

## **MAATREGELENSTUDIE DROGE VOETEN 2050**

WATERSCHAP NOORDERZIJLVEST

25 juni 2014  
077688759:0.8 - Definitief  
C01012.100241.0100





# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel	3
1.3	Proces	4
1.4	Leeswijzer	5
<b>2</b>	<b>Waterveiligheid</b>	<b>6</b>
2.1	Huidige situatie	6
2.2	Beleid	7
2.2.1	Veiligheidsnorm regionale keringen	7
2.2.2	Nationaal bestuursakkoord water	8
2.3	Klimaatverandering en bodemdaling	8
2.3.1	Klimaatverandering	9
2.3.2	Bodemdaling	9
<b>3</b>	<b>Maatregelen</b>	<b>11</b>
3.1	Maatregelen	11
3.1.1	Vasthouden	12
3.1.2	Bergen	12
3.1.3	Afvoeren	13
3.1.4	Overige maatregelen	14
3.2	Effectiviteit	15
3.2.1	Vasthouden	15
3.2.2	Bergen	16
3.2.3	Afvoeren	17
3.2.4	Overige maatregelen	17
3.3	Kosteneffectiviteit	18
3.3.1	Kosten	18
3.3.2	Kosteneffectiviteit	19
3.4	Afweging	20
3.4.1	Kosteneffectiviteit	20
3.4.2	Integrale afweging	22
3.5	Kansrijke maatregelen	27
3.5.1	Maatregelen 2025	27
3.5.2	Maatregelen 2050	28
<b>4</b>	<b>Maatregelenpakketten</b>	<b>29</b>
4.1	Maatregelenpakketten 2025	29
4.1.1	Effectiviteit pakketten	30
4.1.2	Veiligheidsniveau en investeringskosten	32
4.2	Maatregelen boezem 2025 inclusief bodemdaling	35
4.3	Aanvullende maatregelen boezem 2050	36
4.3.1	Effectiviteit pakketten	37
4.3.2	Veiligheidsniveau en investeringskosten	38

4.4	Afweging .....	39
4.5	Maatregelen Lauwersmeer .....	41
4.6	Normering regionale wateroverlast .....	42
<b>5</b>	<b>Conclusie .....</b>	<b>44</b>
5.1	Beoordeling maatregelen en pakketten .....	44
5.2	Gedragen maatregelenpakket en gewenst veiligheidsniveau .....	45
5.3	Aanbevelingen .....	46
	<b>Literatuurlijst .....</b>	<b>48</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Factsheets maatregelen .....</b>	<b>49</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Resultaten maatregelenpakketten .....</b>	<b>50</b>
Bijlage 2.1	Effecten .....	51
Bijlage 2.2	Kadeverhogingen .....	57
<b>Bijlage 3</b>	<b>Onderbouwing kansrijke maatregelen .....</b>	<b>64</b>
Bijlage 3.1	Waterberging EHS Driepolders en compartimenteren bij extreme afvoer .....	65
Bijlage 3.2	Waterberging EHS De Dijken (Bakkerom) .....	67
Bijlage 3.3	Waterberging Tolberterpetten .....	69
Bijlage 3.4	Vasthouden beekdal Dwarsdiep .....	71
Bijlage 3.5	Optimaliseren berging Eelder- en Peizermaden .....	73
Bijlage 3.6	Maalstop .....	74
Bijlage 3.7	Vergroten gemaal HD Louwes .....	76
Bijlage 3.8	Vergroten gemaal 2e schil Schaphalsterzijl .....	78
<b>Bijlage 4</b>	<b>Gevolgen Lauwersmeer .....</b>	<b>79</b>
<b>Bijlage 5</b>	<b>Economische paragraaf .....</b>	<b>81</b>
<b>Bijlage 6</b>	<b>Hydrologie &amp; Modelling .....</b>	<b>87</b>
<b>Bijlage 7</b>	<b>Logboek modellering .....</b>	<b>89</b>
	<b>Colofon .....</b>	<b>90</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 AANLEIDING

De effecten van de klimaatverandering vergroten in het beheersgebied van waterschap Noorderzijlvest de kans op extreme natte en droge perioden, een stijgende zeespiegel en neerslag gebeurtenissen met een hogere (meer extreme) intensiteit. Daarnaast zijn in het gebied de effecten van de bodemdaling als gevolg van gaswinning negatief voor de veiligheid voor het watersysteem. De DV2050 Maatregelenstudie NZV van het project Droge Voeten 2050 richt zich op:

- Het opstellen van maatregelen om in 2025 aan de dan geldende veiligheidsnormen te voldoen;
- Het aantonen dat deze 'no regret' zijn voor de te treffen maatregelen om de veiligheidssituatie in 2050 gerealiseerd te hebben.

Waterschap Noorderzijlvest is voor de Maatregelenstudie NZV penvoerder namens een breder samenwerkingsverband (project Droge Voeten 2050) met de provincies Groningen, Drenthe en Fryslân, het Wetterskip Fryslân en het waterschap Hunze en Aa's.

De opgave is daarmee is tweeledig: het adviseren over het gewenste veiligheidsniveau (zoals hierboven beschreven) en het adviseren over het halen van dit niveau door het treffen van maatregelen waarvoor voldoende draagvlak bestaat onder de stakeholders in het gebied. Niet alleen onder de direct betrokken stakeholders, maar ook zoveel mogelijk onder de overige partijen in het gebied. Het AB van NZV besluit over het advies van de maatregelen, de PS van de provincies besluiten over het advies van de veiligheidsnorm.

## 1.2 DOEL

Het doel van de maatregelenstudie is het opleveren van een aantal pakketten van samenhangende maatregelen (alternatieven) die, ieder voor zich, ervoor kunnen zorgen dat:

- het gewenste veiligheidsniveau wordt gerealiseerd en;
- de gevolgschade bij een eventuele overschrijding van dat niveau, hetzij door toeval, klimaatverandering of bodemdaling, ingecalculerd en geaccepteerd is.

Deze pakketten van maatregelen zijn doorgerekend op hun hydrologische en hydraulische impact om vast te stellen of het gewenste veiligheidsniveau bereikt wordt met de realisatie van deze maatregelen. Verder is van de pakketten een maatschappelijke kostenbatenanalyse opgesteld. Daarnaast is geanalyseerd welke schade optreedt mocht het veiligheidsniveau toch worden overschreden.

Concreet betekent dit:

- De identificatie van maatregelen in waterinfrastructuur en of –beheer en de daarmee gemoeide kosten die nodig zijn om het gewenste veiligheidsniveau van de boezem (1:100 en enige kadetrajecten 1:300 en 1:1000 jaar) te realiseren in 2025, met doorzicht tot het jaar 2050 voor toetsing van de robuustheid van de maatregelen. Hierbij is rekening gehouden met het veranderende klimaat en de bodemdaling door vooral aardgaswinning.
- Het opstellen van een advies over de gewenste veiligheidsniveau 's en de wijze waarop deze moeten worden gerealiseerd.
- Bepalen of en wanneer een gemaal bij Lauwersoog noodzakelijk is om de waterveiligheid te waarborgen in de boezems van de waterschappen en op het Lauwersmeer en welke capaciteit dit gemaal moet hebben.

Een antwoord op de laatste onderzoeksvraag is pas te geven als voldoende zicht is op de noodzakelijke maatregelen in zowel de Groningse als de Friese boezem. Deels parallel aan de maatregelenstudie Droge voeten actualiseert Wetterskip Fryslân haar veiligheidsplan. De resultaten hiervan zijn niet binnen de looptijd van deze studie beschikbaar. Daarom wordt in dit rapport volstaan met een voorlopig antwoord, gebaseerd op de analyse van de maatregelenpakketten voor de Groningse boezem.

### 1.3 PROCES

Inbreng van de stakeholders is ook van belang bij het opstellen van de maatregelenpakketten. Dit helpt om het waterschap en de provincie Groningen en Drenthe van alle noodzakelijke informatie te voorzien. Die is nodig om een weloverwogen keuze te maken voor maatregelen die enerzijds vanuit hydrologisch oogpunt noodzakelijk zijn en anderzijds maatschappelijk en economisch aanvaardbaar zijn. Dat kan alleen maar als de voorgestelde pakketten samen met de stakeholders zijn vormgegeven, als er dus voldoende participatie heeft plaatsgevonden tijdens de maatregelenstudie.

De participatie van stakeholders binnen deze studie heeft zich gekenmerkt door:

- Proactieve benadering van stakeholders om betrokkenheid te houden;
- Visueel inzichtelijk maken van de effecten van de maatregelen(pakketten);
- Verdiepen van analyses en aanscherpen van de discussie met de stakeholders om een onderbouwde, praktische, realistische en gedragen invulling te geven aan maatregelen;

#### *Proactieve benadering*

Een proactieve communicatie vergroot de kans op betrokkenheid en draagvlak. Daartoe hebben we tijdens de studie op verschillende manieren de stakeholders benaderd.

Dit is gedaan door het verzenden van nieuwsbrieven, en het houden van meerdere 1:1 gesprekken, en het met meerdere partijen in detail doornemen van afzonderlijke maatregelen (zogenaamde hotspotsessies). Maar centraal tijdens de studie hebben de stakeholdersessies gestaan. Er zijn in totaal 4 stakeholdersessies geweest, waarbij de stakeholders actief hebben kunnen meepraten over de richting van de maatregelen.

#### *Visueel inzichtelijk maken effect maatregelen(pakketten)*

Tijdens een werksessie hebben we gebruik gemaakt van de MapTable. Deze tool heeft een grote bijdrage geleverd aan het inzicht van stakeholders in de problematiek. De informatie ligt letterlijk op tafel en is actief gebruikt voor inzicht in het veiligheidsniveau en de mate waarin maatregelen dit niveau veranderen. Discussie heeft plaats gevonden op het juiste abstractieniveau omdat alle inhoudelijke informatie voor iedereen beschikbaar is. Door dit procesinstrument centraal te stellen hebben wij voldoende draagvlak weten te creëren voor de te ontwikkelen pakketten en de stakeholders mee kunnen nemen in onze visie.

***Verdiepen en aanscherpen samen met stakeholders***

Telkens na een werksessie is de inbreng daarvan meegenomen naar de verdieping. De studie is als het ware opgebouwd van 'grof' naar 'fijn'. De resultaten zijn gepresenteerd in de stakeholdersessies, waarna er weer een nadere verdieping kon plaatsvinden.

Een verdieping van de uitgevoerde analyses (zowel voor de effectiviteit, kosten en overige criteria) is namelijk noodzakelijk om een concretere discussie met stakeholders te voeren en de kwaliteit van de onderbouwing te verhogen. Samen met het waterschap zijn de maatregelenpakketten op deze wijze op een transparante manier uitgewerkt.

Ook zijn gesignaleerde kansen voor de win-win- en functiecombinaties verder uitgewerkt. Dit is een proces geweest waarbij met de betrokken stakeholders (specifiek voor een bepaalde maatregel of plek in het watersysteem) verder is gesproken over de kansrijkheid van de maatregel en kansen voor meerdere belangen (win-win situaties).

***Samen bouwen aan waterveiligheid***

Bij participatie (actief deelnemen) is het belangrijk dat stakeholders op hetzelfde niveau komen en blijven. Daaraan is in iedere werksessie voldoende aandacht besteed. Indien nodig zijn er afzonderlijke 1:1 gesprekken gevoerd tussen waterschap en de betreffende stakeholder. Door deze aanpak van het proces kunnen we met elkaar zeggen dat we een succesvolle start hebben weten te maken om *Samen te bouwen aan de waterveiligheid*.

Gezamenlijk met alle betrokken hebben we de volgende resultaten weten te bereiken:

- Bepalen van creatieve oplossingen/maatregelen die bijdragen aan het gewenste veiligheidsniveau;
- Innovatieve ideeën voor het bereiken van het gewenste veiligheidsniveau met een kwaliteitsimpuls voor de omgeving;
- Oplossingen en ideeën die leiden tot een gedragen maatregelenpakket en een passend veiligheidsniveau, waarvan onderbouwing transparant is voor stakeholders;
- Een pakket aan maatregelen dat samen met de betrokken stakeholders na deze studie kan worden uitgewerkt en daadwerkelijk kan worden gerealiseerd.

**1.4 LEESWIJZER**

Dit rapport presenteert de resultaten van de maatregelenstudie. Hoofdstuk 2 beschrijft het thema waterveiligheid; wat is de huidige situatie, wat is het beleid en wat is het effect van klimaatsverandering en bodemdaling?

In hoofdstuk 3 wordt een groot aantal maatregelen beoordeeld op kansrijkheid. Uit de kansrijke maatregelen zijn drie pakketten geselecteerd, die gepresenteerd worden in hoofdstuk 4. Het laatste hoofdstuk, hoofdstuk 5, vat de resultaten van de studie samen in het advies, op basis van de conclusies en aanbevelingen.

# 2 Waterveiligheid

De beveiliging tegen overstroming is een belangrijke taak van het waterschap. Overstroming kan optreden als gevolg van hoge buitenwaterstanden (op zee) of hevige neerslaggebeurtenissen (boven land). Voor het afvoeren van hevige neerslag wordt gebruik gemaakt van boezemwatergangen en uitwateringsgemalen. Dit watersysteem transporteert het water uit de polder en vrij afstromende gebieden richting het Lauwersmeer (Electra) en Delfzijl (Fiveringo), waarna het op de Waddenzee gespuid kan worden. De Noordpolders zijn niet meegenomen in deze studie.

De capaciteit van de boezemwatergangen en uitwateringsgemalen is niet onbeperkt. Om overstroming vanuit het binnenwater te voorkomen beheert waterschap Noorderzijlvest daarom 451 km regionale keringen. Het gaat hierbij om boezemkaden, polderkaden, compartimenteringsdijken en ook keringen langs waterbergingsgebieden. De regionale keringen worden niet alleen gebruikt om water te keren, maar hebben vaak een nevenfunctie. Er ligt een weg of fietspad op, ze vormen onderdeel van een recreatiegebied of dragen bij aan de natuurdoelstellingen.

De afgelopen jaren, ondermeer tijdens het hoogwater van 2012, bleek een goede staat van waterkeringen en een goed functionerend watersysteem van groot belang. Vanwege klimaatverandering (hevigere neerslag in korte tijd) en bodemdaling neemt dit belang verder toe. Het is daarom noodzakelijk om te anticiperen op deze ontwikkelingen en periodiek te toetsen of de waterveiligheid op orde is.

## 2.1 HUIDIGE SITUATIE

Op basis van in de periode 1999-2003 uitgevoerde Hoog Water-studies (HOWA 1 en 2 [Ref 2 & 3]) hebben de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze & Aa's de afgelopen jaren waterbergingsgebieden ingericht en boezemkaden verhoogd. Daar zijn ze deels nog mee bezig. Door deze maatregelen moet op 1 januari 2015 overal een veiligheidsnorm van 1:100 worden bereikt. Dat houdt in dat de boezemkaden dan een waterstand, die gemiddeld één keer per honderd jaar voorkomt, kunnen keren. Deze norm is vastgelegd in de provinciale omgevingsverordeningen van Groningen en Drenthe.

Voor Noorderzijlvest mocht tot voor kort worden verwacht, dat met de inrichting van de bergingsgebieden Eelder- en Peizerkaden en de voorgenomen kadeverhogingen ook in 2015 aan de norm zou worden voldaan. In 2010 is echter uit een lange termijn verkenning (Quick Scan HOWA 3) gebleken dat dit niet voldoende zal zijn voor de Electraboezem. De restopgave wordt meegenomen in de DV2050 maatregelenstudie.

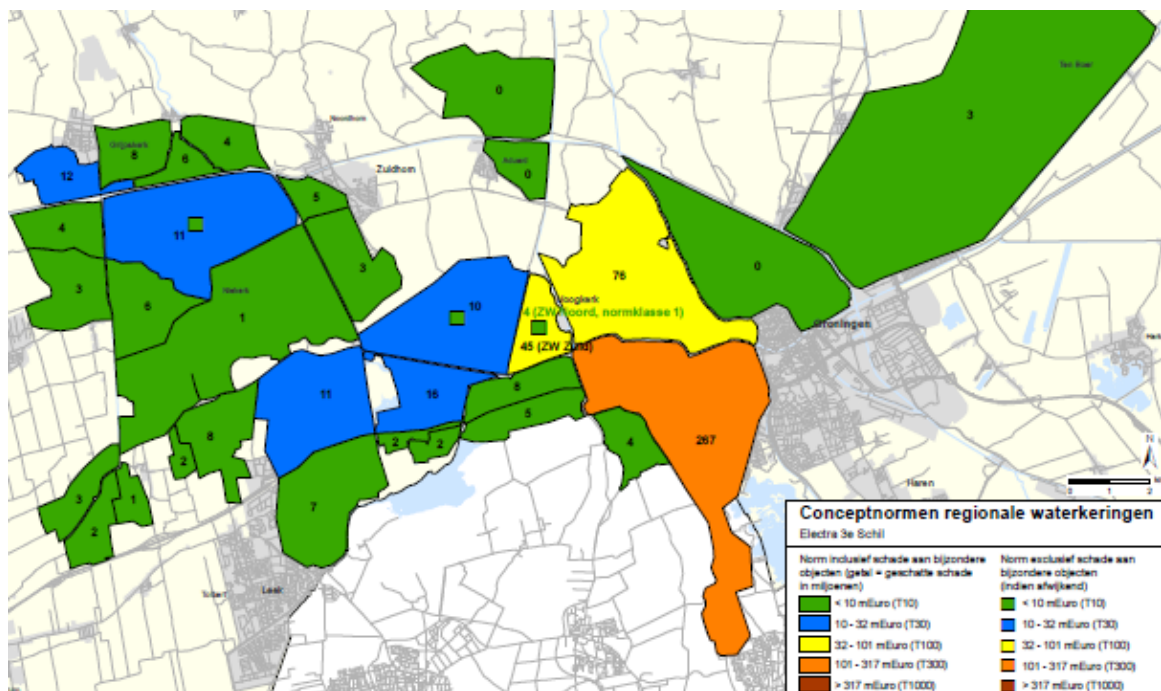


## 2.2 BELEID

De waterveiligheid is vastgelegd in het beleid van de provincie Groningen en is een randvoorwaarde voor waterschap Noorderzijlvest. Voor de regionale keringen geldt een voorgestelde veiligheidsnorm en er bestaan normen voor wateroverlast (NBW normen voor regionale wateroverlast). Deze paragraaf licht dit beleid kort toe.

### 2.2.1 VEILIGHEIDSNORM REGIONALE KERINGEN

De provincies hebben, met medewerking van de waterkeringbeheerders, de regionale boezemwaterkeringen aangewezen en de gewenste veiligheidsnorm bepaald. Deze norm is afgeleid op basis van de Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden (1999), opgesteld door het IPO. Een volgende stap is het toetsen of de veiligheid van de aangewezen boezemwaterkeringen voldoet aan de vastgestelde norm. Deze veiligheidstoetsing geschiedt onder andere in de vorm van een voorschrift voor de toetsing van de veiligheid. Omdat het hierbij om een uitwerking van de veiligheidsnorm gaat, is de bevoegdheid tot vaststelling in handen van Gedeputeerde Staten gelegd. Provincie Groningen heeft voor de regionale waterkeringen in 2005 vastgesteld, dat de minimale veiligheidsnorm gelijk is aan 1:100 jaar. Voorts heeft de provincie Groningen toen besloten, dat per 1 januari 2025 voor kadeclassse 4 en 5 gebieden richtinggevend gestreefd moet worden naar normen van 1:300, respectievelijk 1:1000. De kadeclassse 4 (herhalingstijd 1:300 jaar) komt in de Electraboezem voor. Figuur 1 toont de kadeclasssen in het beheersgebied van Noorderzijlvest.



Figuur 1: IPO veiligheidsnormen Electraboezem 3e schil

#### Waakhoogte

Uit de provinciale veiligheidsnorm wordt door het waterschap de normhoogte voor de waterkeringen afgeleid. Dit is de minimale kruinhoogte die ook in de legger wordt vastgelegd. Deze hoogte is gebaseerd op:

- de maatgevend boezemwaterstand, dit is de waterstand die hoort bij de maatgevende situatie;
- de statistische onzekerheid in de maatgevend boezemwaterstand (de sigma);  
de waakhoogte, die is vereist is om de golfoverslag beneden een vastgesteld maximum te houden;

- eventuele lokale windopzet;
- de overhoogte, dit is de hoogte die nodig is om zetting en klink op te vangen;
- de bereikbaarheid en bereikbaarheid (het begaanbaar houden van) van de regionale kering.

Op dit moment wordt voor de no regret maatregelen voor de regionale keringen langs het Eemskanaal en het Reitdiep (Groningen) uitgegaan van een waakhoogte van 50 cm voor onverharde keringen en 30 cm voor verharde keringen.

### 2.2.2 NATIONAAL BESTUURSAKKOORD WATER

Normen voor de geaccepteerde frequentie en omvang van wateroverlast zijn op meerdere niveaus vastgelegd. Op landelijk niveau is in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) afgesproken dat in 2015 het watersysteem op orde is en voldoet aan de normen. Hierbij zijn werknormen voor de wateroverlast aangegeven. Tabel 1 laat de in het NBW vastgelegde werknormen zien.

Normklasse gerelateerd aan grondgebruikstype	Maaiveldcriterium	Basis werk criterium (1:jr)
Grasland	5%	1:10
Akkerbouw	1%	1:25
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1%	1:50
Glastuinbouw	1%	1:50
Bebouwd gebied	0%	1:100

Tabel 1: Werknormen wateroverlast uit de NBW (bron: Ministerie van Infrastructuur)

#### NBW normen voor boezemland Noorderzijlvest

Bij de NBW toetsing in 2005 is het boezemland van Noorderzijlvest buiten de toetsing gehouden. Het boezemland zijn de gebieden die direct aan de boezem grenzen en daarop afwateren. Tot op heden is het gebruikelijk dat lage delen van de boezemgronden kunnen inunderen bij een groot waterbezwaar, waardoor het bergend vermogen van de boezem toeneemt wanneer de waterstanden hoger worden. In deze studie wordt een voorstel gedaan voor normering van de wateroverlast van de boezemgebieden.

### 2.3 KLIMAATVERANDERING EN BODEMDALING

De HOWA-studies [Ref 2 & 3] waren gericht op de situatie in 2010/2015 en hielden geen rekening met autonome ontwikkelingen op de (middel)langere termijn: klimaatverandering tot het zichtjaar 2050, bodemdaling door aardgaswinning in de periode 2010 tot 2050 en verhoging van de veiligheidsnormen in bepaalde gebieden. Hierna worden deze ontwikkelingen nader belicht.

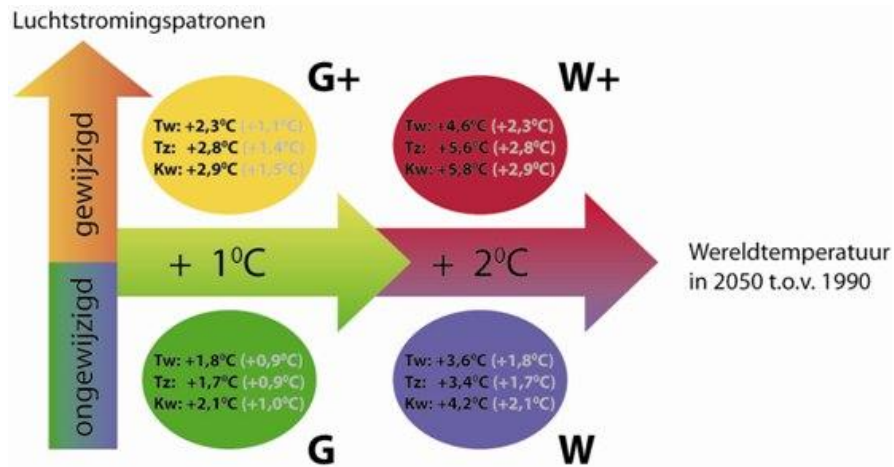
- Klimaatverandering leidt tot toename van de neerslag en een versnelde stijging van de zeespiegel.
- Bodemdaling veroorzaakt een verlaging van de regionale waterkeringen, en daardoor bij gelijkblijvend peilregime een afname van de waterveiligheid.

De nadelige effecten van deze lange termijnontwikkelingen kunnen deels worden gecompenseerd met maatregelen die over enkele decennia moeten worden uitgerold, zoals het bovenstrooms vasthouden van water.

In de onderstaande paragrafen bespreken we onze implementatie hiervan in de berekeningen en het effect van deze lange termijnontwikkelingen (zichtjaar 2050) op wateroverlast vanuit de boezemsystemen.

### 2.3.1 KLIMAATVERANDERING

Voor het zichtjaar 2050 heeft het KNMI in 2006 een viertal klimaatscenario's gepubliceerd, respectievelijk getiteld G, G+, W en W+. Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van deze scenario's.



Figuur 2: Klimaatscenario's volgens het KNMI

Scenario G staat voor een mondiale temperatuurstijging met 1 graad Celcius, en W staat voor een stijging met 2 graden. De plus-scenario's houden in dat de luchtstromingspatronen ook zullen veranderen richting 2050; de basisscenario's gaan uit van ongewijzigde luchtstromingspatronen.

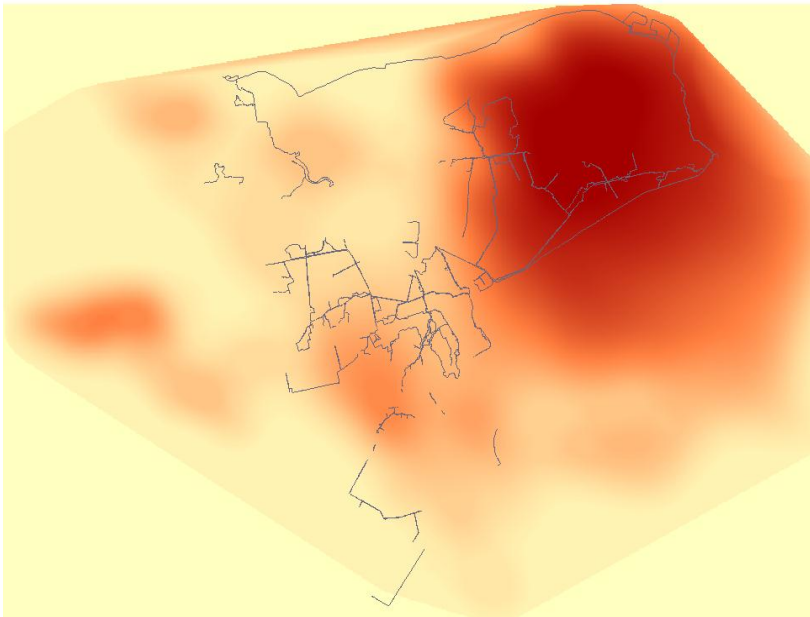
In de zomer van 2014 komen de resultaten van nieuw onderzoek naar klimaatverandering beschikbaar. Wel is duidelijk dat de temperatuurstijging doorzet en daarom een stijging van 2 graden Celsius (of meer) waarschijnlijk is. In overleg met het waterschap is daarom scenario W geselecteerd om het watersysteem te toetsen aan het toekomstige klimaat. Dit houdt in dat we uitgaan van het scenario met ongewijzigde luchtstromingspatronen en een mondiale temperatuurstijging met 2 graden Celcius.

In de analyse van extreme waarden is de klimaatverandering meegenomen in de vorm van aangepaste neerslagvolumes en een aangepaste kansverdeling over de neerslagpatronen. Een gedetailleerd overzicht van de aanpassingen hierin kunt u vinden in het achtergrondrapport achter het online meteorologisch archief [www.meteobase.nl](http://www.meteobase.nl) [Ref 13].

### 2.3.2 BODEMDALING

In het beheersgebied van Noorderzijlvest komt bodemdaling voor als gevolg van aardgaswinning. Op meer lokale schaal is ook sprake van bodemdaling door veenoxidatie. Door bodemdaling komt het maaiveld lager te liggen en neemt de waterdiepte in een gebied, dat overstroomt als gevolg van een doorbraak van een boezemkade, toe. Dat veroorzaakt bij overstroming meer schade, maar zorgt er ook voor dat de hoogte van regionale keringen afneemt.

In opdracht van de Nederlandse Aardoliemaatschappij (NAM) zijn in 2010 prognoses opgesteld voor de bodemdaling als gevolg van aardgaswinning [Ref 14], voor de zichtjaren 2025, 2050 en 2070. Omdat wij ons in deze studie richten op het zichtjaar 2050, zijn de modelschematisaties doorgerekend met de voorspelde bodemdaling voor dat betreffende jaar. We zijn ervan uitgegaan dat de bodemdaling tussen het moment van invliegen van het AHN (2009) en het referentiejaar van de prognose (2010) op deze tijdschaal verwaarloosbaar is.



Figuur 3: Toename van de bodemdaling in de periode 2010-2050

De bodemdaling is verwerkt in de modelschematisaties door van alle modelobjecten de geografische coördinaten te bepalen en uit het hoogteraster van de NAM de bijbehorende verwachte bodemdaling te halen. De maximale bodemdaling in de periode 2010-2050 is ca. 45 centimeter. De bodemdaling is uitsluitend doorgevoerd op alle 'vaste' hoogtewaarden in de modelschematisatie, dus de hoogte van dwarsprofielen, duikers, bruggen etc. Alle 'stuurbare' hoogtewaarden zoals het streefpeil en de kruinhoogte van stuwen en het aan- en afslagregime van gemalen werden ongemoeid gelaten. Hiermee vertegenwoordigt de aangepaste modelschematisatie een situatie met bodemdaling, maar een gelijkblijvend peilregime.

# 3

## Maatregelen

In de maatregelenstudie is een groot aantal maatregelen verkend om de veiligheid van de Electra en Fivelingo boezem te vergroten. Een deel van deze maatregelen is eerder beschouwd in de HOWA studies [Ref 2 & 3], maar een deel is ook nieuw. Deze nieuwe maatregelen volgen uit de hydrologische analyse of zijn aangedragen door stakeholders.

### 3.1 MAATREGELEN

Deze paragraaf bespreekt de maatregelen die zijn beoordeeld in de maatregelenstudie. Deze maatregelen zijn geclusterd volgens het principe vasthouden- bergen- afvoeren (zie kader).

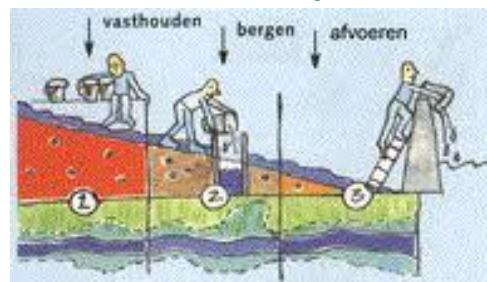
#### Vasthouden- bergen - afvoeren

De aanpak van wateroverlast werkt via een drietrapsstrategie:

- water vasthouden in de bodem of het oppervlaktewater van het gebied/watersysteem;
- water bergen in (daarvoor aangewezen) gebieden van het (lokale of regionale) watersysteem;
- water gecontroleerd afvoeren.

**Water vasthouden-** Bij de eerste stap tegen wateroverlast wil Nederland voorkomen dat teveel water naar lager gelegen gebieden stroomt. De bodem of het oppervlaktewater van hoger gelegen gebieden moet daarom overtollig water kunnen vasthouden. Dit water kan in de zomer worden gebruikt om watertekorten aan te vullen. Of om tuinen en (landbouw)gronden te besproeien.

**Water bergen-** Als er veel neerslag valt, is het niet altijd mogelijk om het water vast te houden. Zogeheten retentiegebieden vangen het water dan tijdelijk op. Deze gebieden zijn speciaal ingericht voor het opvangen van water bij hoge waterstanden. Als het waterpeil daalt, komt het gebied weer droog te staan. Het bergen van water in retentiegebieden voorkomt dat er wateroverlast ontstaat in gebieden die verder stroomafwaarts liggen.



**Water afvoeren** - Pas als vasthouden of bergen niet helpt, is afvoeren van water een oplossing. In dit soort noodgevallen moeten er gebieden zijn waar het water gecontroleerd naar toe kan.

### 3.1.1 VASTHOUDEN

In de maatregelenstudie zijn vier maatregelen geïdentificeerd die zich richten op het vasthouden van water, namelijk:

- Vasthouden EHS Reitdiep en Humsterland;
- Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep;
- Vasthouden Stroomgebied Dwarsdiep, Peizerdiep en Eelderdiep;
- Maalstop voor diverse polders.

#### *Vasthouden EHS Reitdiep en Humsterland*

Door meer water vast te houden in de EHS gebieden Reitdiep en Humsterland wordt de boezem van de 3<sup>e</sup> schil, de Electraboezem, minder belast. Hiervoor moeten bestaande stuwen geautomatiseerd worden.

#### *Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep*

Het beekdal van het Dwarsdiep wordt ingericht als onderdeel van de ecologische hoofdstructuur. Deze inrichting is onder voorwaarden te combineren met het vasthouden van water. Dit resulteert in inundatie van het beekdal bij extreme afvoergebeurtenissen. Het vasthouden van water wordt gereguleerd door een automatische stuw aan de noordoostzijde van het gebied, nabij Boerakker.

#### *Vasthouden stroomgebied Dwarsdiep, Peizerdiep en Eelderdiep*

De Electraboezem wordt gevoed met water vanuit het Drents plateau. Door de afvoercapaciteit van het gehele bovenstrooms gelegen watersysteem te beperken met behulp van knijpstuwen kan de boezem ontlast worden bij extreme afvoergebeurtenissen. Dit leidt tot lokaal hogere waterstanden in het stroomgebied van het Dwarsdiep, Peizerdiep en Eelderdiep, maar niet tot onacceptabele wateroverlast.

#### *Maalstop in poldergebieden*

Bij een dreigende overstroming van de boezemkades wordt een maalstop afgekondigd. De polders mogen dan geen water meer uitslaan naar de boezem. Dit leidt gedurende een korte periode tot wateroverlast in de polders, maar voorkomt overbelasting van de boezem.

Een nadere toelichting van de maatregelen is te vinden in de factsheets in bijlage 1.

### 3.1.2 BERGEN

Naast het vasthouden van water, is het effectief om gebieden in te richten voor waterberging. Deze gebieden kunnen bij dreigende overstroming worden ingezet om te voorkomen dat boezemkades overstromen en/of doorbreken en een onveilige situatie ontstaat.

In de maatregelenstudie zijn de volgende bergingsgebieden onderzocht:

- Waterberging EHS De dijken (Bakkerom);
- Waterberging EHS Driepolders;
- Waterberging overige natuur schil 1 en 2;
- Waterberging De Delthe;
- Waterberging De Dijken;
- Waterberging Oude Riet;
- Waterberging Wemerpolder;
- Waterberging Tolberterpetten.

**Waterberging EHS gebieden**

In de 3<sup>e</sup> schil van de Electra boezem liggen twee relatief grote en laaggelegen gebieden binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), die kunnen worden gebruikt als gestuurde waterberging, namelijk het gebied De Dijken (Bakkerom) en Driepolders. Aanvullend op de gewenste inrichting ten behoeve van natuurdoelstellingen worden kades en inlaatwerken gerealiseerd. Om de waterbergende functie te optimaliseren wordt bij de realisatie van berging in het EHS gebied Driepolders ook 2 tijdelijk afsluitbare stuwen geplaatst in de boezem.

**Overige waterbergingsgebieden**

Naast de berging in de EHS is een aantal andere gebieden onderzocht waar potentieel waterberging kan worden gerealiseerd. Het gaat hierbij om twee gebieden die onderdeel zijn van het beekdal van het Dwarsdiep (Oude Riet, Wemerpolder) de overige natuurgebieden (geen EHS) in de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil en een drietal individuele polders (De Dijken, De Delthe en Tolberterpetten).

Het inrichten van waterberging bij Oude Riet en de Wemerpolder is niet combineerbaar met het vasthouden van water in het EHS beekdal Dwarsdiep, aangezien dit grotendeels hetzelfde gebied betreft. Dit geldt ook voor de realisatie van waterberging in de polder de Dijken en het EHS gebied De Dijken (Bakkerom).

Een nadere toelichting van de maatregelen is te vinden in de factsheets in bijlage 1.

**3.1.3 AFVOEREN**

De Electra en Fivering boezem voeren af richting het Lauwersmeer en Drie Delfzijlen. Het vergroten van de afvoercapaciteit of het verbeteren en/of uitbreiden van de bestaande afvoerroutes draagt bij aan de waterveiligheid.

De volgende maatregelen vergroten de afvoercapaciteit van de Electraboezem:

- Vergroten gemaal Waterwolf;
- Vergroten gemaal HD Louwes;
- Vergroten gemaal Schaphalsterzijk;
- Afkoppelen 1e en 2e schil;
- Oplossen knelpunten Kommerzijksterriet;
- Oplossen knelpunt Reitdiep;
- Realiseren van een scheepvaartroute langs Niehove;
- Opwaarderen van het oude Aduarderdiep;
- Vergroten duikers Lettelberterdiep.

**Vergroten gemalen Waterwolf, HD Louwes en Schaphalsterzijk**

De gezamenlijke capaciteit van de boezemgemalen de Waterwolf en HD Louwes is momenteel zo'n 8 mm per dag. Dit is ruim onder de 13 mm/dag die poldergemalen in Nederland over het algemeen kunnen verpompen. Vroeger werd dit beargumenteerd met de stelling dat het boezemland een bergende functie heeft waardoor de maalcapaciteit niet zo groot hoeft te zijn. Dit argument snijdt echter geen hout omdat het bergende vermogen van de boezem verminderd wordt door de noodzaak van grote verhangen in het boezemsysteem. Het uitbreiden van de capaciteit van de boezemgemalen is derhalve mogelijk een effectieve maatregel.

***Afkoppelen eerste en tweede schil***

In de eerdere studies is het afkoppelen van de eerste en tweede schil via de Warfummermaar naar Noordpolder onderzocht. Een voordeel van deze maatregel is dat niet al het water uit de Electraboezem langs het Lauwersmeer hoeft waardoor de watergangen en de gemalen aan de westkant van de Electraboezem mogelijk niet vergroot hoeven te worden.

***Oplossen knelpunten Kommerzijlsterriet en Reitdiep***

De afvoercapaciteit van gemaal Waterwolf is, naast de feitelijke maximale bemaling, ook afhankelijk van de toevoer van water vanuit het Reitdiep en Kommerzijlsterriet. Deze toevoer wordt beperkt door smalle doorgangen in de kernen Kommerzijl en Niezijl (Kommerzijlsterriet) en de brug bij Roodehaan (Reitdiep). Het oplossen van deze hydraulische knelpunten vergroot de afvoercapaciteit van de boezem.

***Extra afvoerroutes***

Naast het verbeteren van de bestaande hoofdafvoerroutes, kan ook gedacht worden aan het opwaarderen van kleinere watergangen. Alternatieven hiervoor zijn gebruik maken van het beekdal van het Oude Aduarderdiep of het realiseren van een nieuwe recreatievaart verbinding langs Niehove.

***Vergroten duikers Lettelberterdiep***

Het Lettelberterdiep kruist de rijksweg A7. Ten behoeve van de ecologisch verbindingzone is het gewenst om de kruisende duikers te vervangen door passeerbare duikers. Dit biedt een kans om de maximale afvoercapaciteit van deze kruising te vergroten.

Een nadere toelichting van de maatregelen is te vinden in de factsheets in bijlage 1.

**3.1.4 OVERIGE MAATREGELLEN**

Naast de genoemde maatregelen binnen de trits vasthouden- bergen – afvoeren, is ook een aantal maatregelen in beeld gebracht die minder eenvoudig te classificeren zijn onder één van de categorieën:

- Optimaliseren berging Eelder- en Peizermaden;
- HD Louwes isoleren;
- Verbeterde sturing van de Electraboezem;
- Peilverlaging van de 3e schil Electraboezem;
- Kadeverhogingen;
- Maatregelen Lauwersmeer.

***Optimaliseren berging Eelder- en Peizermaden***

Het Leekstermeer is een onderdeel van de Electraboezem. Bij extreme afvoer wordt het zuidelijk gelegen gebied de Onlanden ook een onderdeel van de boezem. In dit gebied zijn natuurwaarden gecombineerd met een functie als waterberging. Uit een hydrologische analyse volgt, dat grotendeels binnen de huidige inrichting van de Onlanden, meer water kan worden vastgehouden.

***Isoleren van gemaal HD Louwes***

Bij extreme afvoer stroomt op dit moment een deel van het overtollige water vanuit het noordelijk deel van de 3e schil van de Electraboezem via Schouwerzijl richting het Reitdiep. Een tijdelijke afsluiting bij Schouwerzijl ontlast het gemaal Waterwolf en kwetsbare locaties in de boezem.



***Sturing van de boezem***

Parallel aan de maatregelenstudie onderzoekt waterschap Noorderzijlvest in hoeverre de waterveiligheid vergroot kan worden door een verbeterde sturing van de Electraboezem. Door rekening te houden met (neerslag)-verwachtingen wordt de afvoer van water richting het Lauwersmeer en de verdeling van het water over de verschillende boezems en schillen geoptimaliseerd.

***Peilverlaging op de derde schil***

Het tijdelijk verlagen van het peil op de derde schil van -0,93 m NAP naar -1,03 m NAP vergroot de berging in de boezem. Omdat met de verbeterde sturing van de boezem hetzelfde effect kan worden bereikt, is deze maatregel niet verder in overweging genomen in deze studie.

***Het verhogen van kadetrajecten.***

Naast maatregelen om de maatgevende hoogwaterstanden te verlagen is het natuurlijk ook mogelijk om de waterveiligheid te vergroten door de regionale keringen te verhogen.

***Maatregelen Lauwersmeer***

De maatgevende waterstanden op het Lauwersmeer worden sterk beïnvloed door het wel of niet bouwen van een gemaal bij Lauwersoog en de benodigde capaciteit. De noodzaak van dit gemaal wordt grotendeels bepaald door de interactie tussen de Friese boezem en het Lauwersmeer. Parallel aan de maatregelenstudie Droge Voeten 2050 wordt een veiligheidsstudie uitgevoerd voor de Friese boezem. Daarom wordt in deze studie voornamelijk volstaan met het in beeld brengen van de effecten van maatregelen in de Groningse boezem op het Lauwersmeer (zie bijlage 4).

Een nadere toelichting op alle maatregelen is te vinden in de factsheets in bijlage 1.

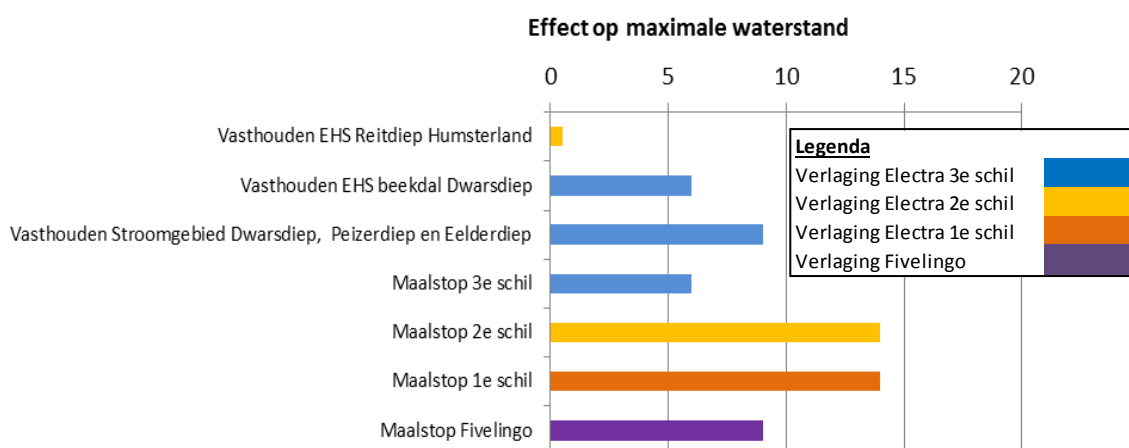
**3.2 EFFECTIVITEIT**

De, in paragraaf 3.1 genoemde maatregelen, zijn beoordeeld op hydrologische effectiviteit. Met behulp van een modelstudie is berekend wat het effect is op de maximale waterstanden. Deze paragraaf presenteert het maximale effect van de maatregelen op de waterstand bij een normgebeurtenis (ook wel als maatgevende waterstand aangeduid verder in dit rapport).

**3.2.1 VASTHOUDEN**

Het vasthouden van water is mogelijk door de inrichting van gebieden, of door het instellen van een maalstop. Het vasthouden van water is alleen effectief in de 3<sup>e</sup> schil van de Electraboezem. Met de maalstop kan ook in de 2<sup>e</sup> schil en Fivelingo boezem de maximale waterstand fors worden verlaagd. Het vasthouden van water in de EHS gebieden Reitdiep en Humsterland is niet effectief.

Figuur 4 presenteert de verlaging van de maximale waterstand als gevolg van het vasthouden van water. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de verschillende schillen. Blauw betreft een effect op de 3<sup>e</sup> schil van de Electraboezem, oranje betreft de 2<sup>e</sup> schil, rood de 1<sup>e</sup> schil en paars een verlaging van de maximale waterstand op de Fivelingo boezem.



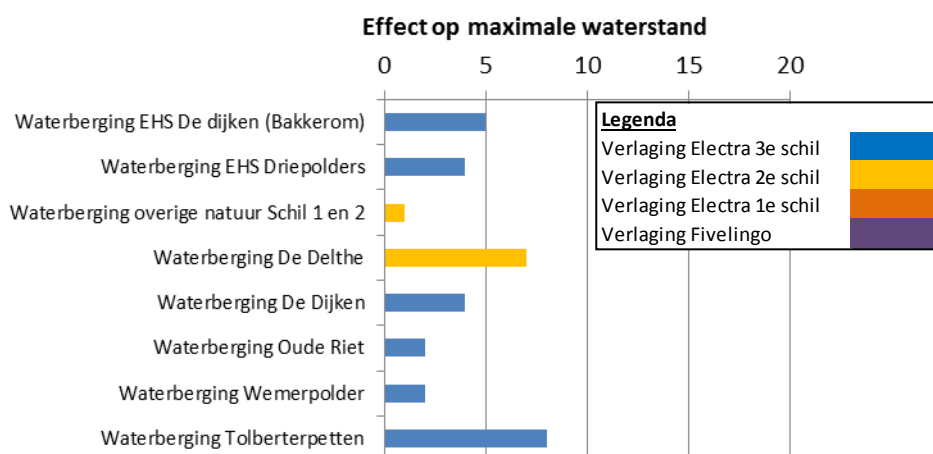
Figuur 4: Verlaging maximale waterstand (T100 afvoergebeurtenis) in cm t.o.v. huidige watersysteem bij het vasthouden van water

### 3.2.2 BERGEN

Met de aanleg van waterberging wordt de Groningse boezem ontlast bij extreme neerslaggebeurtenissen. In de maatregelenstudie zijn zes potentiële bergingsgebieden geselecteerd in de 3<sup>e</sup> schil van de Electraboezem en twee in de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil.

Met name de waterberging Tolberterpetten, de Dijken (Bakkerom) en De Delthe zijn effectief. De waterberging de Dijken betreft een deel van het gebied de Dijken (Bakkerom) en zijn daarom niet als supplementaire maatregelen te realiseren. De waterbergingen Oude Riet en Wemerpolder zijn onderdeel van het beekdal van het Dwarsdiep en daarom niet uitvoerbaar in combinatie met het vasthouden van water in dit beekdal.

Figuur 5 presenteert de verlaging van de maximale waterstand als gevolg het vasthouden van water.

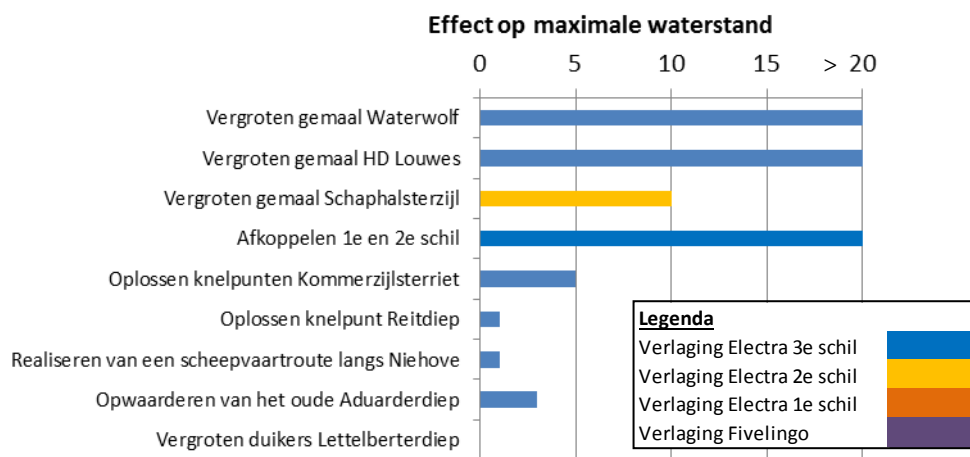


Figuur 5: Verlaging maximale waterstand (T100 afvoergebeurtenis) in cm t.o.v. huidige watersysteem bij het bergen van water

### 3.2.3 AFVOEREN

Van de maatregelen onder de categorie afvoeren is met name het vergroten van gemalen effectief. Dit betreft zowel het vergroten van de Waterwolf en HD Louwes (3<sup>e</sup> schil Electraboezem) als het vergroten van gemaal Schaphalsterzijl (2<sup>e</sup> schil). Uiteraard heeft ook het afkoppelen van de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil richting de Waddenzee een positief effect op de 3<sup>e</sup> schil.

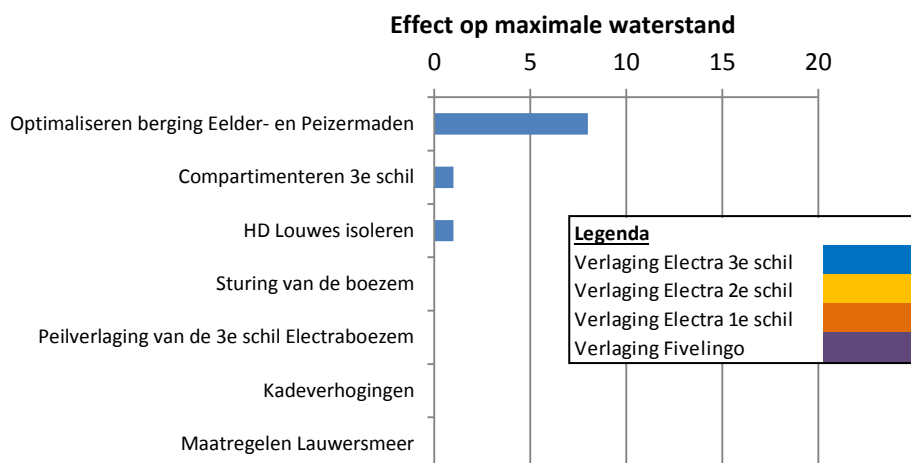
De nieuwe afvoerroutes in de 3<sup>e</sup> schil (Oude Aduarderdiep en route langs Niehove) hebben een relatief klein effect op de maximale waterstanden. Figuur 6 laat het effect van de afvoermaatregelen op de maximale waterstand bij een normgebeurtenis zien.



Figuur 6: Verlaging maximale waterstand (T100 afvoergebeurtenis) in cm t.o.v. huidige watersysteem bij het afvoeren van water

### 3.2.4 OVERIGE MAATREGELEN

Drie maatregelen uit de categorie overige hebben een positief (verlagend) effect op de boezemwaterstand bij een normgebeurtenis (zie Figuur 7). Het optimaliseren van de berging van de Eelder- en Peizermaden is effectief, het compartimenteren van de 3<sup>e</sup> schil en isoleren van gemaal HD Louwes is niet bijzonder effectief, maar vergroot wel de effectiviteit van berging in de 3<sup>e</sup> schil en het afvoeren door de gemalen Waterwolf en HD Louwes.



Figuur 7: Verlaging maximale waterstand in cm t.o.v. huidige watersysteem bij overige maatregelen

Het effect van een verbeterde sturing van de boezem is niet meegenomen in deze studie. Een mogelijke (zelden voorkomende en tijdelijke) peilverlaging van de 3<sup>e</sup> schil kan worden bewerkstelligd als onderdeel van deze sturing en is daarom als zelfstandige maatregel minder interessant. Het verhogen van de aanwezige keringen en maatregelen in het Lauwersmeer heeft geen invloed op de maximale waterstanden op de boezem.

### 3.3 KOSTENEFFECTIVITEIT

De kosteneffectiviteit van individuele maatregelen vormt een onderdeel van de integrale afweging. Maatregelen die in mindere mate effectief zijn en relatief kostbaar, zijn minder aantrekkelijk dan effectieve maatregelen met een kleinere benodigde investering. Ten behoeve van de selectie van kansrijke maatregelen zijn de investeringskosten en de kosteneffectiviteit van de, in paragraaf 3.1 genoemde, maatregelen in beeld gebracht.

#### 3.3.1 KOSTEN

De investeringskosten volgen uit calculaties van de benodigde ruimtelijke ingrepen, vermeerderd met opslagpercentages conform de SSK ramingsystematiek. Hierin is grondaankoop en functieverandering meegenomen als het een maatregel betreft die volledig gefinancierd dient te worden ten behoeve van waterveiligheid. Bij berging of het vasthouden van water in EHS gebieden is geen rekening gehouden met grondaankoop.

Vasthouden	Kosten
Vasthouden EHS Reitdiep Humstelland	€ 1.000.000
Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep	€ 2.000.000
Vasthouden Stroomgebied Dwarsdiep en Peizerdiep	€ 3.000.000
Maalstop (exclusief gewasschade)	€ 0
Bergen	
Waterberging EHS De dijken (Bakkerom)	€ 3.500.000
Waterberging EHS Driepolders inclusief compartimenteren 3 <sup>e</sup> schil bij extreme afvoer	€ 2.500.000
Waterberging EHS Berging Schil 1 en 2	€ 1.000.000
Waterberging De Delthe	€ 1.500.000
Waterberging De Dijken	€ 1.500.000
Waterberging Oude Riet	€ 1.000.000
Waterberging Werpolder	€ 2.000.000
Waterberging Tolberterpetten	€ 5.000.000
Afvoeren	
Vergroten gemaal Waterwolf	€ 37.500.000
Vergroten gemaal HD Louwes	€ 18.500.000
Vergroten gemaal Schaphalsterzijk met 6,25 m <sup>3</sup> /s	€ 3.500.000
Afkoppelen 1e en 2e schil	€ 30.000.000
Knelpunt Kommerzijsterriet oplossen	€ 2.000.000
Knelpunt Reitdiep oplossen	€ 4.000.000
Realiseren van scheepvaartroute Niehove	€ 10.000.000
Opwaarderen van het Oude Aduarderdiep	€ 15.000.000
Vergroten duikers Lettelberterdiep	-
Overig	
Optimaliseren berging Eelder- en Peizermaden	€ 1.500.000
HD Louwes isoleren	€ 1.000.000
Kadeverhogingen	-
Sturing van de boezem	€ 0
Peilverlaging van de 3e schil Electraboezem	€ 0

Tabel 2: Kosten maatregelen

### 3.3.2 KOSTENEFFECTIVITEIT

De kosteneffectiviteit volgt uit het berekende effect op de maximale waterstand (zie paragraaf 3.2) en de investeringskosten (paragraaf 3.3.1). Hierbij is de volgende klasseindeling gehanteerd:

Effect	Kosten	Kosteneffectiviteit
> 5 cm	< € 1.000.000	zeer kosteneffectief
2 - 5 cm	€ 1.000.000 - € 3.000.000	Kosteneffectief
1 - 2 cm	€ 3.000.000 - € 10.000.000	Minder kosteneffectief
< 1 cm	> € 10.000.000	Niet kosteneffectief
		Niet effectief

Tabel 3: Klasseindeling kosteneffectiviteit

Tabel 4 toont de kosteneffectiviteit van alle beoordeelde maatregelen.

Vasthouden	Effect	Kosten	Kosteneffectiviteit
Vasthouden EHS Reitdiep Humsterland			
Vasthouden EHS beekdal Dw arsdiep			
Vasthouden Stroomgebied Dw arsdiep en Peizerdiep			
Maalstop			
<b>Bergen</b>			
Waterberging EHS De dijken (Bakkerom)			
Waterberging EHS Driepolders			
Waterberging overige natuur Schil 1 en 2			
Waterberging De Delthe			
Waterberging De Dijken			
Waterberging Oude Riet			
Waterberging Wemerpolder			
Waterberging Tolberterpetten			
<b>Afvoeren</b>			
Vergroten gemaal Waterwolf			
Vergroten gemaal HD Louwes			
Vergroten gemaal Schaphalsterzijl			
Afkoppelen 1e en 2e schil			
Oplossen knelpunten Kommerzijlsterriet			
Oplossen knelpunt Reitdiep			
Realiseren van een scheepvaartroute langs Niehove			
Opwaarderen van het oude Aduarderdiep			
Vergroten duikers Lettelberterdiep			
<b>Overig</b>			
Optimaliseren berging Eelder- en Peizermeden			
HD Louwes isoleren			
Sturing van de boezem			
Peilverlaging van de 3e schil Electraboezem			
Kadeverhogingen			
Maatregelen Lauwersmeer			

Tabel 4: Kosteneffectiviteit maatregelen

### 3.4 AFWEGING

De individuele maatregelen zijn tegen elkaar afgewogen. Hierbij is gelet op de kosteneffectiviteit, maar is ook een integrale afweging gemaakt op basis van de resultaten van stakeholderconsultatie en de voorlopige resultaten van de Plan-MER.

#### 3.4.1 KOSTENEFFECTIVITEIT

##### *Zeer kosteneffectieve maatregelen*

Twee maatregelen zijn bijzonder kosteneffectief. Dit zijn het instellen van een maalstop en het optimaliseren van de berging van de Eelder en

Maalstop
Optimaliseren berging Eelder- en Peizermeden

Peizermaden. Beide maatregelen resulteren in meer dan 5 cm verlaging van de maatgevende boezemwaterstanden en zijn bovendien grotendeels uit te voeren met de huidige infrastructuur. Het is wel noodzakelijk duidelijke beleidskaders vast te stellen ten aanzien van frequentie van inzet, zodat geen afbreuk wordt gedaan aan natuurdoelstelling in de Eelder- en Peizermaden, en een maalstop ook daadwerkelijk (statistisch) eens in de 25 jaar (en niet vaker) wordt ingezet. Hierbij speelt het inspelen op weers- en waterstandsvoorspellingen een belangrijke rol.

#### *Kosteneffectieve maatregelen*

Tien maatregelen zijn relatief kosteneffectief. Het gaat hierbij om het vasthouden en bergen in de grotere aaneengesloten EHS gebieden, het inrichten van twee landbouwvelden die ingezet kunnen worden als waterberging en het vergroten van gemalen.

#### *Minder kosteneffectieve maatregelen*

Nog eens 10 maatregelen zijn minder kosteneffectief, maar hebben een positief (verlagend) effect op de waterstanden. Bovendien is een aantal maatregelen op zichzelf minder aantrekkelijk, maar vergroot juist de effectiviteit van een andere maatregel. Een voorbeeld hiervan is het isoleren van HD Louwes door het afsluitbaar maken van sluis Schouwerzijl, waardoor het positieve effect van het vergroten van HD Louwes toeneemt.

De overige maatregelen zijn in mindere mate kosteneffectief en daarom in beginsel niet kansrijk.

Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep
Vasthouden Stroomgebied Dwarsdiep en Peizerdiep
Waterberging EHS De dijken (Bakkerom)
Waterberging EHS Driepolders
Waterberging De Delthe
Waterberging Tolberterpetten
Vergroten gemaal Waterwolf
Vergroten gemaal HD Louwes
Vergroten gemaal Schaphalsterzijl
Oplossen knelpunten Kommerzijlsterriet
Waterberging overige natuur Schil 1 en 2
Waterberging De Dijken (landbouwgebied)
Waterberging Oude Riet
Waterberging Wemerpolder
Afkoppelen 1e en 2e schil
Oplossen knelpunten Reitdiep
HD Louwes isoleren

**Niet kosteneffectieve maatregelen**

Vijf maatregelen worden beoordeeld als niet kosteneffectief of als niet effectief. Het vergroten van de duikers in het Lettelberterdiep en het vasthouden in de EHS gebieden Reitdiep en Humsterland heeft geen effect op de maximale waterstanden op de boezem. Het zijn daarmee, vanuit het perspectief van waterveiligheid, geen zinvolle maatregelen.

Afkoppelen 1e en 2e schil
Realiseren van een scheepvaartroute langs Niehove
Opwaarderen van het oude Aduarderdiep
Vergroten duikers Lettelberterdiep
Vasthouden EHS Reitdiep Humsteland

Het afkoppelen van de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil is een effectieve maatregel, maar relatief kostbaar. Bovendien worden significante negatieve effecten verwacht betreft de landschappelijke inpassing en de gevolgen voor de landbouw. Dit geldt ook voor het realiseren van een scheepvaartroute langs Niehove en op het opwaarderen van het Oude Aduarderdiep.

### 3.4.2 INTEGRALE AFWEGING

Tijdens vier stakeholderbijeenkomsten is met vertegenwoordigers van provincies, gemeentes, natuurlandschap en terreinorganisaties, Gasunie, NAM, bodemdalingscommissie, LTO en waterschap gesproken over de maatregelen ten behoeve van de waterveiligheid. Op basis van de informatie en terugkoppeling vanuit de stakeholder is de aard, omvang en inpassing van de maatregelen geoptimaliseerd. Dit om zoveel mogelijk draagvlak te realiseren.

Het draagvlak voor maatregelen bij stakeholders volgt deels uit de kosteneffectiviteit, maar wordt ook bepaald door de bijdrage aan doelen van stakeholders. Deze doelen zijn vertaald naar criteria voor een integrale afweging (zie figuur 8). Aan deze criteria is geen weegfactor toegekend, vanwege het subjectieve karakter van deze methodiek (immers, niet iedere stakeholder vindt hetzelfde belangrijk).



Figuur 8: Criteria integrale afweging



Tijdens stakeholdersessies en bilaterale overlegmomenten zijn relevante argumenten, in relatie tot de criteria in figuur 8, verzameld. Onderstaand kader beschrijft de resultaten van de bilaterale overlegmomenten.

#### **Resultaten bilaterale gesprekken stakeholders**

Een aantal maatregelen is vanwege verdere verkenning van hun kansrijkheid in 1:1 gesprekken met voor die maatregel relevante stakeholders nader doorgesproken. En er is bepaald hoe die maatregelen 'er dan uit moet komen te zien'. Dat heeft er toe geresulteerd dat er meer inzicht in die maatregelen is ontstaan. Hieronder een korte uiteenzetting daarvan.

Inrichting EHS in combinatie met waterberging of vasthouden:

- Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep;
- Waterberging EHS De dijken (Bakkerom);
- Waterberging EHS Driepolders.

Voor deze gebieden is afstemming gezocht met o.a. Provincie Groningen over de juiste begrenzing van de gebieden. Over de wijze van inzet van die gebieden ten tijde van hoogwater, maar ook over de mate van inundatie van die gebieden. Op deze wijze kunnen de EHS maatregelen in de komende periode nader worden voorbereid, en kan daarbij de waterberging worden ingepast.

Eveneens is met een groot aantal stakeholders de effectiviteit van het gebied Eelder- en Peizermeden besproken. Uit de hydraulische berekeningen is gebleken dat de waterberging nog effectiever kan worden gemaakt. Hiervoor zijn extra stuwen nodig op de overgangen van het gebied met de boezem. Uiteraard vindt de inzet van deze maatregelen plaats binnen bestaande afspraken over de inrichting en beheer van het gebied (peilbesluit), en geen wijziging in functioneren van het watersysteem. Deze aanpassing is voorgelegd, besproken en bediscussieerd.

Het tijdelijk stopzetten van de gemalen (zogenaamde maalstop) wordt al jarenlang toegepast binnen het Wetterskip Fryslân. Het gemaal wordt bij deze maatregel stil gezet, totdat het waterniveau gelijk is aan het niveau van de 10% laagste delen van de polder. Er vindt dus geen grootschalige inundatie in de polders plaats. Ook binnen deze studie is deze maatregel besproken, voorgelegd als mogelijk alternatief aan LTO en hydraulisch doorgerekend. En is gebleken dat deze maatregel bijdraagt en effectief is.

Uit de hydraulische berekeningen is gebleken dat een waterberging in het gebied Tolberterpetten (landbouw gebied en voor een klein deel EHS) een substantiële bijdrage kan leveren aan de veiligheidsopgave. Hiertoe zullen er dan kades en inlaatvoorzieningen voor een bergingsgebied moeten worden gerealiseerd. Waarbij de huidige gebruiksfunctie gehandhaafd blijft.

Tabel 5 vat alle argumenten van stakeholders ten aanzien van de maatregelen samen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen argumenten die duiden op een positieve samenhang tussen doelstellingen (groen), mogelijk negatieve effecten waar rekening mee gehouden dient te worden (oranje) en belangrijke negatieve effecten die verwacht worden (rood). Het betreft geen beoordeling op alle aspecten, maar slechts een verzameling van de, door stakeholder aangedragen, relevante argumenten. Een volledige beoordeling is te vinden in de parallel uitgevoerde Plan-MER.

	Landschap	Natuur	Landbouw	Recreatie	Scheepvaart	Fasering	Verdroging	Waterkwaliteit	Duurzaamheid
<b>Vasthouden</b>									
Vasthouden EHS Reitdiep Humsterland		3					18		
Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep		3					18		
Vasthouden Stroomgebied Dwarsdiep en Peizerdiep		3	9			15	18	19	
Maalstop			9						
<b>Bergen</b>									
Waterberging EHS De dijken (Bakkerom)		4							
Waterberging EHS Driepolders		5			13				
Waterberging overige natuur Schil 1 en 2									
Waterberging De Delthe			10			16			
Waterberging De Dijken									
Waterberging Oude Riet		6							
Waterberging Wemerpolder		6							
Waterberging Tolberterpetten		6	10						
<b>Afvoeren</b>									
Vergroten gemaal Waterwolf									21
Vergroten gemaal HD Louwes									21
Vergroten gemaal Schaphalsterzijl									21
Afkoppelen 1e en 2e schil	1		11						
Oplossen knelpunten Kommerzijlsterriet	2					16			
Oplossen knelpunt Reitdiep						16			
Realiseren van een scheepvaartroute langs Niehove	1			12		16			
Opwaarderen van het oude Aduarderdiep	1			12		16			
Vergroten duikers Lettelberterdiep		7							
<b>Overig</b>									
Optimaliseren berging Eelder- en Peizermaden		8				17		20	
HD Louwes isoleren					13				
Sturing van de boezem					13				
Peilverlaging van de 3e schil Electraboezem					14				
Kadeverhogingen									

	Maatregel zal overwegend positieve effecten hebben op dit aspect
	Maatregel kan negatieve effecten hebben op dit aspect
	Maatregel kan belangrijke negatieve effecten hebben op dit aspect

Tabel 5: Beoordeling criteria integrale afweging

De volgende tekst licht de argumenten in tabel 5 toe. De cijfers in tabel 5 corresponderen met de nummering in de kantlijn, hierna volgend.

### **Landschap**

1. Het afkoppelen van de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil, het realiseren van een scheepvaartroute langs Niehove en het opwaarderen van het Oude Aduarderdiep zijn maatregelen die sterk landschapsbepalend zijn. Het aanleggen van brede watergangen inclusief regionale keringen verandert het karakter van het landschap.
2. Het hydraulisch knelpunt Kommerzijlsterriet ligt in de kern van het dorp Kommerzijl. De bebouwing grenst hier direct aan de watergang. Bovendien ligt in het dorp de oude sluis Kommerzijl (die niet meer in gebruik is). Het realiseren van een bypass is een kostbaar alternatief.

### **Natuur**

3. Het vasthouden van water in EHS gebieden en in het stroomgebied van het Peizer-, Eelderdiep en Dwarsdiep leidt tot een vertraagde afvoer van gebiedseigen water. Dit past uitstekend in de visie Van Veen tot Zee [Ref. 6] en moet leiden tot een toename van de grondwaterstromen, een grotere basisafvoer van de beken en een verbetering van de waterkwaliteit van de beken.
4. Het inrichten van het EHS gebied De Dijken (Bakkerom) voor waterberging versterkt de kansen voor andere natuurwaarden (meer moeras, minder grasland) en leidt tot synergievoordelen bij de uitvoering van fysieke maatregelen (bijvoorbeeld aanbesteding of beter sluitend maken van de grondbalans). Het kan voor de aanwezige natuurwaarden bovendien gunstig zijn om frequenter dan de geplande inzetfrequentie (eens in de 25 jaar) water in te laten vanuit de boezem om de dynamiek in het systeem te vergroten.
5. Het inrichten van het EHS gebied Driepolders voor waterberging gaat in beginsel, gelijk aan het gebied De Dijken (Bakkerom) goed samen met waterberging. De potenties voor kritische weidevogels en de robuuste verbindingzone worden groter. Een belangrijk aandachtspunt is de ligging van petgaten in het westelijk deel van het gebied. De berging in dit deel levert een grote bijdrage aan het waterstandsverlagend effect, maar het inlaten van (gebiedsvreemd) water kan leiden tot eutrofiëring in de petgaten.
6. Het inrichten van de waterbergingsgebieden Oude Riet en Wemerpolder als individuele maatregel is ongewenst vanuit het perspectief van natuurwaarden. Deze gebieden vormen een onderdeel van de EHS. De voorkeur gaat daarom uit naar een gebiedsbrede inrichting van het beekdal van het Dwarsdiep.  
In de kwelgebieden van het Dwarsdiepgebied, m.n. polder oude Riet, liggen verder natuurwaarden die zeer gevoelig zijn voor eutrofiëring (door fosfaat, nitraat en sulfaatbelasting). De zeldzame kwaliteit wordt bedreigd door de huidige kwaliteit van de boezem in het Dwarsdiep. Dit geldt ook voor de schraallanden van 't Kret, onderdeel van het bergingsgebied Tolberter Petten.
7. Het vergroten van de duikers in het Lettelberterdiep is te combineren met de aanleg van faunapassages. Dit draagt bij aan het functioneren van de ecologische verbindingzone.
8. Het gebied Eelder en Peizermaden is reeds ingericht voor natuur en waterberging. Hiervoor is een peilbesluit opgesteld. Op dit moment functioneert de waterhuishouding echter nog niet zoals gewenst. Voordat overgegaan kan worden tot het optimaliseren van de waterberging, zal meer duidelijkheid moeten komen over de mate waarin de gewenste natuurlijke dynamiek gerealiseerd wordt. Bovendien moeten duidelijke kaders afgesproken worden voor de inzet, om te voorkomen dat de geautomatiseerde kunstwerken frequent ingezet worden en de natuurlijke dynamiek verloren gaat.

### **Landbouw**

9. Het watersysteem in de polders van waterschap Noorderzijlvest is ingericht zodat wateroverlast wordt voorkomen bij neerslaggebeurtenissen van 1:10 (grasland) of 1:25 jaar (akkerbouw). Bij normatieve gebeurtenissen voor de boezem is dus in de huidige situatie ook al vaak sprake van

lokale inundatie. Het instellen van een maalstop in graslandgebieden leidt tot een toename van de inundatie en wateroverlast in de polders. Dit veroorzaakt afhankelijk van de intensiteit, duur en de tijd van het jaar mogelijk extra gewasschade en structuurbederf.

Omdat deze maatregel alleen ingezet wordt in de winterperiode, is de gewasschade beperkt tot schade aan wintergewassen als groenbemesting en wintertarwe. De negatieve effecten op de landbouw zijn daarom klein.

10. De mogelijke waterbergingsgebieden in de polders De Dijken, De Delthe en Tolberterpetten worden omsloten door nieuw aan te leggen regionale keringen. Hiervoor moet landbouwgrond aangekocht worden. Waterschap Noorderzijvest hanteert een schaderegeling voor de gevolgen van de inzet van de waterbergingsgebieden.
11. Met het afkoppelen van de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil doorkruist een nieuw kanaal de landbouwgebieden ten noorden van Warffum. Het ruimtebeslag dat dit kanaal heeft gaat ten koste van landbouwgrond.

### *Recreatie*

12. De aanleg van nieuwe afvoerroutes (langs Niehove of het Oude Aduardiep) biedt kansen voor recreatievaart (scheepvaart of kanoroutes) en fietsverbindingen. Dit vergroot de toegankelijkheid en aantrekkingskracht van dorpen als Niehove en Oldehove.

### *Scheepvaart*

13. Het optimaliseren van het watersysteem door compartimenten bij extreme afvoer (onderdeel van EHS berging Driepolders) of het tijdelijk afsluitbaar maken van bestaande constructies (isoleren HD Louwes) kan gevolgen hebben voor bestaande scheepvaartverbindingen. In de uitwerking van de maatregelen is hier rekening mee gehouden. Onder normale omstandigheden beperken de constructies de doorvaart niet. Negatieve effecten zijn daarom niet aan de orde.
14. Een permanente peilverlaging van de 3<sup>e</sup> schil van de Electraboezem verkleint het doorstroomprofiel van de scheepvaartkanalen. Met het slimmer sturen van de boezem bij het vooruitzicht van extreme neerslag kan bovendien een vergelijkbaar effect worden bereikt met behoud van het huidige streefpeil.

### *Fasering*

15. De uitgangspunten voor de waterhuishouding in de stroomgebieden van het Dwarsdiep, Peizerdiep en Eelderdiep zijn vastgelegd in bestaand beleid (ondermeer peilbesluiten, watergebiedsplannen). Het is (ook gelet op het effect op de waterveiligheid) niet haalbaar om de waterhuishouding als zelfstandige maatregel aan te passen. Het principe dient te worden geïntegreerd in bestaande en toekomstige planvormingstrajecten en uitgewerkt te worden in gebiedsprocessen. Het is daarom niet mogelijk deze maatregel op korte termijn te realiseren.
16. Het uitvoeren van grootschalige herinrichtingsprojecten, als het oplossen van de hydraulische knelpunten Kommerzijl en Reitdiep of de aanleg van een nieuwe Scheepvaartroute langs Niehove of het opwaarderen van het Oude Aduarderdiep, vergt een nadere verkenning naar de mogelijkheden en financiering. Het is daarmee onwaarschijnlijk dat deze maatregelen een bijdrage kunnen leveren aan de waterveiligheid op de korte termijn.  
De waterberging de Delthe is kosteneffectief, maar betreft een groot oppervlak dat volledig bestemd moet worden als waterberging. Het is onwaarschijnlijk dat dit op korte termijn gerealiseerd wordt.
17. Voor het gebied De Onlanden (waar de Eelder- en Peizermeden een onderdeel van zijn) is een MER procedure doorlopen en recent een peilbesluit vastgesteld. Hoewel de waterhuishouding van dit gebied alleen tijdens extreme afvoer verandert, bestaat het risico dat de wijziging aanleiding vormt voor een nieuwe beoordeling van de milieueffecten en uitgangspunten van de waterhuishouding.

**Verdroging**

18. Het vasthouden van water ten behoeve van waterveiligheid resulteert in een tijdelijke verhoging van de grondwaterstanden. Dit heeft een marginaal positief effect op het criterium verdroging. De inrichting van de EHS gebieden levert uiteraard wel een grote bijdrage aan het tegengaan van verdroging.

**Waterkwaliteit**

19. Het grootschalig vasthouden van water in de bovenstroomse delen van het beheersgebied van waterschap Noorderzijlvest is een maatregel die veel draagvlak heeft bij stakeholders. De visie "Van Veen tot Zee" [re6f] geeft aan dat, voor hogere gronden die een primaire landbouwkundige functie houden, het de doelstelling is, herstel van de infiltratie van schoon regenwater en het verminderen van de snelle oppervlakkige afstroming van regenwater. Dit leidt tot een toename van de grondwaterstromen, een grotere basisafvoer van de beken en een verbetering van de waterkwaliteit van de beken.
20. Met een aanpassing van de stuwconstructie bij het Leekstermeer is het mogelijk om de instroom van boezemwater richting de Eelder- en Peizermeden te voorkomen. Dit verbetert de waterkwaliteit in het natuurgebied.

**Duurzaamheid**

21. Het energieverbruik neemt toe bij het vergroten van de capaciteit van de uitwaterings- en of schilgemalen.

**3.5 KANSRIJKE MAATREGELLEN**

Het selecteren van meest kansrijke maatregelen is gedaan op basis van de principes:

1. De meest kosteneffectieve maatregelen zijn kansrijk, indien er draagvlak bestaat onder stakeholders;
2. Minder kosteneffectieve maatregelen zijn kansrijk indien:
  - a. groot draagvlak bestaat onder stakeholders en duidelijke positieve effecten aan te wijzen zijn;
  - b. de kosteneffectieve maatregelen onvoldoende zijn om het gewenste veiligheidsniveau te benaderen en deze als "second best" gelden.

**3.5.1 MAATREGELLEN 2025**

Voor het zichtjaar 2025 worden, op basis van de afweging in paragraaf 3.4, de volgende maatregelen voorgesteld:

- Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep;
- Waterberging EHS De dijken (Bakkerom);
- Waterberging EHS Driepolders.

Deze maatregelen zijn kosteneffectief en gaan, met een passende inrichting en aangepaste waterstanden, goed samen met natuurdoelstellingen.

- Maalstop;
- Optimaliseren berging Eelder- en Peizermeden.

Deze maatregelen zijn zeer kosteneffectief en kunnen waarschijnlijk ook op draagvlak rekenen als duidelijk beleid wordt vastgelegd ten aanzien van de bescherming van de natuurwaarden die gebonden zijn aan een natuurlijk peildynamiek.

- Waterberging Tolberterpetten.

De polder Tolberterpetten is qua ligging en maaiveldniveau het meest aantrekkelijke gebied nabij de Groningse boezem voor de berging van water. Ondanks mogelijke negatieve effect op het criterium landbouw en natuur is dit een kansrijke maatregel.

- Vergroten en isoleren gemaal HD Louwes;
- Vergroten gemaal Schaphalsterzijl.

Het vergroten van de afvoercapaciteit van de boezem heeft een groot effect op de maximale waterstanden in de boezem (en daarmee de waterveiligheid). Het vergroten en isoleren van gemaal HD Louwes is kosteneffectiever dan het vergroten van gemaal Waterwolf.

- Kadeverhogingen.

Het verhogen van de regionale keringen is een goede oplossing om op specifieke locaties te voldoen aan het gewenste veiligheidsniveau.

### 3.5.2 MAATREGELEN 2050

Om enigszins te kunnen compenseren voor klimaatverandering en bodemdaling voor het jaar 2050 zijn aanvullende maatregelen gedefinieerd die op middellange termijn kunnen worden genomen. Het gaat hier om het vasthouden van water in het stroomgebied van het Peizerdiep en Dwarsdiep en het oplossen van hydraulische knelpunten.

- Vasthouden bovenstroomse delen Dwarsdiep, Peizerdiep en Eelderdiep.

Hoewel het effect van het vasthouden op de waterveiligheid van de Groningse boezem beperkt is, is het gelet op het toekomstige draagvlak een kansrijke maatregel. Er ligt hier nog een restantopgave voor wat betreft de realisatie van EHS en het uitvoeren van KRW maatregelen (o.a. gebied Zaagblad nabij Roden). Op de korte termijn is het mogelijk dat het volledige potentieel van dit gebied benut wordt. De maatregel maakt daarom onderdeel uit van het pakket dat op de middellange termijn (zichtjaar 2050) kan worden uitgevoerd.

- Oplossen hydraulische knelpunten Kommerzijlsterriet en Reitdiep.

Het is waardevol om de afvoercapaciteit van de Kommerzijlsterriet en het Reitdiep te vergroten door hydraulische knelpunten op te lossen. Ondanks dat het opstarten van een dergelijk project op de korte termijn als zelfstandige maatregel niet haalbaar wordt geacht, is het zinvol mee te liften met herinrichtingsprojecten en vervanging of renovatie van objecten als die aan de orde zijn. Dit is mogelijkerwijze aan de orde bij de herstelwerkzaamheden van de beschoeiing in Kommerzijl.

De kansrijke maatregelen zijn ondergebracht in een drietal pakketten, die worden beschreven in hoofdstuk 4.

# 4

## Maatregelenpakketten

Dit hoofdstuk beschrijft de maatregelenpakketten die volgen uit stakeholdersessies, hydrologische analyse en een beoordeling van de kosteneffectiviteit. De effectiviteit van maatregelenpakketten wordt besproken voor:

- het zichtjaar 2025;
- het zichtjaar 2025 inclusief verwachte bodemdaling, dit leidt tot een extra noodzakelijke investering;
- het zichtjaar 2050 inclusief verwachte bodemdaling en klimaatontwikkeling.

### 4.1 MAATREGELENPAKKETTEN 2025

Uit de kansrijke maatregelen zijn drie maatregelenpakketten opgesteld voor het zichtjaar 2025. Ieder pakket bestaat uit een selectie van de kansrijke watersysteemmaatregelen, aangevuld met resterende kadeverhogingen.

Twee maatregelen zijn dusdanig kansrijk, dat ze ondergebracht zijn in ieder pakket. Dit zijn:

- Maalstop;
- Optimaliseren berging Eelder- en Peizermaden.

Bovengenoemde twee maatregelen zijn onderdeel van alle voorgestelde maatregelenpakketten.

#### *Pakket A: Waterberging in de EHS*

De doelstelling met betrekking tot waterveiligheid en natuur kunnen worden verenigd door waterberging aan te leggen in de ecologisch hoofdstructuur. Deze gebieden worden ingericht en beheerd ten behoeve van de natuurdoelstellingen, maar functioneren eens in de 10 tot 25 jaar als waterberging. Voor sommige terreinen is de waterkwaliteit risicovol voor de natuurdoelen. Vooral de hoge waarden aan voedingsstoffen of sulfaat kunnen ongewenste effecten hebben.

Dit pakket bevat de volgende aanvullende maatregelen:

- Waterberging EHS De dijken (Bakkerom);
- Waterberging EHS Driepolders en het compartimenteren van de 3<sup>e</sup> schil bij extreme afvoer;
- Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep;
- Het gemaal Schaphalsterzijl wordt in dit scenario met 6,25 m<sup>3</sup>/s vergroot;
- Kadeverhogingen tot aan de gewenste veiligheidsnorm.

#### *Pakket B: Waterberging in Tolberterpetten*

De waterberging in EHS gebieden biedt synergievoordelen tussen natuur- en veiligheidsdoelstellingen. De (hydrologisch) meest effectieve locatie voor waterberging is echter de polder Tolberterpetten. Deze diepe polder kan worden ingericht als waterberging die eens in de 100 jaar wordt ingezet. Onder minder extreme omstandigheden kan het landbouwkundig geëxploiteerd gebied blijven.

Dit pakket bevat de volgende aanvullende maatregelen:

- Waterberging Tolberterpetten;
- Het gemaal Schaphalsterzijl (wordt in dit scenario met 6,25 m<sup>3</sup>/s vergroot);
- Kadeverhogingen tot aan de gewenste veiligheidsnorm.

#### ***Pakket C: Waterberging in de EHS en extra afvoer***

Ondanks de watersysteemmaatregelen in pakket A en B, is voor beide pakketten een significante extra investering nodig in kadeverhogingen om het veiligheidsniveau van eens in de 100 jaar te realiseren. Een laatste pakket combineert daarom de waterberging in de EHS gebieden en het vasthouden in het beekdal van het Dwarsdiep met het vergroten van de afvoercapaciteit van gemaal HD Louwes. Dit maakt veel kadeverhogingen, met name noodzakelijk in de 3<sup>e</sup> schil, overbodig en vormt daarmee een passend alternatief.

Dit pakket bevat de volgende aanvullende maatregelen:

- Vergroten HD Louwes met 21,5 m<sup>3</sup>/s;
- Isoleren HD Louwes;
- Het gemaal Schaphalsterzijl wordt in dit scenario met 9,5 m<sup>3</sup>/s vergroot. Dit is mogelijk omdat de afvoercapaciteit van de 3<sup>e</sup> schil ook toeneemt door het vergroten van gemaal HD Louwes;
- Beperkte kadeverhogingen tot aan de gewenste veiligheidsnorm.

Van bovengenoemde pakketten is bepaald wat de effectiviteit van de watersysteemmaatregelen is en wat de omvang is van resterende kadeverhogingen om een gewenst veiligheidsniveau te bepalen. Hiervoor is een hoogtetoets uitgevoerd en niet gekeken naar de stabiliteit van de keringen.

### 4.1.1 EFFECTIVITEIT PAKKETTEN

De maatregelen in de drie geselecteerde pakketten verlagen de maatgevende waterstanden in de boezem. Tabellen 6 en 7 laten het effect zien voor een afvoergebeurtenis met een herhalingstijd van 100 jaar in de verschillende schillen voor het zichtjaar 2025 zonder bodemdaling.

Maatregelenpakket	Electra 1 <sup>e</sup> schil	Electra 2 <sup>e</sup> schil	Electra 3 <sup>e</sup> schil	Fivelingo
Huidige situatie	-0,71	-0,29	-0,05	-0,53
Pakket A	-0,75	-0,71	-0,35	-0,58
Pakket B	-0,75	-0,71	-0,27	-0,58
Pakket C	-0,75	-0,75	-0,54	-0,58

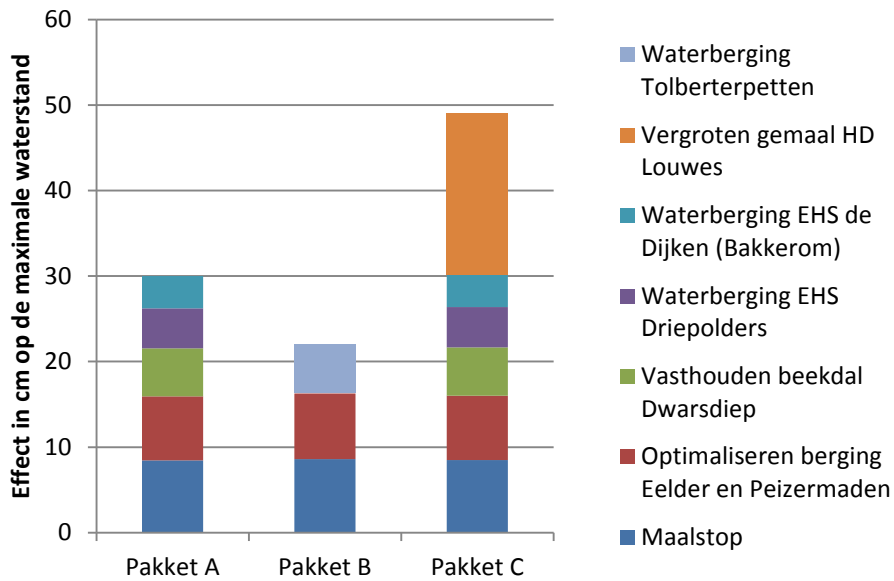
Tabel 6: T=100 maximale waterstanden maatregelenpakketten

Maatregelenpakket	Electra 1 <sup>e</sup> schil	Electra 2 <sup>e</sup> schil	Electra 3 <sup>e</sup> schil	Fivelingo
Pakket A	0,04	0,42	0,30	0,05
Pakket B	0,04	0,42	0,22	0,05
Pakket C	0,04	0,46	0,49	0,05

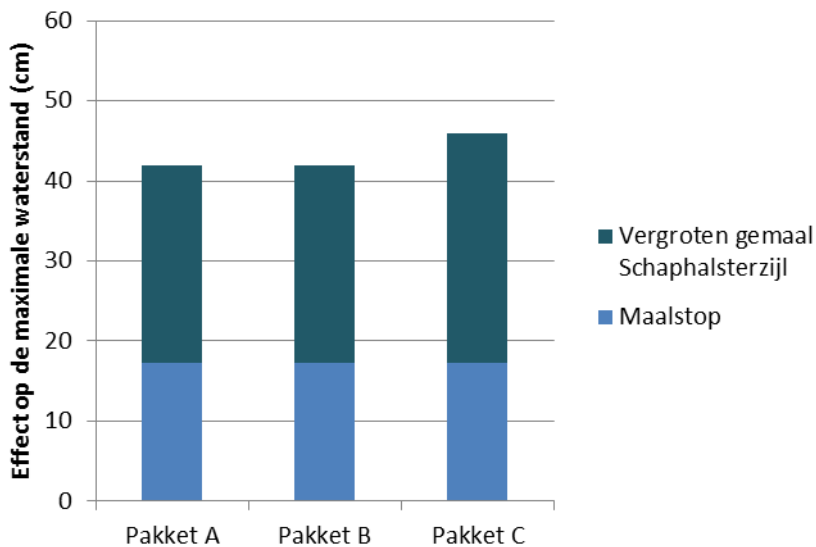
Tabel 7: Verlaging van de maximale waterstand (T100)

Figuren 9 en 10 laten zien wat de geschatte bijdrage van de individuele maatregelen is aan de verlaging van de maximale waterstanden in de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> schil van de Electraboezem. Op de Fivelingo en de 1<sup>e</sup> schil van de Electraboezem zorgt de maalstop voor een verlaging van de maximale waterstanden. Omdat deze maatregel in alle maatregelenpakketten is opgenomen, is dit effect niet onderscheidend tussen de pakketten.





Figuur 9: Bijdrage individuele maatregelen aan de verlaging van waterstanden (Electraboezem 3e schil)



Figuur 10: Bijdrage individuele maatregelen aan de verlaging van waterstanden (Electraboezem 2e schil)

In de 3<sup>e</sup> schil van de Electra boezem neemt de maximale waterstand in alle drie pakketten fors af, als gevolg van de maatregelen die getroffen worden. Het vergroten van gemaal HD Louwes zorgt voor extra 19 cm verlaging in pakket C.

In de 2<sup>e</sup> schil van de Electraboezem verlaagt de extra vergroting van gemaal Schaphalsterzijl in pakket C de maximale waterstand met 4 cm ten opzichte van de pakketten A en B.

#### 4.1.2 VEILIGHEIDSNIVEAU EN INVESTERINGSKOSTEN

Naast de watersysteemmaatregelen om de maatgevende waterstanden te verlagen worden kadeverhogingen voorgesteld om overal aan het veiligheidsniveau te voldoen. Voor dit veiligheidsniveau zijn drie normen geïdentificeerd, namelijk:

- het huidige veiligheidsniveau van 1:100 en 50 cm waakhogte te realiseren;
- het huidige veiligheidsniveau van 1:100 en 30 cm waakhogte te realiseren;
- het gedifferentieerde IPO veiligheidsniveau en 30 cm waakhogte te realiseren.

Voor ieder van deze niveaus is bij de drie pakketten bepaald welke keringen voldoende hoogte hebben, en welke onvoldoende. De investeringskosten voor de resterende kadeverhogingen zijn berekend door de lengte van de trajecten te vermenigvuldigen met een eenheidsprijs van € 750,- per meter. Dit is een conservatieve schatting op basis van calculaties en ervaringscijfers o.a. bij waterschap Hunze en Aa's. Hierbij is rekening gehouden dat een deel van de keringen samenvalt met een weg. De schattingen van de investeringskosten hebben een nauwkeurigheid van 30%.

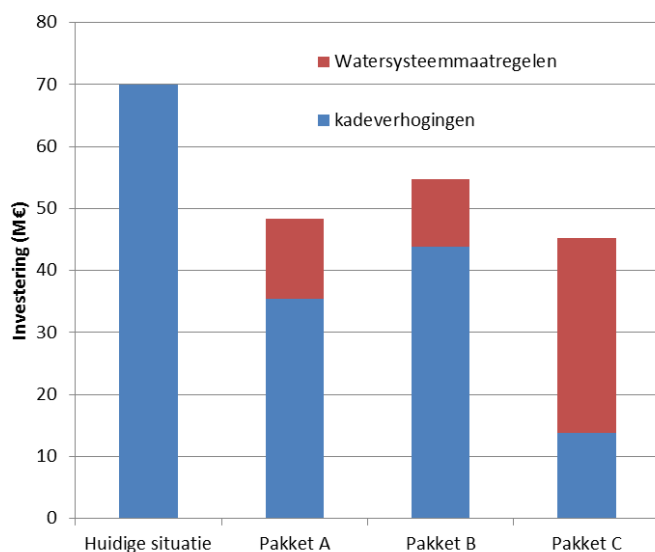
##### *Veiligheidsniveau 1:100 jaar en 50 cm waakhogte*

Met de watersysteemmaatregelen wordt niet overal het voorgestelde veiligheidsniveau van eens in de 100 jaar en 50 cm waakhogte gerealiseerd. Daarom zijn voor ieder pakket aanvullende kadeverhogingen noodzakelijk. Op basis van een geactualiseerd kadehoogtebestand is bepaald welke trajecten onvoldoende hoogte hebben en wat de investeringskosten zijn om deze keringen te verhogen.

Maatregelenpakket	Noodzakelijke km's kadeverhoging	Kosten kadeverhoging
Geen maatregelen	~95	€ 70.000.000
Pakket A	47,2	€ 35.400.000
Pakket B	58,4	€ 43.800.000
Pakket C	18,2	€ 13.800.000

Tabel 8: Resterende kadeverhogingen (km)

Het totaal aan investeringskosten in watersysteemmaatregelen en kadeverhogingen resulteert in een totale investering om het veiligheidsniveau te realiseren. Figuur 11 toont de benodigde investering, uitgedrukt in miljoenen euro.



Figuur 11: Investeringskosten maatregelenpakketten voor veiligheidsniveau 1:100 jaar en 50 cm waakhogte

De beoordeling van de maatregelenpakketten leidt tot de volgende conclusies ten aanzien van het realiseren van een veiligheidsniveau van 1:100 jaar en 50 cm waakhoogte:

- Het deels uitvoeren van watersysteemmaatregelen is, gelet op de investering, aantrekkelijker dan het verhogen van keringen.
- In zowel pakket A en B is, om het veiligheidsniveau van eens in de 100 jaar inclusief 50 cm waakhoogte te realiseren, een forse investering in kadeverhogingen noodzakelijk.
- Pakket A en B hebben nagenoeg dezelfde investeringskosten, maar pakket A is effectiever.
- Het vergroten van gemaal HD Louwes in pakket C is een effectieve maatregel om de totale investering in de boezem ten behoeve van waterveiligheid te minimaliseren.

#### *Veiligheidsniveau 1:100 jaar en 30 cm waakhoogte*

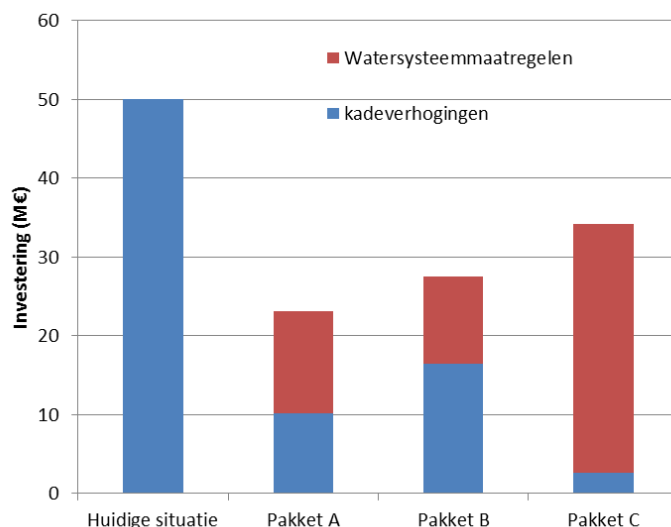
De boezem van waterschap Noorderzijlvest bestaat voornamelijk uit kanalen met een relatief geringe stroombreedte. Het waterstandsverhogend effect van wind (opwaaing) is daarom gering. Bovendien kunnen de maatgevende waterstanden relatief betrouwbaar worden berekend met de huidige hydrologische modellering. Dit zijn plausibele argumenten voor het toepassen van een waakhoogte van 30 cm voor de regionale keringen in de Electra en Fivelingoboezem. In vergelijkbare watersystemen, zoals delen van de Friese boezem, wordt in sommige gevallen een waakhoogte van 25 – 30 cm toegepast. Hierbij blijft het veiligheidsniveau gelijk aan de huidige norm van 1:100 jaar. Voor de keringen langs het Lauwersmeer en het Eemskanaal is een waakhoogte van 50 cm gewenst.

Op basis van een geactualiseerd kadehoogtebestand is bepaald welke trajecten onvoldoende hoogte hebben en wat de investeringskosten zijn om deze keringen te verhogen.

Maatregelenpakket	Noodzakelijke km's kadeverhoging	Kosten kadeverhoging
Geen maatregelen	~65	€ 50.000.000
Pakket A	13,5	€ 10.125.000
Pakket B	22,0	€ 16.500.000
Pakket C	3,5	€ 2.625.000

Tabel 9: Resterende kadeverhogingen (km)

Figuur 12 toont de gezamenlijke benodigde investering (watersysteemmaatregelen en kadeverhogingen) om dit niveau te realiseren, uitgedrukt in miljoenen euro.



Figuur 12: Investeringskosten maatregelenpakketten voor veiligheidsniveau 1:100 jaar en 30 cm waakhoogte

De beoordeling van de maatregelenpakketten leidt tot de volgende conclusies ten aanzien van het realiseren van een veiligheidsniveau van 1:100 jaar en 30 cm waakhogte:

- Het deels uitvoeren van watersysteemmaatregelen is, gelet op de investering, aantrekkelijker dan het verhogen van keringen.
- Het veiligheidsniveau van 1:100 en 30 cm waakhogte kan het meest kosteneffectief gerealiseerd worden met behulp van pakket A.
- Het vergroten van gemaal HD Louwes in pakket C maakt kadeverhogingen grotendeels overbodig, maar is een grotere investering dan noodzakelijk om dit veiligheidsniveau in 2025 te halen.

#### *Veiligheidsniveau conform IPO systematiek en 30 cm waakhogte*

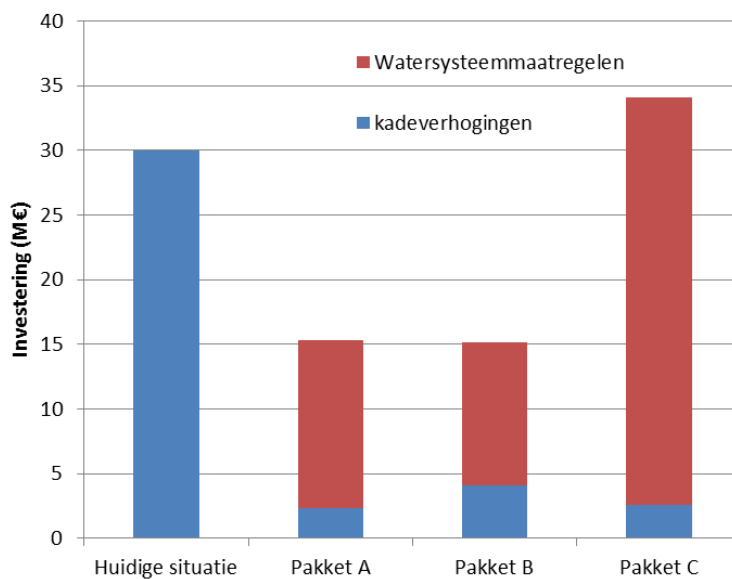
De veiligheidsniveau's van boezemkades zijn afgeleid van de, in 1999 door het IPO opgestelde, Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden. Een groot deel van de boezem van Noorderzijlvest heeft als IPO-veiligheidsniveau 1:10 jaar. Specifieke locaties, zoals ten zuidoosten van de Zuidwending en de stad Groningen hebben een hogere norm van respectievelijk 1:100 en 1:300 jaar.

Op basis van een geactualiseerd kadehoogtebestand is bepaald welke trajecten onvoldoende hoogte hebben en wat de investeringskosten zijn om deze keringen te verhogen.

Maatregelenpakket	Noodzakelijke km's kadeverhoging	Kosten kadeverhoging
Geen maatregelen	~40	€ 30.000.000
Pakket A	3,1	€ 2.325.000
Pakket B	5,5	€ 4.125.000
Pakket C	3,5	€ 2.625.000

Tabel 10: Resterende kadeverhogingen (km)

Vanuit een economisch perspectief (de potentiële schade versus de investeringen in waterveiligheid) is het aantrekkelijk om een lagere norm toe te kennen aan delen van de boezem. Figuur 13 toont de benodigde investering om dit niveau te realiseren, uitgedrukt in miljoenen euro.



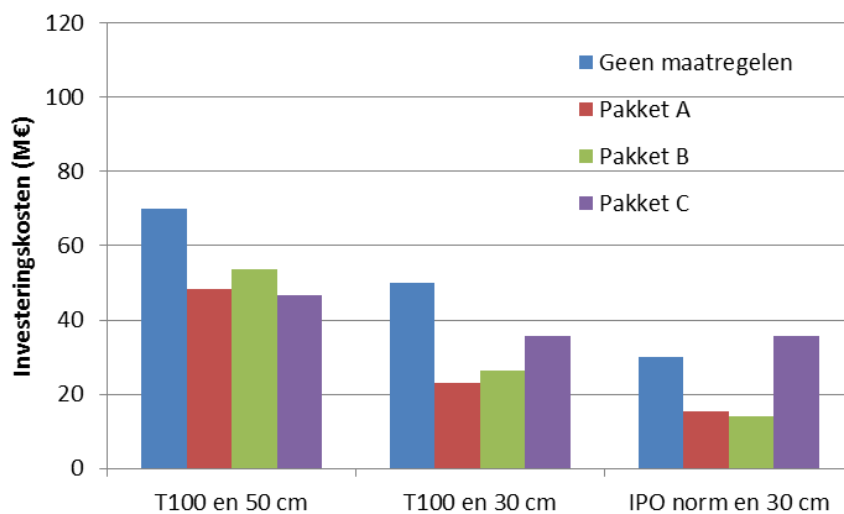
Figuur 13: Investeringskosten maatregelenpakketten voor een IPO veiligheidsniveau en 30 cm waakhogte

De beoordeling van de maatregelenpakketten leidt tot de volgende conclusies ten aanzien van het realiseren van een gedifferentieerd veiligheidsniveau volgens de IPO normering en 30 cm waakhogte:

- Het verhogen van keringen is alleen lokaal nodig om het veiligheidsniveau te halen. Het gaat daarbij voornamelijk om het traject met een hoger IPO veiligheidsniveau langs de Zuidwending.
- Het vergroten van gemaal HD Louwes (pakket C) heeft geen meerwaarde voor het realiseren van het veiligheidsniveau.

### Conclusie

De watersysteemmaatregelen zijn in alle gevallen een goed alternatief voor kadeverhogingen. De minimale investering om het huidige watersysteem op orde te krijgen varieert van 15 miljoen euro bij een IPO veiligheidsnorm tot 45 miljoen euro bij een veiligheidsniveau van 1:100 jaar en 50 cm waakhogte (zie figuur 14). Dit is exclusief de benodigde maatregelen voor het Lauwersmeer en bodemdaling tot 2025.

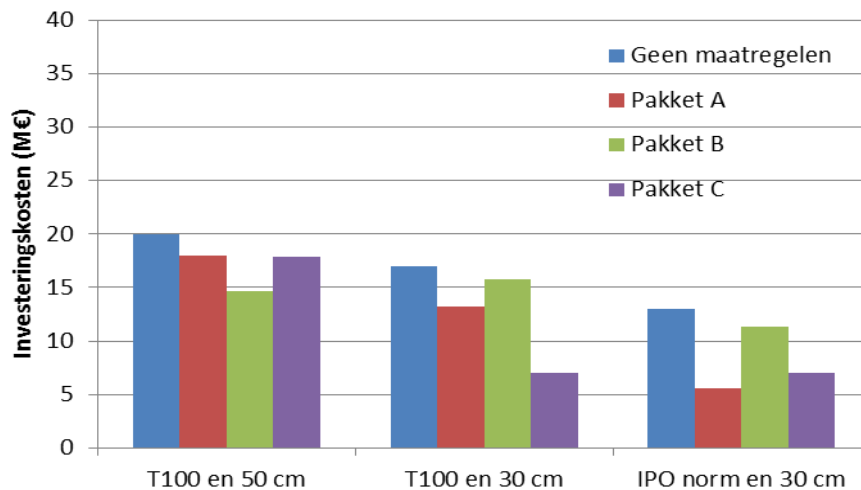


Figuur 14: Investering voor het realiseren van het gewenste veiligheidsniveau (2025)

## 4.2 MAATREGELEN BOEZEM 2025 INCLUSIEF BODEMDALING

Als gevolg van bodemdaling neemt de veiligheid van de boezem af richting het zichtjaar 2025. Hierbij is geen klimaatsverandering meegenomen<sup>1</sup>. Daarom zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk. Om het gewenste veiligheidsniveau en bijbehorende waakhogte te halen, neemt de extra investering in kadeverhogingen toe. Figuur 15 toont de toename van de investering.

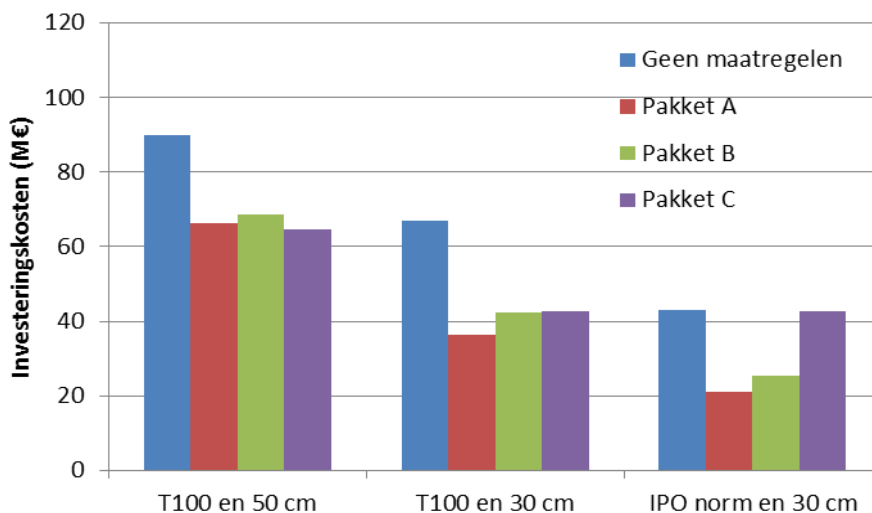
<sup>1</sup> Voor het zichtjaar 2025 is geen klimaatscenario beschikbaar



Figuur 15: Toename van de investering in kadeverhogingen als gevolg van bodemdaling tot 2025

Met name bij het veiligheidsniveau van 1:100 jaar is extra kadeverhoging nodig. Met een IPO veiligheidsnorm en 30 cm waakhogte kan worden volstaan met beperkte kadeverhogingen bij maatregelenpakketten A en C.

De totale investering neemt toe tot 20 – 90 miljoen euro, waarbij maatregelenpakket A het meest kosteneffectief is, voor de veiligheidsniveau 's 1:100 en de IPO norm met 30 centimeter waakhogte (zie figuur 16).



Figuur 16: Investering voor het realiseren van het gewenste veiligheidsniveau (2025) incl. bodemdaling

#### 4.3 AANVULLENDE MAATREGELEN BOEZEM 2050

De maatregelenstudie richt zich, naast een gedragen maatregelenpakket om in 2025 het gewenste veiligheidsniveau te realiseren, op de waterveiligheid in het zichtjaar 2050. Klimaatsverandering zorgt voor een grotere belasting van de boezem en bodemdaling verlaagt het maaiveld (en daarmee ook de regionale keringen). Paragraaf 2.3 beschrijft uitgebreider de effecten van klimaatsverandering en bodemdaling.

Om enigszins te kunnen compenseren voor klimaatverandering en bodemdaling, is de modelschematisatie voor het jaar 2050 uitgevoerd met inbegrip van aanvullende maatregelen die op middellange termijn kunnen worden genomen, namelijk:

- Het grootschalig vasthouden van water op het Drents plateau, in het stroomgebied van het Dwarsdiep, Peizerdiep en het Eelderdiep, en;
- Het oplossen van de hydraulische knelpunten in het Kommerzijlsterriet en het Reitdiep door het verbreden van de huidige knelpunten of het realiseren van (een) bypass(es).

Omdat de aanvullende maatregelen pas op termijn gerealiseerd hoeven te worden, is het aannemelijk dat synergievoordelen optreden. Zo kan het grootschalig vasthouden van water worden geïntegreerd in het beleid en worden ingebracht in watergebiedsplannen. Het oplossen van de knelpunten is te combineren met renovatie van bestaande kunstwerken.

### 4.3.1 EFFECTIVITEIT PAKKETTEN

De maatregelen in de drie geselecteerde pakketten verlagen de maatgevende waterstanden in de boezem. Tabellen 11 en 12 laten het gecombineerde effect van de aanvullende maatregelen, klimaatsverandering en bodemdaling zien voor een afvoergebeurtenis met een herhalingstijd van 100 jaar in de verschillende schillen.

Maatregelenpakket	Electra 1 <sup>e</sup> schil	Electra 2 <sup>e</sup> schil	Electra 3 <sup>e</sup> schil	Fiveringo
Pakket A	-0,73	-0,70	-0,34	-0,65
Pakket B	-0,73	-0,70	-0,24	-0,65
Pakket C	-0,74	-0,75	-0,48	-0,65

Tabel 11: T=100 maximale waterstanden maatregelenpakketten

Maatregelenpakket	Electra 1 <sup>e</sup> schil	Electra 2 <sup>e</sup> schil	Electra 3 <sup>e</sup> schil	Fiveringo
Pakket A	0,02	0,01	0,01	-0,07
Pakket B	0,02	0,01	0,03	-0,07
Pakket C	0,01	0	0,06	-0,07

Tabel 12: Effect van aanvullende maatregelen, klimaatsverandering en bodemdaling op de maximale waterstand (T100)

In de Electraboezem verandert de waterstand in de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil nauwelijks. Dit wordt grotendeels veroorzaakt doordat de maximum capaciteit van de poldergemalen de afvoer vanuit de polders beperkt. In de derde schil, met een groot deel vrij afwaterend gebied, stijgt de waterstand tot 6 centimeter. Het grootschalig vasthouden in het stroomgebied van het Peizerdiep en Eelderdiep en in mindere mate in het Dwarsdiep, en het oplossen van de hydraulische knelpunten, compenseert niet de extra belasting van de boezem als gevolg van klimaatsverandering. Van de maatregelenpakketten is pakket A het meest effectief. Door het grote aantal hectares waterberging wordt met een grotere waterschijf meer water geborgen.

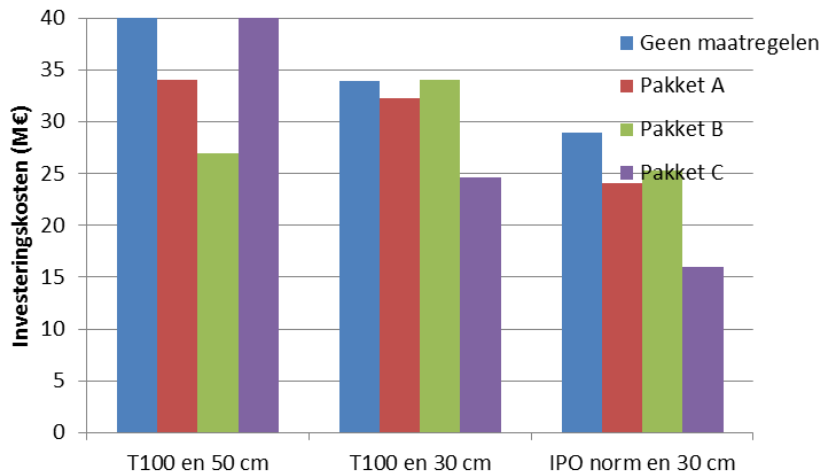
In de Fiveringo boezem neemt de maximale waterstand af. Dit is opmerkelijk, aangezien in deze schil geen extra maatregelen worden getroffen. De verklaring voor de lagere waterstanden ligt in een afname van het verhang door de daling van de bodemhoogte van de watergangen.

### 4.3.2 VEILIGHEIDSNIVEAU EN INVESTERINGSKOSTEN

Als gevolg van klimaatverandering en bodemdaling neemt de veiligheid van de boezem af richting het zichtjaar 2050. Om deze effecten deels te compenseren worden aanvullende maatregelen genomen, namelijk:

- het vasthouden van water in het stroomgebied van het Dwarsdiep, Peizerdiep en Eelderdiep, en
- het oplossen van de hydraulische knelpunten Kommerzijlsterriet en Reitdiep.

Om het gewenste veiligheidsniveau en bijbehorende waakhogte te halen, neemt ook de extra investering in kadeverhogingen toe. Figuur 17 toont de toename van de investering richting het zichtjaar 2050 ten opzichte van de investering voor het zichtjaar 2025 exclusief bodemdaling.

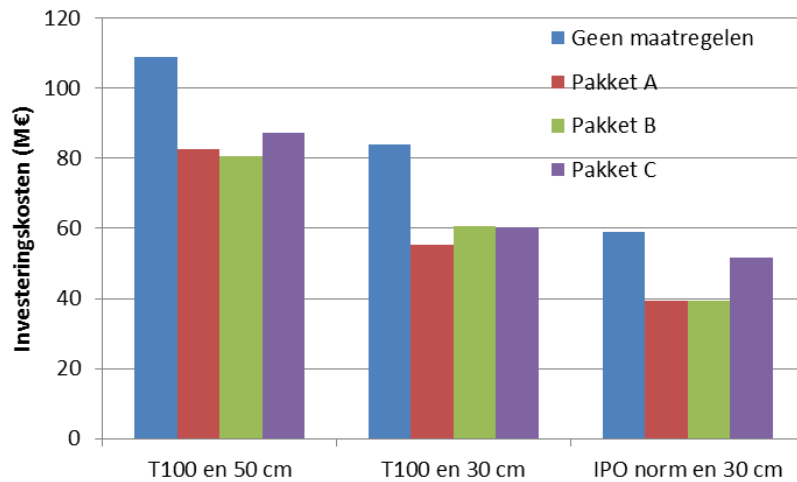


Figuur 17: Extra benodigde investering in kadeverhogingen en maatregelen als gevolg van bodemdaling en klimaatontwikkeling tot 2050 ten opzichte van het pakket voor 2025 exclusief bodemdaling.

Naast de investering van 9 miljoen euro in maatregelen is extra kadeverhoging nodig. Met een IPO veiligheidsnorm en 30 cm waakhogte kan worden volstaan met beperkte kadeverhogingen bij maatregelenpakket C.

De totale investering neemt toe tot 20 – 90 miljoen euro, waarbij maatregelenpakket A het meest kosteneffectief is voor het veiligheidsniveau 1:100 en 30 centimeter waakhogte (zie figuur 18).

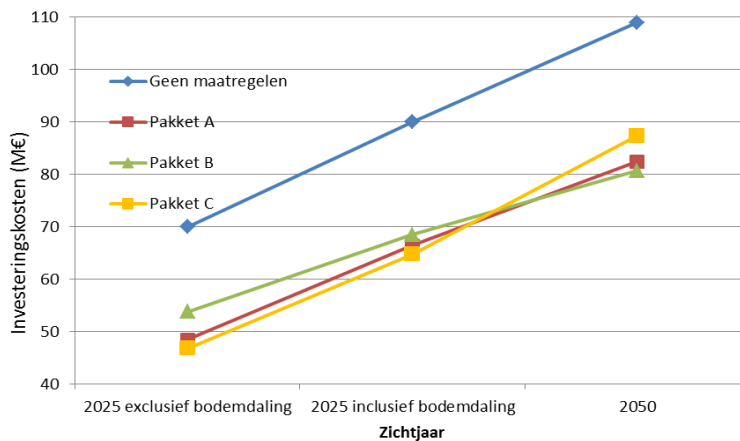




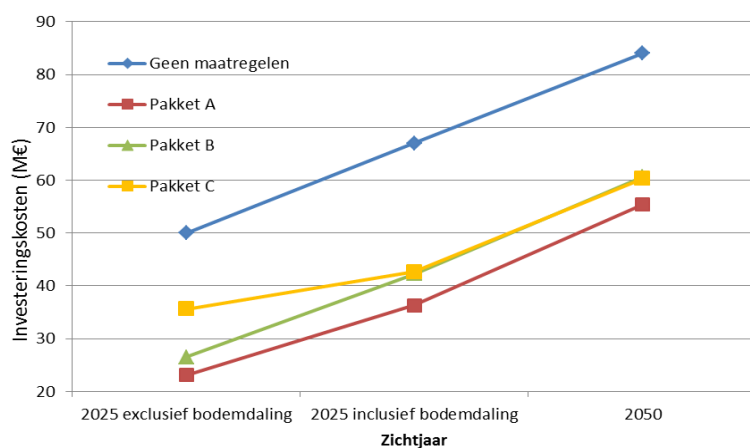
Figuur 18: Totaal benodigde investering in kadeverhogingen en maatregelen als gevolg van bodemdaling en klimaatontwikkeling vanaf nu tot en met 2050

#### 4.4 AFWEGING

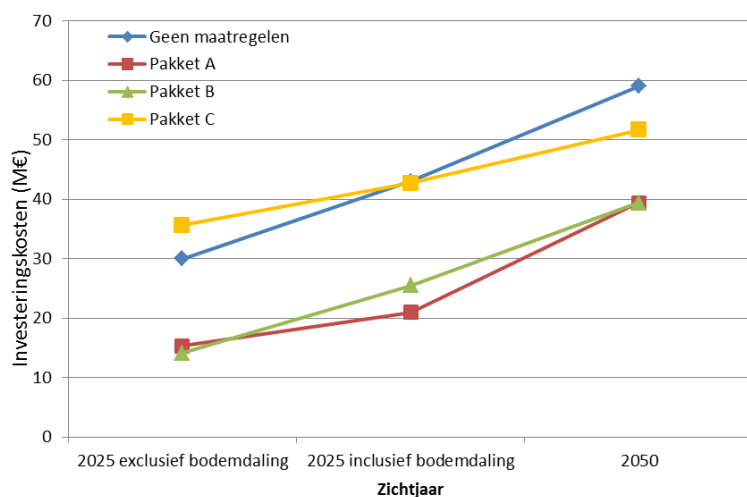
Voor drie maatregelenpakketten is de effectiviteit beoordeeld. Figuren 19 t/m 21 laten de investering zien voor het zichtjaar 2025, het zichtjaar 2025 inclusief verwachte extra bodemdaling en het zichtjaar 2050 inclusief bodemdaling en klimaatontwikkeling. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de maatregelenpakketten en veiligheidsniveau 's.



Figuur 19: Investering in de tijd voor de verschillende pakketten bij een veiligheidsnorm van 1:100 jaar en 50 cm waakhogte



Figuur 20: Investering in de tijd voor de verschillende pakketten bij een veiligheidsnorm van 1:100 jaar en 30 cm waakhogte



Figuur 21: Investering in de tijd voor de verschillende pakketten bij een IPO veiligheidsnorm en 30 cm waakhogte

### Afweging maatregelenpakketten

Tabel 13 laat zien wat de meest kosteneffectieve maatregelenpakket is voor de verschillende zichtjaren en veiligheidsniveau 's.

Norm	2010	2025	2050
1:100 jaar en 50 cm waakhogte	A&C	A,B&C	A&B
1:100 jaar en 30 cm waakhogte	A	A	A
IPO en 30 cm waakhogte	A&B	A	A&B

Tabel 13: Meest aantrekkelijke pakket op basis van investeringskosten

In alle gevallen is pakket A het meest kosteneffectieve pakket, of behoort tot de meest kosteneffectieve pakketten. Voor een veiligheidsniveau van 1:100 jaar met 50 cm waakhogte is het vergroten van gemaal HD Louwes (pakket C) een passend alternatief.

### Afweging veiligheidsniveau

Bij het realiseren van de drie verschillende veiligheidsniveau 's hoort een verschil in investering. Tabel 14 laat de minimaal benodigde investering zien bij de niveaus en de zichtjaren.

Norm	2010	2025	2050
1:100 jaar en 50 cm waakhogte	46,8	64,7	80,7
1:100 jaar en 30 cm waakhogte	23,1	36,3	55,4
IPO en 30 cm waakhogte	14,1	21	39,4

Tabel 14: Verschil in investering voor de veiligheidsniveau 's

De investering neemt met 25 tot 35 miljoen euro toe richting het zichtjaar 2050, waarbij ook het verschil tussen de veiligheidsniveau 's toeneemt in de tijd. Dit is exclusief de kosten van maatregelen voor het Lauwersmeer.

### Economische paragraaf

In het kader van de maatregelenstudie Droge voeten is een economische analyse uitgevoerd. Deze analyse vergelijkt de maatregelenpakketten en veiligheidsniveau 's met behulp van Netto Contante Waarde (NCW) methode. De NCW is de huidige waarde van in de toekomst uit te geven bedragen. Hierbij is rekening gehouden worden met de investeringstermijn, de levensduur, de kosten van beheer en onderhoud en de financieringslast.

De belangrijkste conclusies zijn:

- Met het scenario waarbij geen watersysteemmaatregelen (alleen kadeverhogingen) gerealiseerd zullen worden in het beheersgebied van het waterschap is t.o.v. de verschillende pakketten de grootste investering gemoeid.
- De totale investering van de overige 3 pakketten incl. kadeverhoging verschillen niet sterk van elkaar, het pakket met de variant natuur vergt de laagste investering.
- Het hanteren van de IPO normering en een waakhogte van 30 cm geeft de laagste investering.
- De kosten voor een veiligheidsniveau van T100 en een waakhogte van 50 cm, zijn fors meer dan een situatie van T100 met een waakhogte van 30 cm.
- De kosten voor de variant 'natuur' en 'landbouw' zijn niet sterk verschillend, beide varianten komen qua kosteninvestering als laagste naar voren.
- De NCW van pakket A levert in alle projectvarianten de minst negatieve NCW op.

De volledige economische paragraaf is te vinden in bijlage 5.

## 4.5 MAATREGELEN LAUWERSMEER

Een doel van de maatregelenstudie is ook om antwoord te geven op noodzakelijke maatregelen voor de waterveiligheid van het Lauwersmeer. Een definitief oordeel hierover is pas te geven als er voldoende zicht is op de noodzakelijke maatregelen in zowel de Groningse als de Friese boezem (zie ook paragraaf 1.2). Zonder een goed beeld van de afvoer vanuit de Friese boezem is niet duidelijk wat de T=300 waterstanden op het meer precies zijn en hoeveel maatregelen noodzakelijk zijn om het veiligheidsniveau te halen. Bovendien volgt uit de actualisatie van het Friese veiligheidsplan ook in hoeverre en wanneer de veiligheid van de Friese boezem baat heeft bij een gemaal Lauwersoog. In deze paragraaf wordt daarom volstaan met een voorlopig antwoord, gebaseerd op de informatie die beschikbaar is vanuit de maatregelenstudie Droge Voeten.

Voor een mogelijk knelpunt met betrekking tot de waterveiligheid langs het Lauwersmeer zijn er twee kansrijke maatregelen, namelijk:

- het realiseren van gemaalcapaciteit bij Lauwersoog;
- het verhogen van de regionale keringen tot een voldoende hoogte is bereikt.

Gelet op de verwachte aard en omvang van de wateroverlast langs het Lauwersmeer en het feit dat geen directe relatie bestaat met de waterveiligheid in de Electra-boezem, lijkt het verhogen van de regionale keringen een veel kosten effectievere maatregel dan het realiseren van gemaalcapaciteit. Deze afweging kan anders uitvallen als duidelijk is welk belang de Friese boezem heeft bij een gemaal Lauwersoog (en bijbehorende lagere Lauwersmeerwaterstanden).

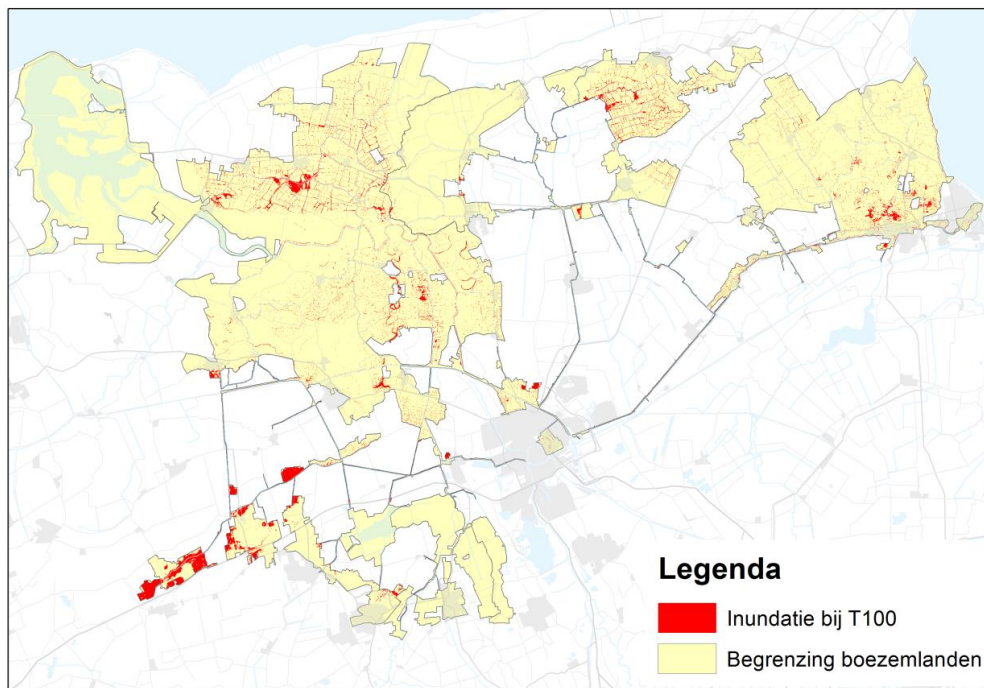
#### *Keuze maatregelenpakket versus waterveiligheid Lauwersmeer*

In de maatregelenstudie Droge Voeten zijn maatregelen verkend in de Electra en Fivelingo boezem. Dit heeft geleid tot drie kansrijke maatregelenpakketten, waarbij in één pakket ook het vergroten van de capaciteit van HD Louwes is opgenomen. Het is belangrijk vast te stellen of de maatregelenpakketten, en in het bijzonder het vergroten van gemaal HD Louwes, significante effecten hebben op de waterhuishouding van het Lauwersmeer. Bijlage 4 beschrijft daarom de gevolgen van het vergroten van gemaal HD Louwes op de afvoer en waterstanden op het Lauwersmeer. Een toename van de maximale afvoer richting het Lauwersmeer beïnvloedt de waterveiligheid op het Lauwersmeer niet of nauwelijks (en vergroot daarom niet de eventuele noodzaak tot aanvullende maatregelen zoals een gemaal Lauwersoog). Een keuze tussen de maatregelenpakketten heeft daarom geen directe relatie met de uiteindelijk te kiezen maatregelen voor de waterveiligheid van het Lauwersmeer. Andersom leidt een keuze voor een maatregelenpakket, met of zonder het vergroten van HD Louwes, niet tot extra maatregelen langs het Lauwersmeer.

## 4.6 NORMERING REGIONALE WATEROVERLAST

Naast een beoordeling van de veiligheidsnorm van de regionale keringen is in beeld gebracht in welke mate in de (niet bemalen) boezemlanden wateroverlast optreedt als gevolg van hoge boezemwaterstanden. Dit is niet direct van belang voor de afweging van maatregelen, maar wel voor het vaststellen van de NBW norm voor deze gebieden. Figuur 15 toont de inundatie van boezemlanden (vanuit de boezem<sup>2</sup>) die optreedt bij een afvoergebeurtenis met een herhalingstijd van 100 jaar en het maatregelenpakket A.

<sup>2</sup> NB Het betreft hier geen watersysteemtoetsing zoals bedoeld in het NBW, maar zuiver een analyse of de boezemlanden inunderen vanuit de boezem. Inundatie als gevolg van knelpunten in het lokale watersysteem is niet beoordeeld.



Figuur 22: Wateroverlast in boezemlanden (T100, zichtjaar 2025 exclusief bodemdaling, maatregelenpakket A)

Uit figuur 22 volgt dat een groot deel van de boezemlanden niet inundeert als gevolg van boezemwaterstanden die eens per 100 jaar optreden. Hier leiden hoge boezemwaterstanden niet tot een wateroverlast<sup>2</sup>. Aan deze gebieden wordt daarom een NBW toegekend, namelijk voor stedelijk gebied en wegen de norm 1:100 en voor overige gebieden de norm 1:10. Aan de gebieden waar wel overlast optreedt als gevolg van hoge boezemwaterstanden, wordt geen norm toegekend.

# 5

## Conclusie

### 5.1 BEOORDELING MAATREGELEN EN PAKKETTEN

Zoals in de voorgaande hoofdstukken staat beschreven hebben we verschillende stakeholdersessies gehouden om te komen tot een gedragen pakket aan maatregelen die mogelijk bijdragen aan het bereiken van het gewenste veiligheidsniveau.

We zijn gestart met een sessie waarbij we gezamenlijk een grote lijst aan mogelijke maatregelen hebben verzameld. Deze maatregelen zijn doorgerekend, en op basis van de berekeningen en de inzichten die daaruit zijn ontstaan hebben we uiteindelijk kunnen trechteren tot 3 kansrijke pakketten aan maatregelen.

Ook deze pakketten aan maatregelen hebben we met de stakeholders in een laatste werksessie in maart 2014 besproken. Gezamenlijk zijn we er in geslaagd om 3 volwaardige pakketten aan het bestuur te kunnen aanbieden. Drie verschillende pakketten, ieder met een eigen thema.

In de trechtering om te komen tot de 3 mogelijke maatregelenpakketten is er van de totale lijst aan maatregelen ook een aantal maatregelen afgevallen. Uit de uitgevoerde hydraulische berekeningen bleken deze maatregelen niet effectief in het voldoende verlagen van de waterstanden bij een situatie met hoog water. Daarom zijn deze maatregelen uit de eerste grote lijst komen te vervallen en maken geen deel meer uit van een van de 3 pakketten. Enkele maatregelen kunnen mogelijk nog wel worden uitgevoerd op de middellange termijn. Het zijn maatregelen die op termijn wel effectief zijn, en die gekoppeld kunnen worden aan realisatie van andere projecten. Het gaat hier om maatregelen tot grootschalig vasthouden van water in bovenstroomse delen en het oplossen van hydraulische knelpunten in het Kommerzijlsterriet en Reitdiep.

Uit de verschillende werksessies, de individuele gesprekken met stakeholders, de hydraulische berekeningen en de calculaties van de maatregelen zijn er uiteindelijk een groot aantal kansrijke maatregelen overgebleven. Al deze maatregelen hebben een substantiële bijdrage aan het bereiken van het veiligheidsniveau. Het gaat hier om de volgende individuele maatregelen:

- Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep;
- Waterberging EHS De dijken (Bakkerom);
- Waterberging EHS Driepolders;
- Maalstop;
- Optimaliseren berging Eelder- en Peizermaden;
- Waterberging Tolberterpetten
- Vergroten en isoleren gemaal HD Louwes;
- Vergroten gemaal Schaphalsterzijl;
- Verbeterde sturing van de boezem.

Daarnaast blijkt uit de berekeningen, dat met het realiseren van deze maatregelen nog niet wordt voldaan aan het gewenste veiligheidsniveau. Er zal naast het uitvoeren van deze maatregelen ook een deel van de huidige kaden moeten worden verhoogd.

## 5.2 GEDRAGEN MAATREGELENPAKKET EN GEWENST VEILIGHEIDSNIVEAU

Op basis van de stakeholdersessies, de uitgevoerde hydraulische berekeningen en calculaties hebben we binnen de projectgroep Droge Voeten 2050 een keuze gemaakt voor maatregelenpakketten. Bij die keuze is vooraf bepaald, dat ieder pakket moet zijn opgebouwd uit kansrijke en robuuste maatregelen, invulling moet geven aan een watersysteem dat tot 2025 op orde is, en dat een stevig fundament vormt voor de toekomst.

Dit heeft geresulteerd in 3 kansrijke pakketten:

- een basispakket met kosteneffectieve maatregelen:
  - met een variant voor natuur;
  - met een variant voor landbouw;
- een basispakket met meest aantrekkelijke afvoermogelijkheid.

### *Afweging maatregelenpakketten*

Deze pakketten zijn uitgezet tegen elkaar en een referentiealternatief, waarbij geen maatregelen uitgevoerd worden behalve kadeverhogingen.

Bij het samenstellen van deze pakketten zijn naast de kosteneffectiviteit, de ervaringen en bevindingen meegenomen qua:

- draagvlak bij stakeholders (vanuit de verschillende stakeholdersessies);
- koppeling met andere maatschappelijke doelstellingen (natuur, landschap/inrichting);
- termijn van realiseerbaarheid (korte termijn) en effectiviteit van individuele maatregelen als onderdeel van het totaalpakket.

In deze pakketten zijn ook de resterende kosten voor kadeverhoging meegenomen. Voor de pakketten is met behulp van een hoogtetoets bepaald hoeveel euro aan kadeverhoging noodzakelijk is om:

- a) het huidige veiligheidsniveau van 1:100 incl. 50 cm waakhogte te realiseren;
- b) het huidige veiligheidsniveau van 1:100 incl. 30 cm waakhogte te realiseren;
- c) het gedifferentieerde IPO veiligheidsniveau incl. 30 cm waakhogte te realiseren.

### *Afweging veiligheidsniveau's*

Uit de analyse van de maatregelenpakketten blijkt het volgende:

- met het alleen realiseren van kadeverhogingen in het beheersgebied van het waterschap is t.o.v. de verschillende pakketten de grootste investering gemoeid;
- de totale investering van de overige 3 pakketten incl. kadeverhoging verschillen niet sterk van elkaar bij eenzelfde veiligheidsniveau, het pakket A met variant natuur vergt de laagste investering;
- in het combinatiepakket C, waarbij ook het gemaal HD Louwes vergroot wordt, is het aantal km te verbeteren kadeverhoging het laagst.

Uit de vergelijking van de kosten t.o.v. de verschillende veiligheidsniveau 's blijkt het volgende:

- het hanteren van de IPO normering en een waakhogte van 30 cm gaat gepaard met de laagste investering;

- de kosten voor een veiligheidsniveau van T100 en een waakhogte van 50 cm, zijn fors meer dan een situatie van T100 met een waakhogte van 30 cm. Een compacte analyse van de waakhogte laat zien dat het aannemelijk is dat voor de Groningse boezem 30 cm waakhogte voldoende is. Dit geldt niet voor het Lauwersmeer en het Eemskanaal;
- qua investeringskosten is het maatregelenpakket A voor de drie veiligheidsniveau 's en zichtjaren het meest aantrekkelijk. Het vergroten van HD Louwes (pakket C) is alleen zinvol bij het hanteren van een veiligheidsniveau van T100 en een waakhogte van 50 cm.

#### *Lauwersmeer*

De maatregelenstudie geeft geen definitief antwoord op de noodzakelijke maatregelen (ten behoeve van de waterveiligheid) langs het Lauwersmeer. Een definitief antwoord kan gegeven worden als de resultaten van de actualisatie van het veiligheidsplan voor de Friese boezem beschikbaar zijn. De maatregelen in de Groningse boezem hebben een positief effect op de waterveiligheid van het Lauwersmeer.

#### *Fasering*

Naast de genoemde maatregelenpakketten zijn er twee maatregelen die richting het zichtjaar 2050 kansrijk zijn om de effecten van klimaatontwikkeling en bodemdaling deels te compenseren. Dit zijn:

- Het grootschalig vasthouden van water op het Drents plateau, in het stroomgebied van het Dwarsdiep, Peizerdiep en het Eelderdiep, en;
- Het oplossen van de hydraulische knelpunten in het Kommerzijlsterriet en het Reitdiep.

Deze maatregelen zijn op de korte termijn niet te realiseren. Omdat de maatregelen pas op termijn gerealiseerd worden, is het aannemelijk dat synergievoordelen optreden. Zo kan het grootschalig vasthouden van water worden geïntegreerd in het beleid en worden ingebracht in watergebiedsplannen. Het oplossen van de knelpunten is te combineren met renovatie van bestaande kunstwerken.

## 5.3 AANBEVELINGEN

De maatregelenstudie leidt tot de volgende aanbevelingen:

#### *Vervolgtraject*

Met deze afsluitende rapportage heeft de Projectgroep Droge Voeten 2050 de benodigde informatie verstrekt waarop bestuurlijk een keuze kan worden gemaakt, op welke wijze het waterschap de komende jaren gaat werken aan het gewenste veiligheidsniveau.

Bestuurlijk zal er op basis van deze informatie een keuze kunnen worden gemaakt:

1. welk maatregelenpakket wordt de komende jaren verder voorbereid en uiteindelijk gerealiseerd;
  - a. een basispakket met kosteneffectieve maatregelen en kadeverhogingen:
    - met een variant voor natuur;
    - met een variant voor landbouw;
  - b. een basispakket plus de meest aantrekkelijke afvoermogelijkheid en kadeverhogingen.
2. welk veiligheidsniveau gaan we daarbij hanteren;
  - a. het huidige veiligheidsniveau van 1:100 incl. 50 cm waakhogte te realiseren;
  - b. het huidige veiligheidsniveau van 1:100 incl. 30 cm waakhogte te realiseren;
  - c. het gedifferentieerde IPO veiligheidsniveau incl. 30 cm waakhogte te realiseren.



**Lauwersmeer**

Dit rapport geeft geen duidelijkheid over de noodzaak van gemaalcapaciteit bij Lauwersoog. Er wordt volstaan met een voorlopig antwoord, gebaseerd op de analyse van de maatregelenpakketten voor de Groningse boezem.

Na afronding of in een later stadium van de actualisatie van het veiligheidsplan (Wetterskip Fryslân) is het noodzakelijk om een gecombineerde analyse uit te voeren op basis van de gekozen maatregelenpakketten voor zowel de Groningse als de Friese boezem.

**Bodemdaling**

Een groot deel van de opgave voor waterveiligheid in de zichtjaar 2025 en 2050 wordt veroorzaakt door bodemdaling. Hiervoor is gebruik gemaakt van de beschikbare prognoses en zijn kadetrajecten geselecteerd die in de toekomst onvoldoende hoog zijn.

Gelet op de omvang van de benodigde kadeverhogingen bevelen wij aan:

- De kadetrajecten die in de huidige situatie niet op orde zijn mee te nemen in het te realiseren maatregelenpakket en nader onderzoek uit te voeren naar de kadetrajecten die in 2025 onvoldoende hoog zijn, en hierbij ook de stabiliteit te toetsen.
- In afstemming met de bodemdalingscommissie vast te stellen welk deel van de opgave voor waterveiligheid een direct gevolg is van bodemdaling, en op welke manier de maatregelen hiervoor gefinancierd kunnen worden. In dit rapport is voor de periode 2010-2025 het aandeel van de bodemdaling al in beeld gebracht.

**Waakhoogte**

De maatregelenstudie wijst uit dat het hanteren van een waakhoogte van 30 cm voor regionale keringen de investering ten behoeve van waterveiligheid beperkt. Met behulp van expert judgement is beargumenteerd dat deze waakhoogte van 30 cm voor de Electra en Fivelingo boezem voldoende is.

Om deze stelling beter te onderbouwen bevelen wij aan om reeds uitgevoerde studies naar de lokale windopzet in het watersysteem en de verwachte golfoverslag onder maatgevende omstandigheden samen te voegen en indien noodzakelijk uit te breiden met nieuwe analyses. Dit vormt dan een gedegen inhoudelijke onderbouwing voor een bestuurlijk te maken keuze om minder waakhoogte te hanteren.

**Protocol hoog water**

De genoemde maatregelen vereisen besluitvorming op het juiste moment over de activering van de berging en compartimenteringen. Daarvoor moet een draaiboek gemaakt worden, met een bedieningsprotocol. Ook moet de bedrijfszekerheid van de beweegbare infrastructuur regelmatig worden geverifieerd. Ook hiervan is opname in een protocol nodig. Het protocol bevat onder andere een beschrijving van wie wat doet, wanneer, hoe en welke budgetten nodig zijn.

# Literatuurlijst

1. Waterschap Noorderzijlvest, 2012, Beschrijvend document maatregelenstudie Droge Voeten 2050.
2. Royal Haskoning & WL Delft , 2003, Hoog water 2 (HOWA2).
3. Pr. Groep Water2000+, 2001, Hoog water (HOWA1).
4. Advies stuurgroep Water 2000+, 2002, Overleven met water.
5. Advies stuurgroep Water 2000+, 2003, Overleven met water.
6. Projectgr. Van Veen tot Zee, 2005, Waterstreefbeeld van Veen tot Zee.
7. Royal Haskoning & WL-Delft, 1993, Wing.
8. Pr.groep droge voeten, 2012, Notitie randvoorwaarden project Droge voeten.
9. Grontmij, 2007, Noodberging Marnerwaard.
10. Grontmij, 2012, Business case Lauwersoog.
11. HKV & Arcadis, 2004, Watervisie Lauwersmeer.
12. Deltares, 2010, Gemaal Centraal Lauwersmeer.
13. NAM, 2010, Bodemdaling door Aardgaswinning.
14. STOWA, 2013, Meteobase, Online archief van neerslag- en verdampingsgegevens voor het waterbeheer, rapport no. 2013-02, ISBN 978.90.5773.588.2.
15. Hydroconsult, juli 2013, Boezemmodel versie 20130722 Waterschap Noorderzijlvest, uitgevoerd in opdracht van het waterschap.

# Bijlage 1 Factsheets maatregelen

In de maatregelenstudie zijn 28 maatregelen beoordeeld op effectiviteit, kosten en koppelkansen. Om een goede vergelijking te maken tussen de maatregelen is voor iedere individuele maatregelen een factsheet gemaakt (zie onderstaande figuur).

Deze geeft de volgende informatie:

- Topografische kaart met daarop de ligging en begrenzing van de maatregel.
- De geschatte kosten op basis van een grove raming.
- Een beschrijving van de maatregel op hoofdlijnen.
- Het gemiddeld effect per schil en het ruimtelijk effect op de maximale waterstand.
- Eventuele koppelkansen en aandachtspunten vanuit de Plan-MER.

# Droge Voeten 2050

## Factsheets maatregelen: Voorbeeld

### Implementatie

Topografische kaart (detail) inclusief een zoekgebied voor de maatregel

Topografische kaart (grof)

Geschatte kosten op basis van een grove raming

\*=relatief grote post onvoorzien

Beschrijving op hoofdlijnen van de maatregel

### Effect

Berekend gemiddeld effect op maximale waterstand per schil

NB Schaal x-as verschilt per factsheet

Berekend effect op maximale waterstand op kaart

### Koppelkansen

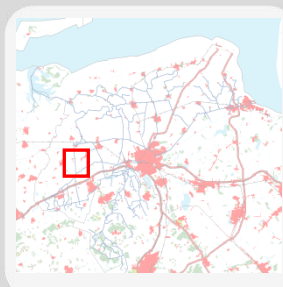
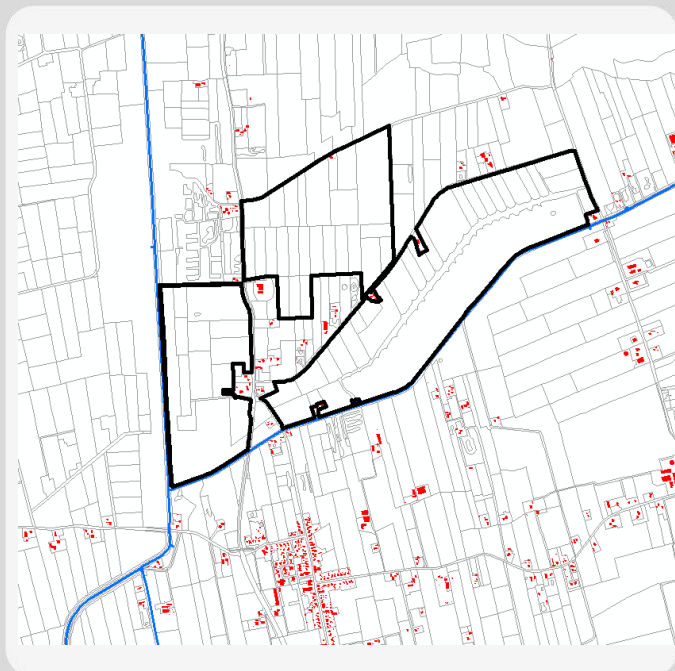
Eventuele koppelkansen met andere functies of andere maatregelen

Aandachtspunten op hoofdlijnen uit de Plan-MER

# Droge Voeten 2050

## Waterberging EHS De Dijken

### Implementatie

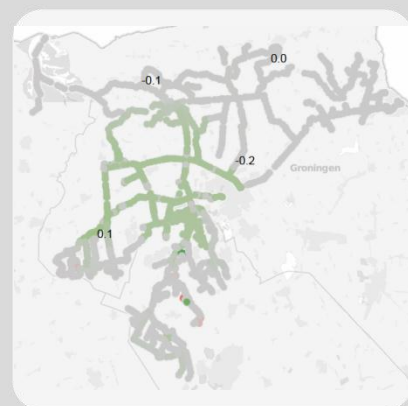
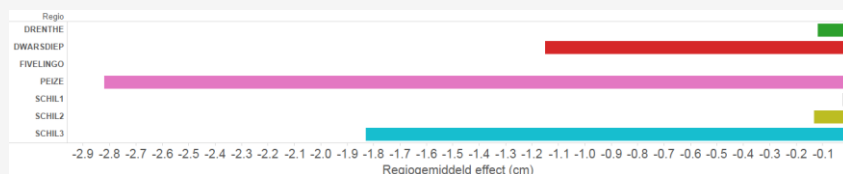


Geschatte kosten:

€ 3.500.000,- .

Aanleg van 140 hectare waterberging binnen de ecologisch hoofdstructuur. Inundatie tijdens extreme afvoergebeurtenissen (T10 en extremer) tot een maximaal niveau van -0,2 m+NAP, zodat aanwezige bebouwing geen overlast ondervindt. Dit resulteert in 1.200.000 m<sup>3</sup> berging bij een maatgevende gebeurtenis

### Effect



### Koppelkansen

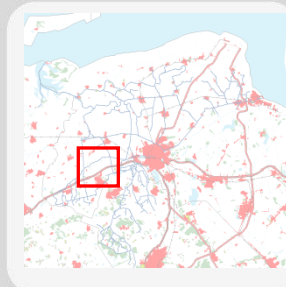
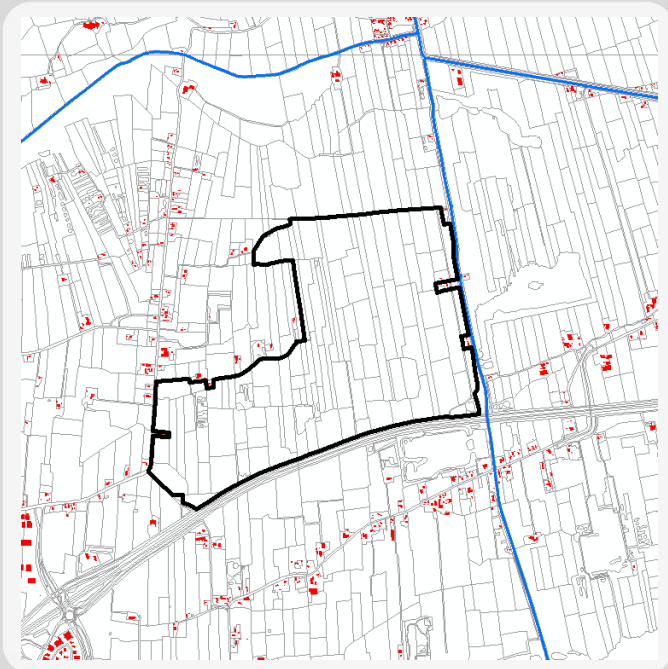
EHS: aanleg van berging gaat samen met de herinrichting van het gebied in het kader van de ecologische hoofdstructuur. De bijbehorende investering is daarmee relatief beperkt. Het gebied wordt alleen in de winterperiode ingezet bij extreme waterstanden op de Groningse boezem. Het gebied wordt in dat geval vanuit de boezem gevoed via een inlaatwerk.

PlanMER: aandachtspunt is kwaliteit voor weidevogels (EHS).

# Droge Voeten 2050

## Waterberging EHS Driepolders en compartimenteren bij hoogwater

### Implementatie

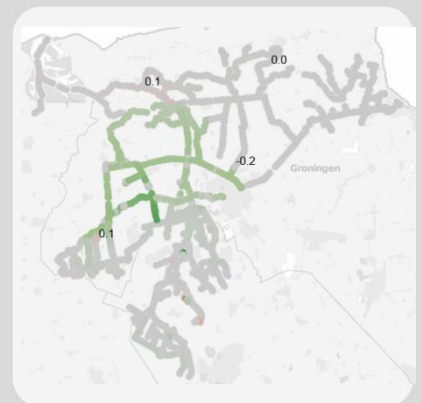
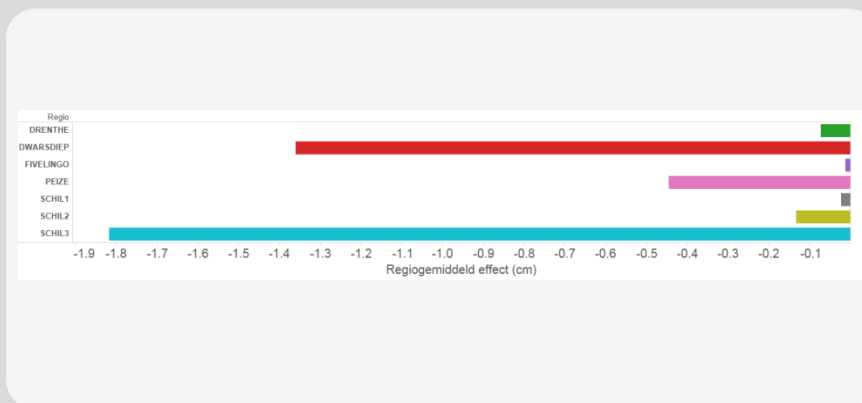


Geschatte kosten:

€ 2.500.000,- .

Aanleg van 180 hectare waterberging bij de ecologisch hoofdstructuur. Inundatie tijdens extreme afvoergebeurtenissen (T10 en extremer) tot een maximaal niveau van -0,2 m+NAP, zodat aanwezige bebouwing geen overlast ondervindt. Dit resulteert in 1.300.000 m<sup>3</sup> berging bij een maatgevende gebeurtenis

### Effect



### Koppelkansen

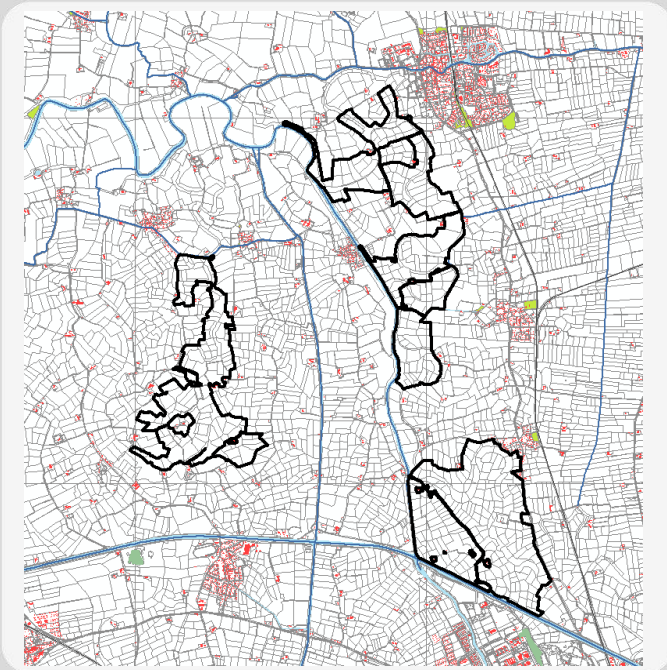
EHS: De aanleg van berging gaat samen met de herinrichting van het gebied in het kader van de ecologische hoofdstructuur. De bijbehorende investering is daarmee relatief beperkt. Het gebied wordt alleen in de winterperiode ingezet bij extreme waterstanden op de Groningse boezem via een inlaatwerk. Het combineren van deze maatregel met maatregel compartimenteren is zeer effectief. Hierdoor heeft deze waterberging lokaal meer effect, dit is gewenst omdat lokaal ook een aantal knelpunten in de keringen voorkomen.

**PlanMER:**  
waarschijnlijk positief voor natuur, aandachtspunt is kwaliteit voor weidevogels en landbouw.

# Droge Voeten 2050

## Vasthouden EHS Reitdiep Humsterland

### Implementatie

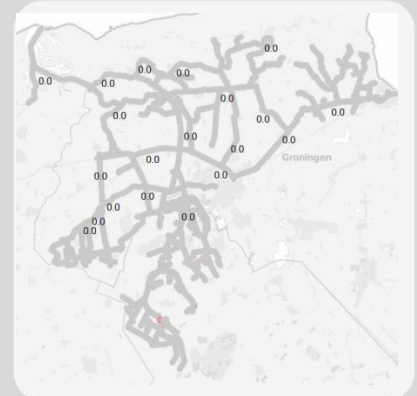
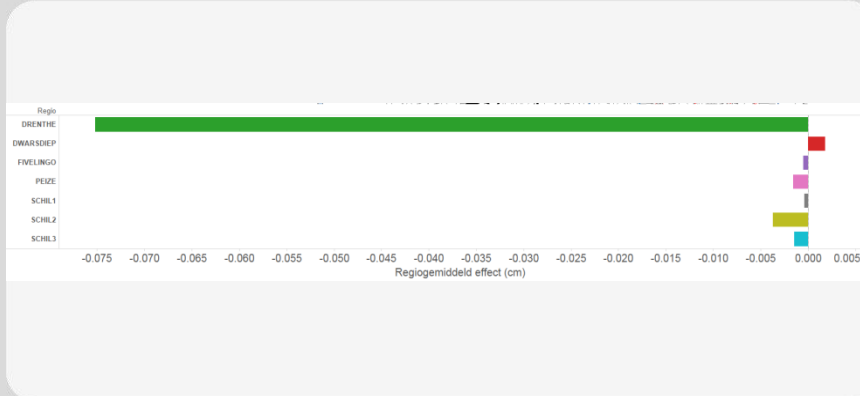


Geschatte kosten:

€ 1.000.000,- .

Over een gebied van 1203 hectare, water vasthouden binnen de ecologisch hoofdstructuur. Bij extreme neerslagsituaties (T10 en extremer) wordt water vastgehouden tot 0.3 m boven het huidige niveau.

### Effect



### Koppelkansen

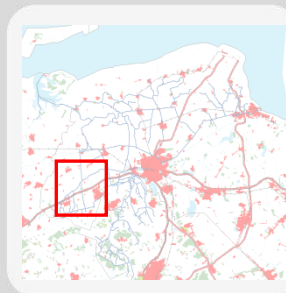
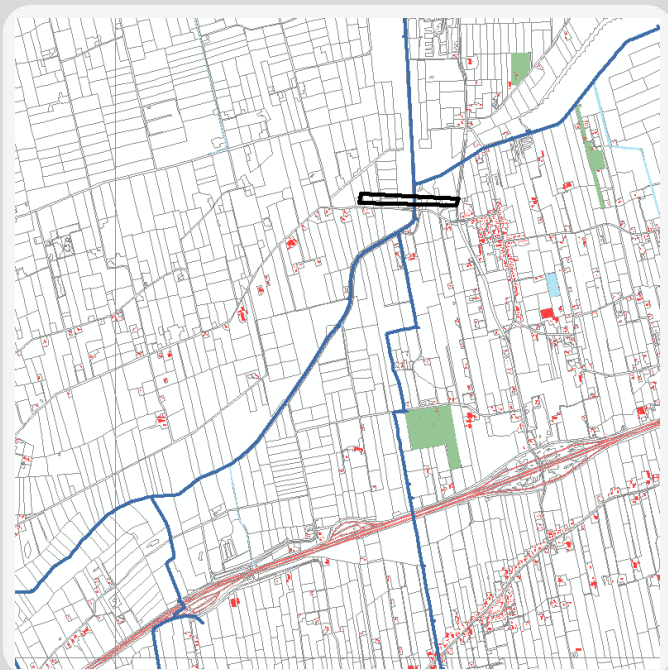
EHS: De aanleg van deze maatregel gaat samen met de herinrichting van het gebied in het kader van de ecologische hoofdstructuur. De bijbehorende investering is daarmee relatief beperkt. Het gebied wordt alleen in de winterperiode ingezet bij extreme waterstanden op de Groningse boezem. Het water wordt dan vastgehouden door een knijpstuw.

PlanMER: mogelijk voordeel t.a.v. maaiveld daling, aandachtspunt is kwaliteit voor weidevogels (EHS).

# Droge Voeten 2050

## Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep

### Implementatie

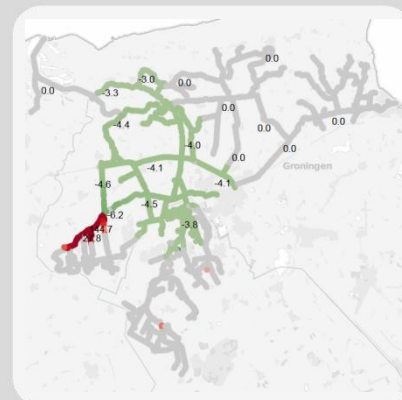


Geschatte kosten:

€ 2.000.000,- .

Helemaal benedenstrooms in het Dwarsdiep wordt een stuw geplaatst die bij extreme afvoergebeurtenissen (T10 en T100) het water kan vasthouden. Deze stuw treedt in werking zodra het peil in de boezem hoog staat (maximaal -0.25 m+NAP ivm bebouwing) en houdt vervolgens het water in het Dwarsdiep vast tot maximaal +0.25 m+NAP. Hiermee wordt 2.700.000 m3 water vastgehouden.

### Effect



### Koppelkansen

EHS: De aanleg van berging gaat samen met de herinrichting van het gebied in het kader van de ecologische hoofdstructuur. De bijbehorende investering is daarmee relatief beperkt. Het gebied wordt alleen in de winterperiode ingezet bij extreme waterstanden op de Groningse boezem. Het gebied inundeert dan omdat de afvoer van het Dwarsdiep wordt geknepen.

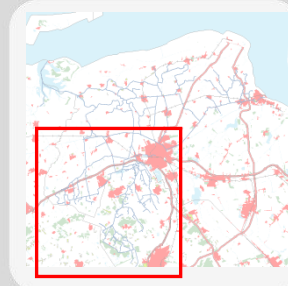
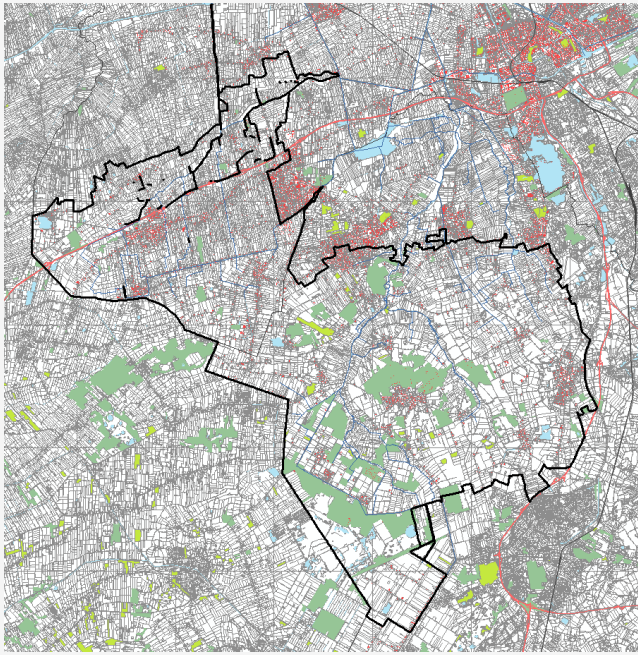
PlanMER: mogelijk voordeel t.a.v. maaiveldaling



# Droge Voeten 2050

## Vasthouden Stroomgebied Dwarsdiep en Peizerdiep

### Implementatie



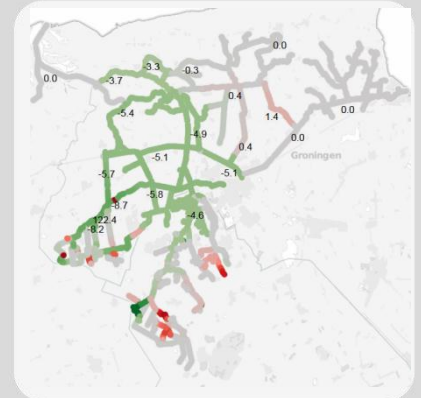
Geschatte kosten:

€ 3.000.000,- .

Knijpen van de afvoer in de deelgebieden. Dit heeft geen invloed op de reguliere situatie, maar pas bij extreme neerslagsituaties.

Bij een extreme neerslagsituatie (meer dan 12 mm per dag) wordt het water langer vastgehouden tot 0.3 m boven het streefpeil.

### Effect



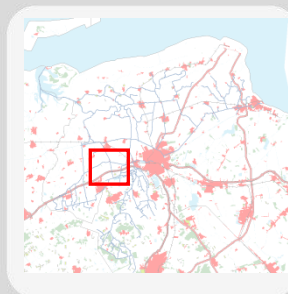
### Koppelkansen

PlanMER: indien N2000 gebieden uitgesloten, geen effecten verwacht

# Droge Voeten 2050

## Vergroten duikers Lettelberterdiep

### Implementatie

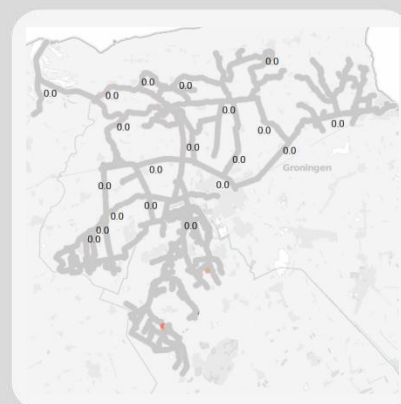
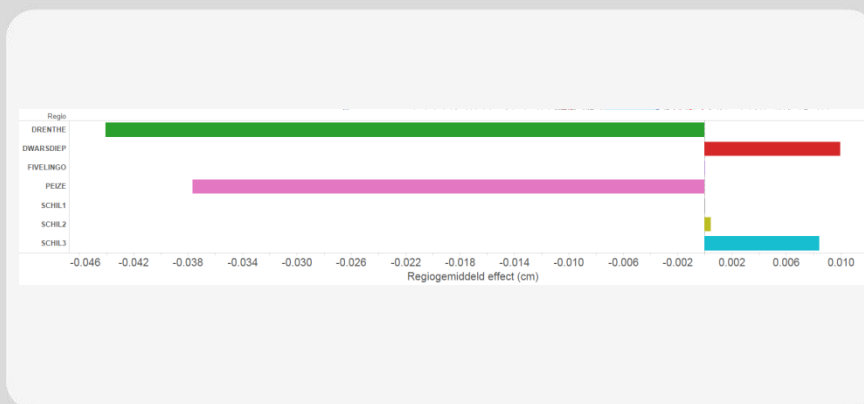


Geschatte kosten:

€ -,- .

Vergroten van 4 duikers om faunapassages te realiseren en de afvoercapaciteit te vergroten.

### Effect



### Koppelkansen

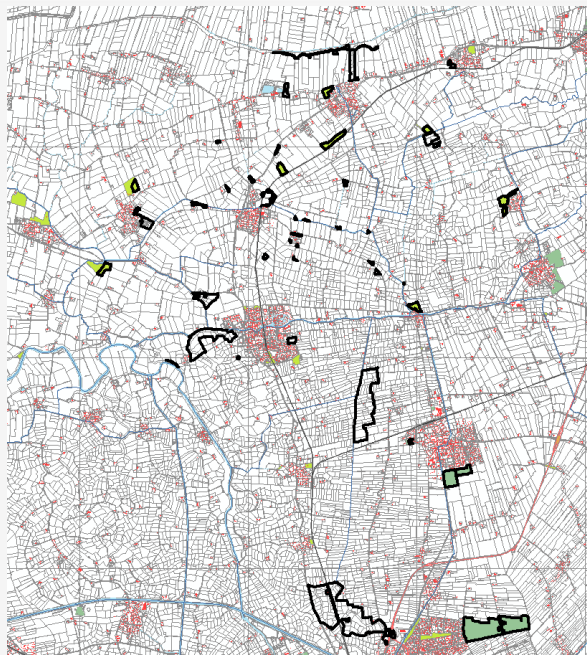
Deze maatregel is een wens vanuit de ecologisch verbinding en wordt gerealiseerd wanneer voldoende geldbronnen beschikbaar zijn. De impact op de reguliere situatie en bij extreme afvoersituaties is verwaarloosbaar. Het effect op de waterstanden is zeer gering. Bovenstrooms van de duikers zal de waterstand marginaal verlaagd worden.

PlanMER: positief voor verbindingzones

# Droge Voeten 2050

## Waterberging overige natuurgebieden Schil 1 en 2

### Implementatie

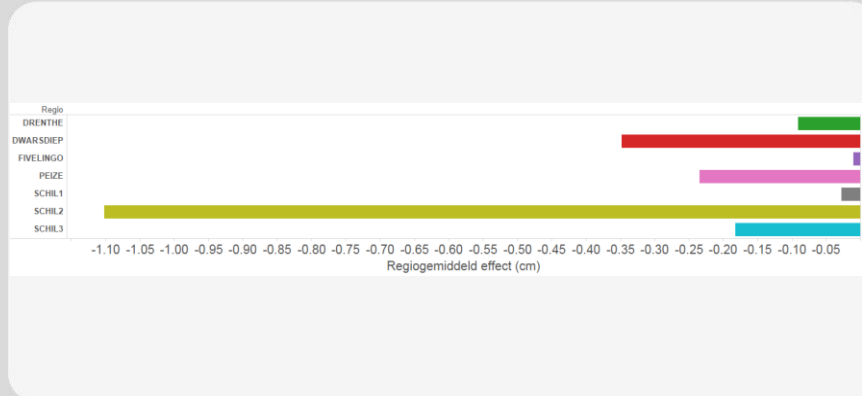


Geschatte kosten:

€ 1.000.000,- .

Aanleg van waterberging in een zoekgebied van 589 ha. Inundatie tijdens extreme afvoergebeurtenissen (T10 en extremer) tot een maximaal niveau van -0,4 m+NAP.

### Effect



### Koppelkansen

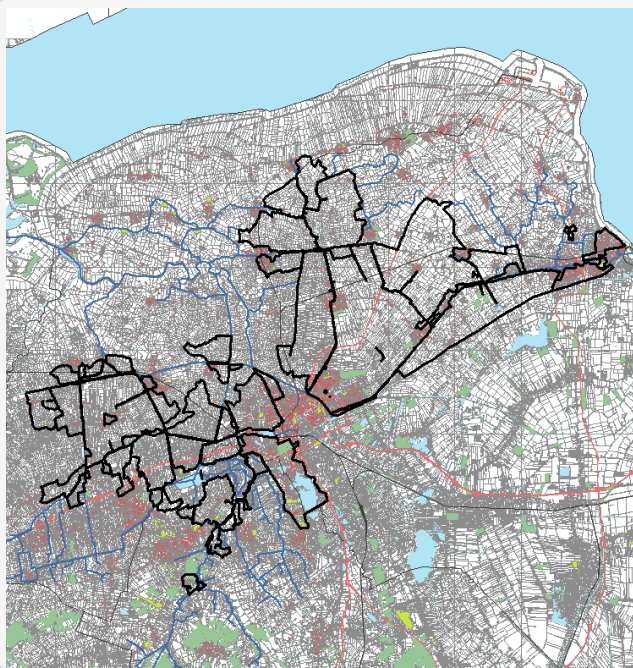
De aanleg van berging gaat samen met bestaande bosgebieden. Het gebied wordt alleen in de winterperiode ingezet bij extreme waterstanden op de Groningse boezem. De verschillende gebieden inunderen dan via inlaatwerken.

PlanMER:  
aandachtspunt is kwaliteit voor weidevogels (EHS).

# Droge Voeten 2050

## Maalstop

### Implementatie

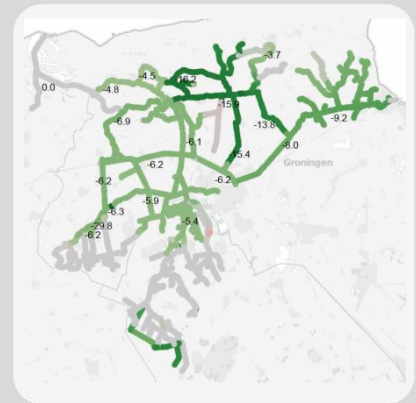
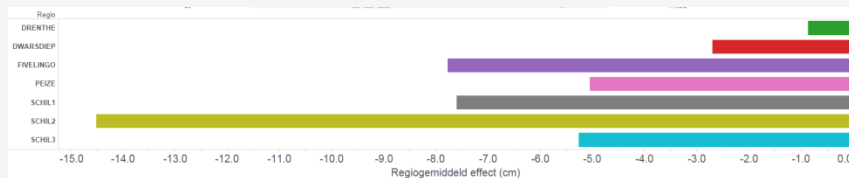


Geschatte kosten:

€ 0,- .

Bij extreem hoge afvoergebeurtenissen (T25 en extremer) worden de poldergemalen uitgeschakeld. Hiermee wordt de boezem minder belast. Zodra het polderpeil een bepaald peil overschrijdt (10% laagste maaiveld of laagste bebouwing) wordt het poldergemaal weer aangezet. Deze maatregel creëert 4.600.000 m3 waterberging.

### Effect



### Koppelkansen

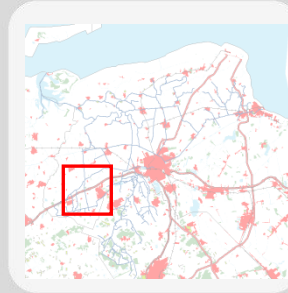
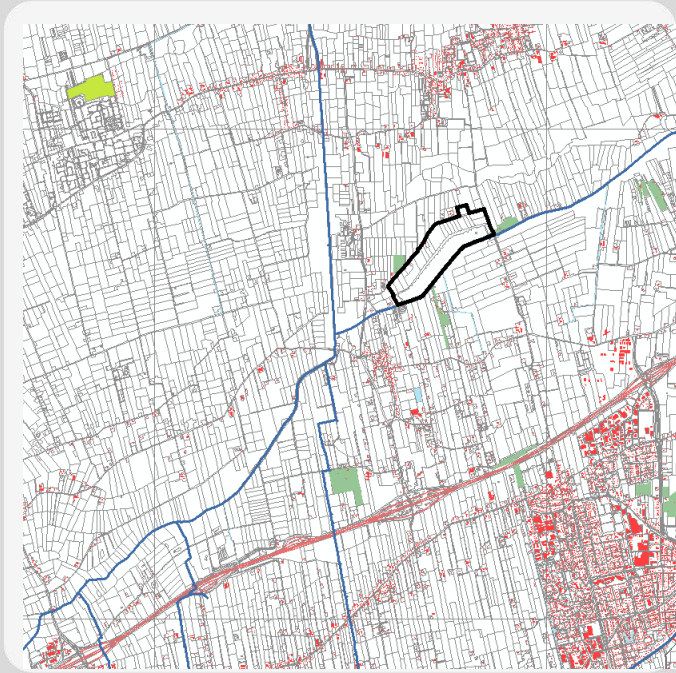
Deze maatregel wordt alleen in de winterperiode ingezet bij extreme waterstanden op de Groningse boezem. Door de maalstop zal het laagste deel in de polder inunderen. Deze maatregel combineert goed met het aftoeren van de schilgemalen, waardoor de verlaging in schil 1 en 2, ten behoeve komt van schil 3.

PlanMER: mogelijk voordeel t.a.v. maaiveldddaling, aandachtspunt is kwaliteit voor weidevogels (EHS).

# Droge Voeten 2050

## Waterberging de Dijken

### Implementatie

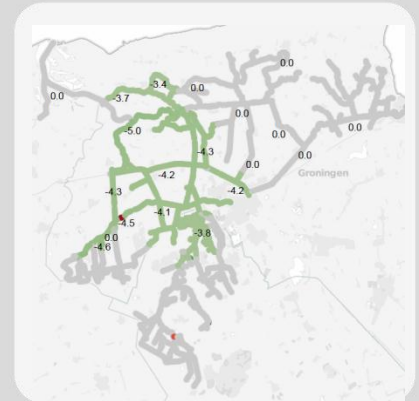
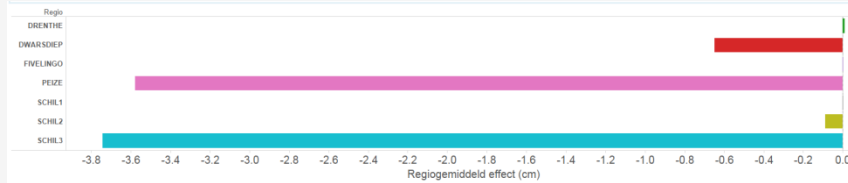


**Geschatte kosten:**  
**€ 1.500.000,- .**

In deze berging wordt in zeer extreme situaties (T25 en groter) landbouwgebied ingezet als waterberging.

Het maximale peil is -0.2 m+NAP zodat de aanwezige bebouwing geen overlast ondervindt. De waterdiepte is enkele decimeters.

### Effect



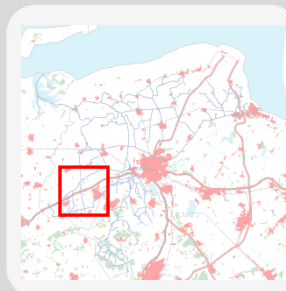
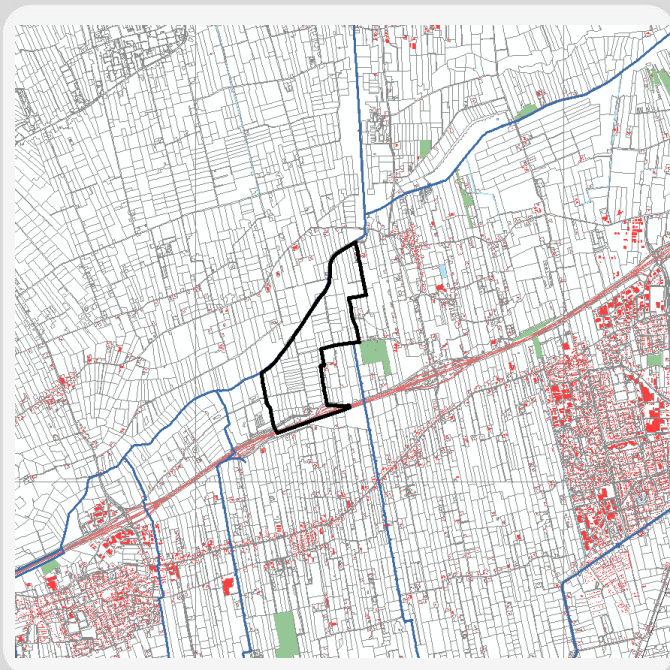
### Koppelkansen

**PlanMER:**  
aandachtspunt is kwaliteit voor weidevogels (EHS).

# Droge Voeten 2050

## Waterberging Oude Riet

### Implementatie



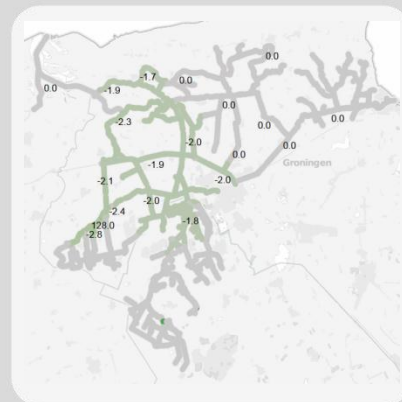
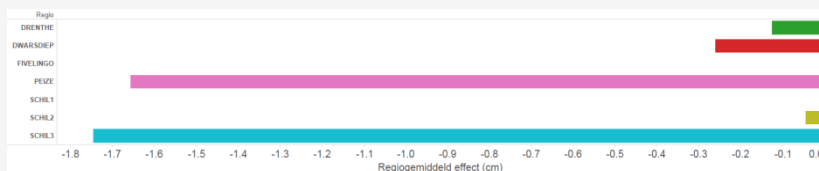
Geschatte kosten:

€ 1.000.000,- .

In deze berging wordt in zeer extreme situaties (T25 en groter) landbouwgebied ingezet als waterberging.

Het maximale peil is 0 m+NAP zodat de aanwezige bebouwing geen overlast ondervindt. De waterdiepte is enkele decimeters.

### Effect



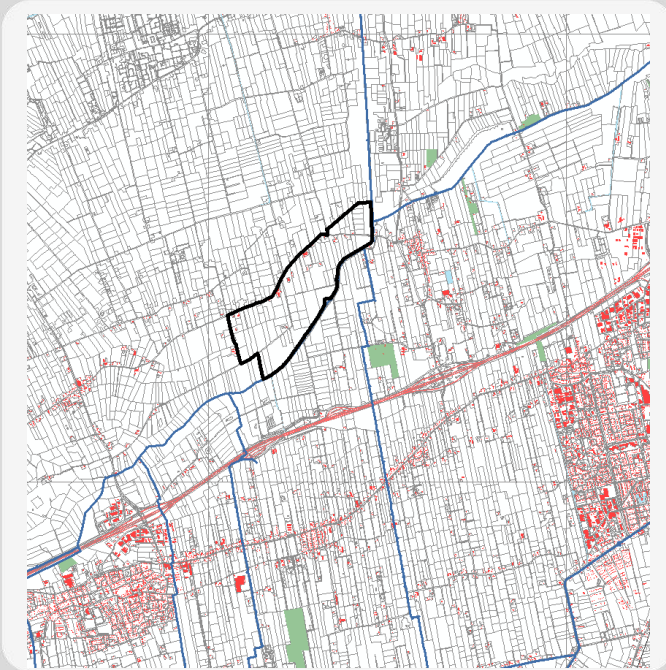
### Koppelkansen

PlanMER:  
aandachtspunt is  
waterkwaliteit i.r.t.  
gewenste natuur.

# Droge Voeten 2050

## Waterberging Wemerpolder

### Implementatie



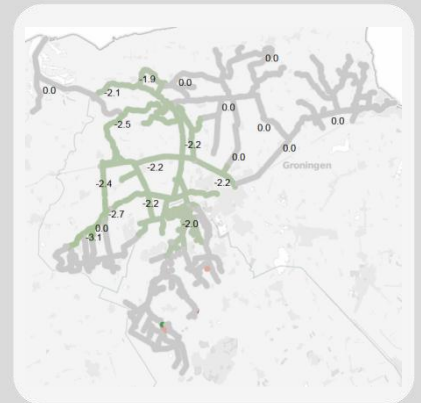
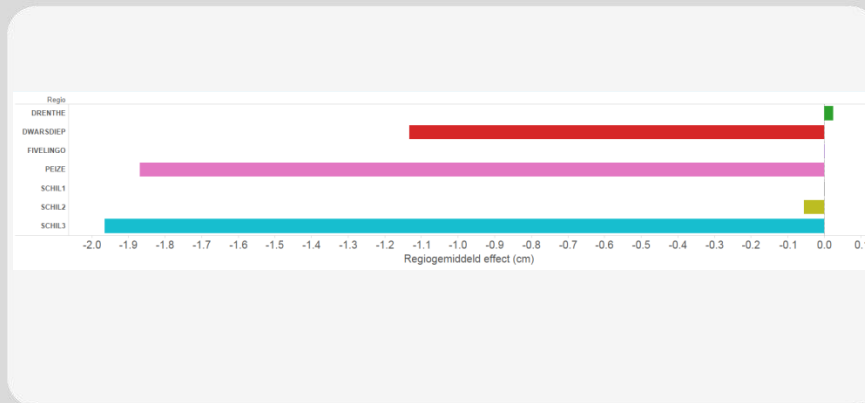
Geschatte kosten:

€ 2.000.000,- .

In deze berging wordt in zeer extreme situaties (T25 en groter) landbouwgebied ingezet als waterberging.

Het maximale peil is 0 m+NAP zodat de aanwezige bebouwing geen overlast ondervindt. De waterdiepte is enkele decimeters.

### Effect



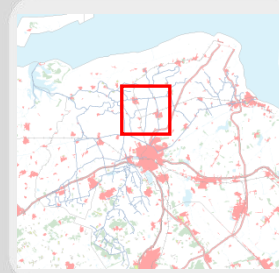
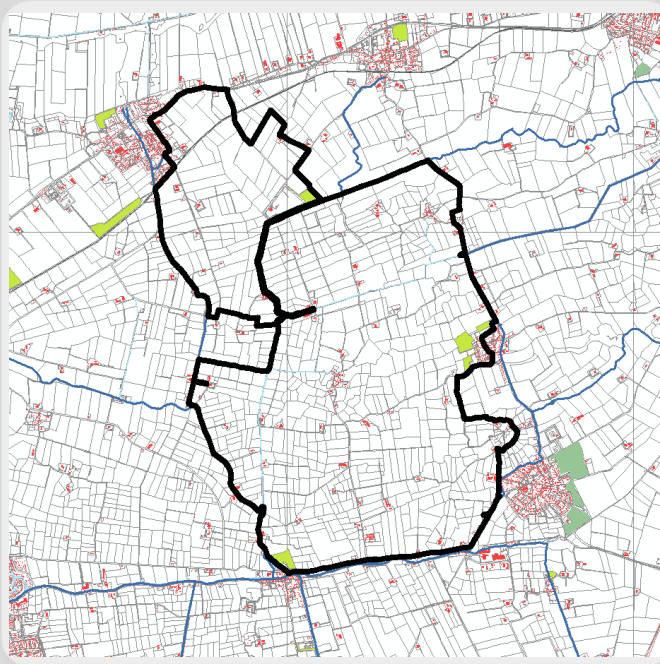
### Koppelkansen

PlanMER:  
aandachtspunt is  
waterkwaliteit i.r.t.  
gewenste natuur.

# Droge Voeten 2050

## Waterberging de Delthe

### Implementatie



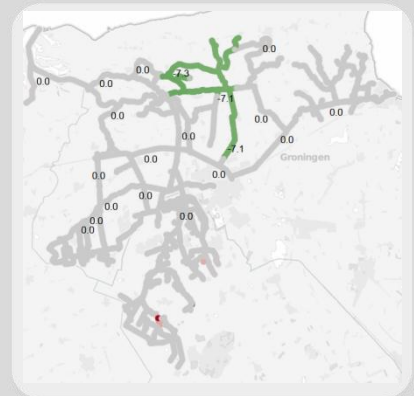
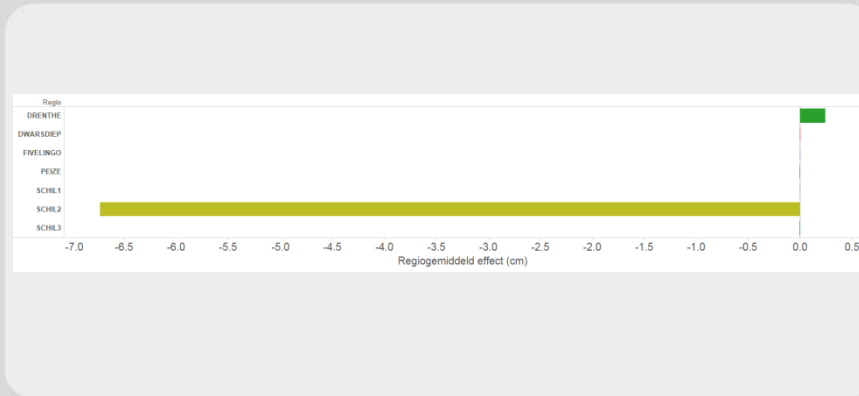
Geschatte kosten:

€ 1.500.000,- .

In deze berging wordt in zeer extreme situaties (T25 en groter) landbouwgebied ingezet als waterberging.

Het maximale peil is  $-0,6 \text{ m} + \text{NAP}$  zodat de aanwezige bebouwing geen overlast ondervindt. De waterdiepte is enkele decimeters.

### Effect



### Koppelkansen

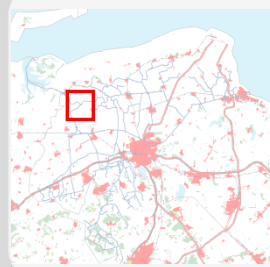
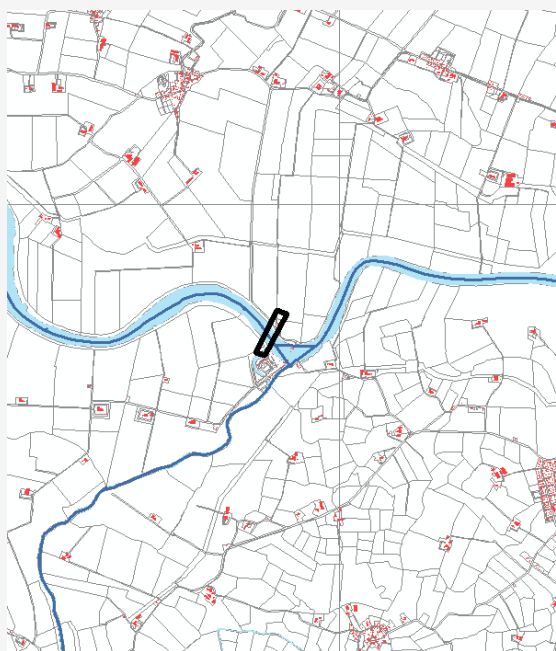
PlanMER: geen effecten te verwachten



# Droge Voeten 2050

## Vergroten gemaal Waterwolf

### Implementatie

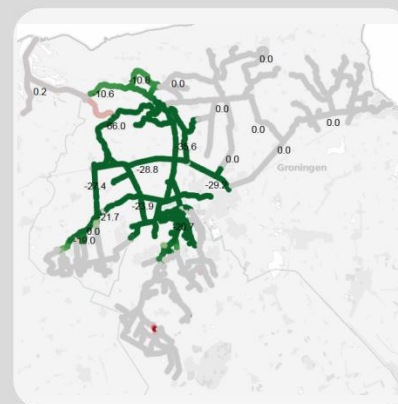
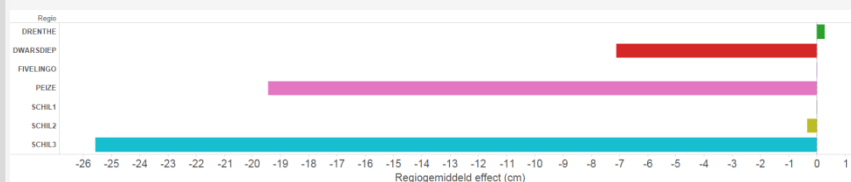


Geschatte kosten:

€ 37.500.000,- .

Deze maatregel houdt in dat de capaciteit van gemaal Waterwolf met 50% wordt vergroot tot 112.5 m<sup>3</sup>/s. Deze extra capaciteit wordt ingezet bij extreme afvoergebeurtenissen (T10 en extremer).

### Effect



### Koppelkansen

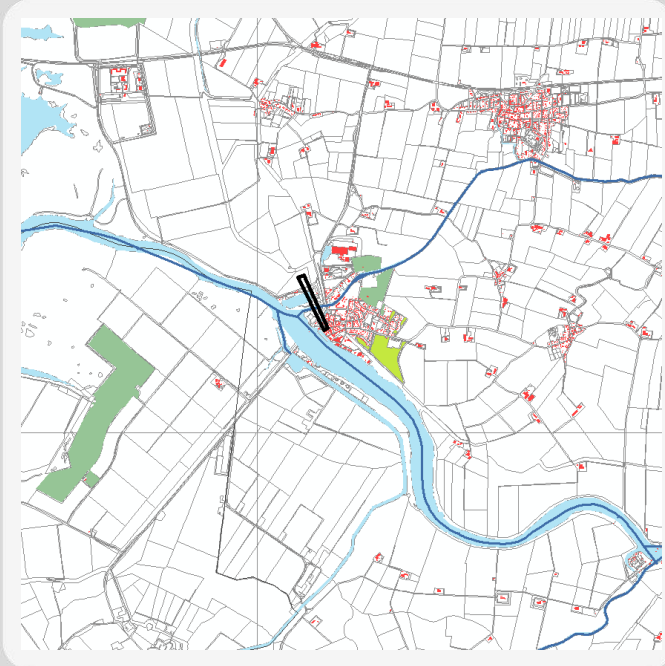
Deze maatregel wordt alleen in de winterperiode ingezet bij extreme waterstanden op de Groningse boezem en beïnvloedt daarom de reguliere waterhuishouding in het Lauwersmeer niet.

PlanMER: geen effecten te verwachten

# Droge Voeten 2050

## HD-Louwes vergroten

### Implementatie

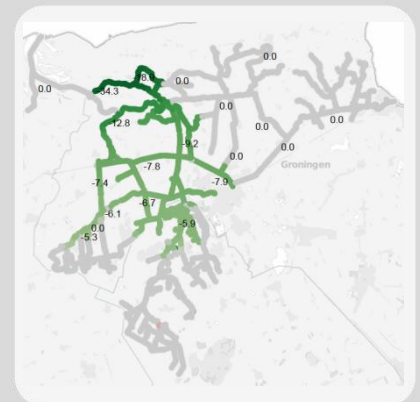
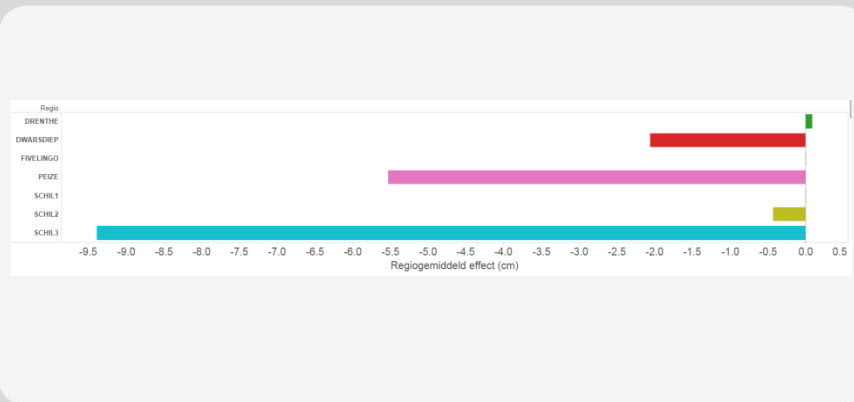


Geschatte kosten:

€ 18.500.000,- .

Deze maatregel houdt in dat de capaciteit van gemaal HD-Louwes wordt vergroot met 21,5 m<sup>3</sup>/s. Deze extra capaciteit wordt ingezet bij extreme afvoergebeurtenissen (T10 en extremer).

### Effect



### Koppelkansen

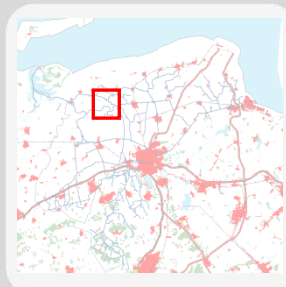
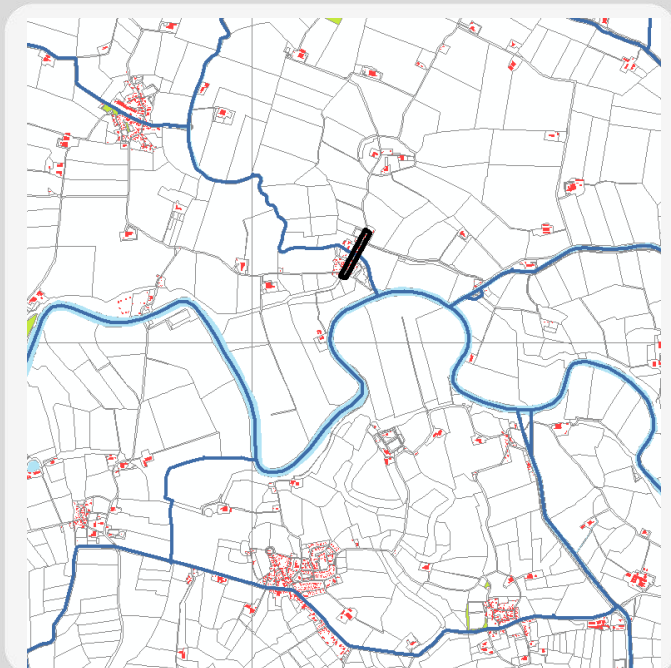
Deze maatregel wordt alleen in de winterperiode ingezet bij extreme waterstanden op de Groningse boezem en beïnvloedt daarom de reguliere waterhuishouding in het Lauwersmeer niet.

PlanMER: geen effecten te verwachten

# Droge Voeten 2050

## HD-Louwes isoleren

### Implementatie

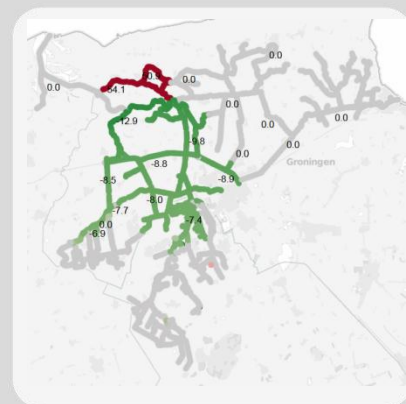
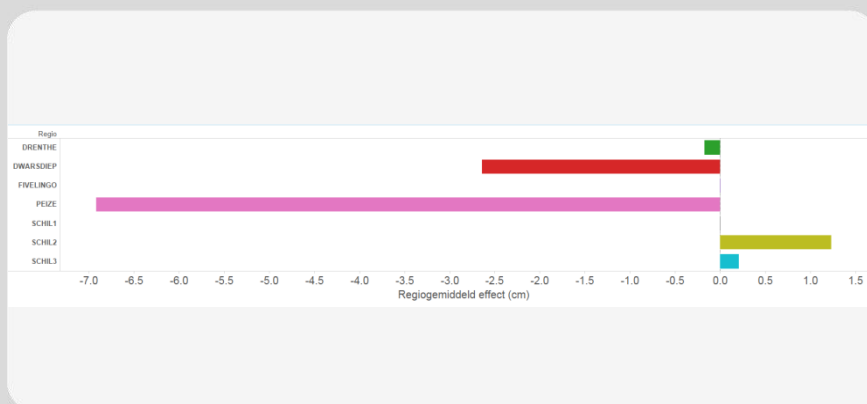


Geschatte kosten:

€ 1.000.000,- .

Bij extreme afvoergebeurtenissen (T10 en extremer) wordt sluis Schouwerzijl dichtzet. Hierdoor wordt het bemalingsgebied van gemaal HD-Louwes geïsoleerd en de afvoer richting de gemalen geoptimaliseerd. Ten noorden van de sluis moeten mitigerende maatregelen worden getroffen.

### Effect



### Koppelkansen

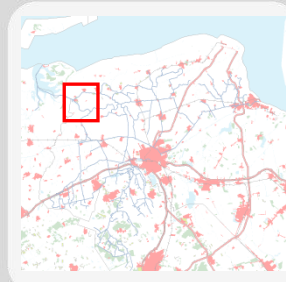
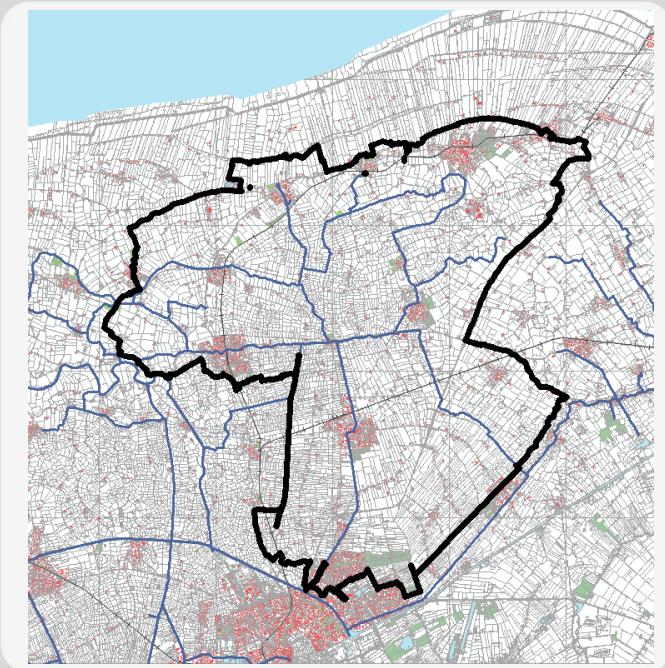
Het isoleren van gemaal HD Louwes is zeer effectief in combinatie met vergroten van gemaal Waterwolf of HD Louwes.

PlanMER: geen effecten te verwachten

# Droge Voeten 2050

## Afkoppelen 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil

### Implementatie

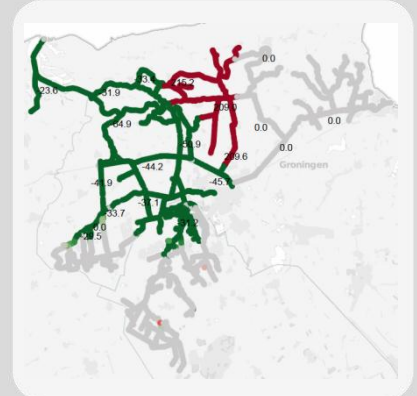


Geschatte kosten:

€ 30.000.000,- \*

In de huidige situatie wateren de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> schil af op de 3<sup>e</sup> schil. Deze maatregel omvat het afkoppelen van de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup>. Dit betekent dat een alternatieve afvoerroute richting Waddenzee moet worden gerealiseerd middels een nieuw kanaal.

### Effect



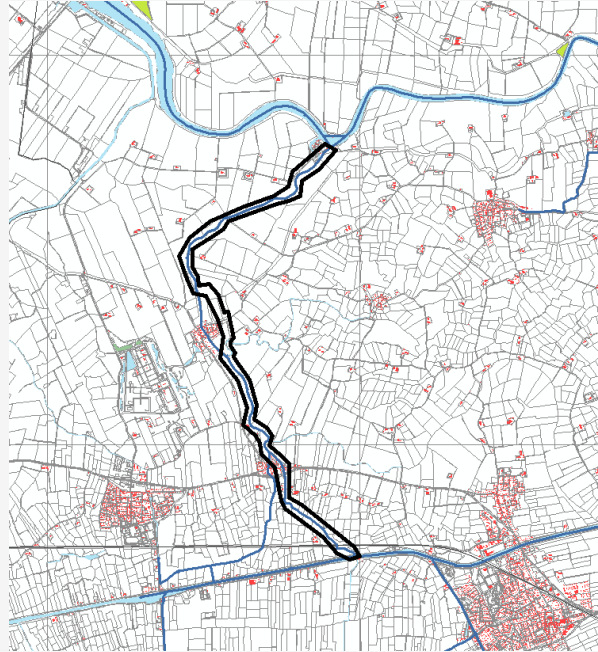
### Koppelkansen

PlanMER: Belangrijke negatieve effecten te verwachten voor landbouw en landschap. Andere milieuaspecten waarschijnlijk ook negatief.

# Droge Voeten 2050

## Oplossen knelpunten Kommerzijl

### Implementatie



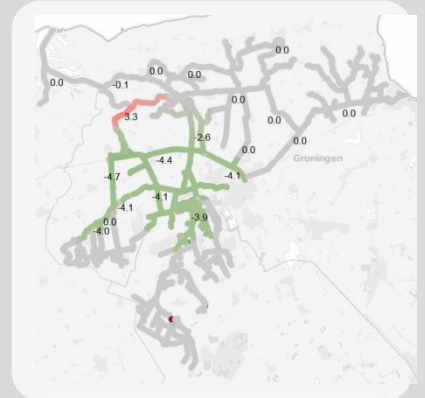
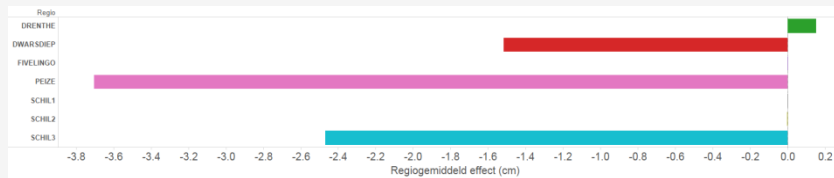
Geschatte kosten:

€ 2.000.000,- \*

Verbreden van de bestaande boezem. Dit betekent dat de watergang meer ruimte krijgt.

Het traject ten zuiden van Niezijl naar een bovenbreedte van 55 m. Het traject ten noorden van Niezijl naar een bovenbreedte van 67 m en rondom Kommerzijl een bypass.

### Effect



### Koppelkansen

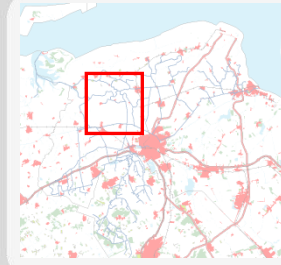
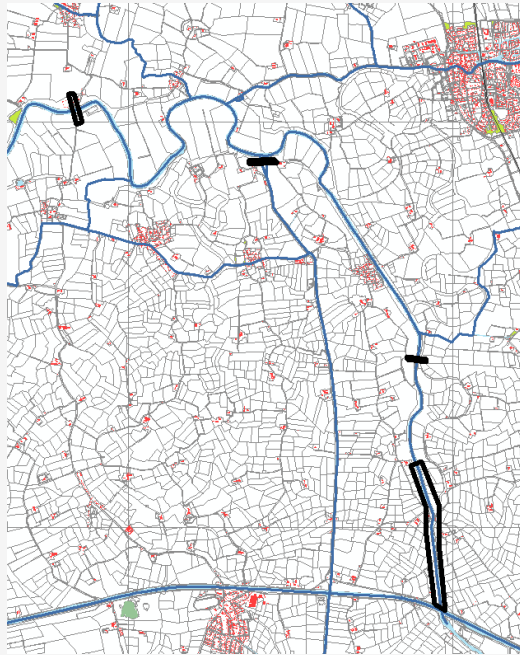
In de huidige situatie is de stroomsnelheid in dit traject aan de hoge kant en veroorzaakt dit schade. Door het traject Kommerzijl te vergroten worden deze bestaande knelpunten opgelost.

PlanMER: Belangrijke negatieve effecten te verwachten op landschap, cultuurhistorie en mogelijk landbouw

# Droge Voeten 2050

## Oplossen knelpunten Reitdiep

### Implementatie



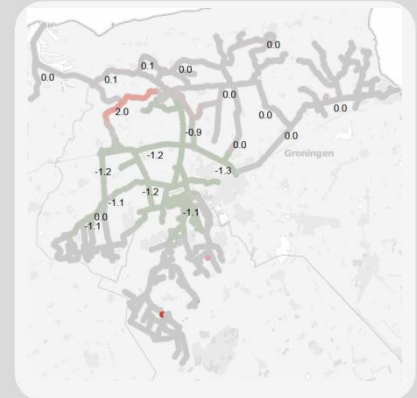
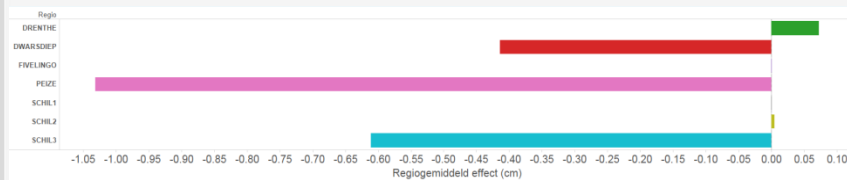
Geschatte kosten:

€ 4.000.000,- \*

Deels moet een traject verbreed worden naar 80 m bovenbreedte (in het zuidoosten van linker figuur).

Verder veroorzaken 2 bruggen en 1 sluis relatief veel opstuwung waardoor deze verbreed moeten worden.

### Effect



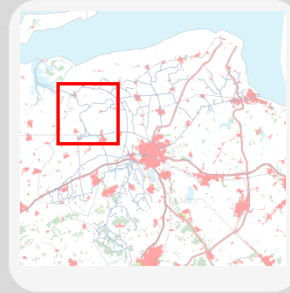
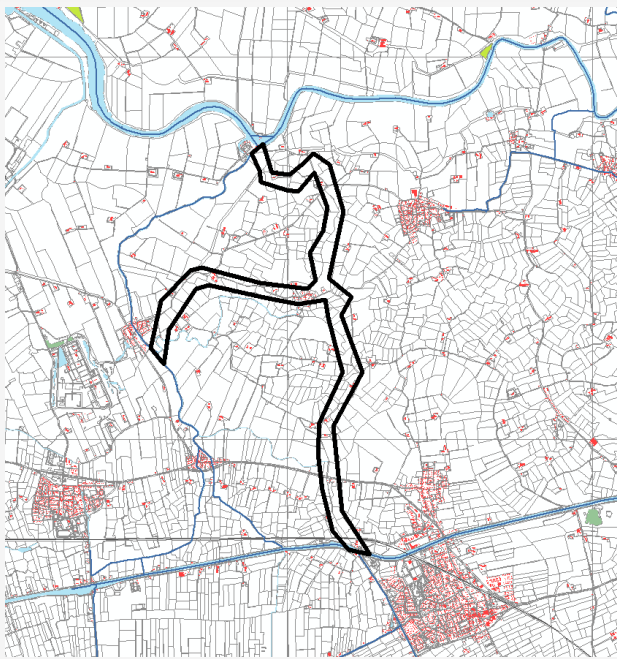
### Koppelkansen

PlanMER: beperkt negatieve effecten te verwachten door verbreding watergang

# Droge Voeten 2050

## Scheepvaartroute Niehove

### Implementatie

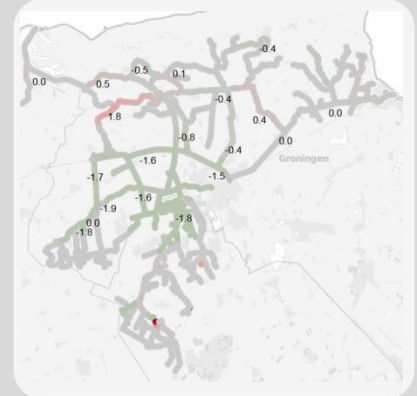
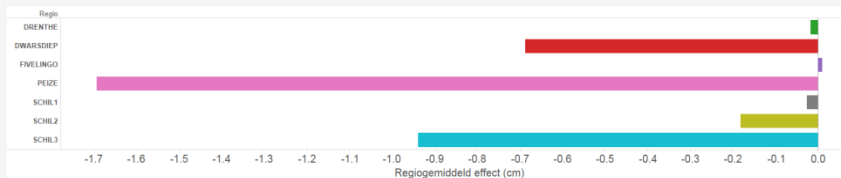


Geschatte kosten:

€ 10.000.000,- \*

Een nieuw kanaal realiseren waardoor een nieuwe zuid- noord afvoerroute wordt gecreëerd. De bovenbreedte van dit kanaal is 13 m.

### Effect



### Koppelkansen

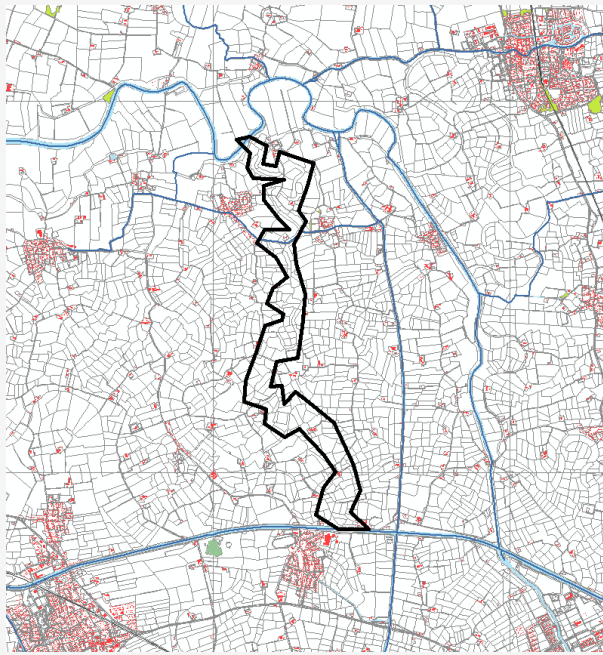
Dit kanaal biedt koppelkansen voor de recreatievaart omdat hiermee een extra vaar verbinding van het Van Starckenborghkanaal naar het Lauwersmeer wordt gerealiseerd.

PlanMER: Belangrijke negatieve effecten te verwachten op landschap, cultuurhistorie en landbouw

# Droge Voeten 2050

## Oude Aduarderdiep inzetten

### Implementatie

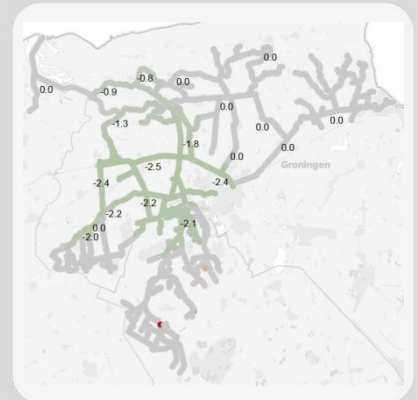
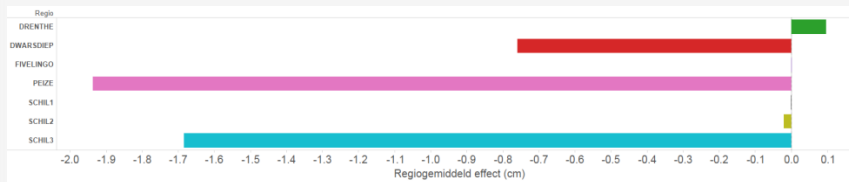


Geschatte kosten:

€ 15.000.000,- \*

Het Oude Aduarderdiep onderdeel van de boezem maken. Hier komt een open verbinding met de boezem aan de noord- en zuidkant van de boezem, waardoor een nieuwe zuid- noord verbinding ontstaat.

### Effect



### Koppelkansen

Het Oude Aduarderdiep is een voormalige kreek, door deze onderdeel te maken van de boezem biedt vanuit ecologisch perspectief kansen.

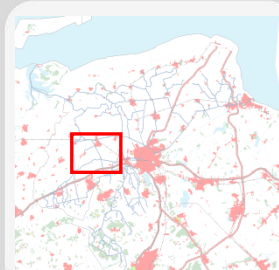
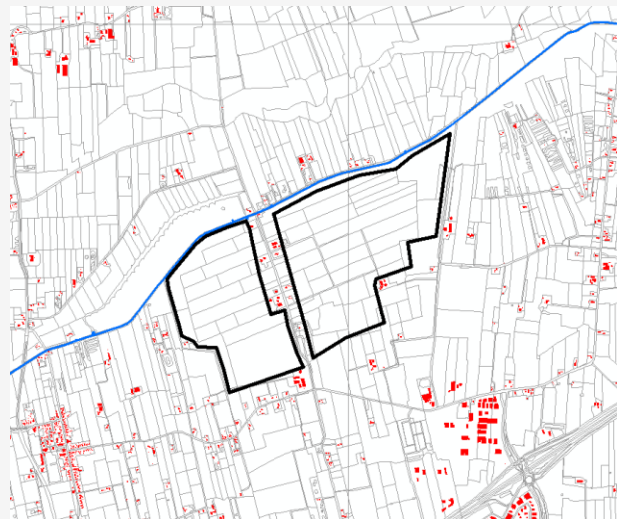
PlanMER: Belangrijke negatieve effecten te verwachten op landschap, cultuurhistorie en landbouw



# Droge Voeten 2050

## Waterberging Tolberterpetten

### Implementatie

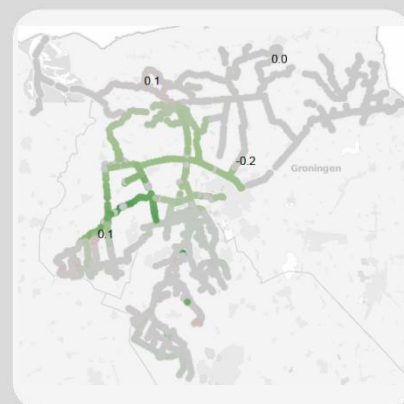
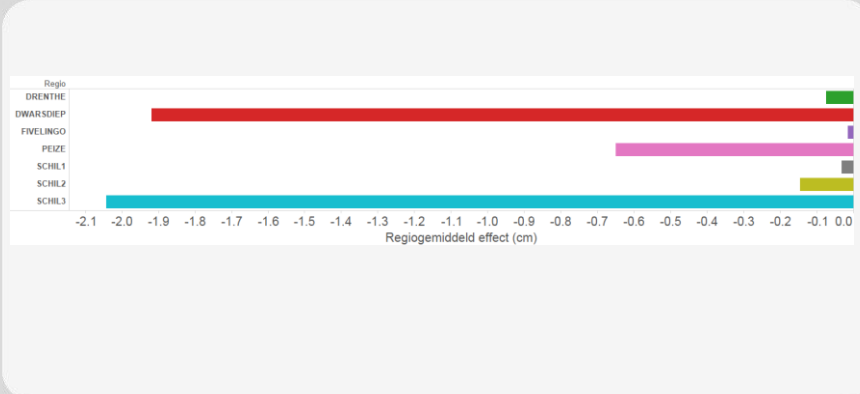


Geschatte kosten:  
€ 5.000.000,- \*

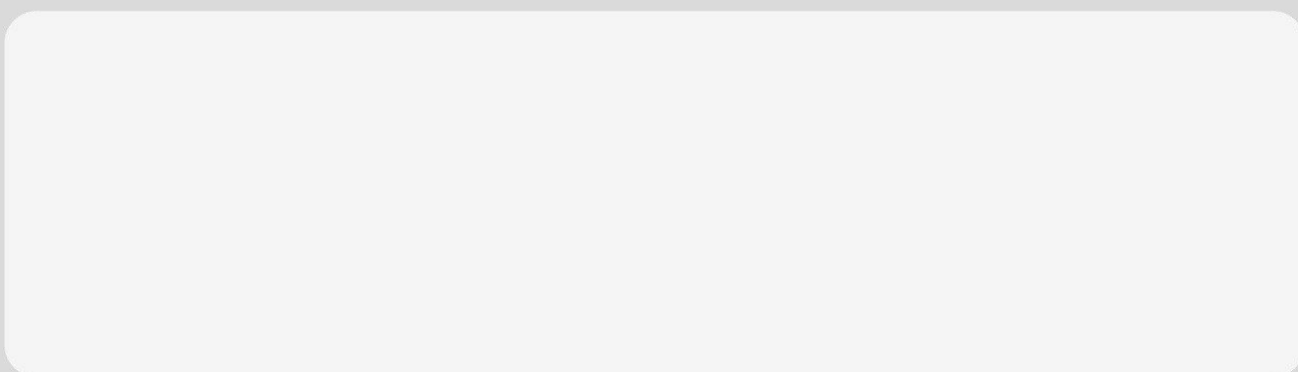
Het laaggelegen gebied wordt ingericht voor waterberging. Hiervoor is het noodzakelijk om inlaatvoorzieningen en kades aan te leggen.

Het totale oppervlak bedraagt 170 ha en bij een maximale inundatie van -0.2 m NAP bedraagt de berging 2.400.000 m<sup>3</sup>.

### Effect



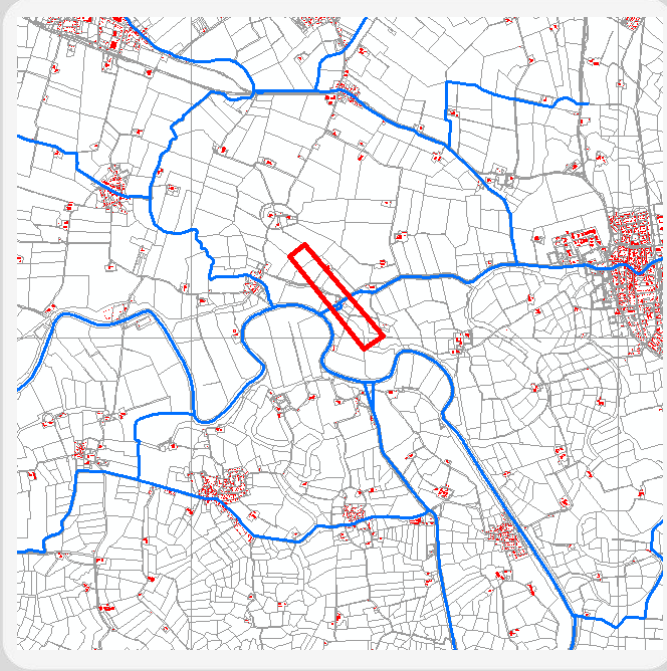
### Koppelkansen



# Droge Voeten 2050

## Vergroten gemaal Schaphalsterzijl

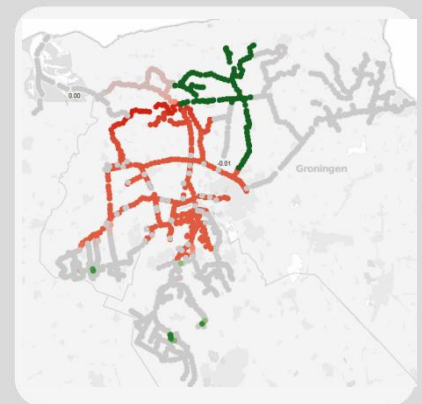
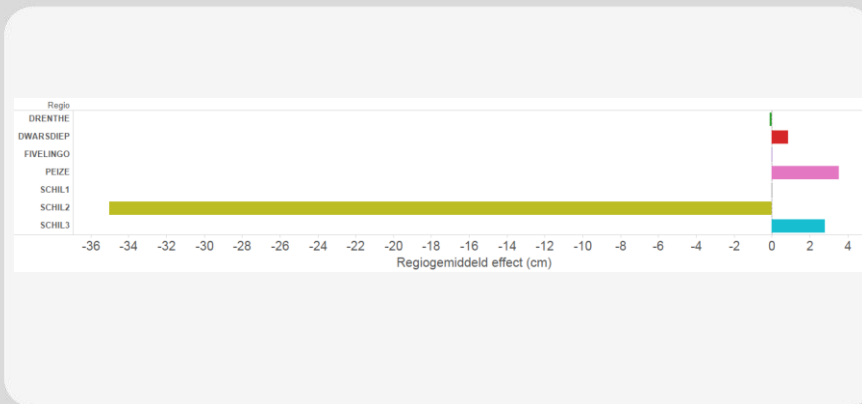
### Implementatie



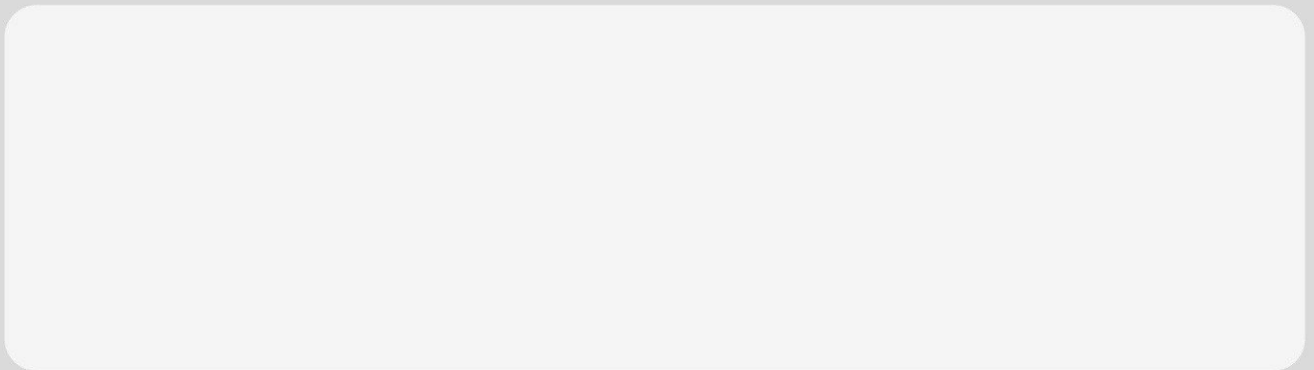
Geschatte kosten:  
€ 3.500.000,-

Gemaal Schaphalsterzijl wordt vergroot met 6,25 m<sup>3</sup>/s. Dit resulteert in lagere peilen in de 2<sup>e</sup> schil en hogere peilen in de 3<sup>e</sup> schil.

### Effect



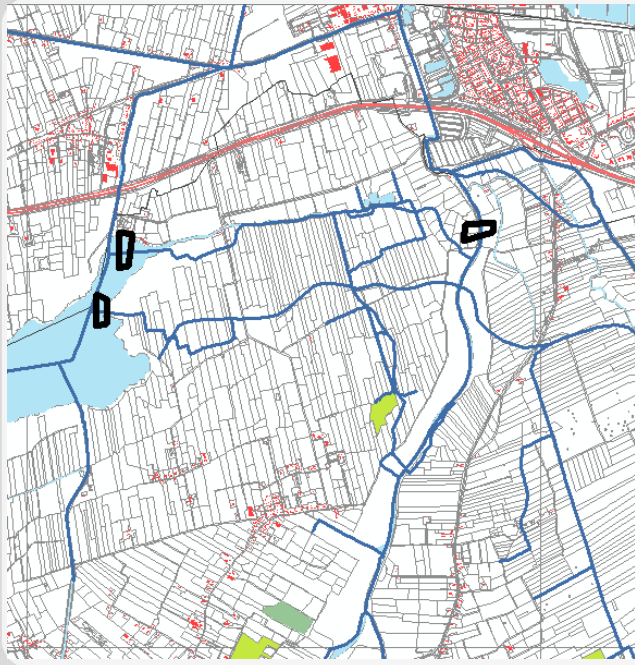
### Koppelkansen



# Droge Voeten 2050

## Optimaliseren berging Eelder en Peizermaden

### Implementatie

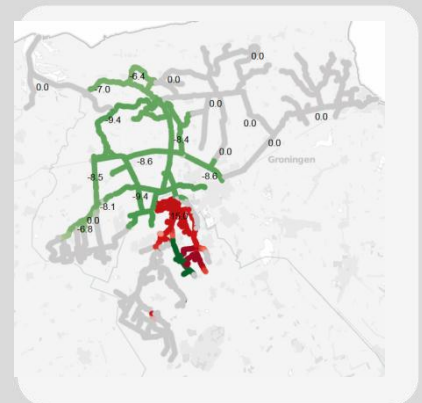


Geschatte kosten:

€ 1.500.000,- .

Bij verwachte hoge boezemstanden (T10 en extremer) in Eelder Peizermaden een lager peil hanteren. Dit creëert meer bergingsruimte. Bij extreme boezemwaterstanden wordt vervolgens de afvoer uit dit gebied geknepen zodat de boezem minder wordt belast. Met deze maatregel wordt 5.643.000 m3 berging gecreëerd.

### Effect



### Koppelkansen

In Eelder en Peizermaden vindt grootschalige natuurontwikkeling plaats. In de reguliere situatie sturen de stuwen in de gebied in het noordwesten op -0.83 m+NAP. Dit is 10 cm hoger dan het boezempeil. In het zuidoosten van dit gebied wordt een hoger peil gehanteerd, namelijk -0.50 tot -0,70 m+NAP. Deze maatregel houdt in dat zodra een extreme afvoersituatie wordt verwacht, welke in de winter optreedt, in het noordwesten het peil tijdelijk wordt verlaagd naar -0.93 m+NAP en in het zuidoosten op het streefpeil wordt gehouden. Vervolgens gaan de stuwen het water vasthouden tot een niveau van +0.15 m NAP.

PlanMER: effecten natuur waarschijnlijk beperkt, maar nader te onderzoeken vanwege N2000 status

## Bijlage 2

# Resultaten maatregelenpakketten

In de maatregelenstudie zijn drie pakketten beoordeeld op effectiviteit. Dit zijn:

- een basispakket met kosteneffectieve maatregelen:
  - met een variant voor natuur (pakket A);
  - met een variant voor landbouw (pakket B);
- een pluspakket dat bestaat uit pakket A aangevuld met de meest aantrekkelijke afvoermogelijkheid (pakket C).

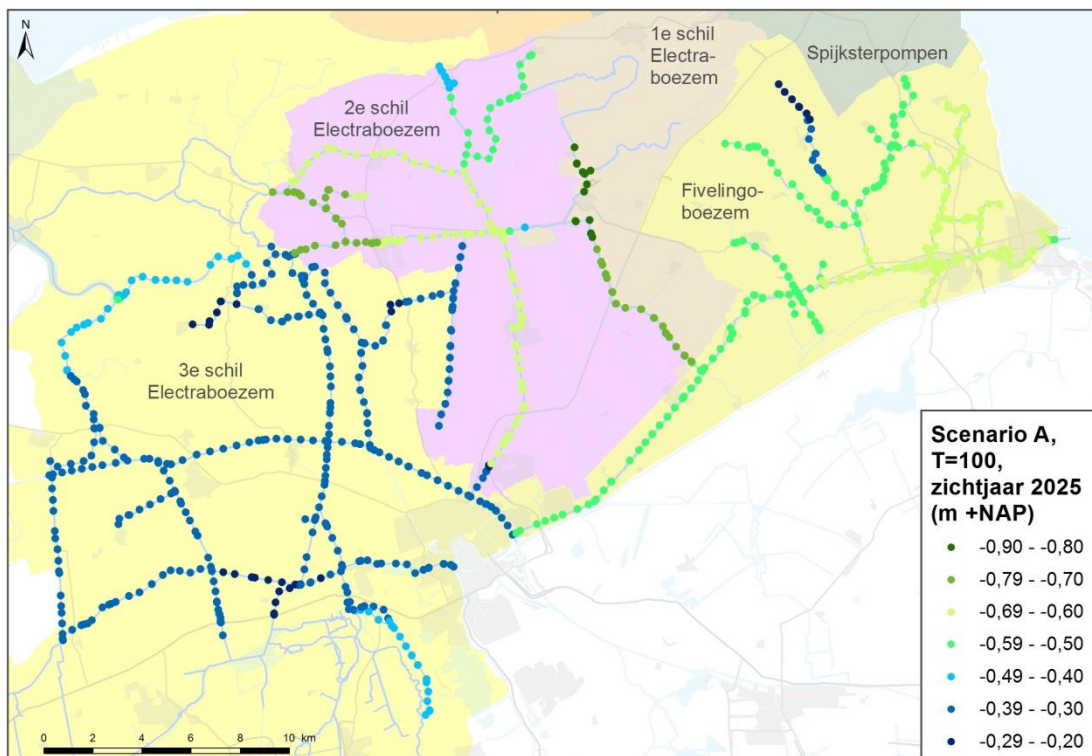
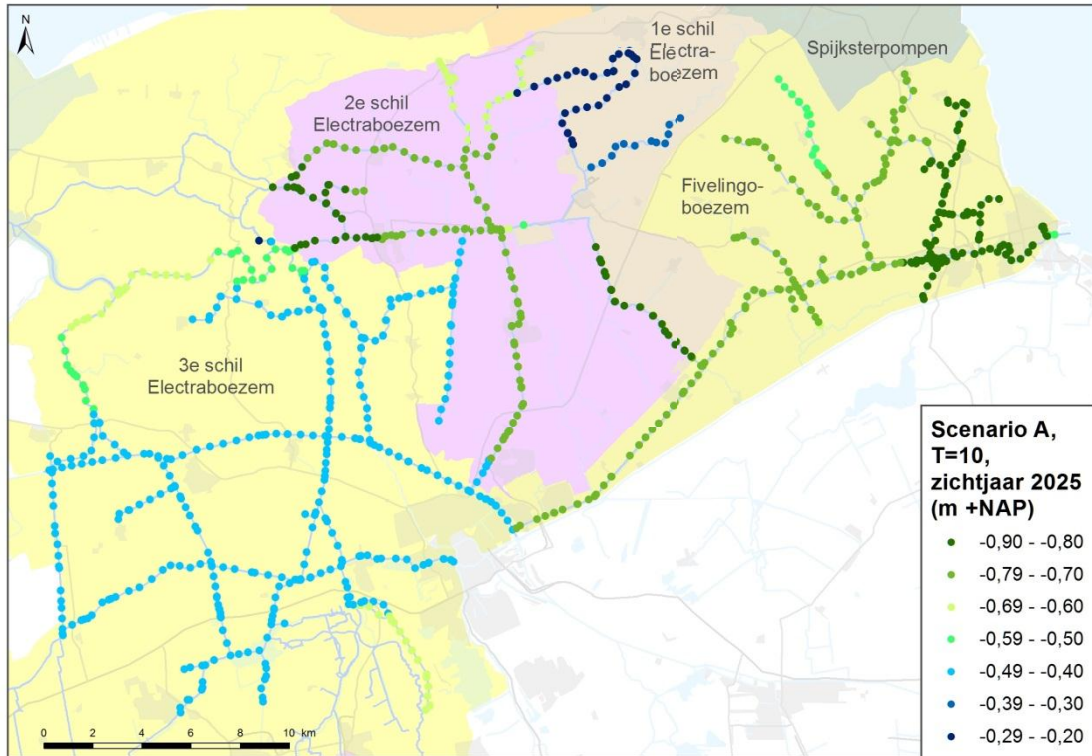
In deze pakketten zijn ook de resterende kosten voor kadeverhoging meegenomen. Voor de pakketten is bepaald hoeveel euro aan kadeverhoging noodzakelijk is om:

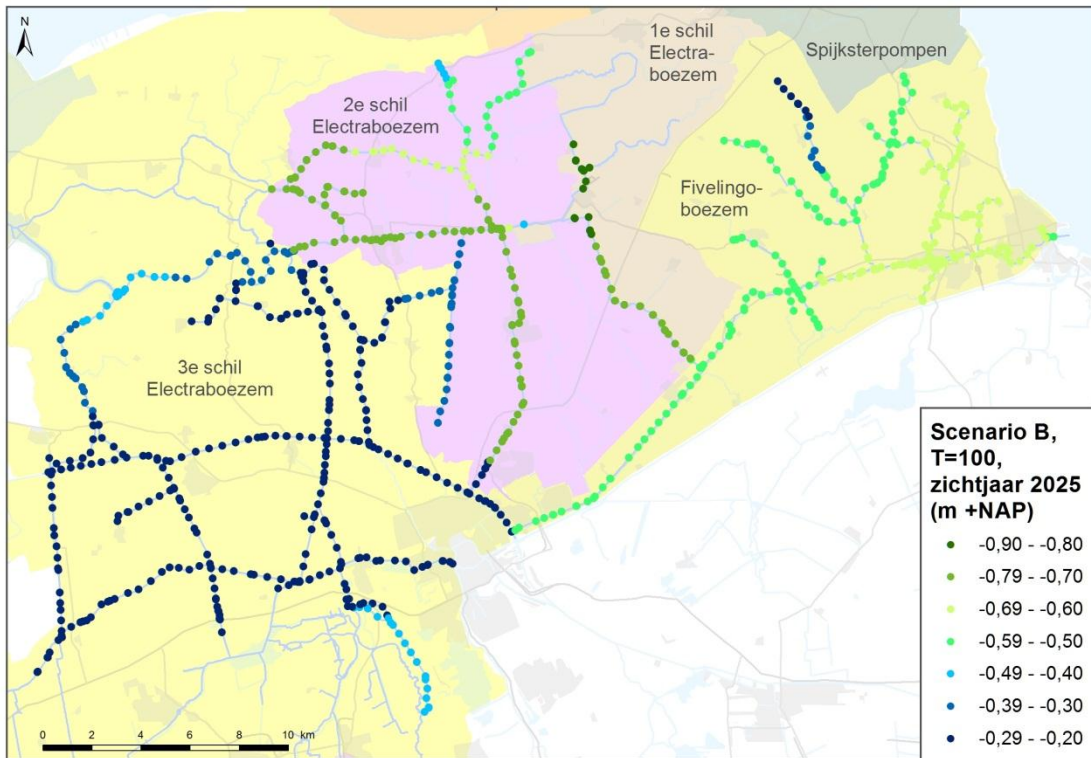
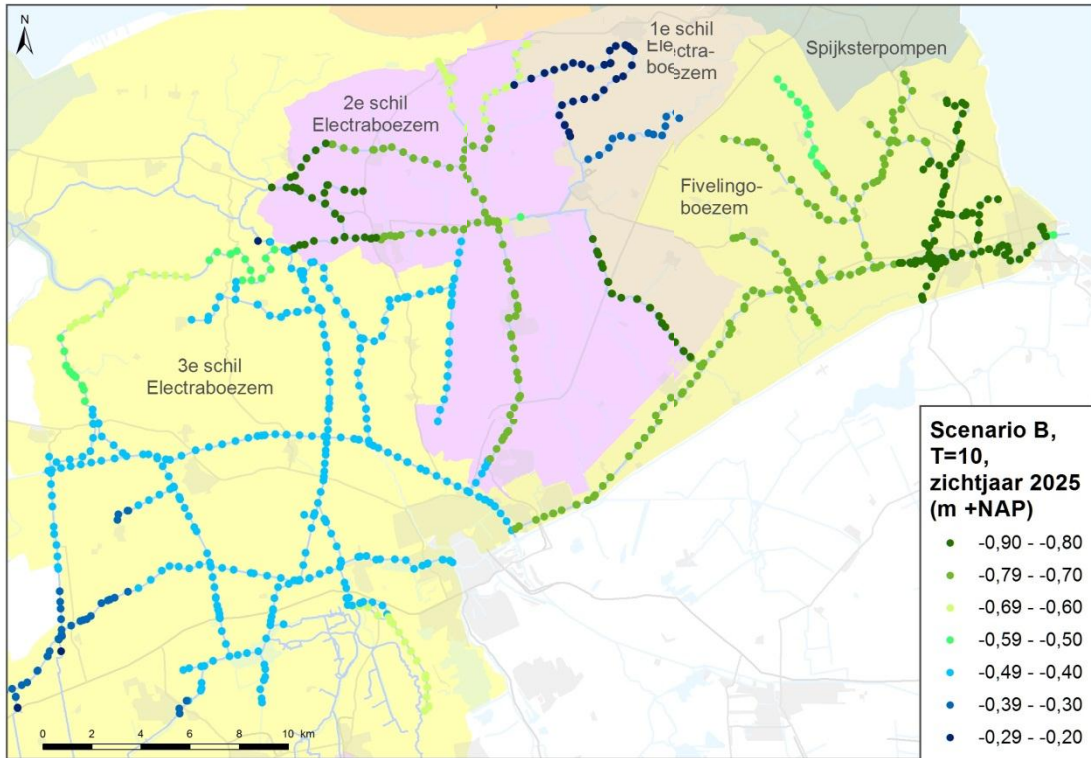
- a) het huidige veiligheidsniveau van 1:100 incl. 50 cm waakhogte te realiseren;
- b) het huidige veiligheidsniveau van 1:100 incl. 30 cm waakhogte te realiseren;
- c) het gedifferentieerde IPO veiligheidsniveau incl. 30 cm waakhogte te realiseren.

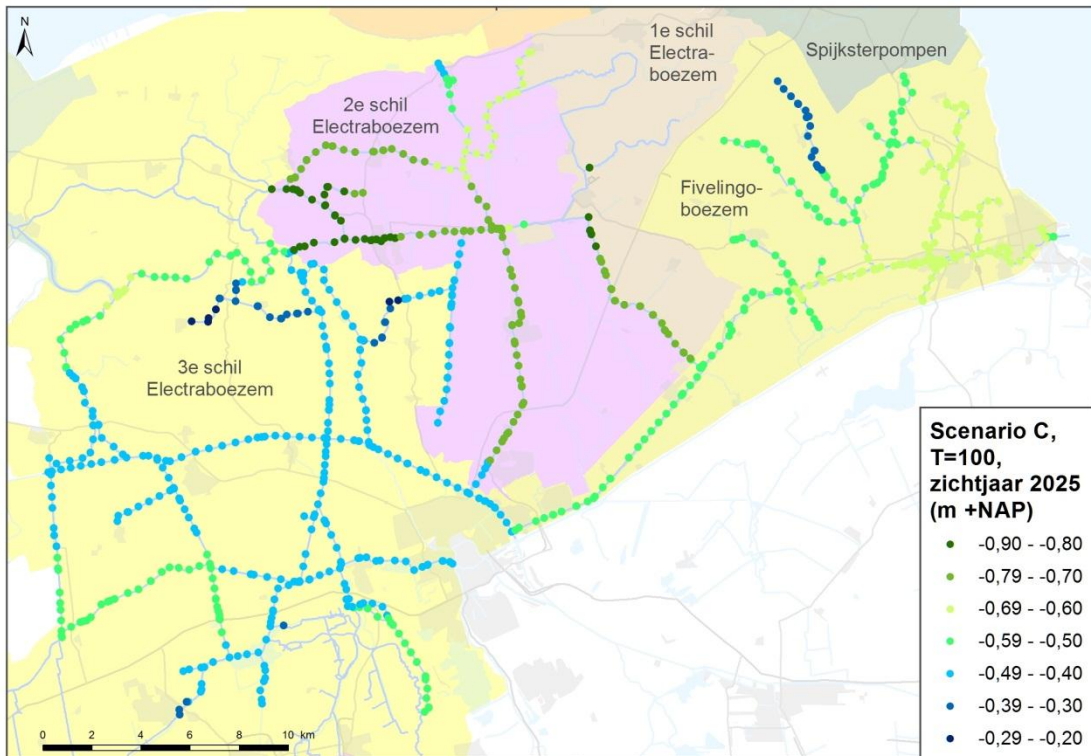
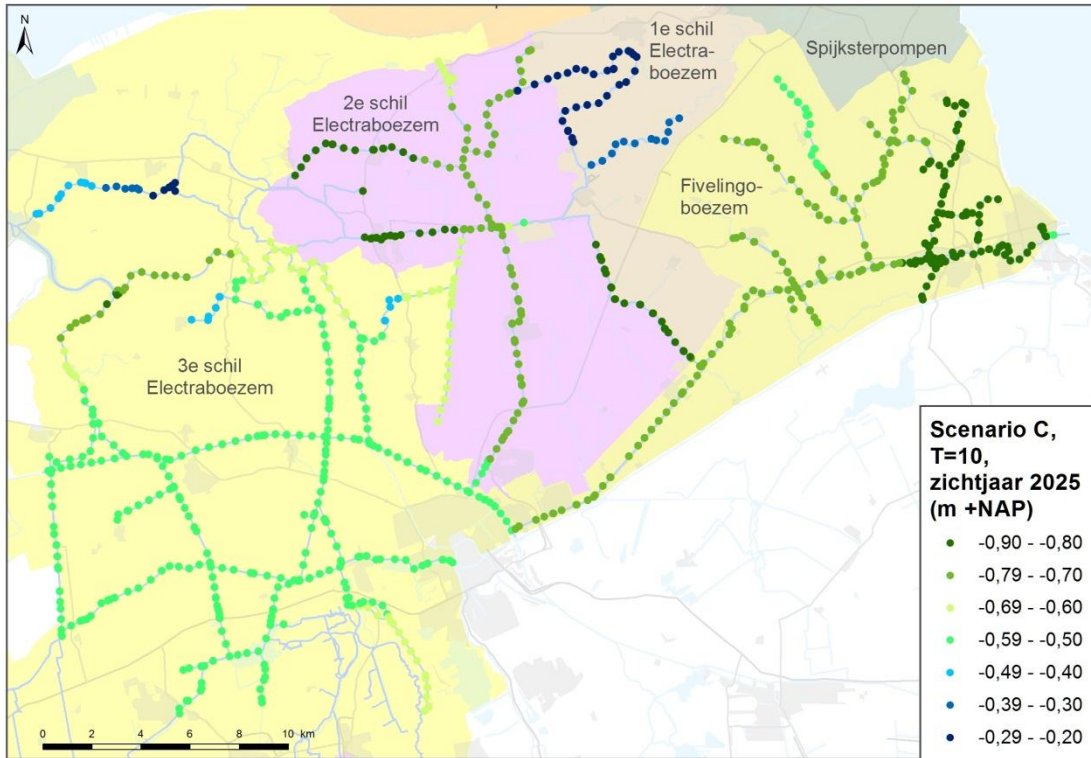
Deze bijlage presenteert de effecten van de pakketten en benodigde kadeverhogingen op basis van kaartmateriaal.

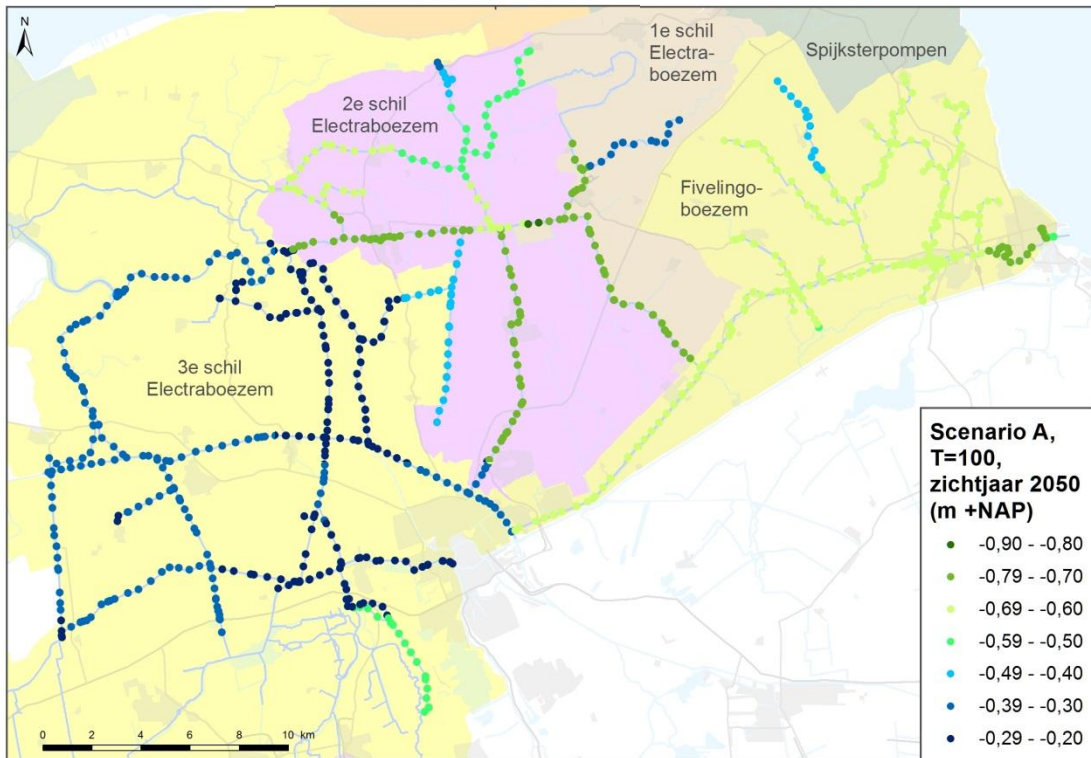
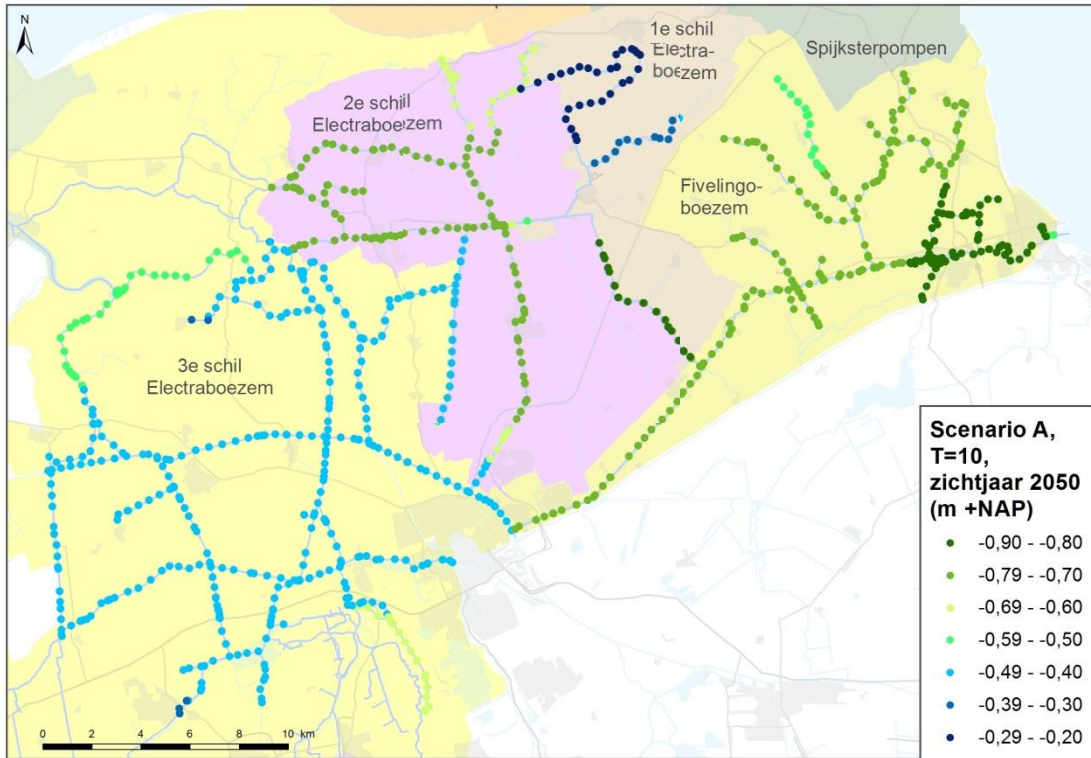
## Bijlage 2.1 Effecten

Deze bijlage toont voor alle maatregelenpakketten de maximale waterstanden in de boezem bij een afvoergebeurtenis met een herhalingsjijd van respectievelijk 10 en 100 jaar.

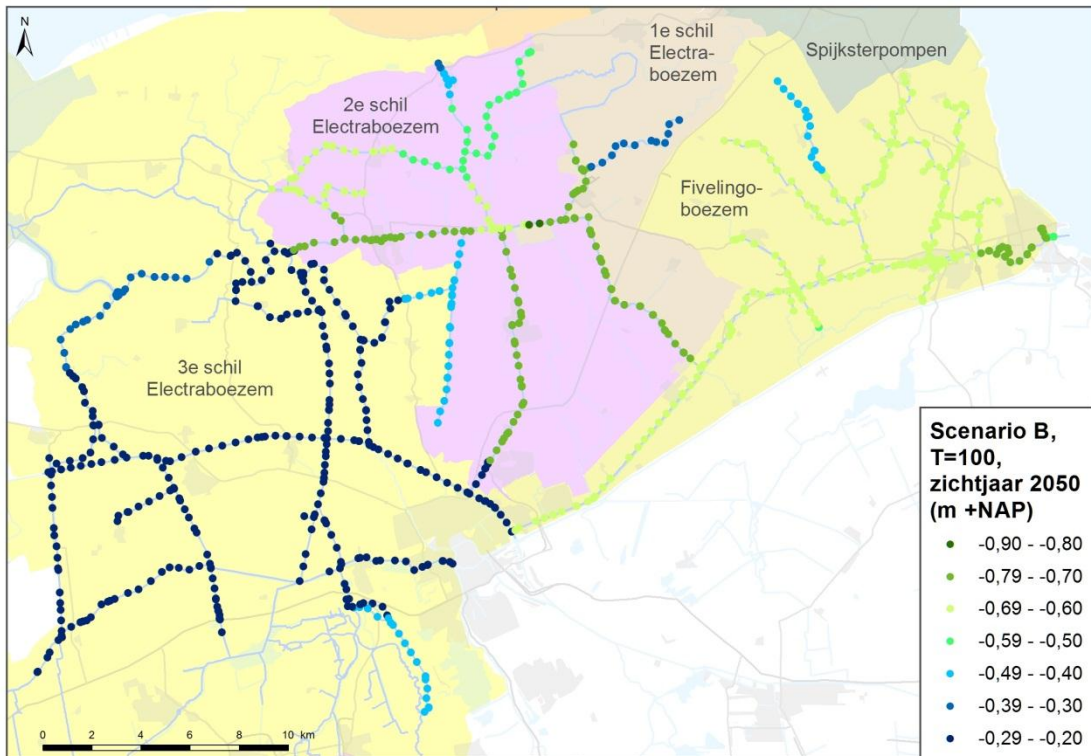
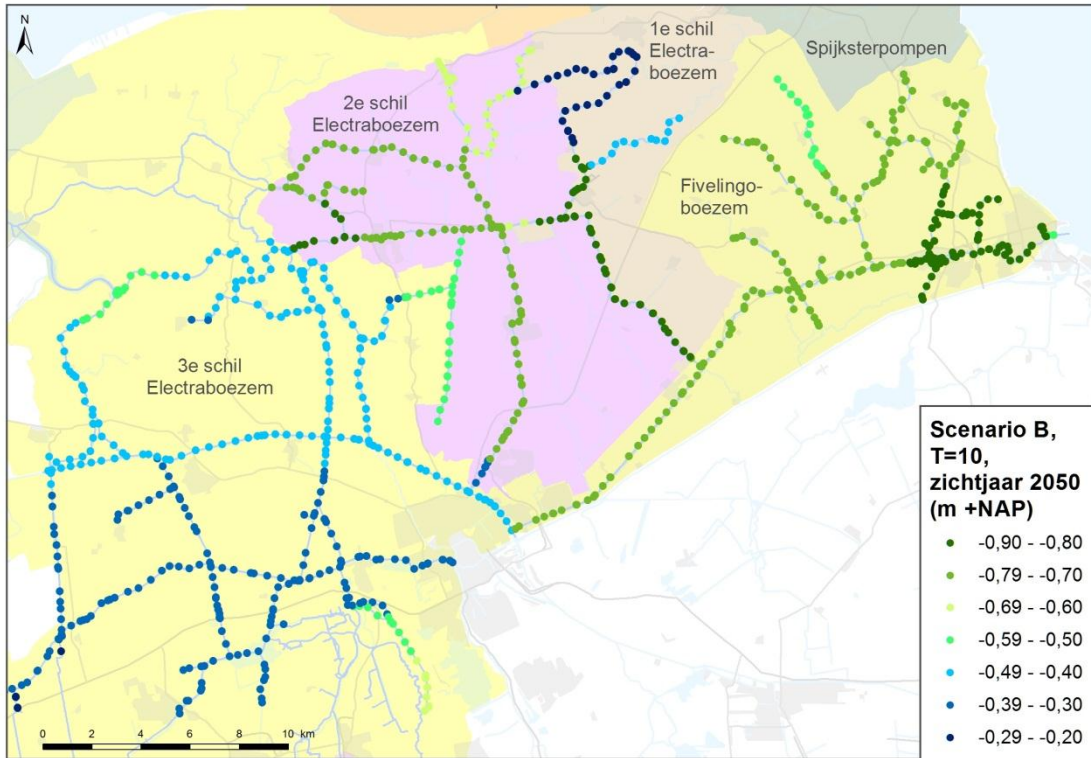


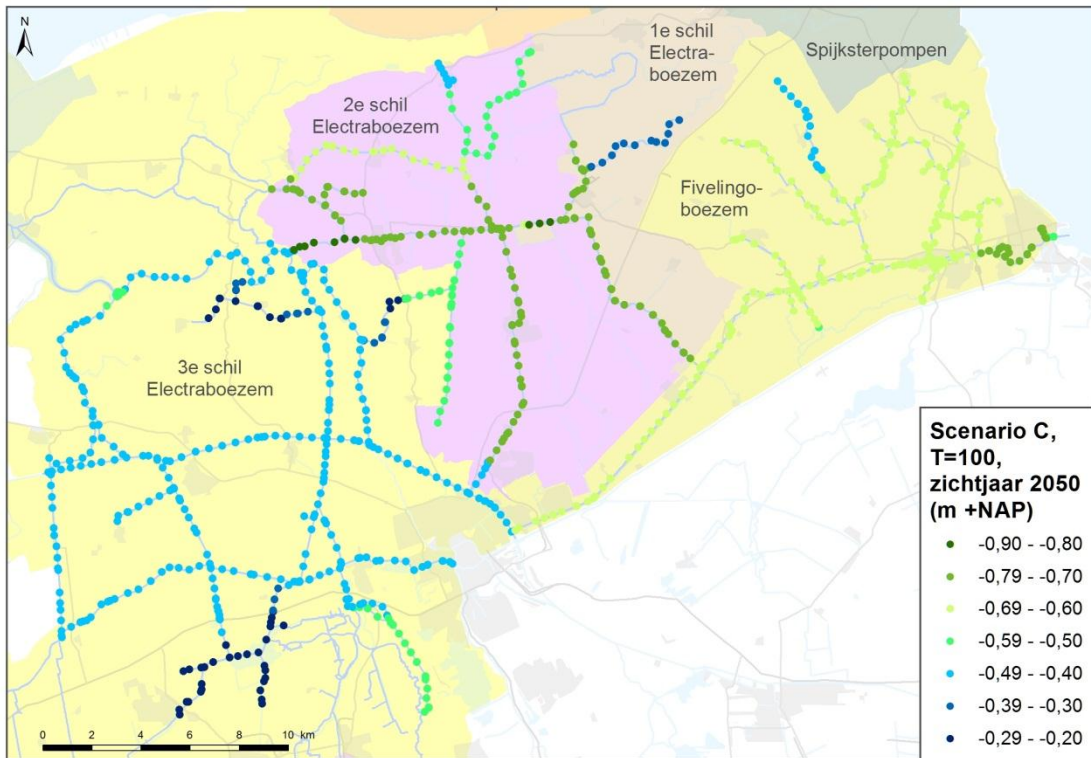
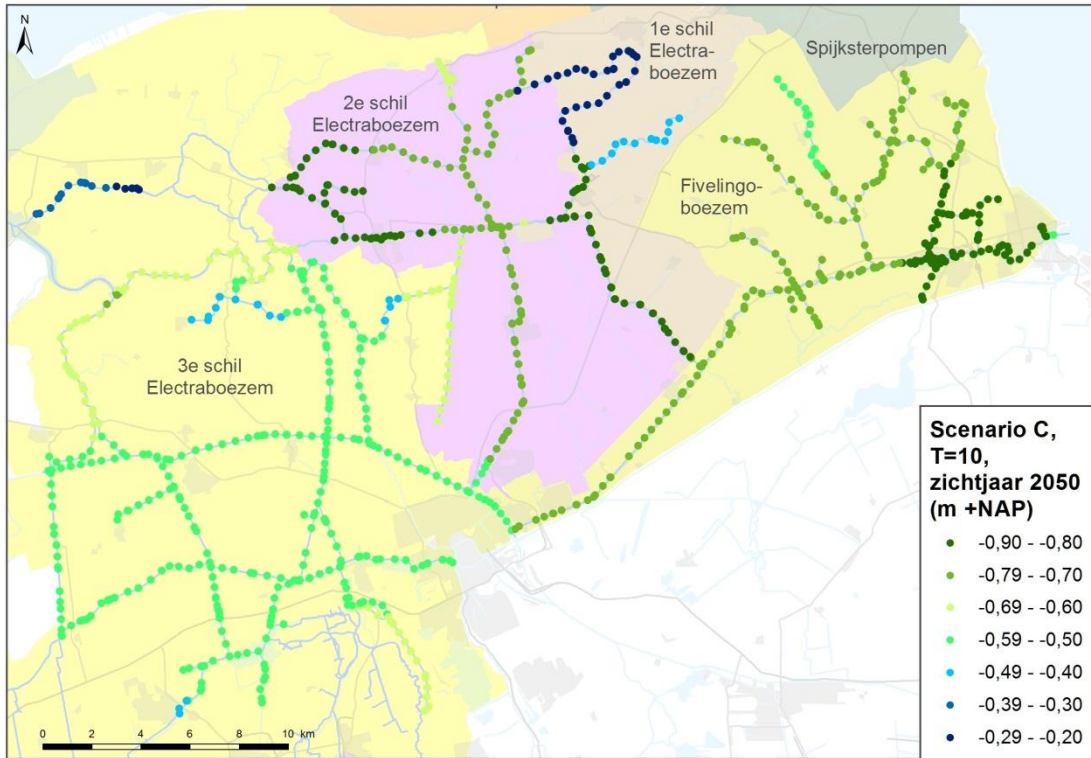






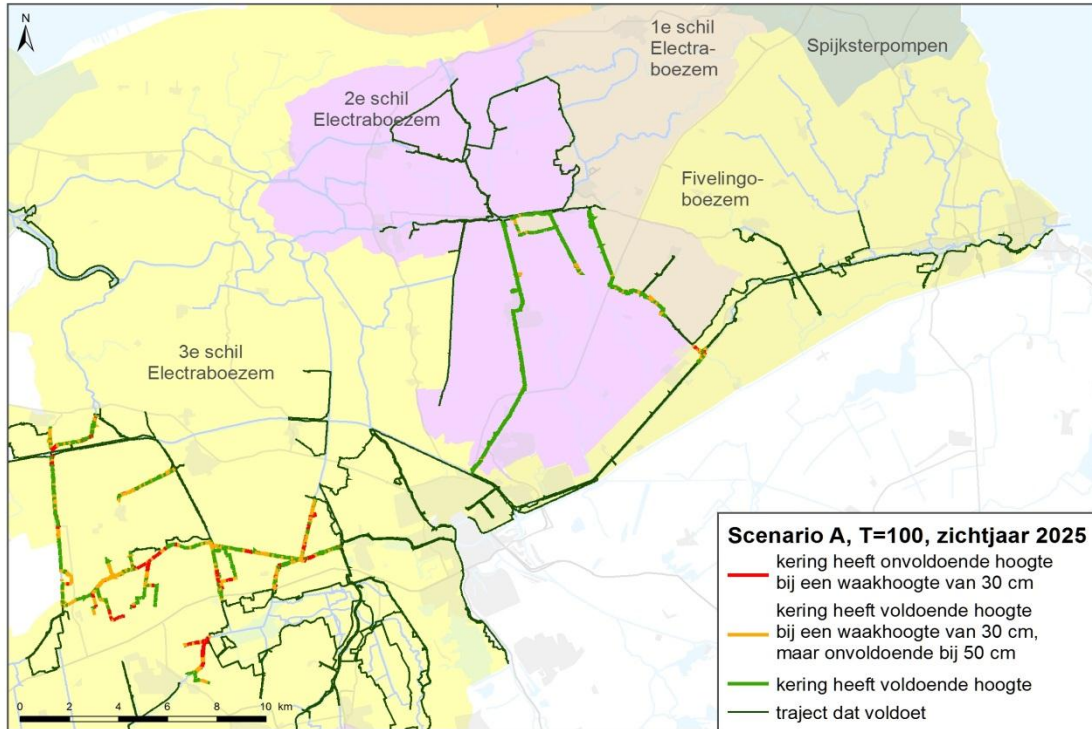


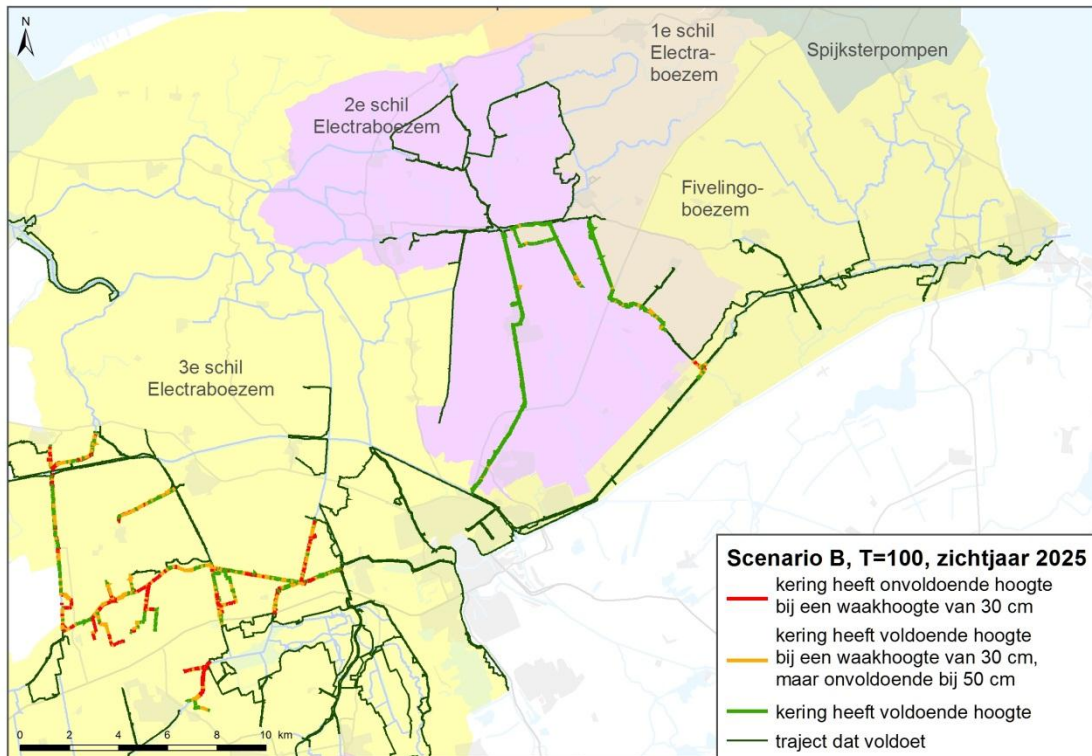
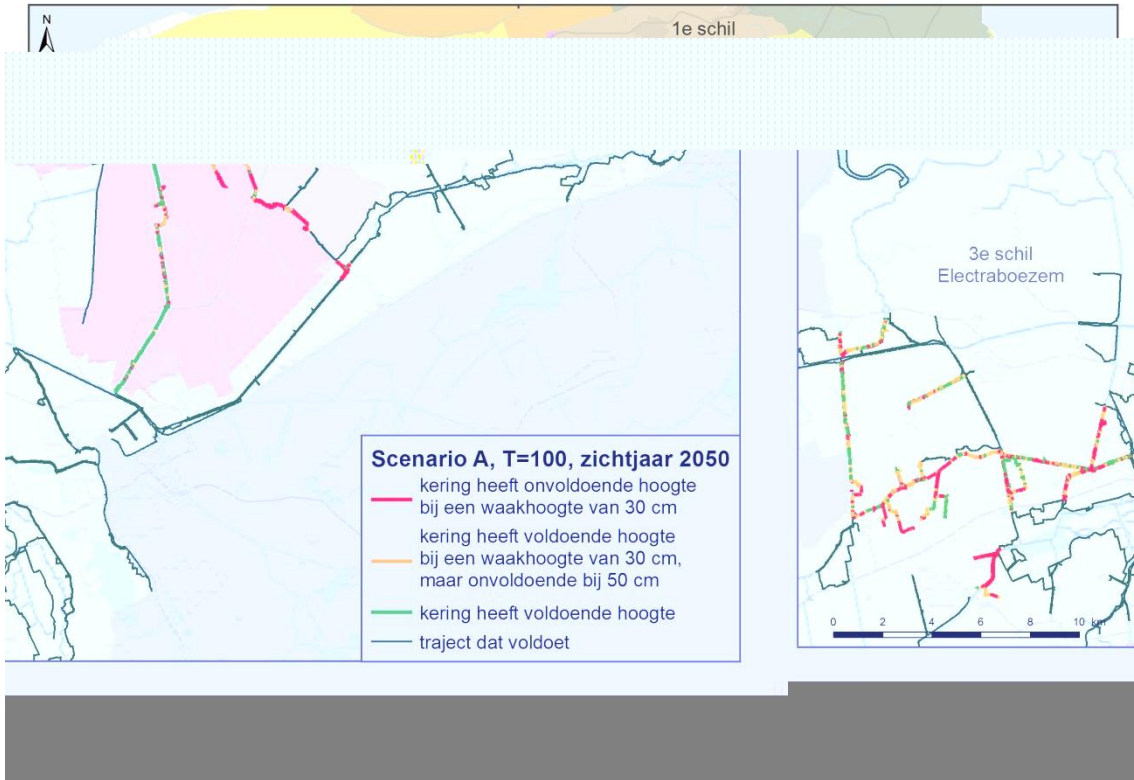


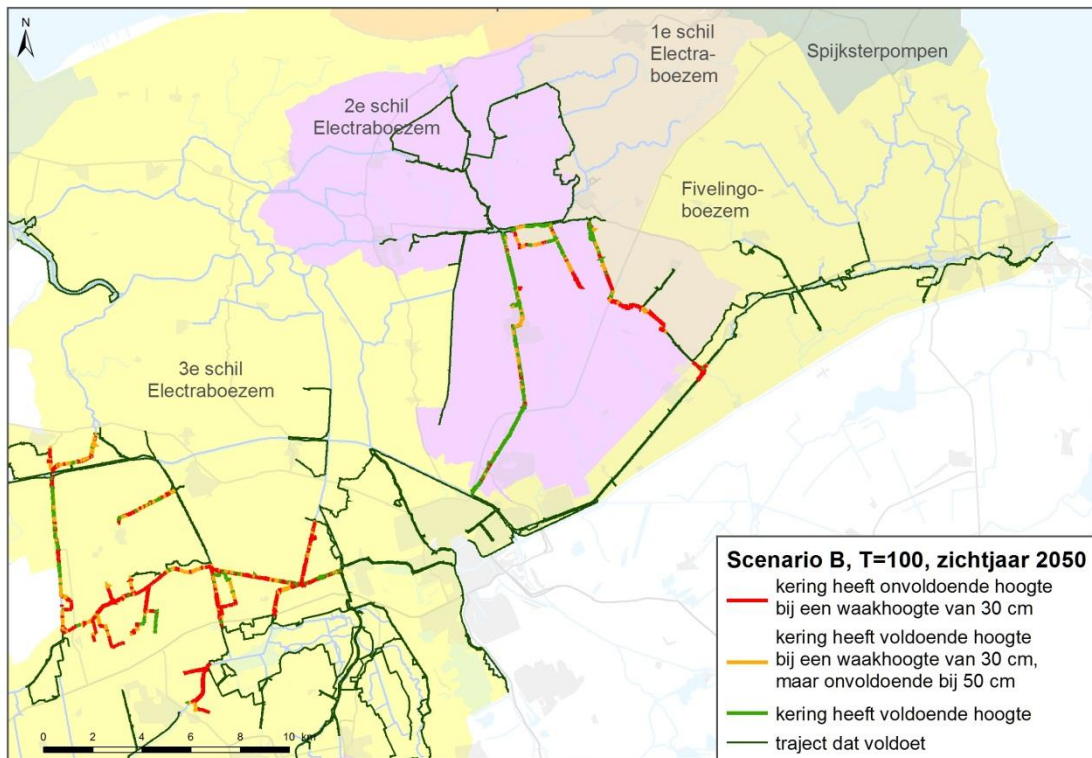


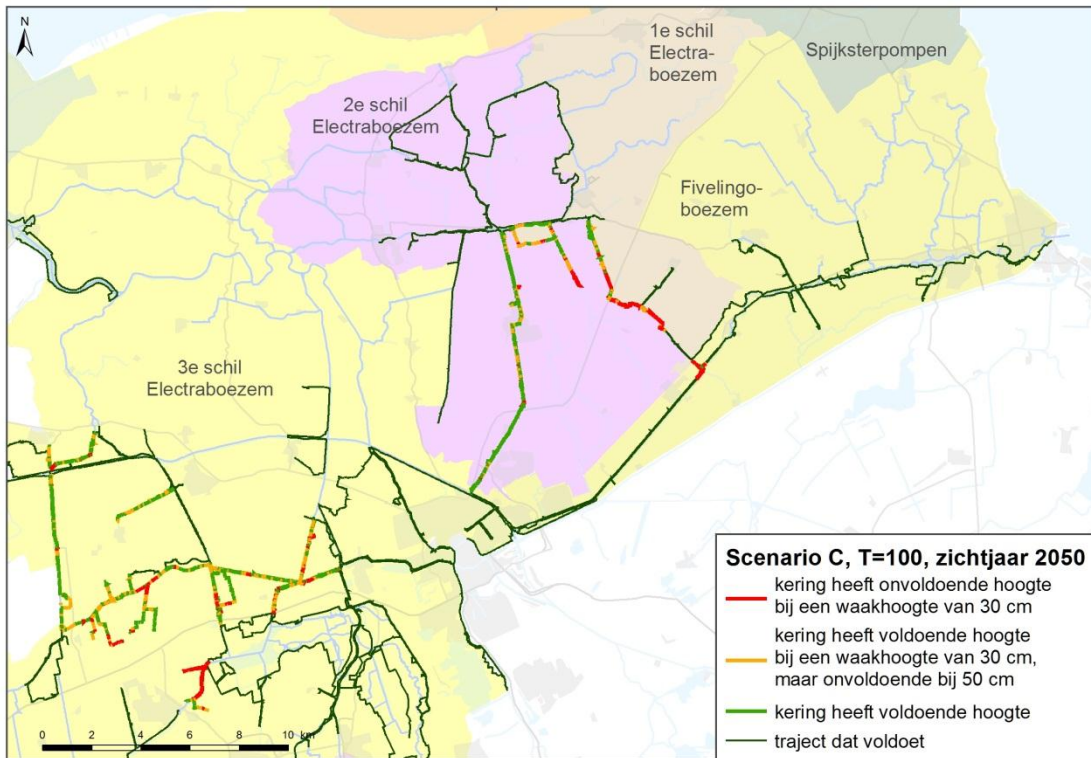
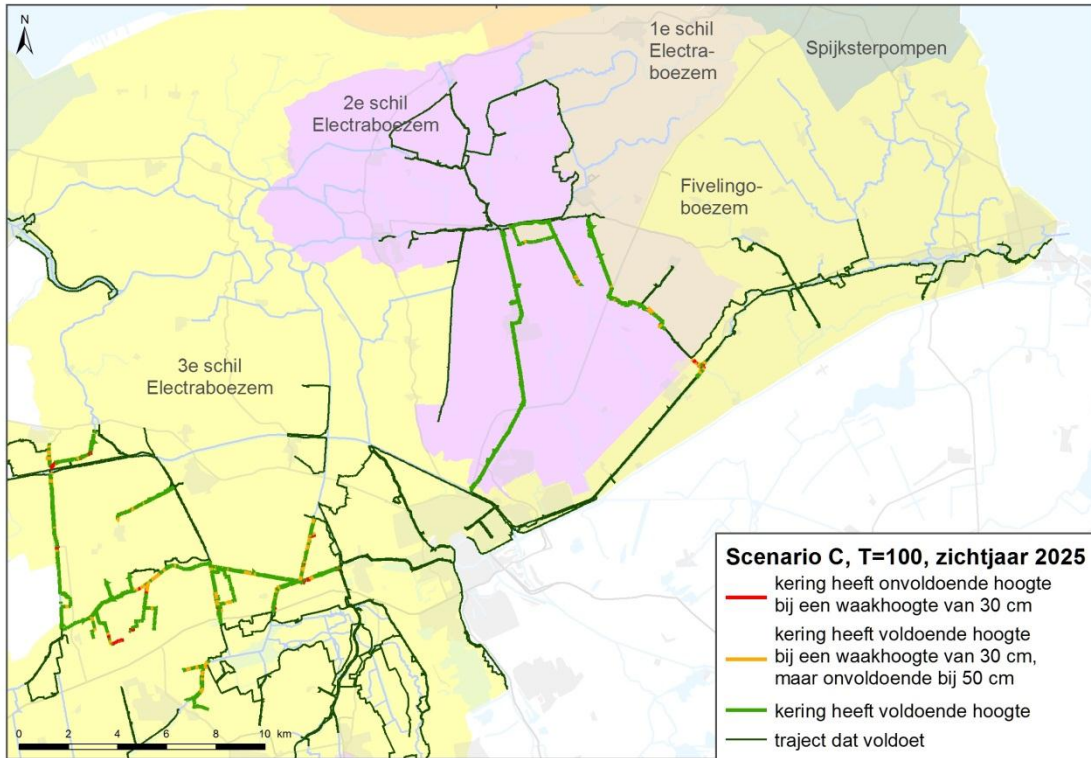
## Bijlage 2.2 Kadeverhogingen

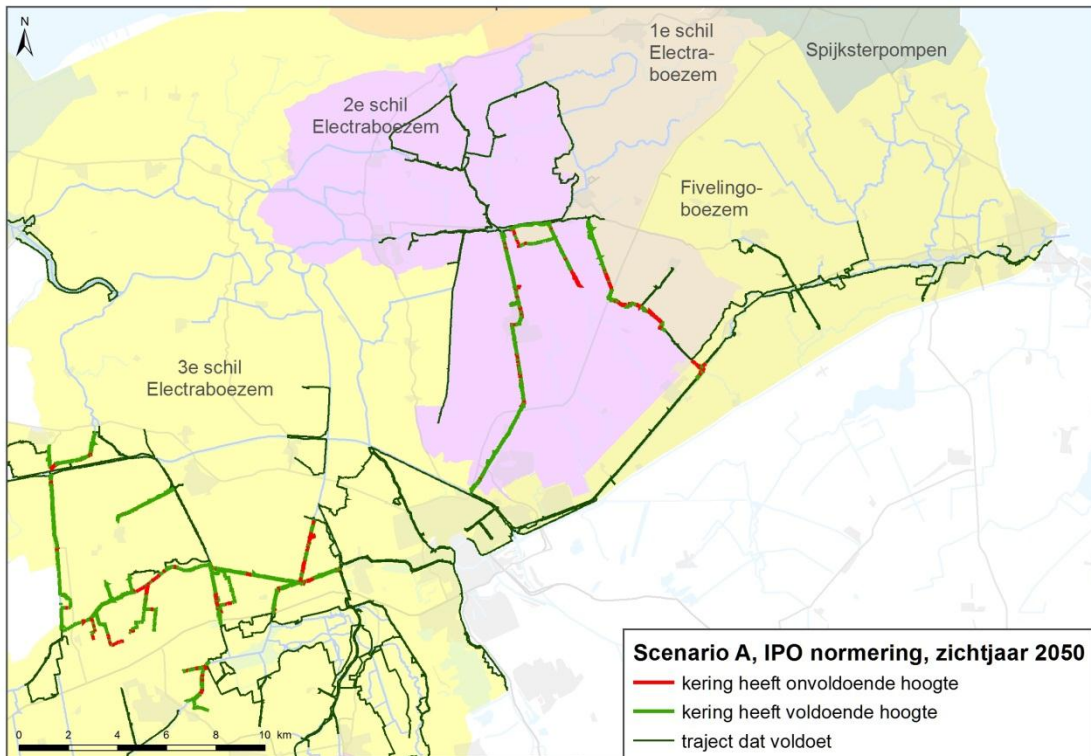
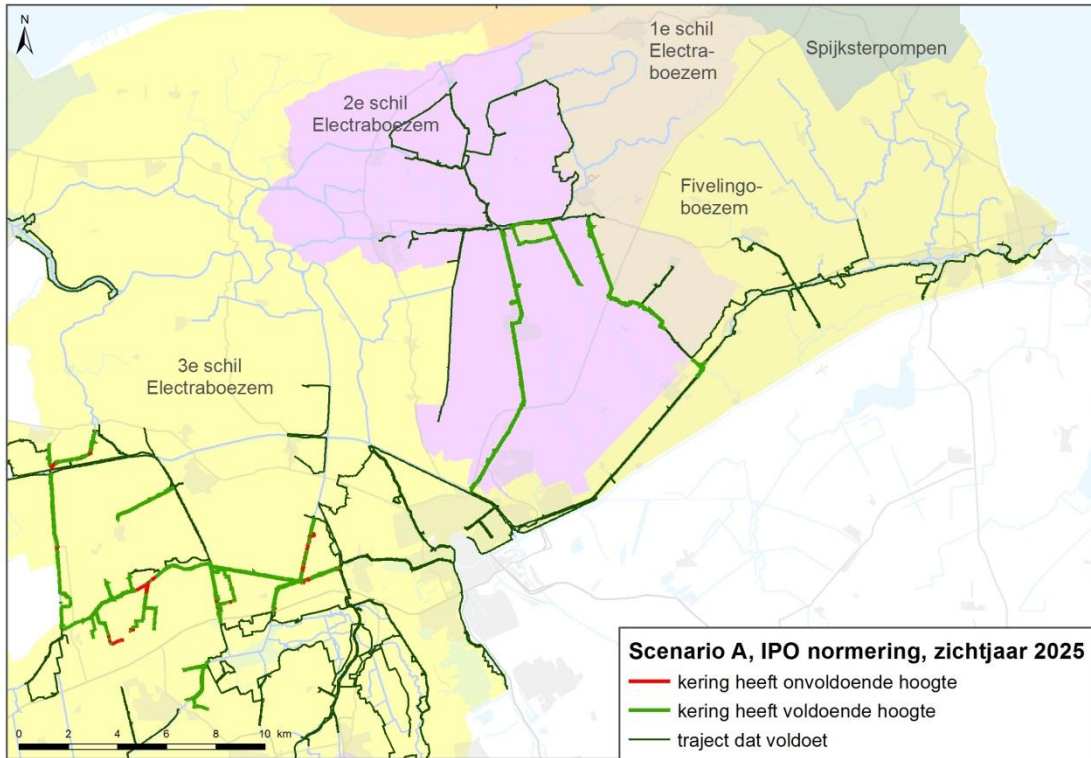
Deze bijlage toont voor alle maatregelenpakketten de benodigde kadeverhogingen voor het halen van de veiligheidsnormen 1:100 jaar inclusief 30 en 50 cm waakhogte en de IPO norm inclusief 30 cm waakhogte. Dit voor alle drie de scenario's.

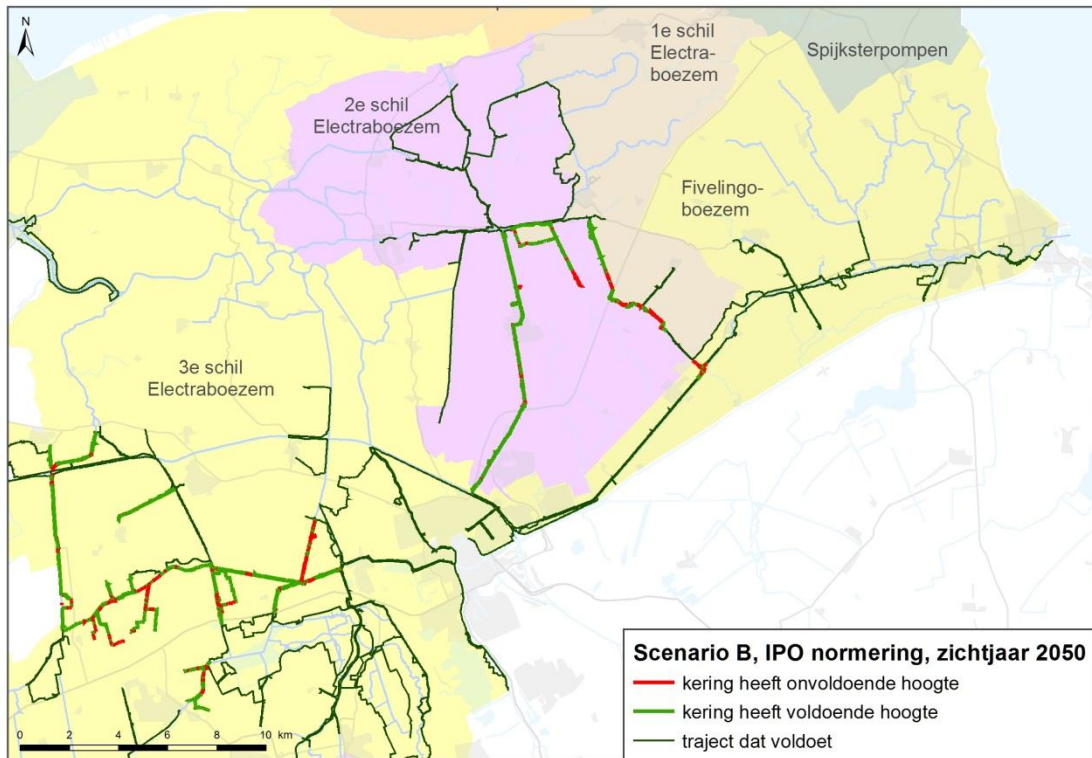
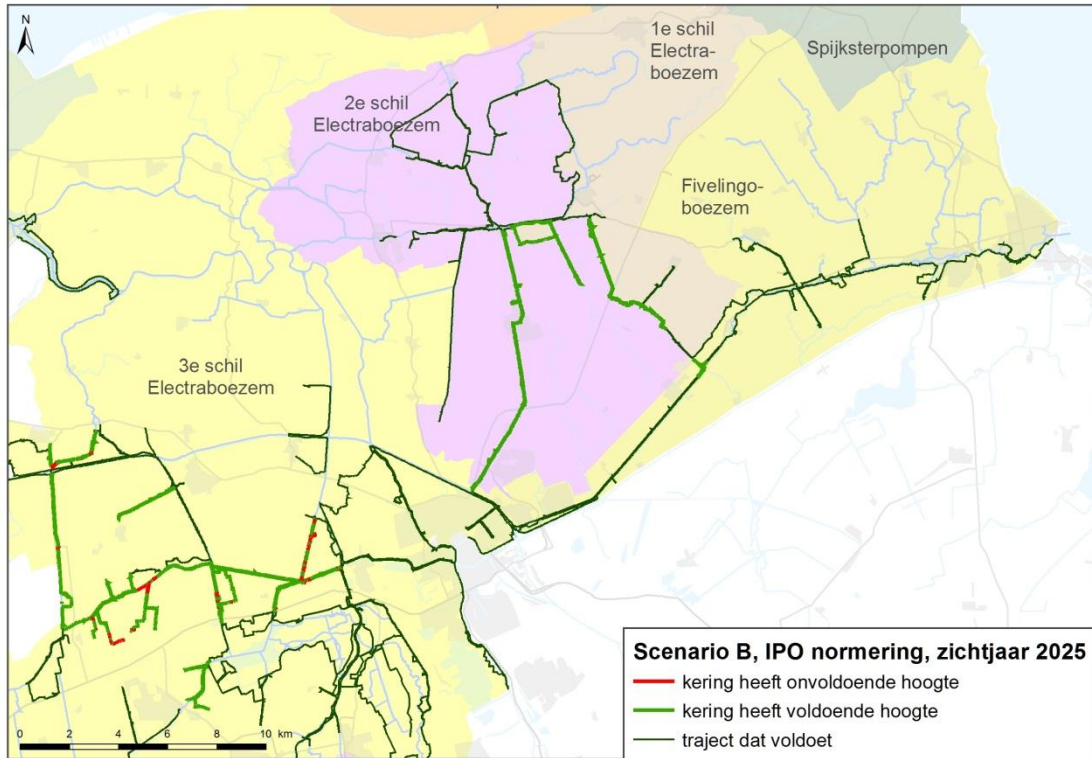




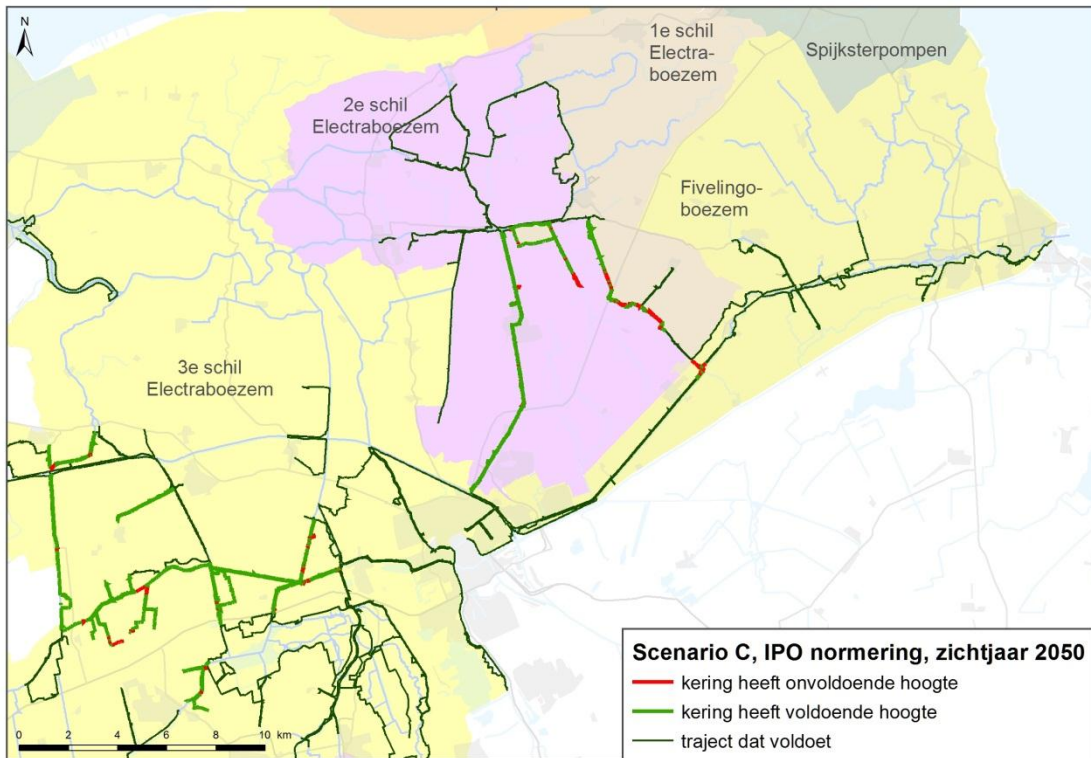
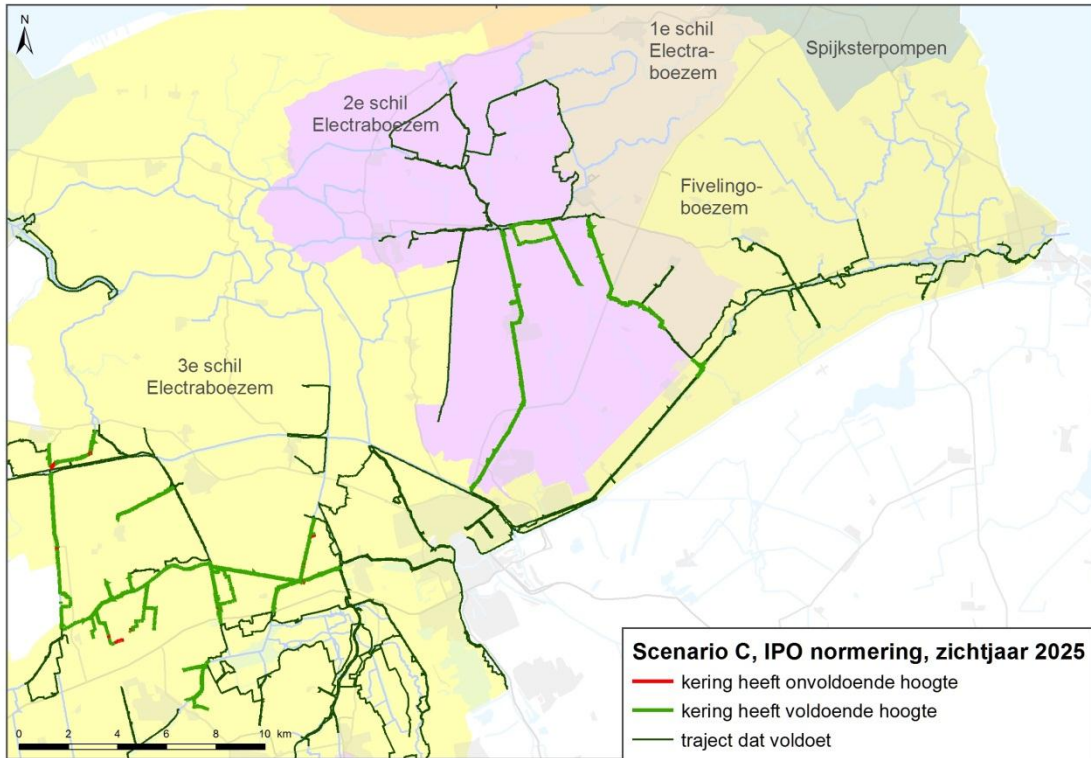












## Bijlage 3

# Onderbouwing kansrijke maatregelen

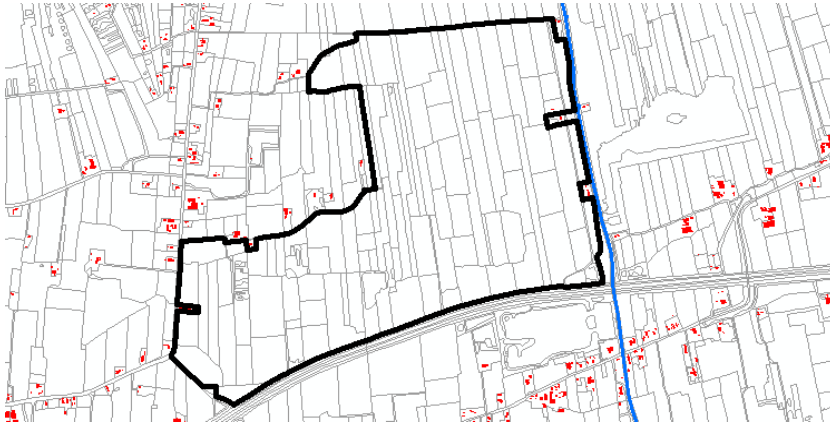
In deze bijlage wordt voor de kansrijke maatregelen, opgenomen in de maatregelenpakketten, beschreven:

- wat de uitgangspunten zijn,
- welke gebiedsbegrenzing gehanteerd is,
- welke fysieke ingrepen noodzakelijk zijn en
- hoe de kostenraming is opgebouwd.

De bijlage vormt daarmee een aanvulling op de factsheets in bijlage 1.

## Bijlage 3.1 Waterberging EHS Driepolders en compartimenteren bij extreme afvoer

Onderstaande figuur toont de begrenzing van deze maatregel. De zwarte lijnen geven de grenzen aan van het waterbergingsgebied, dit betekent dat hier aangesloten wordt op bestaande keringen of nieuwe keringen worden aangelegd.

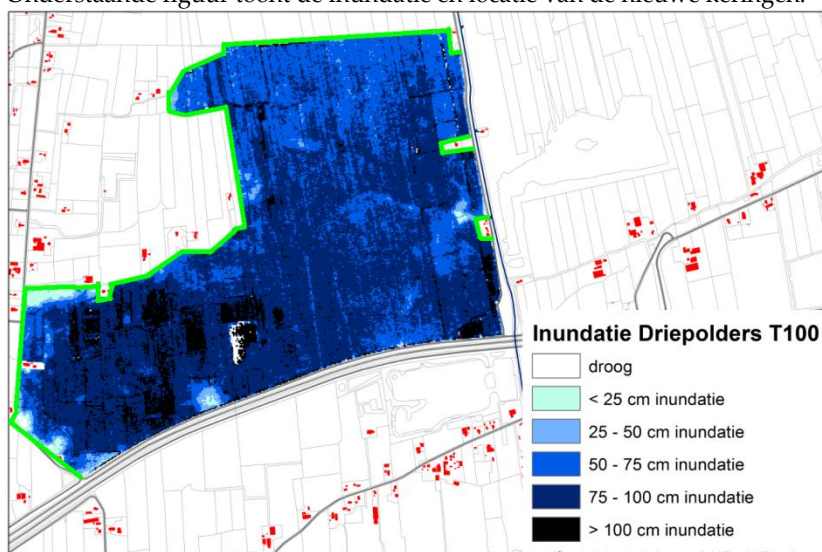


Figuur 23: Begrenzing maatregel

Dit bergingsgebied heeft de volgende kenmerken:

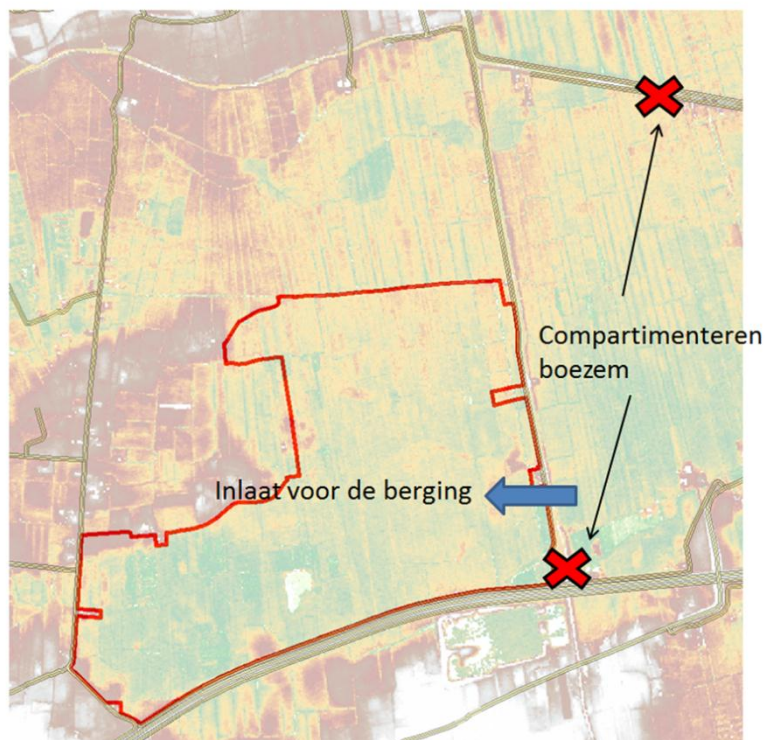
- Bij extreem hoge waterstanden kan door middel van een inlaatvoorziening gestuurd water worden ingelaten. Het uitgangspunt hierbij is dat tot -0.2 m NAP wat kan worden ingelaten.
- Om te voorkomen dat het achterliggende gebied inundeert wordt het gebied omsloten door keringen.
- Deze keringen worden gedimensioneerd op een waterstand van -0.2 m NAP en 0.2 m waakhogte.

Onderstaande figuur toont de inundatie en locatie van de nieuwe keringen.



Figuur 24: Inundatiekaart en nieuwe keringen (als groene lijn)

Om de effectiviteit van dit bergingsgebied te vergroten moet de boezem gecompartmenteerd worden bij hoogwatersituaties. Onderstaande figuur geeft aan waar de boezem gecompartmenteerd moet worden.



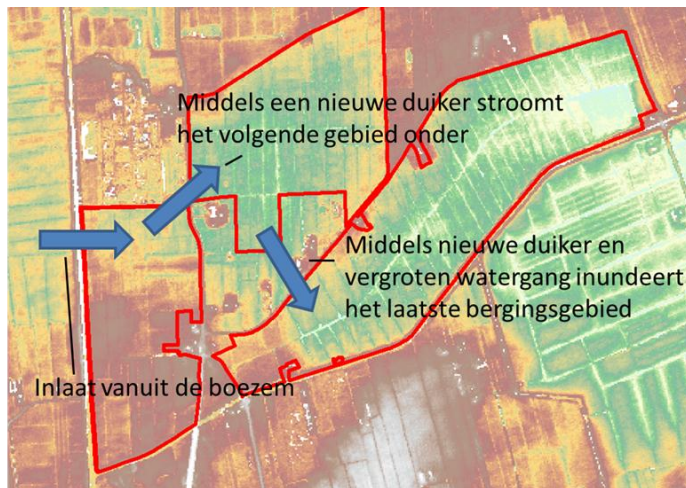
Figuur 25: Inlaat voor berging en locatie compartimenteren

Onderstaande tabel toont de kostenposten bij deze maatregel.

Post	Aantal		Kostprijs	Som
Aanbrengen inlaatstuw 7,5 m <sup>1</sup> , klepl. 1,5 m <sup>1</sup>	1	st	€ 85,000	€ 85,000.00
Aanleg duiker 2 x 1 m onder bestaande weg	5	m1	€ 1,556	€ 7,781.25
Verkeersvoorzieningen e.d. t.b.v. aanleg duikers	2500	EUR	€ 1	€ 2,500.00
Graven, vervoeren en verwerken grond te verbr. watergang	0	m3	€ 4	€ -
Aanbrengen duiker 800 mm onder bestaande weg	25	m1	€ 298	€ 7,453.50
Aanbrengen afsluitbare duikers 500 mm lg 15 m <sup>1</sup>	2	st	€ 3,000	€ 6,000.00
Aanleg kade 10 m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> met aan te voeren grond	4700	m1	€ 123	€ 579,980.00
Aanbrengen overvaarbare stuwen 20 m <sup>1</sup> lang	2	st	€ 500,000	€ 1,000,000.00
	Som			€ 1,688,714.75
	Som inclusief toeslagpercentages			€ 2,500,000.00

## Bijlage 3.2 Waterberging EHS De Dijken (Bakkerom)

Onderstaande figuur toont de begrenzing van deze maatregel. De rode lijnen geven de grenzen aan van het waterbergingsgebied, dit betekent dat hier aangesloten wordt op bestaande keringen of nieuwe keringen worden aangelegd.

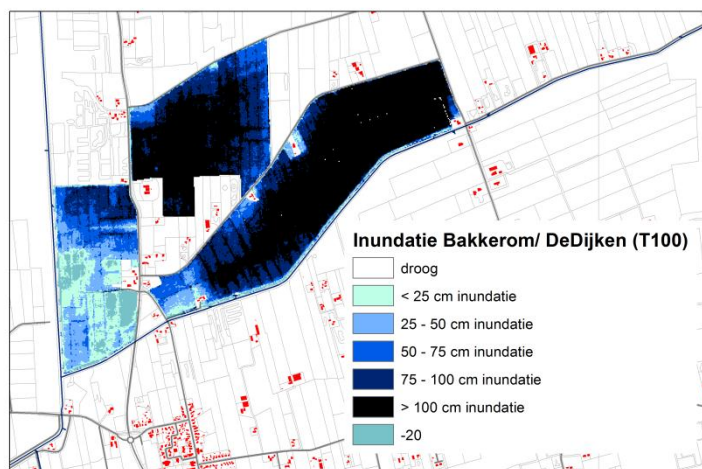


Figuur 26: maatregel (blauwe pijl is inlaatlocatie en hoe het gebied zich vult)

Dit bergingsgebied heeft de volgende kenmerken:

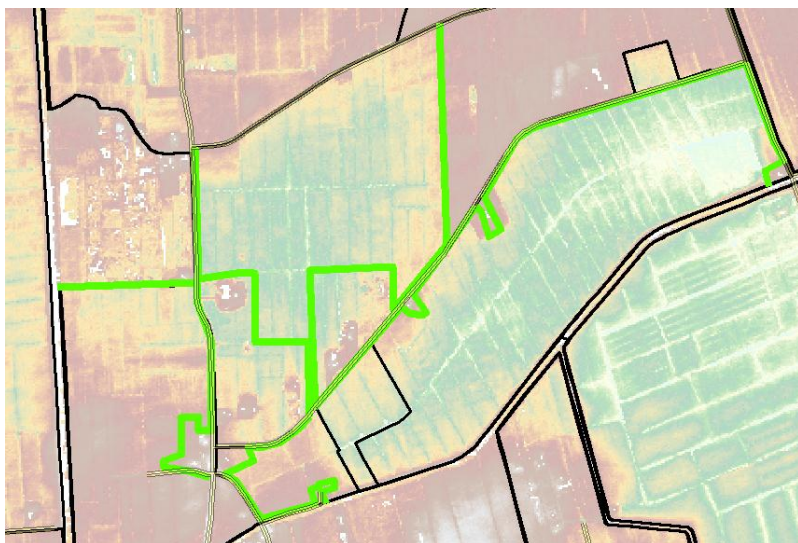
- Bij extreem hoge waterstanden kan door middel van een inlaatvoorziening gestuurd water worden ingelaten. Het uitgangspunt hierbij is dat tot -0.2 m NAP water kan worden ingelaten.
- Om te voorkomen dat het achterliggende gebied inundeert wordt het gebied omsloten door keringen.
- Deze keringen worden gedimensioneerd op een waterstand van -0.2 m NAP en 0.2 m waakhogte.
- Het bergingsgebieden is onder verdeeld in drie deelgebieden, via één inlaat wordt water ingelaten vanuit de boezem en vervolgens kunnen de overige bergingsgebieden zich vullen.

Onderstaande figuur toont de inundatie en locatie van de nieuwe keringen.



Figuur 27: Inundatiekaart

Onderstaande figuur toont de locatie van de nieuwe keringen.



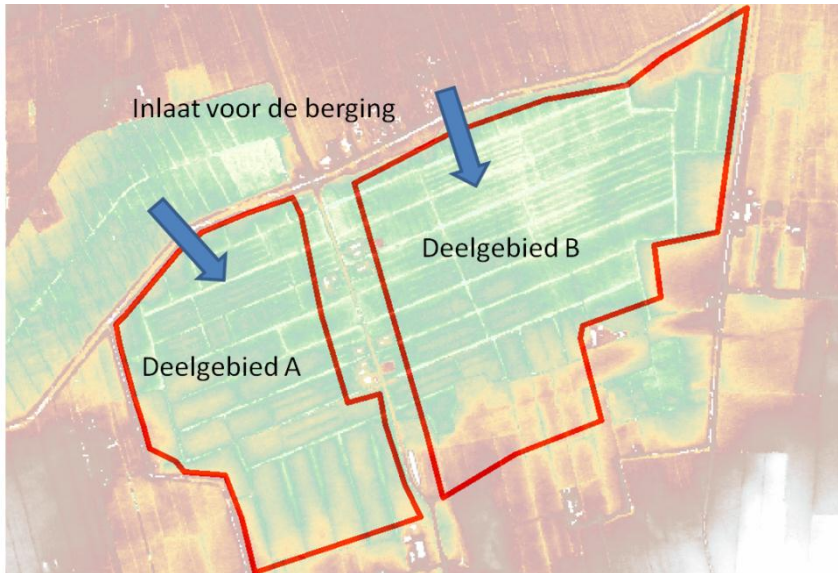
Figuur 28: Hoogtekaart en nieuwe keringen (als groene lijn)

Onderstaande tabel toont de kostenposten bij deze maatregel.

Post	Aantal		Kostprijs	Som
Aanbrengen inlaatstuw 7,5 m <sup>1</sup> , klepl. 1,5 m <sup>1</sup>	1	st	€ 85,000	€ 85,000.00
Aanleg duiker 2 x 1 m onder bestaande weg	5	m <sup>1</sup>	€ 1,556	€ 7,781.25
Verkeersvoorzieningen e.d. t.b.v. aanleg duikers	2500	EUR	€ 1	€ 2,500.00
Graven, vervoeren en verwerken grond te verbr. watergang	1800	m <sup>3</sup>	€ 4	€ 6,300.00
Aanbrengen duiker 800 mm onder bestaande weg	25	m <sup>1</sup>	€ 298	€ 7,453.50
Aanbrengen afsluitbare duikers 500 mm lg 15 m <sup>1</sup>	3	st	€ 3,000	€ 9,000.00
Aanleg kade 10 m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> met aan te voeren grond	7200	m <sup>1</sup>	€ 123	€ 888,480.00
Aanbrengen overvaarbare stuwen 20 m <sup>1</sup> lang	1	st	€ 500,000	€ 500,000.00
	Som			€ 1,506,514.75
	Som inclusief toeslagpercentages			€ 3,500,000.00

## Bijlage 3.3 Waterberging Tolberterpetten

Onderstaande figuur toont de begrenzing en werking van waterberging Tolberterpetten.

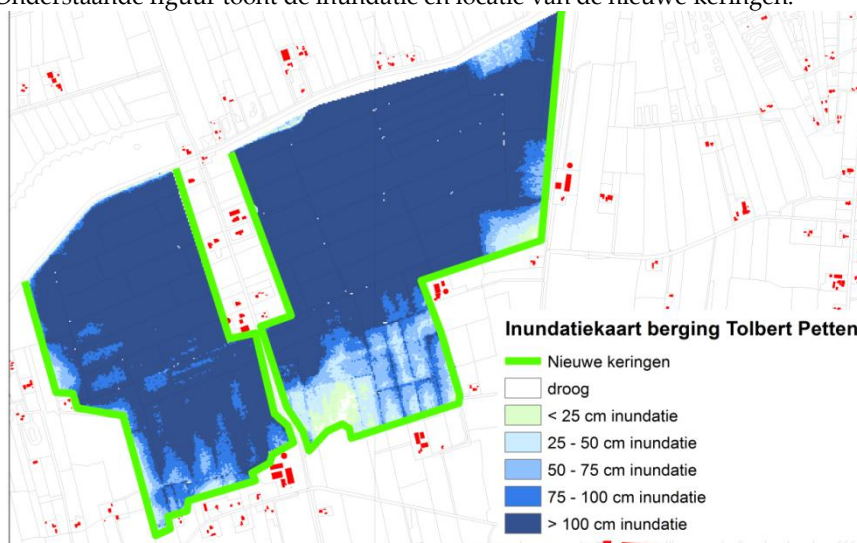


Figuur 29: Begrenzing maatregel (blauwe pijlen zijn inlaatlocaties)

Dit bergingsgebied heeft de volgende kenmerken:

- Bij extreem hoge waterstanden kan door middel van inlaatvoorzieningen gestuurd water worden ingelaten. Het uitgangspunt hierbij is dat tot -0.2 m NAP wat kan worden ingelaten.
- Om te voorkomen dat het achterliggende gebied inundeert wordt het gebied omsloten door keringen.
- Deze keringen worden gedimensioneerd op een waterstand van -0.2 m NAP en 0.2 m waakhogte.
- Het bergingsgebieden is onder verdeeld in 2 losse bergingsgebieden, elk gebied heeft zijn eigen inlaatvoorziening.

Onderstaande figuur toont de inundatie en locatie van de nieuwe keringen.



Figuur 30: Inundatiekaart (T100) en nieuwe keringen

Onderstaande tabel toont de kostenposten bij deze maatregel.

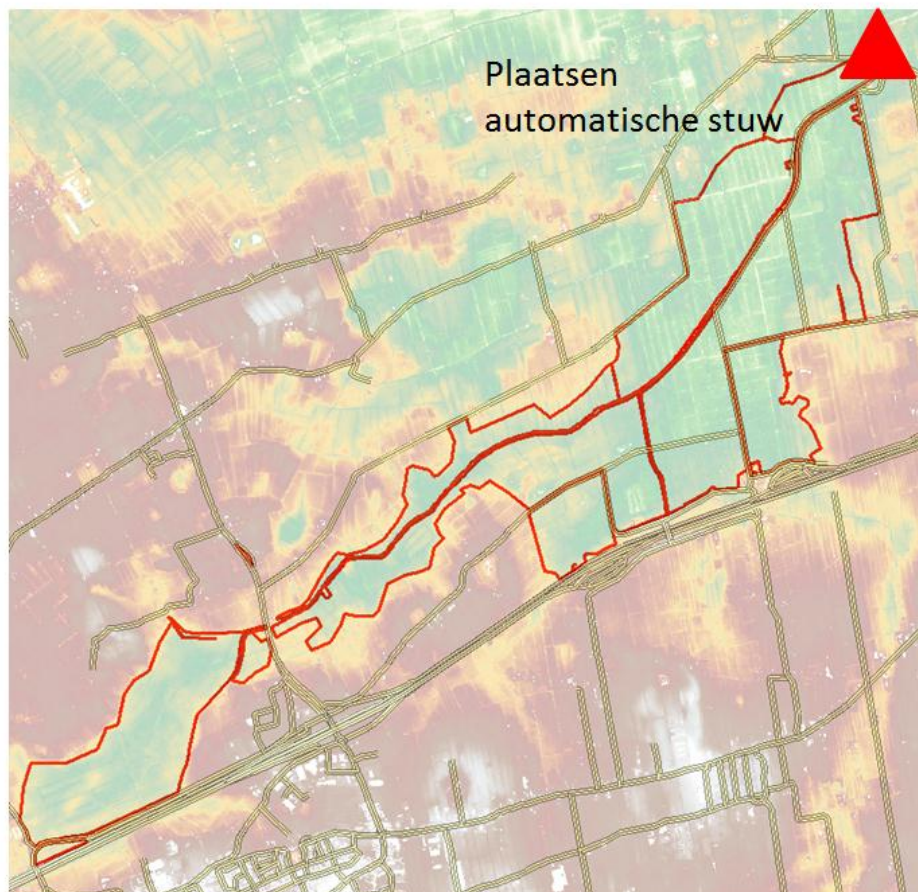
Post	Aantal		Kostprijs	Som
Aanbrengen stuw 7,5 m <sup>1</sup> .breed, klepl. 1,5 m <sup>1</sup>	1	St	€ 85,000	€ 85,000.00
Aanbrengen stuw 12,5 m <sup>1</sup> breed, klep. 1,5 m <sup>1</sup>	1	St	€ 125,000	€ 125,000.00
Aanleg kade 15m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> met aan te voeren grond	6200	m <sup>1</sup>	€ 225	€ 1,395,000.00
Aanbrengen duikers diam. 500 mm 15m lang	3	St	€ 3,000	€ 9,000.00
Aankoop grond	10	Ha	€ 50,000	€ 500,000.00
Schaderegeling	175	Ha	€ 1,000	€ 175,000.00
	Som			€ 2,289,000.00
	Som inclusief toeslagpercentages			€ 5,000,000.00



## Bijlage 3.4 Vasthouden beekdal Dwarsdiep

Onderstaande figuur toont de locatie waar de knijpconstructie/automatische stuw wordt geplaatst om water vast te houden in het beekdal van het Dwarsdiep. De oppervlaktes zijn gekozen op basis van de kansrijkheid van realisatie van de waterberging en komen daarom niet 1 op 1 overeen met de EHS begrenzing. In een deel van de ruimere EHS begrenzing ligt nog versnipperde bebouwing die de aanleg van waterberging op relatief korte termijn wellicht bemoeilijkt al dan niet heel kostbaar maakt (aanleg vele km 's extra kades of noodzaak tot uitkopen). Daarom is in overleg met de prov. Groningen gekozen om eerst van een haalbare variant uit te gaan.

Op de langere termijn is de doelstelling om de realisatie van EHS en waterberging combineren met de ruimere begrenzing van EHS als zoekgebied.

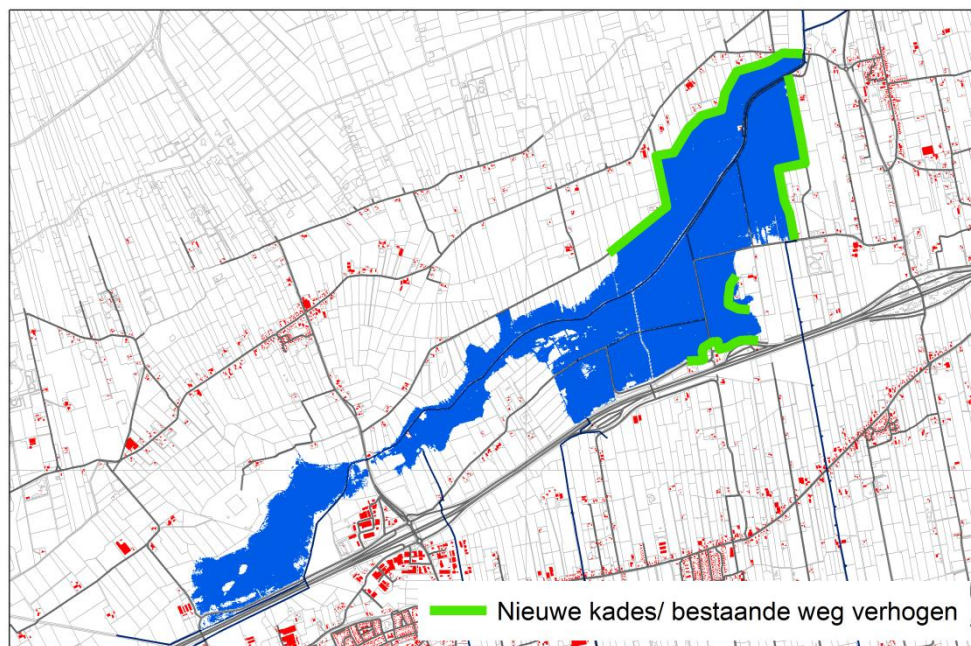


Figuur 31: Begrenzing maatregel (rode lijn) en knijpconstructie

Deze maatregel heeft de volgende kenmerken:

- Bij extreem hoge waterstanden kan door middel van de knijpconstructie de afvoer uit het Dwarsdiep worden geknepen. Deze stuw kan het water vast houden tot een niveau van + 0,25 m NAP.
- Aangenomen wordt dat een deel van de polders Oude Riet en Wemerpolder worden omgezet naar EHS en waterberging.
- Om woningen te beschermen worden keringen geplaatst.

Onderstaande figuur toont de inundatie en locatie van de nieuwe keringen.



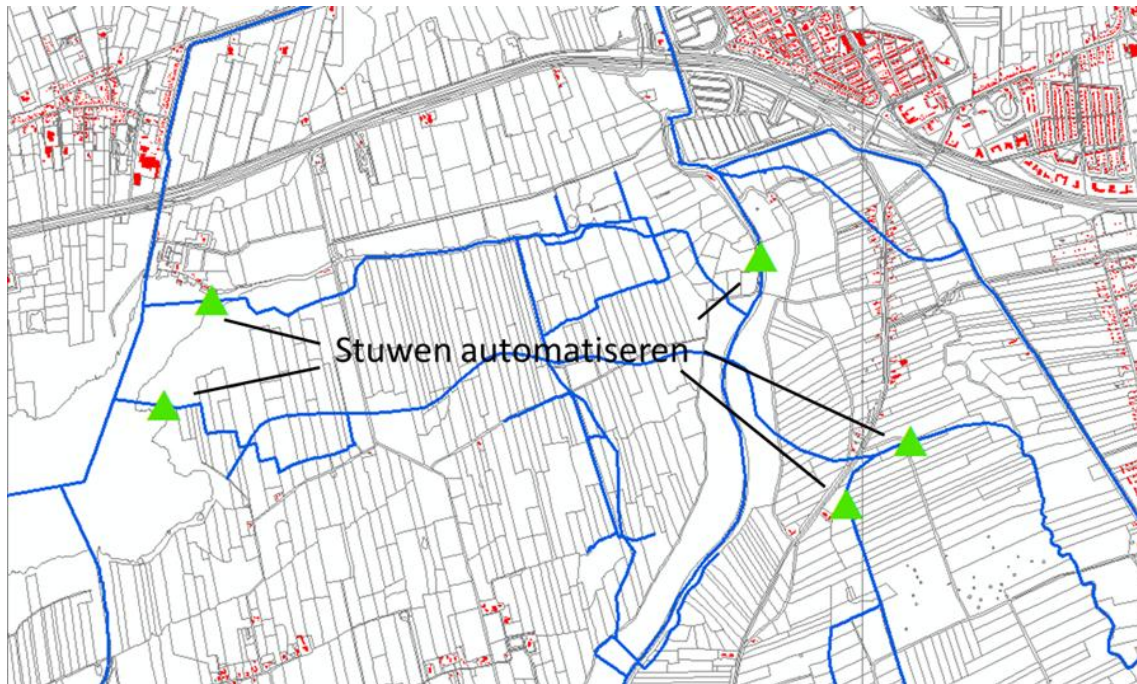
Figuur 32: Inundatiekaart (T25 – T100) en nieuwe keringen (als groene lijn)

Onderstaande tabel toont de kostenposten bij deze maatregel.

Post	Aantal		Kostprijs	Som
Aanbrengen stuw 15 m <sup>1</sup> breed, klepl. 2,25 m <sup>1</sup>	1	St	€ 200,000	€ 200,000.00
Aanleg kade 5m3/m <sup>1</sup> met aan te voeren grond	5400	m <sup>1</sup>	€ 80	€ 432,000.00
	Som			€ 882,000.00
	Som inclusief toeslagpercentages			€ 2,000,000.00

## Bijlage 3.5 Optimaliseren berging Eelder- en Peizermaden

Door de bestaande stuwen aan te passen in Eelder- en Peizermaden wordt dit gebied beter benut voor waterberging. Onderstaande figuur geeft aan welke stuwen aangepast moeten worden.



Figuur 33: Maatregel

Voor de kosten houdt dit in:

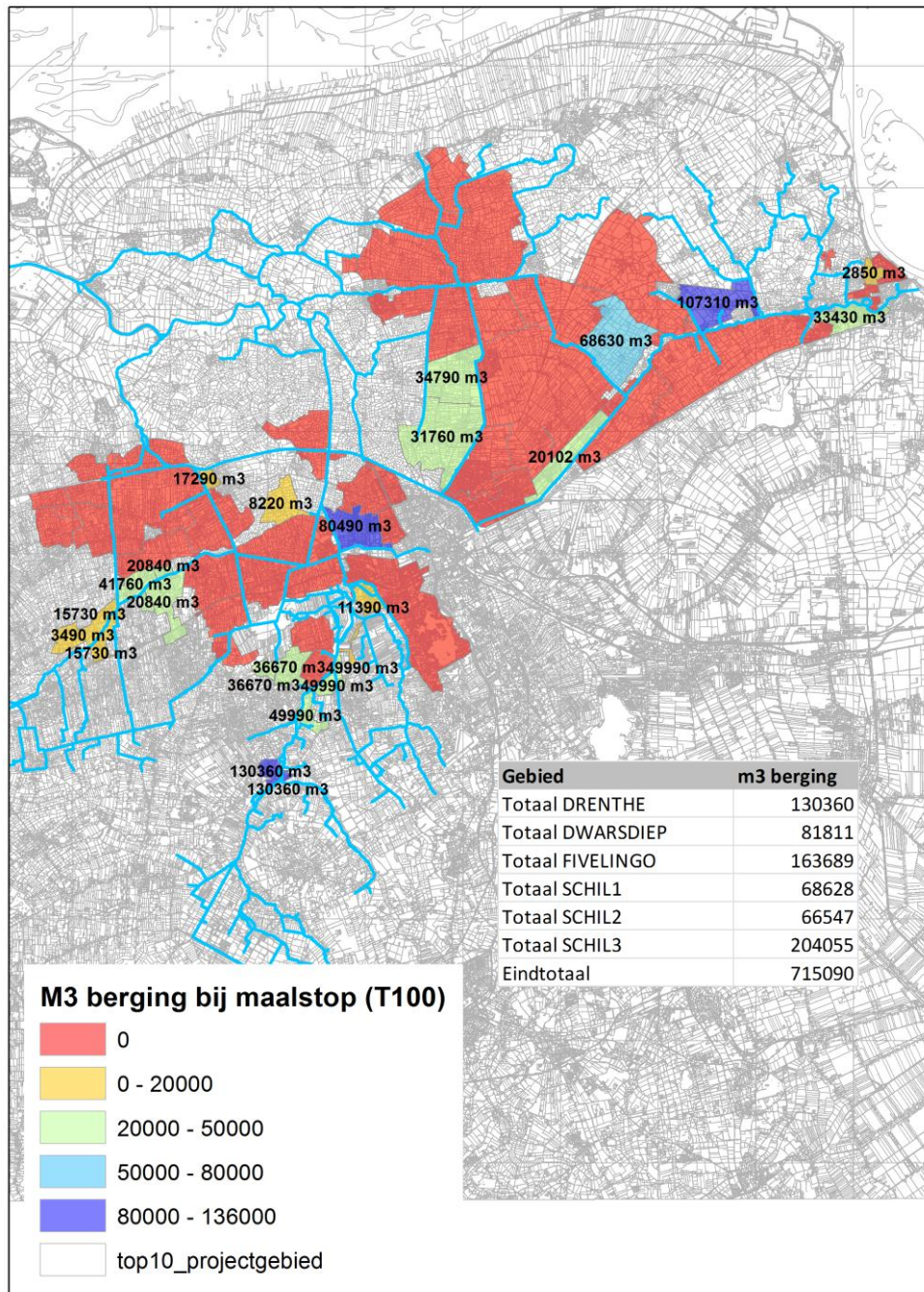
- 1 beweegbare stuw plaats van 15 m breed. Kleplengte is 2.5 m.
- 1 bestaande stuw van 10 m breed, kan nu keren tot 0 m t.o.v. NAP. Dit moet 0.25 m hoger worden, dus een nieuwe klep plaatsen.
- 3 vaste stuwen vervangen door beweegbare stuwen, beiden worden 10 m breed.

Onderstaande tabel toont de kostenposten bij deze maatregel.

Post	Aantal		Kostprijs	Som
Stuw verwijderen	1	st	€ 15,000	€ 15,000
Aanbrengen stuw 15 m <sup>1</sup> breed, klepl. 2,5 m <sup>1</sup>	1	st	€ 200,000	€ 200,000
Vervangen klep in stuw van 15 m <sup>1</sup>	1	st	€ 50,620	€ 50,620
Vervangen vaste stuw door beweegbare stuw 10 m <sup>1</sup>	3	st	€ 125,000	€ 375,000
	Som			€ 645,710
	Som inclusief toeslagpercentages			€ 1,500,000

## Bijlage 3.6 Maalstop

Onderstaande figuur geeft aan hoeveel m<sup>3</sup> berging gerealiseerd wordt met de maalstop per bemaal gebied.



Figuur 34: m<sup>3</sup> berging per bemaal eenheid door maalstop

Het aantal m<sup>3</sup>s wat geborgen wordt met de maalstop is slechts 715.000 m<sup>3</sup>, dit is zeer beperkt. Als gevolg van de T100 bui zijn de peilen in de polders al flink toegenomen. Zodat het initiële peil dicht in de buurt komt van het maalstoppeil (=10% laagste maaiveldhoogte).

Onderstaande tabel toont het verloop van de T100 bui:

dag	som neerslag (mm)
dag 1	2
dag 2	5
dag 3	8
dag 4	10
dag 5	69
dag 6	10
dag 7	11
dag 8	5
dag 9	4
dag 10	0
dag 11	0
dag 12	0

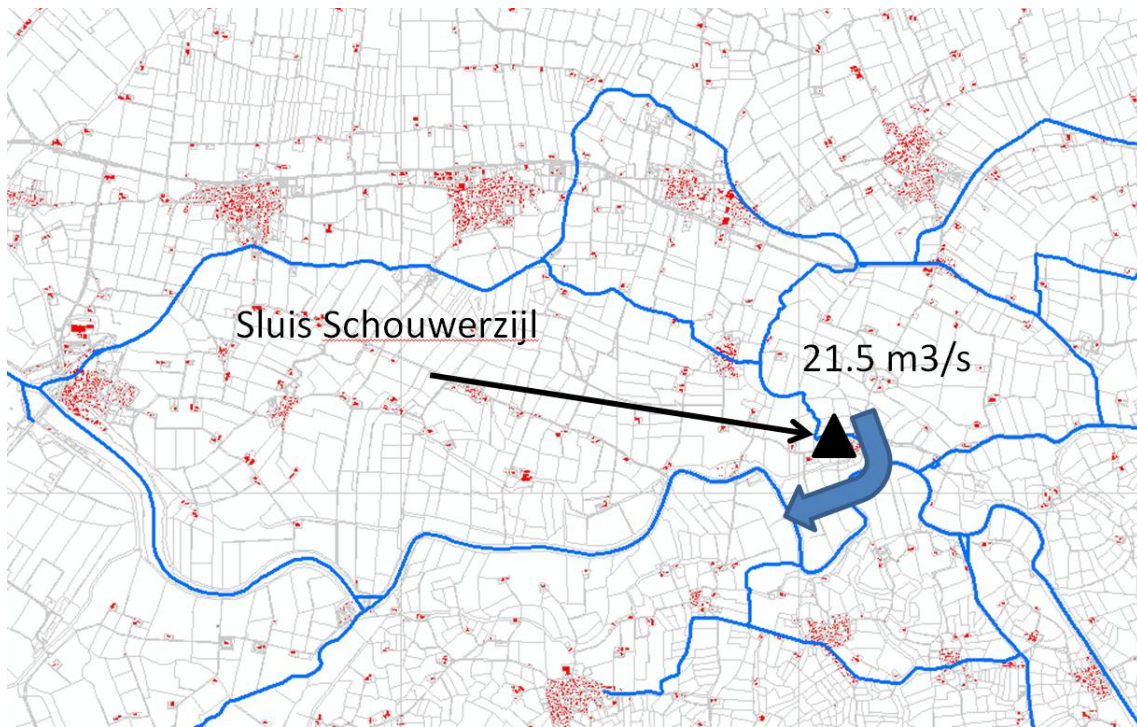
Er van uitgaande dat de poldergemalen zijn ontworpen op 12 mm per dag uitmalen, duurt het 6 dagen om de piek van 69 mm uit te malen. Dit duurt nog 2 dagen langer omdat op dag 6 en 7 ook veel neerslag valt. Hierdoor worden de peilen dermate hoog dat er weinig m<sup>3</sup>s overblijven voor de maalstop.

Voor gebeurtenissen met een lagere herhalingsjijd biedt de maalstop wel meer potentie omdat dan de peilen in de polders minder hoog worden en dus meer m<sup>3</sup>s overblijven voor de maalstop.

Wij nemen aan dat de maalstop wordt gerealiseerd door de poldergemalen 'op afstand' (telemetrie) uit te schakelen. Hiervoor zijn geen investeringen nodig dus bedragen de kosten € 0,-

## Bijlage 3.7 Vergroten gemaal HD Louwes

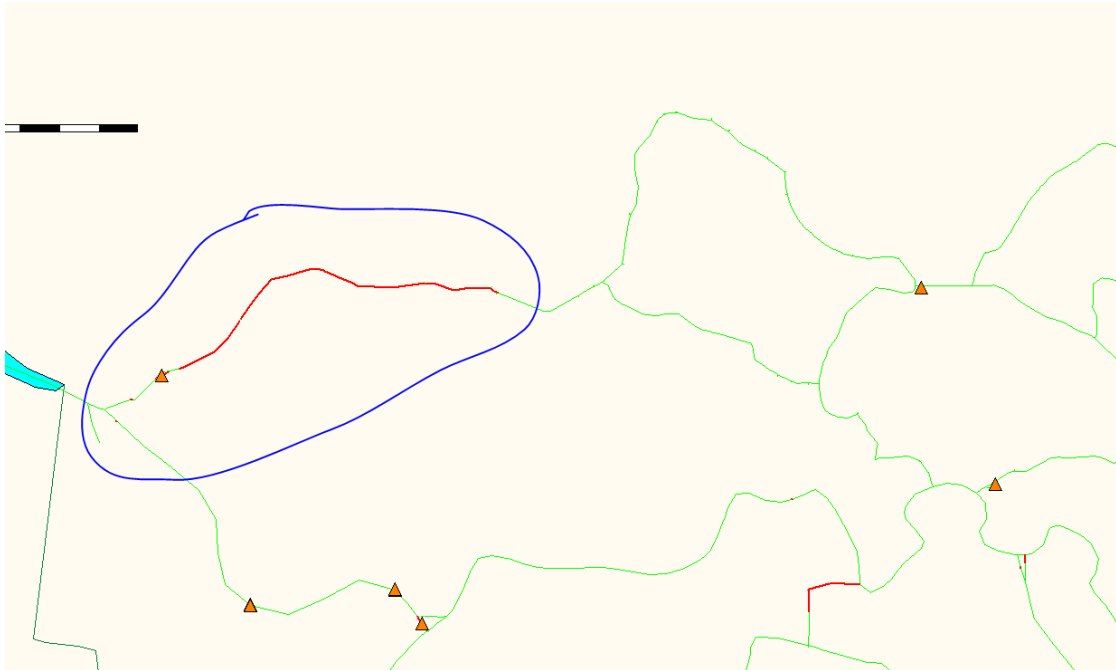
Bij een T100 situatie stroomt circa 21.5 m<sup>3</sup>/s vanuit het bemalingsgebied van HD Louwes naar de Waterwolf, via sluis Schouwerzijl. Dit proces staat weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 35: Huidige situatie sluis Schouwerzijl

Het vergroten van HD Louwes wordt gecombineerd met het afsluiten van Schouwerzijl bij hoogwatersituaties. Om te voorkomen dat de peilen in het stroomgebied van HD Louwes stijgen moet dit gemaal met 21.5 m<sup>3</sup>/s uitgebreid worden.

In de aanvoerwatergang van HD Louwes wordt als gevolg van de capaciteitsuitbreiding de stroomsnelheid te hoog. Dit staat weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 36: Traject waar stroomsnelheid te hoog wordt (weergegeven als rode lijn = meer dan 0.5 m/s)

In de aanvoerwatergang van HD-Louwes wordt de stroomsnelheid meer dan de ontwerpnorm van 0.5 m/s. Uit het Sobek model blijkt dat het profiel uitgebreid moet worden met 8 m<sup>2</sup> nat oppervlak over 4750 m. Dit betekent:

- 38.000 m<sup>3</sup> grond afgraven;
- 2 ha grond aankopen.

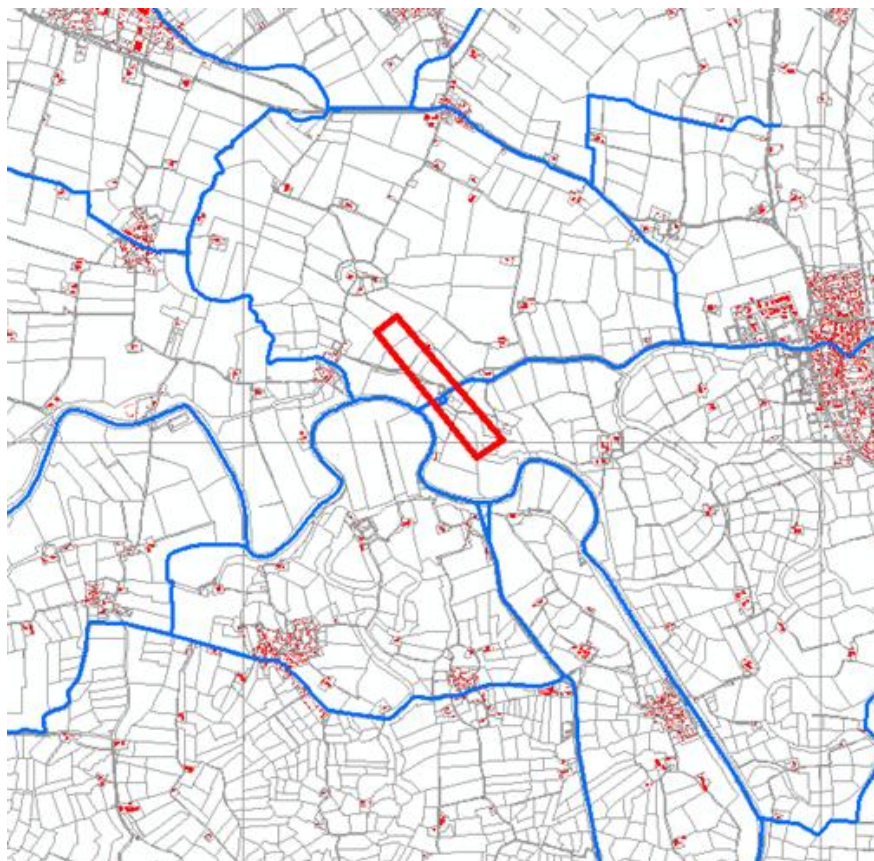
In Sluis Schouwerzijl moeten nieuwe deuren geplaatst worden. Breedte 4.5 m en 4.5 m hoog. Deze sluis heeft een cultuurhistorische status, dus de kosten voor renovatie worden hierdoor hoger.

Onderstaande tabel geeft de kosten weer van deze maatregel.

Post	Aantal		Kostprijs	Som
HD Louwes vergroten met 21,5 m <sup>3</sup> /s	21.5	m3	€ 400,000	€ 8,600,000
Vervangen sluisdeuren	4	St	€ 18,608	€ 74,432.00
Ontgraven, vervoeren en verwerken grond	38000	m3	€ 4	€ 139,840.00
Aankoop grond	2	Ha	€ 50,000	€ 100,000.00
	Som			€ 8,914,272
	Som inclusief toeslagpercentages			€ 18,500,000.00

## Bijlage 3.8 Vergroten gemaal 2e schil Schaphalsterzijl

Gemaal Schaphalsterzijl ontwatert de 2<sup>e</sup> schil. Dit gemaal wordt met 6,25 tot 9,5 m<sup>3</sup>/s vergroot in de maatregelenpakketten. De locatie staat weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 37: Locatie maatregel

Onderstaande tabel geeft de kosten weer van deze maatregel.

Post	Aantal	Kostprijs	Som
Vergroten gemaal 2e schil Schaphalsterzijl met 6,25m <sup>3</sup> /sec.	6.25	m <sup>3</sup> /s € 250,000	€ 1,562,500.00
Som			€ 1,562,500.00
Som inclusief toeslagpercentages			€ 3,500,000.00

Post	Aantal	Kostprijs	Som
Vergroten gemaal 2e schil Schaphalsterzijl met 9,5m <sup>3</sup> /sec.	9.5	m <sup>3</sup> /s € 250,000	€ 2,375,000.00
Som			€ 2,375,000.00
Som inclusief toeslagpercentages			€ 5,000,000.00

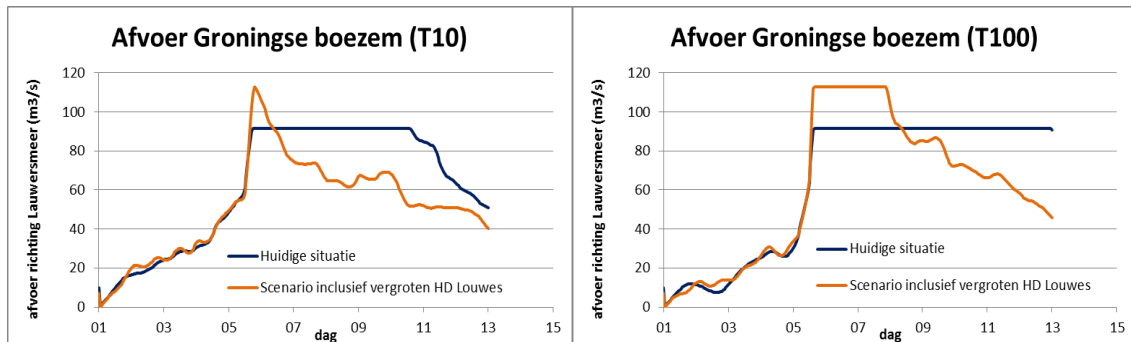


## Bijlage 4 Gevolgen Lauwersmeer

In de maatregelenstudie zijn maatregelen verkend in de Electra en Fiveringo boezem. Dit heeft geleid tot drie kansrijke maatregelenpakketten, waarbij in één pakket ook het vergroten van de capaciteit van HD Louwes is opgenomen. Een toename van de maximale afvoer richting het Lauwersmeer beïnvloedt de waterveiligheid op het Lauwersmeer (en eventuele noodzaak tot aanvullende maatregelen zoals een gemaal Lauwersoog). Het is belangrijk vast te stellen of de maatregelenpakketten, en in het bijzonder het vergroten van gemaal HD Louwes, significante effecten hebben op de waterhuishouding van het Lauwersmeer. Deze paragraaf beschrijft daarom de gevolgen van het vergroten van gemaal HD Louwes op de afvoer en waterstanden op het Lauwersmeer.

### Afvoer richting het Lauwersmeer

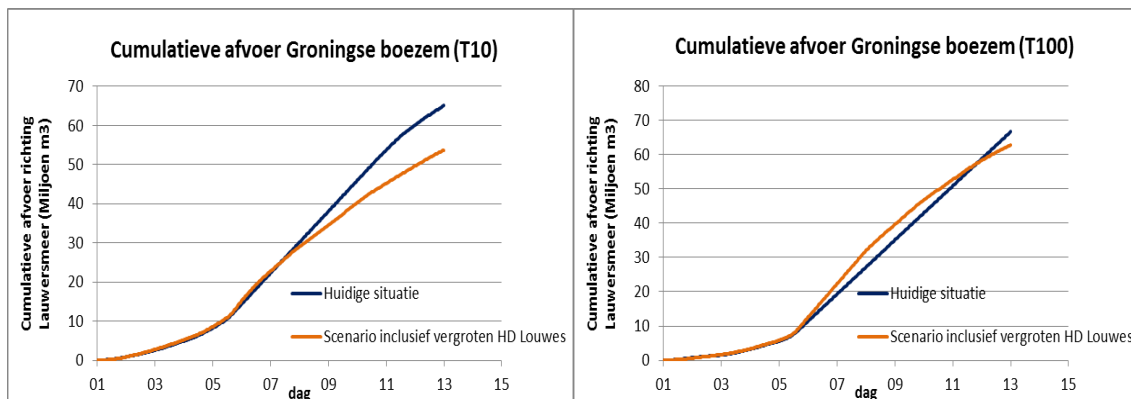
De maximale afvoer vanuit de Groningse boezem neemt, als gevolg van het vergroten van HD Louwes, toe van 91,5 m<sup>3</sup>/s naar 113 m<sup>3</sup>/s; een toename van 21,5 m<sup>3</sup>/s. Deze extra capaciteit wordt alleen bij een T100 afvoergebeurtenis gedurende langere tijd gebruikt (zie figuur 38).



Figuur 38: Wijziging in afvoer richting Lauwersmeer als gevolg van maatregelen inclusief vergroten HD Louwes

### Totale afvoer Groningse boezem bij hevige neerslag

Omdat de veerkracht in het systeem vergroot wordt, door de aanleg van berging en het vasthouden van water, wordt de totale afvoer naar het Lauwersmeer gedurende afvoergebeurtenis die eens per 10 jaar voorkomt kleiner (zie figuur 39). Bij een nog extremere afvoergebeurtenis (eens in de 100 jaar), wordt tot 4 miljoen m<sup>3</sup> meer aangevoerd.



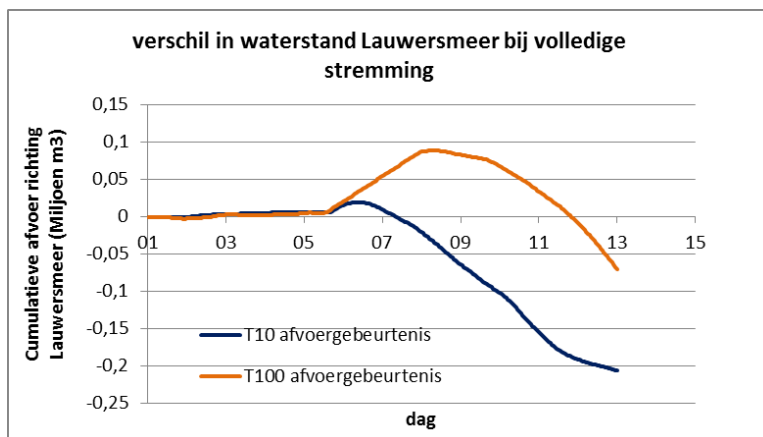
Figuur 39: Wijziging in cumulatieve afvoer als gevolg van maatregelen inclusief vergroten HD Louwes

### Effect op de maximale waterstanden in het Lauwersmeer

Bij een afvoergebeurtenis met een herhalingsstijd van eens per 10 jaar neemt de waterstand in het Lauwersmeer gedurende 1 dag toe met een maximum van 2 cm (zie figuur 40). Deze toename treedt echter alleen op indien gedurende dezelfde periode geen mogelijkheid tot spuien is. De kans op deze combinatie van gebeurtenissen is orde grootte eens per 1.000 jaar.

Bij een afvoergebeurtenis met een herhalingsstijd van eens per 100 jaar neemt de waterstand in het Lauwersmeer gedurende 6 dagen toe met een maximum van 9 cm. Dit is echter alleen het geval indien gedurende dezelfde periode het systeem geen afvoercapaciteit heeft. De kans op deze combinatie van gebeurtenissen is orde grootte eens per 10.000 jaar.

Bij minder extreme afvoergebeurtenissen, of met een volledige of beperkte spuicapaciteit, is de toename van de maximale waterstand verwaarloosbaar.



Figuur 40: Verschil in waterstand op het Lauwersmeer als gevolg van de maatregelenpakketten

### Conclusie

Het maatregelenpakket voor de Groningse boezem inclusief het vergroten van gemaal HD Louwes heeft geen significant effect op de piekwaterstanden in het Lauwersmeer. Bij afvoergebeurtenissen met een herhalingsstijd kleiner dan 10 jaar wordt de totale afvoer richting het Lauwersmeer zelf kleiner als gevolg van het realiseren van waterberging en het vasthouden van water in de Groningse boezem. Bij meer extreme afvoergebeurtenissen, in combinatie met meerdere dagen geen spuimogelijkheid, resulteert de extra capaciteit van HD Louwes in een kleine verhoging van de piekwaterstanden op het Lauwersmeer. De verhoging is beperkt (minder dan 10 cm) en de kans op een dergelijke combinatie van gebeurtenissen is zeer klein (orde grootte eens in de 10.000 jaar).

## Bijlage 5 Economische paragraaf

In het kader van de maatregelenstudie Droge voeten is een economische analyse uitgevoerd. Deze analyse vergelijkt de maatregelenpakketten en veiligheidsniveau's met behulp van Netto Contante Waarde methode, waarbij rekening gehouden wordt met de investeringstermijn, de levensduur, de kosten van beheer en onderhoud en de financieringslast. Deze bijlage bevat de volledige economische paragraaf.

### Probleemanalyse

De effecten van klimaatverandering vergroten in het beheersgebied van waterschap Noorderzijlvest de kans op extreme natte en droge perioden, een stijgende zeespiegel en neerslag gebeurtenissen met een hogere (meer extreme) intensiteit. Daarnaast zijn in het gebied de effecten van de bodemdaling als gevolg van gaswinning negatief voor het watersysteem en dus voor de veiligheid.

Het project Droge Voeten 2050 richt zich op:

- Het opstellen van maatregelen om in 2025 aan de dan geldende veiligheidsnormen te hebben voldaan - aangenomen dat de verwachte klimaat-wijzigingen tot 2025 hebben plaatsgevonden;
- Het aantonen dat deze 'no regret' zijn voor de te treffen maatregelen om de veiligheidssituatie in 2050 gerealiseerd te hebben.

Waterschap Noorderzijlvest is penvoerder namens een breder samenwerkingsverband met de provincies Groningen en Drenthe en het Wetterskip Fryslân.

In het afgelopen decennium hebben de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's naar aanleiding van de ernstige wateroverlast in 1998 een groot aantal maatregelen in het boezemgebied genomen om de veiligheid van het boezemsysteem te waarborgen. Een quickscan heeft aangegeven, dat er extra en/of nieuwe maatregelen nodig zijn om het huidige en toekomstige veiligheidsniveau te handhaven (2025 en 2050). Recentere gebeurtenissen met veel neerslag hebben ook bij het publiek het bewustzijn hierover vergroot.

De opgave is tweeledig; het vaststellen van het gewenste veiligheidsniveau (zoals hierboven beschreven) en het halen van dit niveau door het treffen van maatregelen waarvoor voldoende draagvlak bestaat onder de stakeholders in het gebied. Niet alleen onder de direct betrokken stakeholders, maar ook zoveel mogelijk onder de overige partijen in het gebied. Met daarbij de aantekening dat de realisatie van de maatregelen niet tegen iedere prijs mag worden uitgevoerd.

### Uitgangspunten economische analyse

In deze analyse zijn de effecten van de projectvarianten in het waterschap Noorderzijlvest in beeld gebracht. Het ruimtelijk schaalniveau van deze analyse is daarom lokaal.

Het basisjaar in deze analyse is 2016. Dit is het jaar waarnaar alle kosten en baten worden teruggerekend. Verondersteld wordt dat de investeringen in 2016 starten. De analyseperiode beslaat 100 jaar.

De OEI-Leidraad schrijft voor dat voor het merendeel van de projecteffecten een risicovrije discontovoet van 2,5% wordt gehanteerd met daarbovenop een projectspecifieke risico-opslag. In de praktijk is gebleken dat het bepalen van een projectspecifieke risico-opslag lastig is. Hierdoor wordt in KBA's vrijwel altijd gekozen voor de standaardwaarde van 3% voor de risico-opslag. In deze economische analyse worden alle kosten en baten met een discontovoet van 5,5 procent (2,5 procent plus 3 procent risicopremie) verdisconteerd.

### Alternatieven

Op basis van stakeholdersessies, de uitgevoerde hydraulische berekeningen en calculaties heeft de projectgroep Droge Voeten 2050 een keuze gemaakt voor de samenstelling van maatregelenpakketten. Bij die keuze is bepaald, dat ieder pakket moet zijn opgebouwd uit kansrijke en robuuste maatregelen, invulling moet geven aan een watersysteem dat tot 2025 op orde is, en dat een stevig fundament vormt voor de toekomst.

Dit heeft geresulteerd in 3 kansrijke pakketten:

- geen maatregelen uitvoeren, maar zorgen dat de kades op orde komen (alternatief 0);
- een basispakket met kosteneffectieve maatregelen:
  - met een variant voor natuur (alternatief A);
  - met een variant voor landbouw (alternatief B);
- een basispakket met meest aantrekkelijke afvoermogelijkheid (alternatief C).

Bij het samenstellen van deze pakketten zijn naast de kosteneffectiviteit, ook de ervaringen en bevindingen meegenomen qua:

- draagvlak bij stakeholders (vanuit de verschillende stakeholdersessies);
- koppeling met de realisatie van andere maatschappelijke doelstellingen (natuur, landschap/inrichting);
- termijn van realiseerbaarheid (korte termijn) en effectiviteit van individuele maatregelen als onderdeel van het totaalpakket.

In deze pakketten zijn ook de resterende kosten voor kadeverhoging meegenomen. Voor de pakketten is bepaald hoeveel investeringen in kadeverhoging noodzakelijk zijn om:

- a) het huidige veiligheidsniveau van 1:100 incl. 50 cm waakhoogte te realiseren;
- b) het huidige veiligheidsniveau van 1:100 incl. 30 cm waakhoogte te realiseren;
- c) het gedifferentieerde IPO veiligheidsniveau incl. 30 cm waakhoogte te realiseren.

Variant	Alternatief			
	0	A	B	C
T=100 + waakhoogte 50 cm	0.1	A.1	B.1	C.1
T=100 + waakhoogte 30 cm	0.2	A.2	B.2	C.2
IPO-norm + waakhoogte 30 cm	0.3	A.3	B.3	C.3

Tabel 15: Afkortingen alternatieven met bijbehorende veiligheidsniveaus

### Kosten

De kosten in de analyse bestaan uit eenmalige kosten (investering) en jaarlijkse kosten (beheer en onderhoud). Beide kostensoorten worden hier toegelicht.

### Investerings

ARCADIS heeft per scenario een deterministische investeringsraming gemaakt. Deze raming heeft een nauwkeurigheid van 30%. Bij het opstellen van de kostenraming is zoveel als mogelijk de 'Standaardsystematiek voor kostenramingen 2010', ook wel SSK 2010, gevolgd. In de raming zijn kosten opgenomen voor kadeverhogingen en watersysteemmaatregelen. Middels een risicoregister zijn risico's gekwantificeerd en in kosten uitgedrukt. Er is hierbij rekening gehouden met het verschil van impact van de risico's op de verschillende varianten.

De bouwtijd is per alternatief gelijk, vier jaar. Uitgangspunt is dat in 2016 gestart wordt met de uitvoering. De kosten zijn niet evenredig over de bouwtijd verspreid. In alle projectvarianten is verondersteld dat er in het eerste en laatste jaar 20% wordt geïnvesteerd, en in het tweede en derde jaar 30%. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de totale investeringskosten per scenario weer.

	Investeringskosten	Bouwtijd (in jaren)
0.1	€ 70,0	4,0
0.2	€ 50,0	4,0
0.3	€ 30,0	4,0
A.1	€ 48,4	4,0
A.2	€ 23,1	4,0
A.3	€ 15,3	4,0
B.1	€ 53,8	4,0
B.2	€ 26,5	4,0
B.3	€ 14,1	4,0
C.1	€ 46,8	4,0
C.2	€ 35,6	4,0
C.2	€ 35,6	4,0

Tabel 16: Overzicht van investeringskosten (x € 1 mln) van de projectvarianten.

#### **Kosten beheer & onderhoud**

Door het project wordt het bestaande watersysteem gewijzigd. Hierdoor wijzigen de kosten voor beheer en onderhoud mogelijk ook. Er is onderscheid gemaakt tussen de kosten voor kadeverhoging, gemalen, aanpassingen watergangen en kunstwerken en kosten voor bergingsgebieden. Hierbij is uitgegaan van de volgende variabele kosten als percentage van de investeringen:

*Kadeverhogingen: 0%.* Ervan uitgaand dat ook in de huidige situatie kaden en oevervoorzieningen onderhouden moeten worden; uiteraard worden er plaatselijk ook nieuwe stukjes kade en oevervoorzieningen aangelegd, maar zij maken een beperkt deel uit van het totale pakket.

*Gemalen: 2%.* Dit betreft grotendeels onderhoud, bedieningen en energiekosten.

*Bergingsgebieden en kosten aanpassingen watergangen en kunstwerken: 1%.*

Dit is een mengpost waar veelsoortige elementen inzitten.

De extra additionele kosten, zoals schade als gevolg van inzet in bergingsgebieden, is vanwege de lage frequentie marginaal. Scenario 0, waarbij geen maatregelen worden uitgevoerd maar waar wordt gezorgd dat de kades op orde komen, bevat geen kosten voor beheer en onderhoud. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de jaarlijkse kosten voor het beheer en onderhoud van de verschillende projectvarianten.

Scenario	Kosten beheer en onderhoud
0	€ 0
A	€ 105.000
B	€ 135.000
C	€ 455.000

Tabel 17: Jaarlijkse kosten beheer en onderhoud

### **Vermeden schades**

Met de implementatie van de projectvarianten worden toekomstige schades, als gevolg van hoge waterstanden, vermeden. In potentie bedraagt de schade € 100 miljoen bij een 'eens in de 200 jaar' gebeurtenis. De potentiële schade bij een 'één keer in de 100 jaar' gebeurtenis bedraagt ongeveer €80 miljoen. Ter illustratie, als gevolg van de wateroverlast in 1998 werd de schade geschat op €50 tot 80 miljoen. Schade indicaties zijn gebaseerd op economische waarde van gebieden die kunnen inunderen. Vermeden schades zijn niet onderscheidend van elkaar in de verschillende projectvarianten. Er zijn ten aanzien van vermeden schades daarom geen baten in de analyse opgenomen.

### **Toekomstbestendigheid**

De basispakketten met kosteneffectieve maatregelen, zowel de varianten natuur als landbouw, hebben een relatief lage toekomstbestendigheid. Uitbreidingsmogelijkheden van beide varianten zijn, na implementatie van de maatregelen, zeer beperkt.

De projectvariant waarbij een afvoergemaal geplaatst wordt, heeft wel overdimensionering. De capaciteit van het gemaal na de investering is dusdanig groot dat er sprake is van overcapaciteit. Als gevolg hiervan blijft er in de toekomst genoeg ruimte om de bemalingscapaciteit te verhogen bij eventuele veranderingen in waterstanden. Daarnaast behoeft deze projectvariant minder investeringen in kadeverhoging.

Hiertegenover staan wel de extra investeringskosten en jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud.

### **Vermeden investeringen**

Het gemaal HD Louwes behoeft vervangingen en onderhoud. Er is behoefte om de oude dieselmotoren met € 150.000 kostende reserve-onderdelen op te knappen en/of de dieselmotoren te vervangen door elektromotoren zodat het gemaal automatisch bestuurd/bediend kan worden. Daarnaast ligt het vraagstuk of HD Louwes na 2025 vergroot moet gaan worden. Met een investering in een nieuw gemaal, scenario C, worden deze investeringen vermeden.

Verder zinspeelt de provincie Groningen (en het waterschap) op de aanleg van een schutsluis. Dit heeft tot gevolg dat het gemaal HD Louwes tegelijkertijd visvriendelijk dient te worden. Om dit te kunnen bewerkstelligen dienen additionele investeringen te worden gedaan.

Alternatief A is gericht om berging te realiseren in EHS/natuurgebied. Realisering natuurgebied en realisering berging zijn in principe twee afzonderlijke projecten. Door deze te combineren zijn kostenbesparingen haalbaar (aanneming, aanbesteding, et cetera). De kosten van grondverwerving in EHS-gebied zijn niet meegenomen in de ramingen voor waterberging.

Vermeden investeringen zijn niet gekwantificeerd in deze analyse en worden daarom niet als baten opgenomen in de bovengenoemde baten besparing.

### **Resultaten economische analyse**

In de onderstaande tabellen staan de resultaten van de economische analyse. Deze resultaten betreffen de verschillende varianten binnen de gestelde scenario's. In de tabel zijn de contante waarden van de investeringen en beheer en onderhoud opgenomen. Over een periode van 100 jaar zijn hiertoe de effecten uitgezet en verdisconteerd met een discontovoet van 5.5%. Tevens is de Netto Contante Waarde opgenomen, deze betreft het saldo van de kosten en de baten.

	0.1	0.2	0.3	A.1	A.2	A.3
Investerings	€ 61,3	€ 43,8	€ 26,3	€ 42,4	€ 20,3	€ 13,4
Beheer en onderhoud	€ -	€ -	€ -	€ 1,5	€ 1,5	€ 1,5
<b>Totaal kosten</b>	€ 61,3	€ 43,8	€ 26,3	€ 43,9	€ 21,8	€ 14,9
<b>Totaal baten</b>	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
<b>NCW</b>	€ -61,3	€ -43,8	€ -26,3	€ -43,9	€ -21,8	€ -14,9

Tabel 18: NCW projectvarianten ( x € 1 mln)

	B.1	B.2	B.3	C.1	C.2	C.3
Investerings	€ 47,1	€ 23,2	€ 12,4	€ 41,0	€ 31,2	€ 31,2
Beheer en onderhoud	€ 2,0	€ 2,0	€ 2,0	€ 7,4	€ 7,4	€ 7,4
<b>Totaal kosten</b>	€ 49,1	€ 25,2	€ 14,4	€ 48,4	€ 38,6	€ 38,6
<b>Totaal baten</b>	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
<b>NCW</b>	€ -49,1	€ -25,2	€ -14,4	€ -48,4	€ -38,6	€ -38,6

Tabel 19: NCW projectvarianten ( x € 1 mln)

Voor alle projectvarianten geldt dat de NCW negatief is, er zijn immers geen baten opgenomen in de KBA. In alle projectvarianten heeft scenario B, het basispakket met kosteneffectieve maatregelen met een variant voor natuur (Variant A), de minst negatieve NCW. De NCW neemt af bij een verlaging van de waakhoogte en/of invoering van IPO-norm.

### Gevoeligheidsanalyse

Voor het bepalen van het resultaat van de KBA van de verschillende projectvarianten is het noodzakelijk om verschillende aannames te doen. Deze hebben invloed op de uitkomsten. Met behulp van verschillende gevoeligheidsanalyses wordt inzicht verkregen in de omvang van deze invloed. De verschillende gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd:

- Hanteren van een discontovoet van 4% en 7% in plaats van 5,5%.
- Het effect op het resultaat wanneer de investeringskosten 25% hoger of lager uitvallen (standaard percentage volgens de OEI-leidraad).

#### Resultaat aanpassing discontovoet

De discontovoet die in de basisanalyse wordt gebruikt is 5,5%. Deze is opgebouwd uit een discontovoet van 2,5%, voorgeschreven door de OEI-leidraad, plus een risicotoeslag van 3%. Het effect van een hogere of lagere discontovoet is, gezien de lange periode waarin de kosten optreden, groot. In de onderstaande tabellen zijn de resultaten van de analyse weergegeven indien een discontovoet van respectievelijk 5,5%, 4,0% en 7,0% wordt toegepast.

	NCW-saldo bij discontovoet 5,5%	NCW-saldo bij discontovoet 4,0%	NCW-saldo bij discontovoet 7,0%
0.1	€ -61,3	€ -63,5	€ -59,2
0.2	€ -43,8	€ -45,4	€ -42,3
0.3	€ -26,3	€ -27,2	€ -25,4
A.1	€ -43,9	€ -46,1	€ -42,1
A.2	€ -21,8	€ -23,2	€ -20,7
A.3	€ -14,9	€ -16,1	€ -14,1
B.1	€ -50,0	€ -51,6	€ -47,0
B.2	€ -25,2	€ -26,9	€ -23,9
B.3	€ -14,4	€ -15,6	€ -13,4
C.1	€ -48,4	€ -53,0	€ -45,1
C.2	€ -38,6	€ -42,9	€ -35,6
C.3	€ -38,6	€ -42,9	€ -35,6

Tabel 20: NCW projectvarianten aanpassing discontovoet (x € 1 mln)

Resultaat aanpassing investeringskosten:

Het effect van hogere of lagere investeringskosten is weergegeven in onderstaande tabel

	NCW-saldo gegeven investering	NCW-saldo bij 25% hogere investering	NCW-saldo 25% lagere investering
0.1	€ -61,3	€ -76,7	€ -46,0
0.2	€ -43,8	€ -54,8	€ -32,9
0.3	€ -26,3	€ -32,9	€ -19,7
A.1	€ -43,9	€ -54,5	€ -33,3
A.2	€ -21,8	€ -26,9	€ -16,7
A.3	€ -14,9	€ -18,3	€ -11,6
B.1	€ -50,0	€ -60,8	€ -37,3
B.2	€ -25,2	€ -31,0	€ -19,4
B.3	€ -14,4	€ -17,4	€ -11,3
C.1	€ -48,4	€ -58,6	€ -38,1
C.2	€ -38,6	€ -46,4	€ -30,7
C.3	€ -38,6	€ -46,4	€ -30,7

Tabel 21: NCW projectvarianten aanpassingen investeringskosten (x € 1 mln)

## Conclusie

Concluderend kan gesteld worden dat:

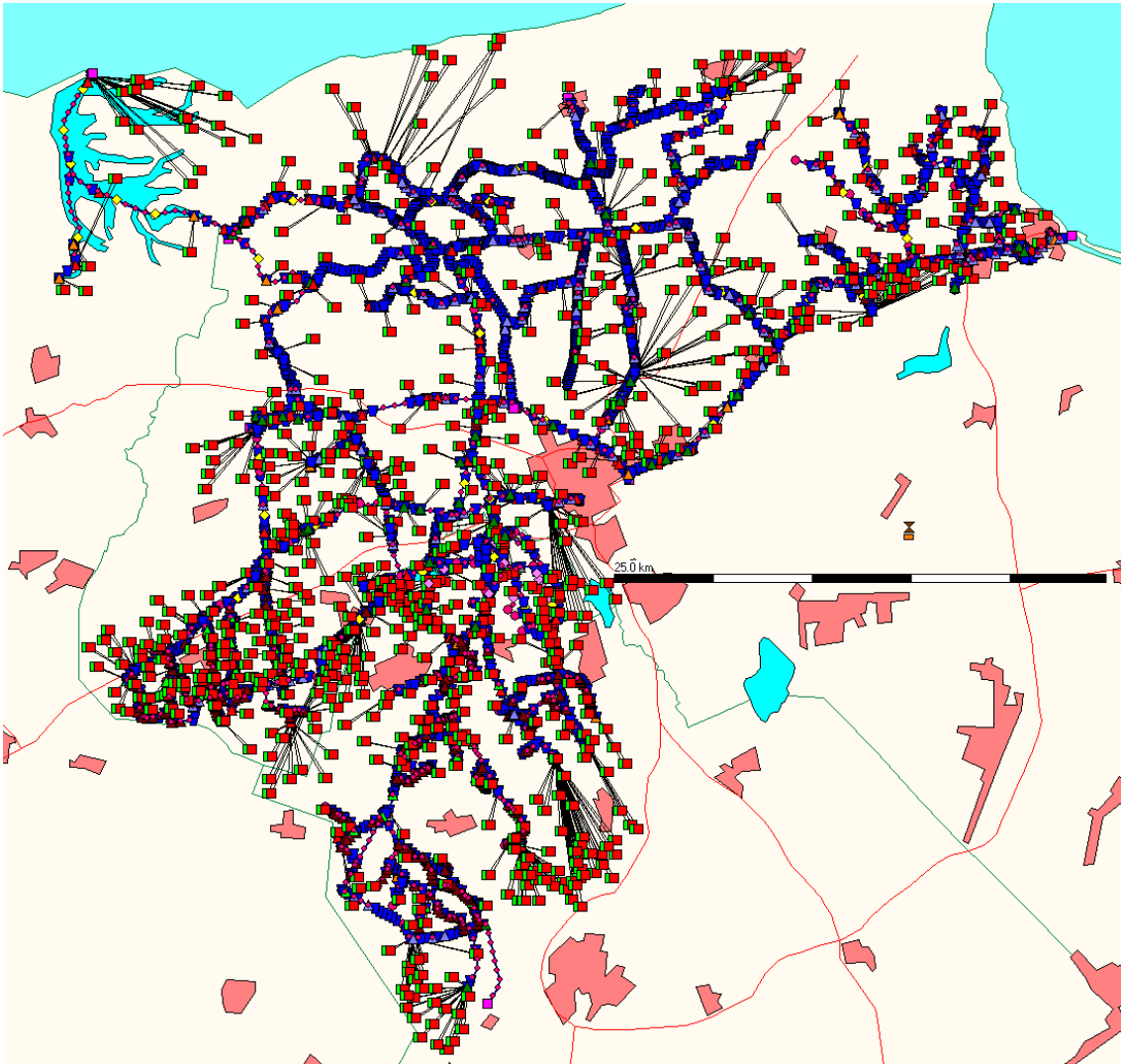
- het scenario waarbij alleen kadeverhogingen gerealiseerd zullen worden in het beheersgebied van het waterschap is t.o.v. de verschillende pakketten de grootste investering gemoeid;
- de totale investering van de overige 3 pakketten incl. kadeverhoging verschillen niet sterk van elkaar, het pakket met de variant natuur vergt de laagste investering;
- het hanteren van de IPO normering en een waakhogte van 30 cm geeft de laagste investering;
- de kosten voor een veiligheidsniveau van T100 en een waakhogte van 50 cm, zijn fors meer dan een situatie van T100 met een waakhogte van 30 cm;
- de kosten voor de variant 'natuur' en 'landbouw' zijn niet sterk verschillend, beide varianten komen qua kosteninvestering als laagste naar voren;
- de NCW van variant A levert in alle projectvarianten de minst negatieve NCW op.

Op basis van bovenstaande feiten is het pakket met de variant natuur het meest aantrekkelijk.



## Bijlage 6 Hydrologie & Modelling

Als basis voor de modellering is de modelschematisatie van waterschap Noorderzijlvest van 22 juli 2013 gebruikt, getiteld COMBIMODEL\_2015 v20130722 (Ref 15). In deze modelschematisatie is de recentelijk aangelegde waterberging rond Eelder- en Peizermaden verwerkt, en zijn de modeluitkomsten gekalibreerd aan de hevige neerslaggebeurtenis van januari 2012.



Figuur 41: Modelschematisatie Noorderzijlvest

In deze modelschematisatie zijn de verschillende maatregelen geïmplementeerd om het effect ervan op hoogwaterstanden te onderzoeken. Bij het doorrekenen van individuele maatregelen werd gebruikgemaakt van losse neerslaggebeurtenissen die we representatief achtten voor gebeurtenissen op de boezem met herhalingsstijden van eens per 10, 25, 50 en 100 jaar respectievelijk.

Bij het doorrekenen van de totaalpakketten met maatregelen (A, B en C) is de modelschematisatie geheel stochastisch doorgerekend; dat wil zeggen dat een groot aantal combinaties van neerslagvolumes, neerslagpatronen en begintoestanden aan het model is opgedrukt:

- Onderscheid winter/zomerhalfjaar.
- 8 neerslagvolumes, met herhalings tijden van 0,2, 1, 5, 10, 25, 50 100 en 200 jaar.
- 3 neerslagpatronen: Uniform, MiddellLaag en Hoog.
- 4 initiële grondwaterklassen; elk met een kans van 0.25.

Gegeven de systeemwerking, de grootte van het gebied en de trage reactietijd van het watersysteem op neerslag werd een neerslagduur van 216 uur toegepast.

De bovenstaande combinatie van grootheden leidt tot een totaal van  $2 \times 8 \times 3 \times 4 = 192$  berekeningen per hoogwateranalyse. Voor de huidige situatie plus een drietal maatregelenpakketten komt dit op een totaal van 768 berekeningen.

De initiële grondwaterstanden werden berekend door vijf jaren door te rekenen met de neerslag-afvoercomponent. Uit de etmaalgemiddelde grondwaterstanden werd vervolgens voor ieder halfjaar een klasse-indeling afgeleid met representatieve grondwaterstanden elk van de vier klassen:

- 12.5-percentiel als representatief voor grondwaterstanden die tot 25% van de tijd worden onderschreden;
- 37.5-percentiel als representatief voor grondwaterstanden die tussen 25 en 50 % van de tijd worden onderschreden;
- 62.5-percentiel als representatief voor grondwaterstanden die tussen 50 en 75% van de tijd worden onderschreden;
- 87.5-percentiel als representatief voor grondwaterstanden die tussen de 75 en 100% van de tijd worden onderschreden.

### **Logboek**

Van de modellering is verder een logboek bijgehouden. Dit logboek is te vinden in bijlage 7.

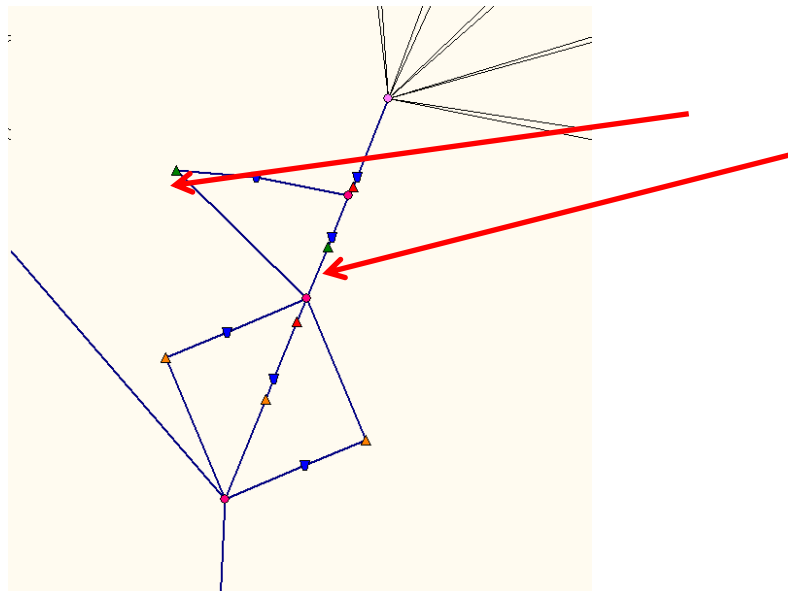
## Bijlage 7

# Logboek modellering

Datum: 28-4-2014  
Doel: Dit logboek beschrijft de keuzes in de Sobek-modellering van de maatregelen voor de "Droge Voeten 2050" studie.  
Opdrachtgever: Waterschap Noorderzijlvest

Scenario: 0- scenario (Referentie)  
Klimaat: Huidig  
Sobekmap: NZV1408.lit  
Case: 20140214\_SCRef\_T100  
Omschrijving: Dit is het referentiescenario waarin niks aan het model is gewijzigd. Deze case vormt de basis voor het opzetten van de volledige stochasten-analyse, welke staan weergegeven in de map "NZV\_REF.lit"  
Maatregelen: N.v.t.  
Initialisatie voor stochasten-sommen: Voor alle stochastensommen geldt dat deze starten met een Restart File voor Channel Flow. Deze Restart File wordt gecreerd door het model door te rekenen met de bui "Winter" (NZV1408.lit/bui/Winter).

Scenario: A1 (wordt in het rapport ook wel pakket A genoemd)  
Klimaat: Huidig  
Sobekmap: NZV1408.lit  
Case: 20140214\_SCA1\_T100\_Levering\_Siebe  
Omschrijving: Deze case vormt de basis voor het opzetten van de volledige stochasten-analyse, welke staan weergegeven in de map "modellen \ NZV\_SCA1.lit"  
Maatregelen: x Maalstop  
De maalstop wordt aangestuurd via 2 orrifices per bemalen gebied, zoals weergegeven in onderstaande figuur.

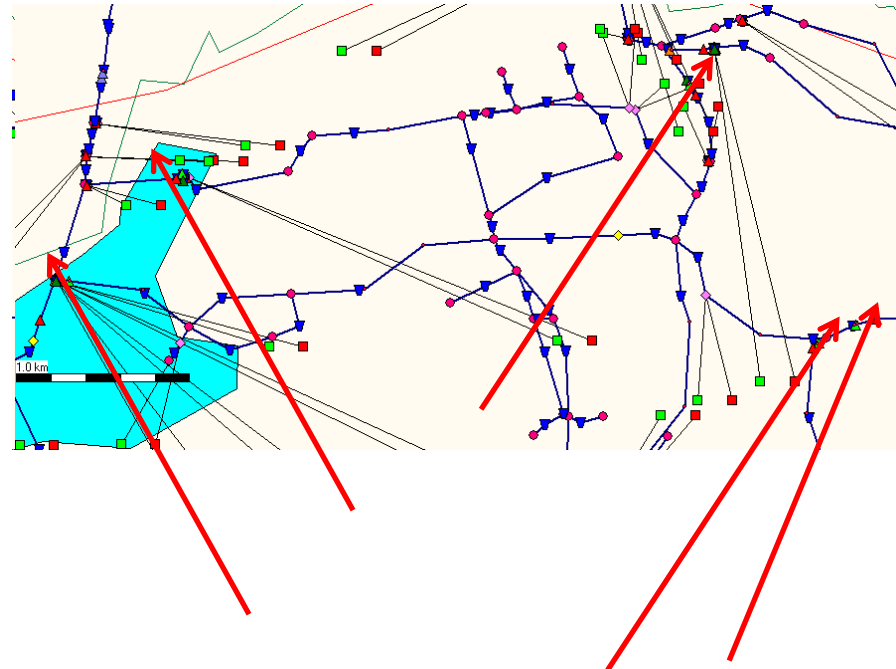


Treedt in werking zodra een bepaald peil in de boezem wordt bereikt, dit peil is verschillend per schil en resulteert erin dat de afvoer wordt afgeknepen naar het poldergemaal. Hierdoor wordt aanvoer op de boezem geknepen. De maalstop treedt in werking zodra de boezem 20 cm onder het maximale peil staat. Dit resulteert in het maximale effect.

Zodra 10% van het laagste maaiveld in de polder onder water staat gaat de 2e orifice open en kan er weer water naar het poldergemaal stromen. Dit is dus de limiet aan de maalstop.

x Slimmer sturen Eelder- en Peizermeden

Voor deze maatregel worden 5 stuwen aangepast.



Stuw ID "298" wordt dichtgezet

Stuw ID "KST0602" wordt geautomatiseerd en gaat strakker sturen op streefpeil (door minder hoge waterstanden bij aanvang van heftige afvoerpieken, kunnen hierdoor meer m<sup>3</sup>'s geborgen worden.

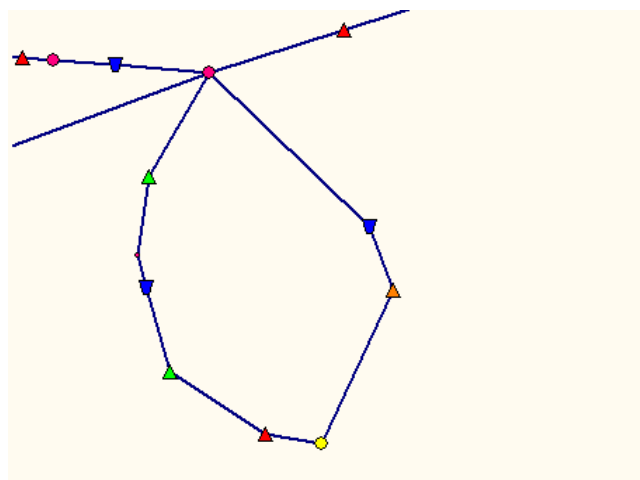
Stuw ID "pz\_320" wordt geautomatiseerd en gaat strakker sturen op streefpeil. Zelfde reden als bovenstaande stuw

Stuw ID "pz\_howastuePeizedpOost" gaat strakker sturen op streefpeil en bij hoge waterstanden wordt deze stuw afgesloten (door kunstwerk ID "1383"), zodra het peil - 0.75 m NAP overschrijdt.

Bij hevige afvoerpieken gaat stuw ID "KST0605" het peil in Eelder-Peizermeden sturen. Zodra een T100 situatie wordt verwacht gaat deze stuw omhoog om meer water vast te houden in Eelder-Peizermeden. Om wateroverlast te voorkomen wordt weer water over deze stuw gelaten zodra het peil 0.15 m NAP overschrijdt. De kunstwerken met ID's "1385" en "1386" ondersteunen deze stuw met regelen van het peil

x Waterberging EHS de Dijken

Onderstaande figuur toont de schematisatie van dit bergingsgebied



Stuw ID "1359" laat water in het bergingsgebied zodra een bepaald peil wordt overschreden

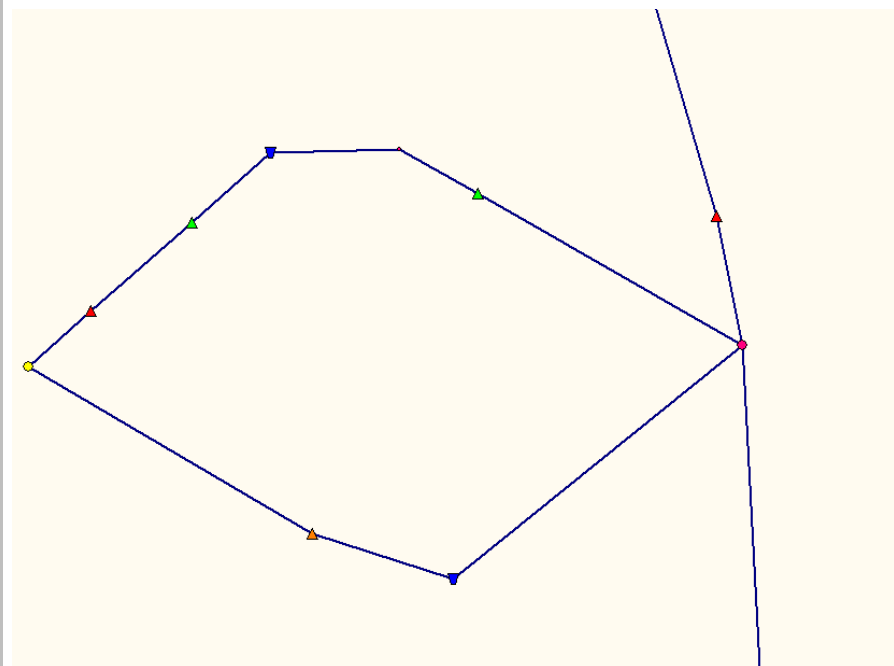
Stuw ID "1360" voorkomt dat het peil in het bergingsgebied niet te hoog komt. Anders gaan daar de kades overstromen.

ID "1356" bevat een S-curve met het maaiveldverloop van het bergingsgebied. Het bestand "Shapes\DeDijken\_en\_Bakkerom.shp" bevat de grenzen van dit gebied voor het bepalen van de S-curve

Gemaal ID "1361" hanteert een peil voor S-curve, dit is hoger dan het streefpeil omdat dit het T100 peil is wat optreedt in de T100 som (anders zou de berging overschat worden).

#### x Waterberging EHS Driepolders

Onderstaande figuur toont de schematisatie van de berging in Driepolders

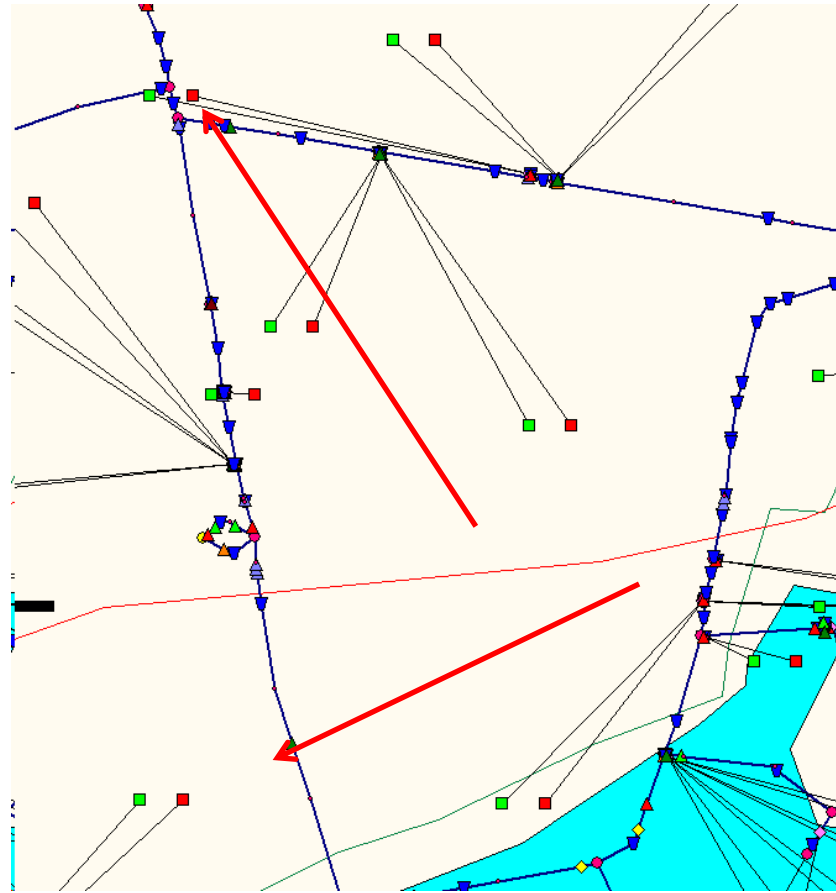


De schematisatie is hetzelfde als voor EHS de dijken. Dus een inlaatstuw (ID "1368"), stuw die peil stuurt in de polder (ID "1369"), gemaal die een peil in de S-curve hanteert (ID "1370").

De S-curve is afgeleid op basis van het bestand "shapes\EHSDriepolders.shp"

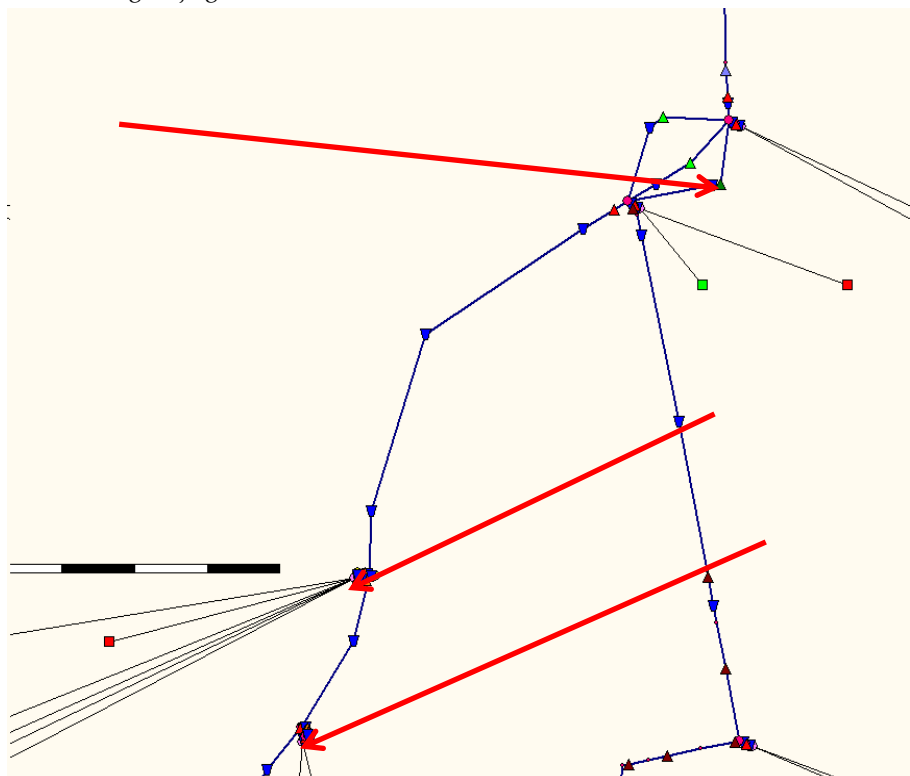
#### x Compartimenteren

Voor de EHS bergingsgebieden De Dijken Bakkerom en Driepolders geldt dat deze water aantrekken vanuit het Leekstermeer. Om dit te voorkomen wordt op 2 punten de boezem gecompartmenteerd. Dat wil zeggen, bij extreme afvoergebeurtenissen wordt de afvoer afgesloten.



De kunstwerken ID "1396" en ID "1353" compartimenteren de boezem

- x Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep
- Onderstaande figuur toont de schematisatie van de maatregel. Op drie punten is het model hier gewijzigd.



Stuw ID "1379" gaat omhoog zodra het peil in de derde schil omhoog komt en houdt hiermee water vast in het beekdal van het Dwarsdiep.

Stuw ID "1380" voorkomt dat het peil niet te hoog komt en gaat overstromen zodra dit gebeurt.

Orrifice "1378" is alleen relevant voor het maken van de Restart Files.

De polders Oude Riet en Wemerpolder liggen in de huidige situatie achter kades. In de toekomst worden de huidige kades afgegraven en wordt een deel in open verbinding gesteld met de boezem. Dit creëert berging. Het bestand "shapes\KnijpenAfvoerDwarsdiep(minimum\_variant).shp" toont de ligging van de nieuwe begrenzing.

Modeltechnisch betekent dit de stuw ID "NoodbergingOudeRiet" helemaal open wordt gezet zodat een open verbinding ontstaat.

De modellering van de Wemerpolder is complexer, deze wordt namelijk slechts deels in open verbinding gesteld met de boezem ivm de aanwezige bebouwing. De eerste stap is dat we de bestaande S-curve van de polder verwijderd hebben (ID "pUpKGM036") en hier een nieuwe (kleinere) S-curve voor in de plaats hebben toegevoegd ID "1394". Het stuk wat aan de boezem is gekoppeld is ondergebracht in de S-curve in Id "1393").

- x Vergroten Schaphalsterzijl  
Gemaal Schaphalsterzijl (ID "ELC\_KGM155") vergroot met 6.25 m3/s.

Scenario:	A2 (wordt in het rapport ook wel Pakket B genoemd)
Klimaat:	Huidig
Sobekmap:	NZV1408.lit
Case:	20140214_SCA2_T100_Levering_Siebe
Omschrijving:	Deze case vormt de basis voor het opzetten van de volledige stochasten-analyse, welke staan weergegeven in de map "modellen\NZV_SCA2.lit"
Maatregelen:	x Maalstop Zie toelichting bij Scenario A1

Opmerking: Een aantal maatregelen worden herhaald in de scenario's, waar dit plaats vindt verwijzen we naar de plek waar dit eerder staat beschreven. Het kan hierbij wel voorkomen dat de ID's zijn gewijzigd.

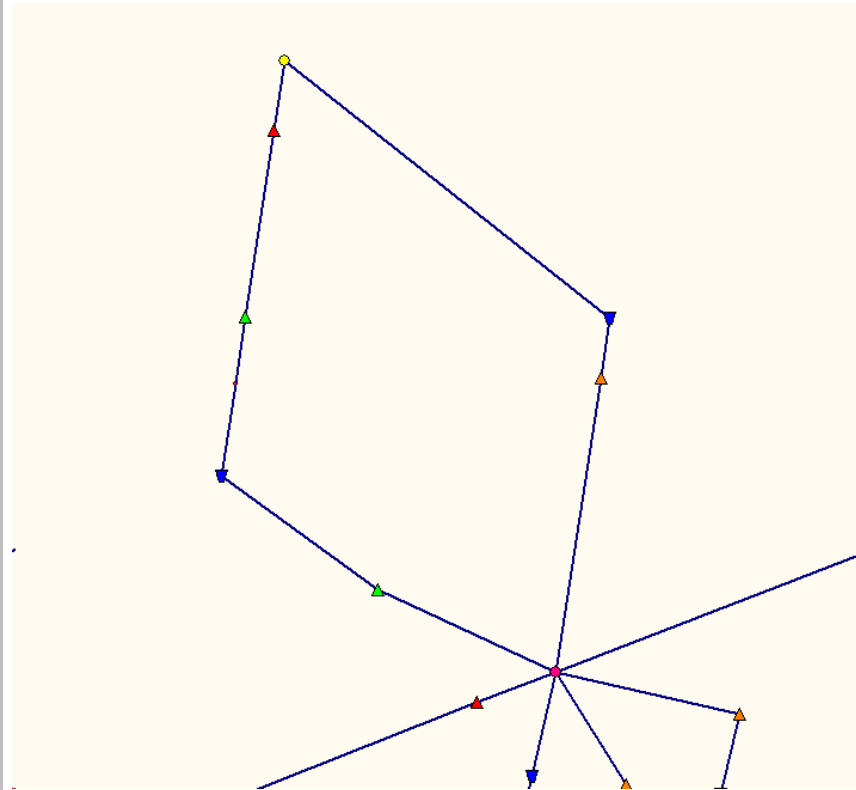
- x Slimmer sturen Eelder- en Peizermaden  
Zie toelichting bij Scenario A1
- x Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep



Zie toelichting bij Scenario A1

x Vergroten Schaphalsterzijl  
Zie toelichting bij Scenario A1

x Waterberging Tolbertpetten  
Onderstaande figuur toont de schematisatie van deze waterberging



Stuw ID "1359" laat water in het bergingsgebied zodra het boezempeil extreem hoog komt.

Stuw ID "1360" voorkomt dat het peil in de polder te hoog komt.

ID "1356" bevat de S-curve van dit gebied. De begrenzing staat weergegeven in het bestand "shapes\TolbertPetten.shp"

ID "1361" hanteert het peil in de S-curve.

Scenario:	F (wordt in het rapport ook wel Pakket C genoemd)
Klimaat:	Huidig
Sobekmap:	NZV1408.lit
Case:	20140214_SCF_T100_Levering_Siebe
Omschrijving:	Deze case vormt de basis voor het opzetten van de volledige stochasten-analyse, welke staan weergegeven in de map "modellen\NZV_SCF.lit"
Maatregelen:	x Maalstop Zie toelichting bij Scenario A1

Opmerking: Een aantal maatregelen worden herhaald in de scenario's, waar dit plaats vindt verwijzen we naar de plek waar dit eerder staat beschreven. Het kan hierbij wel voorkomen dat de ID's zijn gewijzigd.

x Slimmer sturen Eelder- en Peizermeden

Zie toelichting bij Scenario A1

x Vasthouden EHS beekdal Dwarsdiep

Zie toelichting bij Scenario A1

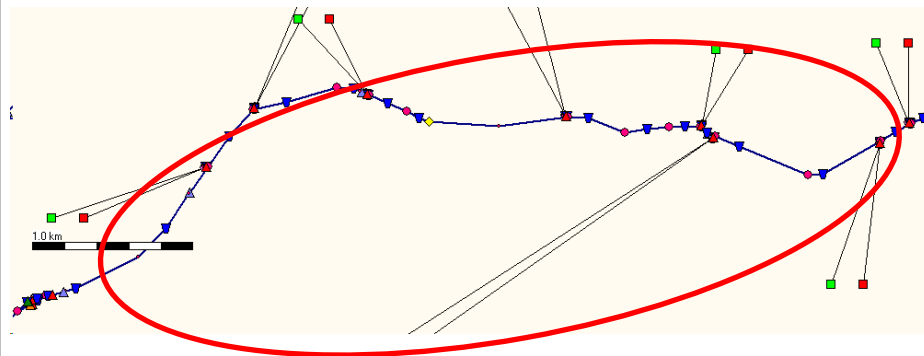
x Vergroten Schaphalsterzijl

Schaphalsterzijl (ID "ELC\_KGM155") wordt vergroot met 9.5 m<sup>3</sup>/s

x Vergroten HD-Louwes

HD-Louwes (ID "ELC\_KGM2") wordt vergroot met 21,5 m<sup>3</sup>/s

Om te hoge stroomsnelheden te voorkomen, moet - het onderstaand omcirkeld gebied - een deel van de aanvoerwatergang van HD-Louwes vergroot worden. In het Sobek model zijn hier grotere dwarsprofielen toegevoegd.



x Isoleren HD Louwes

Bij bovenstaande maatregel is tevens sluis Schouwerszijl (ID "ELC\_KSL23") dichtgezet. Hiermee wordt voorkomen dat water vanuit het stroomgebied van HD-Louwes, naar de Waterwolf stroomt en dit resulteert vervolgens in lagere peilen in Schil 3.

Opmerking: Hieronder staat beschreven hoe de stochastanalyse is geconfigureerd. De analyse is uitgevoerd met de Stochastentool van Hydroconsult

Neerslagduur	Gegeven de gebiedsgrootte en de reactietijd op neerslaggebeurtenissen, hebben wij de stochastanalyse uitgevoerd met een neerslagduur van 216 uur (9 dagen)
Neerslagvolume	De stochast Neerslagvolume heeft 8 klassen gekregen, met resp. volumes voor de herhalingsjaren 0,2, 1, 5, 10, 25, 50, 100 en 200 jaar
Neerslagpatroon	Van de 7 neerslagpatronen van STOWA zijn in deze stochastanalyse 3 gebruikt: Uniform, MiddellLaag en Hoog
Grondwater	Voor de initiële grondwaterdiepte zijn voor zowel zomer- als winterhalfjaar vier klassen aangemaakt: Droog, Middeldroog, Nat en Middelnat; elk met een kans van 0.25. De grondwaterdieptes werden afgeleid uit een run van 5 volle jaren: De Bilt 2006 t/m 2010.
Seizoen	In de stochastanalyse is onderscheid gemaakt naar zomer- en winterhalfjaar.
Reductiefactor	De gebiedsreductiefactor is 0.94
Totaal	Iedere stochastanalyse is gedraaid met $8 \times 3 \times 4 \times 2 = 192$ berekeningen

Opmerking: Hieronder staat beschreven welke wijzigingen zijn doorgevoerd voor het implementeren van het klimaat 2050 W in de scenario met bodemdaling en maatregelen middellange termijn. De pakketten die eerder in dit logboek staan beschreven (A1 (A), A2 (B), F (C)) zijn ook doorgerekend met het toekomstig klimaat. De basis voor de berekeningen met toekomstig klimaat zijn dezelfde maatregelpakketten en dan aangevuld met onderstaande stappen. Deze modellen staan in de mappen "modellen\2050SCA1.lit", "modellen\2050SCA2.lit" en "modellen\2050SCF"

#### Bodemdaling

Voor het doorvoeren van bodemdaling is gebruik gemaakt van de prognose bodemdaling van de NAM uit 2010. Het betreft het raster getiteld "grids\prog2010\_2050gridm.asc" Dit is in 2013 door het waterschap aangeleverd aan Hydroconsult. Omdat de modelschematisatie zelf is gebouwd op basis van AHN2 uit 2009 ontbreekt feitelijk één jaar aan bodemdaling in de prognose. Wij nemen echter aan dat dit verwaarloosbaar is gegeven de tijdsspanne van 40 jaar. Er zijn ook prognoses beschikbaar voor 2025 en 2070.

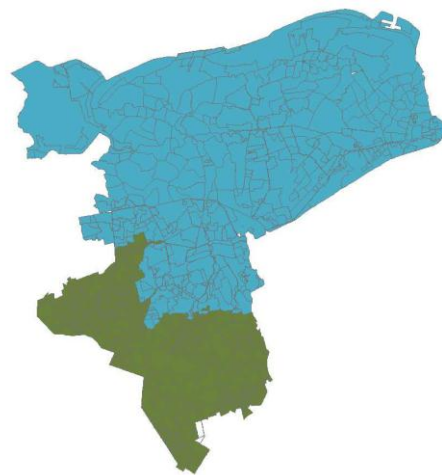
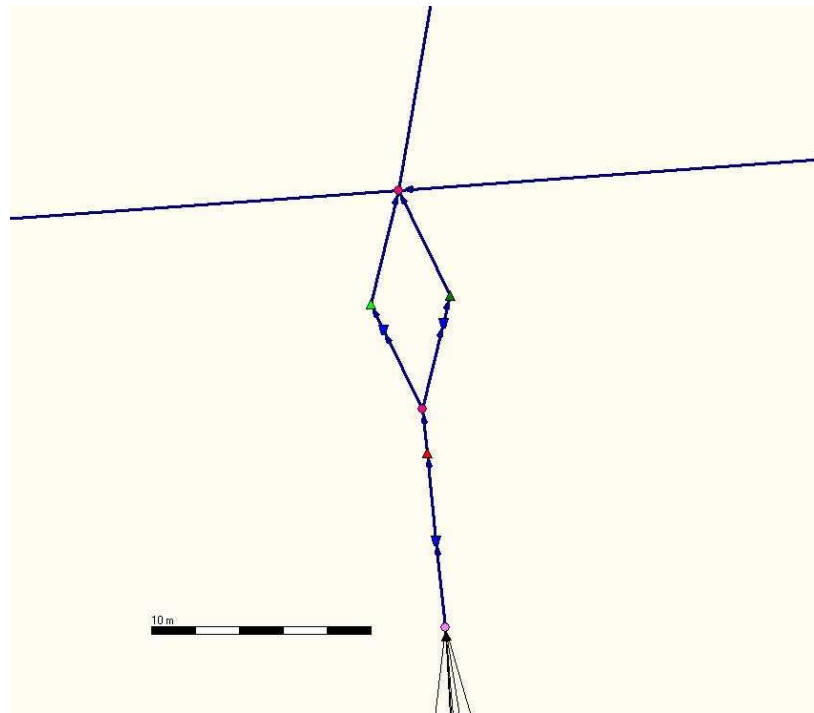
De bodemdaling werd in de modelschematisatie doorgevoerd door gebruik te maken van de tool SOBEK Utilities van Hydroconsult. Bij het doorvoeren is de principiële keuze gemaakt om alleen de maaiveldhoogte, dwarsprofielen en de vaste kunstwerken in hoogte aan te passen. Het operationele peilbeheer is op de oorspronkelijke waarde gehouden. De gedachte hierachter is dat we toetsen gegeven het huidige peilbeheer. Concreet betekent het dat de bodem daalt, maar dat de streefpeilen en het beheer daarop onveranderd zijn gebleven.

#### Klimaatscenario

Het klimaatscenario 2050 W is doorgevoerd door klimaatgetransformeerde neerslagvolumes en patroonkansen op te leggen aan de modelschematisaties met bodemdaling en maatregelen middellange termijn. Deze modelschematisaties werden vervolgens geheel stochastisch doorgerekend, net als bij de berekeningen met het huidige klimaat. De klimaatgetransformeerde neerslagvolumes en -patronen zijn afkomstig van Meteobase, het online archief van neerslag- en verdampingsgegevens van Nederland. STOWA rapport 2013-02, ISBN 978.90.5773.588.2

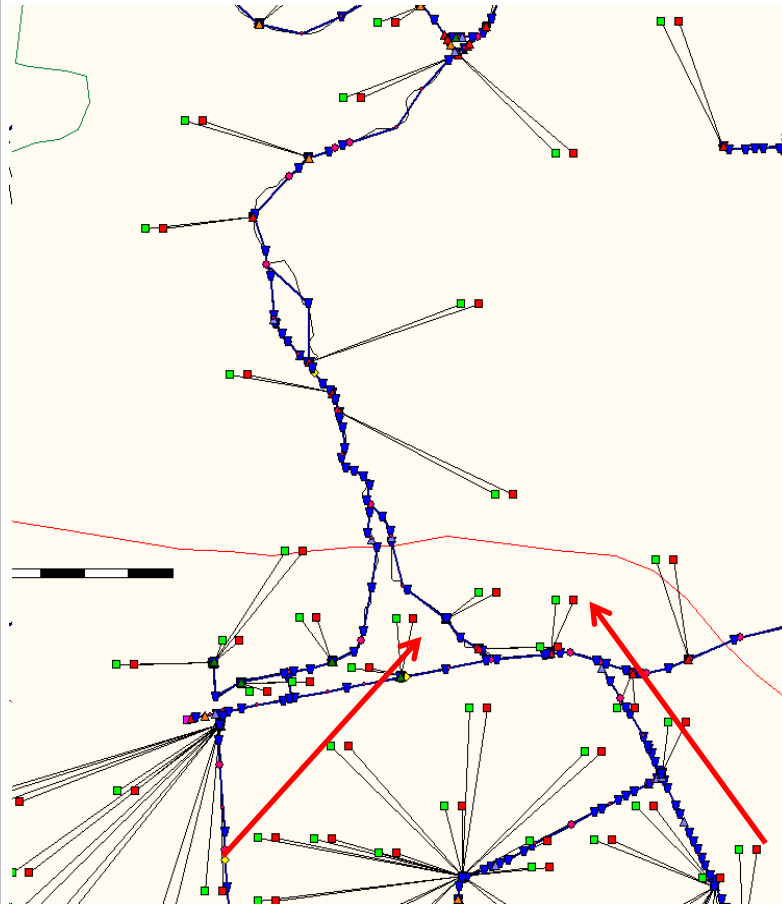
#### Maatregelen middellange termijn

- \* Vasthouden Stroomgebied Dwarsdiep en Peizerdiep  
In de modelschematisaties voor het jaar 2050 zijn eveneens maatregelen voor de middellange termijn opgenomen. Het betreft maatregelen die niet op stel en sprong kunnen worden doorgevoerd, maar die in de loop van decennia kunnen worden geïmplementeerd en ten goede komen aan de robuustheid en veerkracht van het watersysteem. De belangrijkste hiervan is de maatregel 'vasthouden' van water in Drenthe en het Dwarsdiep. Deze maatregel is erop geënt om gedurende periodes met grote afvoer een gedeelte van de piek bovenstrooms vast te houden en daarmee de benedenloop te ontlasten. Om de maatregel te implementeren hebben we gebruik gemaakt van de tool SOBEK Utilities van Hydroconsult. Hiermee worden bergingstakjes in de modelschematisatie automatisch uitgerust met een zogenoemde knijpconstructie. De knijpconstructie bestaat uit een parallel geschakelde onderlaat (knijpconstructie) en stuw (veiligheidsklep). De onderlaat is geoptimaliseerd voor het maximaal vasthouden van een T=100-gebeurtenis. In de analyse bleek dat een basisafvoer van 6 mm/d resulteert in de grootste piekafvoer. De stuw is geschematiseerd op 30 cm boven het streefpeil.

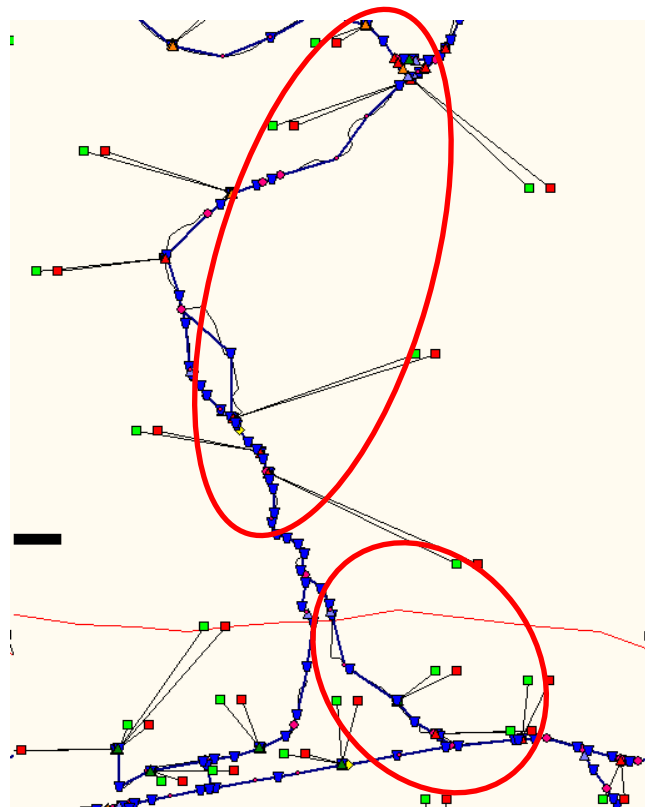


\* Knelpunt Kommerzijl oplossen

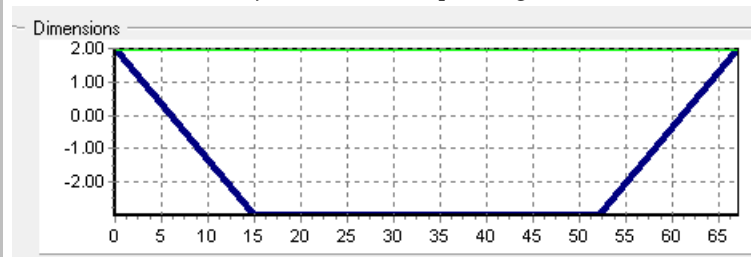
Deze maatregel houdt in dat de afvoercapaciteit van het Kommerzijl wordt vergroot. Dit houdt in dat het profiel wordt vergroot en een by-pass rondom Kommerzijl wordt gerealiseerd. Voor het ontwerpen van deze profielen is het uitgangspunt dat de aanvoer vanuit het zuiden (zie twee pijlen in onderstaande figuur) door Kommerzijl plaatst vindt bij een maatgevende afvoer. In de huidige situatie is Kommerzijl namelijk te beperkt waardoor het water via het Reitdiep naar de Gemaal Waterwolf stroomt.



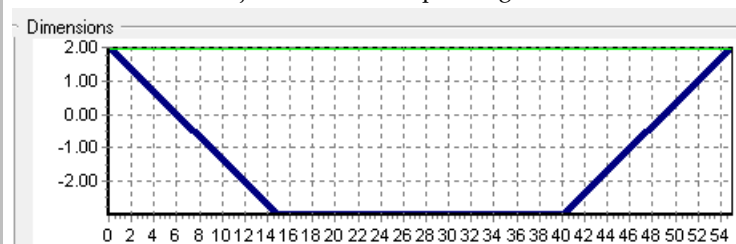
Onderstaande figuur geeft aan waar het profiel is vergroot.



Ten noorden van Niezijl is onderstaand profiel gemodelleerd.



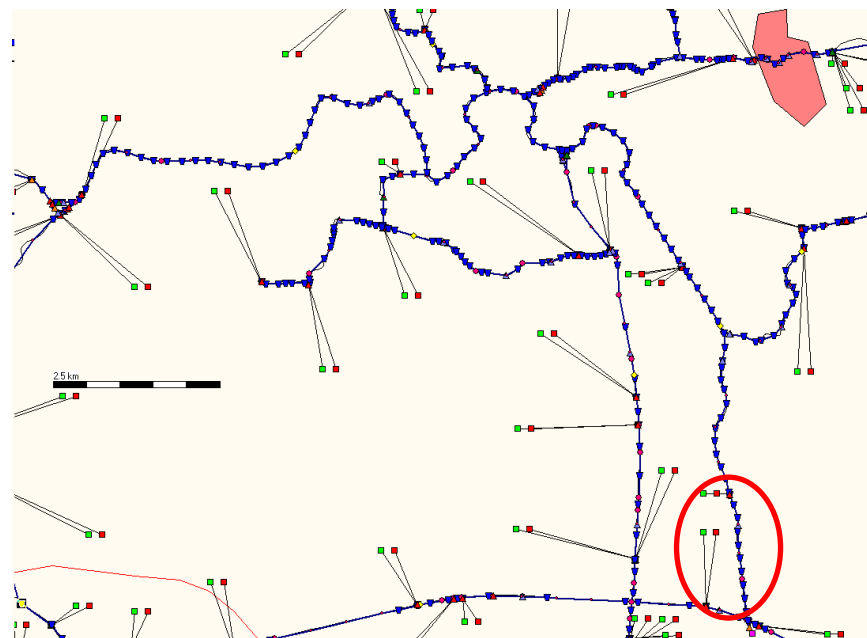
Ten zuiden van Niezijl is onderstaand profiel gemodelleerd.




Tot slot is aangenomen dat rondom de plaats Kommerzijl een by-pass wordt aangelegd, aangezien de sluis in Kommerzijl (ID "ELC\_KSL13") zeer veel opstuwing veroorzaakt.

x Knelpunt Reitdiep oplossen

In het Reitdiep wordt in één traject de boezem vergroot (zie cirkel in onderstaande figuur) en op 3 locaties kunstwerken vergroot.





De volgende kunstwerken worden qua doorstroomoppervlak vergroot omdat ze teveel opstuwung veroorzaken:

ID "KBR467"

ID "KBR3" en "ELC\_KSL4"

ID "KBR293"

# Colofon

## MAATREGELENSTUDIE DROGE VOETEN 2050

### **OPDRACHTGEVER:**

Waterschap Noorderzijlvest

### **STATUS:**

Definitief

### **AUTEUR:**

ir. A. de Weme  
J. Boer  
S. Bosch  
N. de Hulster

### **GECONTROLEERD DOOR:**

H.J. Hazelhorst

### **VRIJGEGEVEN DOOR:**

J. Boer

25 juni 2014  
077688759:0.8

ARCADIS NEDERLAND BV  
Het Rietveld 59a  
Postbus 673  
7300 AR Apeldoorn  
Tel 055 5815 999  
Fax 055 5815 599  
www.arcadis.nl  
Handelsregister 09036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden veeelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.