch  | 36        |
| 4.2 ARK-NZK: Amstelland                              | 41        |
| 4.2.1 Risicodialoog 1: elektriciteitsvoorziening     | 42        |
| 4.2.2 Focus op afvalwaterbeheer (rioolgemalen)       | 48        |
| 4.3 Beschouwing risicodialoog                        | 54        |
| <b>5 Extreme neerslaggebeurtenissen</b>              | <b>56</b> |
| <b>6 Beschouwing en aanbevelingen</b>                | <b>60</b> |
| <b>Bijlagen</b>                                      | <b>62</b> |
| A Uitval van vitale infrastructuur                   | 62        |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| A.1 | Energie – elektriciteit                                      | 63  |
| A.2 | VodafoneZiggo  | 64  |
| A.3 | Waterketen – drinkwater                                      | 65  |
| A.4 | Waterketen – afvalwater                                      | 66  |
| A.5 | Gezondheid – Ziekenhuis                                      | 66  |
| A.6 | Gezondheid – Verpleeg- en verzorgingslocaties en thuiszorg   | 67  |
| A.7 | Keren en beheren – Peilregulerende en/of kerende kunstwerken | 67  |
| B   | Case Den Bosch   | 69  |
| B.1 | Telecom  | 69  |
| B.2 | Waterketen – drinkwater                                      | 71  |
| B.3 | Waterketen – afvalwater: RWZI en rioolgemalen                | 71  |
| B.4 | Keren en beheren – poldergemaal en uitwateringssluis         | 73  |
| C   | Case ARK/NZK   | 80  |
| C.1 | Energie – elektriciteit                                      | 80  |
| C.2 | Energie – aardgas  | 83  |
| C.3 | Functie - Telecom  | 83  |
| C.4 | Waterketen – drinkwater                                      | 84  |
| C.5 | Waterketen – RWZI  | 85  |
| C.6 | Waterketen – Rioolgemalen                                    | 86  |
| C.7 | Keren en beheren – poldergemalen                             | 92  |
| C.8 | Gezondheid – Verpleeg- en verzorgingslocaties en thuiszorg   | 95  |
| D   | Handelingsperspectieven                                      | 97  |
| D.1 | Classificatie schade   | 97  |
| D.2 | Mogelijke handelingsperspectieven                            | 97  |
| D.3 | Voorbeelden maatregelen                                      | 98  |
| D.4 | Overzicht karakteristieken maatregelen                       | 101 |

# Samenvatting

In juli 2021 werden grote delen van Limburg, Duitsland en België getroffen door extreme regenval en overstromingen. Het gevolg was een watercrisis die ongekend was in deze periode van het jaar. De gebeurtenis van de zomer van 2021 was bijzonder door de combinatie van factoren die tegelijkertijd optraden: de hoeveelheid neerslag, de omvang van het gebied waarin deze neerslag viel, het jaargetijde en de karakteristieken van het gebied waarin de neerslag viel. Deze gebeurtenis kan als “nieuw” worden beschouwd. Nieuw in termen van mogelijke gevolgen en ook nieuw omdat deze gebeurtenis niet in de huidige klimaatstresstesten wordt beschouwd.

## Doelstelling

Binnen NKWK klimaatbestendige stad 2022 is een methode opgesteld om voor bovenregionale gebeurtenissen voor een gebied op te stellen. Deze aanpak richt zich op bovennormatieve wateroverlast gebeurtenissen, waarbij expert kennis met statistiek gecombineerd wordt. De methodiek maakt het mogelijk om de gebeurtenissen ten opzichte van andere gebeurtenissen te plaatsen. Dit is nuttig voor het volledige beeld opstellen van het Nederlandse waterveiligheidsbeleid met de lagen:

1. Risico analyse
2. Gevolgbeperking en herstel
3. Crisisbeheersing
4. Waterbewustzijn

Deze methodiek land nu in binnen de handreiking bovenregionale stresstesten van DGWB. In deze vervolgstudie van NKWK klimaatbestendige stad zijn deze gebeurtenissen gebruikt als input voor het risicodialoog. Eerder is tijdens risicodialogen geconstateerd dat het lastig is om keuzes te maken en deze te onderbouwen. Daarom is in deze studie gewerkt aan een methodiek om de gevolgen kwantitatief in kaart te brengen, ter ondersteuning van de bestuurlijke keuzes.

In het onderzoek is ook geconcludeerd dat het maken van keuzes in een risicodialoog nog lastig was, en dat er kennis ontbreekt over kritische uitvalhoogtes van vitale objecten. In 2023 heeft het onderzoek zich op deze vragen gericht. Ook is nog gekeken naar een verdere onderbouwing van de neerslaghoeveelheden voor de uitwerking van extreme neerslaggebeurtenissen op basis van de meeste recente klimaatstatistieken.

## Kwantitatieve uitwerking risicodialoog op basis van 3 perspectieven

Afspraken over welke maatregelen worden genomen worden gemaakt in het risicodialoog op basis van de stresstesten. Om de gevolgen van wateroverlast kwantitatief uit te werken voor het risicodialoog zijn in deze studie drie perspectieven ontwikkeld inclusief formats die gebruikt kunnen worden:

- 1) het waterperspectief waarbij de neerslaggebeurtenis centraal staat en de impact op alle sectoren,
- 2) het functieperspectief waarin alle faalgebeurtenissen binnen 1 sector centraal staan,
- 3) het additionele risico-aversieperspectief waarin keuzes kunnen worden gemaakt over anders wegen van kosten en baten.

In het waterperspectief wordt in kaart gebracht welke objecten en functies uitvallen gegeven de neerslag of hoogwatergebeurtenis. Denk hierbij aan de bereikbaarheid van ziekenhuizen, overstorten van riolen en stroomuitval. Het functieperspectief beschouwd welke verschillende oorzaken kunnen leiden tot uitval van deze functie (en voor hoe lang) en in welke mate de neerslag- of hoogwatergebeurtenis hieraan bijdraagt. Zo kan worden vergeleken hoe neerslag en hoogwater zich verhouden tot andere oorzaken van uitval.

Hierbij wordt rekening gehouden met omvang van de gebeurtenissen en de kans van voorkomen. Het functie perspectief sluit aan bij de risicomatrices die veel beheerders van vitale objecten hanteren. In het additionele risico-aversieperspectief kan rekening worden gehouden met risico-aversie voor grote events die niet vaak voorkomen ten opzichte van kleine vaak voorkomende gebeurtenissen. De verschillende invalshoeken van de drie perspectieven dragen bij aan het objectiever beschouwen van de gevolgen. Dit is binnen deze studie getoetst en verder ontwikkeld binnen casestudies voor het ARK/NZK en Den Bosch.

### *Maatregelen*

De verschillende maatregelen worden telkens vanuit een stappenplan beschouwd vanuit deze perspectieven waarbij de kosten en baten worden gekwantificeerd. Onderscheid wordt gemaakt in:

1. Ruimtelijke adaptatie gericht op gevolgbeperking in een sector.
2. Crisisbeheersing gericht op gevolgbeperking in een sector of het verkleinen van de kans van voorkomen waar meerdere sectoren baat bij hebben.
3. Watersysteemmaatregelen, hierbij kunnen meerdere sectoren baten hebben omdat de kans en gevolgen kleiner worden.
4. Acceptatie, hierbij worden de risico's geaccepteerd.

### **In het risicodialoog kunnen vervolgens afspraken worden gemaakt hoe eventuele maatregelen te borgen en te financieren. Bibliotheek kritische uitvalhoogtes**

Om de gevolgen bij vitale objecten te bepalen is het noodzakelijk om te weten wanneer vitale objecten uitvallen. Dit kan komen door uitval door wateroverlast, maar ook door andere oorzaken. Onderzoeken zijn tot nu toe vooral gericht op het in kaart brengen van cascade-effecten, maar er is nog veel onzekerheid in de kritische uitvalhoogtes. Binnen twee casestudiegebieden zijn de kritische uitvalhoogtes voor vitale objecten in kaart gebracht voor de volgende DPRA-functies:

- Energie (Elektriciteit en Aardgas)
- Telecom (Publiek netwerk)
- Waterketen (Drinkwater, Afvalwater RWZI en Afvalwater Rioolgemalen)
- Gezondheid (Ziekenhuizen, Thuiszorg en verpleeg-/ verzorgingshuizen)
- Keren en beheren (Poldergemalen, Uitwaterings-/ keersluis)

De kritieke uitvalhoogtes zijn samengevat in een bibliotheek. De bibliotheek bevat naast de kritieke uitvalhoogte ook het effect van de uitval, de aanwezigheid van redundantie, de voorwaarde van redundantie, de herstelduur en eventuele ontwerpcriteria of toelichting bij het object.

### **Nieuwe klimaatinzichten**

Binnen dit onderzoek is gekeken naar de simulaties voor het vernattende KNMI'23-klimaatscenario 2100. Uit deze analyse concluderen we dat de "Limburgbui" welke geschematiseerd is als 48 x 48 km<sup>2</sup> blokbui met 200 mm in 48 uur binnen de statistiek voor 2100 de worst-case<sup>1</sup> situatie betreft van deze omvang en gemiddelde intensiteit. Echter zien we wel dat buien met aanzienlijke omvang en lokale extreme vaker voor gaan komen. Bovendien neemt de lokale piekneerslag sterk toe. Daarom is het binnen de stresstesten zeer relevant om voor ieder gebied te kijken wat de meest relevante scenario's qua intensiteit en omvang zijn waar rekening mee gehouden dient te worden, aangezien deze sterk kunnen variëren. Dit is belangrijk aangezien het doel van de stresstesten en risicodialogen is om op verschillende niveaus te kijken naar eventuele maatregelen en herstelplannen en we ons daarom niet te beperken tot deze "Limburggebeurtenis".

---

<sup>1</sup> Vervolgstappen in deze analyse zullen worden gepresenteerd in het STOWA onderzoek "Neerslagstatistiek KNMI'23 scenario's" uitgevoerd door HKV en KNMI.

### Aanbevelingen

Een tweede aanbeveling is om de ontwikkelde methodiek voor het risicodialoog kwantitatief voor te bereiden ten behoeve van de bestuurlijke keuze zowel toe te passen voor de bovenregionale- en lokale/regionale-stresstest. Daarnaast zijn er nog een aantal lessen uit deze studie getrokken, namelijk:

- Schrijf de uitwerking van de 3 perspectieven voor als onderdeel van het risicodialoog inclusief de uitwerking van mogelijke maatregelen.
- Beschouw de bovenregionale stresstest in samenhang met de reguliere lokale/regionale-stresstesten. Voor het bepalen van de impact voor vitale functies is telkens dezelfde kennis en methodiek voor het risicodialoog gewenst en zijn grotendeels dezelfde stakeholders voor vitale objecten betrokken. Daarnaast is het mogelijk dat de lokale maximale waterstand niet door de bovenregionale stresstest wordt bereikt maar de lokale/regionale-stresstest omdat een regionale gebeurtenis een ander effect heeft als een lokale piekbui.
- Borg de bibliotheek kritische uitvalhoogtes op de klimaateffectenatlas en breidt de atlas verder uit op basis van een analyse van meerdere objecten.
- Het risicodialoog heeft alleen zin als de relevante sectoren aan tafel zitten en dus ook specialistische informatie wordt ontsloten. Bestuurlijke keuzes zijn alleen mogelijk bij een degelijke kwantitatieve voorbereiding. Een dergelijke voorbereiding draagt ook bij aan het op een uniforme manier tot stand komen van bestuurlijke keuzes, waardoor deze beter uitlegbaar worden.
- Vanwege de bovennormatieve aard van de scenario's geldt voor alle partijen dat de afspraken aanvullend zijn ten opzichte van de normale werkzaamheden en verplichtingen. Daarom is het belangrijk dat de verantwoordelijkheid (beleidsmatig en toezicht), de uitvoering en de wie betaald duidelijk belegd worden naar aanleiding van de afspraken in het risicodialoog. Afspraken over de verantwoordelijkheid zijn bij de bovenregionale dialogen nog belangrijker vanwege het samenwerkingsaspect met meer verschillende partijen die betrokken zijn (overstijgen van bestuurlijke grenzen en diverse betrokken partijen vanuit de verschillende lagen van meerlaagsveiligheid).
- Vooraf met alle partijen te bespreken welke zaken/ inzichten/gegevens gevoelige informatie bevatten (zowel bestuurlijk als ambtelijk).

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding voor dit onderzoek

De doelstelling van het NKWK Programma Klimaatbestendige Stad (NKWK-KBS) is om vraaggestuurd<sup>2</sup> en praktijkgericht<sup>3</sup> onderzoek uit te voeren. Voor het thema 'wateroverlast en hoogwater' ligt de focus op de betekenis van de grootschalige hoogwatergebeurtenis uit de zomer van 2021 voor de risico's van wateroverlast en hoogwater in geheel Nederland.

In juli 2021 werden grote delen van Limburg, Duitsland en België getroffen door extreme regenval en overstromingen. Het gevolg was een watercrisis die ongekend was in deze periode van het jaar. De impact in Nederland was kleiner dan in Duitsland en België, onder meer doordat in deze landen nog meer neerslag viel, en doordat deze gebieden grotere hoogteverschillen kennen in vergelijking met Nederland.



Figuur 1: Overstromingen in Limburg<sup>4</sup>

De hoeveelheid neerslag die in Nederland viel, was extreem maar niet uniek. Wat de gebeurtenis van de zomer van 2021 echter bijzonder maakt, is de combinatie van factoren die tegelijkertijd optrad: de hoeveelheid neerslag, de omvang van het gebied waarin deze neerslag viel, het jaargetijde en de karakteristieken van het gebied waarin de neerslag viel.

In 2022 is in het kader van *NKWK-KBS-Wateroverlast en overstromingen* onderzoek gedaan naar de vraag: leidt een bovenregionale hoogwatergebeurtenis zoals deze plaatsvond in de zomer van 2021 tot een significant andere impact dan de reeds bestaande inzichten in wateroverlast situaties, en voor welke

<sup>2</sup> Vraaggestuurd betekent dat het programma wordt gestuurd door de kennisvragen van de verantwoordelijke decentrale overheden en andere belanghebbende partijen ('de partijen': gemeenten, waterschappen, provincies) en daarnaast, afhankelijk van het thema, woningcorporaties, departementen van de Rijksoverheid, GGD's, veiligheidsregio's, bedrijventerreinen). Voor het voorstel 'wateroverlast en overstromingen' is ook de beleidstafel wateroverlast belangrijk. Met dit onderzoek leveren we kennis op voor de invulling van de opgestelde aanbevelingen, die vervolgens (door de beleidstafel en de betrokken partijen) benut kunnen worden voor de ontwikkeling van methode om in de praktijk toe te passen.

<sup>3</sup> Praktijkgericht betekent dat de producten en resultaten bruikbaar moeten zijn in de praktijk van de deze partijen.

<sup>4</sup> Bron: ENW (2021), overstromingen in Limburg in 2021.



sectoren is dat het geval? Hiertoe is een handreiking opgesteld om scenario's voor bovenregionale extreme neerslaggebeurtenissen en de effecten hiervan te bepalen en om inzicht te geven in de mate waarin met deze scenario's rekening gehouden dient te worden in ruimtelijke adaptatie, risico analyse en crisisbeheersing. In 2023 zijn er verdere kennisvragen gedefinieerd, met name over afwegingen in de risicodialoog op basis van risico informatie en over kritische uitvalswaarde van vitale infrastructuur. Deze onderwerpen hebben in het onderzoek van 2023 centraal gestaan. De resultaten van het onderzoek zijn bruikbaar voor de uitwerking van de bovenregionale stresstesten en de hieruit volgende risicodialoogen.

## 1.2 Doelstellingen

Het project heeft tot doel om:

1. Een bibliotheek met kritieke uitvalwaarden te ontwikkelen. Hierbij gaat het om het bepalen en documenteren van kritieke hoogtes (waterdieptes) waarbij een selectie van vitale objecten uitvallen door directe blootstelling aan water en vervolgens om te bepalen wanneer de bijbehorende netwerken ook daadwerkelijk hun functie verliezen en, rekening houdend met redundantie, cascade-effecten kunnen optreden.
2. Een kwantitatieve uitwerking voor de onderbouwing van de risicodialoog vanuit een water- en functieperspectief inclusief risico-aversie voor grote rampen. Het gaat hierbij met name om de risico-afwegingen rondom vitale objecten en hoe verschillende maatregelen in zowel gevolgbeperking, crisisbeheersing en het watersysteem kunnen worden beschouwd.
3. Bouwstenen voor verdere onderbouwing extreme bovenregionale stresstesten. Het gaat hierbij om 1) een onderbouwing van de extreme bovenregionale neerslaggebeurtenissen op basis van de nieuwe KNMI'23 klimaatscenario's en 2) noodmaatregelen voor het beschermen van vitale objecten.

De producten kunnen worden toegepast in analyses op rijks-, regio en lokaal niveau, op basis waarvan maatregelen kunnen worden afgewogen en beleidskeuzes gemaakt kunnen worden. De resultaten kunnen ingepast worden in de bestaande structuur van stresstesten en risicodialoogen.

## 1.3 Risicodialoog binnen stresstesten

In het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) is vastgelegd dat Nederland in 2050 water robuust en klimaatbestendig ingericht moet zijn. Hiervoor moeten onder andere kwetsbaarheden in beeld gebracht worden middels stresstesten voor vier klimaatthema's: wateroverlast, hitte, droogte en overstroming. De huidige stresstest en risicodialoog (Figuur 2) zijn gericht op het in kaart brengen van kwetsbaarheden van objecten en functies binnen een gebied, waarbij er specifiek aandacht wordt besteed aan de vitale functies. Nadat de resultaten van de stresstest beschikbaar zijn, kan de risicodialoog gevoerd worden. De risicodialoog vormt de stap tussen de stresstest en het maken van een uitvoeringsprogramma voor klimaatadaptatie. Er zijn op dit moment geen richtlijnen voor de risicodialoog afgesproken, dit betreft maatwerk per gebied. Wel zijn er twee doelen voor de risicodialoog:

- Verhogen van bewustzijn over kwetsbaarheden binnen het gebied bij het optreden van klimaatextremen, dus de situatie als het misgaat en het watersysteem overbelast is bij een bovennormatieve gebeurtenis.
- Inzichtelijk maken welke risico's acceptabel worden bevonden en vervolgens welke kwetsbaarheden met maatregelen verkleind kunnen worden.





Figuur 2: Stappen van de stresstest en de samenwerking tussen de stresstest en de risicodialoog<sup>5</sup>

Binnen NKWK-KBS wordt gefocust op het klimaatthema wateroverlast. De Beleidstafel Wateroverlast en Hoogwater adviseerde in 2022 om vanaf 2024 bovenregionale stresstesten en risicodialogen uit te gaan voeren met als doel maatschappelijk ontwrichtende situaties/impact in kaart te brengen. Deze bovenregionale stresstesten zullen dan plaatsvinden als aanvulling op de bestaande lokale/regionale lokale/regionale-stresstesten. Hiervoor staat de tweede ronde lokale/regionale-stresstesten gepland in 2025. Dit betekent dat er ook voor de bovenregionale inundatiebeelden risicodialogen gevoerd moeten gaan worden. Ook bij deze risicodialoog staat de bovenregionale stresstest centraal, welke zich richt op het in beeld brengen van de kwetsbaarheid (blootstelling) voor bovenregionale wateroverlast op basis van berekende waterhoogten, functies en objecten. Meerdere objecten en functies kunnen uitvallen met grotere gevolgen dan enkele uitvallende objecten bij kleinere events omdat de omvang kleiner is en de hersteltijd korter is.

Om de risicodialoog kwantitatiever te maken, zijn er verschillende perspectieven ontwikkeld als een helpende hand bij de risicodialoog. Het doel van de perspectieven binnen de risicodialoog is:

- **Concreet en specifieke afwegingen:** maak afwegingen expliciet en reproduceerbaar.
- **Multidimensionale blik:** bekijk een knelpunt vanuit verschillende perspectieven en disciplines.
- **Risico sturend:** bekijk gevolgen vanuit een risico bril, waarbij rekening wordt gehouden met redundantie, keteneffecten, bovenregionale gevolgen en (eventuele) risico-aversie.

<sup>5</sup> Kennisportaal klimaatadaptatie (2023). Bijsluiters gestandaardiseerde stresstest. Geraadpleegd via: <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/>

## 1.4 Procesaankpak

Dit onderzoek is uitgevoerd door een team van HKV, De Waterwerkers, RHDHV en Sweco. In het onderzoek zijn twee cases (Den Bosch en ARK/NZK met de focus op Amstelland) uitgevoerd, waarbij is samengewerkt met diverse betrokken waterschappers en specifiek de hydrologen van Waterschap Aa en Maas en Waternet, assetbeheerders, gemeentes, provincies en veiligheidsregio's. In deze cases zijn de ontwikkelde methodes toegepast, getoetst en bijgeschaafd in samenspraak met de experts.

Het onderzoek is begeleid door een begeleidingscommissie samengesteld vanuit NKWK. In deze begeleidingscommissie zaten Ron Nap en Matthijs van den Brink (Rijkswaterstaat), Rik Heinen en Zita Hegger (DGWB), Dolf Kern (staf Deltaprogramma), Mark Kreuning (Unie van Waterschappen), Mike Heijnen (Waterschap Aa en Maas), Kasper Spaan en Rob Tijssen (Waternet), Martijn van de Ven (provincie Zuid Holland), Matthijs Bolt en Sacha Stolp (gemeente Amsterdam) en Wim Kok (gemeente Amstelveen).

De werkzaamheden zijn opgedeeld op basis van drie clusters: kritieke uitvalwaarden, risicodialoog en bouwstenen voor stresstesten.

### Kritieke uitvalwaarden

Binnen de twee casussen (Den Bosch en ARK/NZK en specifiek Amstelland) zijn interviews en veldmetingen uitgevoerd om kritieke uitvalhoogtes te bepalen. Binnen de cases is gezamenlijk geprioriteerd welke sectoren wel en niet zijn onderzocht.

Binnen de case Den Bosch zijn er interviews en/of metingen uitgevoerd voor de functies:

- Telecom
- Drinkwater
- Waterketen: RWZI en rioolgemalen
- Keren en beheren: poldergemalen en uitwateringssluis
- Gezondheids-, verpleeg- en verzorgingstehuizen, en ziekenhuizen

Binnen de case ARK/NZK zijn er interviews en/of metingen uitgevoerd voor de functies:

- Elektriciteit
- Aardgas
- Telecom
- Drinkwater
- Waterketen: RWZI en rioolgemalen
- Keren en beheren: poldergemalen en uitwateringssluis
- Gezondheids-, verpleeg- en verzorgingstehuizen, en ziekenhuizen

Aanvullend zijn er diverse interviews met experts binnen de organisaties van RHDHV en Sweco uitgevoerd om aanvullende informatie rondom aanlegprotocollen op te halen.

### Risicodialoog

Er is een methodiek ontwikkeld om de risicodialoog meer handen en voeten te geven en de resultaten van een risicodialoog op basis van een (bovenregionale) stresstest kwantitatiever te maken. Deze ontwikkelde methodiek is binnen de cases besproken, getoetst en bijgeschaafd aan de hand van drie (fictieve) risicodialogen en aanvullende gesprekken met waterschappers en specifiek de hydrologen van Waterschap Aa en Maas en Waternet, assetbeheerders, gemeentes, provincies en veiligheidsregio's.

### **Bouwstenen voor stresstesten**

Binnen een aantal interviews is aanvullende informatie besproken over maatregelen voor wateroverlast bij vitale objecten. Daarnaast is er afstemming geweest met het KNMI over een verdere onderbouwing van de extreme bovenregionale neerslaggebeurtenissen op basis van de nieuwe neerslagstatistieken.

## **1.5 Leeswijzer**

Het verdere rapport is als volgt opgebouwd:

- In hoofdstuk 2 worden de vitale objecten en functies toegelicht. Hierbij zijn de verschillende definities gerapporteerd en is een bibliotheek met kritische uitvalwaarden, mogelijke faalpaden van cascade-effecten en redundantie uitgewerkt.
- In hoofdstuk 3 wordt de invulling en voorgestelde methodiek van de risicodialoog en de bouwsteen rondom mogelijke maatregelen besproken.
- In hoofdstuk 4 worden de risicodialogen binnen de casussen toegelicht.
- In hoofdstuk 5 wordt ingezoomd op een verdere onderbouwing van extreme (bovenregionale) neerslaggebeurtenissen.
- In hoofdstuk 6 zijn beschouwingen en aanbevelingen opgenomen.
- In Bijlage A een samenvatting voor het landelijke beeld voor uitval van vitale objecten opgenomen.
- In Bijlage B en C is de overige relevante verslaglegging van de bevindingen en interviews binnen de case studies van Den Bosch en ARK/NZK: Amstelland te vinden.

## 2 Vitale objecten

### 2.1 Inleiding

#### 2.1.1 Vitale functies en objecten

De definitie van de Rijksoverheid voor vitale objecten en functies is als volgt: het gaat om de levering van producten, diensten en de onderliggende processen die, als zij uitvallen, maatschappelijke ontwrichting kunnen veroorzaken<sup>6</sup>. Dat kan zijn omdat sprake is van veel slachtoffers en grote economische schade, dan wel wanneer het herstel zeer lang gaat duren en er geen reële alternatieven voorhanden zijn, terwijl we deze producten en diensten niet kunnen missen.

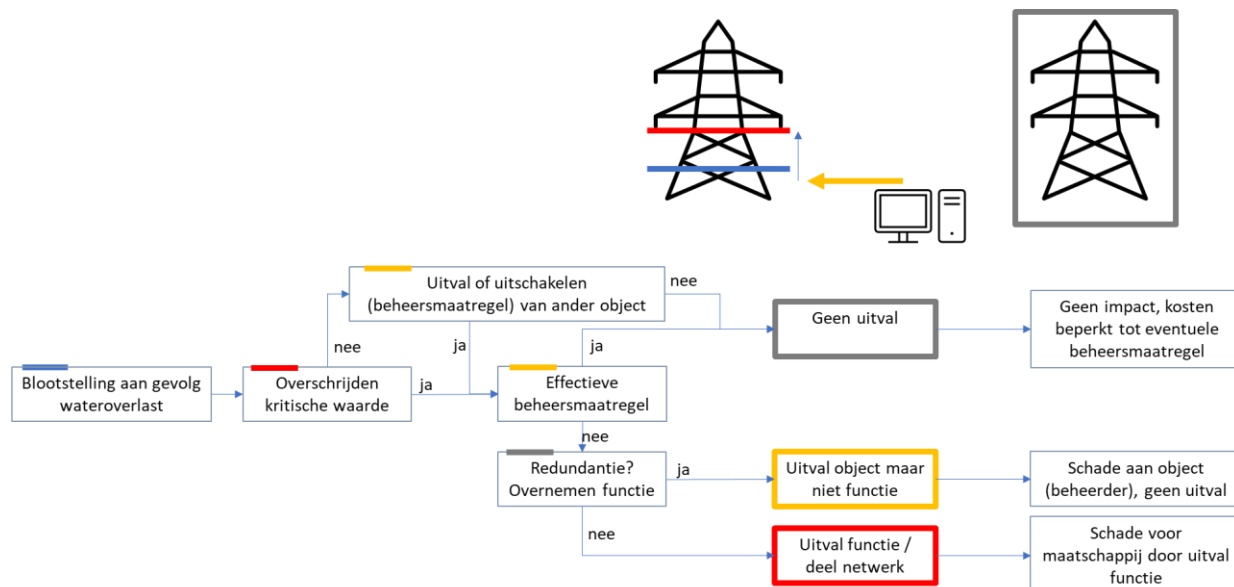
Wij hanteren een duidelijk onderscheid tussen functies en objecten. Een functie, zoals drinkwaterlevering, kan bestaan uit één of meerdere objecten, welke verbonden kunnen zijn binnen een systeem. Indien objecten worden blootgesteld aan water, betekent dat niet dat de functie per definitie uitvalt immers andere delen in het netwerk kunnen de uitval compenseren. Een object zelf valt door directe blootstelling pas uit na overschrijden van een kritische waterdiepte, dan kunnen mogelijk cascade-effecten (of keteneffecten) optreden afhankelijk van het netwerk waarin het object staat. Wanneer redundantie in het systeem aanwezig is, kan als bijvoorbeeld één elektriciteitskast uitvalt door wateroverlast, de elektriciteitsvoorziening in een gebied toch blijven functioneren. Tegelijkertijd kan het uitvallen van één object ook leiden tot functieverlies in een gebied: wanneer een poldergemaal uitvalt, kan het water niet meer uit de polder gepompt worden. Zonder noodmaatregelen zal ter plekke meer wateroverlast optreden. Het is dan van belang om rekening te houden met deze oorzaken (anders dan de lokale/regionale-stresstesten waarin een functionerend watersysteem het uitgangspunt is). Het vereist expertise van asset managers om uitvalmogelijkheden van een vitale functie goed in beeld te brengen en te begrijpen wat er gebeurt bij een (boven)regionale gebeurtenis. Hierbij moet gekeken worden naar wat uitval betekent voor de kritieke prestatie-indicatoren van een functie, zoals de duur van de uitval en omslagpunten in schadefuncties.

#### 2.1.2 Definities en faalboom van vitale objecten

Voor vitale objecten wordt gekeken naar wat de kritische uitvalwaarde van een object is. Vervolgens is het belangrijk om te kijken of er een beheersmaatregel is die ingezet kan worden om uitval te voorkomen. Indien geen beheersmaatregel kan worden genomen, is het relevant of er redundantie voor de functie van het object is. Indien dit het geval is treedt bij overschrijding van de kritieke uitvalwaarde wel schade aan het object op, maar geen uitval van de functie. Indien er ook geen redundantie is, dan valt zowel het object als de functie uit. Naast het overschrijden van de kritische waarde voor uitval van een object, kan een object ook uitvallen doordat een ander object is uitgevallen of als beheersmaatregel is uitgezet. Deze relevante begrippen zijn gevisualiseerd in een faalboom (Figuur 3).

---

<sup>6</sup> Definitie op basis van: <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/vitale-kwetsbare-functies/>



Figuur 3: Visualisatie van de relevante begrippen voor bepaling van uitval van vitale objecten en functies. In het blauw is wateroverlast weergegeven, in het geel is uitval van een object maar geen uitval van een functie weergegeven en in het rood is uitval van zowel een object als een functie weergegeven.

Met cascade-effecten wordt bedoeld dat door het uitvallen van vitale objecten en functies, ook andere functies stil komen te liggen. Een voorbeeld van cascade-effecten is uitval van telefonie indien er grootschalige stroomuitval is. Voor het optreden van cascade-effecten moet er uitval van (vitale) objecten zijn, die niet ondervangen kunnen worden door een ander object dat niet overstroomt: redundantie. In dit onderzoek wordt met name aandacht besteed aan eerst een goed beeld verkrijgen van de kritische uitvalhoogte van objecten. Hierbij is het belangrijk om deze uitvalhoogte te relateren aan NAP/ maaiveld, hier gaan we in paragraaf 2.3 nader op in. Naast het duiden van de kritieke uitvalhoogte en redundantie, is het belangrijk om ook de cascade-effecten in kaart te brengen. Aan deze drie componenten is aandacht besteed tijdens de interviews en de veldbezoeken met de objectbeheerders en betrokken (beleids)medewerkers.

### Overige relevante begrippen

Geconstateerd is dat meerdere interpretaties bestaan over de betekenis van begrippen. Hieronder is een aanzet gedaan voor een uniform begrippenkader, waarin de belangrijkste begrippen uit deze studie beschreven worden.

- **Watersysteem:** het waterhuishoudkundig stelsel van riolen, pompen, sloten, bergingsgebieden en waterkeringen.
- **Norm:** eis waar een watersysteem of een deel van het watersysteem aan moet voldoen.
- **Wateroverlast:** overlast door extreme neerslag of dijkdoorbraken van keringen in stedelijke en landelijke omgeving. Wateroverlast kan worden uitgedrukt in:
  1. **Inundatiediepte:** de waterdiepte in het gebied als het watersysteem wordt overbelast.
  2. **Inundatieduur:** de tijd dat een gebied onder water staat.
- **Bovennormatieve gebeurtenis:** een gebeurtenis die leidt tot een zwaardere belasting voor het watersysteem dan waarop het ontworpen is.
- **Gevolg:** De impact bij een gebeurtenis met wateroverlast.
- **Risico:** kans x gevolg.
- **Ruimtelijke omgeving:** de openbare ruimte en de bebouwde omgeving. Dit gebied is in essentie niet bedoeld om te overstroomd maar het kan wel gebeuren bij extreem weer. De ruimtelijke omgeving kan ook worden benut om bij neerslag water te bergen op plaatsen waar minder schade

optreedt bij wateroverlast (water op straat bijvoorbeeld), of in parken. Onder de ruimtelijke omgeving wordt ook aangepast bouwen verstaan en locatiekeuzes. Zo kunnen woningen verhoogd worden gebouwd en kunnen noodschotten worden gebruikt om de kans op overlast te verkleinen.

- **Crisisbeheersingsmaatregelen (of noodmaatregelen):** beperken van gevolgen door rampenbestrijding via inzet van professionals/crisismanagement.
- **Directe schade:** materiële en immateriële schade door blootstelling aan wateroverlast. Bijvoorbeeld de schade aan de apparatuur van een winkel.
- **Indirecte schade:** schade door bedrijfsonderbreking in niet overstroomd gebied (bijvoorbeeld omdat materialen niet toegeleverd worden, of producten/diensten niet kunnen worden afgenomen).
- **Meerlaagsveiligheid (MLV):** gaat uit van een risicobenadering, het gaat om zowel kansen op als mogelijke gevolgen van overstromingen. Deze benadering werkt in 'lagen':
  1. De eerste laag is **preventie**: het zoveel mogelijk voorkomen van een overstrooming.
  2. De tweede laag richt zich op het realiseren van een duurzame **ruimtelijke inrichting** van ons land.
  3. De derde laag zet in op een betere (organisatorische) voorbereiding op een mogelijke overstrooming (**rampenbeheersing**).

Door de beleidstafel hoogwater en wateroverlast zijn hier nog twee lagen aan toegevoegd:

  4. De vierde laag **herstel** na flinke wateroverlast.
  5. De vijfde laag aandacht voor **waterbewustzijn**.
- **Keteneffecten of cascade-effecten:** impact van het (dis)functioneren van een functie op een andere functie, die leidt tot indirecte schade.
- **Vitale functies:** functies die de ruggengraat van de samenleving vormen. Uitval van deze functies kan leiden tot maatschappelijke ontwrichting en grote schade.

### 2.1.3 Intrinsieke veiligheid

Het vertrekpunt is dat bij veel vitale functies vaak een impliciete bescherming tegen wateroverlast aanwezig is, ook als bij de ontwikkeling niet expliciet rekening gehouden is met wateroverlast. Dit komt doordat diverse andere regelgevingen van toepassing zijn op deze functies, welke ook invloed hebben op de kwetsbaarheid bij wateroverlast. Zo zijn er eisen voor back-ups vanwege het risico op cyber-aanvallen, eisen aan continuïteit voor vitale infrastructuur en eisen voor bluswater waardoor veel apparatuur op pootjes staat. Daarnaast zijn er Internationale Organisatie voor Standardisatie (ISO) normen, Europese Normen (EN) en Nederlands Normalisatie Instituut (NEN) normen. Een voorbeeld hiervan zijn de gestelde normen voor nieuwbouwlocaties, waarbij vereist is dat in nieuwbouwwoningen stopcontacten op een minimale hoogte van 15 cm boven vloerpeil geplaatst worden in droge ruimtes (zoals de woonkamer en slaapkamer), en stopcontacten in natte ruimtes op een minimale hoogte van 25 cm boven vloerpeil geïnstalleerd worden.

Ten aanzien van de kennis van de netwerken zijn ook kanttekeningen te plaatsen. Tijdens een workshop over uitval van vitale objecten is benoemd door diverse sectoren dat het erg lastig te achterhalen is wat de kwetsbaarheid van netwerken is, omdat sommige onderdelen decennia jaar oud zijn en documentatie ontbreekt. Iedere analyse die hiervoor wordt gedaan, leidt telkens tot nieuwe verrassingen. Ervaringen uit de praktijk laten zien dat beheer en onderhoud, en menselijk gedrag ook een grote rol spelen in het daadwerkelijk (kunnen) benutten van voorzieningen.

Binnen de uitgevoerde inventarisatie van NKWK-KBS 2022 is gekeken naar kennis over uitval van vitale functies. Vanuit de veiligheidsregio's wordt gewerkt aan een lijst van waarin onderscheid gemaakt wordt welke vitale functies op welk schaalniveau relevant zijn. Deze lijst is echter tijdens het opstellen van deze

rapportage nog niet beschikbaar en daarom worden de vitale sectoren zoals gedefinieerd in het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) aangehouden.

Op basis van de bekende literatuur blijkt dat slechts voor een beperkt aantal vitale objecten een eenduidige kritieke uitvaldiepte bekend is. Voorschriften, richtlijnen en inventarisaties zijn vaak slechts omschrijvend. Uitvalhoogtes van bekende voorbeelden betreffen vaak unieke situaties, waarbij de vraag is hoe representatief die zijn. Voor objecten zonder beschikbare gegevens, wordt vaak op basis van expertinschattingen aangeraden een kritieke uitvalhoogte van 20 à 30 cm aan te houden. In deze studie zijn voor een aantal DPRA-functies deze kritieke uitvalhoogten in het veld ingemeten, deze lijst is nog niet compleet, maar geeft wel een eerste aanzet. Het verdient aanbeveling deze bibliotheek verder te vullen en de robuustheid van de marges per object verder te onderzoeken. Ook kunnen extra functies en objecten worden toegevoegd.






## 2.2 Bibliotheek

In de onderstaande tabel zijn de bovenstaande bevindingen voor de verschillende functies samengevat. Voor de leesbaarheid is de tabel opgeknipt in 3 delen, waarbij de eerste drie kolommen gelijk blijven. Deel één geeft de kritieke uitvalhoogte en het effect van de uitval weer. Deel twee toont de aanwezigheid van redundantie en de voorwaarde van redundantie. Deel drie duidt tenslotte de herstelduur en eventuele ontwerpcriteria of toelichting bij het object.








Tabel 1 Bibliotheek van beschouwde DPRA (sub)functies en objecten






Deel 1/3 – bibliotheek: kritieke uitvalhoogte en effect uitval

| DPRA functie  | DPRA subcategorie                           | Object   | Kritieke uitvalhoogte [m+MV]  | Effect uitval   |
|---|---|--|---|---|
|    | Elektriciteit                               | Hoogspanningsstation   | 1 a 3 m   | 20.000-40.000 gebruikers (1 gebruiker = huishouden of fabriek)            |
|   |   | Middenspanningsstation   | 45 a 80 cm  | Wijk zonder stroom  |
|   |   | Laagspanningsstation/ Straatkast   | 20 a 30 cm  | Straat zonder stroom  |
|   | Aardgas                                     | leidingen  | 1 m   | Afname stopgezet  |
|    | Publiek netwerk                             | Datacentra   | 50 a 100 cm   | Grote uitval van telefoon en internet                                     |
|   |   | Wijkkasten   | 40 a 50 cm  | Uitval van telefoon en internet   |
|   |   | Straatkast (koelsystemen en printplaten)                                   | 30 a 50 cm  | Woonwijk/ kleine dorpen zonder telecom                                    |
|   |   |  |   |   |
|    | Drinkwater                                  | Winputten  | 20 - 30 cm  | Geen als andere partij tijdelijk in drinkwater kan voorzien               |
|   |   | Elektrische installaties   | 1 m   | Na 6 dagen putten uit de buffer komt de stabiliteit in het geding         |
|   |   | Laagspanningskast  | 20 - 30 cm  |   |
|   | Afwalwater - RWZI                           | Trafo's op RWZI-terrein  | 50 - 60 cm  | Uitval RWZI   |
|   |   | Besturingskasten   | 20 - 30 cm  | Uitval RWZI   |
|   |   | Inkoopstation van Lander   | 80 - 90 cm  | Uitval RWZI   |
|   |   | Slib-pompen  | Maaiveld, maar wel lokaal hoger MV                                      | Overstorten naar oppervlaktewater   |
|   | Afwalwater - Rioolgemalen                   | Elektromotoren op aeratie-tanken   | Enkele meters boven maaiveld  | Uitval RWZI   |
|   |   | Boostergemalen   | 10 - 30 cm (drempel 5 a 10 cm)  | Buffering in stelsel, daarna overstort                                    |
|   |   | Clustergemalen   | 10 - 30 cm (drempel 5 a 10 cm)  | Overstort van duizenden huishoudens                                       |
|   |   | Schakelkasten clustergemalen (oud ondergronds nieuw min 10 cm bovengronds) | 10 - 30 cm (drempel 5 a 10 cm)  |   |
|   |   | Elektra 2 pomps natte gemalen (pomp zelf niet kwetsbaar)                   | 10 - 30 cm (drempel 5 a 10 cm)  | Overstort van honderden tot duizenden huishoudens                         |
|   |   | Motoren en schakelkasten 2 pomps droge gemalen                             | 20 - 30 cm (drempel 5 a 10 cm)  | Overstort van honderden huishoudens                                       |
|   |   | Schakelkasten tunnelgemalen (tunnelwand)                                   | Onbekend  | Tunnel buiten gebruik -> omrijden   |
| Schakelkasten bergbezinkbassins   |   | 10 - 30 cm (drempel 5 a 10 cm)   |   |   |
| Gezondheid  | Ziekenhuizen                                | Algemene energievoorziening  | 20 - 30 cm (niet in kelder)   | Geen werkende apparatuur, overstap op noodaggegraat                       |
|   |   | ICT  | 20 - 30 cm (niet in kelder)   | Geen beschikbaarheid van Patientendossiers, overstap naar externe locatie |
|   |   | Watervoorziening   |   | Geen koel en spoelwater beschikbaar, aanvoer binnen 24 uur                |
|   |   | Noodaggegraat  | 30 cm verhoogd (liever niet in kelder, soms nodig vanwege ruimtetekort) | Geen stroomvoorziening mogelijk   |
|  | Verpleeg- en verzorgingshuizen en thuiszorg | Verpleeg- en verzorgingshuizen   | Locatiespecifiek en grote variatie > MV                                 | Niet bereikbaar, uitvallocatie vol  |
|   |   | Thuiszorg: woningen medewerkers en zorgbehoevenden                         | Bereikbaarheid infrastructuur   | Verlate hulp met voeding en medicatie met veel consequenties              |
|   |   |  |   |   |
|  | Peilregulerende en/of kerende kunstwerken   | Schakelkasten  | 0 - 20 cm   | Uitval poldergemeel   |
|   |   | Poldergemalen  | 80 - 200 cm boven streefpeil  | Overstromingen in polder  |
|   |   | Uitwaterings-/ keersluis   | 30 cm boven primaire kering   | Overstromingen in achterland  |

Deel 2/3 – bibliotheek: redundantie

| DPRA functie  | DPRA subcategorie                           | Object   | Redundantie functie (ja/nee)   | Redundantie afhankelijkheid   |
|---|---|--|--|---|
|    | Elektriciteit                               | Hoogspanningsstation   | Steeds minder vaak redundant aangelegd   | Beschikbare ruimte en kosten  |
|   |   | Middenspanningsstation   | Ja in cirkels aangelegd  | Afhankelijk van uitval andere delen   |
|   |   | Laagspanningsstation/ Straatkast   | Nee, in ster aangelegd   |   |
|   | Aardgas                                     | leidingen  | Ja, sterk vermaasd aangelegd   | Alternatieve route zonder inlek gevaar door inundatiediepte > 1m                    |
|    | Publiek netwerk                             | Datacentra   | Ja   | Of netwerk in cirkels is aangelegd  |
|   |   | Wijkkasten   | Ja   | Of netwerk in cirkels is aangelegd  |
|   |   | Straatkast (koelsystemen en printplaten)                                   | Wisselend  | Of netwerk in cirkels is aangelegd  |
|   |   |  |  |   |
|    | Drinkwater                                  | Winputten  | Ja   | Er kunnen tot 4 putten uitvallen zonder directe gevolgen voor Brabant Water         |
|   |   | Elektrische installaties   | Ja, gedurende 6 dagen  | Noodvoorraad + eventuele bijschakeling  |
|   |   | Laagspanningskast  | Ja, middels noodstroom   | Werking noodstroom  |
|   | Afvalwater - RWZI                           | Trafo's op RWZI-terrein  | Ja (back-up trafo)   |   |
|   |   | Besturingskasten   | Nee  |   |
|   |   | Inkoopstation van Lander   | Ja (in ster aangelegd) maar niet lokaal voor RWZI  |   |
|   |   | Slib-pompen  | Nee  | Overstorten naar oppervlaktewater   |
|   | Afvalwater - Rlooggemalen                   | Elektromotoren op aeratie-tanken   | Met noodgeneratoren  | Diesel/ brandstof nodig   |
|   |   | Boostergemalen   | Ja, middels aanwezigheid lenspomp  | Functioneren lenspomp   |
|   |   | Clustergemalen   | Ja, middels aanwezigheid lenspomp  | Functioneren lenspomp   |
|   |   | Schakelkasten clustergemalen (oud ondergronds nieuw min 10 cm bovengronds) | Ja, pompwagens   | Capaciteit pompwagens   |
|   |   | Elektra 2 pomps natte gemalen (pomp zelf niet kwetsbaar)                   | Ja, pompwagens   | Capaciteit pompwagens   |
|   |   | Motoren en schakelkasten 2 pomps droge gemalen                             | Ja, middels aanwezigheid lenspomp, waarnodig pompwagens                                  | Functioneren lenspomp, capaciteit pompwagens  |
|   |   | Schakelkasten tunnelgemalen (tunnelwand)                                   | Ja, pompwagens   | Capaciteit pompwagens   |
|   |   | Schakelkasten bergbezinkbassins  | Ja, pompwagens   | Capaciteit pompwagens   |
| Elektra drukrioolgemalen  | Ja, pompwagens                              | Capaciteit pompwagens  |  |   |
|  | Ziekenhuizen                                | Algemene energievoorziening  | Ja, electra altijd in cirkels aangelegd en essentiële apparatuur heeft eigen accu        |   |
|   |   | ICT  | Ja, 2e (externe) locatie beschikbaar   |   |
|   |   | Watervoorziening   | Ja, kan extern aangevoerd worden   |   |
|   |   | Nooddaggegraat   | Aggegraat is soms mobiel, of er kan extern worden aangesloten (vanuit buiten ziekenhuis) |   |
|   | Verpleeg- en verzorgingshuizen en thuiszorg | Verpleeg- en verzorgingshuizen   | Ja, bij evacuatie is er een vast uitvallocatie per vestiging.                            | Uitvallocatie mogelijk ook impact   |
|   |   | Thuiszorg: woningen medewerkers en zorgbehoevenden                         | Beperkt, via invalkrachten   | Zelfde afhankelijkheid van bereikbaarheid   |
|  | Peilregulerende en/of kerende kunstwerken   | Schakelkasten  | Nee, tenzij in cirkels aangelegd   | Of netwerk in cirkels is aangelegd  |
|   |   | Poldergemalen  | Ja, alleen met tijdelijke noodpompen   | Functioneren en beschikbaarheid noodpomp  |
|   |   | Uitwaterings-/ keersluis   | Nee  | Indien keerfunctie faalt bij hoge buitenwaterstand, is er geen redundantie mogelijk |

Deel 3/3 – bibliotheek: herstelduur en ontwerpcriterium

| DPRA functie  | DPRA subcategorie                           | Object   | Herstelduur  | Toelichting en/of ontwerpcriterium  |
|---|---|--|--|---|
|    | Elektriciteit                               | Hoogspanningsstation   | Maanden bij ontploffing  | Zelf satelliettelefoons voor communicatie bij uitval  |
|   |   | Middenspanningsstation   | Maanden bij ontploffing  | Drempel: 20 a 30 cm + zelf satelliet-telefoons voor communicatie bij uitval   |
|   |   | Laagspanningsstation/ Straatkast   | Enkele dagen tot orde 10 weken   | Vanaf een hoogte van 2,2 m vergunningsplicht, daarom liefst laag  |
|   | Aardgas                                     | leidingen  | Afhankelijk van oorzaak inlek of stroomuitval bij odorisatie-proces                                    | 1 tot 2 dagen buffer bij stroomuitval odorisatie-proces.  |
|    | Publiek netwerk                             | Datacentra   | Onbekend   | Risico op uitval nihil  |
|   |   | Wijkkasten   | Onbekend   | Risico op uitval nihil  |
|   |   | Straatkast (koelsystemen en printplaten)   | dagen tot weken afhankelijk van de voorraad (enkele honderden, niet duizenden printplaten op voorraad) | Klimaat-effecten atlas raadplegen, bij risico op 30 cm water: Intern toestemming vragen.                              |
|   |   |  |  |   |
|    | Drinkwater                                  | Winputten  | 1 tot 2 weken  | Winputten staan in een betonnen bak met rand 20-30 cm   |
|   |   | Elektrische installaties   | Dagen tot weken afhankelijk van de voorraad  | Specifiek Waternet: Aanleghoogte elektrische onderdelen: 1m + MV  |
|   |   | Laagspanningskast  |  |   |
|   | Afvalwater - RWZI                           | Trafo's op RWZI-terrein  | Enkele uren (back-up aansluiten)   |   |
|   |   | Besturingskasten   | Dagen tot weken  |   |
|   |   | Inkoopstation van Liander  | Dagen tot weken  | Inundatiekaarten meenemen in locatietoelichting en ontwerp  |
|   |   |  |  |   |
|   | Afvalwater - Rioolgemalen                   | Slib-pompen  | Dagen tot weken (schade afhankelijk)   |   |
|   |   | Elektromotoren op aeratie-tanken   | -  |   |
|   |   | Boosterpompen  | Maanden  |   |
|   |   | Clusterpompen  | Maanden  | Kast staat op een sokkel van minimaal 20cm de FrequentieOmvormers nog hoger + niet meer in kelder maar boven maaiveld |
|   |   | Schakelkasten clusterpompen (oud ondergronds nieuw min 10 cm bovengronds)        | 1 dag tot maanden  | Kast staat op een sokkel > 20 cm, FrequentieOmvormers hoger & niet meer in kelder                                     |
|   |   | Elektra 2 pomps natte gemalen (pomp zelf niet kwetsbaar)                         | 1 dag tot maanden  | Betonnen sokkel van 10 cm + kwetsbare elektra op 10 a 20 cm boven onderkant kast                                      |
| Motoren en schakelkasten 2 pomps droge gemalen                                      |   | 1 dag tot maanden  | Kast staat op een sokkel van minimaal 20cm de FrequentieOmvormers nog                                  |   |
| Schakelkasten tunnelgemalen (tunnelwand)  | 1 dag tot maanden                           | Ontwerpcriterium: T100 - T200 bui  |  |   |
| Schakelkasten bergbezinkbassins   | 1 dag tot maanden                           | Betonnen sokkel van 10 cm + kwetsbare elektra op 10 a 20 cm boven onderkant kast |  |   |
| Elektra drukrioolgemalen  | 1 dag tot maanden                           |  |  |   |
|  | Ziekenhuizen                                | Algemene energievoorziening  | Afhankelijk van schade   | Aangelegd in cirkels, soms tot op het niveau waarin 2 systemen energieaanvoer leveren in 1 dezelfde                   |
|   |   | ICT  | Afhankelijk van schade   | Moet altijd beschikbaar zijn via 2e locatie   |
|   |   | Watervoorziening   | Max 24 uur   | Externe toevoer mogelijk  |
|   |   | Nooddaggegraat   | Max 24 uur   | Mobiel aggegraat, externe energietoever mogelijk  |
|   | Verpleeg- en verzorgingshuizen en thuiszorg | Verpleeg- en verzorgingshuizen   | Afhankelijk van schade   | Gebouwen voldoen wel aan Bouwbesluit. Geen intensieve zorg: is afgeschaald richting ziekenhuizen.                     |
|   |   | Thuiszorg: woningen medewerkers en zorgbehoevenden                               | Uren of 1-2 dagen  |   |
|  | Peilregulerende en/of kerende kunstwerken   | Schakelkasten  | Enkele dagen tot orde 10 weken   | Vanaf een hoogte van 2,2 m vergunningsplicht, daarom liefst laag  |
|   |   | Polderpompen   | Maanden  | Hoogte schakelkast varieert sterk per gemeent. Soms op de grond, soms vanaf 1 meter hoogte                            |
|   |   | Uitwaterings-/ keersluis   | Maanden  | 30 cm boven primaire kering bevindt zich een keermuurtje, op ongeveer dezelfde hoogte als de elektra van de           |

## 2.3 Reflectie

Ondanks dat er zoveel mogelijk objecten binnen twee cases zijn ingemeten en besproken, gaat het om een beperkt aantal objecten. Daarom is het nuttig om aanvullende informatie van andere objecten in de toekomst aan deze bevindingen en bibliotheek toe te voegen. Bovendien is er een behoorlijke range voor kritieke uitvalhoogtes en is er veel onzekerheid rondom getallen door allerlei oorzaken. Daarom is het wenselijk om data aan te blijven vullen om daarmee een beeld te krijgen van de robuustheid van de schattingen en de mate van spreiding van de uitvalhoogtes.

Een belangrijke lering is dat "laaghangend fruit geplukt kan worden", door nieuwe vitale objecten robuuster aan te leggen. Sommige functies nemen het risico van wateroverlast al bewust mee in de locatiekeuze en ontwerpcriteria voor objecten. Voorbeelden zijn Waternet voor het drinkwaterproductieproces en KPN bij de locatiekeuze voor objecten. Dit is echter niet bij alle vitale functies het geval. Dit vergt wel aandacht en prioriteit, want dit gebeurt niet spontaan. Een ander aandachtspunt voor beleidsmakers is de vraag of een gelijk voorzieningenniveau in zijn algemeenheid in Nederland gewenst is voor vitale infrastructuur. Nu is er veelal sprake van maatwerk, maar is het wenselijk dat bijvoorbeeld de stroom bij een vitale functie op plek A vaker uitvalt dan op plek B of moet dat gelijk getrokken worden? Dit vraagstuk wordt verder buiten beschouwing laten in deze studie.

### Vertaling modeluitkomsten naar hoogte van objecten

Het resultaat van studies rond wateroverlast zijn veelal kaarten met waterdieptes, welke in de toepassing het meest worden gebruikt. Deze kaarten komen tot stand met behulp van modellen die een ruimtelijke resolutie hebben (bijvoorbeeld cellen van 5x5 meter of 50x50 meter) en gebruik maken van een hoogtekaart (afhankelijk van wanneer dit model is ontwikkeld, kan dat AHN2, AHN3 of AHN4 zijn). Wanneer waterdieptekaarten gebruikt worden om te kijken of bepaalde objecten getroffen worden, kunnen de volgende twee vragen gesteld worden:

1. Hoe verhoudt het lokale maaiveld rond het object (vanaf waar de kritieke uitvalhoogte wordt bepaald) zich met het omliggende maaiveld (5m of 50m, afhankelijk van modelresolutie), waarvan het gemiddelde in een model wordt gebruikt?
2. Welke hoogtekaart is gebruikt voor het bepalen van de waterdieptekaarten en is deze representatief voor de huidige situatie?

Wanneer het maaiveld rond het object sterk afwijkt van het omliggende maaiveld, dan is de berekende waterdiepte niet representatief voor de blootstelling bij het object. Hiervoor moet dan gecorrigeerd worden. Voor deze correctie moet de hoogte van het model (wat een gemiddelde celhoogte is en gebruik kan maken van een afwijkend AHN) vergeleken worden met de daadwerkelijke hoogte op een fijn grid of bij voorkeur ingemeten worden in het veld. Dit is nodig, omdat in dit geval wordt gekeken naar specifieke objecten welke wel of niet uitvallen bij een bepaalde waterdiepte, waarbij het veelal gaat om centimeters.

Hierbij zijn aanvullend ook de modelonzekerheden zeer relevant. Waterdieptekaarten (of waterstanden) lijken veelal zeer gedetailleerd en geven de berekende waterdieptes per cel in centimeter nauwkeurigheid. Het zijn echter modelresultaten en omvatten daarmee een bepaalde onzekerheid, waarbij de waterdiepte op een bepaalde plek kan afwijken, evenals de omvang. Dit houdt bijvoorbeeld in dat op een plek volgens het model geen water staat, maar in werkelijkheid wel.

Bij kritieke uitvalhoogtes wordt op de centimeter nauwkeurig gekeken, terwijl deze wordt gecombineerd met de onzekere waterdiepte kaarten. Een manier om met deze onzekerheden om te gaan is te kijken naar de "onzekere droge afstand" (Figuur 1). Dit is de afstand tussen de kritieke uitvalhoogte en de waterstand. Hiermee kan gekeken worden hoeveel marge er is tussen de uitvalhoogte en de waterstand, waarbij het effect van de onzekere waterstand, welke zowel hoger als lager kan zijn, kwantitatief wordt gemaakt. Hiermee kan onderscheid gemaakt worden in de categorieën; 1) uitval object, 2) risico op uitval object (bevat de onzekerheidsmarge) en 3) geen uitval object.



*Figuur 4: Onzekerheid in uitvalhoogte. In blauw: de indicatie voor waterstanden waarbij het object uitvalt. In roze: de indicatie voor de onzekerheidsbandbreedte in de gemodelleerde waterstand, bij deze gemodelleerde waterstand kan het object mogelijk uitvallen. In groen: bij deze gemodelleerde waterstanden loopt het object geen risico op uitval.*

## 3 Procesleidraad risicodialoog

### 3.1 Inleiding

In de risicodialoog worden uiteindelijk afwegingen en afspraken gemaakt over welke risico's acceptabel gevonden worden en welke maatregelen nodig zijn. Middels de stresstesten komt hiervoor de benodigde informatie op tafel. Het maakt voor het proces niet uit of het gaat om een bovenregionale of reguliere lokale/regionale-stresstest/risicodialoog, want dezelfde processtappen moeten worden doorlopen. Wat een bovenregionale gebeurtenis anders maakt dan een lokale/regionale gebeurtenis, is dat de waterhoogten kunnen afwijken en ook het functieverlies in een groter gebied wordt beschouwd ten opzichte van een lokale/regionale stresstest. Dit kan leiden tot mogelijk ernstigere gevolgen wanneer:

1. het langer duurt om te herstellen van een grotere gebeurtenis, onder andere doordat slechts voor enkele objecten reserveonderdelen op voorraad zijn;
2. de ernst/cumulatie van effecten proportioneel groter is bij een grotere gebeurtenis, omdat meer objecten getroffen worden en het herstel van objecten langer duurt. Voor elektriciteit is bijvoorbeeld een knippunt te identificeren bij een uitval van meer dan 4 uur, waarbij de duur erger wordt bevonden en de consument recht heeft op wettelijke vergoedingen voor overlast;
3. bij een grotere gebeurtenis de capaciteit van noodmaatregelen/voorzieningen onvoldoende is.

Het is daarom van belang dat zowel de lokale/regionale-stresstest als de bovenregionale stresstest worden beschouwd. Bij alle analyses is het vertrekpunt dat het watersysteem en de verschillende functies voldoen aan de gestelde normering of kritieke prestatie indicatoren. Er wordt gekeken naar bovennormatieve situaties en hiervoor wordt de discussie gevoerd in welke mate de gevolgen acceptabel zijn.

#### Deelnemers risicodialoog

De deelnemers van de risicodialoog zijn wel verschillend voor het beschouwen van de impact van uitval van vitale objecten van landelijke/bovenregionale schaal versus objecten van lokale schaal. Verder zijn er verschillende type maatregelen die getroffen kunnen worden om de impact van wateroverlast bij deze vitale objecten en functies te reduceren. Deze maatregelen zijn gericht op de verschillende lagen van de strategie van Meerlaagsveiligheid (MLV), waarbij:

1. De eerste laag is **preventie**: het zoveel mogelijk voorkomen van wateroverlast en overstromingen.
2. De tweede laag richt zich op het realiseren van een duurzame **ruimtelijke inrichting** van ons land.
3. De derde laag zet in op een betere (organisatorische) voorbereiding op een mogelijke overstroming (**rampenbeheersing**).

Door de beleidstafel hoogwater en wateroverlast zijn hier nog twee lagen aan toegevoegd:

4. De vierde laag: **herstel** na flinke wateroverlast.
5. De vijfde laag: aandacht voor **waterbewustzijn**.

Dit betekent dat verschillende organisaties en bestuurslagen verantwoordelijk zijn voor de verschillende opties qua maatregelen. De bestuurlijke afweging moet dan ook door de verschillende betrokkenen gezamenlijk genomen worden. Hiervoor is het wenselijk om voor bovenregionale keuzes de volgende partijen aan tafel te hebben:

- Rijk, provincies en gemeentes;
- Rijkswaterstaat;

- Waterbeheerders;
- Veiligheidsregio's en crisisorganisaties;
- Object beheerders;
- Beleidsmakers.

## 3.2 Drie perspectieven in één risicodialoog

Bij de verkenning van mogelijke maatregelen met betrekking tot 'adaptatie / gevolgbeperking' zoeken we naar ingrepen om de gevolgen of risico's voor één of meerdere sectoren te verkleinen. Voor een verdere uitwerking van de risicodialoog schetsen we drie perspectieven die samen input zijn voor de risicodialoog:



### 1. Het **waterperspectief**

In het waterperspectief wordt in kaart gebracht welke objecten en functies uitvallen gegeven de neerslag of hoogwatergebeurtenis. Denk hierbij aan de bereikbaarheid van ziekenhuizen, overstorten van riolen en stroomuitval.



### 2. Het **functieperspectief**

Het gaat er hierbij om welke verschillende oorzaken kunnen leiden tot uitval van deze functie (en voor hoe lang) en in welke mate de neerslag- of hoogwatergebeurtenis hieraan bijdraagt. Zo kan worden vergeleken hoe neerslag en hoogwater zich verhouden tot andere oorzaken van uitval. Hierbij wordt rekening gehouden met omvang van de gebeurtenissen en de kans van voorkomen. Het functie perspectief sluit aan bij de risicomatrices die veel beheerders van vitale objecten hanteren.



### 3. **Additionele risico-aversieperspectief**

In dit perspectief kan rekening worden gehouden met risico-aversie voor grote events die niet vaak voorkomen ten opzichte van kleine vaak voorkomende gebeurtenissen.

Vervolgens kunnen maatregelen worden overwogen waarbij de voordelen (kleinere impact) en de nadelen (kosten) kunnen worden gewogen. Voor het nemen van de maatregelen maken we onderscheid door eerst te kijken naar gevolgbeperkende maatregelen (laag 2 en 4 van MLV), immers het watersysteem is op orde. Deze gevolgbeperkende maatregelen hebben vaak alleen effect in één sector. Vervolgens kan ook gekeken worden naar maatregelen op gebied van crisisbeheersing (laag 3) en het watersysteem (laag 1). De maatregelen op gebied van crisisbeheersing hebben veelal ook betrekking op het verkleinen van de gevolgen. De maatregelen op het gebied van het watersysteem kunnen de kans van voorkomen verkleinen en hebben dan ook baten voor alle gevolgen.

De perspectieven worden in onderstaande tekstbox kort toegelicht. Vervolgens worden de perspectieven in de volgende paragraaf verder uitgewerkt, waarbij een stappenplan voor de uitwerking van de perspectieven wordt gegeven. Tenslotte wordt dit stappenplan voor de twee casussen uitgewerkt in hoofdstuk 4.



**Voorbeeld datacentrum: uitwerking perspectieven en maatregelen**

Een datacentrum (zonder continue back-up) wordt getroffen door wateroverlast. Deze wateroverlast wordt veroorzaakt door bovenregionale extreme neerslag in combinatie met hoge initiële grondwaterstanden. De terugkeertijd van deze gebeurtenis waarbij gedurende 3 dagen het object uitvalt, maar de functie na 1 dag wel kan worden overgenomen wordt geschat op 1/1.000 jaar. Hierdoor worden 10.000 individuen en 50 bedrijven getroffen, die foto's en data hebben opgeslagen bij het datacentrum.

**Uitwerking perspectieven:**

Perspectief 1: Het datacentrum valt gedurende 3 dagen uit (uitval object), de functie valt gedurende 1 dag uit (functie uitval) tijdens een 1/1.000 extreme neerslaggebeurtenis.

Perspectief 2: Het datacentrum kan uitvallen door:

- Software fouten/bediening (T=1 j, gedurende ½ uur)
- Niet functionerende koeling (T=10 j, gedurende 2 uur)
- Wateroverlast (neerslag/overstromingen) (T=1000 j, gedurende 1dag)

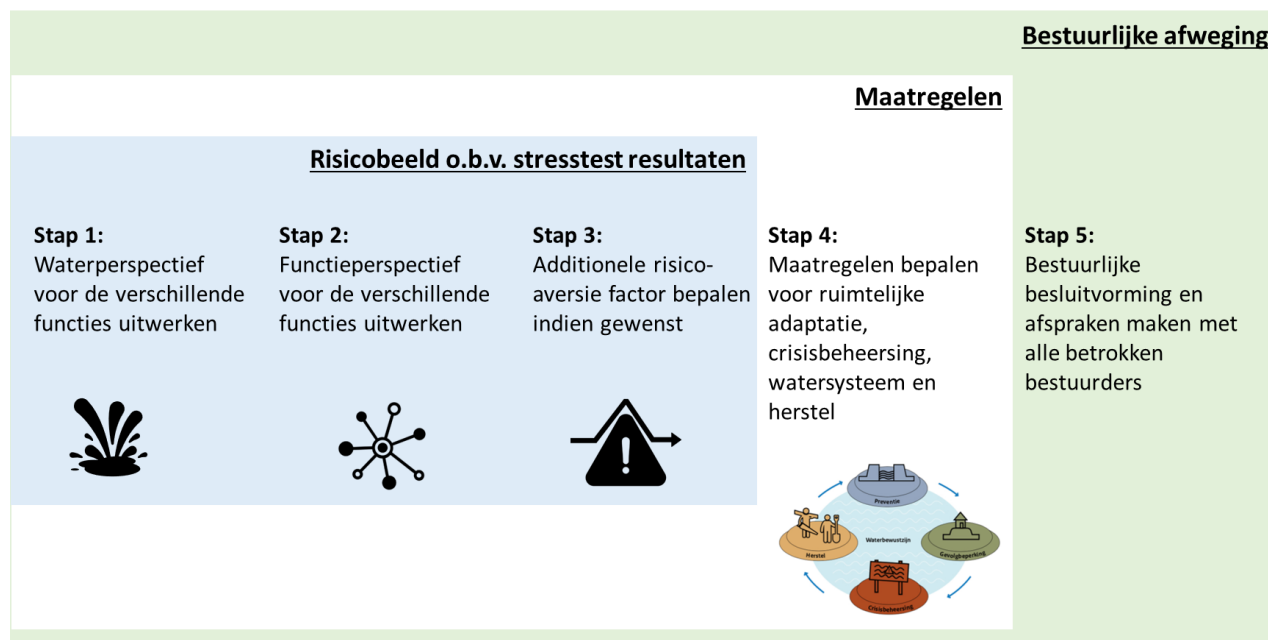
Perspectief 3: gekozen is voor geen additionele risico-aversie factor, dus een factor van 1 waardoor aangesloten wordt bij perspectief 2. Zie uitgebreide toelichting additionele risico-aversie factor in paragraaf 3.3.3.

**Maatregelen voor wateroverlast:**

- Laag 2: Extra batterijen of ophogen pand of ophogen voorziening in pand. Dit laatste werkt alleen tegen wateroverlast door neerslag.
- Laag 3: meer back-ups die sneller inzetbaar zijn. Dit werkt voor alle incidenten en beperkt zich niet tot wateroverlast. Voor de uitvoering is de objectbeheerder verantwoordelijk. De veiligheidsregio kan het risico wel adresseren.
- Laag 1: faalkans verkleinen door het verbeteren van het watersysteem. Hierdoor daalt het wateroverlast risico voor de gehele polder. Het waterschap moet de maatregel uitvoeren, maar wie draagt de kosten? *Deze vraag is onder andere zeer actueel bij de bovennormatieve maatregel van Rijnland middels een balgstuw.*
- Geen maatregelen treffen, dus het risico accepteren.

### 3.3 Risicodialoog uitwerking

Binnen de procesleidraad van de risicodialoog zijn vijf stappen geïdentificeerd, waarvan de samenhang is gevisualiseerd in Figuur 5.



Figuur 5: Visualisatie van de procesleidraad van de risicodialoog en de handvaten voor de bestuurlijke afweging

Het uiteindelijke doel van deze procesleidraad is bestuurders de benodigde informatie aan te reiken om (gezamenlijk) een bestuurlijke keuze te kunnen nemen. De bestuurders moeten zelf de waarde die zij aan de verschillende criteria toekennen bepalen. Zo kunnen zij de uiteindelijke bestuurlijke keuze maken voor het treffen van maatregelen of het accepteren van risico's. Deze stappen worden in de onderstaande paragrafen toegelicht, met uitzondering van de bestuurlijke afweging zelf. Hierbij wordt per stap eerst het beoogde eindresultaat genoemd en vervolgens worden de deelstappen en format van rapporteren toegelicht.

#### Afwegingsmethoden

Er bestaan verschillende instrumenten om afwegingen (lees: keuzes tussen verschillende maatregelen) te maken. De meeste gebruikelijke zijn de (maatschappelijke) kosten-batenanalyse (MKBA), de kosten-effectiviteitsanalyse (KEA) en de multicriteria-analyse (MCA).

In een **MKBA** worden zoveel mogelijk effecten (kosten en baten die leiden tot een verandering van maatschappelijke welvaart) van een maatregel gekwantificeerd en in geld uitgedrukt. Toepassing van de MKBA vraagt in veel situaties daarmee een behoorlijke onderzoeksinspanning. Op basis van de uitkomst van een MKBA kan een uitspraak gedaan worden in hoeverre een maatregel vanuit maatschappelijk oogpunt rendabel (gewenst) is.

In een **KEA** worden de kosten wel in geld uitgedrukt, maar de belangrijkste effecten (baten) niet; deze blijven in een "eigen" eenheid staan (bijv. hectare, uren, of m<sup>3</sup>). Een KEA ligt voor de hand als de nadruk ligt op één effect en op de kosten om dit te realiseren. Naarmate er meerdere effecten belangrijk zijn, is een KEA minder geschikt.

In een **MCA** kunnen verschillende effecten (kosten en baten) in hun eigen eenheid worden meegenomen. Aandachtspunten in de toepassing zijn de keuze van de effecten die meegenomen worden, standaardisatie van de effecten en weging van de scores; deze zijn in belangrijke mate subjectief. Dit maakt dat de uitkomst van een MCA beïnvloedbaar is.

In dit rapport sorteren we voor op een afweging in de vorm van een MCA of KEA. Deze kan met nadere onderzoeksinspanningen eventueel worden opgewerkt tot een MKBA.

### 3.3.1 Waterperspectief

**Eindresultaat:** een totaalbeeld van de gevolgen op basis van de extreme neerslaggebeurtenis, inclusief een overzicht van de getroffen objecten en functies en de gevolgen per functie. Dit sluit aan bij wat er op dit moment bij de lokale/regionale-stresstesten in kaart moet worden gebracht.

#### Stappenplan

1. Bepaal de extreme neerslaggebeurtenis conform de methodiek opgesteld in 2022 of lokale en regionale stresstesten (meerdere neerslagevents kunnen worden uitgewerkt). Bepaal per scenario:
  - a. De kans van voorkomen of de range indien dit onzeker is.
  - b. Neem de inundatiekaart op in onderstaande tabel.
2. Bepaal de gevolgen van deze gebeurtenis, en specificeer deze gevolgen naar de verschillende vitale sectoren. Let op: *Houd bij het bepalen van de maatschappelijke gevolgen rekening met het feit dat de gevolgen niet lineair hoeven te zijn met de duur van uitval. De gevolgen kunnen bij een grote gebeurtenis ook groter worden omdat de herstelcapaciteit beperkt is. Hiervoor moet een schadefunctie per lokale/regionale-functie worden afgeleid.*

Bepaal per object:

  - a. Of de kritische uitvalhoogte wordt overschreden (rekening houdend met noodmaatregelen), wat de schade aan het object is en wat de duur voor (nood)herstel is.
  - b. Of de functie van het object uitvalt omdat de redundantie niet meer werkt, als de functie uitvalt bepaal dan 1) hoeveel mensen met deze uitval te maken krijgen 2) hoe lang dat duurt en 3) wat de maatschappelijke gevolgen zijn van deze uitval (bijvoorbeeld schade, slachtoffers, maatschappelijke ontwrichting en imago).
3. Bepaal wat de totale impact (schade, getroffen en dodelijke slachtoffers) is. Hierbij wordt dus ook de impact bij huizen en andere niet vitale objecten meegenomen.
4. Vul de resultaten in onderstaande tabel in.

Tabel 2 Format resultaten waterperspectief

| Beschrijving gebeurtenis               |                        |  |                                       |   |                 |  |
|--|------------------------|--|---------------------------------------|---|-----------------|--|
| Kentallen gebeurtenis in gehele gebied |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Kans van voorkomen                     | ....                   | 1 / ... per jaar   | < Kaartbeeld objecten >               |   |                 |  |
| Beschouwde gebied                      | ....                   | km <sup>2</sup>  |                                       |   |                 |  |
| Totale schade                          | ....                   | Miljoen Euro   |                                       |   |                 |  |
| Getroffenen (mensen met overlast)      | ....                   | mensen   |                                       |   |                 |  |
| Dodelijke slachtoffers                 | ....                   | mensen   |                                       |   |                 |  |
| < Kaartbeeld objecten die uitvallen >  |                        |  | < Kaartbeeld invloedgebied objecten > |   |                 |  |
| Informatie per functie                 |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Functie                                | Totaal aantal objecten | Objecten waarvan kritische uitvalhoogte wordt overschreden | Redundantie (ja / nee)                | Aantal mensen getroffen door uitval functie | Duur van uitval | Maatschappelijke impact uitval (schade, slachtoffers, ontwrichting, imago) |
| Energie                                |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Sub functie 1                          |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Sub functie 2                          |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Sub functie ...                        |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Telecom/ICT                            |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Waterketen                             |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Gezondheid                             |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Keren en beheren oppervlaktewater      |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Transport                              |                        |  |                                       |   |                 |  |
| Chemie en nucleair                     |                        |  |                                       |   |                 |  |

### Toelichting

Asset managers en hydrologen bespreken samen op basis van het waterbeeld welke vitale objecten uitvallen en of functieverlies kan plaatsvinden. Hiervoor is het nodig om vast te stellen wie en wat in het gebied onderdeel zijn van de vitale functies waarbij een goed overzicht nodig is van de objecten die van belang zijn. Voor de objecten moet op basis van de (bovenregionale) stresstest gekeken worden of de kritieke uitvalwaarde (uit de bibliotheek) wordt overschreden bij gebeurtenis X met kans Y en of de redundantie voor de functie faalt. Hierbij is het daarom van belang naar de samenhang van objecten voor een functie te kijken. Eén object kan cruciaal zijn voor de functie, terwijl uitval van andere objecten een beperkte invloed heeft op de functie door bijvoorbeeld redundantie. Verder moet de duur van uitval van de functie en de maatschappelijke impact bij uitval in kaart worden gebracht, wat aansluit bij de huidige methodiek. Tenslotte is het belangrijk om te vermelden dat indien de kans van de gebeurtenis niet exact bekend is, een ordegrrootte ook volstaat.

### 3.3.2 Functieperspectief

**Eindresultaat:** Voor iedere (belangrijk) getroffen (sub)functie is een overzicht – een faalkansboekhouding – opgesteld, met daarin de verschillende oorzaken die leiden tot uitval van deze functie. De resultaten uit het waterspectief zijn hierbij dus één van de faaloorzaken. Beheerders hebben inzicht in de andere faaloorzaken. Uit de faalkansboekhouding wordt duidelijk wat de bijdrage is van de wateroverlast door extreme neerslag aan deze totale kans op uitval. De kans op uitval wordt uitgedrukt in een verwachtingswaarde van de duur dat één persoon hierdoor wordt getroffen, een verwachtingswaarde van de duur voor het aantal getroffen personen/aansluitingen en in de verwachtingswaarde van de impact.

#### Stappenplan

1. Bepaal van de benoemde functies uit perspectief 1 of hier normen en/of doelen voor gelden en wat de kans op uitval per jaar is. Dit geeft inzicht in de noodzaak om maatregelen te treffen.
2. Specificeer de kans op uitval door andere oorzaken dan wateroverlast. Kijk hierbij naar zowel vaak voorkomende (kleine) gebeurtenissen als naar extreme gebeurtenissen. Werk dat samen uit met de asset manager van deze functie.
3. Bepaal op basis van de kans en duur van uitval ook de maatschappelijke impact van deze gebeurtenissen. Houd hierbij rekening dat de maatschappelijke impact van een grotere gebeurtenis geen lineair verband hoeft te hebben met de gevolgen van extreme neerslag, omdat de schaal van de gebeurtenis anders is. Dit uit zich bijvoorbeeld in meer objecten die tegelijk getroffen worden, en mogelijk een langer herstelvermogen.
4. Bepaal de bijdrage van extreme neerslag aan de faalkansboekhouding van de objecten.
5. Vul de resultaten in onderstaande tabel in.

Tabel 3 Format resultaten functieperspectief

| Functie Afvalwaterbeheer - rioolgemalen en RWZI   |                                   |   |                          |   |  |   |  |
|---|-----------------------------------|---|--------------------------|---|--|---|--|
| <b>Kaartbeeld</b>   |                                   |   |                          |   |  |   |  |
| < Kaartbeeld invloedgebied objecten met jaarlijkse verachte uitval >                      |                                   |   |                          |   |  |   |  |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(uren per getroffen)               | ...                               | <b>Eventuele norm</b><br>(uren niet-functionerende afvalwaterfunctie per getroffen) |                          | ...   |  |   |  |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(som uren inwoners van het gebied) | ...                               | <b>Jaarlijks verwachte impact</b><br>(schade, slachtoffers, ontwrichting, imago)    |                          | ...   |  |   |  |
| <b>Faalkansboekhouding</b>  |                                   |   |                          |   |  |   |  |
| Oorzaak   | Jaarlijkse kans van uitval object | Aantal getroffen  | Duur uitval object (uur) | Maatschappelijke impact uitval gebeurtenis (maatwerk) | Bijdrage jaarlijks verwachte uitval (uren pp/ per aansluiting) | Bijdrage jaarlijks verwachte uitval (aantal uren) | Bijdrage aan jaarlijks verwachte maatschappelijke impact |
| <i>Complete gebied (gele deel)</i>  |                                   |   |                          |   |  |   |  |
| ..  |                                   |   |                          |   |  |   |  |
| <i>Uitvalgebieden door wateroverlast in gehele gebied</i>                                 |                                   |   |                          |   |  |   |  |
| ..  |                                   |   |                          |   |  |   |  |
| <i>Uitvalgebieden door wateroverlast in deel van het gebied</i>                           |                                   |   |                          |   |  |   |  |
| ..  |                                   |   |                          |   |  |   |  |

### **Toelichting**

Samen met asset managers wordt besproken door welke oorzaken nog meer functieverlies kan plaatsvinden. Hiervoor wordt ook een inschatting gegeven van 1) hoe vaak dit voorkomt en 2) hoeveel functieverlies dan plaatsvindt. Met deze gegevens kan het risico per oorzaak bepaald worden. Op deze manier kan de bijdrage van verschillende oorzaken op het functieverlies vergeleken worden. Het is van belang om onderscheid te maken tussen kans en gevolg, omdat bij het volgende perspectief rekening wordt gehouden met additionele risico-aversie, waarbij de omvang van de gevolgen van relatief groter belang zijn.

### 3.3.3 Additionele risico-aversieperspectief

#### Risico-aversie en individuele voorkeuren

Met risico-aversie of risicoafkeer wordt bedoeld op het gedrag of voorkeur van individuen om risico te mijden.

Stel, we hebben de keuze uit twee situaties:

- A. € 10,- met zekerheid te ontvangen, of;
- B. een kans van 50% om € 20,- te ontvangen, en een kans van 50% om niets te ontvangen. De verwachte ontvangst is € 10,- ( $= 50\% \times € 20 + 50\% \times € 0 = € 10,-$ ).

Iemand die risiconutraal is, heeft geen voorkeur voor A of B. Iemand die risicoavers is, zal de onzekerheid vermijden en een voorkeur hebben voor situatie A.

Wanneer het om - ten opzichte van het persoonlijk inkomen of vermogen - relatief kleine verliezen gaat, dan zijn veel mensen risiconutraal. Maar bij grotere bedragen wordt men eerder risicoavers, omdat het verlies niet of slechts moeilijk te dragen is. Veel mensen volstaan daarom ook om een goedkope tweedehands auto beperkt (WA of WA+) te verzekeren, terwijl een dure nieuwe auto al snel allrisk verzekerd wordt. Risico-aversie (van personen) verklaart waarom mensen bereid zijn een hogere premie te betalen dan de verwachte schade. Hierdoor kunnen ook (commercieel haalbare) verzekeringen bestaan.

Mensen zijn dus - vanaf een bepaald punt - risicoavers. De maatschappelijke baten van risico-reducerende maatregelen (die afgeleid worden uit individuele voorkeuren) zijn in dat geval groter dan de reductie van de verwachte schade. Het verschil noemen economen de 'risicopremie' (niet te verwarren met een 'verzekeringspremie'). Deze risicoafkeer/risicopremie hoort (standaard) in (maatschappelijke) kosten-batenanalyse van risico-reducerende maatregelen tot uitdrukking te worden gebracht (en vormt daarmee ook onderdeel van de perspectieven 1 en 2). Zo is de risicopremie bijvoorbeeld verwerkt in de MKBA voor de nieuwe normen voor waterveiligheid<sup>5</sup> en in de geadviseerde opslagfactor van 1,42 van de Schade en Slachtoffermodule<sup>6</sup>.

#### Groepsrisico en risico-aversie

Het begrip Groepsrisico komt uit het externe veiligheidsdomein. Ook in deze context wordt het begrip 'risico-aversie' gebruikt. In dit geval wordt hiermee bedoeld de mate waarin (bijvoorbeeld) 100 slachtoffers in één ongeval, zwaarder gewogen worden dan 100 ongevallen met één slachtoffer. De argumenten voor risico-aversie zijn gelegen in de grotere maatschappelijke aandacht voor meer slachtoffers in één keer en de bestuurlijke verantwoordelijkheid. Het is echter maar zeer de vraag of deze risico-aversie ook overeenkomt met de voorkeuren van individuen. Het nemen van risico-reducerende maatregelen op grond van deze vorm van risico-aversie leidt mogelijk tot maatschappelijke inefficiëntie. Om deze vorm van risico-aversie te onderscheiden van de eerste vorm, wordt in perspectief 3 gesproken van 'aanvullende risico-aversie'.

**Eindresultaat:** Een wegingsfactor voor de verschillende oorzaken van functieverlies (additionele risico-aversie). De vraag hierbij is of de omvang van een gebeurtenis extra eisen stelt aan wat acceptabel gevonden wordt. Dit kan een aanleiding zijn om additionele risico-aversie toe te passen.



### Stappenplan:

1. Bepaal of het gevolg van een laag frequente grote gebeurtenis, die even zwaar weegt in een risico analyse als het gevolg van een hoog frequente kleine gebeurtenis. Waarderen we 1 x 100 gevolgen anders dan 100 x 1?  
De standaard parameter die we voorstellen om mee te werken is een risico-aversie factor van 1, wat betekent dat in een risico analyse (kans x gevolg) de verwachte gevolgen gelijk gewogen worden.
2. Gebruik de resultaten van de faalkansboekhouding uit stap 1 en vermenigvuldig voor de gevolgen van de gebeurtenissen waarvoor een risicofactor anders dan 1 gebruikt wordt met de gekozen risico-aversie factor.
3. Vul de resultaten in onderstaande tabel in.

Tabel 4 Format resultaten functieperspectief met risico-aversie

| Functie Afvalwaterbeheer - rioolgemalen en RWZI   |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
|---|----------------------------------|------------------|--------------------------|---|--|---|---|-----------------------|
| Kaartbeeld  |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| < Kaartbeeld invloedgebied objecten met jaarlijkse verachte uitval >                                |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(uren per getroffen)                         | ...                              |                  |                          |   |  | <b>Eventuele norm</b><br>(uren niet-functionerende afvalwaterfunctie per getroffen) | ...   |                       |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(som uren voor alle inwoners van het gebied) | ...                              |                  |                          |   |  | <b>Jaarlijks verwachte impact</b><br>(schade, slachtoffers, ontwrichting, imago)    | ...   |                       |
| Faalkansboekhouding   |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| Oorzaak   | Jaarlijks kans van uitval object | Aantal getroffen | Duur uitval object (uur) | Maatschappelijk e impact gebeurtenis (maatwerk) | Bijdrage aan jaarlijks verwachte uitval (uren per persoon/aansluiting) | Bijdrage jaarlijks verwachte uitval (totaal aantal uren)                            | Bijdrage aan jaarlijks verwachte maatschappelijk e impact | Risico-aversie factor |
| <i>Complete gebied (gele deel)</i>  |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| ..  |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| ...   |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| <i>Uitvalgebieden door wateroverlast in gehele gebied</i>   |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| ..  |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| <i>Uitvalgebieden door wateroverlast in deel van het gebied</i>                                     |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |
| ..  |                                  |                  |                          |   |  |   |   |                       |

### Toelichting

Gezamenlijk moet besproken worden welke factor gebruikt wordt voor additionele risico-aversie (uitgangspunt is een factor één) voor gebeurtenissen waarbij de omvang van de gevolgen van relatief groter belang zijn ten opzichte van vaker voorkomende gebeurtenissen waarbij de gevolgen minder uitzonderlijk zijn.

### 3.3.4 Maatregelen en opmaat voor bestuurlijk afwegen

**Eindresultaat:** Het doel van deze stap is de bestuurder de benodigde informatie aan te reiken voor een bestuurlijke afweging. Het is de bedoeling dat de bestuurder zelf de waarde aan verschillende criteria toekent. Indien er geen keuze door bestuurders genomen wordt, dan wordt het risico dus geaccepteerd en wordt er dus wel degelijk een keuze gemaakt. De keuze wordt op deze manier dus expliciet gemaakt, terwijl deze anders impliciet zou blijven.

#### Toelichting

De impact bij het waterperspectief, de faalkansboekhouding van het functieperspectief en het eventuele risico-aversieperspectief moeten worden uitgewerkt voor de verschillende vitale functies. Voor een individuele functie zoals spoedeisende hulp kan uit de faalkansboekhouding bijvoorbeeld volgen dat investeren in personeelstekort het meest rendabel is. Echter kan een maatregel in het watersysteem weer baten voor de verschillende vitale objecten opleveren. Dit wordt samengebracht in een overzichtstabel voor de bestuurder. Meerdere maatregelen overwogen worden gericht op het beperken of voorkomen van directe of indirecte, materiele en immateriële schade. Maatregelen kunnen gezocht worden binnen de mogelijke handelingsperspectieven:

- *Ruimtelijke adaptatie:* slimme keuzes in de ruimtelijke ordening en op object- of netwerkniveau; het treffen van permanente maatregelen, zoals het verhogen van objecten of onderdelen daarvan.
- *Crisisbeheersing:* o.a. verbeteren risicobewustzijn, rampenbestrijdingsoefeningen, evacuatieplannen en opvang. Op objectniveau: het treffen van tijdelijke (nood)maatregelen zoals mobiele waterkeringen.
- *Watersysteemmaatregelen:* gericht op het voorkomen of beperken van overstroming en/of wateroverlast op systeemniveau.
- *Acceptatie:* op basis van de kans op event en bijbehorende gevolgen kan besloten worden dat maatregelen niet doeltreffend zijn en de gevolgen derhalve geaccepteerd dienen te worden.

Aangezien het uitgangspunt is dat het watersysteem reeds op orde is en het om een bovennormatieve gebeurtenis gaat, adviseren we de maatregelen ook in deze volgorde uit te werken. Door het in kaart brengen van de kosten van een maatregel in het watersysteem, crisisbeheersing of preventie kunnen bestuurders gezamenlijk een afweging maken voor het treffen van lokale maatregelen versus systeemmaatregelen of het accepteren van het risico. Bij het afwegen van een maatregel kan ook aandacht worden besteed aan in hoeverre een maatregel bijdraagt aan het mitigeren van andere risico's zoals droogte. Hierbij helpt het als in een tabel de schade voor de referentiesituatie wordt weergegeven en vervolgens de kosten en schadereductie door het treffen van maatregelen met dezelfde faalkansboekhouding inzichtelijk wordt gemaakt. Een verdere onderbouwing van de handelingsmogelijkheden en bijbehorende maatregelen op het gebied van ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing is beschreven in bijlage C.

#### Stappenplan:

1. De uitkomsten van de impacts, zoals die volgen uit de voorgaande stappen (perspectief 1, 2 en 3) samenvatten voor de referentiesituatie in onderstaande tabel.
2. Definieer maatregelen voor de drie categorieën: ruimtelijke adaptatie (doel: gevolgen per functie beperken), crisisbeheersing (doel: hersteltijd beperken) en watersysteem (doel: kans op wateroverlast verkleinen en daarmee gevolgen voor alle functies reduceren). Bepaal naast het doel van de maatregel ook het schaalniveau waarop de maatregel effectief moet zijn. Let op: In onderstaande voorbeeld tabel is één kolom per type maatregel opgenomen. Het uiteindelijk aantal benodigde kolommen is afhankelijk van het aantal te beschouwen maatregelen.
3. Bepaal het effect van de maatregel en vul onderstaande tabel verder in. Let op:

- a. De impact door wateroverlast voor de referentiesituatie wordt nu weergegeven met A.
- b. Een maatregel in de categorie ruimtelijke adaptatie, zoals een verbeterde ontsluiting van het ziekenhuis, zorgt voor een impact reductie bij wateroverlast voor slechts één functie (impact neemt af van A naar B). De impact bij de andere functies blijft gelijk aan de referentiesituatie (impact A).
- c. Een maatregel in het watersysteem en op het gebied van crisisbeheersing zorgen dat de impact bij wateroverlast voor meerdere functies tegelijk reduceert (impact A neemt af tot respectievelijk C en D).

Tabel 5 Format resultaten als input voor bestuurlijke afweging

|   | Referentie | Maatregel: ruimtelijke adaptatie<br>(maatregel per functie) | Maatregel: crisis-beheersing<br>(zie toelichting) | Maatregel: watersysteem |
|---|------------|---|---|-------------------------|
| <b>Kosten maatregel</b>   | -          | X   | Y   | Z                       |
| Elektriciteit   | A          | A   | C   | D                       |
| Aardgas   | A          | A   | C   | D                       |
| Telecom   | A          | A   | C   | D                       |
| Drinkwater  | A          | A   | C   | D                       |
| Afvalwater  | A          | A   | C   | D                       |
| Poldergemalen   | A          | A   | C   | D                       |
| Ziekenhuis  | A          | B → impact op 1 functie                                     | C   | D                       |
| ....  | A          | A   | C   | D                       |
| Overige schade aan niet vitale objecten                             | A          | A   | C   | D                       |
| <b>Totale schade</b><br>[resultaat perspectief 1]                   | <b>A</b>   | <b>B</b>  | <b>C</b>  | <b>D</b>                |
| <b>Jaarlijks verwachte uitvalduur</b><br>[resultaat perspectief 2*] | A          | B   | C   | D                       |
| <b>Jaarlijks verwachte impact</b><br>[resultaat perspectief 2*]     | A          | B   | C   | D                       |

\* Indien de additionele risico-aversie factor afwijkt van 1, hier ook de jaarlijkse uitvalduur en impact met de additionele risico-aversie opnemen.

### Voor maatregelen op het gebied van crisisbeheersing

1. bepaal de mogelijkheden tot implementatie van maatregelen op basis van de aanwezige capaciteit ten tijde van een crisissituatie. Op basis hiervan kunnen geschikte methodes en/of producten in de crisisbeheersing in beeld worden gebracht.
2. Bepaal welke informatie benodigd is voor de maatregelen, hoe snel een waarschuwing noodzakelijk is en selecteer mogelijke maatregelen die aansluiten bij de organisatorische capaciteit en het object.
3. Stel een beslismodel op die de implementatie van de maatregel vastlegt. Bespreek hierbij ook welke onzekerheden er zijn en hoe vaak het onnodig nemen van de maatregel geaccepteerd wordt. Stel desgewenst het beslismodel bij.

### Voorbeelden maatregelen ruimtelijke adaptatie

De volgende voorbeelden betreffen permanente maatregelen, die vóór de gebeurtenis worden genomen, zonder dat sprake is van een acute dreiging. De maatregelen worden dus veelal permanent verwerkt in constructies.

### Verhoogd aanleggen

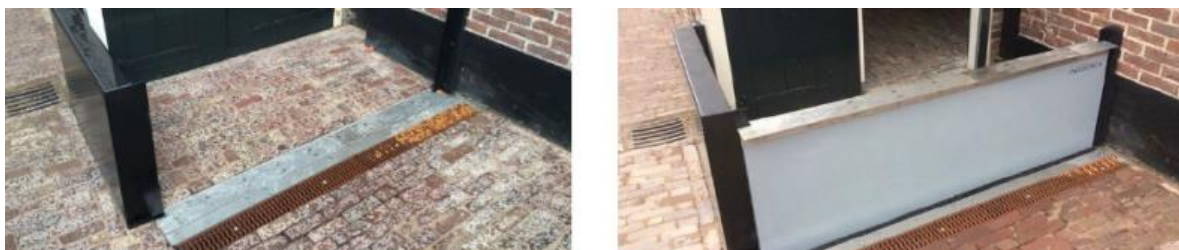
Het verhogen van objecten zorgt voor een permanente bescherming tegen hogere waterstanden. De maatregel is vaak alleen kostenefficiënt toepasbaar bij nieuw aan te leggen objecten en dient dus in de ontwerpfase te worden beschouwd. Op basis van stresstesten of hydraulische inundatiesimulaties kan de verwachte inundatiediepte op de locatie van het object worden ingeschat. De maatregel is veelal niet adaptief in te richten en kan dus minder goed inspelen op hoger dan voorspelde inundatiedieptes. Het belangrijkste voordeel is dat ten tijde van een crisissituatie geen tijd of mankracht nodig is om het object te beschermen. Daar tegenover staat dat de mogelijk hoge aanlegkosten moeten opwegen tegen het daadwerkelijke risico.

### Waterdicht maken

Het permanent waterdicht maken van objecten (ook wel dry-proofing) zorgt voor volledige bescherming van het object tot een bepaalde waterstand. Ook deze maatregel is vaak alleen kostenefficiënt toepasbaar bij nieuw aan te leggen objecten. Belangrijke overwegingen bij waterdicht maken is de te verwachte waterstand en stroomsnelheid. De constructie moet bestand zijn tegen de optredende waterdruk en eventuele belasting door drijvende objecten. Het waterdicht maken van bestaande objecten kan daarom technisch gezien een uitdaging zijn, vooral bij hogere inundatiedieptes.

### Schotten

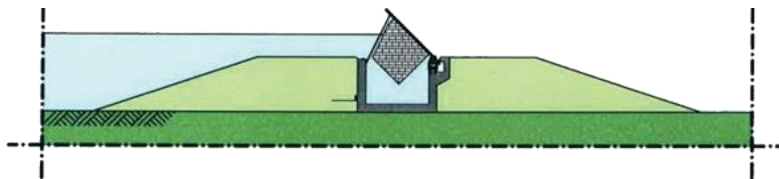
Opdrijvende schotten kunnen worden toegepast voor (kleinere) openingen of toegang tot objecten, maar ook op grotere schaal om kademuren tijdelijk te verhogen. Het is een permanente constructie die zelf activerend is bij opkomend water. Ten tijde van een crisissituatie is er dus geen tijd of mankracht nodig. Aandachtspunten hebben betrekking tot het onderhoud om de juiste werking te blijven garanderen.



Figuur 6: Zelfopdrijvend schot (SCFD - Self Closing Flood Barrier)

### Vlotterkering

Een vlotterkering is tijdelijke zelfsluitende waterkering die permanent aanwezig is in het ontwerp. Het werkt volgens hetzelfde principe als opdrijvende schotten en opent op basis van de waterdruk, maar wordt op grotere schaal toegepast in bestaande keringen in het buitenland en in 2023 voor het eerst op meerdere locaties in Nederland<sup>7</sup>. Het biedt daardoor een oplossing in complexe gebieden waar verhoging of verbreding van de keringen niet mogelijk is. Er is geen inspanning nodig voor het openen en sluiten van de vlotterkering. Ook hier is correct onderhoud voor de juiste werking van belang.

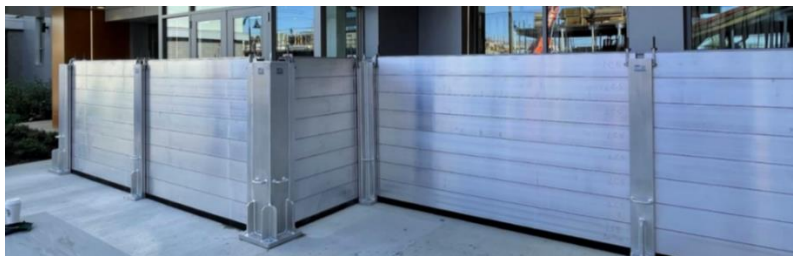


Figuur 7: Vlotterkering (vlotterkering.com)

<sup>7</sup> H2O Actueel (2023). In Steyl begint de victorie voor de vlotterkering. Geraadpleegd via: <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/in-steyl-begint-de-victorie-voor-de-vlotterkering>

### Panelen

Panelen worden meestal beschouwd als tijdelijke waterkering. Een belangrijke aanvulling bij de panelen in onderstaand figuur is dat er een permanent aanwezige montageconstructie is. De plaatsing van de panelen zelf wordt tijdens de dreiging van overstrooming gedaan. Door de aanwezigheid van de vaste montagepunten wordt de betrouwbaarheid vergroot en is de constructie sterker in te richten, wat de waterkerende hoogte vergroot.



*Figuur 8: Opbouwbare schotten (Dutch Water Prevention)*

### Waterbestendig maken

Bij het waterbestendig maken van objecten wordt het binnenlaten van water geaccepteerd en wordt ingezet op het beperken van de schade die dit oplevert. Het is dus een mitigerende maatregel en wordt ook 'wet-proofing' genoemd. Het kan worden toegepast door het gebruik van waterbestendige materialen en het aangepast inrichten van het object. Hierbij valt te denken aan het verhogen van kritieke functies binnen het object zelf (zoals elektravoorzieningen). Bij correcte uitvoering zal de hersteltijd significant afnemen. Voor woningen is vanuit enquêtes gebleken dat voor diverse overstroomingssituaties de totale gerapporteerde schade bij waterbestendig maken lager is, vergeleken met tijdelijke keringen. Dit komt door een relatief hoge betrouwbaarheid van de maatregel, in tegenstelling tot tijdelijke keringen waarbij in het geval van falen onverwachts hoge schade kan optreden.

### **Crisisbeheersing:**

De volgende maatregelen worden vlak vóór de gebeurtenis genomen, alleen wanneer sprake is van acute dreiging. De maatregelen vereisen dus vaak inzet van mankracht en materieel. Ook is voorbereiding in vorm van training en oefeningen noodzakelijk voor het goed kunnen toepassen van de maatregel. Daarnaast is goede aansturing en informatievoorziening voor het initiëren van de maatregelen belangrijk. Er zijn verschillende producten op de markt die kunnen berusten op dezelfde principes. De diverse onderliggende producten hebben wel verschillende faalmechanismen, voordelen en beperkingen die de juiste toepassing kan beïnvloeden. In deze paragraaf wordt er zoveel mogelijk gecategoriseerd.

### Grootschalig flexibele waterkeringen

Grootschalig flexibele waterkeringen kunnen worden gebruikt om gebouwen in het geheel te beschermen of water tijdelijk om te leiden. De meeste flexibele keringen vullen zich met water, wat in de kering gepompt moet worden of deze kunnen zelf vullend zijn. In ongebruikte toestand is er opslagruimte nodig die zich dicht bij de locatie van installatie bevindt. De keringen kunnen relatief zwaar zijn, waardoor er voldoende mankracht nodig is voor het plaatsen. Voorbeelden zijn rubberen gebeurtenissen of plastic schotten. De rubberen gebeurtenissen hebben als voordeel dat deze beter toepasbaar zijn op verschillende ondergronden. De plastic schotten zijn alleen geschikt voor een vlakke ondergrond.



Figuur 9: Grootschalig flexibele waterkering. Links: TubebARRIER. Rechts: Waterschot mobiele waterkeringen

#### Kleinschalig flexibele waterkeringen

Kleinschalig flexibele waterkeringen richten zich op het afsluiten van beperkte openingen van objecten.

*Zandzakken* worden op grote schaal gebruikt en zijn relatief goedkoop. Het gewicht van een zandzak is circa 20kg en het is dus arbeidsintensief om deze te plaatsen. Daarnaast moeten de zakken met de juiste techniek geplaatst worden om het water goed te kunnen keren. In crisissituaties worden zandzakken verspreid door een uitgiftepunt, wat niet voor iedereen toegankelijk is. Organisaties kunnen ook zelf zandzakken op voorraad houden. De waterkerende hoogte is beperkt en wordt daarnaast beïnvloedt door de kwaliteit van plaatsing.

*Schotten* in deuropeningen of kozijnen worden veel toegepast op locaties die blootgesteld zijn aan frequente wateroverlast of overstroming. De werking berust dus vooral op tijdige plaatsing en aanwezig zijn van bewoners of beheerders van het object. Tijdelijke schotten zijn minder geschikt voor hogere inundatiedieptes (i.v.m. constructieve eigenschappen) en kunnen in beperkte mate water doorlaten. Bij onverwachts hogere waterstanden is doorgaans weinig veerkracht in het te beschermen object aanwezig, waardoor onverwachts hoge schade kan optreden bij een te optimistisch uitgangspunt van de werking van schotten.

*Zakken gevuld met water* kunnen worden gebruikt als alternatief op zandzakken. Het belangrijkste voordeel is dat de zakken dus makkelijk opgeslagen kunnen worden en licht zijn te vervoeren. *Waterpompen* zijn er op gericht waterstanden te beïnvloeden en daarmee schade te voorkomen of mitigeren. Het schaalniveau van toepassing kan variëren van objectniveau (kelder) tot volledige peilgebieden.

#### Mitigerende maatregelen in de crisisbeheersing

Het *uitschakelen van functies* is een mitigerende maatregel en voorkomt ernstige gevolgschade. Dit kan bijvoorbeeld worden toegepast in elektriciteitskasten die zichzelf kunnen uitschakelen bij opkomend water. Het beperkt daardoor de directe schade, maar zorgt ook voor een sneller herstel en daardoor beperking van indirecte schade.

Door *voorraadbeheer* afgestemd op de verwachte uitval en benodigde herstelcapaciteit, kan met name indirecte schade worden beperkt. Hierbij wordt de directe tastbare schade geaccepteerd.



## 4 Toepassing methode in casussen

Binnen het onderzoek zijn aan de hand van twee casussen (semi) fictieve<sup>8</sup> risicodialogen gevoerd middels de drie perspectieven. Dit zijn de casus Den Bosch en de casus ARK/NZK: Amstelland. Het doel van de casussen was om 1) inzicht op te doen of de verschillende perspectieven bijdragen aan het kwantitatiever maken van de risicodialoog en 2) de methodiek verder aan te scherpen. De uitkomsten zijn kort aangestipt in paragraaf: 4.1 Casus Den Bosch en 4.2 casus Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal. Tenslotte is een reflectie opgenomen in paragraaf 0.

### 4.1 Den Bosch

Voor de casus Den Bosch zijn fictieve risicodialogen gevoerd met focus op de functie afvalwaterketen (rioolgemalen, overstorten en de rioolwaterzuivering). Voor deze focus is gekozen omdat waterschap Aa en Maas zelf stresstesten heeft uitgevoerd naar de werking van de zuivering. Deze inzichten zijn meegenomen in deze studie en verrijkt in de dialogen, en maakt het makkelijker te focussen op het aanscherpen van de methodiek van de (bovenregionale) stresstest.

#### Deelnemers risicodialoog

Voorafgaand aan de risicodialoog zijn met alle deelnemers verkennende gesprekken gevoerd. De fictieve risicodialoog is op locatie gehouden met beleidsadviseurs en adviseurs crisisbeheersing van de Provincie Noord-Brabant, Waterschap Aa en Maas, Gemeente Den Bosch en de Veiligheidsregio Brabant Noord.

#### Focus op afvalwaterketen

Ter voorbereiding op de dialogen zijn de twee perspectieven (water en functie) inhoudelijk voorbereid. Het gaat hierbij om grotendeels **fictieve getallen** gebaseerd op eerdere inzichten/ studies. De uitkomsten zijn hieronder per perspectief uitgewerkt.

#### *Perspectief 1 – het waterperspectief*

De volgende objecten worden geraakt bij een bovenregionale extreem weersituatie.

- Riolgemalen – overstorten
  - Pomp(en)-ontvangstkelder-besturingskast
  - Als gemaal uitvalt: kans op extra overstort
  - Moedergemalen (vaak 2 pompen)
  - Dochtergemalen kleiner of in buitengebied
- RWZI
  - 's-Hertogenbosch
  - Biologische capaciteit: 310.000 – 342.000 i.e.
  - Hydraulische capaciteit: 3.800 / 13.400 m<sup>3</sup>/u
  - Als RWZI uitvalt: kans op extra overstort

Hieronder is de tabel voor de fictieve gebeurtenis vanuit het eerste perspectief ingevuld. Op basis van gegevens van Waterschap Aa en Maas komen we op 19 rioolgemalen en 1 RWZI in het gebied. Met behulp

<sup>8</sup> Niet alle getallen waaronder de kans van falen voor andere oorzaken dan wateroverlast waren uitgesplitst beschikbaar voor de drie risicodialogen. De resultaten zijn wel op basis van best beschikbare gegevens. Waar nodig zijn de getallen aangevuld met fictieve getallen. Bij de cases van Den Bosch is ook gebruik gemaakt van het inundatiebeeld van een regionale kering doorbraak en niet van een bovenregionale gebeurtenis omdat hier geen inundatiebeelden voor beschikbaar waren.



van gegevens uit LIWO (Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen) is gekeken wat de waterdiepte is, en welke rioolgemaal/RWZI gaan uitvallen. Het aantal mensen dat te maken krijgt met uitval van de functie afvalwater is geschat door een inschatting te maken van het aantal mensen dat in het gebied woont en bediend wordt door de rioolgemaal.

Tabel 6 Uitwerking perspectief 1 voor uitval rioolgemaal en RWZI (gebaseerd op fictieve getallen)

| Beschrijving gebeurtenis   |                        |  |   |   |                   |  |
|--|------------------------|--|---|---|-------------------|--|
| Kentallen gebeurtenis in gehele gebied   |                        |  |   |   |                   |  |
| Kans van voorkomen   | 300-1000               | 1 / ... per jaar   |   |   |                   |  |
| Beschouwde gebied  | 154                    | Km <sup>2</sup>  |   |   |                   |  |
| Totale schade  | X                      | Miljoen Euro   |   |   |                   |  |
| Getroffenen (mensen met overlast)  | 210.000                | mensen   |   |   |                   |  |
| Dodelijke slachtoffers   | 0                      | mensen   |   |   |                   |  |
| <p>Bron inundatiebeeld: LIWO<br/>(doorbraak niet-primaire keringen)</p>  |                        |  |   |   |                   |  |
| <p>Uitval rioolgemaal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● DWA &lt;100 m<sup>3</sup>/h [1 rioolgemaal]</li> <li>● DWA 100-250 m<sup>3</sup>/h [2 rioolgemaal]</li> <li>● DWA &gt;250 m<sup>3</sup>/h [1 rioolgemaal]</li> <li>● Uitval RWZI</li> </ul> |                        |  | <p>Uitval RWZI</p> <p>Uitval rioolgemaal [LIWO doorbraak niet-primaire keringen]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● DWA &lt;100 m<sup>3</sup>/h [1 rioolgemaal]</li> <li>● DWA 100-250 m<sup>3</sup>/h [2 rioolgemaal]</li> <li>● DWA &gt;250 m<sup>3</sup>/h [1 rioolgemaal]</li> </ul> <p>Gebied uitval</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gebied uitval - Groot rioolgemaal</li> <li>■ Gebied uitval - Middelgroot rioolgemaal</li> <li>■ Gebied uitval - Klein rioolgemaal</li> <li>■ Gebied uitval - RWZI</li> </ul> |   |                   |  |
| Informatie per functie   |                        |  |   |   |                   |  |
| Functie  | Totaal aantal objecten | Objecten waarvan kritische uitvalhoogte wordt overschreden | Redundantie (ja / nee)  | Aantal mensen getroffen door uitval functie | Duur van uitval   | Maatschappelijke impact uitval (schade, slachtoffers, ontwrichting, imago)                               |
| <b>Afvalwater</b>  | <b>20</b>              | <b>5</b>   |   | <b>210.000</b>                              |                   | Slechte waterkwaliteit, zuurstofloosheid, schade aan aquatische ecosystemen, gevaar voor volksgezondheid |
| Kleine rioolgemaal dwa < 100 m <sup>3</sup> /u   | 6                      | 1  | Ja  | 0   | 1 dag tot maanden |  |
| Middelgrote rioolgemaal dwa 100-250 m <sup>3</sup> /u  | 7                      | 2  | Nee   | 20.000                                      | 1 dag tot maanden |  |
| Grote rioolgemaal dwa > 250 m <sup>3</sup> /u  | 6                      | 1  | Nee   | 20.000                                      | 1 dag tot maanden |  |
| RWZI   | 1                      | 1  | Nee   | 210.000                                     | Dagen tot weken   |  |

De impact van uitval van de RWZI is erg groot; dat raakt het gehele gebied. De impact bij uitval van rioolgemalen is afhankelijk van de grootte van het gemaal (capaciteit dwa) en of het systeem redundant is. Kleine rioolgemalen zijn hierin redundant, omdat deze opgevangen kunnen worden door andere bemalingsgebieden via vrij verval riolering, of als er noodcapaciteit gebruikt kan worden. Bij grote gemalen is het vaak niet mogelijk om een noodaansluiting aan te leggen vanwege de beperkte capaciteit van de noodoplossingen zoals een pompwagen. Deze gemalen worden dus gezien als niet redundant, en worden daarom meegenomen in de analyse van uitval.

### *Perspectief 2 – het functieperspectief*

In perspectief 2 zijn mogelijke oorzaken van uitval vastgelegd voor zowel de RWZI als rioolgemalen. In de omgeving Den Bosch zijn er 19 rioolgemalen en één RWZI. Als de functie afvalwater uitvalt, vinden extra overstorten plaats vanuit de riolering op het oppervlaktewatersysteem. Het verwachte aantal uur dat de afvalwaterfunctie per jaar niet functioneert, is hier als maat genomen om te kwantificeren wat het risico op uitval is. NB: de getallen zijn fictief.

Daarnaast kijken we naar andere oorzaken van uitval van de functie afvalwater. Andere oorzaken zijn:

- Stroomstoring: de functie van de afvalwaterketen is het meest gevoelig voor een stroomstoring. Dit is bekend gemaakt vanuit de ervaring van deelnemers van de werksessies als zowel de literatuur (Rijksoverheid, 2014).<sup>9</sup>
- Instorten grond / breuk leidingen: deze oorzaak is vaak afhankelijk van de staat van de leidingen, de verschillen in bodemdalingen in een gebied, en werkzaamheden in de omgeving. De risico's worden reëel geschat en dit vormt daarom een significante oorzaak voor het uitvallen van de functie van de afvalwaterketen.<sup>10</sup>
- Giftige stof in riool / RWZI: er zijn meerdere voorbeelden te noemen waarbij een (onbedoelde) lozing van giftige stoffen zorgt voor het uitvallen van een RWZI.<sup>11 & 12</sup>  
De RWZI's werken met biologische zuiveringsmiddelen die niet kunnen functioneren bij inbreng van giftige stoffen. De impact hiervan is relatief groot, en daarom van belang om mee te nemen in de analyse.
- Cyberaanval: in de trend van digitalisering van onze huidige maatschappij is het belangrijk om rekening te houden met het uitvallen of saboteren van het digitale aansturingssysteem van de afvalwaterketen. Er zijn elke dag tot wel duizenden cyberaanvallen die op dit moment nog gemakkelijk tegengehouden kunnen worden door de ICT-systemen die er zijn. De impacts kunnen hiervan groot zijn, met name wanneer rekening gehouden wordt met de toekomst.

Bij de risicosessie zijn nog meer faalmechanismen de revue gepasseerd. Het gaat hierbij om: verstopping/vuilophoping, uitval besturing, onderhoudswerkzaamheden, mechanisch defect, overbelasting, vandalisme en een menselijke fout. Omdat de kans op voorkomen in Nederland klein geacht wordt of de gevolgen klein door redundantie, zijn deze niet meegenomen in de faalkansboekhouding.

Dit leidt tot onderstaande faalkansboekhouding, die door andere oorzaken aangevuld kan worden. Hieruit blijkt dat de bovenregionale gebeurtenis een vergelijkbare bijdrage heeft aan de jaarlijks verwachte uitval ten opzichte van de dagelijkse storingen en de grote regionale storingen. De jaarlijkse totale uitval in het gehele gebied ligt in dit voorbeeld overal met 4 tot 5 uur/jaar net hoger dan de norm van 4 uur/jaar. Voor de verzorgingsgebieden van de objecten die uitvallen bij een bovenregionale neerslaggebeurtenis geldt een jaarlijkse uitval die met 4,7 tot 7,2 uur/jaar ongeveer 1,2 tot 1,8 keer zo hoog is als de norm zelf.

<sup>9</sup> Rijksoverheid. (2014). Graafschade aan ondergrondse leidingen en kabels. Opgehaald van Rijksoverheid.nl: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/ondergrondse-kabels-enleidingen/graafschade-voorkomen>

<sup>10</sup> VOORSPELLEN VAN LEIDINGBREUK MET HULP VAN SATELLIETEGEGEVENS 338534 (wur.nl)

<sup>11</sup> Zuiveringsproces RWZI Echten van slag door lozing giftige stof - Waterforum

<sup>12</sup> WDOdelta: zuiveringsproces RWZI Echten verstoord door giftige stoffen (h2owaternetwerk.nl)

Tabel 7 Mogelijke oorzaken van uitval rioolgemalen en/of RWZI (gebaseerd op fictieve getallen)

| Functie Afvalwaterbeheer - rioolgemalen en RWZI   |  |                  |                          |   |  |  |  |
|---|--|------------------|--------------------------|---|--|--|--|
| Kaartbeeld  |  |                  |                          |   |  |  |  |
|   |  |                  |                          |   |  |  |  |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(uren per getroffen)                         | Variërend per locatie:<br>Gele gebied: 4,0 / 5,0 uur<br>Oranje gebied: 4,7 / 7,2 uur                     |                  |                          | <b>Eventuele norm</b><br>(uren niet-functionerende afvalwaterfunctie per getroffen) | 4 uur per jaar<br>(aanname)  |  |  |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(som uren voor alle inwoners van het gebied) | Binnen gele gebied:<br>836.640 – 1.048.320 uren<br>Binnen het oranje gebied:<br>865.440 – 1.134.720 uren |                  |                          | <b>Jaarlijks verwachte impact</b><br>(schade, slachtoffers, ontwrichting, imago)    | ...  |  |  |
| Faalkansboekhouding   |  |                  |                          |   |  |  |  |
|   | Jaarlijkse kans van uitval object  | Aantal getroffen | Duur uitval object (uur) | Maatschappelijke impact uitval gebeurtenis (maatwerk)                               | Bijdrage jaarlijks verwachte uitval (uren per persoon/aansluiting) | Bijdrage jaarlijks verwachte uitval (totaal aantal uren) | Bijdrage aan jaarlijks verwachte maatschappelijke impact |
| <i>Complete gebied (gele deel)</i>  |  |                  |                          |   |  |  |  |
| Dagelijkse (kleine) storingen (bron: Netbeheer NL)  | 0,28<br>(0,014% van de 20 objecten)  | 210.000          | 4                        | Klein   | 1,1  | 235.200 uur<br><b>21-27%</b>                             | Midden   |
| Grote regionale stroomstoringen (aanname)   | 0,025<br>(1/20 jaar, 50% vh gebied)  | 210.000          | 8                        | Groot   | 0,2  | 42.000 uur<br><b>4-5%</b>                                | Midden   |
| Instorten grond / breuk leidingen (bron <sup>13</sup> )   | 0,005<br>(1/10 jaar, bij 1 van de 20 objecten)   | 210.000          | 24                       | Klein   | 0,1  | 25.200 uur<br><b>2-3%</b>                                | Midden   |
| Giftige stof  | 0,0025   | 210.000          | 48                       | Groot   | 0,1  | 25.200 uur   | Groot  |

<sup>13</sup> Graafschade aan ondergrondse leidingen en kabels | Bodem en ondergrond | Rijksoverheid.nl

|   |                                       |         |                               |                  |                 |  |        |
|---|---------------------------------------|---------|-------------------------------|------------------|-----------------|--|--------|
| (aaname)  | (1/20 jaar, bij 1 van de 20 objecten) |         |                               |                  |                 | <b>2-3%</b>                            |        |
| Cyberaanval (aaname)  | 0,04 (1/25 jaar, bij de 20 objecten)  | 210.000 | 48                            | Groot            | 1,9             | 403.200 uur<br><b>36-47%</b>           | Groot  |
| <i>Uitvalgebieden RWZI in gehele gebied (gele gebied)</i>                             |                                       |         |                               |                  |                 |  |        |
| RWZI  | 0,001 - 0,003                         | 210.000 | 504 uur ('dagen tot weken')   | Zeer groot       | 0,5 tot 1,5 uur | 105.840 – 317.520 uur<br><b>12-28%</b> | Midden |
| <i>Uitvalgebieden rioolgemalen (oranje gebied wat deels overlapt met gele gebied)</i> |                                       |         |                               |                  |                 |  |        |
| Grote rioolgemalen  | 0,001 - 0,003                         | 20.000  | 720 uur ('1 dag tot maanden') | Groot            | 0,7 tot 2,2 uur | 14.400-43.200 uur<br><b>2-4%</b>       | Midden |
| Middelgrote rioolgemalen  | 0,001 - 0,003                         | 20.000  | 720 uur ('1 dag tot maanden') | Middel tot groot | 0,7 tot 2,2 uur | 14.400-43.200 uur<br><b>2-4%</b>       | Groot  |

### Reflectie casus Den Bosch

In onderstaande reflectie staan de geleerde lessen en ervaringen in het voorbereiden van de fictieve risicodialogen, de dialoog (en het werken met de perspectieven) en de aanbevelingen voor vervolg/kennisagenda.

#### Vorbereiding

- De samenstelling van deelnemers vergt tijd en begrip van de betreffende personen en organisaties. Bovenregionale stresstesten en risicodialogen zijn een nieuw onderwerp dat nog niet altijd op de juiste plek is belegd. Het eigenaarschap en verantwoordelijkheidsgevoel is een belangrijk aandachtspunt voor het verder brengen van de bovenregionale stresstest/ risicodialogen. Voor de casus Den Bosch was het erg lastig om de juiste deelnemers aan tafel te krijgen.
- Er zijn veel parallel lopende trajecten (waaronder HWBP-2, nieuwe Europese richtlijnen overstromingen). Informatie-uitwisseling tussen de betrokken organisaties kan onnodige overlap tussen de verschillende programma's voorkomen en effectievere uitkomsten bevorderen. Daarom is het nuttig om voldoende aandacht te besteden aan een goed overzicht van andere relevante ontwikkelingen/trajecten.

Het werken met de drie perspectieven is een kwantitatieve benadering. Deze aanpak is nieuw voor de deelnemers aan tafel en daarom is in de voorbereiding van de casus veel aandacht en tijd besteed aan voorbereidende gesprekken met verschillende deelnemers om de methodiek toe te lichten en om deelnemers zover te krijgen dat ze tijd vrij wilde maken om de methodiek te toetsen aan de hand van fictieve risicodialogen.

#### Dialoog zelf

- Het werken met de perspectieven werkte goed voor de deelnemers. Het biedt goede inzichten in wat de gevolgen zijn en biedt aanknopingspunten voor mogelijke oplossingen.
- Deelnemers vonden het lastig dat in de casus Den Bosch de focus zich beperkte tot de afvalwaterketen objecten. Voor de daadwerkelijke risicodialoog is het ook de bedoeling dat alle functies worden uitgewerkt en doorlopen, wat de wens van de deelnemers om het totaalpakket aan vitale objecten mee te nemen, vervult.
- Werken met perspectief A

- Ervaring:
  - Heldere taakverdeling, namelijk objectbeheerder/deskundige en hydroloog bepalen uitval objecten en koppelen dit aan de hand van een tabel terug aan bredere groep betrokkenen.
  - Speciale aandacht voor hoe de impact verschilt voor een bovenregionaal event.
- Inzichten:
  - Voor de behandelde RWZI Den Bosch in de dialoog is geen back-up aanwezig. Tevens is de zuivering een belangrijke verwerker van slib voor andere zuiveringen en wordt er gas opgewerkt voor een externe partij.
  - De gevolgen van het uitvallen van de zuivering hangt af van de tijdsduur. Des te langer de uitval, des te moeilijker het is om de zuivering weer goed werkend te krijgen (denk aan bacteriën groepen), ook kunnen in omliggende huishoudens lange tijd de toiletten niet worden doorgespoeld.
  - Is de zuivering meer dan 7 dagen niet in gebruik, dan is er mogelijk kans op veel schade en mogelijk ook evacuatie van mensen.
  - Herstelfase zorgt ook voor veel impact en schade.
- Werken met perspectief B
  - Ervaring: Nuttig om aandeel door wateroverlast te vergelijken met andere oorzaken van wateroverlast. Wel behoefte aan volledig overzicht van functies te beschouwen.
  - Inzichten: De effecten van andere oorzaken van uitval zijn veel groter dan de kans op een bovenregionale gebeurtenis. Met name stroomuitval, cyberaanval en logistieke vraagstukken zijn veel groter in kans van voorkomen.

#### *Aanbevelingen voor kennisagenda*

- Veel trajecten zijn parallel gaande. De uitdaging zit hem in het bundelen van informatie en weten waar wat te vinden is.
  - Overzicht creëren van welke andere ontwikkelingen er zijn.
  - Behoeftte aan een gezamenlijk platform om relevante informatie te delen.
- Verantwoordelijkheden moeten erg duidelijk zijn. Zowel voor het op tafel krijgen van de juiste informatie als voor bestuurders. Anders is er het risico dat er naar elkaar wordt gekeken en er geen actie ondernomen wordt.
- De positie van de veiligheidsregio is nog onduidelijk binnen de bovenregionale stresstest/ risicodialoog. Vraag leeft of de veiligheidsregio een trekkende rol moet krijgen in het boven tafel krijgen van kennis en inzichten. Dit omdat de veiligheidsregio connecties heeft met alle voor een bovenregionale analyse relevante vitale partijen. Hierdoor wordt de veiligheidsregio bij de cases als een cruciale rol gezien.
- Hoe ga je om met vertrouwelijkheid van gegevens? In de casus van Den Bosch werden een aantal uitkomsten/ inzichten in de werking van de afvalwaterketen als gevoelig gezien om op te nemen in dit onderzoek. In het traject hebben wij ook bij andere partijen, zoals netbeheerders, ervaren dat de vertrouwelijkheid van gegevens ervoor zorgt dat zaken niet gedeeld kunnen worden.

## 4.2 ARK-NZK: Amstelland

### **Opzet dialogen**

Er zijn twee fictieve risicodialogen gevoerd met focus op de functie elektriciteitsvoorziening en de functie afvalwaterketen (alleen rioolgemalen, niet de RWZI's). Er is gekozen voor focus op elektriciteit en de rioolgemalen omdat dit type objecten veel aanwezig zijn in het projectgebied en een inschatting gegeven kan worden van uitval. Dit laatste doen we op basis van inundatiekaarten aangeleverd door Waternet van een blokbui van 200 mm en de uitvalhoogtes per type object die eerder in het kader van dit onderzoek zijn vastgesteld. Uit de twee fictieve risicodialogen zijn diverse lessen getrokken waarmee de methode en de

wijze van uitwerken van de uitval van objecten/funcities en het kwantificeren van de impact zijn aangepast. Tenslotte is er afgesloten met een terugkoppeling naar de deelnemers.

#### 4.2.1 Risicodialoog 1: elektriciteitsvoorziening

##### *Perspectief 1 – het waterperspectief*

Om een analyse te maken van de impact van de bovenregionale neerslaggebeurtenis op de elektriciteitsvoorziening wordt voor dit onderdeel gekeken naar het gebied binnen de Amstellandboezem inclusief het centrum van Amsterdam. In dit gebied van 325 km<sup>2</sup> wonen ongeveer 1 miljoen mensen. Ter referentie: het gebied van de bovenregionale neerslaggebeurtenis (de bui van Limburg/Duitsland in 2021) is 20 keer zo groot is en omvat bijvoorbeeld het gebied van Rotterdam tot Lelystad, wat gaat om zeven tot acht keer zoveel inwoners.

Binnen de elektriciteitsvoorziening worden de volgende objecten geraakt bij een bovenregionale neerslaggebeurtenis en krijgen daarmee mogelijk met uitval te maken:

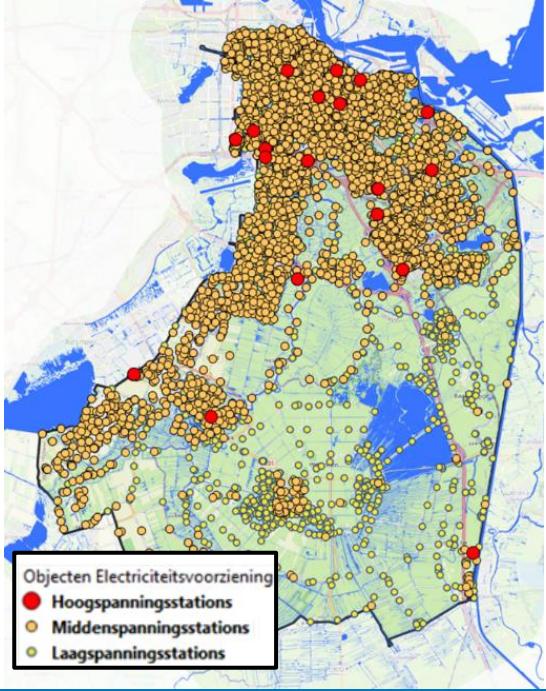
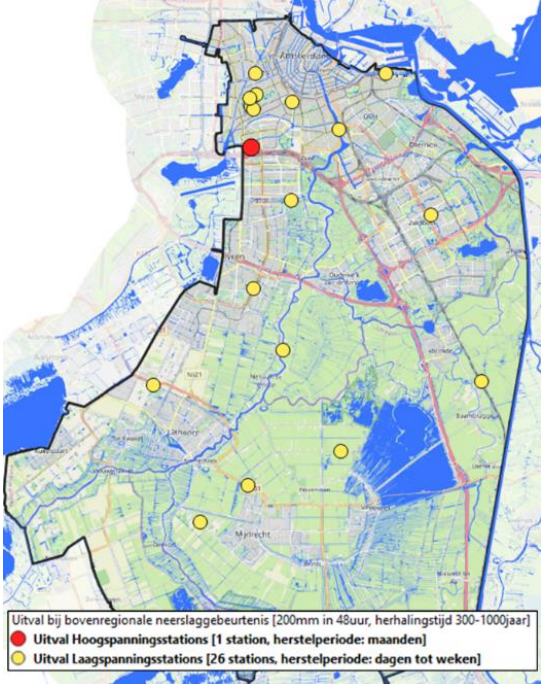
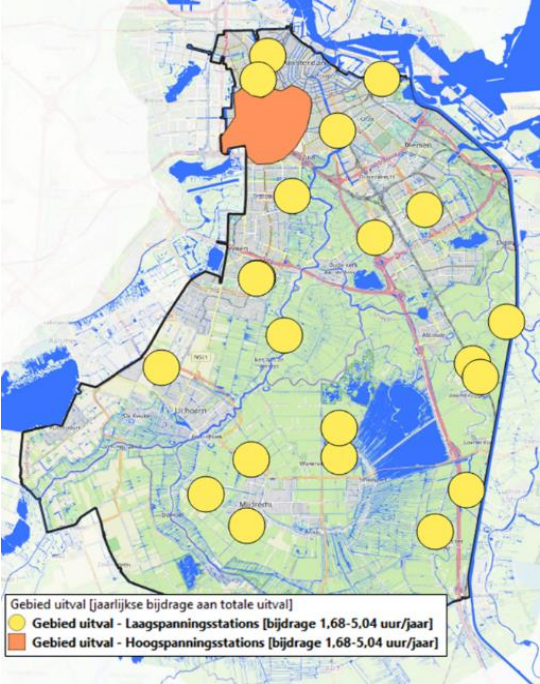
- Hoogspanningsstations: uitval waterstand 45 cm boven maaiveld, geen sprake van redundantie.
- Middenspanningsstations: uitval waterstand 80 cm boven maaiveld, maar in cirkels aangelegd, dus er is sprake van redundantie.
- Laagspanningsstations: uitval bij waterstand 30 cm boven maaiveld, geen sprake van redundantie

Hieronder is de tabel voor deze gebeurtenis vanuit het eerste perspectief ingevuld. Op basis van de locaties van de stations die door Liander en Stedin openbaar zijn gedeeld (gebaseerd op download in juni 2023), komen we op meer dan 6000 aanwezige stations.

Op basis van de inundatiekaart geleverd door het waterschap is gekeken wat de waterdiepte is en welke stations gaan uitvallen. Het aantal mensen dat te maken krijgt met uitval elektriciteit per uitgevallen station is geschat door het aantal mensen in het gebied te delen door het aantal hoog-, midden- of laagspanningsstations. De tabel is verder aangevuld conform de bibliotheek van uitvalhoogtes, redundantie en herstelduur.



Tabel 8 Impact bovenregionale neerslaggebeurtenis op elektriciteitsvoorziening

| Beschrijving gebeurtenis                          | Bovenregionale neerslaggebeurtenis (Limburg-gebeurtenis)   |  |  |
|---|--|--|--|
|   | <p><b>Kentallen van de gehele gebeurtenis gefocust op de Amstellandboezem</b></p> <p>Het totale gebied met deze hevige neerslag bij deze neerslaggebeurtenis is hierbij wel 20x zo groot. Schatting is dat in de Amstellandboezem 1.000.000 mensen wonen. In het totale neerslaggebied mogelijk 7-8x zoveel.</p> |  |  |
| Kans van voorkomen                                | 300-1000   | 1 / ... per jaar   | <p><i>Overzichtskaat objecten</i></p>  <p><b>Objecten Electriciteitsvoorziening</b><br/> <span style="color:red">●</span> Hoogspanningsstations<br/> <span style="color:orange">●</span> Middenspanningsstations<br/> <span style="color:yellow">●</span> Laagspanningsstations</p> |
| Neerslagvolume                                    | 200  | mm   |  |
| Neerslagduur                                      | 48   | uur  |  |
| Focusgebied                                       | 325  | km <sup>2</sup>  |  |
| Inwoners focusgebied                              | 400.000  | huishoudens  |  |
| Totale schade                                     | X  | Miljoen Euro   |  |
| Getroffen (mensen met overlast)                   | 24.900   | huishoudens  |  |
| Dodelijke slachtoffers als gevolg van gebeurtenis | 0  | personen   |  |
|   |  | <p><i>Overzichtskaat objecten die uitvallen</i></p>  <p>Uitval bij bovenregionale neerslaggebeurtenis [200mm in 48uur, herhalingsijd 300-1000jaar]<br/> <span style="color:red">●</span> Uitval Hoogspanningsstations [1 station, herstelperiode: maanden]<br/> <span style="color:yellow">●</span> Uitval Laagspanningsstations [26 stations, herstelperiode: dagen tot weken]</p> |  |
|   |  | <p><i>Overzichtskaat impact gebied van uitval</i></p>  <p>Gebied uitval [jaarlijkse bijdrage aan totale uitval]<br/> <span style="color:yellow">■</span> Gebied uitval - Laagspanningsstations [bijdrage 1,68-5,04 uur/jaar]<br/> <span style="color:red">■</span> Gebied uitval - Hoogspanningsstations [bijdrage 1,68-5,04 uur/jaar]</p>   |  |



|                                  | Informatie per functie (alleen elektriciteitsvoorziening) |  |                        |  |                           |   |
|----------------------------------|---|--|------------------------|--|---------------------------|---|
| Functie                          | Totaal aantal objecten                                    | Objecten waarvan kritische uitvalhoogte wordt overschreden | Sprake van redundantie | Aantal huishoudens getroffen door uitval functie | Duur van uitval           | Maatschappelijke impact uitval (schade, slachtoffers, ontwrichting, imago)  |
| <b>Elektriciteitsvoorziening</b> | <b>5504</b>   | <b>49</b>  |                        | <b>24.900</b>                                    |                           | Veel locaties met uitval met veel lokale gevolgen, omdat veel functies ervan afhankelijk zijn. Door lange herstelperiode langdurige impact. |
| - Hoogspanningsstations          | 21  | 1 (45 cm)  | Nee                    | 19.050   | Maanden                   |   |
| - Middenspanningsstations        | 3704  | 24 (80 cm)   | Ja                     | -  | -                         |   |
| - Laagspanningsstations          | 1779  | 26 (30 cm)   | Nee                    | 5.850  | Enkele dagen tot 10 weken |   |

Impact van de uitval van 1 hoogspanningsstation is erg groot, terwijl bij de middenspanningsstations er sprake is van redundantie wat leidt tot geen gevolgen. De vele laagspanningsstations die uitvallen in dit gebied hebben impact op veel (delen van) wijken. De herstelduur is erg lang: van dagen tot 10 weken voor de vele kleine laagspanningsstations en maanden voor het hoogspanningsstation. Dit heeft vooral te maken met het aantal uitgevallen kasten en het feit dat het gebied met impact vele malen groter is en binnen het bovenregionale gebied het aantal uitgevallen stations 7-20 keer zo groot is. Bij honderden uitgevallen laagspanningsstations in Nederland is van snel herstel geen sprake.

*Perspectief 2 – het functieperspectief*

Gekeken vanuit het functieperspectief wordt de vergelijking gemaakt met andere redenen van uitval en de norm waaraan de netbeheerder dient te voldoen. Volgens Netbeheer Nederland werkt het energienet 99,995 procent van de tijd, wat neerkomt op gemiddeld een half uur uitval per jaar per persoon. Gemiddeld zou een klant eens in de vier jaar te maken krijgen met een stroomstoring.

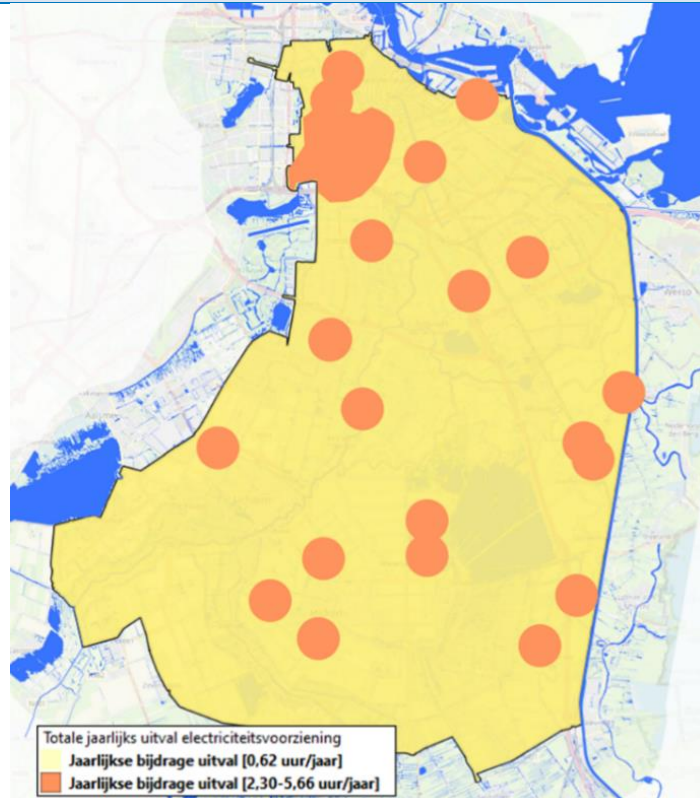
De jaarlijks verwachte uitval is ruimtelijk afhankelijk: in de verzorgingsgebieden van de stations die uitvallen bij deze gebeurtenis is de jaarlijkse bijdrage aan verwachte uitval gelijk aan de herhalingstijd van gebeurtenis (eens in 300-1000 jaar) vermenigvuldigd met de duur van de uitval. Uitgaande van een herstelperiode van 10 weken voor zowel hoog- als laagspanning kom je uit op een bijdrage van 1,7-5,0 uur/jaar puur vanuit de bovenregionale neerslaggebeurtenis. Buiten deze verzorgingsgebieden is de bijdrage vanuit de bovenregionale neerslaggebeurtenissen natuurlijk gelijk aan 0,0.

Als we kijken naar de andere oorzaken, kan je met een lijst als defecte kabels door onderhoud of werkzaamheden, schade door vorst/bliksem, uitval door wind, menselijke fout, overbelasting, kortsluiting, brand, vandalisme, dijkdoorbraak, enzovoorts. Best beschikbare uitgangspunten die hiervoor gebruikt zijn:

- Dagelijkse stroomstoringen: Vanuit Netbeheer Nederland is aangegeven dat er per jaar 20.172 stroomstoringen zijn per jaar (gemiddeld 55 per dag), die gemiddeld na 1,5 uur verholpen zijn. Een doorsneestoring trof hierbij 115 klanten. Voor dit gebied gaat het dan om ongeveer 1215 stroomstoringen met daarbij in totaal 140.000 getroffen.
- Grote (regionale) stroomstoringen: er zijn voorbeelden bekend, waaronder ook de explosie van het 150KV-station aan de Hemweg waarbij 350.000 huishoudens zonder stroom kwamen te zitten. Dit vond s' ochtends plaats op 17 januari 2017, waarbij complete herstel van het stroomvoorziening 4 uur en 20 minuten duurde. Met grote gevolgen. Voor grote regionale stroomstoringen is een aanneme gedaan en opgenomen in onderstaande tabel: één keer in 20 jaar voor dit gebied en heeft de helft van het gebied geen stroom gedurende 8 uur.

Dit leidt tot onderstaande faalkansboekhouding, die door andere oorzaken aangevuld kan worden. Hieruit blijkt dat de bovenregionale gebeurtenis een grotere bijdrage heeft aan de jaarlijks verwachte uitval ten opzichte van de dagelijkse storingen en de grote regionale storingen. De jaarlijkse totale uitval in het gehele gebied ligt in dit voorbeeld overal met 0,6 uur/jaar net hoger dan de norm van 0,5 uur/jaar. Voor de verzorgingsgebieden van de stations die uitvallen bij een bovenregionale neerslaggebeurtenis geldt een jaarlijkse uitval die met 2,3-5,7 uur/jaar aanzienlijk hoger dan de norm zelf.

Tabel 9 Uitwerking perspectief 2 voor elektriciteitsvoorziening

| Functie Electriciteitsvoorziening   |   |   |              |
|---|---|---|--------------|
| <b>Kaartbeeld</b>   |   |   |              |
|                           |   |   |              |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval elektriciteitsvoorziening</b><br>(uren per getroffen)                         | Inwoner van het gele gebied:<br>0,6 uur<br>Inwoner van het oranje gebied:<br>2,3-5,7 uur (aanvullend risico: 1,7-5) | <b>Eventuele norm</b><br>(uren niet-functionerende afvalwaterfunctie per getroffen) | 0,5 uur/jaar |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval elektriciteitsvoorziening</b><br>(som uren voor alle inwoners van het gebied) | Binnen gele gebied:<br>15438 uren<br>Binnen het oranje gebied:<br>57270-140934 uren                                 | <b>Jaarlijks verwachte impact</b><br>(schade, slachtoffers, ontwrichting, imago)    | ...          |

| <b>Faalkansboekhouding</b>   |                                       |                  |                          |   |  |   |  |
|--|---------------------------------------|------------------|--------------------------|---|--|---|--|
|  | Jaarlijkse kans van uitval object     | Aantal getroffen | Duur uitval object (uur) | Maatschappelijke impact uitval gebeurtenis (maatwerk) | Bijdrage aan jaarlijks verwachte uitval (uren per persoon/aansluiting) | Bijdrage aan jaarlijks verwachte uitval (totaal aantal uren)* | Bijdrage aan jaarlijks verwachte maatschappelijke impact |
| <i>Complete gebied (gele deel)</i>   |                                       |                  |                          |   |  |   |  |
| Dagelijkse (kleine) storingen (bron: Netbeheer NL)   | 0,28 (0,014% van de 20 objecten)      | 24.900           | 1,5 uur                  | Klein (115 huishoudens per storing)                   | 0,4 uur  | 10458 uur<br><b>7-18%</b>                                     | Midden   |
| Grote regionale stroomstoringen (aanname)  | 0,025 (1/20 jaar, 50% van het gebied) | 24.900           | 8 uur (Langere duur)     | Groot (200.000 huishoudens)                           | 0,2 uur  | 4980 uur<br><b>4-9%</b>                                       | Klein  |
| <i>hoog- en laagspanningsstations bovenregionale neerslaggebeurtenis (bovenop bovenstaande) (oranje gebied wat deels overlapt met gele gebied)</i> |                                       |                  |                          |   |  |   |  |
| Hoogspannings station  | 0,001 - 0,003                         | 19.050           | 1680 uur ('maanden')     | Zeer groot  | 1,7-5,0 uur  | 32004-96012 uur<br><b>56-68%</b>                              | Groot  |
| Laagspannings stations   | 0,001 - 0,003                         | 5.850            | 1680 uur (10 weken)      | Groot   | 1,7-5,0 uur  | 9828-29484 uur<br><b>17-21%</b>                               | Midden   |

\*Berekende percentages op basis van componenten uit huidige inzichten faalkansboekhouding, hier kunnen nog componenten aan toegevoegd worden.

### Perspectief 3 – Additionele risico-aversieperspectief

Met het additionele risico-aversieperspectief wordt een extra factor/gewicht toegevoegd, vanwege de voorkeur van individuen om risico te mijden. In onderstaande tabel is de factor 2x toegevoegd aan de bovenregionale gebeurtenis. Hiermee wordt de bijdrage en het belang van de bovenregionale neerslaggebeurtenis in deze analyse nog groter voor de gebieden die daar specifiek getroffen worden. De aangepaste getallen zijn gemarkeerd in onderstaande tabel.

Tabel 10 Faalkansboekhouding elektriciteitsvoorziening met additionele risico-aversie

| Functie Afvalwaterbeheer - rioolgemalen en RWZI  |   |                  |   |   |  |   |  |
|--|---|------------------|---|---|--|---|--|
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(uren per getroffen)  | Inwoner van het gele gebied: 0,6 uur<br>Inwoner van het oranje gebied: 3,4-10,1 uur |                  | <b>Eventuele norm</b><br>(uren niet-functionerende afvalwaterfunctie per getroffen) |   |  | 0,5 uur/jaar  |  |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(som uren voor alle inwoners van het gebied)  | Binnen gele gebied: 15438 uren<br>Binnen het oranje gebied: 99102-266430 uren       |                  | <b>Jaarlijks verwachte impact</b><br>(schade, slachtoffers, ontwijking, imago)      |   |  | ...   |  |
| Faalkansboekhouding  |   |                  |   |   |  |   |  |
|  | Jaarlijkse kans van uitval object   | Aantal getroffen | Duur uitval object (uur)  | Maatschappelijke impact uitval gebeurtenis (maatwerk) | Bijdrage aan jaarlijks verwachte uitval (uren per persoon/aansluiting) | Bijdrage aan jaarlijks verwachte uitval (totaal aantal uren)* | Bijdrage aan jaarlijks verwachte maatschappelijke impact |
| <i>Complete gebied (gele deel)</i>   |   |                  |   |   |  |   |  |
| Dagelijkse (kleine) storingen (bron: Netbeheer NL)   | 0,28 (0,014% van de 20 objecten)  | 24.900           | 1,5 uur   | Klein (115 huishoudens per storing)                   | 0,4 uur  | 10458 uur<br><b>4-11%</b>                                     | Midden   |
| Grote regionale stroomstoringen (aanne) (aanname)  | 0,025 (1/20 jaar, 50% vh gebied)  | 24.900           | 8 uur (Langere duur)  | Groot (200.000 huishoudens)                           | 0,2 uur  | 4980 uur<br><b>2-5%</b>                                       | Klein  |
| <i>hoog- en laagspanningsstations bovenregionale neerslaggebeurtenis (bovenop bovenstaande) (oranje gebied wat deels overlapt met gele gebied)</i> |   |                  |   |   |  |   |  |
| Hoogspannings station  | 0,001 - 0,003   | 19.050           | 1680 uur ('maanden')  | Zeer groot  | 3,4-10,1 uur (risico-aversie factor 2)                                 | 64008-192024 uur<br><b>65-72%</b>                             | Groot  |
| Laagspannings stations   | 0,001 - 0,003   | 5.850            | 1680 uur (10 weken)   | Groot   | 3,4-10,1 uur (risico-aversie factor 2)                                 | 1965-58968 uur<br><b>20-22%</b>                               | Midden   |

\*Berekende percentages op basis van componenten uit huidige inzichten faalkansboekhouding, hier kunnen nog componenten aan toegevoegd worden.

#### 4.2.2 Focus op afvalwaterbeheer (rioolgemalen)

##### *Perspectief 1 – het waterperspectief*

Om een analyse te maken van de impact van de bovenregionale neerslaggebeurtenis op de afvalwaterbeheer en specifiek de rioolgemalen wordt voor dit onderdeel gekeken naar het gebied dat door Waternet beheerd wordt rondom het centrum van Amsterdam (gele gearceerd in Tabel 10). In dit gebied van 300 km<sup>2</sup> wonen ook ongeveer 1 miljoen mensen. Ook hier geldt dat het gebied van de bovenregionale neerslaggebeurtenis 20 keer zo groot is en er dus 7-8x zoveel inwoners ermee te maken krijgen.

De volgende objecten van rioolgemalen kunnen uitvallen bij een bovenregionale gebeurtenis:

- Boostergemalen
- Grotere cluster (eind)-gemalen met soms bovenkast
- 2-pomps natte gemalen met losse schakelkasten
- 250 kleinere 2-pomps droge gemalen
- Drukrioolgemalen
- Tunnelgemalen
- Bergbezinkbassins of bergbezinkleidingen

Hieronder is de tabel voor deze gebeurtenis vanuit het eerste perspectief ingevuld. Op basis van de locaties van de rioolgemalen die Waternet heeft gedeeld (oktober 2023), komen we op bijna 1200 rioolgemalen (inclusief bergbezinkbassins en tunnelgemalen).

Tabel 11 Impact rioolgemaal bij bovenregionale neerslaggebeurtenis

| Beschrijving gebeurtenis                           |                        | Bovenregionale neerslaggebeurtenis (Limburg-gebeurtenis)   |                      |   |                               |  |
|--|------------------------|--|----------------------|---|-------------------------------|--|
|  |                        | <b>Kentallen van de gehele gebeurtenis gefocust op riolering Waternet</b><br>Schatting is dat in het verzorgingsgebied riolering van Waternet 1.000.000 mensen wonen. In het totale neerslaggebied mogelijk 7-8x zoveel. |                      |   |                               |  |
| Kans van voorkomen                                 | 300-1000               | 1 / ... per jaar   |                      |   |                               |  |
| Neerslagvolume                                     | 200                    | Mm   |                      |   |                               |  |
| Neerslagduur                                       | 48                     | Uur  |                      |   |                               |  |
| Focusgebied  | 300                    | Km <sup>2</sup>  |                      |   |                               |  |
| Inwoners focusgebied                               | 400.000                | Huishoudens  |                      |   |                               |  |
| Totale schade                                      | X                      | Miljoen Euro   |                      |   |                               |  |
| Getroffenen  | 45.977                 | huishoudens  |                      |   |                               |  |
| Dodelijke slachtoffers als gevolg van gebeurtenis  | n.v.t.                 | mensen   |                      |   |                               |  |
|  |                        |  |                      |   |                               |  |
| <b>Informatie per functie (alleen rioolgemaal)</b> |                        |  |                      |   |                               |  |
| Functie  | Totaal aantal objecten | Objecten waarvan kritische uitvalhoogte wordt overschreden   | Redundantie (ja/nee) | Aantal mensen getroffen door uitval functie | Duur van uitval [dagen]       | Maatschappelijke impact uitval (schade, slachtoffers, ontwrichting, imago)   |
| <b>Afvalwater rioolgemaal</b>                      | <b>1.196</b>           | <b>60</b>  |                      | <b>45.977</b>                               |                               | Langere periode geen functionerende rioolgemaal, niet genoeg vrachtwagens dus ook veel overstorten. Impact op natuur en leefomgeving, mogelijk gebruik riolering niet meer mogelijk. |
| • Boostergemalen                                   | 4                      | 0  | Ja (50%)             | -   |                               |  |
| • Clustergemalen (gemalen + schakelkasten)         | 75                     | 4  | Ja (50%)             | 10.666                                      | 30 dagen ('maanden')          |  |
| • 2 pomps natte gemalen                            | 100                    | 0  | Ja (50%)             | -   |                               |  |
| • 2 pomps droge gemalen (gemalen + schakelkasten)  | 250                    | 20   | Ja (50%)             | 16.000                                      | 30 dagen (1 dag tot maanden') |  |
| • Drukrioolgemalen (elektra)                       | 725                    | 35   | Ja (50%)             | 19.310                                      | 30 dagen (1 dag tot maanden') |  |
| • Bergbezinkbassins (schakelkasten)                | 42                     | 0  | Nee                  | -   | -                             |  |
| • Tunnelgemalen (schakelkasten)                    | 24                     | onbekend   | Ja (50%)             | 0   | -                             |  |

Het aantal huishoudens dat te maken krijgt met uitval rioolgemaal per uitgevallen station is geschat door het aantal huishoudens in het gebied te delen door het aantal van ieder type gemaal. De tabel is verder aangevuld conform de bibliotheek van uitvalhoogtes, redundantie en herstelduur. Redundantie van het systeem bij (dreigende) uitval van de rioolgemaal is afhankelijk van capaciteit (en aantal) vrachtwagens met zuiginstallatie. Deze vrachtwagens worden ingezet om het rioolwater af te voeren. Die zijn vrachtwagens zijn er wel en worden nu ook ingezet bij piekbuien conform het hoosbuiprotocol Crisisorganisatie Waternet. Daar is natuurlijk wel een maximum aan wat betreft inzet. Uitvallen van tunnelgemalen heeft vooral impact op het verkeer en de bereikbaarheid en daarbij is er een verschil in grootte van de tunnels. Bepaalde tunnelgemalen krijgen volgens het hoosbuiprotocol ook voorrang (staan in de lijst van hotspots).

#### *Perspectief 2 – het functieperspectief*

Bij gemengde riolen vinden er overstorten plaats bij hoosbuien of andere. De rioolgemaal vallen over het algemeen uit bij verstopping of stroomstoringen. Dan kunnen ze niet het rioolwater verpompen. Onverdunde overstorten vinden plaats als een gemaal te lang niet beschikbaar is, de berging geheel is gevuld en er niet op tijd of een noodpomp, of een noodaggregaat of trailervervoer is geregeld. Dit betreft dan dus puur afvalwater via de overstort/nooduitlaat op het oppervlaktewater.

Bij grootschalige uitval de rioolgemaal krijg je dat er tekorten ontstaan van noodpompen, aggregaten en trailers en krijg je dus dat er of overstorten gaan plaatsvinden. Tijdens de bui wordt dit nog verdund, maar omdat herstel lang zal duren levert dit problemen op vooral voor waterkwaliteit en daarmee voor ecologie en leefomgeving.

In onderstaande tabel wordt de faalboekhouding van de bovenregionale neerslaggebeurtenis vergeleken met andere redenen van extra overstorten. Voor de faalkansboekhouding voor de bovenregionale neerslaggebeurtenis voor de rioolgemaal is uit gegaan van uitval van 2pomps droge gemalen en de drukrioolgemalen. Er is gerekend met 50% van de rioolgemaal waar het water te hoog kwam, er vanuit gaande dat op de andere helft er maatregelen genomen kunnen worden (noodpompen, aggregaten, trailervervoer). Voor de uitvalrange van "1 dag tot maanden" is uitgegaan van 30 dagen. De jaarlijkse verwachte uitval door de bovenregionale neerslaggebeurtenis is gelijk aan 0,7-2,2 uur/jaar.

Er zijn diverse andere oorzaken voor overstorten zoals: onderhoud, vandalisme, verstoppingen, stroomstoringen, menselijk falen. Echter zijn er alleen getallen beschikbaar voor het totaal aantal onverdunde overstorten en niet uitgesplitst naar oorzaak van optreden. In 2022 ging het om een jaarlijks gemiddelde van 20 onverdunde overstorten. Dit is net onder kritieke prestatie indicator van 0,4 per week. Wel moet hier bij gezegd worden dat hier jaarlijks behoorlijke variatie in optreedt, want in 2016 waren het vier keer zoveel overstorten. Als uitgangspunt gaan we uit van 1000 gemalen in het gebied en een overstortduur van 8 uur, komt dit neer op 0,2 uur per gemaal. In deze analyse is het onderscheid in overstortvolume per type gemaal (of zelf per individueel gemaal) niet meegenomen.

Wat betreft de maatschappelijke impact van de onverdunde overstorten die 20x per jaar voorkomen gaat het hier om relatief lokale en daarmee kleine impacts. De impact van de bovenregionale gebeurtenis is vele malen groter doordat na de gebeurtenis de herstelduur veel langer is en het gebrek aan noodpompen/aggregaten/trailers zorgen voor nog lange tijd overstort van rioolwater (of het tijdelijk afsluiten van riolering). Op basis van de faalkansboekhouding is de jaarlijkse bijdrage in uren vergelijkbaar met jaarlijkse overstorten.



Tabel 12 Faalkansboekhouding rioolgemalen

| Functie  |  |   |                                  |   |  |  |  | Afvalwaterbeheer - Rioolgemalen  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|---|----------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>Kaartbeeld</b>  |  |   |                                  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |   |                                  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Jaarlijks aantal extra overstort</b><br>(uren per getroffen / object)   |  | Variërend per locatie.<br>Gehele gebied: 0,2 uur.<br>Gebied met extra overstorten t.g.v. de bovenregionale neerslag: 0,7-2,2 uur. |                                  |   |  | <b>Eventuele norm</b> (extra toegestane onverdunde overstorten per getroffen / object) |  | 0,2 uur per jaar.<br>Op basis van KPI = 0,4 onverdunde overstorten per week. |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Jaarlijks verwachte uitval afvalwaterfunctie</b><br>(som uren hinder voor alle getroffen binnen het gebied)   |  | Gehele gebied: 64 uur.<br>Gebied met extra overstorten t.g.v. de bovenregionale neerslag: 35087-105133 uur.                       |                                  |   |  | <b>Jaarlijks verwachte impact</b><br>(schade, slachtoffers, ontwrichting, imago)       |  | ...  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Faalboekhouding* (normaal uitsplitsing in oorzaak soorten uitval, nu alleen uitsplitsing in jaarlijks overstorten en t.g.v. de bovenregionale neerslagebeurtenis)</b> |  |   |                                  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Jaarlijkse kans van uitval object      | Aantal objecten   | Totale duur (uren per getroffen) | Maatschappelijke impact uitval (maatwerk)                           | Bijdrage jaarlijks verwachte uitval (uren per getroffen) | Bijdrage jaarlijks verwachte hinder (totaal aantal uren hinder)                        | Bijdrage aan jaarlijks verwachte maatschappelijke impact |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Aantal onverdunde overstorten (bron: Waternet)   | 0,02<br>(20x per jaar op 1000 gemalen) | 1075<br>(voor dit gebied)   | 8 uur<br>(aanname)               | Klein<br>Vooral korte events, 400 huishoudens.                      | 0,16 uur voor allen gemiddeld                            | 64 Uur<br><b>0,1-0,2 %</b>   | Midden   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Bovenregionale gebeurtenis   | 0,001 - 0,003                          | Uitval:<br>2 cluster-gemalen, 10 2-pomps droge gemalen, 18 druk-rioolgemalen  | ~720 uur                         | Groot.<br>48.643 huishoudens getroffen, een maand lang overstorten. | 0,72-2,16 uur voor de getroffen                          | 35023-105069 uur<br><b>99,8-99,9%</b>  | Groot  |  |  |  |  |  |  |  |  |

\*Berekende percentages op basis van componenten uit huidige inzichten faalkansboekhouding, hier kunnen nog componenten aan toegevoegd worden.

### *Perspectief 3 – het risico-aversieperspectief*

Wanneer er voor gekozen wordt om vanuit risico-aversie de impact van de grote gebeurtenissen hoger mee te tellen. Bij deze casus is gekozen voor een risico-aversie factor van 1, waardoor de tabel van perspectief 2 niet veranderd.

### **Reflectie casus ARK/NZK met focus op Amstellandboezem**

In onderstaande reflectie staan de geleerde lessen en ervaringen in het voorbereiden van de fictieve risicodialogen, de dialoog (en het werken met de perspectieven) en de aanbevelingen voor vervolg.

#### *Voorbereiding*

- Deelnemers dialoog: De risicodialoog werd gevoerd met een groep ambtenaren/ beleidsmakers van verschillende overheidsinstanties, waarbij niet iedereen elkaar kende. Het was daarom belangrijk om eerst ieders achtergrond en expertise te leren kennen. Voorkennis verschilde nogal, maar vulde zich ook wel weer goed aan doordat wel de juiste personen vanuit de partijen aanwezig waren.
- Kwantitatieve benadering: Voor een risicodialoog is het belangrijk dat alle cijfers duidelijk van te voren worden uitgewerkt en onderbouwd. Hierbij gaat het om aantal objecten dat uitvalt, maar ook al een duidelijke onderbouwing voor de impact en relaties met andere functies.

#### *Werken met perspectieven binnen het risicodialoog zelf:*

- Proces: Het is belangrijk om voor de start van de risicodialoog een discussieleider te benoemen en iemand die de agenda/tijd bewaakt aan te wijzen. Tijdens de sessie was er een vrije discussie waarin de verschillende perspectieven goed onderzocht konden worden, maar hierbij loop je sneller uit de tijd.
- Inhoud: In elke dialoog werd specifiek gefocust op één type object. Goede voorkennis en een overzicht van alle aspecten van het besproken object is dus essentieel om onduidelijkheid te voorkomen. Dit vereist veel informatie en gedegen onderzoek vooraf. In de twee sessies ontstond ruis omdat er discussie was over de methodiek en de wijze waarop resultaten gepresenteerd werden. Dit is na de sessie bijgeschaafd. De methodiek helpt om objectief te blijven en geen (m.u.v. perspectief 3) gevoelsfactor mee te nemen.
- Methode uitbreiden met maatregelen: de maatregelen zijn niet besproken binnen de fictieve risicodialogen. Het doel van de casus is gericht op de verschillende perspectieven in beeld te brengen en de methodiek aan te scherpen. Naast het ondervangen van de risico's in cijfers is het voor de deelnemers van de casus een logische stap om ook door te kijken naar de maatregelen voor de bestuurlijke afweging. Dit is in de rapportage nader uitgewerkt en teruggekoppeld naar deelnemers.
- Definitie functie en eenheid:
  - De jaarlijkse impact van elektriciteit is nu in uren per getroffen en weergegeven en is er een discussie over of dit niet het totale aantal uren gesommeerd moet zijn om de omvang beter naar voren te laten komen. Op dit moment sluit het aan bij het toetsingscriterium.
  - De impact voor de rioolgemalen werd in onze risicodialoog uitgedrukt in mensdagen, maar er ontstond veel discussie over of duur de juiste eenheid/maat is voor de verschillende functies. Het uitdrukken van de impact in mensdagen is wel pragmatisch, het geeft de kans om de situatie in cijfers uit te drukken. Tijdens de risicodialoog over afvalwater werd aangedragen dat grote effecten op de natuur kunnen optreden indien lange tijd rioolwater wordt geloosd. De impact van uitval van bepaalde functies wordt dan bepaald door de impact op de waterkwaliteit. De waterkwaliteit is afhankelijk is van het watersysteem, de hoeveelheid neerslag, de overstortlocaties, overstortvolumes en overstortduur en doorspoeling van het systeem.
  - De aanbeveling is om voor iedere functie de juiste parameter en kantelpunten qua impact door experts in kaart laten brengen. Het doel hiervan is om impactcurves (vergelijkbaar met schadecurves per landgebruikstype) te maken. Deze impactcurves moeten afhankelijk van de duur

en omvang zijn, zodat de impact van bovenregionale gebeurtenissen beter meegewogen kan worden.

- Factor in bepalen van impact: De intensiteit, omvang en duur van de bovenregionale neerslaggebeurtenis die centraal staat in dit project kwam voor de deelnemers niet voldoende terug in de cijfers. De analyse bevat wel de kans en de duur, maar het effect van uitval van één of een paar objecten versus een hele regio kwam in de beleving van de deelnemers nog onvoldoende terug in de cijfers. Hiervoor is het belangrijk om kantelpunten in onder andere duur voor elektriciteit mee te nemen voor de ernst van de uitval van objecten. Indien het kantelpunt wordt overschreden kunnen de effecten van uitval bij een extreme neerslaggebeurtenis zwaarder worden gewogen door middel van een impactcurve. Deze factoren dienen vooraf verder uitgezocht te worden door experts binnen ieder discipline.

#### *Aanbevelingen voor kennisagenda*

- Vertrouwelijkheid gegevens: Voor sommige onderwerpen is het in het kader van vertrouwelijkheid lastig om (betrouwbare) gegevens te krijgen.
- Inundatie beelden: Uitval van objecten werd als meest relevante informatie beschouwd. Het uitvoeren van een bovenregionale stresstest waarin voor de verschillende vitale objecten gekeken wordt naar uitval en het aandeel van wateroverlast in het jaarlijkse risico op uitval vergt veel tijd en werk. Verwacht wordt dat het meest doelmatige handelingsperspectief zit in het aanpassen aan de ontwerpcriteria voor vitale objecten (in lijn met kaarten die voor water en bodem sturend ontwikkeld zijn). Slechts een beperkt aantal functies houdt rekening met wateroverlast.
- Perspectieven:
  - Aanbevolen wordt om voor een aantal vitale functies binnen cases te onderzoeken wat de bijdrage op het jaarlijks schaderisico is op basis van een dergelijk bovenregionaal scenario alvorens dit landelijk uit te voeren. Kortom de noodzaak per gebied voor een bovenregionale stresstest en risicodialoog moet nader uitgewerkt worden, om te voorkomen dat veel tijd en aandacht niet tot nieuwe inzichten leidt.
  - De perspectieven worden nuttig verondersteld voor een lokale/regionale-stresstest aangezien het aantal te beschouwen objecten minder groot is, waardoor de exercitie geringer is en het dan wel kwantitatieve informatie oplevert voor de bestuurlijke afweging.
- Verantwoordelijkheden: bovenregionaal, dus provincie- en regio-overstijgend expliciet maken wat er benodigd is en welke rollen provincies, veiligheidsregio's, waterschappen en gemeenten gaan hebben, wat er onderzocht dient te worden en hoe dat georganiseerd dient te worden. Hierbij gaat het om het uitvoeren van de stresstesten, de impact analyses, plannen crisismanagement, etc.
- Parallele trajecten inzichtelijk maken: er lopen diverse programma's die overlappen of sterke raakvlakken hebben. Zo worden er door de provincies op eigen initiatief al bovenregionale stresstesten uitgevoerd of voorbereid, loopt er het programma Slim Watermanagement, diverse programma's rondom het in kaart brengen van vitale objecten en het opstellen van richtlijnen voor nieuw te bouwen infrastructuur. De aangesloten partijen in deze risicodialoog zijn daar ook bij betrokken, maar niet iedereen overziet de lopende programma's.

### 4.3 Beschouwing risicodialoog

Deze beschouwing bevat de reflectie op inzichten en ervaringen bij het voeren van de fictieve risicodialogen. De risicodialoog is een proces dat bestaat uit meerdere gesprekken met allerlei partijen. Deze gesprekken voer je met meerdere doeleinden, denk aan een gezamenlijk beeld ontwikkelen van de omvang van het vraagstuk, het in gesprek gaan over wat vinden we acceptabel of niet en wie heeft welke oplossingsruimte. In een risicodialoog kunnen verantwoordelijkheden en vervolgacties scherp worden gesteld.

De risicodialoog kan vanuit een aantal vetrekpunten worden gevoerd:

5. Voldoen aan de wettelijke normen voor bijvoorbeeld waterbeheer en de nieuwe richtlijn voor de vitale objecten en functies qua weerbaarheid en veerkracht etc. (en ben je daarmee dan al klaar?).
6. Zo doelmatig mogelijk maken van je investeringen
7. Gevolgen verkleinen (per functie)

Met de fictieve risicodialogen is invulling geven aan het verzamelen van kwantitatieve informatie als handvat voor het onderbouwen van keuzes. In de fictieve risicodialogen binnen de casussen hebben deelnemers aangegeven dat de positieve voordelen zijn:

- Het risico ten gevolge van wateroverlast in perspectief plaatsen van andere risico's.
- De methodiek helpt om objectief te blijven en geen gevoelsfactor mee te nemen.
- Het maken van een betere onderbouwde risicoafweging.
- Het meehelpt in de communicatie en informatievoorziening richting de bestuurder. Deze informatie laat duidelijk zien wat urgent is en welke investeringen zo doelmatig mogelijk zijn.

#### *Wat is nodig om het juiste risicodialogen te voeren?*

In de fictieve risicodialogen is ervaring opgedaan met de opzet van deze gesprekken. Binnen DPRA is eerder al een routekaart risicodialoog ontwikkeld. Ook voor de opzet van de risicodialogen voor bovenregionale stresstesten is deze routekaart een nuttig instrument. De routekaart risicodialoog bevat stappen in voorbereiding, voeren en afronden die noodzakelijk zijn voor het succesvol en prettig voeren van de dialogen. In de casussen hebben wij gemerkt dat op de volgende onderdelen aandacht nodig is:

- *Plan van aanpak?* Een goede voorbereiding waarin het doel van de risicodialogen duidelijk is, wie er aan tafel zit (vanuit welke organisatie en functie), waar ontwikkelingen die al spelen bekend zijn en er voldoende tijd is om (nieuwe) deelnemers te informeren en te betrekken.
- *Waarom?* Dat deelnemers eenzelfde kennisniveau en urgentiebesef hebben. Dat ze bekend zijn met de (bovenregionale) stresstest, risico-afwegingen en vitale infrastructuur. Een risicodialoog draagt bij aan verantwoordelijkheidsgevoel om actie te ondernemen of keuzes te maken. Deze urgentie wordt ondersteund door de nieuwe richtlijn voor vitale aanbieders welke stelt dat beheerders de risico's voor de vitale objecten in kaart brengen om de continuïteit van deze processen beter te waarborgen.
- *Wat/ info?* Goede inhoudelijke voorbereiding van de drie perspectieven is belangrijk:
  - Assetmanagers/ beheerders leveren de inhoud aan (bv. door middel van interviews waarin per categorie voor vitale objecten een beeld wordt geschetst), deze informatie voor het waterperspectief is niet nieuw ten opzichte van de informatie die nodig is voor de lokale/regionale-stresstest.
  - Experts raadplegen voor het in kaart brengen van de juiste parameter/criteria en kantelpunten qua impact voor iedere vitale functie. Het doel hiervan is om impactcurves afhankelijk van de duur en omvang te maken, zodat de impact van bovenregionale gebeurtenissen beter meegewogen kan worden.

- Afwegingen van alle inzichten van uitval en gevolgen van uitval van objecten door beleidsadviseurs van verschillende overheidslagen (provincie, waterschap, gemeenten), veiligheidsregio en benodigde partners (nutspartijen).
- Voor het aanreiken van de relevante informatie voor het treffen van een bestuurlijke afweging.

#### *Opdrachtgever van bovenregionale stresstest en risicodialoog*

- Het opdrachtgeverschap van de bovenregionale stresstesten (en de daaropvolgende risicodialogen) is belangrijk en moet specifiek belegd worden. Deze opdrachtgever kan namelijk invulling geven aan hoe de bovenregionale stresstesten in 2024 worden uitgevoerd, hoe dit samenhangt met al lopende trajecten en hoe het proces van risicodialogen wordt ingestoken. Voordat dit landelijk van start gaat, adviseren wij om:
  - Het uitvoeren van een bovenregionale stresstest en risicodialogen nader onder de loop te nemen en alleen voor de regio's uit te voeren waarvoor een bovenregionale gebeurtenis tot een zeer ander inundatiebeeld leidt. Dit omdat het de bovennormatieve situaties een zeer kleine terugkeertijd hebben, de bijdrage aan het jaarlijks schaderisico doorgaans gering zal zijn tenzij de duur en omvang extreem veel langer wordt. Hierdoor is het handelingsperspectief bij vitale objecten vanuit kosten baten oogpunt gering. Dit terwijl het uitvoeren van de bovenregionale stresstest en de risicodialoog veel extra tijd vergt en er veel meer functies beschouwd moeten worden voor de faalkansboekhouding ten opzichte van de regionale/lokale stresstest.
  - In de dialogen is de gezamenlijke afweging over maatregelen waar geen wettelijke zorgplicht voor is belegd bij een bepaalde partij (immers is het een bovennormatieve gebeurtenis). Afspraken over de verantwoordelijkheid zijn bij de bovenregionale dialogen nog belangrijker vanwege het samenwerkingsaspect met meer verschillende partijen betrokken zijn (overstijgen van bestuurlijke grenzen en diverse betrokken partijen vanuit de verschillende lagen qua meerlaagse veiligheid). Daarom is het belangrijk om duidelijke trekkers te benoemen. In de casus van Den Bosch lijkt de bovenregionale stresstest nog geen duidelijke trekker te hebben. Daardoor blijft het onderwerp nu zweven tussen de belanghebbenden. In de casus van AGV is een wel duidelijke trekker (vanuit Waternet) die het onderwerp belangrijk vindt en de andere deelnemers actief betreft en motiveert in het proces. Eigenaarschap in de regio zorgt ervoor dat de juiste personen aan tafel komen.

#### *Vertrouwelijkheid van gegevens*

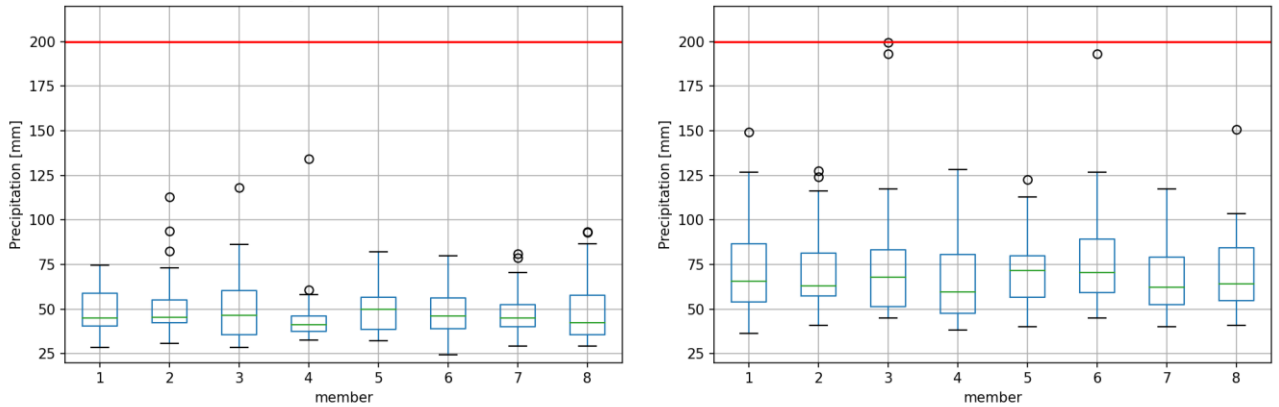
Het is belangrijk om vooraf met alle partijen te bespreken welke zaken/ inzichten/ gegevens gevoelige informatie bevatten (zowel bestuurlijk als ambtelijk). Dit op voorhand bespreken en hiervoor afspraken maken is een belangrijke voorwaarde om in een veilige setting de risicodialogen te kunnen voeren. In de stresstesten die voor gemeenten zijn uitgevoerd (in de eerste ronde van de DPRA-cyclus) waren de gedeelde inzichten voor kwalitatief en bevatte daardoor minder gevoelige informatie. Bij de bovenregionale stresstesten en risicodialogen zijn de gevolgen groter. Daarnaast ligt door het werken met drie perspectieven ook meer gevoelige informatie op tafel. Dit brengt enerzijds scherpte in de discussie en gesprekken, maar kan ook voor weerstand qua deelname en transparantie zorgen vanwege de gevoeligheid. Een mogelijke manier om hiermee om te gaan is door de beheerders van vitale objecten inundatiebeelden aan te leveren, zodat zij zelf voor de objecten kunnen beoordelen of er objecten zijn die mogelijk uitvallen en dit terug te koppelen zonder de vertrouwelijke gegevens te hoeven delen.

## 5 Extreme neerslaggebeurtenissen

Voor dit onderzoek gebruiken we de RACMO EC-EARTH simulaties die gebruikt zijn voor het afleiden van de KNMI'23-klimaatscenario's. Deze simulaties zijn een afgeleide van simulaties met 33 CMIP6 modellen, gebruikt voor het afleiden van de mondiale scenario's in IPCC Assessment Report 6. De verschillende modellen geven allemaal een net iets ander beeld van het toekomstige klimaat wereldwijd. Deze wereldwijde verwachtingen zijn doorvertaald naar de situatie in Nederland en het Rijn-Maas stroomgebied via simulaties met RACMO EC-EARTH. Hiervoor zijn 8 ensemble-leden met 30 jaar (totaal van 240 jaar) aan simulaties voor huidig klimaat beschikbaar en voor ieder toekomstscenario beschikbaar. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van het meest extreme scenario voor neerslag, wat het hoge CO<sub>2</sub>-uitstootscenario (H<sub>n</sub>-klimaatscenario) is. Hierbij is gebruik gemaakt van zichtjaar 2100. Dit scenario gaat uit van nattere winters en een toename van extremere zomerse buien. De analyse richt zich op de vraag of een gebeurtenis vergelijkbaar met de "Limburgbui 2021" de worst case situatie betreft binnen de statistiek. Gekeken wordt dus of de "Limburgbui" in de simulaties voor het huidige klimaat qua omvang en intensiteit vaker voorkomt en of er nog extremere scenario's denkbaar zijn.

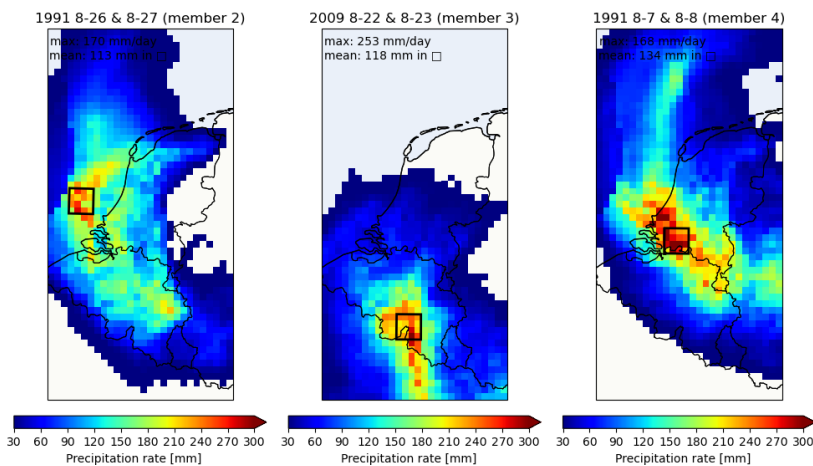
In juli 2021 werden grote delen van Limburg, Duitsland en België getroffen door extreme regenval, waarbij in een groot gebied 150-200 mm in 48 uur tijd viel. Binnen deze analyse is gekeken hoeveel neerslag er gemiddeld binnen een gebiedsgrootte van 48x48 km<sup>2</sup> in twee dagen in het Rijn-Maas stroomgebied valt in de gehele reeks aan simulaties. Deze resultaten zijn weergegeven in Figuur 10. In deze figuren zijn boxplots weergegeven, welke een visualisatie vormen van de statistiek bestaande uit het minimum (onderste zwarte streep), het eerste kwartiel (onderkant blauwe box), de mediaan (groene streep), het derde kwartiel (bovenkant blauwe box), de bovengrens (zwarte bovenste streep) en de uitschieters (bolletjes). Daarnaast is ook middels een rode lijn de bovengrens voor de neerslag die in twee dagen binnen de "Limburgbui" gevallen is weergegeven. Voor deze analyse zijn we met name geïnteresseerd in de extreme situaties, dus de uitschieters die plausibel zijn. In het linker paneel is KNMI regionale klimaatmodeluitvoer (RACMO EC-EARTH) voor huidig klimaat weergegeven en in het rechter paneel de klimaatmodeluitvoer voor het meest extreme klimaatscenario (H<sub>n</sub>-klimaatscenario) voor zichtjaar 2100. Binnen de 240 jaar aan simulaties voor het huidige klimaat zien we dus geen uitschieters die qua intensiteit en omvang vergelijkbaar zijn met de "Limburgbui". Dit is volgens verwachting de terugkeertijd van de "Limburgbui", welke door het KNMI op 300 tot 1000 jaar geschat is. De 240 jaar hier getoond komen weer voort uit 1040 jaar simulaties voor huidig klimaat. Ook in die 1040 jaar, werd geen uitschieter gevonden die de 200mm oversteeg. Kortom, voor een bovenregionale stresstest vormt de "Limburgbui" een logische gebeurtenis om als bovengrens rekening mee te houden voor huidig klimaat.

Binnen de 240 jaar simulaties voor het 2100 zien we meerdere uitschieters die qua intensiteit en omvang vergelijkbaar zijn met de "Limburgbui". We concluderen daarmee dat binnen dit hoge scenario voor zichtjaar 2100 vaker gebeurtenissen zoals de Limburgbui zullen plaatsvinden. Deze bui kan leiden tot verschillende vormen van wateroverlast die ook afhankelijk zijn van andere factoren, denk hierbij aan de helling in een gebied, of gemalen wel of niet werken, de neerslag in de periode voorafgaand aan de gebeurtenis, het maaibeeld en de mate waarin bergingsgebieden en bodems al gevuld zijn met water. Binnen het STOWA-onderzoek "Neerslagstatistiek KNMI'23-scenario's" wordt onderzocht hoeveel vaker we dergelijke bovenregionale buien kunnen verwachten.

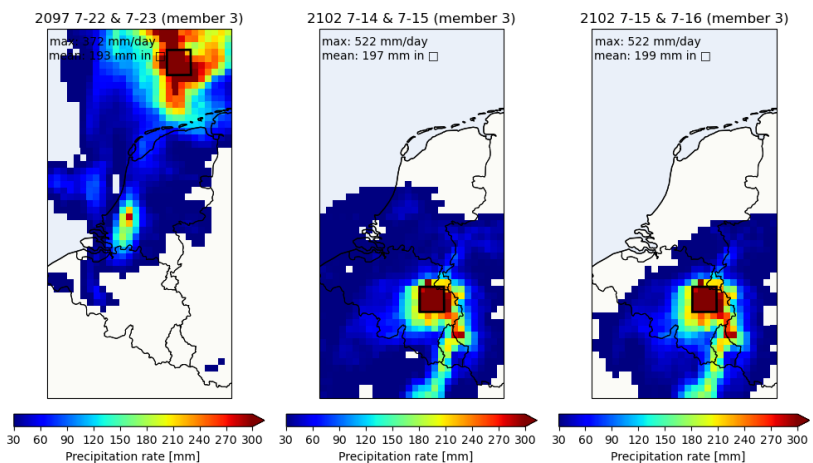


Figuur 10: Extreme tweedaagse gemiddelde neerslag binnen voor huidig klimaat (links) en Hn-klimaatsscenario 2100 (rechts)

De ruimtelijke patronen zijn voor zowel huidig klimaat (Figuur 11) als voor 2100 (Figuur 12) weergegeven in onderstaande figuren voor de drie meest extreme waarden uit Figuur 10. Voor 2100 komt de gebeurtenis op 15 juli 2102 twee maal voor (14-15 en 15-16), doordat de dagwaarden op 15 juli overheersen. Daarom is het ook interessant om naar een tijdschaal van een dag te kijken. Dit is voor dezelfde 48x48 km<sup>2</sup> gedaan in Figuur 13.



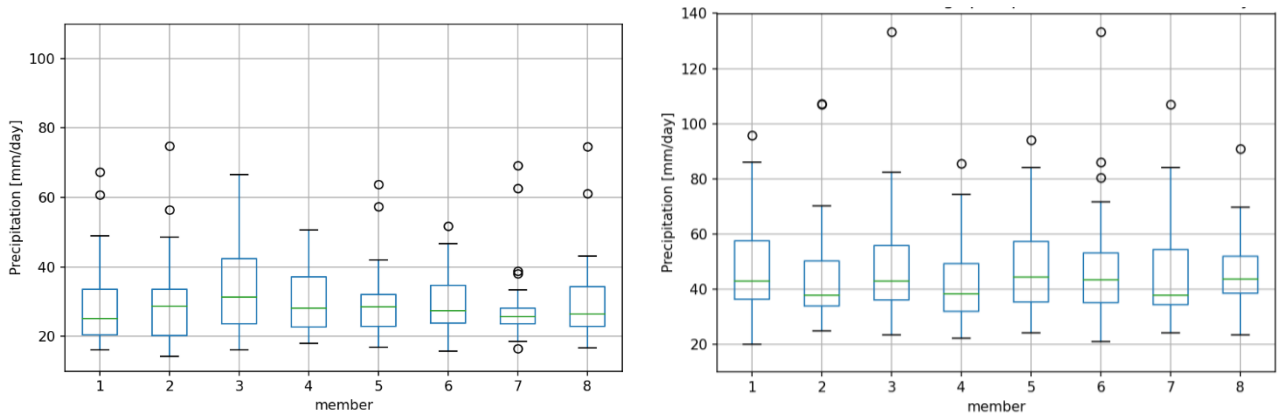
Figuur 11: Ruimtelijke weergave voor de drie meest extreme tweedaagse gemiddelde neerslag waarden voor 48 km<sup>2</sup> binnen het huidige klimaat.



Figuur 12: Ruimtelijke weergave voor de drie meest extreme tweedaagse gemiddelde neerslag waarden voor 48 km<sup>2</sup> binnen het Hn-klimaatsscenario 2100.

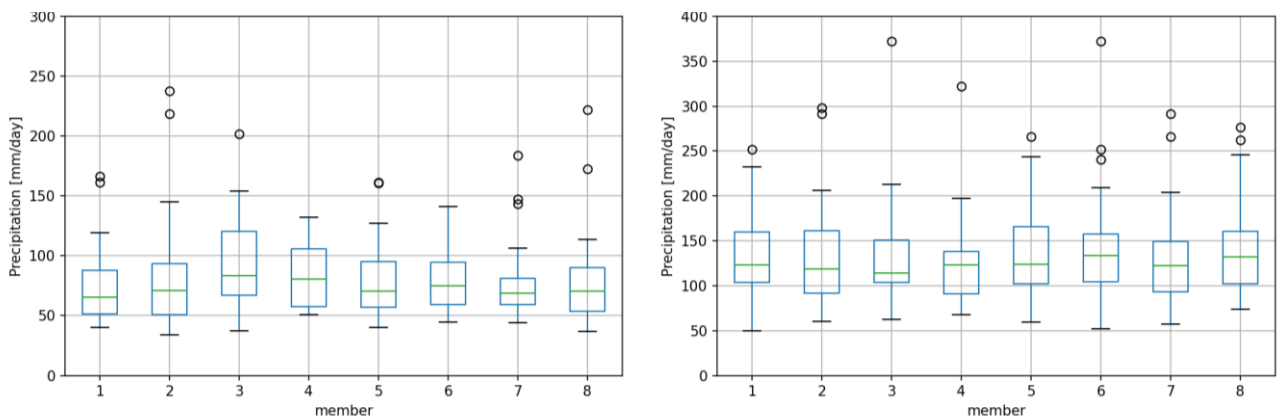


Figuur 13 laat zien dat voor een gebied van minimaal 48x48 km<sup>2</sup> gemiddeld in één dag al ~130 mm/d binnen dit gebied kan vallen. Dat komt in de buurt van de hoeveelheid die tijdens Juli 2021 in twee dagen viel.



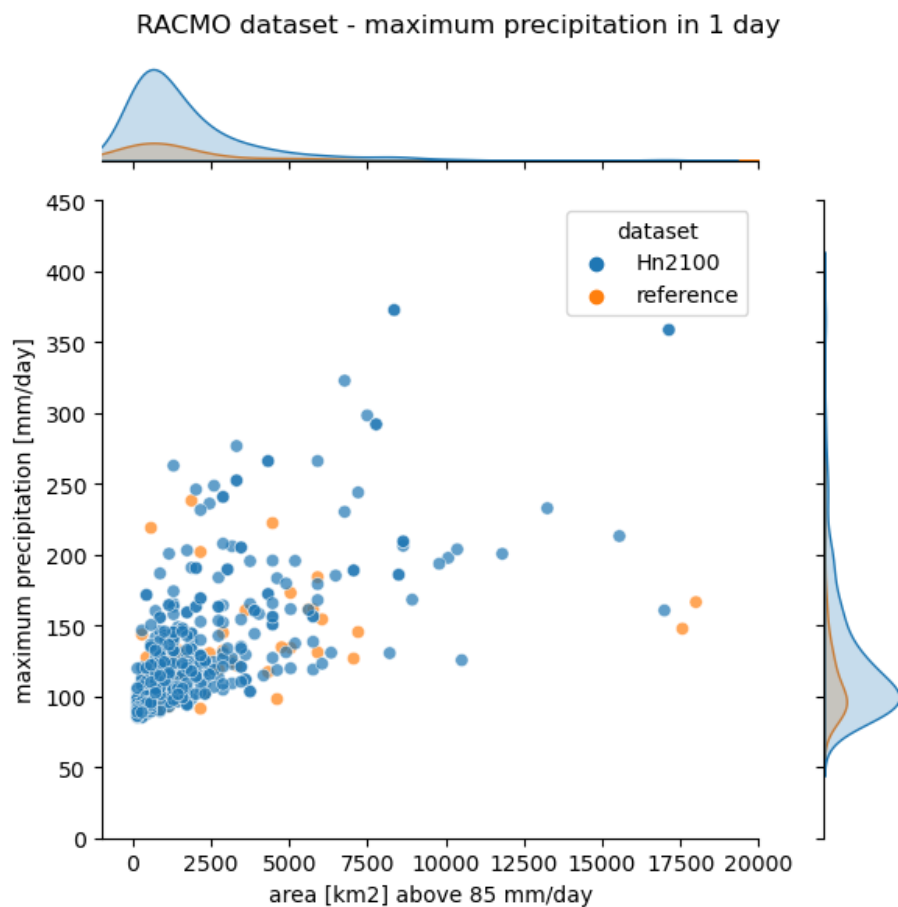
Figuur 13: *Extrem dagelijkse gemiddelde neerslag voor een gebied van 48x48 km<sup>2</sup> huidig klimaat (links) en Hn-klimaatsscenario 2100 (rechts)*

Naast de variatie in duur is de variatie in omvang ook een interessante parameter om te beschouwen. Daarom is de ruimtelijke component van de “Limburgbui” van 48x48 km<sup>2</sup> losgelaten in Figuur 14. Dit resulteert in boxplots voor een puntlocatie. Voor deze puntlocatie is gekeken wat de maximale dagelijkse neerslagwaarden zijn. Kortdurende lokale buien kunnen aanzienlijk extremer zijn en de outliers nemen richting 2100 voor puntlocaties aanzienlijk toe (Figuur 14). Op dit moment wordt binnen STOWA-onderzoek “Neerslagstatistiek KNMI’23-scenario’s” extreme neerslagstatistiek voor alle klimaatscenario’s en zichtjaren afgeleid, deze wordt in voorjaar 2024 gepubliceerd.



Figuur 14: *Extrem dagelijkse neerslag voor huidig klimaat (links) en Hn-klimaatsscenario 2100 (rechts)*

Tenslotte is in Figuur 15 weergegeven wat de maximale neerslag 24-uursomwaardes voor huidig klimaat en zichtjaar 2100 zijn, uitgezet tegen het oppervlakte van de bui. Voor het oppervlakte zijn de pixels meegenomen waarbij de neerslagintensiteit minimaal 85 mm/d was. Dit laat zien dat voor aanzienlijk grotere gebieden dan 48x48=2300 km<sup>2</sup> buien met zeer extreme maxima te verwachten zijn. Ook in dergelijke situaties moet het overtollige water van een groter gebied worden afgevoerd en betreft het niet alleen een lokale piekbui. Binnen de stad zullen zeer extreme lokale piekbuien in de meeste gevallen relevanter zijn, terwijl voor beekdalen bovenregionale gebeurtenissen relevanter kunnen zijn. Kortom, binnen de stresstesten is het zeer relevant om voor ieder gebied te kijken wat de meest relevante scenario’s qua intensiteit en omvang zijn waar rekening mee gehouden dient te worden, aangezien deze sterk kunnen variëren.



Figuur 15: Oppervlakte van bui met neerslagintensiteit van pixels van minimaal 85 mm/d uitgezet tegen de maximale neerslag 24-uursom.

Opgemerkt wordt dat de vertaling naar neerslagstatistiek niet triviaal is. Voor risico analyses en stresstesten is het daarom gevaarlijk om zich te richten op één gebeurtenis, het meenemen van meerdere mogelijke gebeurtenissen is noodzakelijk om zicht te krijgen op de kans op wateroverlast (die dus niet gelijk is aan de kans op een neerslaghoeveelheid). Immers de adaptatie richt zich op maatregelen gericht op wateroverlast en niet op neerslagstatistieken. Naast deze verkennende visualisaties wordt nader naar de neerslagstatistiek voor de klimaatscenario's gekeken binnen het lopende STOWA onderzoek 'Neerslagstatistiek KNMI'23-scenarios'. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door KNMI en HKV waarvan de resultaten in voorjaar 2024 zullen verschijnen.

## 6 Beschouwing en aanbevelingen

In dit onderzoek is een methode opgesteld voor het objectiever uitvoeren van een risicodialoog. Hiervoor zijn drie perspectieven ontwikkeld: 1) het waterperspectief, 2) het functieperspectief, en 3) het additionele risico-aversieperspectief. Deze perspectieven helpen om gezamenlijk het risicobeeld vast te stellen. Het in kaart brengen van dit risicobeeld in combinatie met de mogelijke maatregelen, dient als opmaat voor de bestuurlijke afweging. Hiervoor staan de bestuurders van de verschillende betrokken partijen gezamenlijk aan de lat. Naast deze methode voor het objectiever uitvoeren van een risicodialoog, is in deze studie gewerkt aan het opstellen van een bibliotheek met kritieke uitvalhoogtes. Voor zowel het ontwikkelen van de methode en het opstellen van de bibliotheek met kritieke uitvalhoogtes is gewerkt aan twee cases: het ARK/NZK en 's-Hertogenbosch. Tenslotte is gekeken naar welke extreme neerslag-gebeurtenissen te verwachten zijn. In dit hoofdstuk worden de bevindingen en aanbevelingen uit deze studie beschouwd.

### Bibliotheek met uitvalhoogten vitale infrastructuur

De bibliotheek vormt een eerste aanzet voor het bepalen van de kritieke uitvalhoogte voor vitale objecten. Dit dient als hulpmiddel voor het bepalen wanneer objecten risicovol zijn. Belangrijke aanbevelingen hiervoor zijn:

- Zorg dat de inundatiediepte uit modellen overeenkomt met de hoogte informatie van objecten. Kortom, de hoogteligging van het lokale maaiveld rondom het object, de modelonzekerheden, het gebruikte AHN bij de modelberekening en het AHN van de eventuele schadebepaling moeten beschouwd worden in relatie tot de hoogtebepaling van de objecten (ten opzichte van een locatie, het AHN of vloerpeil).
- Het aanvullen van de bibliotheek voor de DPRA-functies die nog niet gevuld zijn en het actualiseren van de bibliotheek met extra data en nieuwe, aanvullende inzichten.
- Het gebruiken van de inzichten in het opstellen van aanvullende ontwerpisen voor vitale infrastructuur. Dit kan door minimale drempelhoogtes toe te passen, maar ook door inundatiebeelden te raadplegen voor de locatiekeuze van vitale objecten.

### Risicodialoog

Met de fictieve risicodialogen is invulling geven aan het verzamelen van kwantitatieve informatie als handvat voor het onderbouwen van keuzes. In de fictieve risicodialogen binnen de casussen hebben deelnemers aangegeven dat de positieve voordelen zijn:

- Het risico door wateroverlast in perspectief te kunnen plaatsen met andere risico's. Ook helpt het om te kunnen bepalen in welke laag van MLV maatregelen het meest effectief zijn.
- De methode helpt om in een risicodialoog objectief keuzes aan de hand van MLV te maken en te motiveren, inclusief accepteren van risico's.
- Het helpt in de communicatie en informatievoorziening richting de bestuurder en beheerders van de assets.

Kanttekeningen en aanbevelingen die benoemd zijn:

- Voordat het landelijke traject rondom de stresstesten en risicodialoog van start gaat, adviseren wij om:
  - Eerst te beschouwen in hoeverre een of meerdere bovenregionale gebeurtenissen er toe doet voor de betreffende regio.
  - Neem de drie perspectieven mee in de uitwerking van de bovenregionale stresstest en de risicodialoog.

- Lokale/regionale-stresstesten een plaats te geven binnen het bovenregionale dialoog. Dit geldt in ieder geval voor het "functieperspectief" naast het 'Waterperspectief'.
- Benoem duidelijke trekkers, zodat het onderwerp niet blijft zweven tussen de belanghebbenden en de juiste personen aan de risicodialoog deelnemen. Hierbij kan aangesloten worden bij de handreiking van de bovenregionale stresstest, waarin de provincies als trekker naar voren geschoven worden.
- Het opstellen van een faalkansboekhouding vraagt veel diepgang en inhoudelijke kennis en is veel werk als dit voor diverse functies bij een neerslag- of hoogwatergebeurtenis uitgevoerd moet worden. Echter is het vooral de eerste keer veel uitzoekwerk, waar de keren hierna het alleen om een actualisatieslag gaat. Het zwaartepunt van het werk ligt bij de objectbeheerders en gaat het grotendeels om een eenmalige inspanning voor het in kaart brengen van de andere faalkans oorzaken van een object. Vervolgens hoeft dit alleen op wijzigingen nagelopen te worden. Belangrijk hierbij is dat dergelijke diepgang ook bij de lokale/regionale-stresstesten gewenst is, omdat het kwantificeren van risico's bijdraagt aan het maken van keuzes. Het maken van keuzes lukt vaak niet lukt indien in gemeenschappen gepraat wordt.
- Voor een goede afweging zijn impact- en schadefuncties van belang. De blootstelling per persoon is een parameter die erg inspeelt op het gevoel, maar die ook erg duidelijk en beeldend is, wat helpt bij het gevoel voor urgentie. Voor een afweging gaat het om de weging van de voordelen (verkleinen impact) en de nadelen (kosten maatregelen).
- Het is belangrijk om vooraf met alle partijen te bespreken welke zaken/inzichten/gegevens gevoelige informatie bevatten (zowel bestuurlijk als ambtelijk). Dit op voorhand bespreken en hiervoor afspraken maken is een belangrijke voorwaarde om in een veilige setting de risicodialoog te kunnen voeren. Daarnaast ligt door het werken met drie perspectieven ook meer gevoelige informatie op tafel. Dit brengt enerzijds scherpte in de discussie en gesprekken, maar kan ook voor weerstand (deelname en transparantie) zorgen vanwege de gevoeligheid. Een potentiële maatregel hiervoor is inundatiekaarten toeleveren aan de beheerders van vitale objecten, zodat zij niet de bedrijfsgevoelige informatie hoeven te delen, maar alleen kunnen terugkoppelen hoeveel objecten getroffen worden door wateroverlast.

### Extreme neerslag

Het klimaat verandert en hierdoor moeten we voorbereid zijn op vaker extreme regenval. Hierbij is sprake van zowel een toename in de intensiteit als van de oppervlakte waarover de neerslag valt. Dit houdt in dat de extreme regen zowel lokaal als bovenregionaal kan vallen. Een voorbeeld hiervan was de neerslaggebeurtenis van de zomer van 2021 in Limburg/België/Duitsland ("Limburggebeurtenis"). Uit deze analyse concluderen we dat de "Limburgbui" welke geschematiseerd is als 48 x 48 km<sup>2</sup> blokbui met 200 mm in 48 uur binnen de statistiek voor 2100 de worst-case<sup>14</sup> situatie betreft van deze omvang en gemiddelde intensiteit. Echter zien we wel dat buien met aanzienlijke omvang en lokale extreme vaker voor gaan komen. Bovendien neemt de lokale piekneerslag sterk toe. Daarom is het binnen de stresstesten zeer relevant om voor ieder gebied te kijken wat de meest relevante scenario's qua intensiteit en omvang zijn waar rekening mee gehouden dient te worden, aangezien deze sterk kunnen variëren. Dit is belangrijk aangezien het doel van de stresstesten en risicodialoog is om op verschillende niveaus te kijken naar eventuele maatregelen en herstelplannen en we ons daarom niet te beperken tot deze "Limburggebeurtenis".





<sup>14</sup> Vervolgstappen in deze analyse zullen worden gepresenteerd in het STOWA onderzoek "Neerslagstatistiek KNMI'23 scenario's" uitgevoerd door HKV en KNMI.




# Bijlagen

## A Uitval van vitale infrastructuur

Tabel 13 geeft de DRPA functies en beschouwde objecten. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 1 en nader toegelicht in de samenvattende paragrafen in deze bijlage op basis van de generieke bevindingen uit de casussen. De verslaglegging van de veldmetingen en interviews zijn te vinden in de hierop volgende bijlage B en C.

*Tabel 13 Overzicht van de bibliotheek opzet met de beschouwde DRPA (sub)functies en objecten*

| DRPA functie  | DRPA subcategorie         | Object  |
|---|---------------------------|---|
| <br>Energie      | Elektriciteit             | Hoogspanning-middenspanningsstation   |
|   |                           | Midden-Laagspanningsstation   |
|   |                           | Laagspanningskast/ Straatkast   |
|   | Aardgas                   | Leidingen   |
|   |                           | Gasontvangstation   |
|   |                           | Afleverstation  |
|   | Olie                      | <i>Niet beschouwd</i>   |
| <br>Telecom    | C2000                     | <i>Niet beschouwd</i>   |
|   | Publiek netwerk           | Wijkkast  |
|   |                           | Straatkast (koelsystemen en printplaten)                                      |
| <br>Waterketen | Drinkwater                | Winputten   |
|   |                           | Elektrische installaties  |
|   |                           | Laagspanningskast   |
|   |                           | Noodstroom  |
|   | Afvalwater – RWZI         | Trafo's op RWZI-terrein   |
|   |                           | Besturingskasten  |
|   |                           | Inkoopstation van Liander   |
|   |                           | Slib-pompen   |
|   |                           | Elektromotoren op aeratie-tanken  |
|   | Afvalwater – Rioolgemalen | Boostergemalen  |
|   |                           | Clustergemalen  |
|   |                           | Schakelkasten clustergemalen<br>(oud ondergronds nieuw min 10 cm bovengronds) |
|   |                           | Elektra 2 pomps natte gemalen (pomp zelf niet kwetsbaar)                      |
|   |                           | Motoren en schakelkasten 2 pomps droge gemalen                                |
|   |                           | Schakelkasten tunnelgemalen (tunnelwand)                                      |
| Schakelkasten bergbezinkbassins   |                           |   |
| Elektra drukrioolgemalen  |                           |   |
| <br>Gezondheid | Ziekenhuizen              | Algemene energievoorziening   |
|   |                           | ICT/computersturing   |
|   |                           | Watervoorziening  |
|   |                           | Nooddaggegraat  |
|   |                           | Verpleeg- en verzorgingshuizen  |

| DPRAs functie  | DPRAs subcategorie                               | Object  |
|--|--|---|
|  | <b>Thuiszorg en verpleeg-/ verzorgingshuizen</b> | Thuiszorg: woningen thuiszorgmedewerkers en zorgbehoevenden |
| <b>Keren &amp; beheren</b><br>  | <b>Peilregulerende en/of kerende kunstwerken</b> | Poldergemalen   |
|  |  | Uitwaterings-/ keersluis                                    |
| <b>Transport</b><br>            | <b>Hoofdinfrastructuur</b>                       | <i>Niet beschouwd</i>                                       |
| <b>Chemisch en nucleair</b><br> | <b>Chemie</b>                                    | <i>Niet beschouwd</i>                                       |
|  | <b>Nucleair</b>                                  | <i>Niet beschouwd</i>                                       |
|  | <b>Infectueuze stoffen/ ggo's</b>                | <i>Niet beschouwd</i>                                       |

## A.1 Energie – elektriciteit

Het elektriciteitsnetwerk bestaat uit kabels en daartussen transformatorstations. Van de stations zijn drie formaten; hoog-, midden- en laagspanningsstations. De ondergrondse kabels kunnen in het grondwater liggen en zijn dan per definitie niet gevoelig voor wateroverlast. De bovengrondse elementen zijn wel kwetsbaar voor wateroverlast. Specifiek de locaties met oude kabels waar nog een loden mantel met een papieren omhulsel liggen, zijn gevoelig voor kortsluiting bij vocht. Met uitzondering van een aantal oude stadskernen liggen er tegenwoordig voornamelijk kabels met een plastic omhulsel waarvoor dit risico op kortsluiting kleiner is.

Bij hoogspanningsstations bevinden de kwetsbare elementen zich enkele meters boven maaiveld. Secundaire elementen (zoals besturing) worden doorgaans ook op hogere locaties geplaatst, echter bij oudere stations zijn deze elementen soms nog op de begane grond gelegen. Ook hier bevinden de kritieke elementen zich altijd hoger en is de kritieke uitvalhoogte doorgaans dus enkele meters boven maaiveld.

Bij midden- en laagspanningsstations is het kritieke punt de overgang van de kabel naar de installatie. Dit punt kan bij een midden-spanningsstation op verschillende hoogten liggen, afhankelijk van de opstelplaats en het type van de installatie. Bij midden-spanningsstations zit de drempel vaak 20 tot 30 cm boven maaiveld en hangen de kwetsbare aansluitingen zich ongeveer een halve meter hoger. In totaal is de kritieke uitvalhoogte van midden-spanningsstations ongeveer 45 a 80 cm. Het type uitvoering van de spanningskast (vooral het type isolatie en het materiaal van de buitenkant) hebben wel invloed op hoe snel de kast uitvalt bij hoog water. Bij laagspanningskasten ligt deze hoogte meestal rond de 20 a 30 centimeter boven maaiveld, dit is dus de kritieke uitvalhoogte van deze kasten.

### Limburg 2021 ervaringen Enexis

Tijdens de wateroverlastsituatie in de zomer van 2021 in Limburg, is er gekozen om het stroomnet niet preventief uit te schakelen. Hierbij was het de overweging om wel of niet preventief af te schakelen van elektriciteitsvoorziening om schade aan assets en risico op omgeving te beperken, indien hiervoor gekozen wordt is ook het gevolg dat er geen openbare verlichting en elektra bij particuliere meer is tijdens evacuaties. Hiervoor is niet gekozen en de ervaring was dat het elektriciteitsnet in bedrijf blijft bij 'redelijke' overstromingen.

### A.1.1 Energie – aardgas

Het netwerk van gasleidingen bevat meerdere routes naar een gebruiker. Indien er een deel van het netwerk afgesloten wordt vanwege onderhoud of vanwege wateroverlast, kan het gas doorgaans via een andere route naar de eindgebruiker. Door het vermaasde netwerk is het gasnetwerk behoorlijk redundant. Bij wateroverlast is voldoende druk in de leidingen het belangrijkste om inwatering te voorkomen. Dit risico is laag tot inundaties tot van 1 meter. Daarnaast is er een risico op stroomuitval bij odorisatiestations (stations waar geur toegevoegd wordt aan gas), vanwege de buffer kan in dit geval kan nog 1 tot 2 dagen gas worden geleverd, hierna moet de afname ook worden stopgezet. Zodra het odorisatieproces weer is opgestart kan weer gas worden geleverd, maar hiervoor moet een monteur naar het station.

### A.1.2 Telecom – Publiek netwerk

In Nederland zijn er drie netwerkproviders, namelijk: KPN, VodafoneZiggo en T-Mobile. Andere providers hebben geen eigen netwerk, maar maken gebruik van het netwerk van deze grote aanbieders. Twee van deze partijen zijn geïnterviewd, alleen T-Mobile niet.

### A.1.3 KPN

KPN is een van de netwerkproviders voor telecom en communicatie doeleinden. Momenteel wordt het verouderde kopernetwerk uitgefaseerd en schakelt KPN volledig over op een glasvezelnetwerk. De opbouw van het KPN netwerk is op hoofdlijnen op de volgende manier ingedeeld:

- Datacenter: 4 locaties in Nederland
- Metro Core: 160 stuks in Nederland
- City Point of Presence (POP): samenkomst van area POPs
- Area POP: dit kan gezien worden als een (actieve) wijkcentrale met maximaal 480 gebruikers

Vanaf de Area POP vindt de laatste aansluiting naar de woning plaats. Binnen het glasvezelnetwerk wordt gesproken over een 'actieve kast' voor de Area POP, omdat er elektronische apparatuur zoals printplaten en koeling aanwezig is. Indien deze in contact komen met water, dan moet de apparatuur worden vervangen. De elektronische onderdelen zijn in deze kast vanaf de bodem af gemonteerd, waardoor o.a. voedingen en filters snel aangetast kunnen worden door water. Drempelhoogte is orde 30 cm.

Bij het oude kopernetwerk wordt gesproken over een 'passieve kast' voor de Area POP, want hier wordt het kopernetwerk met elkaar verbonden middels een verdeler. De koperdraden in de kast kunnen hoogstens bij contact met water kortsluiting hebben, maar hierbij is sprake van tijdelijke uitval aangezien het netwerk weer functioneert zodra het droog is. In het geval van corrosie kan de verbinding wel verslechteren.

## A.2 VodafoneZiggo

VodafoneZiggo is een van de netwerkproviders voor telecom en communicatie doeleinden. De assets die VodafoneZiggo bezit (vast netwerk) is in cirkels uitgevoerd, om zo redundant mogelijk te zijn. Voorbeelden van deze assets zijn datacentra, 2<sup>e</sup> orde centrales, lokale centrales, straatkasten, en masten. Risico op volledige uitval is nihil. De kritieke uitvalwaardes zijn verschillend voor ieder type asset:

- Datacentra: computervloer is zo'n 50 cm tot 100 cm hoog. De belangrijkste locaties hebben strengere ontwerpeisen.



- Hubs: verhoogde vloer met zo'n 20-30 cm
- Wijkkasten: apparatuur boven in de kast (dus zo'n 40-50 cm). In het zuiden van NL wordt er ook al gebruik gemaakt van rubberen strips om de kast waterdicht te maken.
- Straatkasten: drempelhoogte van zo'n 30 cm. In Limburg vielen de meeste kasten uit bij ~50 cm.

### A.3 Waterketen – drinkwater

#### Winputten – Brabant water

Brabant Water is de organisatie die verantwoordelijk is voor de drinkwatervoorziening van onder andere de regio Den Bosch. Zij winnen water via meerdere winvelden, waar pompputten aanwezig zijn die het water daarna doorzetten naar Water Platform Brabant, de zuivering, en dan naar de gebruikers.

Brabant Water bezit meerdere objecten die kunnen uitvallen bij blootstelling aan water. De voornaamste zijn de winputten, en dan met name de elektra/kasten die aanwezig zijn voor de aansturing van de pompen. Deze winputten zijn vaak gesitueerd in een betonnen bak die afgesloten is. Dit steekt ongeveer 20-30 cm boven maaiveld uit. Hetzelfde geldt hier voor de schakelkasten verantwoordelijk voor de aansturing. Bij de winputten wordt specifiek gekeken naar de ligging, maar doorgaans hebben deze winputten een hogere ligging vanwege de gewenste beschikbare grondwater-kolommen.

De functie drinkwatervoorziening is binnen het beheergebied van Brabant Water redundant doordat 4 winputten kunnen uitvallen zonder directe gevolgen. Een belangrijk gevolg van uitval door hoge waterstand is vooral dat de waterkwaliteit door de overstroming beïnvloed gaat worden. Bij uitval van winputten kan deze hersteltijd oplopen van 1 tot 2 weken voor er weer water gewonnen kan worden op die specifieke locatie.

#### Waterwinning uit oppervlaktewater en duinen ten behoeve van drinkwaterproductie – Waternet

Waternet beschikt over waterwinstations, drinkwaterproductielocaties en transport- en distributieleidingen. Kwetsbare onderdelen binnen de drinkwaterproductie zijn pompen en elektrische voorzieningen. Bij een overstroming zullen de pompen uitgaan bij een "water op de vloer" detectiemelding, alvorens de stroom uitvalt. In het programma van eisen van Waternet is opgenomen dat alle elektrische onderdelen 1 meter boven maaiveld gebouwd moeten worden. Dit is geen vigerend beleid voor de algehele drinkwatersector. De aanwezige laag- of hoogspanningskasten zijn deels in het beheer van de netbeheerder en deels in het beheer van Waternet zelf en vormen de meest kwetsbare onderdelen met een drempelhoogte van circa 20 cm. Bij de grotere locaties zijn noodaggregaten aanwezig, op kleinere locaties zijn wel aansluitingen maar geen noodaggregaten aanwezig. Tenslotte moet ten alle tijden voorkomen worden dat de leidingen drukloos worden omdat anders inzijing plaats vindt.

Op grotere schaal bekeken zijn er mogelijke consequenties voor de drinkwaterwinning bij een bovenregionale regengebeurtenis. Indien de waterkwaliteit afneemt kan dit leiden tot een innamestop. Wel is er sprake van redundantie, want zonder drinkwaterbron is nog 6 dagen levering vanuit de duinen mogelijk via een aangepast leveringsregime. Eventueel kan ook aanspraak gemaakt worden op het grondwater bij Nieuwegein. Met een zuinig regime is circa 1 tot 2 maanden levering haalbaar. Wel ontstaat er natuurschade aan de Amsterdamse Waterleidingduinen.

## A.4 Waterketen – afvalwater

Het riolsysteem bestaat uit een RWZI, rioolgemaal en rioleringsgebeurtenissen.

### RWZI

De besturingskasten en elektriciteitskasten zijn de meest kwetsbare onderdelen van de RWZI en bij uitval kan de RWZI niet doorfunctioneren. Doorgaans zijn de besturingskasten en elektriciteitskasten op maaiveld geplaatst en beschikken enkel over een drempelhoogte van circa 20 cm. Echter is gebleken dat niet overal een drempel aanwezig is en de kritieke uitvalhoogte per RWZI verschilt. Zo zijn er:

- nieuwe RWZI's die bij wateroverlast door kunnen functioneren zolang de elektriciteit niet uitvalt;
- RWZI's die ongezuiverd water kunnen overstorten naar het oppervlaktesysteem;
- RWZI's die volledig uitvallen.

Ook de hersteltijd van de RWZI's is erg verschillend en kan tot maanden oplopen.

### Rioolgemaal

Rioolgemaal kunnen uitvallen als de elektrische onderdelen uitvallen. De uitvalhoogte hangt af van hoog de elektronische (besturing)onderdelen hangen, dit verschilt per kast en locatie. Binnen de cases varieerde de uitvalhoogte tussen de 10 en de 40 cm boven maaiveld, waarbij onderscheid valt te maken voor de onderdelen:

- Boostergemaal: hoogte van de drempel van het rioolgebouw: 20 tot 40 cm
- Grotere cluster gemalen: 10 tot 15 cm
- Twee-pomps-nat gemalen: 10 tot 15 cm
- Twee-pomp-droog gemalen: 20 tot 30 cm
- Bergbezinkbassins: 10 tot 15 cm

### Rioleringsgebeurtenissen

Riolsystemen worden gedimensioneerd op ontwerpgebeurtenissen van doorgaans 10 tot 12 mm. Daarboven vinden overstorten plaats. Daarbij stort onverwerkt rioolwater over op het oppervlaktewater. Dit is vooral bij een gemengd riolsysteem negatief voor de waterkwaliteit. Bij hoog water (volle boezem) krijgen vooral gebieden met een kleine drooglegging issues om hun hemelwater te lozen en kan water op straat komen te staan.

## A.5 Gezondheid – Ziekenhuis

Ziekenhuizen hebben een cruciale functie en moeten vanuit nationaal perspectief redundant worden gebouwd om het intact houden van de functie te waarborgen. Om deze reden zijn ziekenhuizen zo gebouwd, dat bepaalde functies binnen het ziekenhuis gemakkelijk overgenomen kunnen worden. De uitvalhoogtes zijn daarom relatief laag, 20-30 cm, maar alle functies kunnen worden opgevangen door een back-up.

Ziekenhuizen werken met systemen die in ringen lopen, en systemen die vanuit gebeurtenissen het ziekenhuis overgenomen/aangevuld kunnen worden. Zo is er een 2e locatie die de ICT kan overnemen, is er mogelijkheid tot externe aanvoer van water, en mogelijkheid om brandstof/energie voor noodaggregaten extern te leveren. Tegelijkertijd is een ziekenhuis een continu bedrijf waarbij medicijnen, voedsel vrijwel continu op maat worden aangeleverd.

Binnen een ziekenhuis worden mitigerende maatregelen toegepast. Er zijn no-break systemen aanwezig voor essentiële apparatuur, waarbij een op zichzelf staande accu is geplaatst die energievoorziening moet garanderen, en watergoten in de computer/elektraruimtes om binnenkomend water af te kunnen voeren. Eén van de belangrijkste ontwerpeisen van een ziekenhuis is dat essentiële functies zoals noodaggregaten, elektra, en ICT tegenwoordig niet meer in kelders worden geplaatst. Deze eisen worden vaak meegegeven vanuit verzekeraars, die de continuïteit van de zorg willen waarborgen en schade aan de ziekenhuizen willen voorkomen. In de praktijk zijn deze ontwerpeisen echter nog niet overal gerealiseerd.

Wat neerslag en overstromingen voor een ziekenhuis bijzonder maakt is dat het hele object kan uitvallen en men moet uitwijken naar andere ziekenhuizen. Vele andere dreigingen beperken zich tot een deel van het ziekenhuis waardoor het intern kan worden opgevangen (als brand).

## A.6 Gezondheid – Verpleeg- en verzorgingslocaties en thuiszorg

Verzorgingstehuizen met kwetsbare patiënten zijn vaak afhankelijk van stroomvoorziening. Met name in nieuwe gebouwen die gasloos worden gebouwd, is elektra cruciaal. Om deze reden beschikt deze functie over noodaggregaten. De uitvalhoogte van de noodaggregaten is afhankelijk van in welke ruimte deze worden geplaatst, maar het algemene advies van verzekeraars is tegenwoordig om deze niet in kelders te plaatsen. Deze aggregaten zijn meestal geplaatst op een verhoging van zo'n 20-30 cm. Intensieve zorg met kwetsbare apparatuur wordt steeds meer afgeschaald en naar ziekenhuizen verplaatst. Dat maakt zorginstellingen minder kwetsbaar en meer zelfredzaam worden beschouwd.

Naast de zorglocaties, maken circa een half miljoen mensen in Nederland gebruik van thuiszorg. Door vergrijzing en het steeds langer thuis blijven wonen van ouderen neemt de vraag naar thuiszorg toe. Er worden in toenemende mate verpleegkundige handelingen aan huis uitgevoerd. De thuiszorg gaat dus verder dan reguliere dagelijkse hulp. Dit betekent dat voor veel mensen de afhankelijkheid van de thuiszorg is gegroeid en zij daarmee ook kwetsbaarder zijn bij het eventuele wegvallen daarvan. Bij grootschalige wateroverlast is vooral de bereikbaarheid van cliënten en de beschikbaarheid van personeel een knelpunt. Bij andere extreme weersomstandigheden (zoals storm) is in de regio Amsterdam al ondervonden dat dit tot uitval van personeel kan leiden. Er zijn weinig maatregelen ter beschikking om ten tijde van grootschalige wateroverlast uitval te voorkomen of beperken. De organisaties hebben doorgaans wel snel inzichtelijk waar cliënten wonen en welke hulp zij nodig hebben. Dit kan met de verantwoordelijke instanties gedeeld worden.

## A.7 Keren en beheren – Peilregulerende en/of kerende kunstwerken

Bij de poldergemalen zijn in veel gevallen de elektrische onderdelen het onderdeel dat het eerste uit zal vallen bij wateroverlast. De transformatorstations die voor de stroomvoorziening van de poldergemalen zorgen of de schakelkasten in een gemaal staan vaak tussen de 0 en 20 cm boven maaiveld. Hierdoor zullen deze onderdelen het eerste uitvallen.

Voor de gemalen is een behoorlijke range qua kritieke uitvalhoogte ingemeten, welke varieerde tussen de 0,8 m boven lokaal streefpeil tot ruim 2 meter boven lokaal streefpeil. Het belangrijkste verschil was vooral de hoogte van de schakelkast/elektrische onderdelen binnen het gemaalhuis.

Daarnaast uitwaterings- en keersluis Crèvecoeur beschouwd, omdat deze een centrale rol speelt in de waterveiligheid van Den Bosch. De uitwaterings- en keersluis zorgt in normale situaties voor afwatering

van Aa en Dommel op de Maas, maar deze kan dichtgezet worden bij hoge Maasstanden, om Den Bosch te beschermen tegen wateroverlast. De kritieke uitvalhoogte bedraagt ongeveer 30 cm boven de primaire kering: omdat vanaf dat peil de voeding voor zowel de keersluis als het afsluitmiddel van de vispassage kan uitvallen.

## B Case Den Bosch

### B.1 Telecom

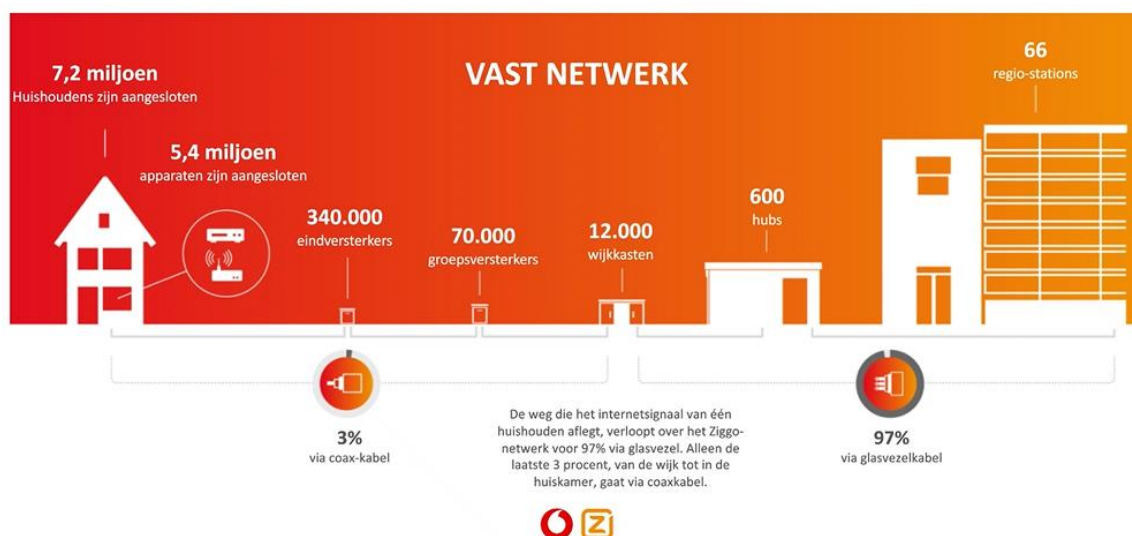
De volgende functies zijn bevestigd:

- *Resilience & crisismanager (VodafoneZiggo)*
- *Manager infra & testing (VodafoneZiggo)*
- *Architect infra/datacentra (VodafoneZiggo)*

#### Algemene beschrijving

In de regio Den Bosch is VodafoneZiggo een van de verantwoordelijken voor telecom en communicatie doeleinden. Ze hebben meerdere assets in bezit die samen een schakel vormen van verbindingen. Deze verbindingen zijn altijd in 1 of meerdere cirkels aangelegd om redundantie te bevorderen. Assets zijn bijvoorbeeld: Datacentra, 2<sup>e</sup> orde centrales, lokale centrales, straatkasten, en masten (zie ook afbeeldingen). Deze voorzien elkaar van informatie en in elke soort functie is er zodoende veel redundantie aanwezig dat risico op volledige uitval van binnenuit vrijwel nihil is.

### VODAFONEZIGGO IN VOGELVLUCHT

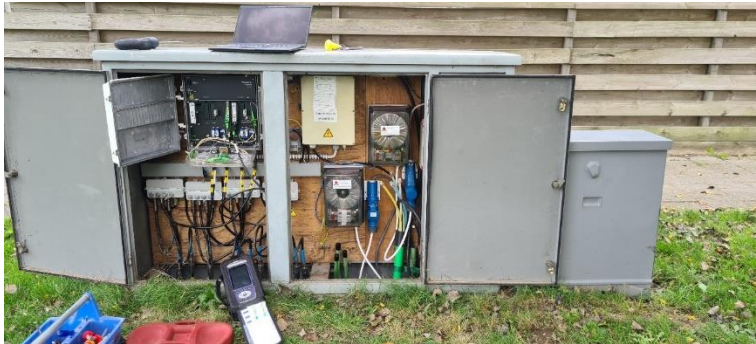


Figuur 16: Assets vast netwerk VodafoneZiggo

#### Kritieke uitvalwaarden

De kritieke uitvalwaardes zijn verschillend voor ieder type asset:

- Datacentra: computervloer is zo'n 50 cm tot 100 cm hoog. De belangrijkste locaties hebben strengere ontwerpisen.
- Hubs: verhoogde vloer met zo'n 20-30 cm
- Wijkkasten: apparatuur boven in de kast (dus zo'n 40-50 cm). In het zuiden van NL wordt er ook al gebruik gemaakt van rubberen strips om de kast waterdicht te maken.
- Straatkasten: drempelhoogte van zo'n 30 cm. Bij de wateroverlastsituatie in Limburg 2021 vielen de meeste kasten uit bij ongeveer 50 cm. Onderstaand figuur toont een straatkast van VodafoneZiggo.

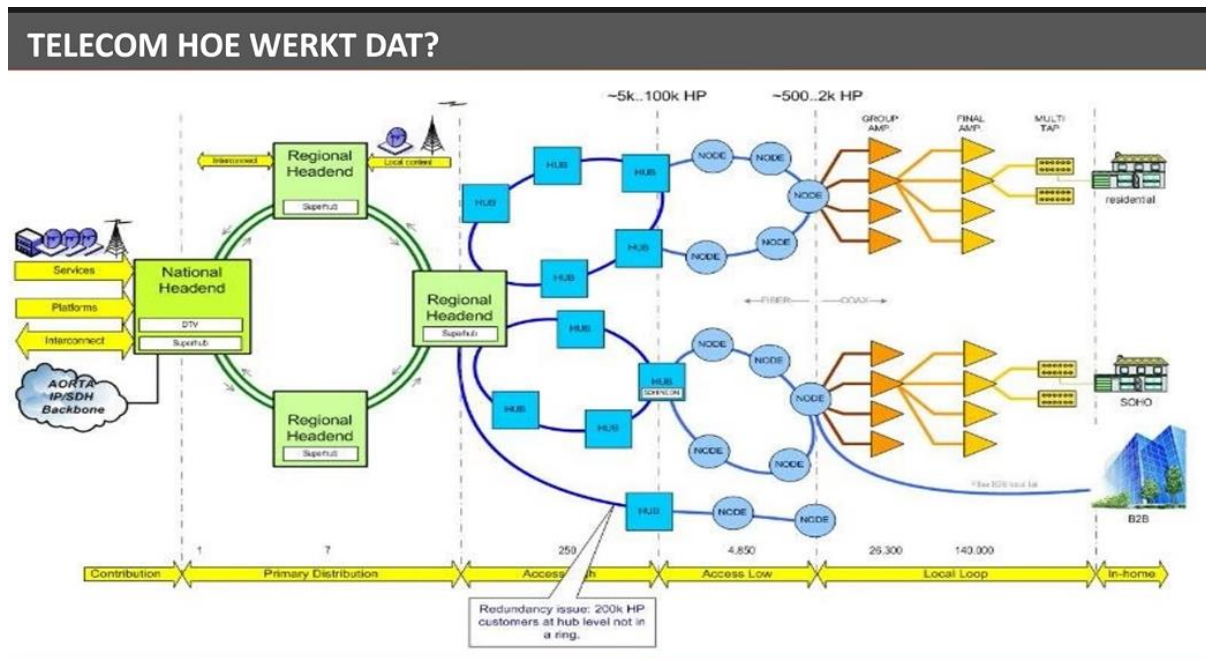


Figuur 17: Straatkast VodafoneZiggo

Gevolgen uitval

Vrijwel alle uitval kan opgevangen worden door het overige netwerk, zie ook onderstaand figuur, waarin het netwerk te zien is, inclusief redundantie. Zelfs op het niveau van datacentra is nagedacht over redundantie en kan een ander datacentra het overnemen. Als er wel sprake is van uitval zijn er mobiele voorzieningen en/of andere locaties die communicatie over kunnen nemen. In rampgebieden is namelijk de eerste week cruciaal voor hulpdiensten om goed te kunnen blijven communiceren. VodafoneZiggo biedt hierin ook faciliteiten aan rampgebieden over de wereld.

Wanneer masten uitvallen is er altijd een mast in de buurt die hoger is gesitueerd (bijvoorbeeld op een flat). Er is naar schatting een half uur back-up tijd, afhankelijk van de locatie en het aantal belminuten. Bij datacentra zijn altijd 2 back-up datacentra die de functie kunnen overnemen. Grotere distributiecentra hebben een noodstroomvoorziening.



Figuur 18: Netwerk VodafoneZiggo, met redundantie

### Herstel

Het herstel is vaak afhankelijk van stroomvoorziening. Wanneer de stroomvoorziening weer aanwezig is kunnen de meeste functies weer opgepakt worden.

## B.2 Waterketen – drinkwater

De volgende functie is bevroegd:

- *Senior crisismanagement (Brabant Water)*

### Algemene beschrijving

Brabant Water is de organisatie die verantwoordelijk is voor de drinkwatervoorziening van onder andere de regio Den Bosch. Zij winnen water via meerdere winvelden, waar pompputten aanwezig zijn die het water daarna doorzetten naar WPB, de zuivering, en dan naar de gebruikers. Den Bosch specifiek wordt gevoed door Nuland en Vlijmen, die elkaar kunnen aanvullen of zelfs overnemen. De capaciteit van Brabant Water voor hun watervraag is ruim voldoende. De algehele risico's van Brabant Water zijn relatief laag vergeleken met andere bekeken functies.

### Kritieke uitvalwaarden

Brabant Water bezit meerdere objecten die kunnen uitvallen. De voornaamste zijn de winputten, en dan met name de elektra/kasten die aanwezig zijn voor de aansturing van de pompen. Deze winputten zijn vaak gesitueerd in een betonnen bak die afgesloten is. Dit steekt ongeveer 20-30 cm boven maaiveld uit (zie afbeelding). Hetzelfde geldt hier voor de schakelkasten verantwoordelijk voor de aansturing. Bij de winputten wordt specifiek gekeken naar de ligging, en voor Brabant Water geldt dat de meeste winputten niet op risicovolle punten zijn gesitueerd. Dit heeft vaak te maken met de hogere ligging van beschikbare grondwater-kollommen.

Een andere vitaal object zijn de transportleidingen in de grond. Deze liggen doorgaans op 1-1,1m diep en kunnen in het grondwater liggen tot op 3 bar. Er zal dus 3 bar aan waterkolom op moeten staan om de leidingen te beschadigen, wat een aanzienlijk kleine kans heeft.

### Gevolgen uitval

Wanneer deze putten uitvallen, is er minder aanvoer van drinkwater beschikbaar voor de gebruiker. Brabant Water geeft aan dat er tot 4 winputten kunnen uitvallen zonder directe gevolgen. Een belangrijk gevolg van uitval door hoge waterstand is vooral dat de waterkwaliteit door de overstroming beïnvloed gaat worden.

### Herstel

Zoals genoemd, is het herstel voornamelijk afhankelijk van de invloed van overstromingen op de grondwaterkwaliteit. Bij uitval van winputten kan deze hersteltijd oplopen tot 1 tot 2 weken voor er weer water gewonnen kan worden op die specifieke locatie.

## B.3 Waterketen – afvalwater: RWZI en rioolgemalen

De volgende instanties zijn bevroegd:

- *Gemeente 's-Hertogenbosch*
- *Waterschap Aa en Maas*



## **RWZI Den Bosch**

### Algemene beschrijving

Den Bosch heeft een RWZI, die aan de noordzijde van de stad ligt, namelijk in nabij de Dieze, die het gebied afwatert richting de Maas (Crèvecoeur).

### Kritieke uitvalwaarden

De elektrische verdeelkasten en besturingskasten vormen de meest kwetsbare en vitale onderdelen van de RWZI. Deze kasten staan allemaal centraal in een ondergrondse bedrijfsruimte. Bij een overstroming zal deze ondergrondse ruimte vollopen, vanaf een waterdiepte van 5 cm (drempel).

### Gevolgen uitval

Op de RWZI zullen alle installaties uitvallen. Water wordt niet meer door de zuivering getransporteerd, maar er wordt ook geen water meer aangevoerd naar de rwzi waarschijnlijk als gevolg van het uitvallen van de rioolgemalen.

Bij een storingsduur van ca 3 dagen heeft dit nog geen ernstige gevolgen, de eerste inschatting van gemeente/waterschap is dat dit pas bij een storingsduur van 5 a 6 dagen problematisch wordt.

De slibverwerkingslijn van de RWZI zal uitvallen waardoor slib niet kan worden ontwaterd en afgevoerd. De RWZI Den Bosch fungeert als een centrale slibverwerking voor het slib van andere RWZI's van Aa en Maas. Alternatieve routes (direct naar slibverbrander of via andere RWZI) zijn beschikbaar.

Bij het uitvallen de slibverwerking krijgt de slibgistinginstallatie geen voeding meer, maar blijft nog wel dagenlang gas produceren. Door de stroomstoring is te verwachten dat de afname van gas door onze afnemers zal zijn uitgevallen.

Dit heeft tot gevolg dat de volledige gasproductie (gebeurt al binnen enkele uren) in deze periode zal worden afgefakkeld (affakkel installatie beschikt over een noodaggregaat).

Bij zeer langdurige uitval (>7 tot 10 dagen) zullen de gistingstanks gaan afkoelen en zullen de bacteriën verzuren. Het herstarten van dit proces zal zeer geleidelijk moeten gebeuren, en afhankelijk van de mate van verzuring kan het langere tijd duren voordat het gistingproces weer op volle capaciteit functioneert (financieel risico).

## **Rioolgemalen**

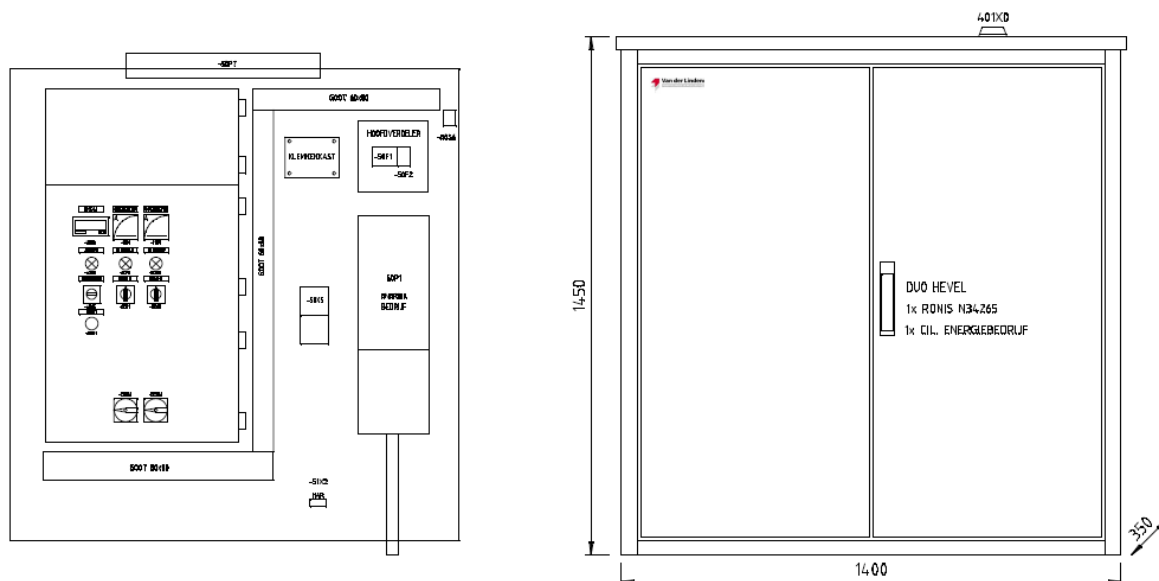
### Algemene beschrijving

In totaal 19 rioolgemalen transporteren afvalwater naar RWZI Den Bosch. Bij een bovenregionale wateroverlastsituatie zullen (een deel van) de gemalen uitvallen waardoor er geen afvalwater kan worden overgenomen vanuit de gemeentelijke stelsels.

Dit heeft tot gevolg dat de gemeentelijke stelsels zullen gaan vollopen en uiteindelijk overstorten op lokale oppervlaktewateren, met ernstige gevolgen voor milieu en de volksgezondheid. De snelheid van in werking treden van de overstorten is afhankelijk van het buffervolume in het stelsel en de weersomstandigheden.

### Kritieke uitvalwaarden

Ieder rioolgemaal heeft een opstellingkast op een sokkel van minimaal 10 cm boven maaiveld. Hier bovenop staat de standaardkast, zoals te zien in de afbeelding. De meter en de binnenkast zitten hierin hoger; ongeveer 30 tot 40 cm ten opzichte van maaiveld. In overstromingsgevoelig gebied staan deze kasten nog wat hoger.



Figuur 19: Standaard ontwerp kast voor rioolgemaal Den Bosch

### Gevolgen uitval

De rioolgemaal zullen uitvallen waardoor er geen afvalwater kan worden overgenomen vanuit de gemeentelijke stelsels. Dit heeft tot gevolg dat de gemeentelijke stelsels zullen gaan vollopen en uiteindelijk overstorten op lokale oppervlaktewateren, met ernstige gevolgen voor milieu en de volksgezondheid. De snelheid van in werking treden van de overstorten is afhankelijk van het buffervolume in het stelsel en de weersomstandigheden. De redundantie is zeer beperkt.

### Herstel

Bij een storingsduur van ca 3 dagen heeft dit nog geen ernstige gevolgen, de eerste inschatting van gemeente/waterschap is dat dit pas bij een storingsduur van 5 à 6 dagen problematisch wordt. Het herstel zal orde grootte meerdere weken in beslag nemen, om het materiaal te vervangen. E.e.a. afhankelijk van beschikbaarheid aan capaciteit mensen en materialen.

## B.4 Keren en beheren – poldergemaal en uitwateringssluis

### Uitwaterings- en keersluis Crèvecoeur

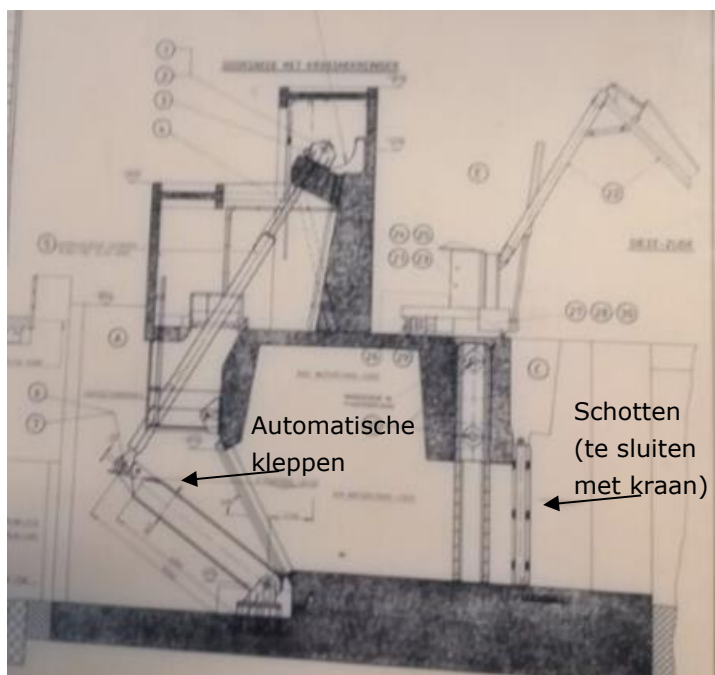
#### Algemene beschrijving

Uitwaterings- en keersluis Crèvecoeur is in de regio 's-Hertogenbosch één van de meest kritieke kunstwerken in het watersysteem. De rivieren Dommel en Aa komen samen in de Dieze in 's-Hertogenbosch. De Dieze stroomt vervolgens via Uitwateringssluis Crèvecoeur in de Maas. De sluis bestaat uit 4 vrijvervalkokers en is gelegen in de primaire kering van de Maas.

Op het moment dat de Maas het kritiek peil van +4,9 m NAP overschrijdt, wordt Crèvecoeur gesloten. Feitelijk wordt op dat moment de primaire kering die 's-Hertogenbosch beschermt gesloten, door middel van vier kleppen. De Maas kan dan verder stijgen. Gedurende die periode moeten de Dommel, Aa en Dieze hun water bufferen. Indien nodig, kan het water in de beekdalen geparkeerd worden. Hiervoor is een aantal bergingsgebieden aangewezen.

Het sluiten van de kleppen gaat volautomatisch. De besturing hiervoor is geoptimaliseerd en werkt automatisch op basis van monitoringsgegevens. Wel is er een mogelijkheid tot handmatige bediening ter plaatse. Langs de uitwateringssluis is een vispassage aanwezig (bekkenpassage). Ook deze vispassage gaat door de primaire kering, en zal automatisch gesloten worden bij hoge Maaspeilen. Ook aan de

polderzijde is een mogelijkheid tot het afsluiten van het kunstwerk, namelijk met het sluiten met schotten met een kraan. Het afsluiten van de schotten duurt ongeveer 1 tot 2 uur.



*Figuur 20: Dwarsdoorsnede oorspronkelijke ontwerp Crèvecoeur, met kleppen en schotten*

Bij het uitwerken van de methode van een bovenregionale neerslaggebeurtenis in de regio 's-Hertogenbosch (NKWK in 2022), is als kritiek onderdeel benoemd dat zo lang Crèvecoeur functioneert, er geen problemen te verwachten zijn in 's-Hertogenbosch en de beekdalen Aa en Dommel. Als Crèvecoeur wel faalt (scenario's 3a en 3b uit NKWK 2022), zijn er forse overstromingen te verwachten.

#### Kritieke uitvalwaarden

Het gebouw van Uitwateringssluis Crèvecoeur staat op de primaire kering. Op het moment dat er water vanaf de Maas-zijde in het gebouw kan stromen, is er dwars door het gebouw een muurtje van ongeveer 30 cm hoog gemetseld, dat er enerzijds voor zorgt dat de primaire kering 30 cm hoger is, en anderzijds zorgt dat de kwetsbare apparatuur geen water binnenkrijgt. Onderstaande foto laat het muurtje zien.



*Figuur 21: Muurtje ter bescherming van apparatuur. Op de achtergrond het noodaggregaat en toegang tot elektraruimte*

Vanuit gebiedskennis van Waterschap Aa werd aangegeven dat als het water in de ruimte komt te staan (en het muurtje dus als kering moet gaan functioneren), dat op dat moment elders rondom de Maas en in 's - Hertogenbosch al problemen te verwachten zijn.

De trafo's en verdeelkasten ten behoeve van elektriciteit zijn gesitueerd in de elektrische ruimte. Deze was bij het veldbezoek helaas niet toegankelijk. De ruimte zelf ligt op dezelfde hoogte als de primaire kering. Op de achtergrond is één van de noodaggregaten te zien.



*Figuur 22: Elektrische ruimte niet toegankelijk*

Op het moment dat de stroom toch onverhoopt uitvalt, zijn er twee noodaggregaten die de vier kleppen nog kunnen bedienen.



*Figuur 23: Eén van de twee noodaggregaten*



De kleppen worden aangestuurd door een besturingskast (telemetrie). Deze is zowel op afstand als ter plaatse te bedienen. De kast staat op een sokkel van ongeveer 10 cm (vloerpeil = primaire kering)  
Ook de afsluiter van de vispassage wordt aangestuurd via een besturingskast met telemetrie. Deze hangt op een hoogte van ongeveer 90 cm (vloerpeil = primaire kering).



Figuur 24: Besturingskasten, van de kleppen (afbeelding links) en van de afsluiter vispassage (rechts)

De schakelkast van de vispassage staat buiten bij de vispassage, op de primaire kering. De schakelkast staat niet op een sokkel, maar heeft een drempel van ongeveer 5 cm. De apparatuur hangt op ongeveer 30 cm boven maaiveld.



Figuur 25: Schakelkast afsluiter vispassage

### Gevolgen uitval

Op het moment dat de uitwateringssluis Crèvecoeur niet meer functioneert en de noodaggregaten ook niet meer functioneren, kunnen er twee dingen niet meer gebeuren:

- Sluiten kleppen en/of vispassage functioneert niet meer; dit is een probleem in geval van hoge Maasstand, omdat er dan een opening in de primaire kering zit en 's-Hertogenbosch te maken krijgt met overstromingen.
- Openen kleppen en/of vispassage functioneert niet meer; dit is een probleem als de Dommel en/of Aa een hoge afvoer hebben, de Maasstand laag is en de waterbergingsgebieden vol zitten. Op dat moment heeft 's-Hertogenbosch een grotere kans om te maken krijgen met overstromingen uit het regionale systeem. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er altijd nog een aflatmogelijkheid is naar de Maas via het Drongelens Kanaal.

Het niet-sluiten van de kleppen of vispassage zal qua impact een groter probleem zijn dan het niet kunnen openen van de kleppen of vispassage.

De volgende zaken maken het systeem minder kwetsbaar:

- Aanwezigheid twee noodaggregaten t.b.v. openen/sluiten kleppen
- Mogelijkheid tot handmatig sluiten met schotten

Als het vervolgens toch misgaat, zal er overlast zijn in 's-Hertogenbosch zo lang als de Maasgolf duurt.

### Herstel

Het herstel zal bestaan uit het vervangen van de elektronische installaties of de kleppen. Dit zal naar verwachting maanden duren. Afhankelijk van of handmatige bediening mogelijk is, kan 's-Hertogenbosch wel weer leeggelaten worden (met een dalende Maas) en het watersysteem vervolgens wel of niet op peil gehouden worden.

## **Poldergemeal Groenendaal**

### Algemene beschrijving

Poldergemeal Groenendaal maalt een gebied van 3.500 hectare uit op de Maas, en is gelegen bij Bokhoven. De capaciteit is ongeveer 311 m<sup>3</sup>/minuut, verdeeld over twee pompen. De twee pompen bemalen twee gebieden, met verschillende streefpeilen. Het streefpeil in de polder varieert tussen +1,05 / +0,9 m NAP (oostelijk deel van het gebied) en +0,70 / +0,55 m NAP (westelijk deel van het gebied).

### Kritieke uitvalwaarden

Het gebouw waarin het gemeal staat, bestaat uit twee verdiepingen. De verdeelkast ten behoeve van elektriciteit zijn gesitueerd in de onderste verdieping van het gebouw ( $\pm 2,0$  m NAP, op basis van AHN en Street Smart), terwijl de besturingskasten op de bovenste verdieping staan ( $\pm 5,0$  m NAP).

De verdeelkast is het meest kritiek, en heeft een uitvalwaarde van (naar schatting) 1,15 m boven vloerpeil onderste verdieping, oftewel  $\pm 3,15$  m NAP en  $\pm 2,10$  meter boven streefpeil.



Figuur 26: verdeelkast (afbeelding links) en besturingskasten (rechts)

### Gevolgen uitval

Op het moment dat het poldergemaal niet meer functioneert, gaan twee polders van in totaal 3.500 hectare wateroverlast ervaren.

### Herstel

Het herstel zal bestaan uit het vervangen van de elektronische installaties. Dit zal naar verwachting maanden duren. Met behulp van noodpompen kan het gebied wel tijdens de wateroverlastsituatie leeggepompt worden.

#### B.4.1 Gezondheid - ziekenhuis

De volgende functie is bevestigd:

- Senior Adviseur/Ontwerpleider Gebouwinstallaties (Royal HaskoningDHV)

### Algemene beschrijving

Ziekenhuizen zijn in algemene zin afhankelijk van energievoorziening. Door middel van de energievoorziening kan de functie blijven bestaan en kunnen mensen behandeld worden, gemonitord worden, of aan de apparatuur blijven. Naast stroomvoorziening heeft ICT een grote rol binnen het functioneren van een ziekenhuis. Tegenwoordig staan alle patiëntendossiers online opgeslagen en kunnen artsen/verpleegkundigen of verplegers moeilijk te werk gaan als deze functie zal uitvallen. Een derde cruciale functie is de watervoorziening. Een ziekenhuis is afhankelijk van koelwater, spoelwater, en uiteraard drinkwater. Dit wordt binnen een ziekenhuis geregeld via een complex netwerk van leidingen.

Een ziekenhuis heeft doorgaans de meest cruciale punten op de begane grond. Hierdoor is dit een verdieping waar snel een ruimtegebrek ontstaat waardoor sommige belangrijke functies wel eens in kelders worden geplaatst. Over het algemeen geven verzekeraars ontwerpeisen mee aan ziekenhuizen waarin staat dat de continuïteit van de zorg voorop moet staan. Hierin worden preventieve maatregelen gesteld zoals:

- Mogelijkheid tot externe aanvoer vanuit buiten het ziekenhuis
  - o ICT kan overgenomen worden door een 2e locatie
  - o Wateraanvoer kan extern
  - o Brandstofaanvoer of noodaggregaten kunnen extern aanvoer leveren aan het ziekenhuis
- Het modulair bouwen van systemen
- Het aanleggen van elektra in ringen
- Een no-break systeem, waarbij essentiële apparatuur een eigen accu heeft
- Er dienen back-up systemen aanwezig te zijn van bijvoorbeeld ventilatie of wateraanvoer

Door een gesprongen waterleiding in het VUMC in 2015 zijn de richtlijnen op het plaatsen van voorzieningen in kelders aangescherpt. Door dit voorval moest een heel ziekenhuis ontruimd worden. In de huidige situatie vinden enkel de logistieke bewegingen en bevoorrading van het ziekenhuis plaats in de kelder. Dit zijn dan ook de functies die het eerste zullen uitvallen.

### Kritieke uitvalwaarden

De stroomvoorziening en ICT worden geplaatst op minimaal de eerste verdieping en zijn doorgaans met 20-30 cm verhoogd. Ook zijn mitigerende maatregelen toegepast zoals het groter maken van de ruimte en aanwezigheid van watergoten in de vloer. Het noodaggregaat is



in oudere ziekenhuizen vaak nog aanwezig in kelders maar is mobiel. Deze is ook met 20-30 cm verhoogd.

#### Gevolgen uitval

Het uitvallen van functies in het ziekenhuis kan tot grote consequenties leiden. In het ergste geval moet het ziekenhuis ontruimd worden en wordt de zorgcapaciteit flink verminderd. Bij uitval van het ziekenhuis spelen echter al andere factoren mee die de functie zullen beperken; zoals de aanrijdmogelijkheden voor ambulances.

#### Herstel

De hersteltijd van het volledig uitvallen van een functie is relatief lang voor een ziekenhuis. In het voorbeeld van het VUMC kostte het een paar dagen om de schade te herstellen. Dit lijkt kort, maar voor de functie van het ziekenhuis is dit lang. De meeste functies kunnen echter overgenomen worden vanuit externe locaties wat een groot deel van het ziekenhuis zonder beschadigingen operationeel kan houden.

## C Case ARK/NZK

### c.1 Energie – elektriciteit

Voor dit onderdeel zijn experts bevroegd van Liander, Sweco en Schneider Electric.

#### Algemene beschrijving elektriciteitsnetwerk

In dit onderdeel wordt de opbouw van het elektriciteitsnetwerk in de regio Amsterdam beschreven en eventuele kwetsbaarheid voor wateroverlast. Het netwerk bestaat uit kabels en daartussen transformatorstations. Van de stations zijn drie formaten; hoog-, midden- en laagspanningsstations. De kabels liggen in het grondwater en zijn hierdoor per definitie niet gevoelig voor wateroverlast. De spanningsstations zijn als bovengrondse elementen wel kwetsbaar voor wateroverlast.

In Amsterdam zijn er als uitzonder bepaalde kabels die wel gevoelig zijn voor inundatie: in het centrum liggen nog een aantal kabels die geen plastic omhulsel hebben. Deze kabels zijn tot 100 jaar oud en hebben een loden mantel met papieren omhulsel. Als daar vocht in komt veroorzaakt dit kortsluiting. Alle nieuwere kabels zijn wel bestand tegen vocht.

Tennet beheert de hoogspanningsstations, Liander de midden en laagspanningsstations. De midden-spanningsstations zijn de schakelstations tussen hoogspanning en het distributienet. Hier wordt hoogspanning (tot 150.000 V) omgezet naar midden-spanning (10.000 tot 20.000 V). Achter een middenspanning station zitten ongeveer 10.000 huishoudens. Als deze zou uitvallen zou dit dus grote gevolgen hebben. Er zit wel redundantie in het midden-spanningssysteem. De stations zijn in een ring opgezet, wat betekent dat als een station uitvalt er van de andere kant nog stroom kan worden geleverd.

Tegenwoordig wordt er minder redundantie in het systeem ingebouwd dan vroeger. De grootste factoren hierbij zijn kosten en ruimte. Extra koppelingen inbouwen betekent hogere kosten. Daarnaast is de netbeheerder in Amsterdam afhankelijk van de gemeente bij het aanwijzen van locaties voor kasten.

#### Ontwerp spanningskasten

Er is geen standaard ontwerp voor midden en laagspanningskasten. Alle ontwerpen moeten wel voldoen aan geldende IEC en NEN1010-normen. Hierin staan richtlijnen voor veiligheid en functionaliteit, waardoor een zekere mate van waterbestendigheid voor alle kasten is geborgen.

Voor laagspanningskasten kunnen verschillende typen worden geleverd, afhankelijk van waar ze ingezet gaan worden. Binnen deze typen zitten wel standaarden. De laagspanningskasten van Schneider Electric (grote leverancier van materieel aan netbeheerders) zijn bijvoorbeeld altijd een onderdeel van een 'productlijn'. In deze productlijn zijn er verschillende uitvoeringen mogelijk gezien de plaats waar deze gebruikt gaat worden. Hierbij is vooral de buitenkant van de kast van belang. Er zijn bijvoorbeeld uitvoeringen van kasten die bestand zijn tegen zout water spetters (roestvrij staal, polyester) of hoge luchtvochtigheid (hard staal, roestvrijstaal).

Voor prefab midden-spanningsstations zijn ook standaard uitvoeringen beschikbaar. Deze variëren in dimensies, in relatie met het opgesteld vermogen en gevraagde intelligentie van de installatie. De middenspanningsstations die in gebouwen staan zijn niet standaard maar worden gerealiseerd volgens een programma van eisen.

### Kritieke uitvalwaarde

Hoogspanningsstations hebben de kwetsbare elementen (die onder spanning staan) hoger zitten. Daarnaast worden deze stations op hogere plekken aangelegd of anders verhoogd, met het oog op waterveiligheid. Hierdoor zijn deze elementen niet gevoelig voor wateroverlast. Wel is het soms zo dat de secundaire elementen (besturingskamer) op een lager niveau worden aangelegd. Deze worden dan moeilijk bereikbaar in het geval van wateroverlast, maar het station kan blijven functioneren. De kritieke uitvalhoogte van hoogspanningsstations ligt op enkele meters boven maaiveld, per locatie verschilt het hoe hoog precies.

Bij midden- en laagspanningsstations is de overgang van de kabel naar de installatie het kritieke punt. Bij laagspanningskasten zit deze aansluiting meestal op rond de 30 centimeter boven maaiveld. Dit is de kritieke uitvalhoogte van deze kasten. Transformatiestations (laagspanning) die in gebouwen zitten staan vaak op de begane grond. De eigenaar of bewoners van een pand kunnen hier vaak niet bij, alleen de netbeheerder. Ook hierbij is de kritieke uitvalhoogte dus 30 cm.

Bij midden-spanningsstations zit de drempel vaak 20 tot 30 cm boven maaiveld. Het kwetsbare punt, de overgang van kabel naar installatie, kan bij een midden-spanningsstation op verschillende hoogten liggen, afhankelijk van de opstelplaats en het type van de installatie. Gemiddeld is dit een halve meter boven de onderkant van de kast. In totaal is de kritieke uitvalhoogte ongeveer 80 cm. De uitvoering en wijze van installatie van een midden-spanningsinstallatie is wel belang voor het kritieke uitvalpunt. Lucht geïsoleerde schakelinstallaties zullen eerder last hebben van stijgende waterniveaus omdat er snel een kortsluiting ontstaat tussen de geleiders of tussen de geleiders en de aarde. Gas geïsoleerde installaties zijn vaak IP67 qua hoogspanningsdeel. Hierbij is het mogelijk dat een water niveau van 50 cm – 80 cm nog geen probleem vormt op de korte termijn, er ontstaat niet snel kortsluiting tussen de geleiders. Als de inundatie echter langer duurt dan een aantal dagen dan kan intrekend vocht toch een probleem geven bij kabelaansluitingen. Als het water niveau hoger wordt dan 1 meter dan kan secundaire apparatuur (beveiligingsrelais of stuurstroom onderdelen) onder water komen te staan. Een van de obstakels om aansluitingen hoger te hangen is de hoogte van de kasten zelf. Voor een kast van 2,2 meter of hoger moet de beheerder een vergunning aanvragen. Daarom zijn de meeste kasten niet hoger dan 2 meter, waardoor er geen ruimte is om kwetsbare aansluitingen veel hoger te hangen.

Netbeheer Nederland heeft een onderzoek<sup>15</sup> laten uitvoeren door de TU van Eindhoven naar het effect van inundatie op midden- en laagspanningskasten. Hierbij hebben ze de interne elementen van deze kasten in een bak met water gedompeld. De conclusie was dat een kast niet meteen uitvalt/ doorbrandt als de elektrische elementen in water komen. De waterkwaliteit en de afstand tussen de elektroden zijn hierbij zeer belangrijk. De kasten zouden tot 1 meter inundatie aankunnen voor kortsluiting ontstaat. Deze conclusie geldt echter alleen in zuiver en zoet water. Als er meer zout en vervuiling in het water zit wordt de geleidbaarheid hoger waardoor de kans op doorbranden groter wordt. Tijdens wateroverlast is de waterkwaliteit waarschijnlijk niet goed door alle vervuiling van maaiveld die meekomt in het water. Hierdoor is het waarschijnlijk dat de kasten uitvallen zodra het water bij de elektrische elementen komt, in het geval van laagspanningskasten vanaf 30 cm boven maaiveld.

### Gevolgen uitval

Afhankelijk van de functionaliteit van een installatie kan de impact van uitval groot zijn. Bij laagspanningskasten is het effect meestal beperkt tot straat/wijkniveau. Bij midden-spanningskasten kan er een veel groter gebied getroffen worden. De midden-spanningsnetten zijn redundant uitgelegd met een

---

<sup>15</sup> Meetrapport Resistentie Nederlandse elektrische infrastructuur bij overstromingen, TU Eindhoven, 14-07-2020

ringvormige structuur maar kunnen bij grootschalige wateroverlast kwetsbaar zijn omdat hier meestal niet één station geraakt is.

Liander heeft een ruimtelijke analyse uit laten voeren naar de effecten van uitval. Laagspanningskasten bedienen altijd het gebied waar ze in of vlakbij staan. De kasten staan bijvoorbeeld altijd binnen dezelfde dijkkring als de wijk die ze bedienen. Dat is handig omdat de vraag naar stroom ook afneemt als een laagspanningskast uitvalt door overstrooming: als het water zo hoog komt dat een kast uitvalt zullen mensen ook mogelijk evacueren en dan neemt de vraag naar stroom af.

Een ander risico is dat de beveiligingen niet aanslaan waardoor het water rond kasten onder spanning komt te staan. Dit is voorgekomen bij de fontein op het Takenhofplein in Nijmegen, waarbij de schakelruimte onder water was komen te staan. De kast bleef functioneren maar door falende beveiligingssystemen ontstond een gevaarlijke situatie. Het is dus niet vanzelfsprekend dat er uitval optreedt bij overstrooming. De besturing viel wel uit dus de kast functioneerde niet meer en moest wel vervangen worden.

#### Maatregelen en handelingsperspectief

Liander en de gezamenlijke sector (Netbeheer Nederland) zijn al bezig met klimaatadaptatie. Ze hebben een onderzoek laten uitvoeren door de Universiteit van Eindhoven en hebben handelingsperspectieven opgesteld. Ze hebben tot nu toe vooral gekeken naar de impact van water(overlast), nog niet zozeer hitte of droogte. Hun huidige conclusie is dat het net redelijk bestand is tegen de gevolgen van klimaatverandering. Tijdens de extreme situatie in Limburg hebben ze bijvoorbeeld niet veel uitval gezien. Daarom gaan ze nu niet proactief met klimaatadaptatie maatregelen aan de slag (dus: geen grote veranderingen in de infrastructuur op korte termijn). Wel staan we aan de vooravond van een grote investering in het energienet (vanwege de energietransitie), daarin gaan ze ook rekening houden met klimaatverandering.

Bij klimaat adaptie kijken ze vooral naar ontwerp van stroom dragende elementen (kasten) en locatiekeuzes. De bovengrondse componenten worden zo veel mogelijk boven maaiveld opgesteld. Dit staat al omschreven in het programma van eisen. Gemeentelijke eisen en wensen maken wel dat er soms andere keuzes gemaakt worden bijvoorbeeld bij metrostation of andere ondergrondse openbare voorzieningen.

Een optie om schade in spanningskasten te voorkomen is om de stroom eraf te halen voor het water zo hoog stijgt dat deze door kan branden. Netbeheerders halen wel vaker de stroom van een bepaalde sectie af als er werkzaamheden zijn in de grond worden uitgevoerd. Aan de andere kant hebben netbeheerders contracten met afnemers waardoor ze wettelijk verplicht zijn om zo lang mogelijk stroom te leveren. Mocht dit niet lukken dan riskeren ze een schadevergoeding. Dus de beheerders zullen altijd zo lang mogelijk willen blijven leveren. Als de netbeheerders op tijd worden gesignaleerd dat de stroom van bepaalde secties af moet omdat er anders kortsluiting wordt geriskeerd kan dit schade voorkomen.

#### Herstel

Mocht een kast uitvallen dan zijn er 2 scenario's voor de duur van herstel. In het eerste scenario, als de kast preventief is uitgezet om schade te voorkomen dan deze binnen een uur weer online zijn als het waterpeil is gedaald (als er geen overmatige vervuiling in de kast achterblijft). In het tweede scenario, als de kast is uitgevallen vanwege doorbranding moet er een monteur naar de kast om elementen te vervangen. Afhankelijk van de schade aan componenten en behuizing kan dit variëren van enkele dagen tot weken. Dit is afhankelijk van de mate van de schade en welke componenten vervangen dienen te worden. Reservemateriaal is beschikbaar in de vorm van provisorieel noodstroomaggregaten en nieuw materiaal. De netbeheerders hebben standaard onderdelen wel beperkt op voorraad met speciale

onderdelen niet. Groot-leveranciers als Schneider Electric hebben ook geen voorraad, alles wordt op aanvraag geproduceerd. Als meer zeldzame/technische onderdelen geleverd moeten worden kan dit 8 tot 10 weken duren. De levertijd voor een volledige nieuwe kast is 22 weken. Er is wel ruimte voor tijdelijke oplossingen, tot een betere oplossing voor handig is. Een verdere beperkende factor in herstel is beschikbaarheid van monteurs. Er is in de huidige situatie al een tekort aan mankracht om al het technisch onderhoud te voorzien. Dit zal erger zijn in een noodsituatie, vooral al meerdere kasten worden getroffen.

## c.2 Energie – aardgas

Het gasnetwerk is meer vermaast dan het elektriciteit netwerk, wat het minder kwetsbaar maakt

- De ondergrondse elementen (leidingen) zijn in dit netwerk juist kwetsbaar; er moet altijd druk op de leidingen worden gehouden van binnen uit. Dit is om tegendruk te bieden aan de waterdruk van het grondwater
- Vanaf inundatie van 1 meter kan de waterdruk op de leidingen zo groot worden dat er risico ontstaat op inlekking
  - o In dit geval zullen ze de afname van gas stopzetten
- Een ander risico ontstaat als de odorisatie-stations (waar ze geur toevoegen aan gas) uitvallen, bijvoorbeeld door stroomuitval:
  - o Dan kan nog 1 tot 2 dagen gas worden geleverd, hierna moet de afname ook worden stopgezet
  - o Zodra het odorisatie-proces weer is opgestart kan weer gas worden geleverd, hiervoor moet een monteur naar het station

## c.3 Functie - Telecom

In de regio Amsterdam is KPN een van de verantwoordelijken voor telecom en communicatie doeleinden. Momenteel wordt het verouderde kopernetwerk uitgefaseerd en schakelt KPN volledig over op een glasvezelnetwerk. De opbouw van het KPN netwerk is op hoofdlijnen op de volgende manier ingedeeld:

- Datacenter: 4 locaties in Nederland
- Metro Core: 160 stuks in Nederland
- City Point of Presence (POP): samenkomst van area POPs
- Area POP: dit kan gezien worden als een (actieve) wijkcentrale

Vanaf de Area POP vindt de laatste aansluiting naar de woning plaats. Een actieve Area POP betekent dat er elektronische apparatuur zoals printplaten en koeling aanwezig is. Indien deze in contact komen met water is vervanging nodig. Op locaties waar het kopernetwerk nog in werking is, bevinden zich passieve Area POP. Hierin wordt het kopernetwerk met elkaar verbonden middels een verdeler. Bij contact met water kan hier sluiting ontstaan en is er sprake van (tijdelijke) uitval. Na opdrogen zou een passieve Area POP weer werkzaam moeten zijn, maar kan er sprake zijn van een slechtere verbinding door corrosie.

Binnen de actieve Area POP is zijn de elektronische onderdelen van de bodem af gemonteerd. Desondanks kunnen o.a. voedingen en filters snel aangetast worden door water.

## c.4 Waterketen – drinkwater

### Algemeen

Waternet heeft een asset analyse uitgevoerd naar de inundatiedieptes bij gebouwen voor twee verschillende gebeurtenissen. Hierin wordt onderscheid gemaakt in 0-20 cm, 20-50 cm en 50-100 cm. Vanuit de analyse is de wens ontstaan om in het onderhoudsmanagement systeem ook de NAP hoogte op te nemen van onderdelen van gebouwen die cruciaal zijn. De registratie van de data is nog een (complexe) opgave.

Het water dat zich in de Amsterdamse Waterleidingduinen bevindt wordt aangevoerd vanuit een locatie in Nieuwegein. Na de winning uit de duinen is er één aanjaagstation in Muiden, die de leiding op een hogere druk brengt. Daarnaast zijn er nog twee grotere pompstation met reservoir om drinkwater vanuit Leyduin de stad in te brengen. Tot slot zijn er pompstations zonder reservoir voor het verder op druk houden.

### Kritieke uitvalwaarden

- Bij drinkwater voorzieningen/pompen zijn alle elektrische onderdelen 1 meter boven de vloer gebouwd (dus 1 meter boven maaiveld, geen NAP-hoogte gegeven). Dit is een eis opgenomen in het PvE van Waternet. Op sommige plekken zijn laag- of hoogspanningskasten aanwezig, deze hebben een drempel van circa 20cm. Een hogere drempel dan 20 cm kan voor problemen zorgen in de toegankelijkheid. Er zijn kasten in eigendom van de netbeheerder en van Waternet zelf.
- De productiegebouwen van locatie Weesperkarspel liggen op een terpje. Drinkwatergebouwen zijn uitgevoerd als een betonnen bak en dus robuust. De mogelijke overstromingsdiepte is op deze locatie beperkt.
- Bij de nieuwbouw van pompstation Osdorp kan bij regen water tegen de deur komen. De kans van optreden is zodanig klein dat verhoogde drempels niet zijn toegepast. De eventuele baten van een drempel werken op deze locatie niet op tegen de nadelen. Bij eventuele wateroverlast worden elektrische installaties niet geraakt. Er moeten alleen schoonmaakwerkzaamheden plaatsvinden.
- Op de locaties Leyduin en Weesperkarspel zijn terreinaanpassingen gedaan. Zoals bijvoorbeeld drainage om het water goed af te voeren. Ook is er extra afvoercapaciteit van daken gecreëerd.
- De aanvoerlocatie in Nieuwegein moet nog aangepast worden om beter bestand te zijn tegen wateroverlast. De volgende aandachtspunten zijn gesignaleerd:
  - o Bij een dijkdoorbraak kan water de noodstroomvoorziening raken. Bij grootschalige renovatie moet dit knelpunt opgelost worden. Voor een bovenregionale gebeurtenis zal dit knelpunt naar verwachting niet optreden.
  - o Elektriciteitsruimtes bevinden zich in een kelder en zijn kwetsbaar.
  - o Er zijn enkele locaties op het terrein waar bij minder dan 50cm inundatiediepte ook problemen worden verwacht.

### Gevolgen uitval

- Op grotere schaal bekeken zijn er mogelijke consequenties voor de drinkwaterwinning bij een bovenregionale gebeurtenis. Er kan dan sprake zijn van uitspoeling vanaf het land naar de rivieren toe. Daardoor is er meer afstroming van stoffen die kunnen leiden tot een innamestop. Tegelijkertijd treedt er ook verdunning op. Tot op heden is een innamestop niet noodzakelijk geweest. Mitigerende maatregelen zijn bijvoorbeeld het sluiten van de Beatrixsluizen bij een naderende wolk van verontreinigingen.
- Zonder drinkwaterbron is nog 60 dagen levering vanuit de duinen mogelijk via een aangepast leveringsregime. Eventueel kan ook aanspraak gemaakt worden op het grondwater bij Nieuwegein. Met een zuinig regime is circa 2 maanden levering haalbaar. Dan ontstaat wel natuurschade aan de Amsterdamse Waterleidingduinen.
- Het drinkwaternetwerk zal kan ook fysieke schade ondervinden. Dit kan ontstaan op locaties waar bodemovergangen (zand/klei) zich bevinden of waar de inundatiediepte groter is dan 5 meter.
- Bij het eventueel drukloos worden van leidingen ontstaat inzijging. Dit moet voorkomen worden.

## c.5 Waterketen – RWZI

### Algemene beschrijving Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI)

Er staan drie RWZI's in het studiegebied: Uithoorn, Amstelveen en Weesp. In totaal heeft waternet 11 RWZI's, waaronder een grote in Amsterdam.

Voor dit project is een bezoek gebracht aan de RWZI in Amstelveen. Deze RWZI verwerkt het afvalwater van heel Amstelveen.

### Kritieke uitvalwaarden

De besturingskasten en elektriciteitskasten zijn de meest kwetsbare onderdelen van de RWZI.

- Het meest kwetsbare deel in het kader van wateroverlast zijn de besturingskasten van de RWZI. Dit komt doordat deze doorgaans laag boven maaiveld zijn geplaatst en de RWZI kan niet functioneren zodra deze uitvallen. Deze staan op ongeveer 20 cm boven maaiveld.
- Daarnaast staat er op het terrein van de RWZI een inkoopstation, een midden-spanningstation van Liander waar stroom het terrein binnenkomt. Dit spanningstation is onderdeel van een ring van stations van Liander. De kritische uitvalhoogte van dit station is 85 cm. Er zijn geen richtlijnen voor de aanleg van een dergelijke spanningskast. In de toekomst zouden inundatiekaarten wel als eis meegenomen kunnen worden bij het ontwerp en de locatie van het station.
- Verder staan er op het terrein meerdere trafo's die de stroom reguleren. Deze stations hebben een kritische uitvalhoogte van 57 cm boven maaiveld. Bij de aanleg van nieuwe RWZI's is het een eis dat deze stations op een terp worden geplaatst, waardoor er een hogere kritische uitvalhoogte is. Op de RWZI van Amstelveen is een backup aanwezig voor als de primaire trafo uitvalt. Daarnaast kan de trafo op afstand worden uitgeschakeld, waardoor schade door kortsluiting kan worden voorkomen.
- De aeratie-tanken hebben elektromotoren om water op te pompen. Deze zouden kunnen uitvallen bij wateroverlast. Maar de motoren zijn enkele meters boven maaiveld geplaatst waarvoor uitval onwaarschijnlijk is.
- De slippompen van de RWZI staan in kelders onder maaiveld. Er zit geen drempel op de ingang maar het maaiveld loopt wel iets op richting de toegang tot de kelder. Verder is er een flenspomp (met beperkte capaciteit) om mogelijke lekwater weg te pompen.

### Gevolgen uitval

Mochten de trafo's uitvallen dan stopt de RWZI met het verwerken van rioolwater. Daarbij worden de aanvoerpompen op het terrein stilgezet. Het water zal zich gaan ophopen in de aanvoerriolen naar de RWZI toe. Deze afvoer gebeurt onder vrij verval. Zodra het aanvoerriool vol zit gaat het systeem overstorten op het oppervlaktewater.

Mochten de slippompen uitvallen door wateroverlast dan stroomt het (al gezuiverde) water via een overstort naar een watergang die grenst aan het RWZI-terrein. Via deze watergang gaat het water naar Gemaal Middelpolder, waar het naar de Amstel wordt gemaal. Omdat het water al gezuiverd is zal dit geen (grote) ecologische impact hebben. Wel betekent dit extra belasting op de polder, wat tot extra wateroverlast buiten het terrein van de RWZI zou kunnen leiden. In de huidige situatie stort gemiddeld een uur per jaar gezuiverd water over op de watergang.

### Herstel

De trafo's hebben een levertijd van ongeveer zes maanden. Herstel zou dus lang duren. Aan de andere is er een reserve trafo die meteen ingezet kan worden (mits deze niet ook beschadigd is). Verder kan tijdelijk gebruikelijk worden gemaakt van een noodaggregaat. Voorwaarde is wel dat het terrein bereikbaar is



verkeer zodat brandstof aangevoerd kan worden. Met de noodaggregaat kan de RWZI functioneren tot de kapotte trafo vervangen is. Voor de elektromotoren varieert de levertijd van een nieuwe motor tussen de twee en vier maanden, afhankelijk van de grootte. De oude elektromotor zou nog wel kunnen functioneren als deze eenmaal gedroogd is maar moet dan wel vervangen worden.

### RWZI Weesp

Bovenstaande punten gelden voor het RWZI van Amstelveen. De nieuwe RWZI van Weesp is klimaatbestendiger ingericht. Deze RWZI is zo opgezet dat als deze onderwater komt te staan het door kan functioneren. Ook bij deze RWZI staan er twee trafo's op het terrein, deze zijn op een terp geplaatst, op basis van inundatiekaarten. Er is ook een noodaggregaat aanwezig. Deze kan door functioneren zolang er aanvoer van diesel mogelijk is. verder kan het influentgemaal hier worden ingezet als poldergemaal waardoor extra capaciteit beschikbaar is om wateroverlast te voorkomen bij extreme neerslag.

## c.6 Waterketen – Rioolgemalen

### Algemene beschrijving rioolstelsel

Het rioolstelsel bestaat uit rioleringsbuizen en rioolgemalen.

- Rioolgemalen krijgen issues als het water vanaf straat naar binnen loopt. De pompen staan bijna altijd onder maaiveld;
  - o Ook de elektronische elementen (frequentie omvormers) staan vaak onder maaiveld;



*Figuur 27: FrequentieOmvormers (FO's rechts) in de droge kelder van een clustergemaal of Twee-pomps-droog gemaal. Kast staat op een sokkel van minimaal 20cm de FO's nog hoger. De FO's zijn spatwaterdicht.*

- Er zijn geen expliciete richtlijnen voor een klimaat-adaptieve inrichting van rioolgemaal. Er wordt altijd gekeken dat het gemaal hoger wordt aangelegd dan het omliggende maaiveld, maar hier zijn geen strikte regels voor;
- Op alle gemalen zit telemetrie. Met uitzondering van drukpompgemalen: Hierbij moeten bewoners of omstanders een eventuele melding doorgeven aan de centrale bij Waternet;
- Amsterdam heeft eerder een riool gekregen dan omliggende woonkernen. Er is een gemengd riool aangelegd. Dit gebied ervaart dezelfde problemen als andere wijken, maar er is een andere verhouding tussen cluster en twee-pomps-droog en twee-pomps-nat gemalen.

Waternet heeft in beheer (gemeente Amsterdam + clustergemalen AGV):

- 4 Boostergemalen
  - o Dit zijn de grootste gemalen
  - o Alle pompen en apparatuur staan op de begane grond (dus niet ondergronds in een kelder)



*Figuur 28: Voorbeeld van een boostergemaal (West-Postjesweg). De schakelkasten en Frequentie-Omvormers staan zelfs op de 1e verdieping.*

- 75 Grotere cluster (eind)-gemalen
  - o In deze gemalen komt afvoer uit verschillende gebieden samen en wordt zo het richting een RWZI gepompt.
    - Achter een cluster-gemaal zitten duizenden huishoudens;
  - o De gemalen hebben een bovengronds gebouw
  - o Bij de meesten zitten de elektronische elementen ook onder maaiveld, bij enkele zitten de schakelkasten bovengronds;
  - o De gemalen worden om de 15 jaar gerenoveerd. In het kader van waterveiligheid wordt de elektronica zo veel mogelijk boven maaiveld geplaatst. Dan wordt de ingang van de kasten op 10 á 20 cm boven maaiveld gelegd. Bij vijf gemalen is dit al gebeurd. Bij sommige plekken is er geen ruimte voor herinrichting, dan wordt naar alternatieve maatregelen gekeken, bijvoorbeeld de deur/drempel hoger aanleggen;



*Figuur 29: Nieuw beleid (voorkeurs optie): schakelkasten en FO's staan niet meer in ondergrondse droge kelder maar in de ruimte boven het maaiveld, de kasten minimaal 10 cm boven de grond*



*Figuur 30: Drempel en deuren van bovengrondse ruimtes sowieso (al jaren) 5 a 10 cm boven maaiveldniveau*



*Figuur 31: Nieuw beleid 2: evengoed in ondergrondse ruimte (kelder) diverse kwetsbare objecten: elektromotoren, Auma's (elektrische afsluiters) diverse sensoren etc*

- Er zit een kleine lenspomp om lekwater weg te pompen. Deze heeft een redelijke capaciteit maar is echt aangelegd voor lekken, niet voor overlast;



*Figuur 32: Voorbeeld van een lenspomp (hier in droge ruimte twee-pomps-droog gemaakt, zilver object een normale rioolpomp)*

- Ongeveer 100 twee-pomps-nat gemalen met losse schakelkasten
  - Vanaf deze gemalen wordt water naar de cluster-gemalen gestuurd. Twee-pomps-nat gemalen bedienen gebieden met honderden huishoudens;



- De gemalen bestaan uit kleinere huisjes, groot genoeg om met maximaal drie mensen in te staan. Ook deze huisjes bevatten elektrakasten die vaak onderin staan;
- De elektra zit in een kleine bedienkast naast het huisje, een stukje boven maaiveld (boven straat en op een voetje). De elektra kan 10 á 15 cm water aan voor kortsluiting ontstaat;
- Ook hierin zit een lenspomp tegen lekwater.

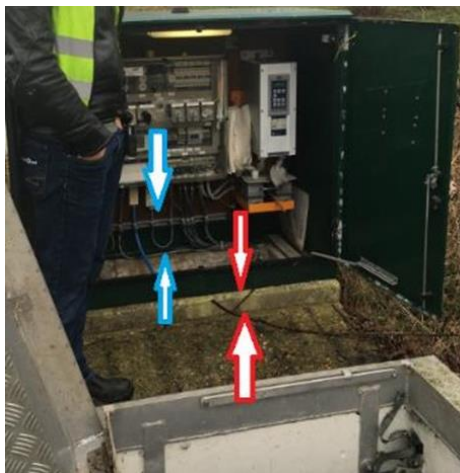


*Figuur 33: Voorbeeld twee-pomps-nat gemaal (groene kast is bedienkast, tranenplaten zijn de luiken naar de 2 pompompen)*



*Figuur 34: Voorbeeld twee-pomps-droog gemaal met een entree-luik naar droge ruimte met motoren, schakelkast etc. Het luik sluit met rubber profiel (kan lekken bij veel waterhoogte/druk boven dat profiel)*

- Ook 250 twee-pomp-droog
  - Deze hebben dezelfde functie als de twee-pomps-nat gemalen, maar een andere inrichting;
  - Een aantal heeft een bovengronds gebouwtje, de zitten schakelkasten vrijwel allemaal ondergronds;
  - De elektra in de kasten hangt op 20 tot 30 cm hoogte.



*Figuur 35: Ligging schakelkast op 10 cm hoge betonnen sokkel, de kwetsbare Electro-onderdelen beginnen nog 10 a 20 cm hoger in de kast (hier een klein droog gemaal)*

- 24 Tunnelgemalen
  - o Tunnelgemalen zitten op alle grote onderdoorgangen (denk aan de tunnel onder Weesperstraat door);
  - o De pomp zit vaak onder in de tunnel in een kast in de muur;
  - o Zijn pompen zijn fors gedimensioneerd en redundant;
  - o De inschatting is dat er één of twee zullen uitvallen bij Limburg-gebeurtenis. Dan moet de veiligheidsregio een inschatting maken van het belang van onderdoorgang en of er alternatieve routes beschikbaar zijn.
- 42 Bergbezinkbassins of bergbezinkleidingen
  - o De besturing gebeurt met bovengrondse schakelkasten zoals bij twee-pomps-nat gemalen.
- 725 Drukrioolgemalen
  - o Drukrioolgemaaltjes zijn gebouwd om lintbebouwing te bedienen. Er zitten één tot acht huishoudens op;
  - o De gemalen hebben klein schakelkastjes, net als twee-pomps-nat gemalen (maar dan met één pomp);
  - o Er zit een kleine overstort op, vaak op een kleine sloot;
  - o De gemalen zitten aangesloten op drukriolerings, want er zit weinig verval op het systeem.
- Een zeer beperkt aantal exoten:
  - o Overstortmetingen, vacuümriolerings, persluchtriolerings
  - o Deze worden buiten beschouwing gelaten



*Figuur 36: Voorbeeld drukrioolgemaal (ook weer 10cm hoge sokkel), kwetsbare elektra in kast begint ook weer 10 a 20 cm hoger dan onderkant kast*

### Kritische uitvalhoogte

Gemalen kunnen uitvallen als de elektrische onderdelen uitvallen. Die hoogte is afhankelijk van het type gemaal:

- Boostergemalen: hoogte van de drempel van het rioolgebouw: 20 tot 40 cm
- Grotere cluster gemalen: 10 tot 15 cm
- Twee-pomps-nat gemalen: 10 tot 15 cm
- Twee-pomp-droog gemalen: 20 tot 30 cm
- Bergbezinkbassins: 10 tot 15 cm

De uitvalhoogte hangt in veel gevallen af van hoe hoog de elektronische (besturing)onderdelen hangen. In het geval van wateroverlast kunnen er ook issues ontstaan met bereikbaarheid van de gemalen. Als het water te hoog komt zou de deur lastig te bereiken kunnen zijn.

### Gevolgen uitval

Het riolsysteem in Amsterdam is gedimensioneerd op een bui van 10 tot 12 mm. Daarboven gaat het systeem overstorten. Daarbij stort onverwerkt rioolwater over op het oppervlaktewater. Bij hoog water (volle boezem) krijgen vooral gebieden met een kleine drooglegging issues om hun hemelwater te lozen, dan kan het water op straat komen te staan. Dit is bijvoorbeeld het geval in Amsterdam Noord, waar de drooglegging op sommige plekken maar 20 cm is. Oudere woonkernen (zoals Uithoorn en Amsterdam Centrum) zijn vaak gebouwd op hoge plekken in het landschap. Hierdoor is de drooglegging rond de 60 tot 100 cm en de kans op wateroverlast kleiner.

Redundantie in het systeem is beperkt. Soms kan het ene gebied het andere wel overnemen maar vaak niet. De inschatting is echter wel dat 90% van de gemalen blijft werken bij een Limburg-gebeurtenis.

### Herstel

In het geval van uitval door wateroverlast zal herstel weken duren, zeker bij de grotere gemalen. Bij de grote gemalen en grote gebeurtenissen kan het zelfs uitlopen op maanden. Zowel mankracht en materiaal zijn beperkende factoren: er zijn geen grote voorraden van elektra en er is in de huidige situatie al een tekort aan mankracht. Tot het gemaal is hersteld is blijft het riool overstorten.

## c.7 Keren en beheren – poldergemalen

Hieronder volgt een lijst van poldergemalen binnen de Amstellandboezem die zijn bezocht en waar de kritieke uitvalhoogte voor is afgeleid op basis van metingen. Per poldergemaal is in kaart gebracht wat het



streefpeil is (het peil onder normale omstandigheden), de hoogte van het maaiveld, de hoogte van een mogelijke drempel en uiteindelijk de hieruit volgende kritieke uitvalhoogte.

De kritieke uitvalhoogte verschilt per gemaal en is dus de maximaal toelaatbare stijging van het waterpeil. De stijging van het waterpeil is niet alleen afhankelijk van de gebeurtenis (neerslagvolume, neerslagduur), maar ook van gemaalcapaciteit in combinatie met een eventuele maalstop en is daarnaast sterk afhankelijk van de bergingscapaciteit en andere karakteristieken van de desbetreffende polder.

#### Von Liebigweg

- Toegang tot het gemaal ligt ~1 meter boven streefpeil
- De drempel is 20 cm hoger dan maaiveld
- De pompen en schakelkasten liggen lager dan de drempel

Kritieke uitvalhoogte: 1,20m boven streefpeil

#### Kruislaan (tussengemaal)

- Het streefpeil ligt op -6,0 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -5,25 m+NAP
- De drempel is 3 cm hoger dan maaiveld
- De schakelkasten staan op sokkels van 22 cm
- De werkschakelaar van de pomp zit 37 boven de vloer (die gelijk is aan maaiveld)
- De elektrische besturingskast ernaast staat op -4,07m+NAP

Kritieke uitvalwaarde: 0,97m boven streefpeil

#### Gemaal Ringdijk

- Het streefpeil ligt op -5,5 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -4,34 m+NAP
- De drempel is 20 cm hoger dan maaiveld
- De schakelkasten staan lager dan de toegangsdeur

Kritieke uitvalwaarde: 1,36m boven streefpeil

#### Bijlmer gemaal

- Het streefpeil ligt op -4,2 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -3,33 m+NAP
- De drempel is 6 cm hoger dan maaiveld
- De schakelkasten staan lager dan de toegangsdeur
- De werkschakelaar van de pompen zit hoger, waardoor deze niet het zwakke punt vormen

Kritieke uitvalwaarde: 0,93m boven streefpeil

#### Gemaal Zuid Bijlmer

- Het streefpeil ligt op -2,7 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -1,5 m+NAP
- De drempel is 25 cm hoger dan maaiveld
- De schakelkasten staan lager dan de toegangsdeur

Kritieke uitvalwaarde: 1,45m boven streefpeil

#### Gemaal Plasmanlaan

- Het streefpeil ligt op -2,16 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -1,64 m+NAP
- De drempel is gelijk aan maaiveld

- De schakelkasten zitten 22 cm boven maaiveld

Kritieke uitvalwaarde: 0,74m boven streefpeil

#### Gemaal Ringvaartdijk

- Het streefpeil ligt op -2,0 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -1,22 m+NAP
- De drempel is 5 cm hoger dan maaiveld
- De schakelkasten zitten 21 cm boven maaiveld

Kritieke uitvalwaarde: 0,99m boven streefpeil

#### Gemaal MAP

- Het streefpeil ligt op -4,45 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -3,7 m+NAP
- De drempel is 7 cm hoger dan maaiveld
- De schakelkasten staan lager dan de toegangsdeur

Kritieke uitvalwaarde: 0,82m boven streefpeil

#### Gemaal Lutkemeer

- Het streefpeil ligt op -5,74 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -4,4 m+NAP
- De drempel is 12 cm hoger dan maaiveld
- De schakelkasten staan lager dan de toegangsdeur

Kritieke uitvalwaarde: 1,46m boven streefpeil

#### Gemaal Uithoornse Polder

- Het streefpeil ligt op -5,74 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -4,4 m+NAP
- De drempel is 12 cm hoger dan maaiveld
- De schakelkasten staan lager dan de toegangsdeur

Kritieke uitvalwaarde: 1,46m boven streefpeil

#### Gemaal KGM00409

- Het streefpeil ligt op -4,05 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -2,83 tot -2,88 m+NAP

Kritieke uitvalwaarde: 1,17m tot 1,22m boven streefpeil

#### Gemaal Kromme Mijdrecht

- Het streefpeil ligt op -6,0 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -3,76 tot -3,57 m+NAP

Kritieke uitvalwaarde: 2,24m boven streefpeil

#### Gemaal Jonker

- Het streefpeil ligt op -2,0 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -0,6 tot -1,44 m+NAP

Kritieke uitvalwaarde: 0,64m boven streefpeil

#### Gemaal Noorderlegmeer

- Het streefpeil ligt op -5,8 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -5,12 m+NAP

Kritieke uitvalwaarde: 0,68 boven streefpeil

#### Gemaal Bovenkerkerpolder

- Het streefpeil ligt op -5,9 m+NAP (winterpeil).
- Het maaiveld rond het gemaal ligt op -4,89 tot -4,24 m+NAP

Kritieke uitvalwaarde: 1,01 boven streefpeil

## c.8 Gezondheid – Verpleeg- en verzorgingslocaties en thuiszorg

Voor dit onderdeel is een beleidsadviseur van de zorgorganisatie Cordaan bevraged naar de omgang met wateroverlast binnen de organisatie.

#### Algemeen

Zorgorganisatie Cordaan is actief in Amsterdam en omgeving. Er vallen circa 140 gebouwen onder de organisatie. Dit betreft voornamelijk verpleeg en verzorghuizen. Daarnaast zijn medewerkers van Cordaan ook actief in de thuiszorg.

#### Kritische uitvalhoogtes

De gebouwen zijn onderling erg verschillend, maar moeten allen voldoen aan het bouwbesluit van april 2012. De helft van de gebouwen wordt verhuurd, en daar is de verhuurder verantwoordelijk voor het naleven van de wet- en regelgeving. Er wordt hierbij veel aandacht besteed aan de brandveiligheid. Voor elektra is onder andere de NEN-3140 norm van kracht. Er is doorgaans weinig focus op invloeden van buitenaf. Er kan dus ook geen uniforme uitvalhoogte van objecten en functies binnen de gebouwen gegeven worden. Wel is er sprake van een bedrijfsnoodorganisatie en moet Cordaan voldoen aan de wettelijke verplichtingen rondom zorgcontinuïteit. Hiervoor worden zorgcontinuïteitsplannen ontwikkeld waarin maatregelen staan beschreven om ook ten tijde van calamiteiten zorg te waarborgen. De GHOR Amsterdam Amstelland is hierin een belangrijke samenwerkingspartner. De GHOR staat voor Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio. Voor veel externe calamiteiten ligt de verantwoordelijkheid bij de GHOR.

#### Gevolgen uitval voor de locaties van Cordaan

- In het geval van een ontruiming kan onderscheid gemaakt worden tussen verschillende schaalniveaus. Indien gedeelten van een gebouw ontruimd worden, kan dit vaak opgevangen worden binnen de locatie zelf. In het geval van de ontruiming van een volledige locatie, wordt dit zoveel mogelijk opgevangen binnen het netwerk van Cordaan zelf. Vanwege de omvang van de organisatie is dit goed mogelijk. Ook kan vanaf andere locaties aansturing plaatsvinden. De organisatie beschikt over enkele mogelijkheden tot noodvervoer. Vanaf circa 30 cliënten die ontruimd moeten worden, zal Cordaan de GHOR inschakelen.
- Enkele locaties maken gebruik van beademingsapparatuur. Op deze locatie is een noodstroomvoorziening aanwezig, aangelegd volgens de NEN-normen. Mocht er iets met de noodstroomvoorziening gebeuren, is het alternatief om cliënten naar het ziekenhuis te verplaatsen.
- Op de meeste locaties is geen noodstroom aanwezig. Dit is wel aan te vragen, met de kanttekening dat ziekenhuizen doorgaans voorrang krijgen bij het ontvangen van noodaggregaten.
- De meeste noodplannen berusten op het bereikbaar zijn van de locatie. In het geval van absolute onbereikbaarheid is er weinig zelfvoorzienend vermogen.
- De organisatie heeft reeds ervaren dat weersinvloeden (zoals storm) ook grote invloed hebben op de beschikbaarheid van personeel, door o.a. bereikbaarheidsproblemen. In het verlengde hiervan wordt dit bij een grootschalige wateroverlast ook als een belangrijk knelpunt gezien.

#### Gevolgen uitval voor de thuiszorg

In lijn met bovenstaande, zal ook de thuiszorg deels stil komen te vallen door bereikbaarheidsproblemen. Veel verpleegkundige handelingen zijn vanuit de instellingen naar de thuiszorg verplaatst. In de gemeente Amsterdam zijn circa 18.000 inwoners afhankelijk van thuiszorg. Een groot deel van deze inwoners kan slecht bereikbaar zijn bij grootschalige wateroverlast. De omvang van uitval verschilt per client, maar kan afhankelijk van de zorgvraag ernstig zijn. Er zijn weinig maatregelen ter beschikking om ten tijde van grootschalige wateroverlast uitval te voorkomen of beperken. De organisatie heeft wel snel inzichtelijk waar cliënten wonen en welke hulp zij nodig hebben. Dit kan met de verantwoordelijke instanties gedeeld worden.

## D Handelingsperspectieven

### D.1 Classificatie schade

Tijdens een overstroming kunnen diverse type schade ontstaan. Deze kunnen worden ingedeeld in vier categorieën:

- Directe, tastbare schade: als gevolg van direct contact met water, vaak uit te drukken in een monetair schadebedrag. Hieronder valt bijvoorbeeld structurele schade aan gebouwen, materiaal en infrastructuur.
- Indirecte, tastbare schade: schade gebeurtenissen het overstroomde gebied en/of bedrijfs- en productieverliezen.
- Directe, ontastbare schade: bijvoorbeeld slachtoffers of schade aan ecosystemen als gevolg van direct contact met water. Niet makkelijk uit te drukken in een monetair schadebedrag.
- Indirecte, ontastbare schade: schade die gebeurtenissen het gebied of na de overstroming optreedt, zoals bijvoorbeeld psychologisch trauma of mentale klachten onder de betrokkenen.

Maatregelen tegen overstroming kunnen effectief zijn tegen één of meerdere type schade. Daarnaast kan het type schade dat kan optreden ook de afweging beïnvloeden m.b.t. de implementatie van maatregelen.

### D.2 Mogelijke handelingsperspectieven

Om de gevolgen van overstroming te beperken zijn meerdere strategieën of handelingsperspectieven mogelijk. Op hoofdlijnen kunnen deze gecategoriseerd worden volgens:

- Acceptatie
- Ruimtelijke adaptatie
- Crisisbeheersing
- Watersysteemmaatregelen

Het accepteren van overstroming kan een bewuste keuze zijn, maar ook ontstaan door lage mate van risicoperceptie of inzicht in mogelijke maatregelen. Bij een bewuste keuze tot acceptatie is veelal ingeschat dat de kans op event met bijbehorende gevolgen zodanig uitvalt dat doeltreffende maatregelen niet mogelijk zijn. Of een individu (of organisatie) actie onderneemt kan worden geïllustreerd door de 'Protection Motivation Theory'. Hierin worden verschillende factoren beschreven als voorwaarde voor het nemen van beschermingsmaatregelen. In eerste instantie moet er sprake zijn van een voldoende hoge dreigingsbeoordeling. Dit bestaat uit de waargenomen kwetsbaarheid en inschatting van de ernst van de gevolgen. Op zichzelf leidt dit niet direct tot het nemen van actie, maar kan ook zorgen voor ontkenning. Wanneer een hoge dreigingsbeoordeling wordt opgevolgd door een hoge waardering m.b.t. het kunnen omgaan met de dreiging, kunnen beschermingsmaatregelen worden geïnitieerd. Hiervoor zijn drie factoren van belang:

- Inschatting van de doeltreffendheid van de maatregel (response effectiviteit).
- Inschatting van het eigen vermogen om de maatregel toe te passen (zelf effectiviteit).
- Kosten en tijdbesteding van de maatregel.

Indien deze drie factoren voldoende haalbaar worden ingeschat kan dit leiden tot de succesvolle implementatie van beschermingsmaatregelen. Indien hier niet aan wordt voldaan kan dit ertoe leiden dat

men overgaat tot acceptatie van het risico en de eventuele overstroming. Tot slot is eerdere ervaring met een overstromingsgebeurtenis een factor of dit in de toekomst nogmaals geaccepteerd wordt.

Handelingsperspectieven met betrekking tot ruimtelijke adaptatie zijn onder andere ondervangen in de tweede laag van de Meerlaagsveiligheid. In deze laag wordt ingezet op gevolgbeperkende maatregelen, door o.a. slimme keuze in de ruimtelijke ordening. Hieronder valt bijvoorbeeld het beïnvloeden van het overstromingsverloop door compartimentering en risicozonering waarmee kwetsbare gebieden vermeden kunnen worden. Ook kan het inrichten van evacuatie routes of juist aangewezen bereikbaarheidsroutes ervoor zorgen dat de functie van vitale voorzieningen behouden blijft tijdens een overstroming. Het (permanent) verhogen van objecten of onderdelen daarvan wordt onder de ruimtelijke adaptatie beschouwd.

Crisisbeheersing valt onder de derde laag van de Meerlaagsveiligheid. Hierbij wordt vooral gefocust op 'zachte' maatregelen zoals planvorming, verbeteren risicobewustzijn, grootschalige rampenbestrijdings-oefeningen en het ontwikkelen van evacuatieplannen en strategieën. Het betreft dus organisatorische maatregelen. Deze maatregelen kunnen ook het succesvol toepassen van fysieke (nood)maatregelen op objectniveau bevorderen. Deze maatregelen, veelal toegepast door eigenaren of beheerders van objecten, vallen binnen dit onderzoek ook onder de crisisbeheersing.

Watersysteemmaatregelen zijn gericht op het voorkomen van overstroming en/of wateroverlast. Deze systeemmaatregelen worden binnen dit onderzoek niet verder uitgewerkt.

## D.3 Voorbeelden maatregelen

### D.3.1 Ruimtelijke adaptatie:

De volgende maatregelen betreffen permanente maatregelen, die vóór de gebeurtenis worden genomen, zonder dat er sprake is van een acute dreiging. De maatregelen worden dus veelal permanent verwerkt in constructies.

#### Verhoogd aanleggen

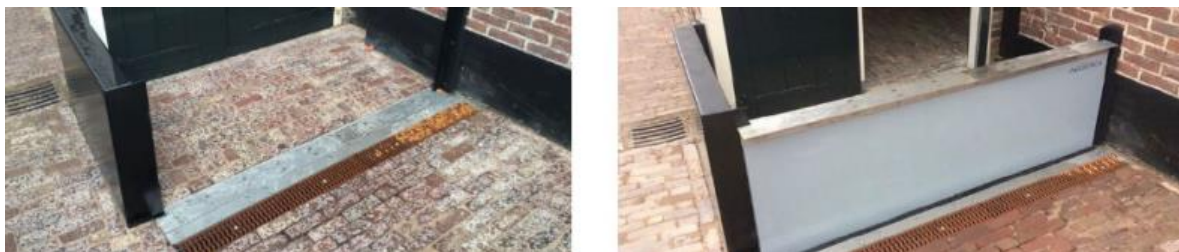
Het verhogen van objecten zorgt voor een permanente bescherming tegen hogere waterstanden. De maatregel is vaak alleen kostenefficiënt toepasbaar bij nieuw aan te leggen objecten en dient dus in de ontwerpfase te worden beschouwd. Op basis van stresstesten of hydraulische inundatiesimulaties kan de verwachte inundatiediepte op de locatie van het object worden ingeschat. De maatregel is veelal niet adaptief in te richten en kan dus minder goed inspelen op hoger dan voorspelde inundatiedieptes. Het belangrijkste voordeel is dat ten tijde van een crisissituatie geen tijd of mankracht nodig is om het object te beschermen. Daar tegenover staat dat de mogelijk hoge aanlegkosten moeten opwegen tegen het daadwerkelijke risico.

#### Waterdicht maken

Het permanent waterdicht maken van objecten (ook wel dry-proofing) zorgt voor volledige bescherming van het object. Ook deze maatregel is vaak alleen kostenefficiënt toepasbaar bij nieuw aan te leggen objecten. Belangrijke overwegingen bij waterdicht maken is de te verwachte waterstand en stroomsnelheid. De constructie moet bestand zijn tegen de optredende waterdruk en eventuele belasting door drijvende objecten. Het waterdicht maken van bestaande objecten kan daarom technisch gezien een uitdaging zijn, vooral bij hogere inundatiedieptes.

### Schotten

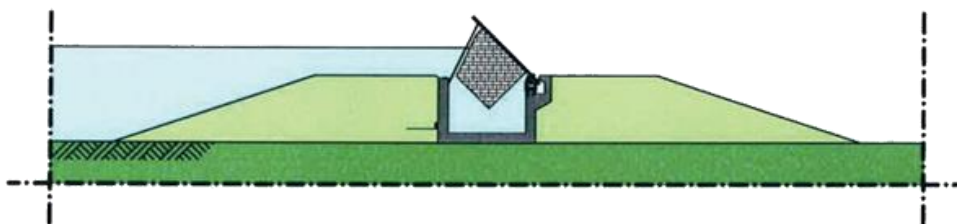
Opdrijvende schotten kunnen worden toegepast voor (kleinere) openingen of toegang tot objecten, maar ook op grotere schaal om kademuren tijdelijk te verhogen. Het is een permanente constructie die zelf activerend is bij opkomend water. Ten tijde van een crisissituatie is er dus geen tijd of mankracht nodig. Aandachtspunten hebben betrekking tot het onderhoud om de juiste werking te blijven garanderen.



Figuur 37: Zelfopdrijvend schot (SCFD - Self Closing Flood Barrier)

### Vlotterkering

Een vlotterkering is tijdelijke zelfsluitende waterkering die permanent aanwezig is in het ontwerp. Het werkt volgens hetzelfde principes al opdrijvende schotten en opent op basis van de waterdruk, maar wordt op grotere schaal toegepast in bestaande keringen. Het biedt daardoor een oplossing in complexe gebieden waar verhoging of verbreding van de keringen niet mogelijk is. Er is geen inspanning nodig voor het openen en sluiten van de vlotterkering. Ook hier is correct onderhoud voor de juiste werking van belang.



Figuur 38: Vlotterkering (vlotterkering.com)

### Panelen

Panelen worden meestal beschouwd als tijdelijke waterkering. Een belangrijke aanvulling bij de panelen in Figuur 39 is dat er een permanent aanwezige montageconstructie is. De plaatsing van de panelen zelf wordt tijdens de dreiging van overstroming gedaan. Door de aanwezigheid van de vaste montagepunten wordt de betrouwbaarheid vergroot en is de constructie sterker in te richten, wat de waterkerende hoogte vergroot.



Figuur 39: Opbouwbare schotten (Dutch Water Prevention)

### Waterbestendig maken

Bij het waterbestendig maken van objecten wordt het binnenlaten van water geaccepteerd en wordt ingezet op het beperken van de schade die dit oplevert. Het is dus een mitigerende maatregel en wordt ook 'wet-proofing' genoemd. Het kan worden toegepast door het gebruik van waterbestendige materialen



en het aangepast inrichten van het object. Hierbij valt te denken aan het verhogen van kritieke functies binnen het object zelf (zoals elektravoorzieningen). Bij correcte uitvoering zal de hersteltijd significant afnemen. Voor woningen is vanuit enquêtes gebleken dat voor diverse overstromingssituaties de totale gerapporteerde schade bij waterbestendig maken lager is, vergeleken met tijdelijke keringen. Dit komt door een relatief hoge betrouwbaarheid van de maatregel, in tegenstelling tot tijdelijke keringen waarbij in het geval van falen onverwachts hoge schade kan optreden.

### D.3.2 Crisisbeheersing:

De volgende maatregelen worden vlak vóór de gebeurtenis genomen, alleen wanneer sprake is van acute dreiging. De maatregelen vereisen dus vaak inzet van mankracht en materieel. Ook is voorbereiding in vorm van training en oefeningen noodzakelijk voor het goed kunnen toepassen van de maatregel. Daarnaast is goede aansturing en informatievoorziening voor het initiëren van de maatregelen belangrijk. Er zijn verschillende producten op de markt die kunnen berusten op dezelfde principes. De diverse onderliggende producten hebben wel verschillende faalmechanismen, voordelen en beperkingen die de juiste toepassing kan beïnvloeden. In deze paragraaf wordt er zoveel mogelijk gecategoriseerd.

#### Grootschalig flexibele waterkeringen

Grootschalig flexibele waterkeringen kunnen worden gebruikt om gebouwen in het geheel te beschermen of water tijdelijk om te leiden. De meeste flexibele keringen vullen zich met water, wat in de kering gepompt moet worden of deze kunnen zelf vullend zijn. In ongebruikte toestand is er opslagruimte nodig die zich dicht bij de locatie van installatie bevindt. De keringen kunnen relatief zwaar zijn, waardoor er voldoende mankracht nodig is voor het plaatsen. Voorbeelden zijn rubberen gebeurtenissen of plastic schotten. De rubberen gebeurtenissen hebben als voordeel dat deze beter toepasbaar zijn op verschillende ondergronden. De plastic schotten zijn alleen geschikt voor een vlakke ondergrond.



Figuur 40: Grootschalig flexibele waterkering. Links: Tubebarrier. Rechts: Waterschot mobiele waterkeringen

#### Kleinschalig flexibele waterkeringen

Kleinschalig flexibele waterkeringen richten zich op het afsluiten van beperkte openingen van objecten.

*Zandzakken* worden op grote schaal gebruikt en zijn relatief goedkoop. Het gewicht van een zandzak is circa 20kg en het is dus arbeidsintensief om deze te plaatsen. Daarnaast moeten de zakken met de juiste techniek geplaatst worden om het water goed te kunnen keren. In crisissituaties worden zandzakken verspreid door een uitgiftepunt, wat niet voor iedereen toegankelijk is. Organisaties kunnen ook zelf zandzakken op voorraad houden. De waterkerende hoogte is beperkt en wordt daarnaast beïnvloedt door de kwaliteit van plaatsing.

*Schotten* in deuropeningen of kozijnen worden veel toegepast op locaties die blootgesteld zijn aan frequente wateroverlast of overstroming. De werking berust dus vooral op tijdige plaatsing en aanwezig zijn van bewoners of beheerders van het object. Tijdelijke schotten zijn minder geschikt voor hogere inundatiedieptes (i.v.m. constructieve eigenschappen) en kunnen in beperkte mate water doorlaten. Bij onverwachts hogere waterstanden is doorgaans weinig veerkracht in het te beschermen object aanwezig, waardoor onverwachts hoge schade kan optreden bij een te optimistisch uitgangspunt van de werking van schotten.

*Zakken gevuld met water* kunnen worden gebruikt als alternatief op zandzakken. Het belangrijkste voordeel is dat de zakken dus makkelijk opgeslagen kunnen worden en licht zijn te vervoeren. *Waterpompen* zijn er op gericht waterstanden te beïnvloeden en daarmee schade te voorkomen of mitigeren. Het schaalniveau van toepassing kan variëren van objectniveau (kelder) tot volledige peilgebieden.

#### Mitigerende maatregelen in de crisisbeheersing

Het *uitschakelen van functies* is een mitigerende maatregel en voorkomt ernstige gevolgschade. Dit kan bijvoorbeeld worden toegepast in elektriciteitskasten die zichzelf kunnen uitschakelen bij opkomend water. Het beperkt daardoor de directe schade, maar zorgt ook voor een sneller herstel en daardoor beperking van indirecte schade.

Door *voorraadbeheer* afgestemd op de verwachte uitval en benodigde herstelcapaciteit, kan met name indirecte schade worden beperkt. Hierbij wordt de directe tastbare schade geaccepteerd.

## D.4 Overzicht karakteristieke maatregelen

Tabel 14 Maatregelspecificaties

| Preventieve maatregel                | Inundatiediepte | Schaalniveau          | Effect                        | Type vermeden schade |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|
| <b><u>Ruimtelijke adaptatie:</u></b> |                 |                       |                               |                      |
| Verhogen objecten                    | Onbeperkt       | Objectniveau          | Preventie schade              | Direct               |
| Waterdicht maken                     | Ca. 1 m         | Objectniveau          | Preventie schade              | Direct               |
| Waterbestendig maken                 | Ca. 2m          | Objectniveau          | Mitigatie schade              | Direct & indirect    |
| <b><u>Crisisbeheersing</u></b>       |                 |                       |                               |                      |
| Waterpompen                          | -               | Object tot peilgebied | Preventie en mitigatie schade | Direct & indirect    |
| Grootschalige tijdelijke kering      | 50 cm           | Objectniveau          | Preventie schade              | Direct               |
| <b><u>Kleinschalige keringen</u></b> |                 |                       |                               |                      |
| Schotten                             | Ca. 1 m         | Beperkte openingen    | Preventie schade              | Direct               |
| Zandzakken                           | Ca. 30 cm       | Beperkte openingen    | Preventie schade              | Direct               |
| Voorraadbeheer                       | -               | Meerdere objecten     | Vergroten herstelcapaciteit   | Indirect             |

| Preventieve maatregel | Inundatiediepte | Schaalniveau      | Effect           | Type vermeden schade |
|-----------------------|-----------------|-------------------|------------------|----------------------|
| Uitschakelen functies | -               | Meerdere objecten | Mitigatie schade | Direct & indirect    |

Tabel 15 Benodigde informatie voor maatregel

| Preventieve maatregel                | Benodigde informatie            | Benodigde capaciteit    | Overig  |
|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|
| <b><u>Ruimtelijke adaptatie:</u></b> |                                 |                         |   |
| Verhogen objecten                    | Mogelijke inundatiedieptes      | -                       | Potentieel duur   |
| Waterdicht maken                     | Mogelijke inundatiedieptes      | -                       | Constructieve veiligheid is aandachtspunt   |
| Waterbestendig maken                 | Mogelijke inundatiedieptes      | -                       | Acceptatie schade, mitigatie betrouwbaar.   |
| <b><u>Crisisbeheersing</u></b>       |                                 |                         |   |
| Waterpompen                          | Tijdige inundatie voorspelling. | Veel mankracht en tijd  | Specialistisch personeel.<br>Noodstroom.<br>Capaciteit en inundatieduur is aandachtspunt. |
| Grootschalige tijdelijke kering      | Tijdige inundatie voorspelling. | 4 man / 100 meter / uur | Vereist specialistische training.   |
| Kleinschalige keringen               |                                 |                         |   |
| Schotten                             | Tijdige inundatie voorspelling. | Ca. 1 persoon per schot | Betrouwbaarheid schotten gering   |
| Zandzakken                           | Tijdige inundatie voorspelling. | Veel mankracht en tijd  | Techniek van plaatsen is aandachtspunt.   |
| Voorraadbeheer                       | Inschatting kwetsbare assets    | Mankracht na event      |   |
| Uitschakelen functies                | Signalering opkomend water      | -                       |   |