

Impactanalyse Hoogwater Fryslân en Groningen

Veiligheidsregio Groningen

Opdrachtgever



Eindrapport



Impactanalyse Hoogwater Fryslân en Groningen

Veiligheidsregio Groningen

Eindrapport



Auteurs

Marit Zethof
Dorien Honingh
Bas Kolen

PR4392.10
november 2021

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Aanpak en proces	2
1.4	Afkortingenlijst	5
1.5	Leeswijzer	5
2	Basisinformatie	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Oorzaken van overstromingen en wateroverlast	7
2.3	Kwetsbare en vitale objecten	8
2.4	Data bestanden	10
3	Redeneerlijn voor opstellen kaartbeelden	13
3.1	Dreigingsbeelden en individuele scenario's	13
3.2	Blootstelling en uitval vitale infrastructuur en bedrijven met gevaarlijke stoffen	18
3.3	Blootstelling en uitval kwetsbare objecten	20
3.4	Leefbaarheid en herstel van het gebied	21
3.5	Hersteltijd van de vitale infrastructuur en kwetsbare objecten	22
3.6	Schuil- en vluchtplaatsen voor als preventieve evacuatie niet haalbaar is.	22
4	Kaartbeelden	25
4.1	Inleiding	25
4.2	Kaart 1: Overstromingsscenario's	25
4.3	Kaart 2: Vitale infrastructuur en bedrijven met gevaarlijke stoffen	32
4.4	Kaart 3: Kwetsbare objecten	34
4.5	Kaart 4: Duur watervrij maken als variabele parameter in herstelduur.	37
4.6	Kaart 5: Schuil en vluchtplaatsen	38
5	Vervolgstappen	39
	Bijlagen	41
A	Scenariolijst	43
B	Inschatting aantal getroffen veedieren	47

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het najaar van 2016 is door het Veiligheidsberaad per brief verzocht aan alle veiligheidsregio's om een Impactanalyse Ernstige Wateroverlast en Overstromingen op te stellen. Deze impactanalyse is ook genoemd in het Deltaprogramma. HKV is gevraagd om de Veiligheidsregio's Fryslân en Groningen te ondersteunen bij het uitwerken van de impactanalyse. Het eindresultaat van de impactanalyse zal een breed gedragen eindbeeld van de impact van mogelijke overstromingen op kwetsbare en vitale objecten opleveren.

De 'Handreiking Impactanalyse Ernstige Wateroverlast en Overstromingen voor Veiligheidsregio's' (Figuur 1) is door het Veiligheidsberaad vastgesteld en opgeleverd door het project 'Water en Evacuatie'. Deze handreiking is ontwikkeld als onderdeel van de Strategische Agenda van het Veiligheidsberaad en met ondersteuning vanuit het ministerie van Justitie en Veiligheid. Met deze handreiking kunnen veiligheidsregio's de impact van ernstige wateroverlast en overstromingen in beeld brengen.

*Figuur 1:
Handreiking
Impactanalyse.*



1.2 Doelstelling

Het doel van de werkzaamheden is tweeledig:

1. Het ondersteunen van de veiligheidsregio's Fryslân en Groningen bij de uitvoering van de impactanalyse voor de kwetsbare en vitale objecten volgens de Handreiking Impactanalyse, inclusief het uitwerken van impactkaarten voor verschillende herhalingstijden (T=100, 400, 4.000, 40.000 en 400.000 jaar);

2. Het inzichtelijk maken van de huidige impact op een overstroming op een gebied aan de hand van de volgende vragen:
 - Welke gebeurtenissen kunnen leiden tot overstromingen?
 - Welke partners zijn nodig voor de impactanalyse?
 - Wie of wat wordt getroffen bij welke waterdieptes?
 - Bij welke waterdieptes, stroomsnelheden en na welke tijdsduur ontstaat er een probleem?
 - Welke keteneffecten kunnen optreden bij welke waterdieptes, stroomsnelheden en tijdsduren?
 - Wat is de benodigde hersteltijd?
 - Hoe leefbaar is het gebied nog bij de betreffende waterdieptes en tijdsduren?
 - Welke mogelijkheden voor aanwezig zijn er om te vluchten/schuilen?
 - Wat zijn de pijnpunten in hoogwatergebied die nadere aandacht nodig hebben?

Het resultaat van de impactanalyse staat in deze rapportage beschreven.

1.3 Aanpak en proces

Voor het opstellen van de impactkaarten is de volgende aanpak gevolgd:

1. Startoverleg
2. Verzamelen basisinformatie bij stakeholders
3. Analyse verzamelde basisinformatie
4. Opstellen kaartlagen voor impact op een gebied
5. Workshop 1: impact en gevolgen voor vitale infrastructuur en kwetsbare objecten
6. Rapportage

1.3.1 Uitgangspunten

Het onderzoek is uitgevoerd op basis van de volgende uitgangspunten:

- De impactanalyse is uitgevoerd conform de handreiking 'Ernstige wateroverlast en Overstromingen voor Veiligheidsregio's' zoals deze is opgesteld op 22 juli 2016 door het project Water en Evacuatie (Oberije en Rosmuller, 2016).
- Voor de beschikbare informatie over overstromingsscenario's en faalkansen is uitgegaan van de informatie beschikbaar op het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (peildatum zomer 2021, <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/>). Voor doorbraken van regionale waterkeringen is in sommige gevallen gebruik gemaakt van meer actuele gegevens van de waterschappen.
- Deze scenario's en de kans-informatie zijn opgesteld met modellen, deze modellen zijn vereenvoudigingen van de werkelijkheid. Een fijner

detailniveau in de modellering wil niet zeggen dat de zekerheid over een uitkomst groter is, omdat er ook meer variabelen in het model zijn opgenomen waarin bij het betreffende scenario een keuze voor is gemaakt. Bij de interpretatie van de resultaten is het dus van belang rekening te houden met de achtergrond van de onderliggende gegevens en de gemaakte keuzes in het scenario. In dit onderzoek is hier al invulling aan gegeven met de uitwerking van dreigingsscenario's en de criteria voor uitval van vitale en kwetsbare objecten.

- De basisinformatie over de effecten van overstromingen op geïnventariseerde assets is gebaseerd op de beschikbare kerngegevens over de kwetsbare en vitale objecten die door de veiligheidsregio zijn verzameld en zoals die op de risicokaart staan. Deze beschikbare kerngegevens zijn ter verificatie aan de stakeholders (zie paragraaf 1.3.2) voorgelegd. Hiervoor is onder andere gebruik gemaakt van de resultaten van het afstudeeronderzoek 'Evacuatie bij overstromingsscenario Hoeksmeer' (Hiemstra 2020) uitgevoerd samen met Veiligheidsregio Groningen.
- Opgemerkt wordt dat er soms kanttekeningen worden gesteld bij de actualiteit van de lijst met vitale en kwetsbare objecten van de risicokaart. In dit onderzoek is er vanuit gegaan dat de onderliggende afspraken bij het onderhoud van deze data correct en eenduidig worden toegepast. Het verdient wel aanbeveling hier verder na te kijken en deze analyse af en toe te actualiseren omdat de lijst met vitale en kwetsbare objecten niet statisch is (evenals de lokale beschermingsmaatregelen als gevolg van de aandacht voor klimaatadaptatie).
- Voor de impactanalyse kwetsbare en vitale objecten is uitgegaan van vijf dreigingsbeelden (dit zijn samengestelde scenario's van mogelijke doorbraken). Met deze dreigingsbeelden wordt het gebied in kaart gebracht wat gegeven een bepaalde weersomstandigheid mogelijk kan overstromen.

Onderscheid is gemaakt in herhalingstijden van $T=100$, $T=400$, $T=4.000$, $T=40.000$ en $T=400.000$ jaar en een scenario waarin alleen naar buitendijks is gekeken bij een $T=10.000$ waterstand (hierbij is dus niet gekeken naar de situatie binnendijks). De terugkeertijd (T) die hier genoemd wordt gaat over de waterstand die kan optreden op de boezem, zee of meren. Simpel gezegd is een waterstand van $T400$ de waterstand die eens in de 400 jaar voorkomt (theoretisch is er ieder jaar een kans van $1/400$ dat deze waterstand wordt overschreden). Een waterstand die hoort bij $T10.000$ is dus veel extremer. Dat deze waterstand optreedt wil niet zeggen dat een dijk bezwijkt, hiervoor is ook de sterkte van de kering van belang.

Deze "dreigingsscenario's" zijn vooral relevant gedurende de warme fase tijdens een hoogwaterdreiging.

Het gebied wat bedreigd is, is afhankelijk van de combinatie van de verwachte (piek)waterstand op het buitenwater en de sterkte van de waterkering. Gebieden met een sterke waterkering zijn beter beschermd dan gebieden met minder sterke keringen.

De omvang van een mogelijke overstroming is over het algemeen kleiner,

omdat de waterkeringen niet breken op alle plekken waar dat mogelijk is. Echter de locaties waar de keringen zijn gebroken zijn pas bekend na een doorbraak zelf, en de daadwerkelijke omstandigheden nog veel later vanwege de slechte toegankelijkheid (bv door de storm) van deze locaties en onzekerheden als bresgroei en de lokale waterstand. Daarom is ook gekeken naar enkele individuele scenario's om een beeld te vormen van de mogelijke impact. De locatie waar de keringen bezwijken, en de wijze waarop, (beide de belangrijkste parameters die de omvang van de overstroming bepalen, naast de waterstandsverwachting) is echter pas achteraf met zekerheid vast te stellen.

1.3.2

Betrokken stakeholders

Bij de uitwerking van de impactanalyse zijn de volgende stakeholders betrokken (voor de overige relaties is gebruik gemaakt van algemene principes over de kans op uitval die zijn opgesteld in het project):

Tabel 1
Betrokken
stakeholders.

Stakeholder	Fryslân	Groningen
Projectuitvoering	Veiligheidsregio Fryslân	Veiligheidsregio Groningen
Overstromings-scenario's	Wetterskip Fryslân	Waterschap Noorderzijlvest en Waterschap Hunze en Aa's
Extreme neerslagsscenario's	Wetterskip Fryslân	Waterschap Noorderzijlvest en voor het beheergebied van Hunze en Aa's zijn de scenario's van LIWO gebruikt
Impactanalyse vitale en kwetsbare infrastructuur		
Elektriciteit	TenneT, Rendo, Alliander	
Drinkwater en waterwingebieden	Waterbedrijf Groningen, Vitens (Fryslân)	
Pompstations en RWZI's	Wetterskip Fryslân, Waterschap Noorderzijlvest en Hunze en Aa's.	
Transportinfrastructuur	Provincies en Rijkswaterstaat	
Gas	Gasunie, Enexis, Stedin, NAM	
Onderwijs en kinderopvang	Gemeenten	
Ziekenhuizen, verpleegtehuizen, verzorgingstehuizen, overige zorginstellingen en gevangenissen Bevoorradingscentra ziekenhuizen, productiecentra en opslag geneesmiddelen Opslag van voedsel	Gemeenten en GHOR	

Stakeholder	Fryslân	Groningen
Opslag van noodvoorzieningen		
Openbaar bestuur	Gemeenten en provincies	
Recreatie: hotels/ kampeerterrein, productie van films/bioscoop, sporthal/musea/pret- en themaparken en recreatie	Gemeenten	
Fokken en houden van dieren	LTO-Noord	
Milieu / BRZO	Veiligheidsregio Fryslân en Groningen, Omgevingsdiensten	
Cultureel erfgoed	Rijksdienst en Provincie	
Crisiscentra, alarm en coördinatiepunten	Veiligheidsregio's Fryslân en Groningen	

1.4

Afkortingenlijst

In Tabel 2 is een overzicht opgenomen van de gebruikte afkortingen in dit onderzoek.

Tabel 2 Afkortingen

Afkorting	Volledige naam
LIWO	Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen
GHOR	Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio
LTO	Land- en Tuinbouw Organisatie
BRZO	Besluit risico's zware ongevallen
RWZI	Riool Water Zuivering Installatie
BAG	Basis Administratie Gebouwen
BRT	Basisregistratie Topografie
WOZ	Waardering Onroerende Zaken
RRGS	Register Risicosituaties Gevaarlijke Stoffen
LRKP	Landelijk Register Kinderopvang en Peuterspeelzalen
KRO	Kernregistratie Objecten

1.5

Leeswijzer

In deze rapportage is de impactanalyse beschreven voor Veiligheidsregio Groningen. Deze impactanalyse is ontwikkeld samen met Veiligheidsregio Fryslân. Hiervoor zijn twee aparte rapportages opgesteld.

Naast deze rapportage is een aparte kaartenset en een GIS-database ontwikkeld. In deze GIS-database zijn de overstromingsscenario's opgenomen en is de impact per vitaal en kwetsbaar project (per scenario) opgenomen. Deze GIS-database is opgebouwd op basis van de toegeleverde informatie en kan worden gekoppeld met de systemen van de veiligheidsregio.

2 Basisinformatie

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is beschreven wat de beschikbare basisinformatie is die ten grondslag ligt aan de impactanalyse.

2.2 Oorzaken van overstromingen en wateroverlast

Wateroverlast kan optreden door verschillende oorzaken. Deze oorzaken zijn weergegeven in Figuur 2. In deze studie houden we rekening met wateroverlast door het overstromingen na doorbreken van primaire (6) en regionale keringen (5), door wateroverlast in buitendijks gebied door hoge zeewaterstanden (7) en door wateroverlast door extreme neerslag waarbij water uit sloten (4) of het stedelijke watersysteem en de riolering (3) tot overlast leidt. Wateroverlast door openstaande ramen en lekkages (1) en hoge grondwaterstanden (2, vaak niet gecorreleerd aan piekbuien) nemen we niet mee.

Figuur 2
Oorzaken
wateroverlast.



Een scenario is hierbij gedefinieerd als het gevolg van een overstroming gegeven de gekozen randvoorwaarden (waterstandsverloop of neerslaghoeveelheid en het verloop in de tijd), moment van ontstaan, locatie en afmetingen van de bres, ruwheid van het landschap en al dan niet doorbreken van lijnelementen. Zo kunnen er vrijwel oneindig veel scenario's worden opgesteld. Om deze scenario's te kunnen hanteren is onderscheid gemaakt in twee typen kaartbeelden (zie Figuur 3):

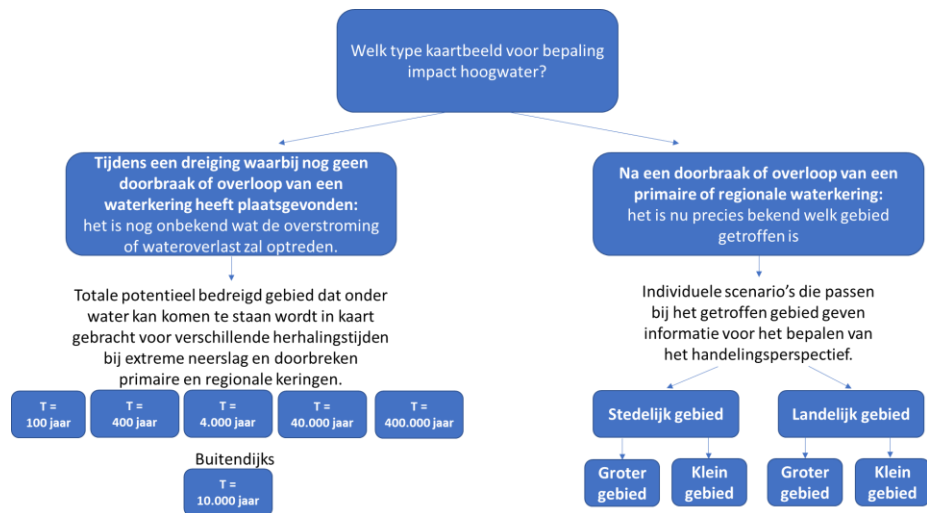
- Dreigingsscenario's
- Individuele scenario's.

Dreigingsscenario's waarbij nog onbekend is op welke locatie(s) in het gebied een overstroming mogelijk zal optreden. Dreigingsscenario's zijn opgesteld conform de 'Handreiking Impactanalyse'. Voor verschillende terugkeertijden is bepaald waar wateroverlast kan optreden en welke waterkeringen kunnen falen, rekening houdend met hun huidige sterkte. Deze samengestelde scenario's kunnen worden gezien als het gebied dat bedreigd is in geval van een dreigende overstroming. Het juiste kaartbeeld kan worden bepaald op basis van de ernst van de situatie (de hoogte van de piekwaterstand).

In de meeste gevallen is de omvang van een overstrooming veel kleiner, alleen is pas achteraf vast te stellen waar de keringen bezweken zijn. Daarom zijn er ook kenmerken van *individuele scenario's* afgeleid. Op basis van de karakteristieken van een gebied (bijv. bebouwd / landbouw, groot of klein gebied) kan een passend scenario worden gebruikt voor het handelingsperspectief.

In Figuur 3 is een overzicht opgenomen van de uitwerking van deze scenario's. In bijlage A is een overzicht opgenomen van de meegenomen scenario's. Deze zijn deels afkomstig uit LIWO (peildatum mei 2021) en deels toegeleverd door de waterschappen omdat deze actueler zijn.

*Figuur 3
Dreigingsscenario's
en individuele
scenario's.*



2.3

Kwetsbare en vitale objecten

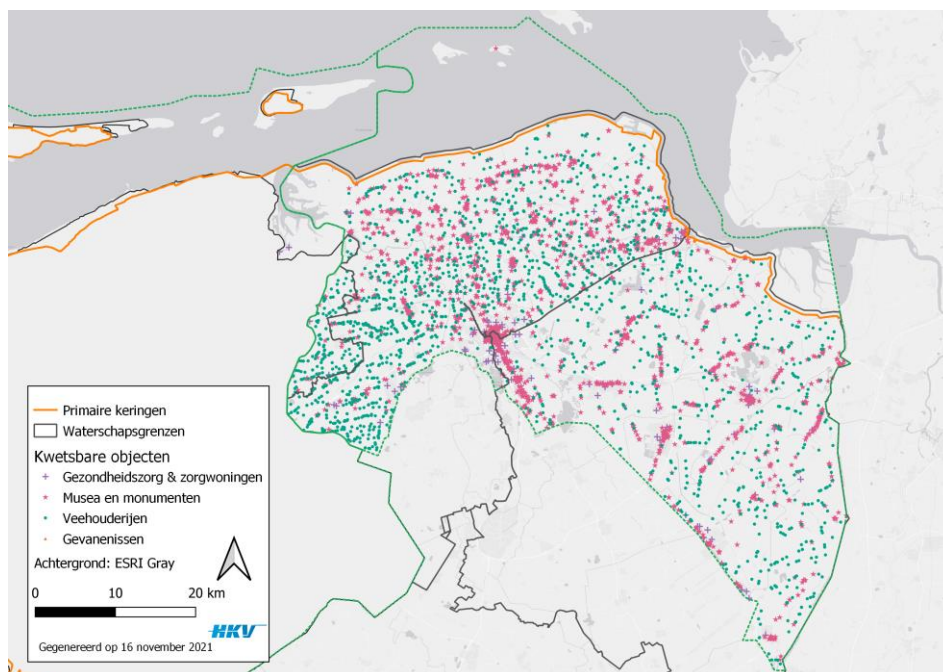
Op basis van de beschikbare kerngegevens over de kwetsbare en vitale objecten, zoals die door de veiligheidsregio zijn verzameld, is een indeling gemaakt naar type objecten.

In Figuur 4 is een overzicht opgenomen van de kwetsbare objecten in Groningen. Deze zijn gespecificeerd naar gezondheidszorg en woningen, musea en monumenten, veehouderijen en gevangenis. Deze zijn als volgt onderverdeeld:

- Gezondheidszorg en zorgwoningen
 - Ziekenhuizen
 - Verpleegtehuizen
 - Bejaarden- en verzorgingstehuizen
 - Dagverblijven gehandicapten
 - Woningen met zorg
 - Klinieken
- Musea en monumenten
- Veehouderijen

- Veehouderijen
- Akker/tuinbouw i.c.m. veehouderij
- Gevangenissen

*Figuur 4
Overzicht van alle
kwetsbare objecten.*

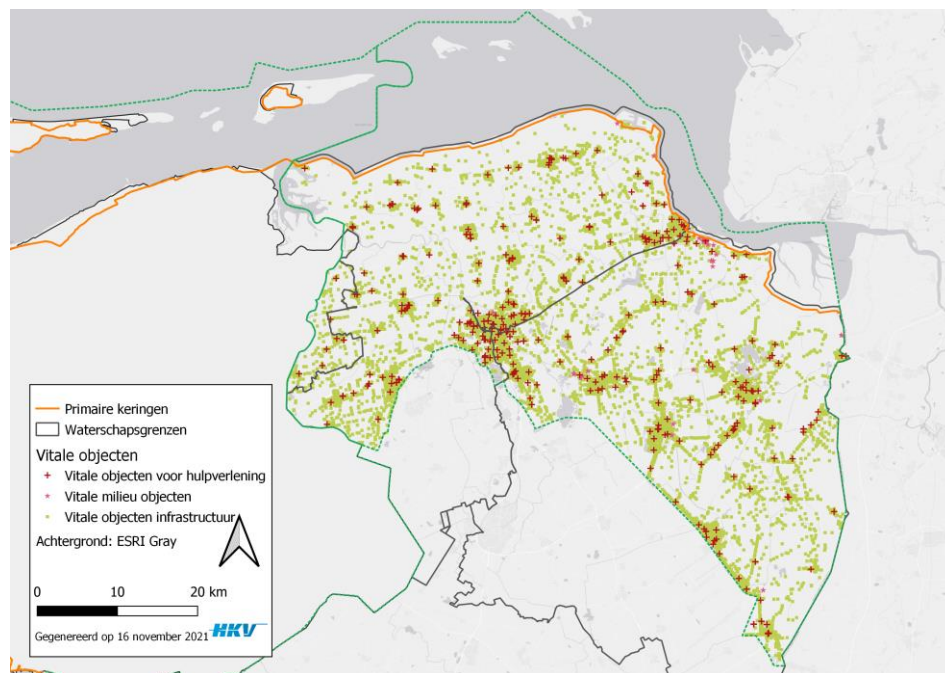


In Figuur 5 is een overzicht opgenomen van de vitale objecten in Groningen. Deze zijn gespecificeerd naar vitale objecten voor hulpverlening, milieu objecten en infrastructuur. Deze zijn als volgt onderverdeeld:

- Vitale objecten voor hulpverlening
 - Politie
 - Brandweer
 - Ambulance
 - Ambulance diensten en centrale posten
- Vitale objecten voor milieu
 - BRZO
 - Inzameling schadelijke stoffen
- Vitale objecten voor infrastructuur
 - RWZI
 - Aquaducten
 - Tunnels
 - Winning en distributie van water, gas, elektriciteit en gasvormige brandstoffen
 - Benzinestations
 - Elektriciteitsdistributie
 - Gas stations

Ook ICT en Telecom worden gezien als een vitale functie. Van deze type objecten waren echter geen locaties beschikbaar in de database met vitale objecten.

*Figuur 5
Overzicht van alle
bekende vitale
objecten.*



Per object is op basis van overstromingsscenario's, literatuur en een expertsessie met beheerders bepaald:

1. Overstroomt het object bij het dreigingsscenario of individueel scenario?
2. Valt het object uit als gevolg van de lokale waterstand?
3. Wat is het impactgebied van deze uitval, en in het bijzonder is er buiten het overstroomde gebied impact?
4. Hoe lang duurt het herstel om de voorziening weer in gebruik te nemen?

2.4

Data bestanden

De informatie zoals ontwikkeld in de impactanalyse is opgenomen in een database die gebaseerd is op de basisinformatie. Deze database kan worden gekoppeld aan de GIS omgeving van de veiligheidsregio.

De volgende informatie is beschikbaar:

- Een grid met hierop de omvang en maximale waterdiepte per dreigingsscenario en individueel scenario. Deze scenario's bevatten de maximale waterstand. In bijlage A is een overzicht opgenomen van de verschillende scenario's.
- Een database met hierin gecombineerd alle vitale en kwetsbare objecten, per object is de volgende informatie opgenomen:
 - De waterdiepte bij het betreffende scenario
 - Een kritieke waterdiepte waarbij uitval optreedt
 - Of het effectgebied groter is dan het overstroomde gebied in geval van uitval.

In deze database is ook de informatie uit de oorspronkelijke databestanden bewaard.

- Een database met hierin de informatie over objecten die een mogelijke vluchtplaats zijn. Per object is aangegeven of er een droge verdieping is

of niet bij de optredende waterstand. Deze informatie is opgenomen voor de dreigingsscenario's.

- De kaarten zoals gepresenteerd in dit rapport, en verdere detailkaarten, zijn opgenomen in een aparte kaartenbak met losse kaarten. Hierdoor kan ingezoomd worden op details.

3 Redeneerlijn voor opstellen kaartbeelden

3.1 Dreigingsbeelden en individuele scenario's

3.1.1 De omvang en maximale diepte van de overstroming

Onderscheid is gemaakt in dreigingsscenario's en individuele scenario's:

- Een dreigingsscenario is een samengesteld scenario waarbij gegeven een bepaalde dreiging (als een terugkeertijd van een waterstand of een windrichting) alle mogelijke overstromingen zijn gecombineerd. Dit scenario is dus een omhullende contour wat in de dreigingsfase het gebied aangeeft dat mogelijk is getroffen op basis van de nu bekende informatie over dijksterkte en gevolgen. Tijdens een dreiging kan dit beeld worden aangescherpt op basis van actuele kennis en inspecties. Onderscheid is gemaakt in de volgende terugkeertijden¹ van de waterstanden op buitenwater:
 - 100 jaar (extreme neerslag en doorbraken van regionale keringen²)
 - 400 jaar (extreme neerslag en doorbraken van regionale keringen)
 - 4000 jaar (extreme neerslag en doorbraken van regionale en primaire³ keringen)
 - 10.000 jaar (enkel voor het buitendijks gebied)
 - 40.000 jaar (extreme neerslag en doorbraken van regionale en primaire keringen)
 - 400.000 jaar (extreme neerslag en doorbraken van regionale en primaire keringen)
- Een individueel scenario is een gebeurtenis waarin een overstroming is gesimuleerd als gevolg van een extreme neerslaggebeurtenis of een dijkdoorbraak bij een gekozen set randvoorwaarden. De keuze voor deze scenario's is in overleg met de veiligheidsregio gemaakt.

In bijlage A is een overzicht opgenomen van de specificaties en bronnen van de gebruikte scenario's.

¹ De terugkeertijd geeft de ernst van de situatie aan. Een terugkeertijd van 400 jaar betekent theoretisch dat ieder jaar een kans is van 1/400 per jaar dat deze waterstand wordt overschreden. Stel dat een persoon 100 jaar wordt dan zou bij benadering gesteld kunnen worden dat er 25% kans is dat je deze situatie optreedt in het leven van deze persoon.

² Voor regionale waterkeringen is ervanuit gegaan dat de faalkans van deze waterkeringen gelijk is aan de normstelling. Dit is een conservatieve aanname.

³ Voor primaire waterkeringen zijn telkens de scenario's meegenomen in het dreigingsbeeld als de faalkans van de betreffende waterkering gelijk of groter is dan de frequentie van de buitenwaterstand waarbij dit overstromingssscenario is opgesteld.

Voor de regionale doorbraakscenario's is de waterstand op LIWO een overschatting van de werkelijkheid. De gebruikte informatie over waterdieptes is afkomstig uit studies naar de normering van de regionale waterkeringen. Door conservatieve aannames (bijvoorbeeld dat de boezem of kanalen helemaal leeg lopen en er (oneindig) veel aanvoer van water is) zijn de inundatiedieptes overschat. In de individuele scenario's zijn realistischere aannames gemaakt, waardoor de waterdieptes lager zijn.

De vraag is wat nu de omvang van de overlast bepaald. Er zijn gradaties waarin overlast kan optreden:

- Piekneerslag in de stedelijke omgeving door kortdurende piekbuien. Dit zijn voornamelijk zomerse neerslagperiodes en de ruimtelijke omvang is klein. De kans op samenvval met andere vormen van wateroverlast is vrijwel nihil. De kans op slachtoffers door de impact van het water is ook verwaarloosbaar in Fryslân en Groningen. De schade is ook vaak lokaal, en vergeleken met dijkdoorbraken beperkt. De media aandacht kan echter groot zijn door de ondergelopen straten.
In de zomer van 2021 is er zeer veel neerslag gevallen in korte tijd in Limburg, Ardennen en de Eiffel. Deze gebeurtenis is veroorzaakt door een koudeput waarvan het beeld is dat die door klimaatverandering vaker kan voorkomen en ook elders in Nederland kan vallen. Naast het neerslagvolume is vooral ook de omvang van deze neerslaggebeurtenis veel groter, waardoor dus meer mensen getroffen zijn en er meer schaarste zal zijn. De impact en relevantie van dit soort gebeurtenissen wordt momenteel onderzocht.
- Langdurige neerslag waardoor sloten overlopen, en landerijen en bebouwd gebied kan overstromen. Dit wordt veroorzaakt door langdurige neerslag, vaak voorafgegaan door een natte voorgeschiedenis. Uitval van gemalen (bv door wind) kan de afvoercapaciteit van de boezem verkleinen. Dit kan leiden tot maaltops waardoor meer water in de polders wordt geborgen, met meer overlast tot gevolg. Dat heeft tot doel om een dijkdoorbraak te voorkomen. De ruimtelijke omvang en impact is (en du de schade, denk aan 1998) groot, in vrijwel het gehele beheergebied kan er lokale wateroverlast zijn. De kans op slachtoffers door de impact van het water is verwaarloosbaar in Fryslân en Groningen.
- De periode met langdurige neerslag al dan gecombineerd met wind en hoge zeewaterstanden kan ook leiden tot hoge waterstanden op de boezemsystemen en mogelijke doorbraken van regionale waterkeringen. Afhankelijk van windkracht en windrichting kan worden bepaald welke delen van het systeem dan kwetsbaar zijn. Daarnaast kunnen regionale keringen ook falen door droogte en door graverij van dieren (en mensen). De ruimtelijke omvang van een doorbraak van een regionale kering is beperkt, de impact echter wel relatief groot. De kans op slachtoffers kan niet worden uitgesloten bij dijkdoorbraken, maar is wel klein gezien de aard van de dreiging. Als er slachtoffers vallen is het ook mogelijk dat deze komen door pech of het gedrag van mensen zelf.
- Langdurige extreme wind (met name vanuit het (noord/zuid)westen) op het IJsselmeer (en Lauwersmeer), de Waddenzee en de Eemsdelta kan

leiden tot opstuwing van water, in combinatie met verhoogd tij kan het leiden tot overlast in buitendijks gebied en mogelijke dijkdoorbraken van primaire keringen. Regionale keringen kunnen worden bedreigd door beperkte afwateringsmogelijkheden naar zee. De opzet op de meren zal plaatsvinden dan de opzet op de Waddenzee. De actuele sterkte van keringen bepaalt of een kering de dreiging aan kan of niet. De kans op meerdere slachtoffers is dan reëel.

3.1.2

De duur van een overstroming

De duur van een overstroming is afhankelijk van de oorzaak en de schade aan het watersysteem. Watersystemen (de gemalen en de watergangen) in Nederland zijn veelal ingericht op een afvoer van 15 mm neerslag/dag, dat is ongeveer de snelheid om een gebied watervrij te maken. Noodpompen hebben vaak alleen een significant effect als de omvang van de overstroming klein is. Noodpompen moeten het water ook ergens kunnen lozen. Als het watersysteem al overbelast is, dan is het inzetten van noodpompen veelal enkel het verplaatsen van wateroverlast.

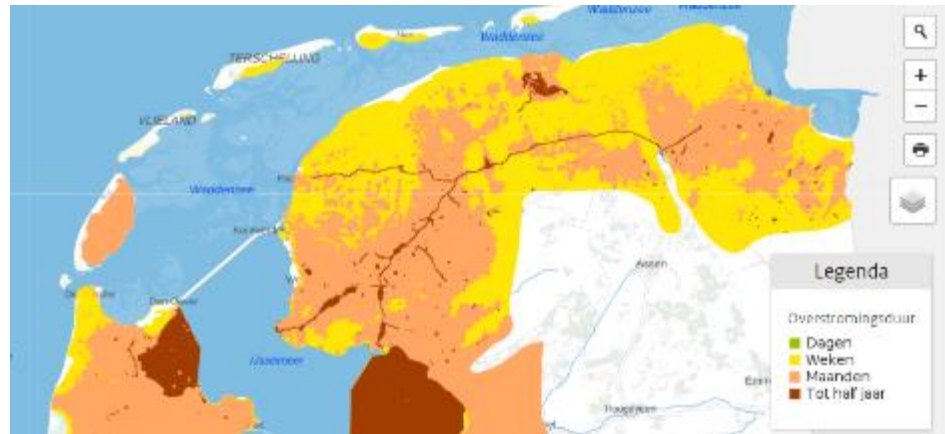
De duur van een overstroming is:

- Bij extreme piekneerslag relatief kort, na enkele uren zal het water zijn afgevoerd op wellicht enkele diepere punten na die lokaal van aard zijn.
- Bij extreme gebiedsneerslag kan de overlast enkele dagen aanhouden. Naar verwachting zal de overlast maximaal enkele dagen aanhouden en gaandeweg ook steeds vaker lokaal optreden.
- Bij doorbraken van regionale waterkeringen is het sterk afhankelijk van 1) het dichten van de bres en 2) de waterdiepte in de polders. Om een gebied weer watervrij te maken zal het eerst noodzakelijk zijn om de bres te dichten, die zal enkele uren tot dagen kosten middels noodvoorzieningen. Daarna zal het water via de aanwezige infrastructuur weggepompt moeten worden. Inzet van noodpompen kan dit proces versnellen. Significante versnelling van de duur (een factor 2) van het watervrij maken treden pas op als de bestaande afvoercapaciteit wordt verdubbeld. Dit vereist grote pompen die beperkt aanwezig zijn.
- Bij wateroverlast in buitendijks gebied zal deze in de uren nadat het water zakt ook afnemen. De verhoogde waterstand in buitendijks gebied treedt alleen op tijdens een stormperiode al dan niet met springtij, na enkele dagen zal de overlast buitendijks dus zijn verdwenen.
- Bij primaire waterkeringen kan de duur van een overstroming aanzienlijk zijn (weken, maanden) en deze is afhankelijk van de omvang en de mate waarin water onder vrij verval kan afstromen. Ook hier zal eerst de bres gedicht moeten worden waarna 15 mm/dag een indicatie is van de snelheid waarmee het water daalt. Als kanttekening kan worden gemaakt dat het bestaande watersysteem (gemalen en watergangen) mogelijk ook schade kan hebben opgelopen. In Figuur 6 is een schatting uit LIWO⁴ opgenomen uitgaande van grote overstroming door het falen van primaire waterkeringen gebaseerd op de waterdiepte. Hierdoor zijn in

⁴ <https://basisinformatie-overstromingen.nl/liwo/#/>

deze kaart ook de (diepere) kanalen en meren zichtbaar die uiteraard niet bepalend zijn voor de duur voor het watervrij maken (maar hierin wel een cruciale rol spelen om het water te transporteren).

*Figuur 6
Mogelijke
overstromingsduur
(bron LIWO) na
doorbraak primaire
keringen (voor
gebieden die niet
vrij afwateren).*



3.1.3

Waarschuwingstijd voorafgaand aan de dijkdoorbraak

Voorafgaand aan een dijkdoorbraak en optreden van wateroverlast kan een waarschuwing worden afgegeven. Onderscheid wordt gemaakt in:

- Waarschuwing voor extreme neerslag of een hoge waterstand op basis van weer- en watermodellen.
- Waarschuwen voor mogelijk dijkfalen waarbij ook wordt gekeken naar de actuele dijksterkte en inspectieresultaten.

Rondom de waarschuwingen van extreme kortdurende piekbuien is grote onzekerheid. Deze zijn relatief lastig te voorspellen en kunnen er 'plotseling' zijn.

Langdurige gebiedsneerslag is beter te voorspellen, tot uren of enkele dagen vooraf. Hierbij geldt wel dat naarmate de voorspelhorizon groter is de onzekerheid ook toeneemt.

De interactie met wind is lastiger te voorspellen. Het gaat hierbij om de combinatie van windrichting en windkracht, en mogelijk de interactie met het getij.

Voor regionale waterkeringen zijn in feite twee situaties denkbaar. Falen treedt vrij plotseling op waardoor de waarschuwingstijd zeer kort is (bijvoorbeeld door graverij). Of er worden zwakke plekken geconstateerd na inspecties bij droogte of veel neerslag waarbij er relatief veel tijd is.

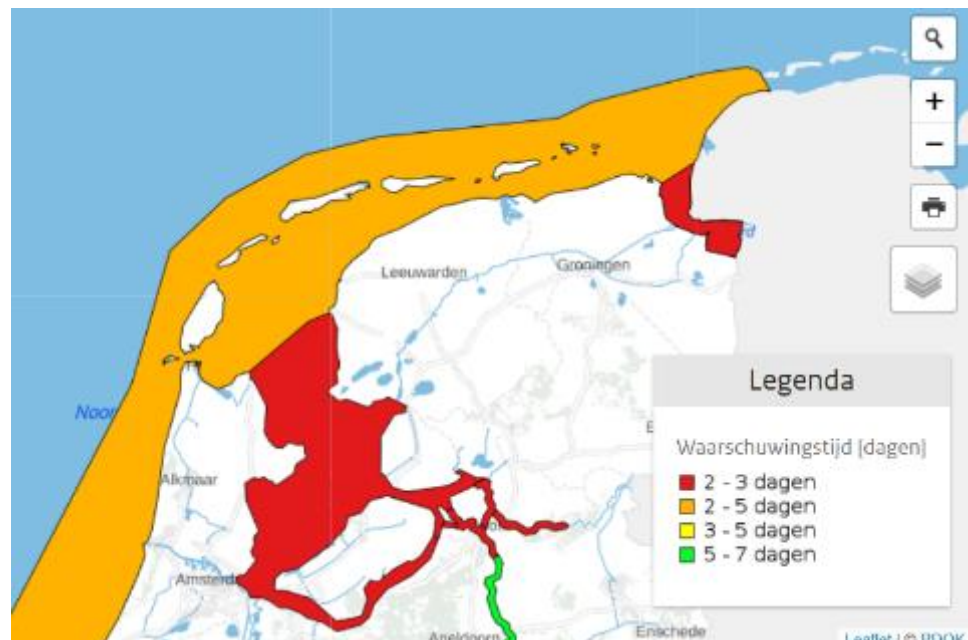
Voor wateroverlast in buitendijks gebied kan gebruik worden gemaakt van waterstandsverwachtingen. Alhoewel er vanwege wind een aanzienlijke onzekerheid is, kan deze wel relatief goed worden voorspeld.

De invloed van extreme wind op de beschikbare tijd en latere response

Naast de waarschuwingstijd is ook de vraag hoeveel tijd beschikbaar is voor een preventieve evacuatie (waarbij het gaat om de tijd tot een dijkdoorbraak). Hierin wordt dus niet alleen gekeken naar de waarschuwingstijd voor een extreme waterstand, maar ook na een dijkdoorbraak en rekening gehouden met een geschatte onzekerheid in snelheid van besluitvorming. Bij het afleiden van de evacuatieschattingen⁵ voor de normering van waterkeringen in Friesland en Groningen is er vanuit gegaan dat bij de helft van de evacuaties deze 2 dagen voor de dijkdoorbraak starten. Als 2 dagen voor de dijkdoorbraak wordt gestart met evacueren is er netto maar 1 dag voor evacuatie beschikbaar omdat de windkracht in de dag voor de dijkdoorbraak te extreem is. In een kwart van de gebeurtenissen waarin we zouden willen evacueren is dat echter niet mogelijk omdat we de dreiging niet op tijd zijn aankomen. De kans op een overstroming is dan pas reëel (of wordt dan pas onderkend) terwijl de wind al zo extreem is dat verplaatsingen in de buitenlucht vrijwel niet mogelijk zijn. Slechts in 1 van de 5 situaties kan de evacuatie 3 dagen voor de doorbraak starten en in 1 van de 20 situaties 4 dagen voor de doorbraak. In deze situaties zijn er dan netto 2 en 3 dagen beschikbaar om tijdig het gebied te verlaten voordat de dijken breken en de wind te extreem is.

Daarnaast wordt opgemerkt dat indien er dijkdoorbraken zijn, zeker bij primaire keringen, er ook veel windschade zal zijn. Deze windschade, als omgevallen bomen en puin, kan ook leiden tot beperkingen in de vluchtmogelijkheden en bereikbaarheid.

Figuur 7
Waarschuwingstijd
(LIWO⁶).



⁵ Maaskant B, Kolen B, Jongejan R, Jonkman SN en Kok M (2009) Evacuatieschattingen Nederland.

⁶ <https://basisinformatie-overstromingen.nl/liwo/#/>

3.1.4

Stijg- en stroomsnelheden tijdens de overstroming

Hoge stijg- en stroomsnelheden kunnen leiden tot extra gevaarlijke situaties voor mensen. Deze treden alleen op bij dijkdoorbraken en zijn er als de hoogteverschillen in maaiveld groot zijn, en uiteraard dicht bij de bres (achter een waterkering).

Bij extreme neerslag en wateroverlast in buitendijks gebied spelen de stijg- en stroomsnelheid geen rol. Omdat er geen sprake is van hellend gebied zal de stroom- en stijgsnelheid dermate beperkt zijn dat het geen verhoogd slachtoffer risico veroorzaakt. Buitendijkse gebieden, en ook kernen die hier liggen kunnen echter wel overstromen.

3.1.5

Aankomsttijd van het water na de dijkdoorbraak

De aankomsttijd van het water speelt vooral een rol bij een waterkeringen (dijken en duinen). Na een dijkdoorbraak zal het nog enige tijd duren voordat een locatie overstroomt. De snelheid waarmee dat gebeurt, is afhankelijk van de locatie van de doorbraak, de omvang (breedte, diepte) van de bres en het aantal bressen. Ook de afstand die het water over land moet afleggen is van belang.

Opgemerkt wordt dat ieder scenario hierbij met zorg moet worden geïnterpreteerd omdat de werkelijkheid anders kan zijn en mens en dier het meest kwetsbaar zijn als deze gedurende de verplaatsing van A naar B worden blootgesteld. Daarnaast is de aankomsttijd sterk afhankelijk van de locatie van de doorbraak en de waterstand.

Evacuatie door het water zal lastig zijn - zelfs door 20cm -, omdat ook her en der diepere punten zijn en er mogelijk puin ligt (door bijvoorbeeld de wind).

3.2

Blootstelling en uitval vitale infrastructuur en bedrijven met gevaarlijke stoffen

Op basis van de overstromingsscenario's kan worden bepaald of een object wordt 'blootgesteld' aan een overstroming en of deze uitvalt. Dit leidt tot de volgende informatie per object:

- Blootstelling. Overstroomt het betreffende object gegeven het scenario.
- Uitval. Valt het object uit door een te hoge waterdiepte bij het object. Hiervoor is per type object een 'kritieke waterdiepte' bepaald waarbij uitval optreedt. Vervolgens is getoetst of dit object ook uitvalt. Daarna is de vraag wat het effectgebied is van deze uitval. Objecten met een uitval buiten het overstroomd gebied waarbij de consequenties niet kunnen worden gemitigeerd met aanvullende maatregelen of redundantie⁷ zijn apart weergegeven op de kaart.

⁷ Redundantie betekent dat in geval van uitval van een object de functie door andere objecten in het netwerk kan worden overgenomen.

De impact per object is in een spreadsheet opgenomen.

Om de uitval te bepalen is in een expertsessie met betrokkenen en gebiedsdeskundigen de onderstaande redeneerlijn bepaald voor de impact op de hulpverlening. Bij twijfel is hierbij uitgegaan van uitval om te voorkomen dat er te positieve verwachtingen worden opgewekt over het functioneren van deze objecten. Hierbij wordt opgemerkt dat alle vitale partijen en BRZO-bedrijven zelf ook aandacht (moeten) hebben voor de gevolgen van een mogelijke overstroming en het verkleinen van de impact. Ook wordt opgemerkt dat de taken op deze locaties vaak specialistisch zijn en kennis van het bedrijfsproces noodzakelijk. Met andere woorden, buiten het tijdig informeren, is de mogelijkheid om hulp te bieden beperkt en kunnen de hulpdiensten slechts faciliteren. Dat betekent dat op termijn deze inzichten ook kunnen worden aangescherpt en er mogelijk extra handelingsperspectieven ontstaat.

De redeneerlijn is als volgt opgebouwd:

1. Voor alle objecten, tenzij anders aangegeven, is bepaald dat uitval optreedt bij een lokale waterdiepte van 20cm. Bij deze 20cm waterdiepte is verondersteld dat het water gebouwen kan instromen en dat uitval zal optreden. Deze keuze voor 20cm is gemaakt gegeven de wijze waarop de modellen zijn ontwikkeld en de nauwkeurigheid van de basisgegevens en drempelhoogtes. Deze uitval kan dan worden veroorzaakt door een combinatie van directe en indirecte factoren. Zo kunnen bijvoorbeeld rioolgemalen nog wel functioneren maar zal de riolering al volgelopen zijn met water waardoor deze alsnog de functie verliest.
2. Uitzonderingen zijn:
 - Drinkwaterwinlocaties: deze vallen uit indien ze overstromen omdat de winning op maaiveld plaatsvindt.
 - Kabels en leidingen: deze falen niet als gevolg van de waterdiepte. Mogelijk kunnen kabels en leidingen boven de grond falen door windschade maar dat is buiten beschouwing gelaten.
 - Verdeelstations voor elektriciteit vallen uit bij een waterdiepte van 150cm. Sommige stations kunnen mogelijk een grotere waterdiepte aan, het is echter niet bekend welke dat zijn.
 - Wijkkasten, C2000 en masten voor telecom kunnen een kritieke waterdiepte aan van 30 cm, wijkcentrales van 60cm. Deze kritieke diepte is vanuit de onderkant van deze objecten (als ze bijvoorbeeld op een gebouw staan kan deze extra hoogte hierbij worden verdisconteerd). Rondom deze waardes zit een onzekerheidsmarge van 20cm⁸. Aangenomen is dat ook telecom uitvalt bij 20cm waterdiepte. C2000 stations kunnen mogelijk nog enige tijd functioneren als alleen de elektriciteit uitvalt, deze duur is afhankelijk van de noodstroomvoorziening.

Het effectgebied van de uitval is uiteraard afhankelijk van het object, maar ook van de wijze waarop de netwerken functioneren. De veronderstelling is

⁸ [https://www.deltaexpertise.nl/wiki/index.php/VI_Telecommunicatie_\(E\)_VN](https://www.deltaexpertise.nl/wiki/index.php/VI_Telecommunicatie_(E)_VN)

dat het effectgebied van de uitval kleiner is dan of gelijk is aan het overstroomd gebied. Voor de volgende objecten is dat niet het geval:

- Drinkwaterwinlocaties. Deze voorzien een groot gebied van drinkwater waarbij bij uitval de levering in gevaar komt.
- C2000 communicatiesystemen voor informatie uitwisseling tussen de hulpdiensten. De C2000-masten voorzien een relatief groot gebied van 20 á 30 km wat ook buiten het overstroomd gebied kan liggen.
- Gaswinning en menging. Bij uitval van drie of meer gaswinstations komt de gaswinning tot stilstand. Inmiddels wordt het merendeel van het gas niet meer gewonnen in Nederland, maar voeren we het in . Voor gebruik in Nederland wordt het gas gemengd zodat het geschikt is voor huishoudens. Indien deze gasmenging stopt kan er een probleem zijn met de gasvoorziening voor Nederlandse huishoudens (en wellicht enkele in België en Duitsland).

Voor de Eemshaven was het vooraf de verwachting dat de energiecentrale daar ook zou uitvallen met grote keteneffecten. Deze locatie is in dit onderzoek echter niet naar voren gekomen. Het verdient aanbeveling om deze lokale situatie nog een keer te verifiëren.

Verdere aandachtspunten zijn:

- Gebieden die omcirkeld zijn door het water (zogenaamde eilanden). Alhoewel deze gebieden niet overstroomd zijn is uitval van alle diensten wel waarschijnlijk.
- Of het zoet of zout water is. Hierbij geldt als richtlijn dat het zoetwater overstromingen zijn met uitzondering van dijkdoorbraken langs de Eems en de Waddenzee (deze zijn altijd zout of zeer brak).

Datacentra en meldkamers zijn allen zo uitgerust dat de functie kan worden overgenomen vanuit een andere locatie.

3.3

Blootstelling en uitval kwetsbare objecten

Bij de kwetsbare objecten gaat het om objecten die een zorgfunctie hebben of waar verminderd zelfredzame mensen verblijven. Naast mensen gaat het ook om bedrijven waar dieren worden gehouden. Dit leidt tot volgende kaarten:

- Blootstelling. Overstroomt het betreffende object gegeven het scenario.
- Uitval. Valt het object uit door een te hoge waterdiepte bij het object. Hiervoor is per type object een 'kritieke waterdiepte' bepaald waarbij uitval optreedt. Vervolgens is getoetst of dit object ook uitvalt. Vervolgens is de vraag wat het effectgebied is van deze uitval.

De impact per object is in een spreadsheet opgenomen.

De kritieke waterdiepte is overal bepaald op 20cm. In theorie kan de zorgverlening doorgaan bij grotere waterdieptes. Echter is verondersteld dat de zorg veelal stagneert door gebrek aan personeel (waarvan familie ook is getroffen), omdat deze zelf ook getroffen kunnen zijn of niet afgelost kunnen

worden en gebrek aan medicijnen, voedsel en zorgverleningsmiddelen. Ook bij de wateroverlast in Limburg in de zomer van 2021 werden zorginstellingen eerder geëvacueerd dan zelfredzame mensen.

De uitval is altijd beperkt tot het object zelf omdat de functie door objecten elders kan worden overgenomen. Deze overname van de functie zal niet eenvoudig zijn en zal beter gaan mits deze voorbereid is.

Voor distributiecentra van voedsel en medicijnen en voor de speciale zorg in de ziekenhuizen in Groningen geldt dat de consequenties van uitval relatief groot zijn. Alhoewel deze functies binnen Nederland overgenomen kunnen worden zijn de afstanden wel lang wat consequenties heeft voor de reistijd.

3.4 Leefbaarheid en herstel van het gebied

De leefbaarheid hangt af van de hersteltijd van een gebied, gebaseerd op de omvang van de overstroming, beschikbaarheid van mensen en materiaal en de duur voordat een gebied weer veilig, watervrij en de sociaal hersteld is.

Bij extreme gebiedsneerslag is er nauwelijks uitval en gaat het maatschappelijk leven grotendeels door of kan het heel snel weer worden opgepakt.

Indien er grotere waterdieptes optreden dan is de duur van het herstel langer. Deze duur wordt bepaald door de volgende factoren:

- Het watervrij maken van een gebied (zie 3.1.2). Deze duur kan ruimtelijk sterk variëren.
- Het sluiten van bressen, waardoor nieuwe instroom van water wordt voorkomen.
- Het laten drogen en schoonmaken van objecten en het gebied, in geval van een overstroming met zout water zal de schade groter zijn bij diverse installaties en zijn (langjarige) ontziltingsprogramma's voor landbouw nodig.
- Het herstel van objecten en voorzieningen.

De duur voor het sluiten van de bres duurt enkele dagen tot een of twee weken langs de kust. De sluiting zal in eerste instantie provisorisch zijn, na verloop van tijd kan de kering hersteld worden zodat die voldoet aan de huidige eisen.

Het drogen en schoonmaken is ook afhankelijk van de diepte van het water. De schoonmaak is ook afhankelijk van de oorzaak, als de overstroming gepaard gaat met extreme wind dan zal er ook veel windschade zijn. Dit proces kan weken duren.

Het drogen en schoonmaken is afhankelijk van voorzieningen als elektriciteit en toegankelijkheid.

Verdere achtergrondinformatie kan worden gevonden in een handreiking nafase⁹ waarin ook casuïstiek is opgenomen. Het verdient ook aanbeveling om te leren van de ervaring in Limburg in de zomer van 2021.

3.5 Hersteltijd van de vitale infrastructuur en kwetsbare objecten

Na een overstroming zullen ook de vitale infrastructuur en de kwetsbare objecten weer worden opgestart, deze moeten eerst worden hersteld.

Dit herstel kan in fases gaan, sommige functies zijn al nodig voor de hersteloperatie zelf (toegankelijkheid, veiligheid, elektriciteit, ICT) terwijl andere pas nodig zijn als mensen terugkeren (als zorgwoningen). Hierin zal dus een prioritering moeten worden opgesteld.

De duur van het herstel van deze vitale infrastructuur en de kwetsbare objecten zelf moet worden afgezet tegen de gehele periode die nodig is voor het herstel en terugkeer. De duur wordt ook bepaald door de beschikbare (mens)capaciteit en onderdelen. Verdeling van schaarse middelen kan daarom een aandachtspunt zijn voor crisisteams voor een voorspoedige hersteloperatie bij grote overstromingen.

Voor de hersteltijd is het van belang om zicht te krijgen op de kritieke onderdelen met een extreem lange leveringstijd. Zo kan het herstel van een hoogspanningstransformator 6 tot 12 maanden duren. Ook drinkwaterwinlocaties kunnen lange tijd onbruikbaar zijn na overstroming met zout water. Tijdens de uitvoering van de impactanalyse is het niet gelukt om deze informatie boven tafel te krijgen, ook omdat de kennis van de betreffende assets niet aanwezig was. Daarom wordt aanbevolen om voor de belangrijkste assets met deze eigenaren te kijken of het herstel van een kritiek onderdeel van deze objecten het herstel van het gehele gebied belemmerd.

3.6 Schuil- en vluchtplaatsen voor als preventieve evacuatie niet haalbaar is.

Bij zowel doorbraken van primaire en regionale keringen is het niet altijd mogelijk dat alle inwoners tijdig het gebied verlaten.

Mensen (en dieren) zijn het meest kwetsbaar als deze worden blootgesteld aan het water (en de wind) tijdens een evacuatie. De kans op overlijden door verdrinking en ernstig letsel door onderkoeling is dan het grootst. De ideale situatie, waarbij iedereen vóór optreden van de dreiging het gebied heeft

⁹ Vermeij-Van den Braak, E., Besselink, E. en M. Rooze. Handreiking nafase bij een grootschalige overstroming - Opgesteld in kader van "Van dreigend hoogwater tot en met evacuatie", 2008.

verlaten is niet altijd haalbaar. De voorspeltijd is simpelweg vaak te kort en daarnaast zal bij doorbraken van primaire keringen ook sprake zijn van een langdurige en extreme zware storm voorafgaand aan de dijkdoorbraken die ook veel schade en beperkingen met zich meebrengt.

Daarom is in kaart gebracht of bestaande gebouwen (woningen, scholen etc.) een potentiële vluchtplaats zijn. Bij deze gebouwen kan men schuilen en tijdelijk in het gebied verblijven om hierna op eigen kracht of met hulp van hulpdiensten het gebied te verlaten. Ervaringen met andere rampen laten zien dat veel mensen zelf, of met hulp van andere mensen het gebied verlaten (60-90% van het totaal¹⁰) en de rest door hulpdiensten wordt gered¹¹.

De informatie van gebouwen 'kernregistratie objecten (KOR)' is verkregen via GEO4OOV. De kaartlaag is een verzameling van objecten uit diverse landelijke registraties in één kaartbeeld. De kaartlaag bevat gegevens van registraties zoals BAG, BRT, WOZ, Handelsregister, RRGs en LRKP. Deze kaartlaag bevat ook het aantal bouwlagen. Binnen deze objecten is een selectie gemaakt van objecten die zijn meegenomen: woningen, zorginstellingen, culturele gebouwen, horeca maar bijvoorbeeld niet recreatiewoningen, een bedrijfswoonboerderij, agrarische gebouwen, bedrijfsgebouwen, winkels, kantoren en garages.

Voor de bepaling of objecten een droge verdieping hebben zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Wat is de maximale waterdiepte bij het betreffende scenario?
2. Is er nog minimaal 1 volledige verdieping droog in een gebouw, uitgaande van een verdiepingshoogte van 2.65m?

¹⁰ In studies over vooral natuurrampen is het niet ongebruikelijk dat percentages tussen de 60 en 90% genoemd worden voor mensen die óf zichzelf hebben gered, of door familieleden, vrienden en/of burens zijn gered (Dynes (1994) Community emergency planning: false assumptions and inappropriate analogies. International Journal of Mass Emergencies and Disasters 12 (2)., Quarantelli, 1989. Human behaviour in the Mexican City earthquake: Some implications from basic themes in survey findings. : Newark, DE: Disaster Research Center, University of Delaware., Starmans, Oberijé (2006) Burgerparticipatie bij rampen en zware ongevallen Versie 443N6001/443N6004: 10.11.2006. NIBRA. Arnhem.).

¹¹ Voor meer informatie over redden en vluchten zie:
<https://www.ifv.nl/kennisplein/Paginas/Handreiking-Redden-van-mens-en-dier-tijdens-overstromingen.aspx>

4 Kaartbeelden

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn kaartbeelden opgenomen voor de regio Groningen. Hierbij is telkens een selectie van kaarten getoond.

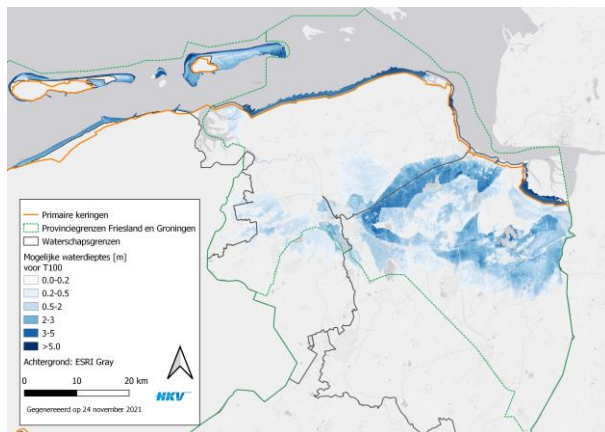
4.2 Kaart 1: Overstromingsscenario's

Voor verschillende herhalingstijden van hoogwater zijn dreigingsbeelden opgesteld. Dit zijn samengestelde beelden van meerdere overstromingsscenario's. **Opgemerkt wordt dat niet alle scenario's tegelijk zullen optreden omdat dit onder meer afhankelijk is van de stormsituatie en de samenloop van neerslag en windopzet en getijden.**

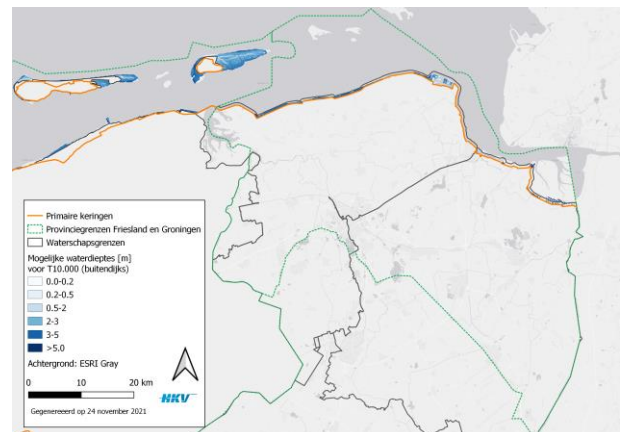
Dreigingsscenario's

In Figuur 8 zijn de dreigingsbeelden voor alle dreigingsscenario weergegeven. Duidelijk blijkt het verschil in omvang.

Figuur 8 Maximale waterdiepte voor dreigingsscenario's buitendijks en regionaal.

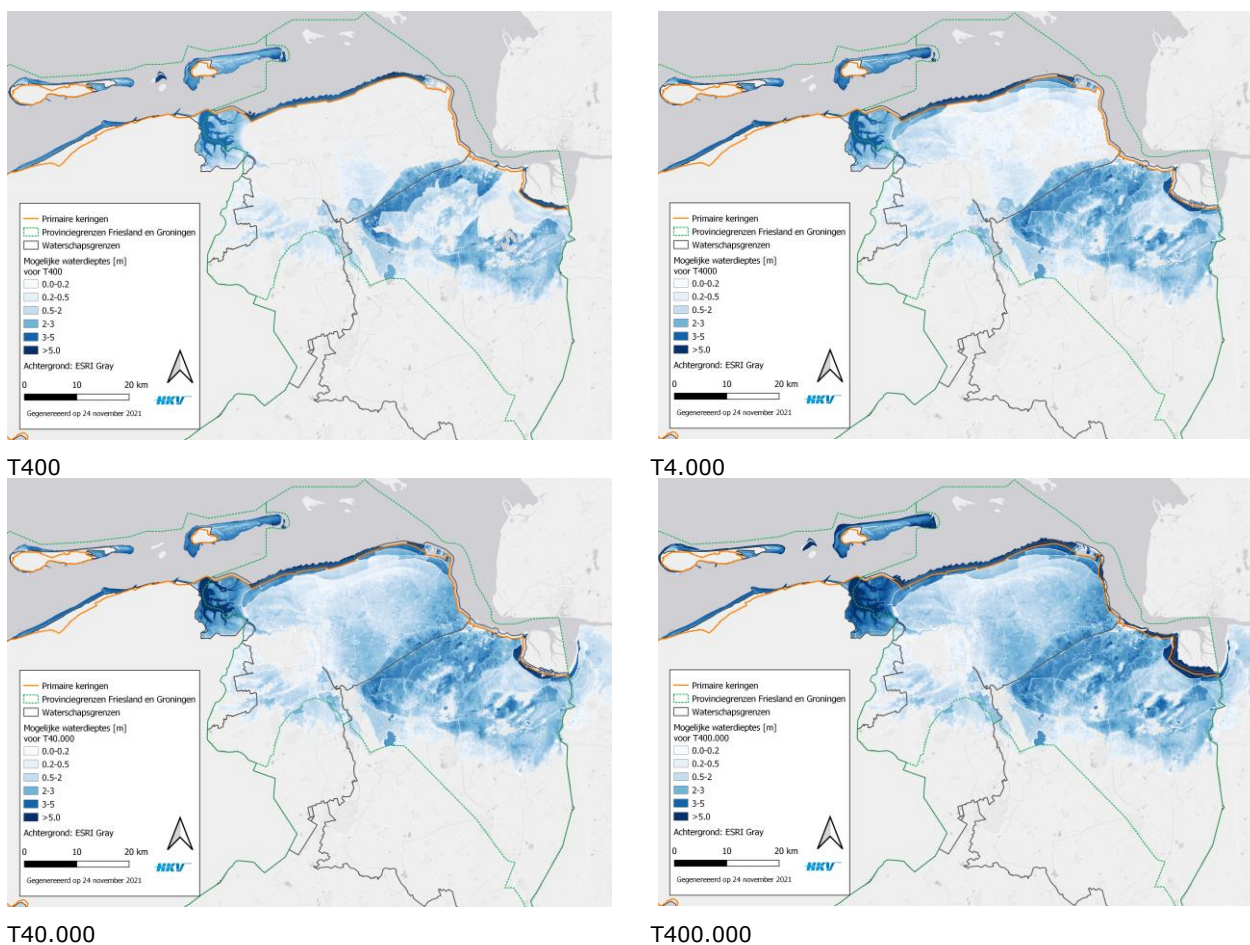


T100 (regionaal)



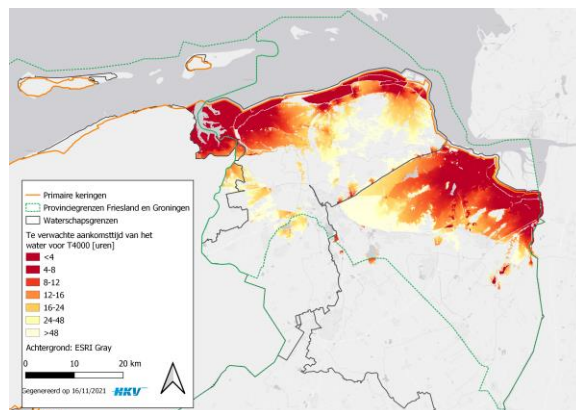
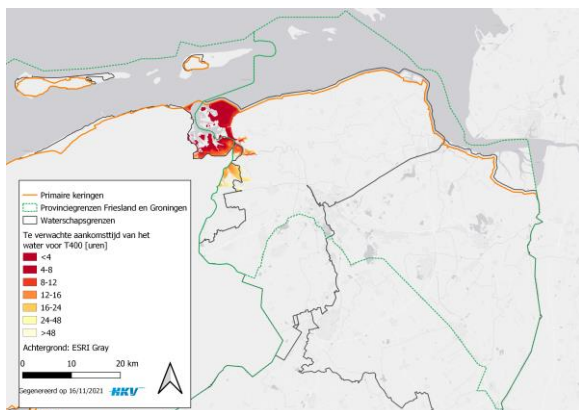
T10.000 Buitendijks

Figuur 9 Maximale waterdiepte voor dreigingsscenario's doorbraken van primaire waterkeringen

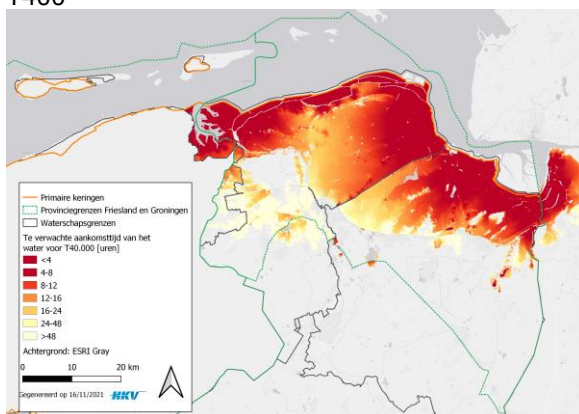


Per dreigingsscenario kan de aankomsttijd, de stijg- en stroomsnelheid worden bepaald. In deze rapportage zijn kaarten opgenomen horende bij het meest extreme dreigingsbeeld voor de aankomsttijd (Figuur 10), de stroomsnelheid (Figuur 11) en de stijgsnelheid (Figuur 12). In deze kaarten is alleen rekening gehouden met primaire waterkeringen. Deze kaarten geven een indicatief beeld van de ordegrootte. Zo wordt de kaart over aankomsttijden ook gedomineerd door de gekozen breslocaties. Echter ondanks deze onzekerheid blijken duidelijke contouren over gebieden die snel en later worden getroffen. Bij de interpretatie van deze kaart is het van belang om rekening te houden met de wind. De storm die de dijkdoorbraak zal veroorzaken zal nog 12-24 uur aan kunnen houden. Het gebied met een daadwerkelijk handelingsperspectief om zich nog te verplaatsen na een doorbraak is dus beperkt. De stroomsnelheid zal in het algemeen niet leiden tot gevaarlijke situaties, al kunnen er lokaal bij hoogteverschillen en vernauwingen wel hoge stroomsnelheden optreden die met de modellen niet berekend zijn omdat deze details niet in de modellen zitten. De stijgsnelheid kan op sommige plaatsen aanzienlijk zijn, deze plekken zijn dus relatief gevaarlijk.

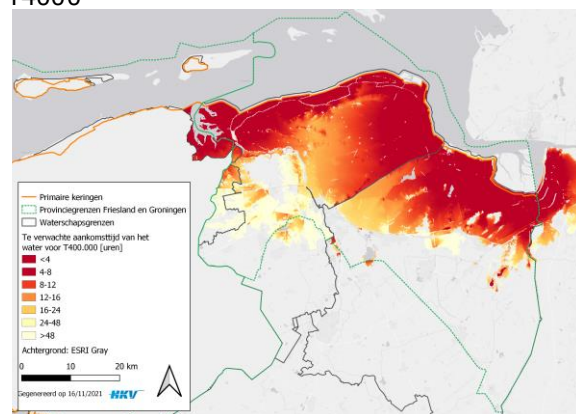
Figuur 10 Aankomsttijden. De aankomsttijd is uitgedrukt in uren na het ontstaan van de bres (het begin van de overstroming). We merken hierbij op dat de aankomsttijd sterk kan variëren per situatie. Daarnaast merken we op dat de overstromingen in onderstaande figuren altijd gepaard gaan met extreme wind (orkaankracht voor een periode van een dag voor de doorbraak tot 12 tot 24 na de doorbraak). Dat wil zeggen dat het in de rode en wellicht oranje gebieden niet mogelijk is om na een dijkdoorbraak te evacueren. Ook kunnen de vluchtmogelijkheden beperkt zijn door een mindere begaanbaarheid door windschade.



T400



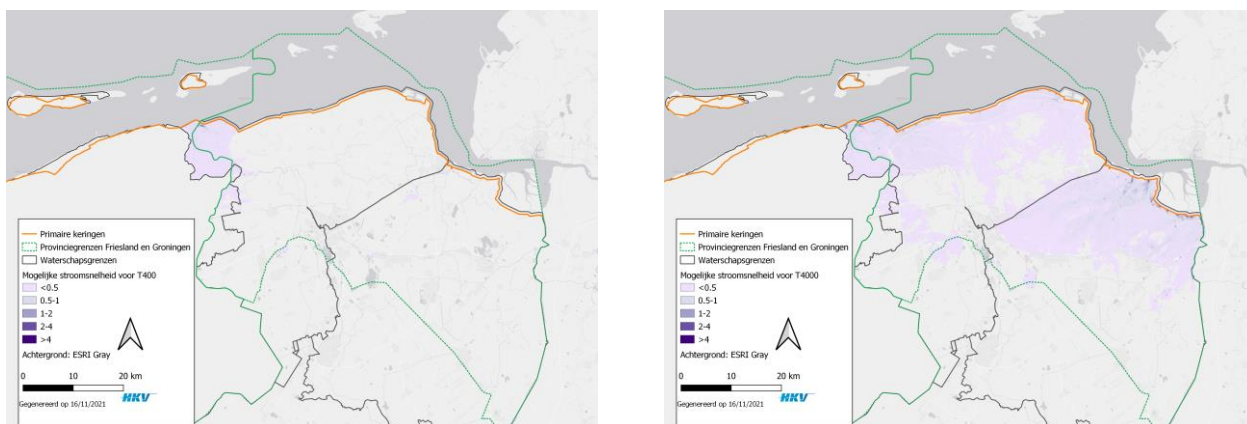
T4000



T40.000

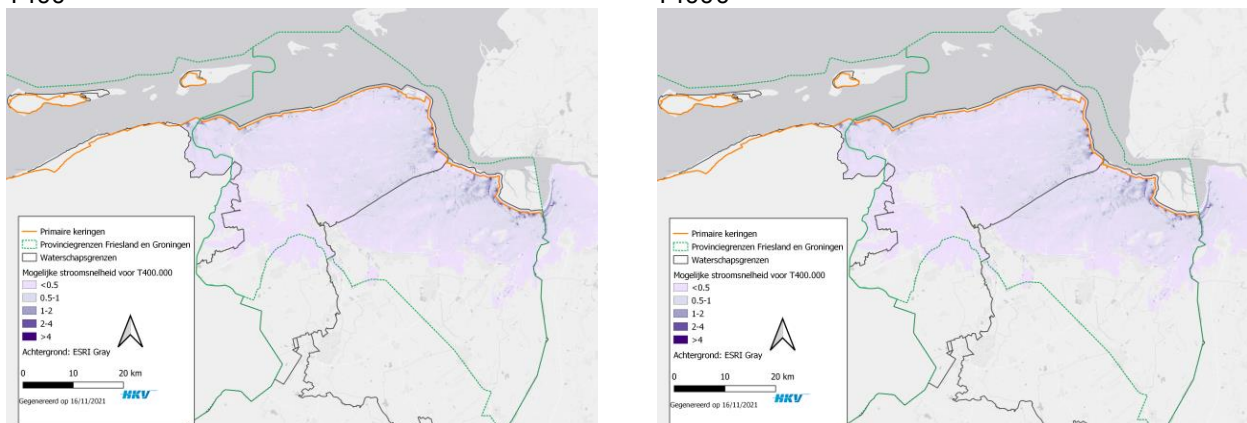
T400.000

Figuur 11 Stroomsnelheid. De stroomsnelheid is uitgedrukt in m/s.



T400

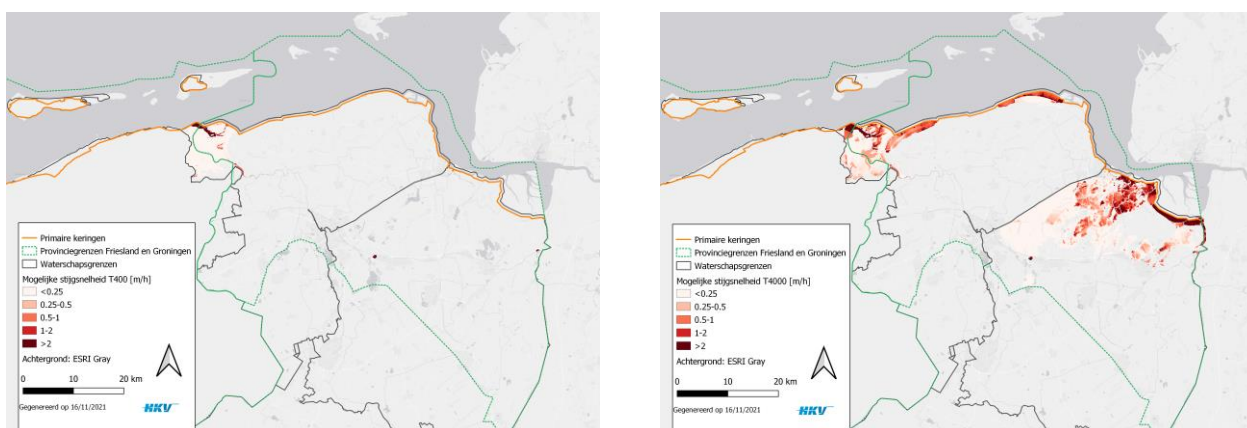
T4000



T400.000

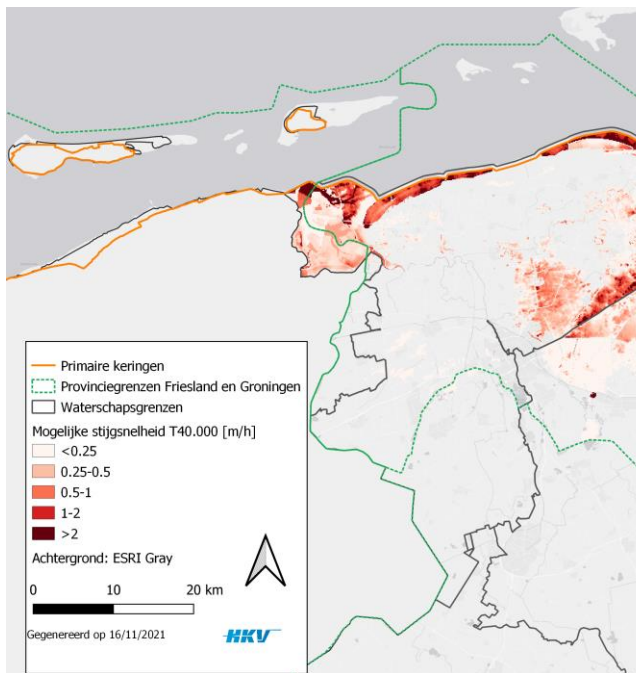
T4000.000

Figuur 12 Stijgsnelheid T400.000 jaar. De stijgsnelheid is uitgedrukt in meters per uur.

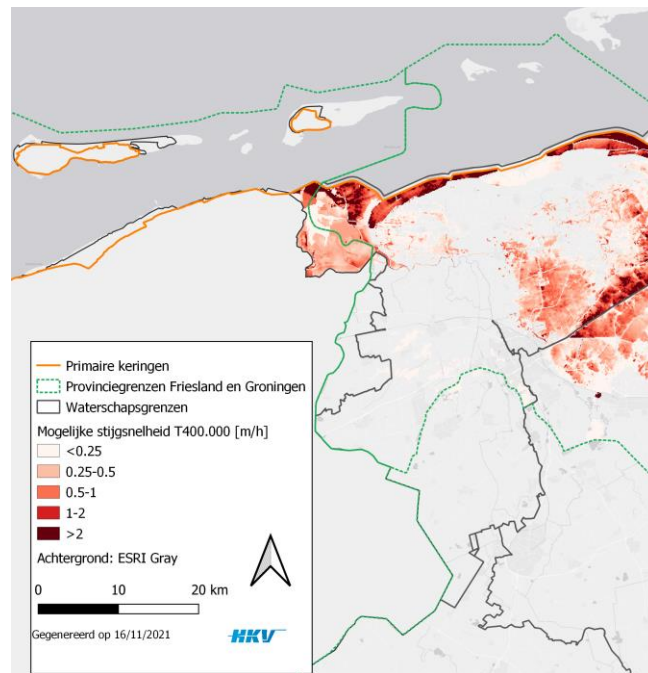


T400

T4000



T40.000



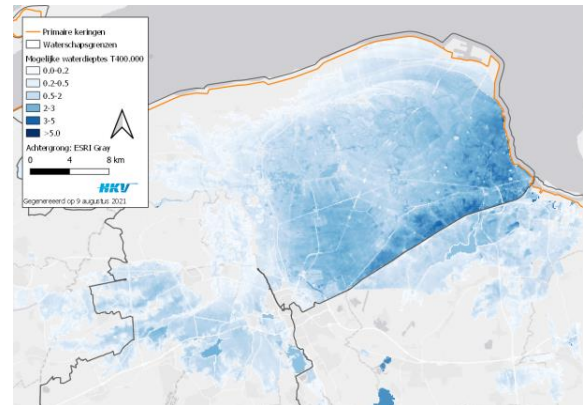
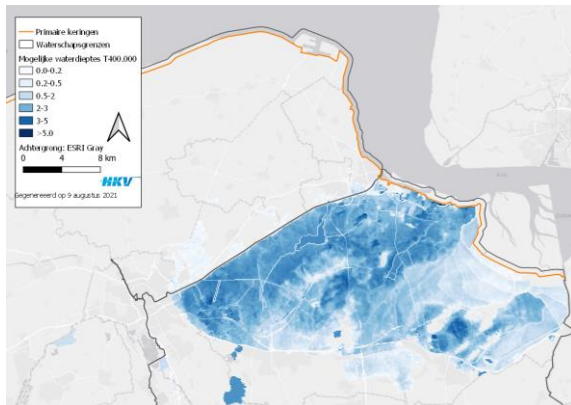
T400.000

Opgemerkt wordt dat de stijgsnelheid niet voor alle scenario's beschikbaar is. Hierdoor wijkt het getoonde gebied waarvoor de stijgsnelheid wel beschikbaar is af van het overstroomd gebied. De kaarten geven wel een orde grootte beeld over waar een hoge stijgsnelheid verwacht kan worden. Dat is dicht bij een bres en op locaties met groot verschil in maaiveldhoogte.

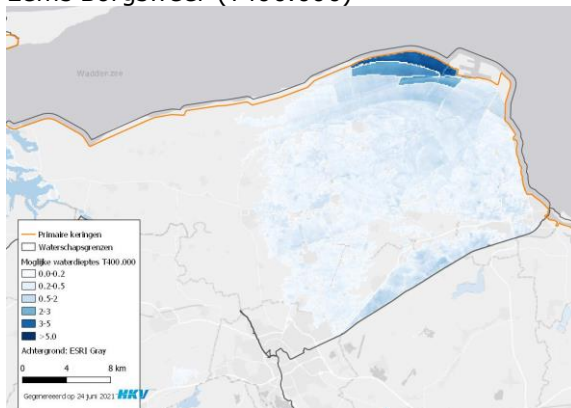
Individuele scenario's

In Figuur 13 zijn de maximale waterdieptes voor doorbraken van primaire keringen weergegeven voor individuele scenario's (gegeven een terugkeertijd). Als losse kaarten zijn de gevolgen ook gepresenteerd bij een beperkte set aan terugkeertijden, dit heeft vooral tot doel om het verschil in de mogelijke omvang van een overstrooming inzichtelijk te maken. Ook hier blijkt een duidelijk verschil in omvang door de belasting als de locatie van de doorbraak. In Figuur 15 zijn de maximale waterdieptes voor doorbraken van regionale keringen weergegeven. In de kaarten zijn enkele mogelijke scenario's opgenomen.

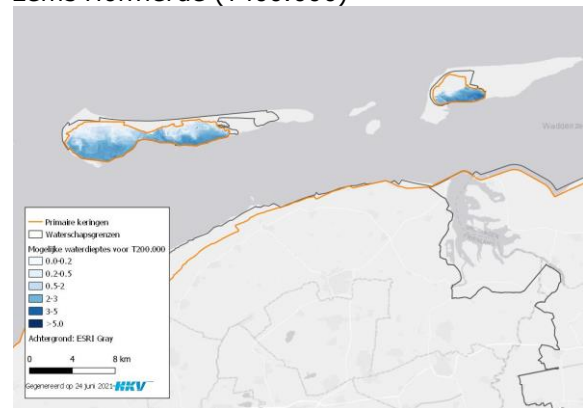
Figuur 13 Maximale waterdiepte voor individuele scenario's van primaire keringen.



Eems Borgweert (T400.000)



Eems Holwierde (T400.000)

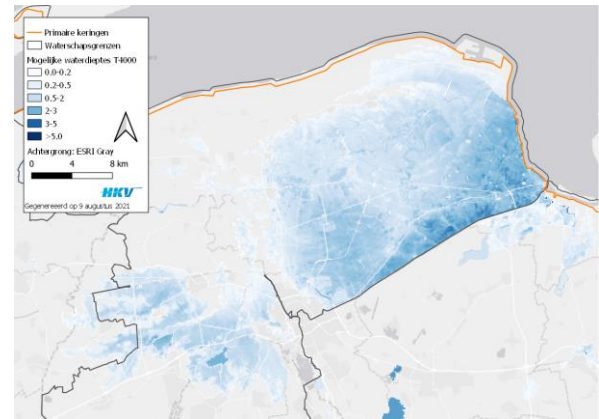
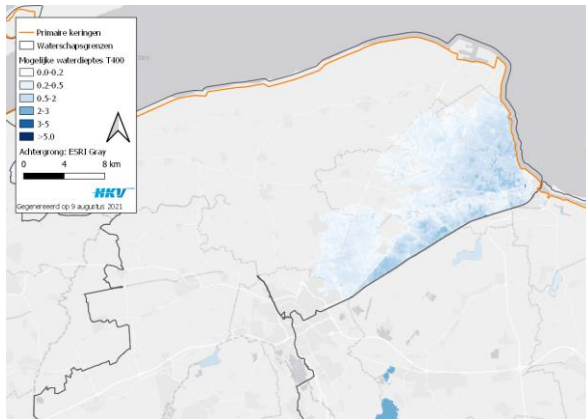


Eemshaven (T400.000)

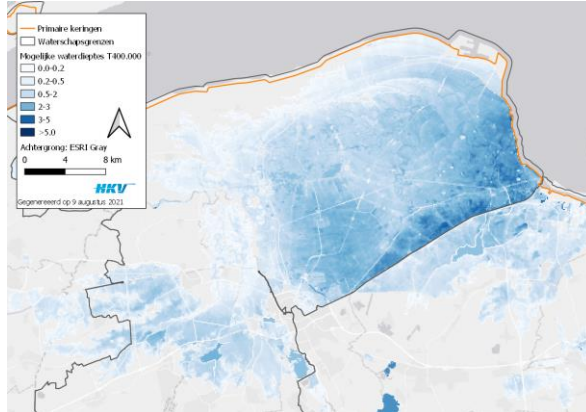
Waddenzee: Kloosterburen (T400.000)

In Figuur 14 is voor één locatie het gevolg van een overstroming gepresenteerd zoals die verwacht bij verschillende terugkeertijden van waterstanden op het buitenwater. Duidelijk is te zien dat de omvang (en impact) van een overstroming groter wordt als de waterstand op zee hoger is. Echter ook is te zien dat de mate waarin de gevolgen toenemen (omvang areaal gebied, schade en slachtoffers) relatief minder is dan de mate waarin de kans toeneemt. Tussen de terugkeertijden van de verschillende scenario's zit telkens een factor 10. De gevolgen nemen wel toe, maar (veel) minder dan een factor 10, en waarbij wordt opgemerkt dat de verschillen afnemen naarmate de situaties extremer worden.

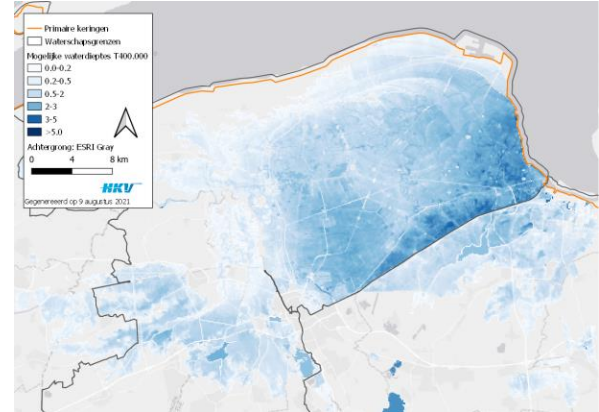
Figuur 14 Relatie terugkeertijd en maximale waterdiepte en omvang voor locatie Holwierde.



T400



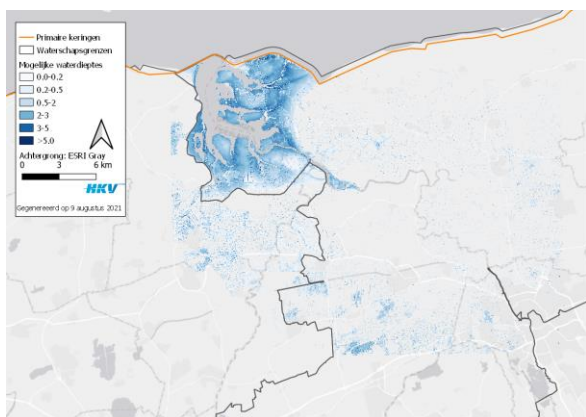
T4.000



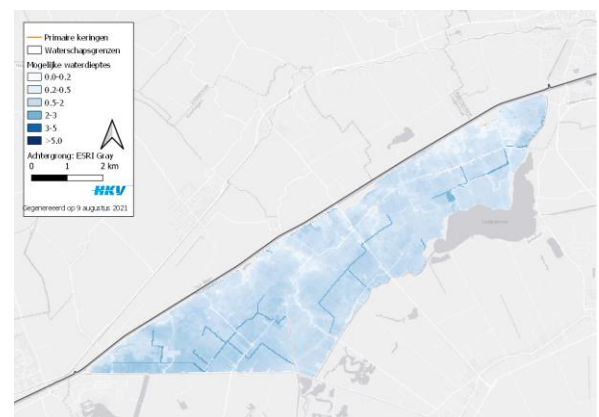
T40.000

T400.000

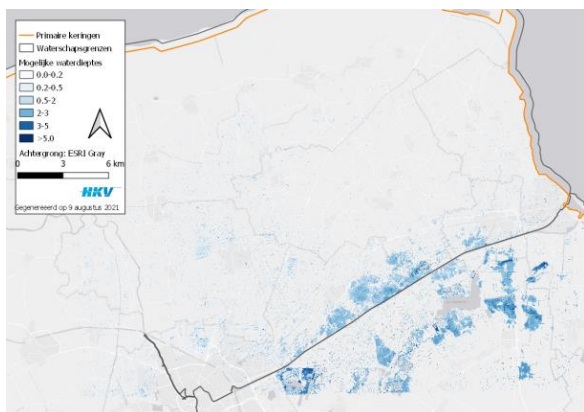
Figuur 15 Maximale waterdiepte voor individuele scenario's van regionale keringen.



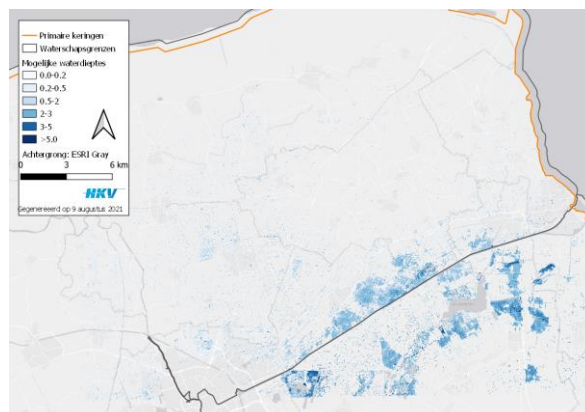
Manderwaard.



Schildmeer.



Woltersum



Groningen stad.

4.3

Kaart 2: Vitale infrastructuur en bedrijven met gevaarlijke stoffen

In Tabel 3 is een overzicht opgenomen van het aantal vitale objecten dat getroffen wordt door de overstroming en hoeveel er uitvallen na overschrijden van de kritieke waterdiepte. Middels de GIS analyse en de database kan er ook een onderscheid naar type object en de maximale waterdiepte worden opgesteld.

Tabel 3 Aantal blootgestelde en uitgevallen vitale objecten voor dreigingsscenario's in Groningen en voor de individuele scenario's.

Individuele scenario's.

Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													
Individuele scenario's.													

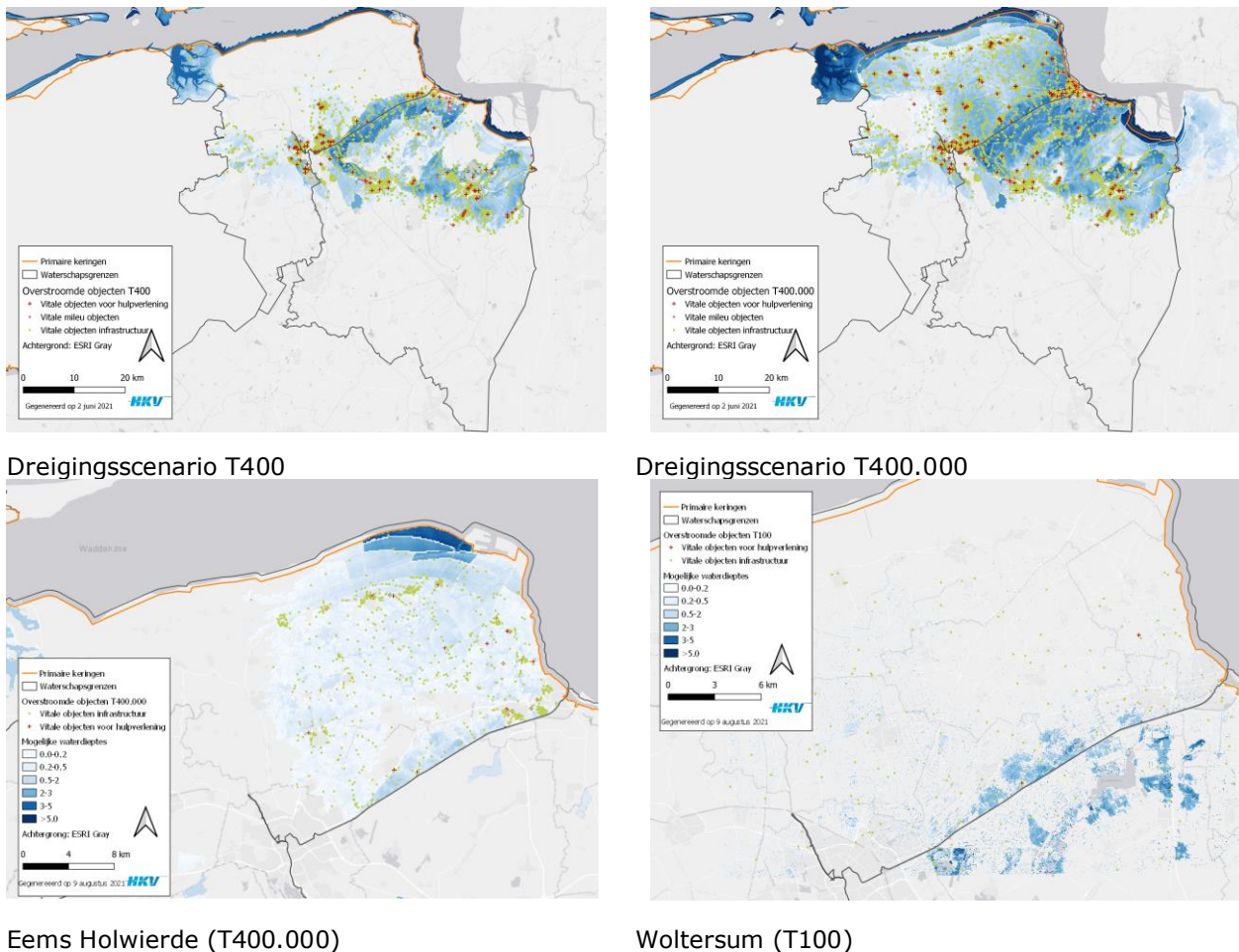
4.3.1

Blootstelling aan overstroming

De blootstelling van vitale objecten aan de overstroming is per dreigingsscenario en individueel scenario bepaald. Blootstelling betekent dat er water bij het object staat, er hoeft dan nog geen sprake te zijn van uitval. In dit hoofdstuk zijn kaarten opgenomen voor:

- 2 dreigingsscenario's voor T400 en T400.000. Gekozen is voor deze twee terugkeertijden om het verschil te laten zien tussen een scenario met een kleine omvang en de grootste omvang. De daadwerkelijke gevolgen hangen dus af van de omstandigheden op het buitenwater.
- 2 mogelijke individuele scenario's Eems Holwierde (doorbraak primaire kering), Woltersum (regionale keringen). Voor Eems Holwierde is worst case scenario getoond, voor Woltersum het scenario dat hoort bij de normstelling van de waterkering.

Figuur 16 Blootstelling vitale objecten voor enkele scenario's.



4.3.2

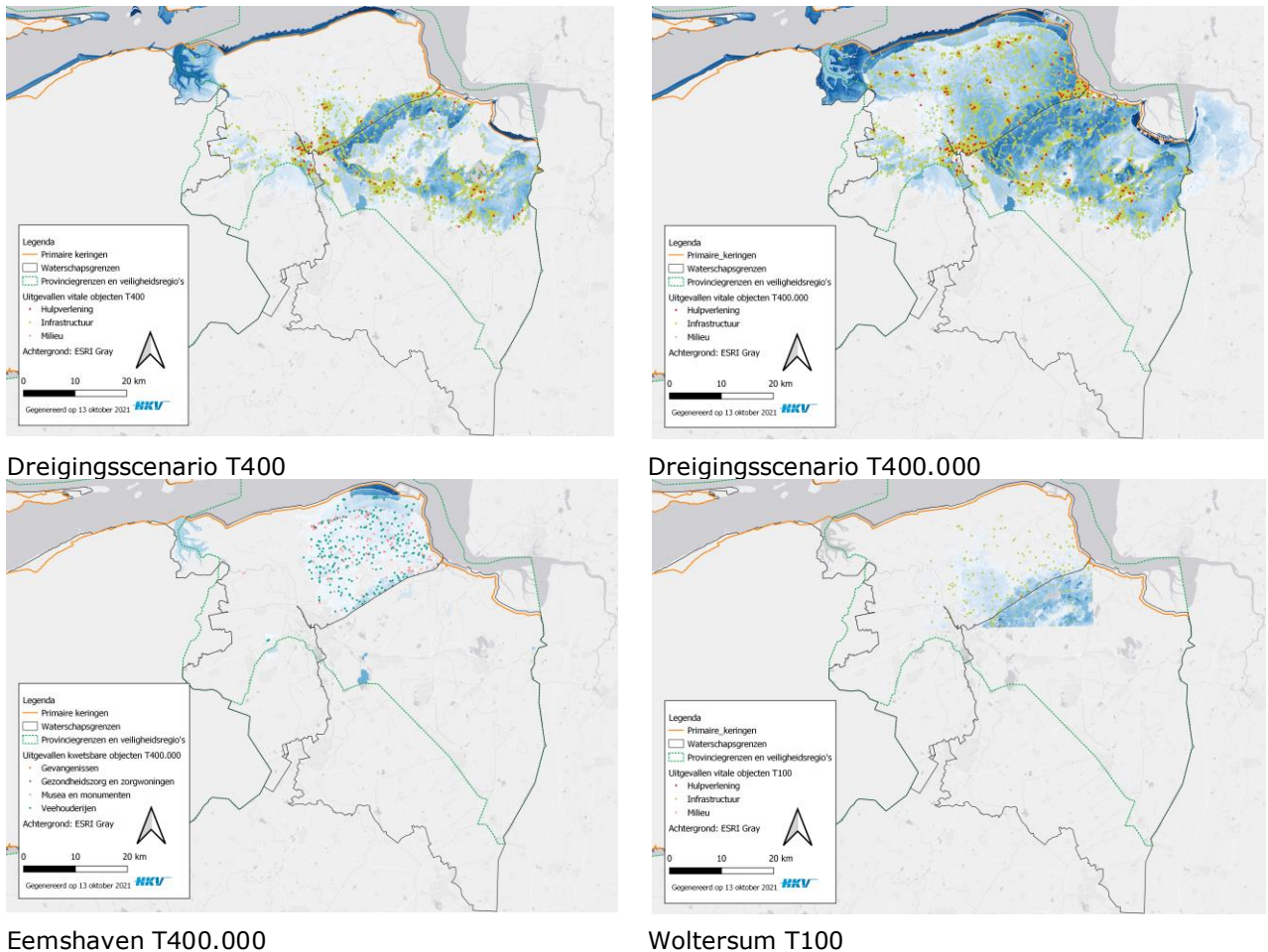
Uitval als gevolg van kritieke waterdiepte

De uitval van vitale objecten door de overstroming is per dreigingsscenario en individueel scenario bepaald. Uitval treedt op als de waterdiepte bij het object groter is dan de kritieke waterdiepte (zie hoofdstuk 3.2). In dit hoofdstuk zijn kaarten opgenomen voor:

- 2 dreigingsscenario's voor T400 en T400.000. Gekozen is voor deze twee terugkeertijden om het verschil te laten zien tussen een scenario met een kleine omvang en de grootste omvang. De daadwerkelijke gevolgen hangen dus af van de omstandigheden op het buitenwater.
- 2 mogelijke individuele scenario's Eems Holwierde (doorbraak primaire kering), Woltersum (regionale keringen). Voor Eems Holwierde is worst case scenario getoond, voor Woltersum het scenario dat hoort bij de normstelling van de waterkering.

case scenario getoond, voor Woltersum het scenario dat hoort bij de normstelling van de waterkering.

Figuur 17 Uitval vitale objecten voor enkele scenario's.



Voor een aantal objecten is er ook uitval te verwachten buiten het overstroomd gebied. Het gaat hierbij om 2 locaties in Groningen voor de drinkwatervoorziening:

- N.V. Waterbedrijf Groningen in Onnen, deze kan overstromen bij een doorbraak van een regionale waterkering vanaf T100 (het verdient aanbeveling nader te onderzoek of het doorbraakscenario van de regionale waterkering in LIWO niet gebaseerd is op te conservatieve uitgangspunten).
- N.V. Waterbedrijf Groningen in Groningen (deze overstroomd bij een belasting extremer of gelijk aan 40.000 jaar in geval van een doorbraak van een primaire kering.

4.4

Kaart 3: Kwetsbare objecten

In Tabel 4 is een overzicht opgenomen van het aantal kwetsbare objecten dat getroffen wordt door de overstroming en hoeveel er uitvallen na overschrijden van de kritieke waterdiepte. Middels de GIS analyse en de

database kan er ook een onderscheid naar type object en de maximale waterdiepte worden opgesteld.

Tabel 4 Aantal blootgestelde en uitgevallen kwetsbare objecten voor dreigingsscenario's in Groningen) en individuele scenario's.

Individuele scenario's.

T100		T400		T4.000		T40.000		T400.000		T10.000 (buitendij ks)			
Nat	898	923		1,156		2,435		2,628		1			
Uitval	22	774		787		862		2,210		1			
Eems Borgsweer		Eems Holwerde	Klooster-buren	Eemshaven	Dollard-boezem 1	Dollard-boezem 2	Dollard-boezem 3	Dollard-boezem 4	Mander-waard	Meeden	Schildmeer	Win--schoter-diep	Woltersum
Nat	645	2079	871	569	31	17	2	2	16	1	47	5	163
Uitval	592	1849	670	362	30	17	0	2	8	1	35	5	83

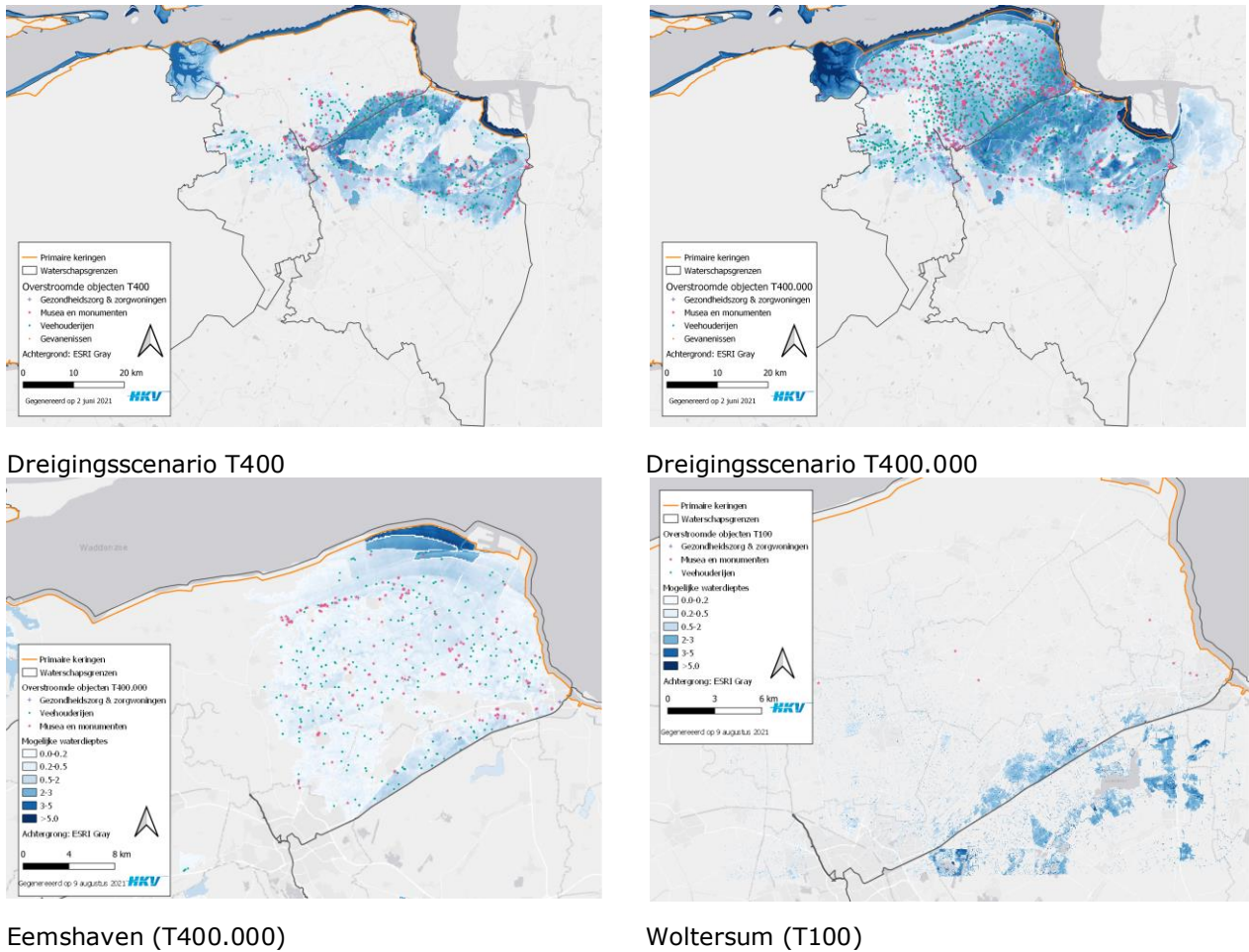
4.4.1

Blootstelling aan overstroming

De blootstelling van kwetsbare objecten aan de overstroming is per dreigingsscenario en individueel scenario bepaald. Blootstelling betekent dat er water bij het object staat, er hoeft dan nog geen sprake te zijn van uitval. In dit hoofdstuk zijn kaarten opgenomen voor:

- 2 dreigingsscenario's voor T400 en T400.000. Gekozen is voor deze twee terugkeertijden om het verschil te laten zien tussen een scenario met een kleine omvang en de grootste omvang. De daadwerkelijke gevolgen hangen dus af van de omstandigheden op het buitenwater.
- 2 mogelijke individuele scenario's Eems Holwierde (doorbraak primaire kering), Woltersum (regionale keringen). Voor Eems Holwierde is worst case scenario getoond, voor Woltersum het scenario dat hoort bij de normstelling van de waterkering.

Figuur 18 Blootstelling kwetsbare objecten voor enkele scenario's.



Daarnaast kunnen ook veehouderijen worden getroffen door de overstroming. In bijlage B is een overzicht opgenomen van aantal getroffen rundvee, geiten, varkens en kippen per landbouwregio voor de verschillende dreigingsscenario's.

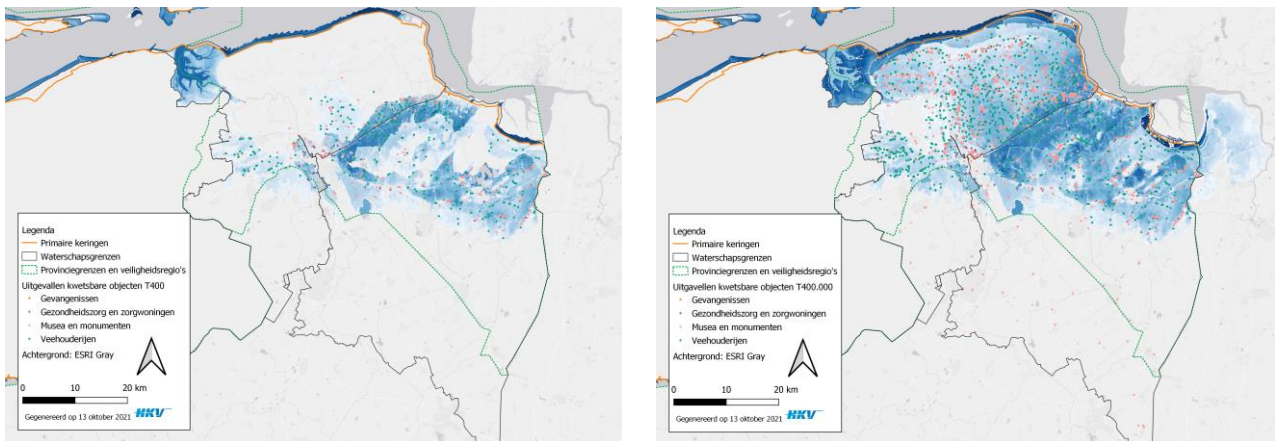
4.4.2

Uitval als gevolg van kritieke waterdiepte

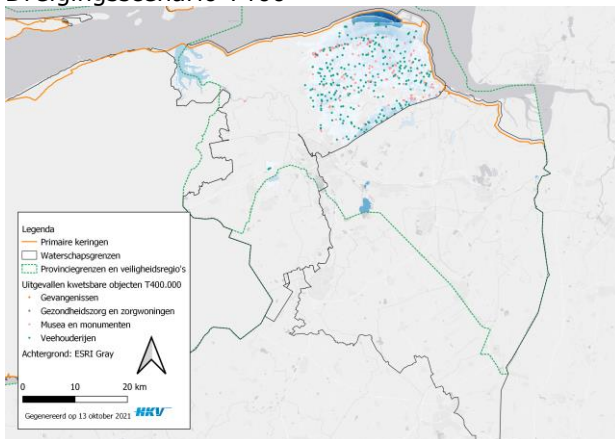
De uitval van kwetsbare objecten aan de overstroming is per dreigingsscenario en individueel scenario bepaald. Uitval treedt op als de waterdiepte bij het object groter is dan de kritieke waterdiepte (zie hoofdstuk 3.2). In dit hoofdstuk zijn kaarten opgenomen voor:

- 2 dreigingsscenario's voor T400 en T400.000. Gekozen is voor deze twee terugkeertijden om het verschil te laten zien tussen een scenario met een kleine omvang en de grootste omvang. De daadwerkelijke gevolgen hangen dus af van de omstandigheden op het buitenwater.
- 2 mogelijke individuele scenario's Eems Holwierde (doorbraak primaire kering), Woltersum (regionale keringen). Voor Eems Holwierde is worst case scenario getoond, voor Woltersum het scenario dat hoort bij de normstelling van de waterkering.

Figuur 19 Uitval kwetsbare objecten voor enkele scenario's.

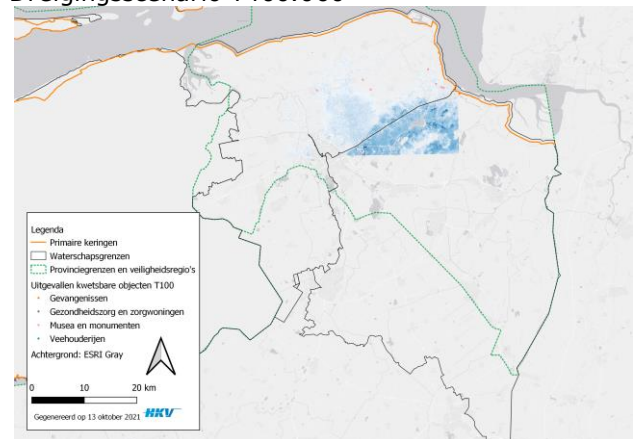


Dreigingsscenario T400



Eemshaven (T400.000)

Dreigingsscenario T400.000



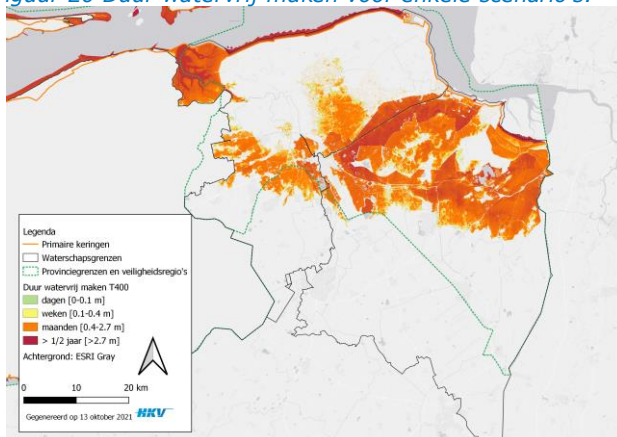
Woltersum (T100)

4.5

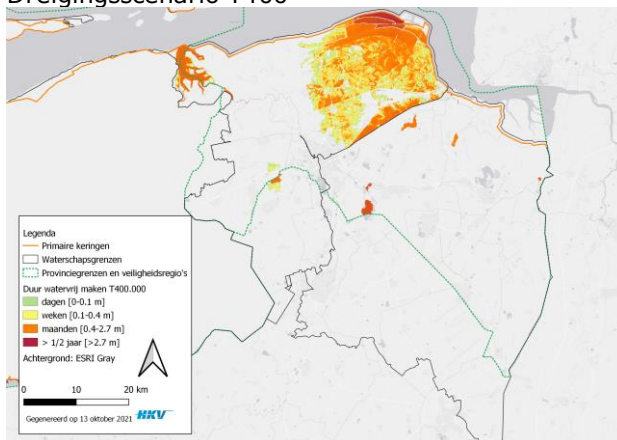
Kaart 4: Duur watervrij maken als variabele parameter in herstelduur.

De duur voor het watervrij maken is bepaald op basis van de maximale waterdiepte en de ontwerp afvoercapaciteit van een watersysteem. In Figuur 20 is een schatting opgenomen van de duur van het watervrij maken. Deze duur kan verkort worden als er meer noodpompen zijn of als er veel water onder vrij verval kan worden geloosd. Deze duur wordt langer als het watersysteem schade heeft ondervonden door de overstroming. De overige factoren die van belang zijn voor het herstel van een gebied zijn opgenomen in hoofdstuk 3.4.

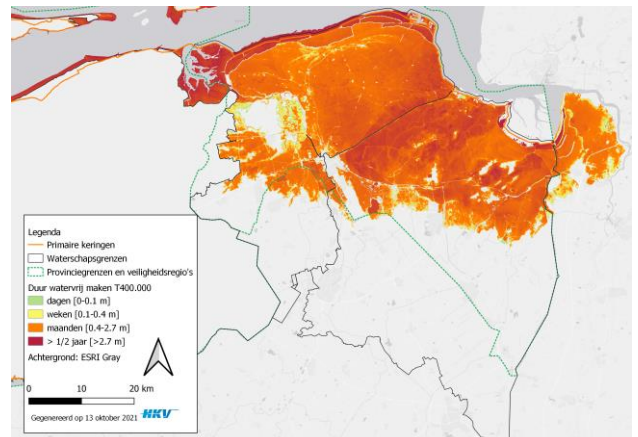
Figuur 20 Duur watervrij maken voor enkele scenario's.



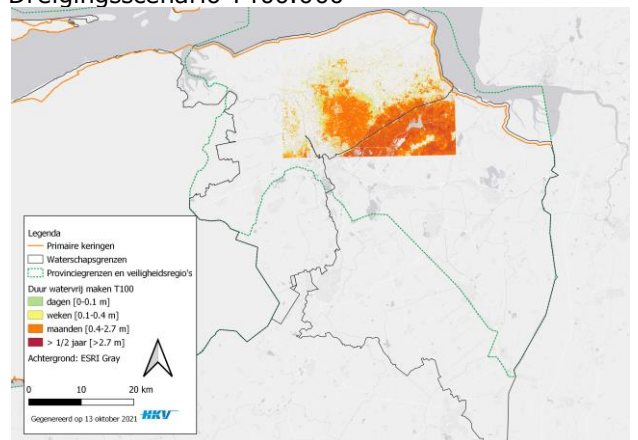
Dreigingsscenario T400



Eemshaven (T400.000)



Dreigingsscenario T400.000

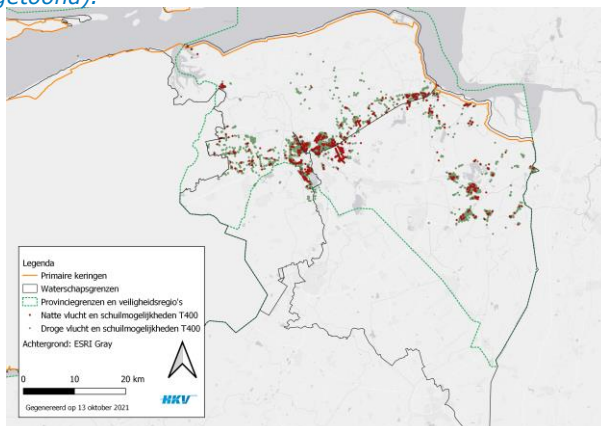


Woltersum (T100)

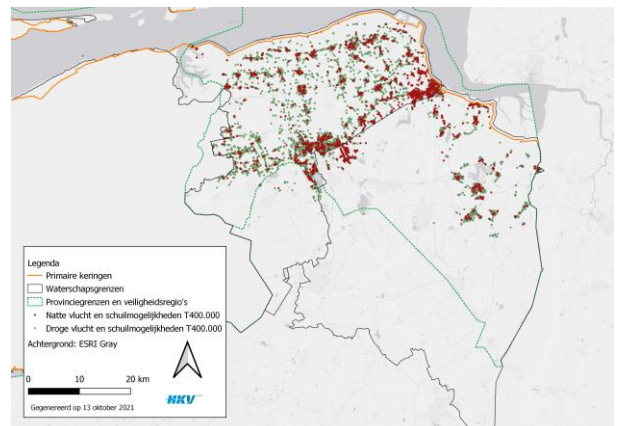
4.6 Kaart 5: Schuil en vluchtplaatsen

In Figuur 21 is een overzicht opgenomen van de beschikbare droge verdiepingen bij gebouwen die in aanmerking komen als vluchtplaats.

Figuur 21 Vlucht en schuilplaatsen (van objecten die overstroom, de overige objecten zijn niet op de kaart getoond).



Dreigingsscenario T400



Dreigingsscenario T400.000

5 Vervolgstappen

Dit onderzoek is onderdeel van de impactanalyse hoogwater van veiligheidsregio's Fryslân en Groningen op basis van de opgestelde handreiking. De focus in deze handreiking ligt op de overstromingsscenario's en de impact op de vitale en kwetsbare infrastructuur. De behaalde resultaten, en dan specifiek de data, kunnen worden gekoppeld aan de informatiesystemen van de veiligheidsregio. Op deze manier is deze informatie ook operationeel beschikbaar. Het verdient aanbeveling om eens in de aantal jaar de impactanalyse te actualiseren, zodat aangesloten kan worden bij nieuwe overstromingsscenario's en de lijst met kwetsbare en vitale objecten (zoals die wordt beheerd door de Veiligheidsregio's) kan worden bijgesteld. Een voor de hand liggend ritme is om hierbij aan te sluiten bij de aanlevering van de gegevens voor de Europese Hoogwater Richtlijn.

De vervolgstap is om handelingsperspectieven te ontwikkelen. Onderdeel hiervan zijn evacuatiestrategieën om slachtoffers te voorkomen. Uit het onderzoek blijkt dat er soms onvoldoende tijd is voor alle inwoners die bedreigd zijn om tijdelijk het gebied te kunnen verlaten. Dat geldt ook voor vee. Binnen ieder gebied, gegeven de gebouwen die er al staan, zijn er ook mogelijkheden om te schuilen en zo de overlevingskansen te vergroten als evacueren niet mogelijk is. Daarom wordt aanbevolen om het handelingsperspectief zo vorm te geven dat mensen of uit het gebied zijn, of een schuilplaats hebben gevonden op het verwachte moment van falen van de waterkering. Hierbij zal ook rekening moeten worden gehouden met extreme wind en de schade die deze veroorzaakt.

Op basis van het onderzoek is een aantal aanbevelingen opgesteld:

- Basisinformatie:
 - De beschikbare informatie over doorbraken van regionale keringen op LIWO is verouderd en te conservatief. Ook zijn er meer realistische scenario's beschikbaar. Aanbevolen wordt de doorbraakscenario's te updaten. Dat kan door deze op te nemen in de Landelijke Database Overstromingen zoals die beheerd wordt door het IPO. LIWO wordt jaarlijks geactualiseerd op basis van deze scenario's.
 - Het overzicht van de vitale en kwetsbare objecten is gebaseerd op de risicokaart. Aanbevolen wordt na te gaan of de verschillende bronhouders op basis van gelijke criteria bepalen welke objecten op deze lijst horen. Deze lijst is ook niet statisch, aanbevolen wordt om bij updates van informatie over overstromingen ook de actuele lijst te gebruiken.
- Kwetsbaarheid en hersteltijd vitale en kwetsbare objecten verder uitwerken. Aanbevolen wordt om voor de belangrijkste kwetsbare en vitale objecten een waterrisicoprofiel (<https://mijnwaterrisicoprofiel.nl/>) op te stellen en de impact te schatten bij uitval. Het waterrisicoprofiel beschrijft voor het object zelf wat de kans is van voorkomen van een

bepaalde waterdiepte. Dit profiel geeft de mogelijkheid dat de objecteigenaar kan bepalen wanneer kritieke assets uitvallen en hier ook maatregelen op kan nemen. Ook de impact kan worden geschat in termen van schade en economische ontwrichting. Deze schatting, opgesteld door of samen met de beheerder, kan de veiligheidsregio helpen om meer zicht te krijgen op de maatschappelijke impact en om maatregelen en/of risicocommunicatie te agenderen.

- Speciale aandacht is nodig voor de continuïteit van de gas- (en elektriciteits)voorziening. Onduidelijk is in welke mate de kwetsbaarheid voor de uitval van gas voor huishoudens in Nederland is veranderd nu de gaswinning in Nederland gaat stoppen en er gas wordt geïmporteerd wat moet worden gemengd voor gebruik. Ook wordt aanbevolen om de uitkomsten voor de energiecentrale in de Eemshaven te verifiëren.
- De impactanalyse gaat uit van het heden. Dat betekent dat uitgegaan is van huidige dijksterkte, het huidige klimaat maar ook de huidige ruimtelijke inrichting en het waterbewustzijn. Op dit moment is er veel aandacht voor ruimtelijke adaptatie en de Omgevingswet. Ook is het duidelijk dat het klimaat verandert zoals blijkt uit de recente IPCC rapporten en het Klimaatsignaal 2021 van het KNMI. Ook voor de veiligheidsregio is de Omgevingswet een interessant terrein wat benut kan worden om de toekomstige ruimtelijke omgeving te beïnvloeden. Denk hierbij aan (grote) vluchtplaatsen, betere evacuatiemogelijkheden en wellicht het vergroten van de beschikbare tijd door het beïnvloeden van het faalproces van waterkeringen.

Bijlagen

A Scenariolijst

In dit overzicht zijn de relevante scenario's opgenomen voor Fryslân en Groningen. Het totaal overzicht is opgenomen omdat overstromingen zich niet aan de bestuurlijke grenzen houden.

A.1

Primaire waterkeringen

Voor ieder overstromingsscenario is bekend wat de omstandigheden zijn waarvoor deze is opgesteld. Het gaat hierbij het waterstandsverloop en hoe extreem dat is. Of een overstroming ook kan voorkomen is ook afhankelijk van de sterkte van de keringen. Is de kering heel sterk dan zal deze bijvoorbeeld niet falen bij lage waterstanden. Het kan zijn dan er voor deze situatie een overstromingsscenario beschikbaar is, maar dat is dan buiten beschouwing gelaten. Per klasse van terugkeertijd zoals dat in de dreigingsscenario's is onderscheiden is bepaald welke overstromingsscenario's relevant zijn.

Hierbij merken we nog op dat de actuele faalkansen conservatief (dus hoog) zijn. Dit komt door de definitie die is gehanteerd voor falen, het gaat vooral om beginnend falen waarbij er nog reststerkte is. Daarnaast zal het waterschap nog beheermaatregelen nemen waardoor het beeld verfijnt kan worden.

Beheergebied Wetterskip Fryslân:

- Dreigingsscenario's: Overstromingsscenario's per breslocatie beschikbaar op LIWO
- Individuele scenario's: Voor drie locaties worden scenario's verder uitgewerkt:
 - IJsselmeer: Workumer Nieuwland
 - Waddenzee: Sexbierum
 - Waddenzee: Vlieland, Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog

Beheergebied Waterschap Noorderzijlvest:

- Dreigingsscenario's: Overstromingsscenario's per breslocatie beschikbaar op LIWO
- Individuele scenario's: Voor drie locaties worden scenario's verder uitgewerkt:
 - Waddenzee: Kloosterburen
 - Waddenzee: Westelijk van Eemshaven
 - Eems: Holwierde (ten noorden van Eemskanaal)

Beheergebied Hunze & Aa's:

- Dreigingsscenario's: Overstromingsscenario's per breslocatie beschikbaar op LIWO

- Individuele scenario's: Voor één locatie wordt een scenario verder uitgewerkt:
 - Eems: Borgsweer (ten zuiden van Eemskanaal)

A.2

Regionale waterkeringen

Verondersteld is dat de norm van de regionale keringen gelijk is aan de faalkans van deze keringen. Voor iedere regionale waterkering is het uitgangspunt dat de waterkering overstroomt en breekt bij de herhalingstijd van de waterstand van de beschikbare scenario's. Dit is een wat pessimistische inschatting omdat de faalkans kleiner is dan de norm die is uitgedrukt in een overschrijdingskans van enkel de waterstand. Omdat de relatie hiertussen niet exact bekend is, is in overleg besloten om de norm gelijk te stellen aan de overstromingskans.

Beheergebied Wetterskip Fryslân:

- Dreigingsscenario's: Één gecombineerd (alle polders) overstromingsscenario voor hele boezem Friesland bij $T = 100$ jaar. Deze zijn met het bakjesmodel¹² gemaakt. Bron LIWO
- Individuele scenario's: Voor vier gebieden worden scenario's (3Di-model¹³) verder uitgewerkt:
 - Buitenpost
 - Makkum
 - Joure
 - Delfstrahuizen

Beheergebied Waterschap Noorderzijlvest:

- Dreigingsscenario's: Scenario's per polder beschikbaar bij $T = 100$ jaar. Deze zijn met het bakjesmodel gemaakt. Bron LIWO.
- Individuele scenario's: Voor twee gebieden worden scenario's (Tygron-model) verder uitgewerkt:
 - Eemskanaal: Woltersum
 - Groningen Stad
 - Manderwaard i.v.m. Lauwersoog. Overlap met Friesland.

Beheergebied Hunze & Aa's:

- Dreigingsscenario's: Scenario's per polder beschikbaar bij $T = 100$ jaar. Deze zijn met het bakjesmodel gemaakt. Bron LIWO.
- Individuele scenario's: Voor twee gebieden worden scenario's (Sobek-model) verder uitgewerkt:
 - Winschoten vanuit Winschoterdiep
 - Tussenklapperpolder vanuit Winschoterdiep / A.G. Wildervanckkanaal

¹² Met een bakjesmodel worden berekeningen gemaakt op basis van een balans. De beschikbare hoeveelheid water in een boezem wordt bepaald waarna gegeven de mogelijke berging in een gebied bepaald kan worden wat de waterdiepte is.

¹³ Dit is een hydrologisch model waarmee dynamisch kan worden gerekend. D-Hydro, Sobek, 3Di en Tygron zijn allen min of meer vergelijkbare pakketten waarmee simulaties kunnen worden opgesteld. De keuze voor een bepaald model wordt gemaakt door de modelleur.

A.3

Extreme neerslag

Beheergebied Wetterskip Fryslân:

- Bui 100 mm in 48 uur en Bui 120 mm in 48 uur
- <https://opendatafriesland-klimaatatlas.opendata.arcgis.com/>

Beheergebied Waterschap Noorderzijlvest:

- Een berekening op basis van een neerslaghoeveelheid van 90 mm in 1 uur. In het huidige klimaat komt een dergelijke bui op een specifieke locatie eens per 500 jaar voor.
- Model Tygron, toelevering door waterschap

Beheergebied Hunze & Aa's:

- Een indicatie van de maximale waterdiepte die op een plek kan optreden als gevolg van kortdurende intense neerslag. Voor de modellering is een bui gebruikt van 140 mm in 2 uur. Onder het huidige klimaat komt deze bui circa 1 keer in de 1000 jaar voor.
- <https://basisinformatie-overstromingen.nl>

A.4

Buitendijks gebied

Voor buitendijkse overstromingsscenario's is uitgegaan van LIWO. Het meest extreme scenario heeft een terugkeertijd van 1/10.000 per jaar. Voor de extreme dreigingsklassen is dit scenario ook gebruikt. Dat is dus een onderschatting van de werkelijke waterdiepte.

B Inschatting aantal getroffen veedieren

In deze bijlage wordt een inschatting gegeven van het aantal getroffen veedieren (rundvee, geiten, varkens en kippen) per dreigingsscenario. Hierbij is gebruik gemaakt van de CBS statistieken van het aantal veedieren per CBS landbouwgebied (4 gebieden in Friesland, 5 in Groningen)¹⁴, het aantal veehouderijen in het overstroomd gebied per dreigingsscenario en het totaal aantal veehouderijen per CBS landbouwgebied.

*Figuur 22
CBS
Landbouwgebieden
2020.*



¹⁴ <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/80781ned/table?ts=1622711879363>

*Tabel 5
Inschatting aantal
getroffen veedieren
in overstroomd
gebied.*

CBS Landbouwgebied	Inschatting aantal rundvee in overstroomd gebied				
	T100	T400	T4000	T40000	T400000
Centraal Weidegebied in Groningen	7126	7126	7270	10869	10941
Oostelijke Bouwstreek in Groningen	25608	25608	35372	40530	40990
Westerwolde en Groninger Veenkoloniën	3718	3718	3797	3797	3876
Groninger zuidelijk Westerkwartier	6514	7405	8845	17964	21118
Oostelijk Hogeland	3728	3728	21677	46389	47776
Noordelijk Friesland	5110	5110	65790	74733	80481
Weidestreek in Friesland	49189	49676	134417	155846	159255
De Wouden	28286	28286	35548	45487	53896
Eilanden	244	244	2192	4750	4750

CBS Landbouwgebied	Inschatting aantal geiten in overstroomd gebied				
	T100	T400	T4000	T40000	T400000
Centraal Weidegebied in Groningen	93	93	95	142	143
Oostelijke Bouwstreek in Groningen	1491	1491	2060	2360	2387
Westerwolde en Groninger Veenkoloniën	522	522	533	533	544
Groninger zuidelijk Westerkwartier	447	509	608	1234	1451
Oostelijk Hogeland	72	72	419	896	923
Noordelijk Friesland	457	457	5881	6680	7194
Weidestreek in Friesland	1750	1768	4783	5545	5667
De Wouden	1122	1122	1410	1804	2137
Eilanden	1	1	7	16	16

CBS Landbouwgebied	Inschatting aantal varkens in overstroomd gebied				
	T100	T400	T4000	T40000	T400000
Centraal Weidegebied in Groningen	1	1	1	2	2
Oostelijke Bouwstreek in Groningen	53193	53193	73475	84191	85147
Westerwolde en Groninger Veenkoloniën	8335	8335	8513	8513	8690
Groninger zuidelijk Westerkwartier	6240	7094	8473	17209	20231
Oostelijk Hogeland	150	150	873	1868	1924
Noordelijk Friesland	723	723	9310	10576	11389
Weidestreek in Friesland	5969	6028	16311	18911	19325
De Wouden	9364	9364	11768	15058	17841
Eilanden	0	0	0	1	1

CBS Landbouwgebied	Inschatting aantal kippen in overstroomd gebied				
	T100	T400	T4000	T40000	T400000
Centraal Weidegebied in Groningen	55195	55195	56310	84186	84743
Oostelijke Bouwstreek in Groningen	1136949	1136949	1570462	1799488	1819937
Westerwolde en Groninger Veenkoloniën	182070	182070	185943	185943	189817
Groninger zuidelijk Westerkwartier	102339	116343	138965	282239	331792
Oostelijk Hogeland	61418	61418	357083	764158	787011
Noordelijk Friesland	118408	118408	1524503	1731717	1864926
Weidestreek in Friesland	345825	349249	945026	1095683	1119651
De Wouden	549573	549573	690679	883772	1047159
Eilanden	0	0	0	0	0

**Hoofdkantoor**

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

Nevenvestiging

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242
info@hkv.nl
www.hkv.nl