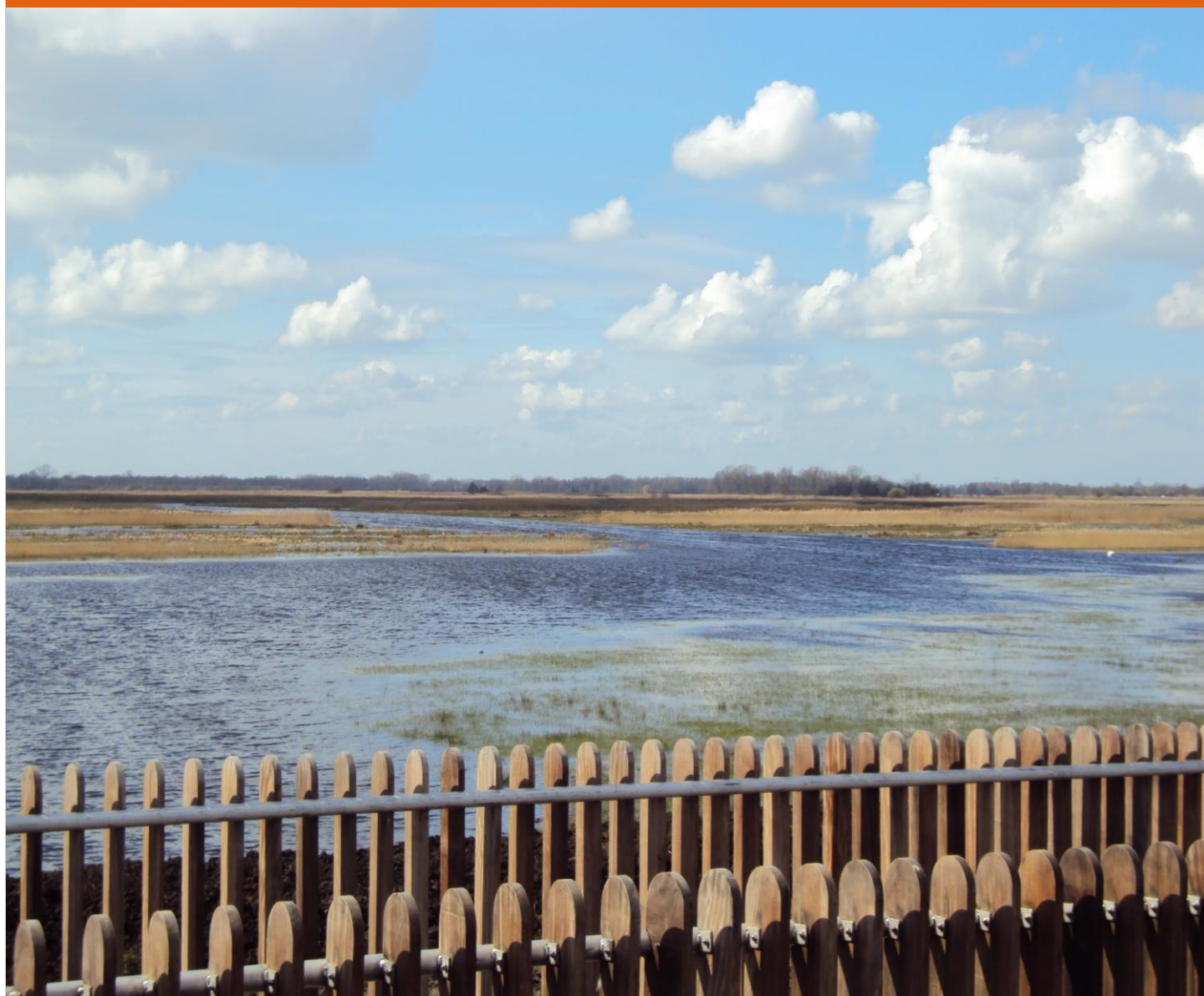


OPTIMALISATIE WATERBERGING DE ONLANDEN

Variantenstudie

Waterschap Noorderzijlvest

22 NOVEMBER 2018



Contactpersoon

ANNE DE WEME
Teamleider Hydrologie en
Waterkwaliteit

T +31 6 46647325
E anne.deweme@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
1.3	Leeswijzer	5
2	INVENTARISATIE	6
2.1	Hydrologisch model	6
2.2	Inrichting huidige waterberging	7
2.3	Ruimte in het beleidskader	9
3	VARIANTEN	10
3.1	Maatgevende waterstanden	10
3.2	Sturing van de kunstwerken	11
4	AFWEGING	13
4.1	Bijdrage aan de waterveiligheid	13
4.2	Maatregelen en kosten	13
4.2.1	Watersysteemmaatregelen	13
4.2.2	Verhogen van kades	14
4.2.3	Kosten	16
4.3	Doelmatigheid	17
4.4	Effecten op de omgeving	17
4.5	Samenvatting multicriteria-analyse	20
4.6	Voorkeursalternatief	20
5	CONCLUSIE	21
5.1	Aanbevelingen	22

BIJLAGEN

BIJLAGE A MAATREGELENKAARTEN	23
BIJLAGE B KOSTEN	26
BIJLAGE C BEARGUMENTERING DIMENSIES KUNSTWERKEN	29
BIJLAGE D INUNDATIEKAARTEN	31
BIJLAGE E PRINCIPES VERHOGEN VAN KADES	33
BIJLAGE F BEHEERPROTOCOL	34
 COLOFON	 35

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

In de bestaande waterberging De Onlanden wordt maximaal 10 miljoen m³ water geborgen. Het betreft een meebewegende berging, oftewel; als de waterstand op de boezem stijgt, loopt het bergingsgebied autonoom vol. De maatregelenstudie Droge Voeten toont aan dat het benutten van De Onlanden voor gestuurde berging (een actieve handeling om het gebied op een gewenst moment vol te laten lopen) in combinatie met een vergroting van de bergingscapaciteit een zeer kosteneffectieve maatregel is om de veiligheid van het regionale watersysteem – de boezem – te vergroten. Hiervoor moeten in ieder geval de bestaande vaste drempels tussen de slenken en het Leekstermeer en bij de Weringse dijk worden vervangen door geautomatiseerde stuwen. Daarnaast dient een waterkerende kade aangelegd te worden tussen het bergingsgebied en het Leekstermeer. Voor de uitwerking van deze maatregelen, alsmede het vaststellen van de exacte gewenste bergingscapaciteit en overige flankerende maatregelen, is een variantenstudie uitgevoerd. Deze rapportage beschrijft de resultaten van deze variantenstudie.

1.2 Doel

Het doel van de studie is vierledig:

- Maximaliseren van de effectiviteit van de bestaande waterberging De Onlanden, gelet op het effect op de regionale waterveiligheid en de kosten van maatregelen in en rond het gebied.
- Uitwerken en dimensioneren van de noodzakelijke maatregelen in en rond het gebied.
- Afstemming met stakeholders over deze maatregelen en inpassing zoveel mogelijk binnen bestaand beleid.
- Uitwerken van een beheerprotocol voor de inzet van de waterberging.

Dit leidt tot de volgende resultaten:

- Een, op een modelstudie gebaseerde, onderbouwing van de meerwaarde van gestuurd bergen tot een hogere maximale waterstand ten tijde van extreme situaties ten opzichte van de huidige inzet.
- Criteria op basis waarvan een voorkeursvariant gekozen kan worden.
- Een advies of protocol voor het beheer van het bergingsgebied bij extreme afvoeren.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk twee bespreekt de resultaten van een inventarisatiefase, waarin onderscheid wordt gemaakt tussen het hydrologisch model, de inrichting van de huidige waterberging en de ruimte binnen het bestaande beleidskader. Vervolgens wordt in hoofdstuk drie toegewerkt naar drie onderscheidende varianten voor optimalisatie, die in hoofdstuk vier tegen elkaar afgewogen worden op effectiviteit, kosten en overige effecten. Dit leidt tot een voorstel voor een voorkeursalternatief en conclusies en aanbevelingen voor verdere uitwerking (hoofdstuk vijf). Een eerste versie van het beheerprotocol is te vinden in bijlage F.

2 INVENTARISATIE

Om te komen tot de meest (kosten)effectieve inrichting is een variantenstudie uitgevoerd. Ter voorbereiding is gekeken naar de kwaliteit van het beschikbare hydrologisch model, de inrichting en kenmerken van de huidige waterberging en de beleidsruimte voor optimalisatie.

2.1 Hydrologisch model

Voor een goede beoordeling is het van belang dat het hydrologisch model een redelijke inschatting geeft van de te verwachten waterstanden en afvoeren. In het kader van de maatregelenstudie Droge Voeten 2050 is een regionaal oppervlaktewatermodel in SOBEK ontwikkeld en verfijnd. Dit model is gekalibreerd op extreme afvoergebeurtenissen en geeft een goede en betrouwbare weergave van het functioneren van de Fivelingo en Electraboezem. Het is daarmee bruikbaar voor deze studie.

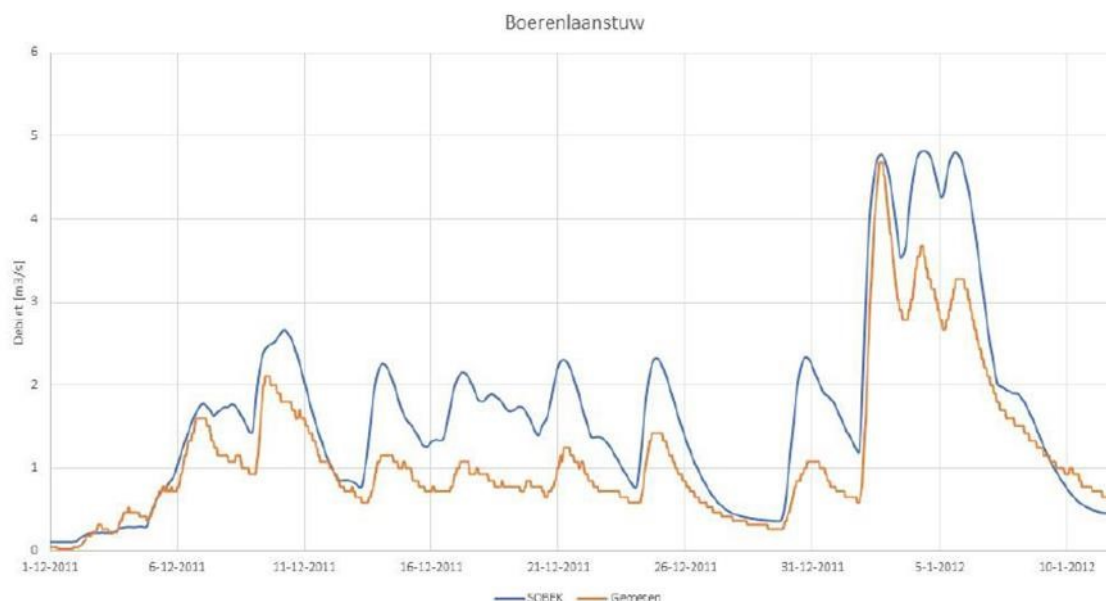
Voor de variantenstudie ten behoeve van de optimalisatie van waterberging De Onlanden is met name de mate waarin het regionale model een betrouwbaar inzicht geeft in de afvoer vanuit het Drentsch Plateau (tijdens extreme neerslag) van belang. Deze afvoer bepaalt namelijk de vulling van de waterberging met bovenstrooms en gebiedseigen water.

Om te toetsen in hoeverre de afvoer goed voorspeld wordt, is een validatie uitgevoerd van de werkelijk opgetreden hoogwatergebeurtenis van januari 2012. Dit is de enige representatieve gebeurtenis, waarin de waterberging is ingezet. Een kanttekening hierbij is dat, aangezien het bergingsgebied destijds nog niet opgeleverd was, de berging tijdens deze periode niet volledig ingezet is en ook een deel van de geplaatste meetpunten destijds nog niet operationeel was.

Figuur 1 en 2 laten zien dat de gemodelleerde afvoer over de voormalige bovenstroomse Alteveerstuw in het Peizerdiep ter plaatse van Lieveren en Boerenlaanstuw in de Matsloot ter plaatse van Altena de gemeten afvoer redelijk goed benadert. In beide gevallen wordt de afvoer overschat met maximaal 20%. De meting is slechts deels representatief omdat de berging niet volledig benut werd en de benedenstroomse waterstanden daardoor relatief hoog waren. De validatie wijst niet uit of het regionale model geschikt is om de lokale waterstanden tijdens een hoogwaterperiode te reproduceren, als gevolg van beperkte metingen. Het feit dat de afvoergegevens vanuit bovenstrooms gelegen gebieden redelijk goed benaderd worden, maakt dat het model wel voldoende betrouwbaar is om een inschatting te geven van de snelheid waarmee het bergingsgebied zich vult.



Figuur 1: Gemeten en berekende afvoer Alteveerstuw.



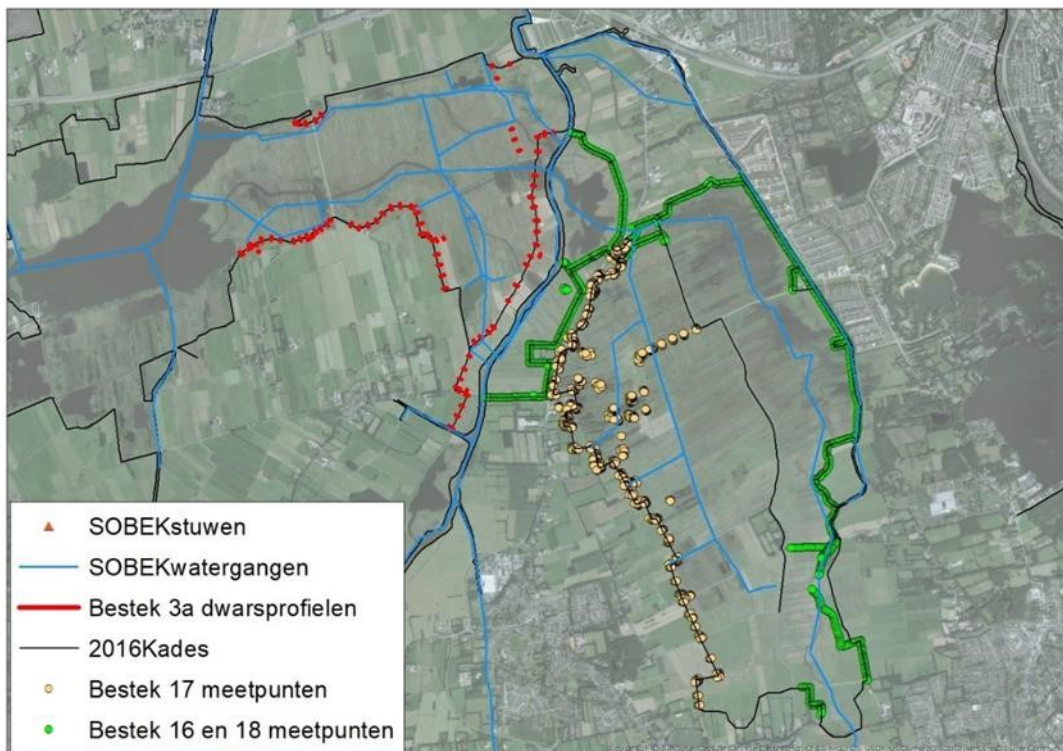
Figuur 2: Gemeten en berekende afvoer Boerenlaanstuw.

Voor deze studie is de betrouwbaarheid van het model daarmee voldoende. Met het model is een inschatting gemaakt van de afvoeren bij extreme neerslag. Uit deze inschatting volgt dat de waterberging bij een zeer extreme neerslaggebeurtenis (herhalingsjijd tussen de 25 en 100 jaar) volledig gevuld kan worden met gebiedseigen water, ook bij een hogere maximale vullingsgraad.

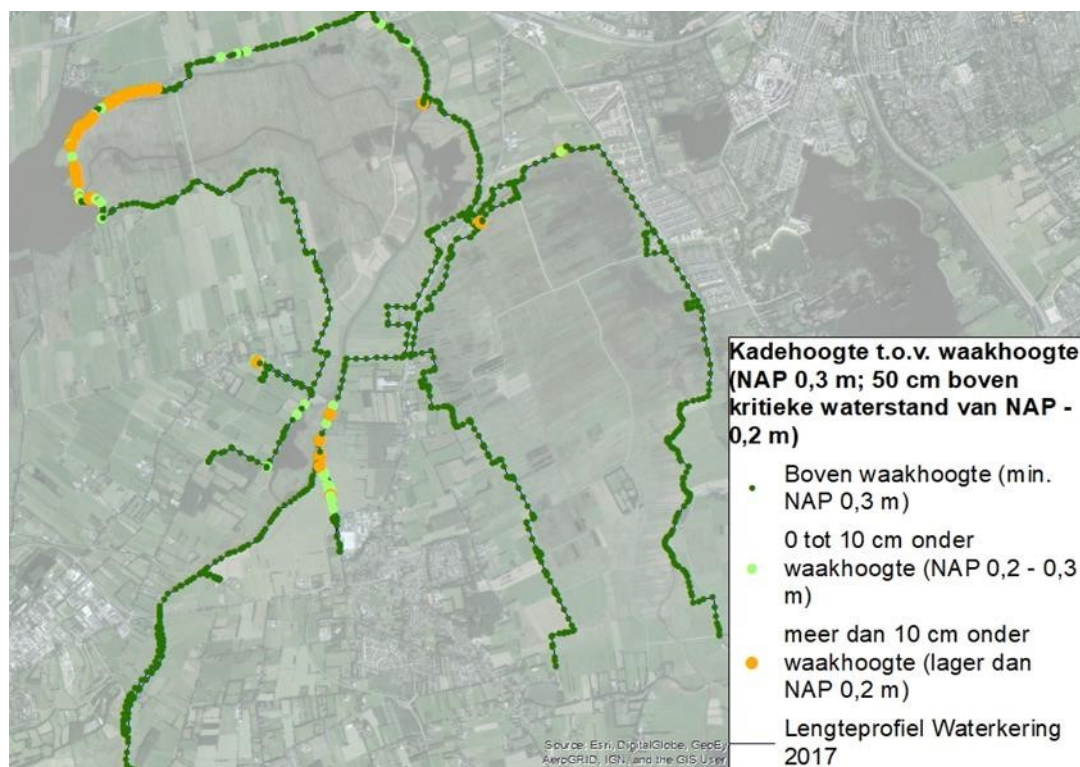
2.2 Inrichting huidige waterberging

Met behulp van gegevens uit de legger en het beheerregister, bestek/revisietekeningen en metingen is een goed beeld gevormd van de huidige inrichting. Figuur 3 toont de gebruikte gegevensbronnen voor het watersysteem (watergangen, stuwen), alsmede de aangelegde kades.

Aanvullend op de getoonde basisgegevens zijn de aangelegde en aanwezige kades rondom de waterberging ingemeten. Op deze manier is een goed beeld ontstaan van de actuele hoogte van de kades en de (tussen het moment van aanleg en nu) opgetreden zetting. Figuur 4 toont de overhoogte van de kades ten opzichte van de maximale waterstand waarop deze bij de inrichting ontworpen zijn (-0,20 m NAP). De groene waarde geeft aan dat de overhoogte voldoende is (> 50 cm, dus hoger dan +0,30 m NAP). De lichtgroene kleur geeft aan dat de overhoogte tot 10 cm te weinig is (tussen de 40 en 50 cm, oftewel tussen de +0,20 en +0,30 m NAP) en de oranje kleur betekent dat de overhoogte onvoldoende is (< 40 cm, lager dan +0,20 m NAP). Duidelijk te zien zijn de scheiding tussen het bergingsgebied en het Leekstermeer (nu is hier geen kade nodig en daarmee afwezig) en enkele laaggelegen delen langs het Peizerdiep (nu geen kerende functie).



Figuur 3: Gebruikte gegevensbronnen van de huidige inrichting.



Figuur 4: Overhoogte van (toekomstige) kades rondom de waterberging bij de huidige maximale waterstand van -0,20 m NAP.

2.3 Ruimte in het beleidskader

In het vigerend peilbesluit en de uitgevoerde project-MER zijn de effecten van de huidige waterberging beschreven. In de plan-MER Droge Voeten is op een hoog abstractieniveau gekeken naar de effecten van de voorgenomen optimalisatie. Om te voorkomen dat procedures opnieuw doorlopen moeten worden, is het de wens om met de optimalisatie binnen de bestaande beleidskaders en afspraken te blijven.

Waterschap Noorderzijlvest heeft aangegeven dat optimalisatie binnen de huidige kaders en afspraken mogelijk is met inachtneming van onderstaande voorwaarden:

De MER Waterberging Herinrichting Peize (2006) geeft de mogelijkheid om de gewenste optimalisatie voor het waterbergingsgebied De Onlanden te verwezenlijken, mits de uitgangspunten van het (aangepaste) VKA-reëel in acht worden genomen, zoals dit destijds door de Landinrichtingscommissie voor de Herinrichting Peize is vastgesteld. Met namee mitigerende maatregelen om grondwateroverlast bij bebouwing en landbouwschade te voorkomen zijn een integraal onderdeel van het op basis van de MER gekozen VKA. Deze evenwichtige afweging moet in het kader van de optimalisatie van het waterbergingsgebied De Onlanden volledig gerespecteerd en intact gelaten worden. Met andere woorden: de optimalisatie van het waterbergingsgebied mag niet alsnog leiden tot grondwateroverlast bij bebouwing en/of vernattingschade op agrarische percelen.

In de plan-m.e.r. Droge Voeten 2050 is er ook de nodige ruimte geschapen voor het uitvoeren van detailmaatregelen ter optimalisatie van de werking van het waterbergingsgebied De Onlanden. De belangrijkste eis die de plan-m.e.r. hiervoor stelt is dat de optimalisatie-maatregelen zo goed mogelijk aansluiten bij de reeds gestelde of nog te ontwikkelen kaders ten aanzien van waterberging en natuurontwikkeling in het gebied De Onlanden.

In de uitwerking van de varianten dient daarom met name getoetst te worden op het optreden van grondwateroverlast bij bebouwing en/of vernattingsschade op agrarische percelen, en dient aan te sluiten bij de bestaande kaders ten aanzien van waterberging en natuurontwikkeling.

De uitgevoerde inventarisatie is het vertrekpunt voor de afweging van varianten in hoofdstuk 3 en 4.

3 VARIANTEN

In de maatregelenstudie Droge Voeten is, op basis van een analyse van maaiveldhoogtes en een inschatting van de overhoogte van kades, uitgegaan van een optimalisatie van de waterberging door:

- Het verhogen van de maximale waterstand in het bergingsgebied van -0,20 m NAP (zonder Droge Voeten 2050 maatregelen) naar +0,15 m NAP (maximale waterstand in het vastgestelde maatregelenpakket Droge Voeten 2050).
- Het vervangen van de vaste drempels tussen de slenken en het Leekstermeer en bij de Weringsedijk door beweegbare stuwen, die tijdens hoogwatergebeurtenissen kunnen worden gebruikt om meer water vast te houden en voorafgaande aan de hoogwatergebeurtenissen worden ingezet om zoveel mogelijk bergingsruimte te behouden.

In deze variantenstudie is in meer detail gekeken naar de mogelijkheden voor optimalisatie en is gevarieerd met:

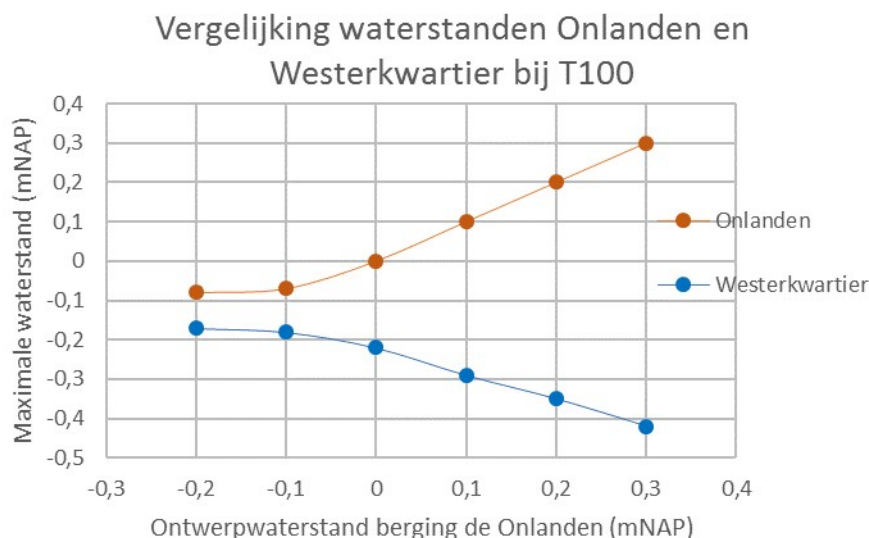
- De maximale waterstand in het bergingsgebied, waarbij in stappen van 10 cm is beoordeeld wat het effect is op de maatgevende hoogwaterstanden in de boezem.
- De manier waarop de beweegbare stuwen worden aangestuurd voorafgaand aan een hoogwatergebeurtenis.

Voor de berekeningen met het hydrologisch model zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De berekeningen zijn uitgevoerd voor het zichtjaar 2025, waarbij rekening is gehouden met klimaatverandering (toename van de neerslagintensiteit conform de KNMI-scenario's uit 2014) en bodemdaling (2010).
- Alle vastgestelde maatregelen uit het maatregelenpakket (pakket A+C) uit de Droge Voeten-studie zijn geïmplementeerd.
- Toetsing vindt 'volledig stochastisch' plaats, d.w.z. dat alle stochastencombinaties worden doorgerekend en vertaald naar herhalings tijden van de waterstanden.

3.1 Maatgevende waterstanden

Met het hydrologisch model is berekend hoe de maatgevende waterstand in de boezem verandert als gevolg van een betere benutting van De Onlanden. Figuur 5 toont het verband tussen de maximale waterstand in de waterberging en de maatgevende waterstand (MHW) in de boezem (herhalings tijd van 100 jaar).



Figuur 5: Maximale waterstand in De Onlanden en maatgevende waterstand in het Westerkwartier.

De laatste inzichten in neerslagstatistiek (KNMI, 2014) en reeds opgetreden klimaatverandering laten zien dat de maatgevende boezemwaterstand zonder een optimalisatie van De Onlanden (maar inclusief overige Droge Voeten 2050-maatregelen) stijgt tot -0,18 m NAP in het Westerkwartier. Gelet op de opstuwing tussen de boezem en het waterbergingsgebied, betekent dit dat de maximale waterstand in het bergingsgebied per definitie stijgt boven het vastgestelde huidige maximum tot een hoogte van -0,08 m NAP. De huidige maximale waterstand in het bergingsgebied van -0,20 m NAP wordt daarmee in het zichtjaar 2025 per definitie overschreden bij een neerslaggebeurtenis met een frequentie van eens in de 100 jaar.

In de varianten met een maximale toegestane waterstand in de waterberging hoger dan -0,10 m NAP neemt de maatgevende waterstand in het Westerkwartier lineair af. In de maximale variant (maximale waterstand in de berging van 0,30 m NAP) dalen de MHW's op de boezem met meer dan 20 cm. De voorspelde aanvoer vanuit bovenstroomse gebieden is voldoende groot om het bergingsgebied volledig te vullen en daarmee een lineair toenemend positief effect te hebben op de maatgevende waterstanden in de boezem.

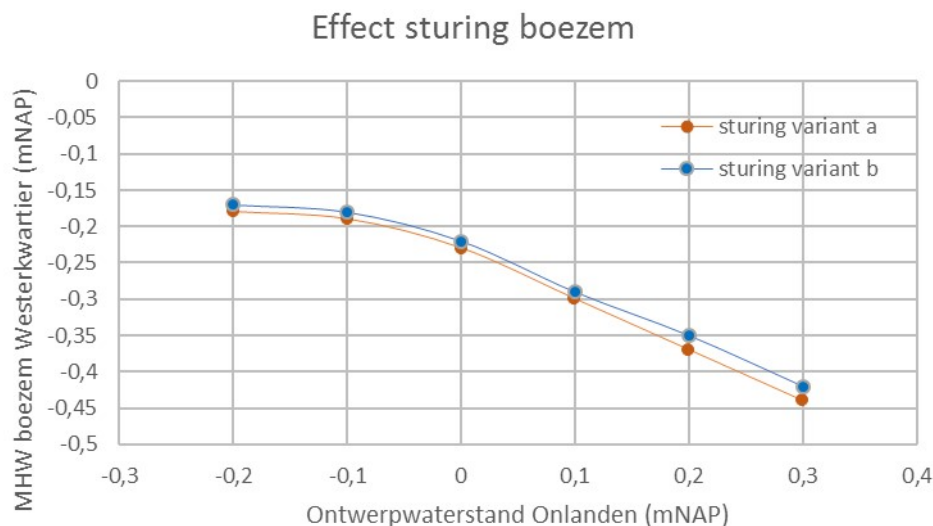
In de verdere uitwerking is daarom gekozen voor drie varianten in vullingsgraad, namelijk tot een maximale waterstand van 0 m NAP, 0,15 m NAP en 0,30 m NAP.

3.2 Sturing van de kunstwerken

Om zoveel mogelijk bergingscapaciteit te bewaren voor situaties waarin dit echt nodig is, is het verstandig de waterberging te sturen bij extreme afvoergebeurtenissen. Dit betekent dat, wanneer het nodig is voor de waterveiligheid, zoveel mogelijk water wordt vastgehouden in het waterbergingsgebied door de klephoogte van de stuw te verhogen. In de aanloop naar een dergelijke periode is het slim juist zoveel mogelijk ruimte voor berging te behouden. Voor deze sturing van beweegbare stuwen voorafgaand aan een hoogwatergebeurtenis bestaan twee opties, namelijk:

- a. Het verlagen van de kruinhoogte van de beweegbare drempels tot onder het streefpeil in de waterberging, zodat de afvoercapaciteit vanuit de waterberging naar de boezem toeneemt. De waterstand in de waterberging wordt daarmee gelijk aan de benedenstroomse boezemwaterstand in het Leekstermeer.
- b. Het reguleren van de waterstand in het bergingsgebied bij een naderende extreme neerslaggebeurtenis op een vooraf gedefinieerd hoog niveau van 20 centimeter boven het streefpeil in de waterberging (-0,63 m NAP in de Slenken en -0,33 m NAP in het gebied van Natuurmonumenten). Met deze sturing op een vast peil neemt de afvoer (over een korte periode) toe zodat voorafgaande aan de daadwerkelijke afvoerpiek in het boezemsysteem de bergingsruimte in De Onlanden zoveel mogelijk beschikbaar blijft.

Voor beide varianten geldt nadrukkelijk dat de sturing alleen toegepast wordt indien een calamiteit op de boezem verwacht wordt. Om te beoordelen of dit aan de orde is, wordt gekeken naar de verwachte boezemwaterstand en het verwachte neerslagvolume de komende dagen. De inzetfrequentie van de beweegbare kleppen ten behoeve van de waterveiligheid is kleiner dan eens in de 10 jaar. Figuur 6 toont het verschil in maatgevende boezemwaterstanden van beide sturingsopties.



Figuur 6: Effect van aansturing beweegbare drempels op de effectiviteit.

Bij een maximale waterstand van 0,10 m NAP of lager in de waterberging, leidt optie A tot 1 cm lagere waterstanden op de boezem in het Westerkwartier. Bij een hogere vullingsgraad neemt het verschil toe tot 2 cm. Optie A heeft echter twee nadelen, namelijk:

- Om de waterstand in de waterberging te verlagen tot onder het streefpeil (boezemwaterstand) moet eerder ingegrepen worden dan bij sturingsoptie B. Dit vergroot de frequentie waarmee actief gestuurd wordt in het watersysteem en daarmee ook de kans dat de voorspelde gebeurtenis minder extreem is dan verwacht. In een dergelijke situatie wordt ten onrechte geanticipeerd met de beweegbare kleppen. Gelet op de natuurlijke dynamiek in het gebied heeft het de voorkeur zo min mogelijk te sturen en is deze optie daarom minder aantrekkelijk.
- Doordat de boezemwaterstand in de aanloop naar een extreem hoog water sterker stijgt dan de waterstand in de waterberging, vindt mogelijk terugstroming plaats vanuit de boezem naar de waterberging. Dit is gebiedsvreemd water en voor de waterkwaliteit en natuur ongewenst.

Het geringe verschil in effectiviteit tussen de beide opties, in combinatie met de genoemde nadelen van optie A, maakt dat in de afweging van varianten alleen optie B is beschouwd. De spelregels voor sturing zijn op hoofdlijnen uitgewerkt in een beheerprotocol in bijlage F.

4 AFWEGING

In hoofdstuk drie zijn drie varianten gedefinieerd, namelijk

1. Het verhogen van de maximale waterstand in de waterberging tot 0 m NAP.
2. Het verhogen van de maximale waterstand in de waterberging tot 0,15 m NAP.
3. Het verhogen van de maximale waterstand in de waterberging tot 0,30 m NAP.

De varianten voor de optimalisatie verschillen in effectiviteit, kosten en effecten op de omgeving. Dit hoofdstuk bespreekt achtereenvolgens de positieve bijdrage aan de waterveiligheid van de electraboezem (door een verlaging van de maatgevende waterstanden), de kosten van benodigde maatregelen en de effecten op overige aspecten.

4.1 Bijdrage aan de waterveiligheid

Het primaire doel van het vergroten van de bergingscapaciteit van De Onlanden is het verlagen van de boezemwaterstanden in de Electraboezem. Als gevolg van de verlaging daalt de opgave ten aanzien van het verhogen van regionale keringen substantieel.

Tabel 1 vat de effecten op de waterveiligheid ten opzichte van de huidige inrichting samen, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen:

- De toename van het volume waterberging ten opzichte van de huidige inrichting en sturing.
- Het maximale waterstandsverlagend effect op de maatgevende waterstanden (MHW, herhalingsstijd van 100 jaar) op de Electraboezem (Westerkwartier).
- De vermindering van de opgave ten aanzien van het verhogen van regionale keringen. Zonder optimalisatie van De Onlanden dient ca. 20 km aan regionale keringen in de 3^e schil van de Electraboezem verhoogd te worden.

Tabel 1: Samenvatting bijdrage waterveiligheid ten opzichte van de huidige inrichting.

Bijdrage	Variant 0 m NAP	Variant 0,15 m NAP	Variant 0,30 m NAP
Totaal extra volume aan waterberging (in miljoen m ³ water)	2,89	5,15	7,47
Verlaging van de maatgevende boezemwaterstand nabij Westerkwartier (cm)	5	15	25
Vermindering van de opgave voor regionale keringen in de 3 ^e schil van de Electraboezem t.o.v. de huidige inrichting (km kering die verhoogd dient te worden)	6 (14)	16 (4)	20 (0)
(tussen haken de resterende opgave in km)			

4.2 Maatregelen en kosten

Om de varianten te realiseren, zijn maatregelen noodzakelijk. Deze paragraaf beschrijft de aard en omvang van de maatregelen voor de drie varianten. In deze paragraaf maken wij onderscheid tussen:

- Het verhogen van kades rondom het waterbergingsgebied.
- Watersysteemmaatregelen en specifiek de waterstandsregulerende kunstwerken (in dit geval stuwen).

4.2.1 Watersysteemmaatregelen

In de huidige situatie beweegt de waterstand in het bergingsgebied mee met de boezemwaterstand op het Leekstermeer, waarbij de waterstand in de waterberging bij extreme afvoer tot 10 cm hoger is. Dit komt door opstuwing over een brede vaste drempel. Om meer water te bergen moet het gebied afgesloten kunnen

worden op een hoger niveau. Daarvoor dienen de vaste drempels in zowel de Noordelijke als de Zuidelijke slenk en de drempel bij de Weringse dijk te worden vervangen door beweegbare kleppen. Bij hogere waterstanden dient ook de bestaande kantelstuw van de “Doolhofstuw” vervangen te worden. Tabel 2 beschrijft welke maatregelen nodig zijn in de drie varianten.

Tabel 2: Watersysteemmaatregelen voor de drie varianten (✓ = aanpassing is nodig X = aanpassing is niet nodig).

Object	Variant 0 m NAP	Variant 0,15 m NAP	Variant 0,30 m NAP
Beweegbare stuw Noordelijke Slenk (breedte 4 m)	✓	✓	✓
Beweegbare stuw Zuidelijke Slenk (breedte 4 m)	✓	✓	✓
Beweegbare stuw Weringse dijk (breedte 8 m)	✓	✓	✓
Aanpassen Doolhofstuw	X	✓	✓

Een onderbouwing van de dimensies van de stuwen is opgenomen in bijlage C. Voor de breedte van de beweegbare kleppen is met name de sturing vooraf en de ledigingstijd van de berging bepalend. Dit is vastgelegd in een beheerprotocol (bijlage F).

4.2.2 Verhogen van kades

Naast watersysteemmaatregelen moet ook de kerende functie van het bergingsgebied aangepast worden tot het niveau dat hoort bij iedere variant. Dit betekent dat:

- Een nieuwe waterkerende kade dient aangelegd te worden tussen de waterberging en het Leekstermeer (lengte 2 km);
- Aanwezige kades rondom het gebied dienen verhoogd te worden tot het juiste niveau (indien noodzakelijk uiteraard, afhankelijk van de variant).

Daarbij is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- De kades rondom de waterberging dienen een waakhoogte te hebben van 50 cm bij de maximale waterstand. Deze waakhoogte is inclusief onzekerheid, windopzet/scheefstand en golfloop.
- Kades met een tekort aan hoogte kleiner dan 10 cm hoeven niet te worden aangepast¹.
- De inspanning voor het ophogen van de kades is afhankelijk van het hoogtetekort. Om deze differentiatie mee te nemen in de maatregelen, is onderscheid gemaakt tussen verschillende klassen van hoogtetekort. Bijlage E toont de principeprofielen die horen bij dit hoogtetekort.

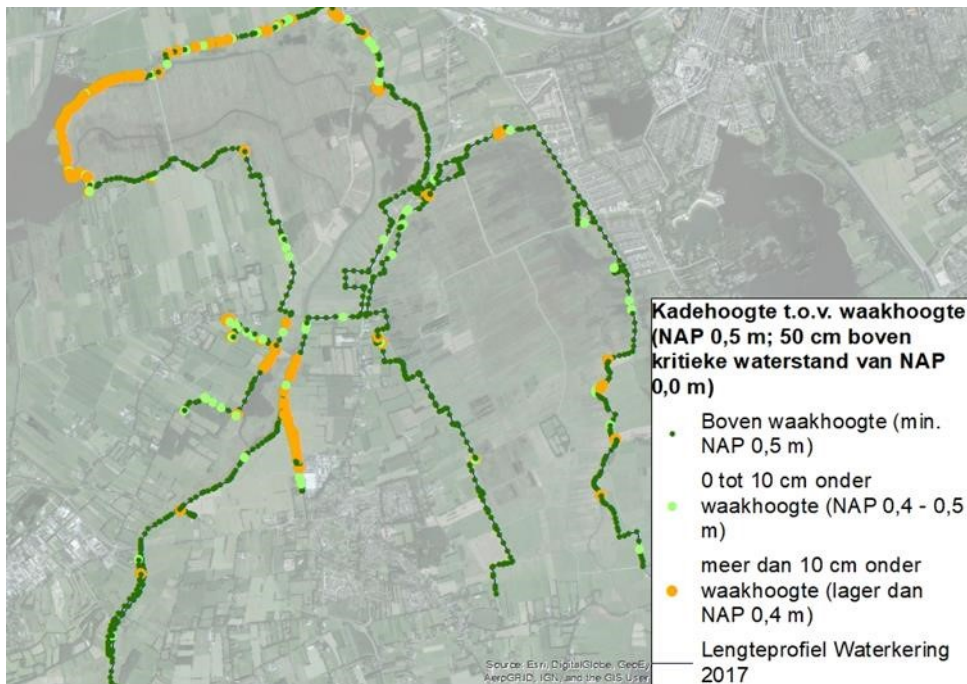
Tabel 3 laat de afstand zien waarover kades opgehoogd dienen te worden, onderverdeeld in vier klassen. De nieuwe kade tussen de waterberging en het Leekstermeer is onderdeel van de gepresenteerde afstanden.

Tabel 3: Afstand kades (in meters) rond het waterbergingsgebied met een hoogtetekort bij de drie varianten.

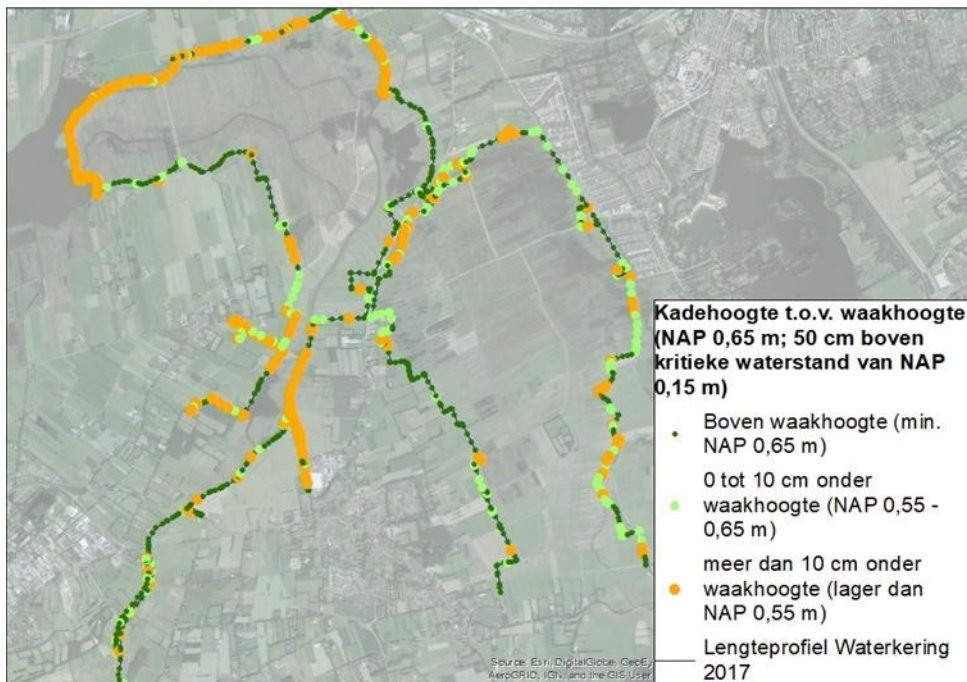
Kades te laag (afstand in meters)	Variant 0 m NAP	Variant 0,15 m NAP	Variant 0,30 m NAP
Afstand kades 10-20 cm te laag	2.239	5.452	9.402
Afstand kades 20-50 cm te laag	3.171	6.260	12.100
Afstand kades 50-70 cm te laag	262	1.085	2.569
Afstand kades >70 cm te laag		180	1.009
Totale afstand kades te laag	5.672	12.797	24.071

¹ Conform beleidsuitgangspunten hoogtetoeetsing regionale keringen Noorderzijlvest, zoals ook toegepast in de maatregelenstudie Droge Voeten 2050.

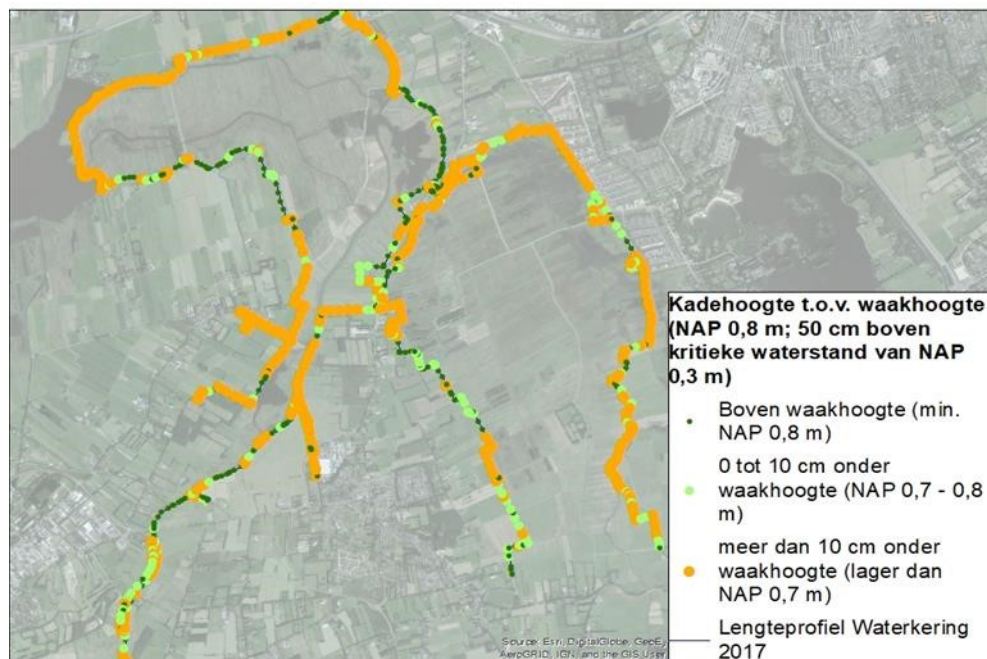
Figuren 7, 8 en 9 tonen de ligging van deze kades.



Figuur 7: Aan te passen kades bij de variant met een waterstand tot 0 m NAP.



Figuur 8: Aan te passen kades bij de variant met een waterstand tot 0,15 m NAP.



Figuur 9: Aan te passen kades bij de variant met een waterstand tot 0,30 m NAP.

4.2.3 Kosten

Met behulp van een SSK-raming (model CROW) zijn de kosten van de maatregelen per variant gecalculeerd. Een volledig overzicht van alle kostenposten en uitgangspunten is te vinden bij bijlage B². In de raming zijn de volgende (gangbare en cumulatieve) toeslagen gehanteerd:

- Nader te detailleren bouwkosten: 15%
- Eenmalige directe bouwkosten: 6%
- Uitvoerings- en algemene opslagkosten: 8%
- Algemene kosten: 7%
- Winst: 4%
- Risico: 3%
- Niet benoemd objectrisico bouwkosten: 25%
- Btw: 21%

Tabel 4 toont de totale bouwkosten per variant. De maatregelen per variant en een specificatie van de kosten zijn opgenomen in bijlage A en B².

Tabel 4: Totale bouwkosten per variant, afgerond op € 1.000,--.

Investeringskosten	Variant 0 m NAP	Variant 0,15 m NAP	Variant 0,30 m NAP
Watersysteemmaatregelen (stuwen)	€ 1.082.000	€ 1.139.000	€ 1.139.000
Verhogen kades rondom De Onlanden	€ 2.348.000	€ 5.522.000	€ 11.152.000
Totaal	€ 3.429.000	€ 6.660.000	€ 12.290.000

Tabel 4 laat zien dat de investeringskosten voor het aanpassen van de stuwen voor alle varianten min of meer gelijk zijn. Bij een waterstand hoger dan 0 m NAP dient aanvullend de Doolhofstuw te worden aangepast. Het onderscheid in de varianten zit met name in de opgave voor het verhogen van de kades rondom het bergingsgebied.

² In bijlage B zijn bedragen opgenomen exclusief btw. In de tabellen en tekst zijn de bedragen inclusief btw.

4.3 Doelmatigheid

Op basis van de kosten en de effectiviteit van de drie varianten is een kosteneffectiviteit berekend als maat voor de doelmatigheid. De kosteneffectiviteit is uitgedrukt op drie manieren, namelijk:

- De totale bouwkosten (of investering) in verhouding tot het extra volume waterberging.
- De investering in verhouding tot het aantal cm verlaging van de maatgevende waterstand op de boezem.
- De mate waarin de investering leidt tot een netto-vermindering van de totale opgave. Daarmee wordt bedoeld in hoeverre de totale kosten voor het realiseren van het gewenste veiligheidsniveau in de Electraboezem afnemen. Een rekenvoorbeeld is opgenomen in voetnoot 3.

Tabel 5 toont de doelmatigheid van de drie onderzochte varianten.

Tabel 5: Doelmatigheid (of kosteneffectiviteit) varianten voor zichtjaar 2025.

Object	Variant 0 m NAP	Variant 0,15 m NAP	Variant 0,30 m NAP
Euro's per m3 waterberging	€ 1,19	€ 1,29	€ 1,65
Euro's per cm verlaging MHW (afgerond op 1000 euro)	€ 686.000	€ 441.000	€ 492.000
Netto vermindering van de totale opgave	€ 1.071.000 ³	€ 5.340.000 ³	€ 2.710.000 ³

Uit de vergelijking van de doelmatigheid van de varianten volgt dat:

- De relatieve investeringskosten van het volume extra waterberging toenemen met een toenemende maximale waterstand in de waterberging. De varianten met een ontwerpwaterstand van 0 m NAP en -0,15 m NAP zijn vergelijkbaar; bij een vulling tot 0,30 m NAP nemen de kosten per m3's toe.
- De investering per cm verlaging van de boezemwaterstand het meest doelmatig is bij de variant zoals gehanteerd in de maatregelenstudie Droge Voeten 2050, met een maximale waterstand van 0,15 m NAP.
- De netto-vermindering van de totale opgave voor de regionale veiligheid van de Electraboezem het grootst is in de variant met een ontwerpwaterstand van 0,15 m NAP.

4.4 Effecten op de omgeving

Naast een effect op de waterveiligheid en de mate waarin dit doelmatig (of kosteneffectief) is, heeft de aangepaste inrichting en sturing een effect op de omgeving. Tabel 6 beschrijft de effecten die zijn beschouwd in deze studie en geeft aan of ze onderscheidend zijn voor de varianten.

Tabel 6: Omgevingseffecten.

Omgevingseffect	Onderscheiden?
Landbouw	Ja Als gevolg van hogere waterstanden lopen eens in de 100 jaar enkele bovenstrooms gelegen landbouwgronden onder water. Het aantal percelen en de omvang van de totale inundatie verschilt per variant.
Natuur	- Voor natuur is een losse ecologische beoordeling uitgevoerd door Altenburg en Wybenga.
Vispasseerbaarheid	Nee In alle varianten wordt het watersysteem vispasseerbaar gemaakt. Ook is in alle varianten geen vispassage mogelijk tussen het bergingsgebied en de Electraboezem bij extreme afvoeren.

³ Rekenvoorbeeld voor de netto vermindering van de totale opgave: Bij de variant waarin de berging benut wordt tot een maximale waterstand van 0,15 m NAP hoeft 16 km minder regionale kering opgehoogd te worden in de Electraboezem (tabel 1). De kosten hiervan worden geschat op € 750.000 euro per km (kengetal Droge Voeten 2050), oftewel 12 miljoen euro. Gelet op de totale bouwkosten voor deze variant (tabel 4, € 6.660.000) is de netto vermindering van de opgave 12 miljoen minus € 6.660.000 is € 5.340.000.

Omgevingseffect	Onderscheiden?	
Vernatting en grondwateroverlast	Nee	Hoewel de varianten verschillen in oppervlaktewaterstand bij een extreem natte situatie, is deze op dat moment niet bepalend voor aangrenzende grondwaterstanden. De aanliggende gronden zijn verzadigd door regenval en het bergingsgebied is ingericht om voldoende snel leeg te kunnen lopen na een hoogwaterperiode.
Verdroging	Nee	In alle varianten ontstaat een klein positief effect op de verdroging, omdat met de beweegbare kleppen ook in droge periodes (actief) water kan worden geconserveerd.
Beschikbaarheid infrastructuur	Ja	Een aantal wegen door het gebied is slecht toegankelijk bij extreem hoge waterstanden. Dit verschilt per variant.
Duurzaamheid	Nee	De inrichting van alle varianten is even duurzaam. Beargumenteed kan worden dat met een grotere bergingscapaciteit eventueel gewacht kan worden met het uitmalen van water naar het Lauwersmeer tot spuien mogelijk is. Dit effect is echter marginaal, gelet op de frequentie van inzet.
Energie	Nee	De automatische stuwen verbruiken nagenoeg geen energie omdat ze bij regulier waterbeheer niet operationeel zijn. Wellicht liggen er kansen om energie op te wekken. Deze zijn echter in alle varianten gelijk.
Inzet Waterwolf	Nee	Vanuit de beheerders wordt aangegeven dat gemaal de Waterwolf bij lage afvoeren (en waterstanden) soms onvoldoende aanvoer heeft vanuit bovenstroomse gebieden om effectief en continu te kunnen pompen. De optimalisatie van het bergingsgebied heeft hier geen invloed op, omdat deze alleen ingezet wordt bij extreme gebeurtenissen (herhalingstijd kleiner dan 10 jaar) waarin de maximale gemaal-capaciteit gedurende een langere periode ontoereikend is (en maximaal draait).
Beheer en onderhoud	Nee	De beweegbare klepstuwen vragen ander onderhoud dan de huidige inrichting, maar dit is in alle varianten gelijk. Ook dient in alle varianten een extra kade tussen het Leekstermeer en de slenken worden beheerd. Er is op dit moment geen aanwijzing dat de keuze voor een van de varianten bepalend is voor het mogelijk toekennen van de status "regionale waterkering" aan de kades rondom het bergingsgebied.
Landschap	Ja	Het verhogen van de omliggende kades heeft mogelijk lokaal invloed op zichtlijnen.
Uitvoeringsoverlast	Ja	De afstand waarover, en de locaties waarop, kades verhoogd dienen te worden, bepaalt de mate van overlast tijdens de uitvoeringsfase.
Fasering	Evt.	De totale opgave voor het verhogen van kades rondom het bergingsgebied kan leiden tot een langere uitvoeringsperiode. De ecologische beoordeling geeft handvatten voor welke werkzaamheden in welke periode kunnen worden uitgevoerd, maar dit dient nog deels afgestemd te worden met bevoegd gezag.
Scheepvaart	Nee	Het uitvoeren van waterstandsverlagende maatregelen leidt niet tot een verandering van de periode waarin het Van Starckenborghkanaal onbevaarbaar is (bij hoog water). De capaciteit van de uitwateringsgemalen en spuiwerken is bepalend hiervoor en verandert niet.
Waterkwaliteit	Nee	Er wordt alleen gebiedseigen water vastgehouden. Van eventuele verdere verspreiding van overstortwater is geen sprake, gelet op de zeer geringe aandacht hiervan in het totale bergingsvolume.
Recreatie	Nee	Voetpaden en fietspaden komen beperkt onder water. Dit past bij de functie waterberging.
Meekoppelkansen	Nee	Gelet op de aard en omvang van de werkzaamheden bestaan geen specifieke meekoppelkansen

De onderscheidende criteria zijn nader uitgewerkt tot een score per variant.

Effecten op landbouw

Als gevolg van de hogere waterstanden in het waterbergingsgebied inundeert eens in de 100 jaar een groter areaal aan landbouwgrond. Het oppervlak waarvoor dit geldt blijft bij de variant met een maximale waterstand van 0 m NAP min of meer gelijk (zie bijlage E) en neemt met een hogere maximale waterstand in de waterberging toe. Omdat het overgrote deel van de landbouwgronden bemalen en/of begrensd wordt door kades, is het totale effect op bovenstroomse en aanliggende gebieden relatief klein. Voor percelen waar daadwerkelijk inundatie optreedt als gevolg van het actief sturen van het waterbergingsgebied kan aanspraak gedaan worden op de Nadeelcompensatieregeling van het waterschap. Gelet op het feit dat het waterbergingsgebied uitsluitend ingezet wordt tijdens het stormseizoen, zal de overlast waarschijnlijk beperkt blijven tot structuurschade of derving van de opbrengst van wintergewassen (het merendeel van de polder betreft grasland).

Effecten op natuur

Om de beoordelen in hoeverre de toenemende vullingsgraad en inrichtingswerkzaamheden een negatief effect hebben op aanwezige natuurwaarden is los van deze studie een ecologische beoordeling uitgevoerd (Altenburg en Wybenga, 2018). De conclusies van dit rapport worden besproken met natuurbeheerders en bevoegd gezag.

Effecten op infrastructuur

Door het waterbergingsgebied loopt een aantal wegen. Tabel 7 toont de hoogteligging van deze wegen, zoals volgt uit ontwerp- en revisietekening van de aanleg van het huidige bergingsgebied. In geen van de varianten stijgt de maximale waterstand tot boven het niveau van de wegen. Door golfwerking en eventuele windopzet is het aannemelijk dat in alle varianten de wegen afgesloten worden voor het publiek. Dit past bij de functie van waterberging. Bij een waterstand van 0,15 m NAP is het aannemelijk, en bij 0,30 m NAP nagenoeg zeker, dat het overgrote deel van de wegen niet meer berijdbaar is voor hulpdiensten. Deze varianten worden daarom beoordeeld als negatief.

Tabel 7: Hoogte wegen in bergingsgebied conform ontwerp en revisietekeningen.

Weg	Hoogte (m NAP) (eindhooft na zetting)
Weringsedijk	0,35
Zanddijk	0,35
Drentsedijk	0,35
Noorddijk	0,35
Hooiweg	0,50

Effecten op landschap

Het verhogen van kades heeft invloed op het landschap. De verhoging is echter beperkt (overwegend kleiner dan een halve meter), gelet op de al aanwezige gradiënten. Wel is het in de variant met een maximale waterstand van 0,30 m NAP noodzakelijk om kades te verhogen langs de wijk Eelderwolde. Dit beperkt de zichtlijnen. Deze variant scoort daarom negatief.

Uitvoeringsoverlast

Het verhogen van kades en het treffen van watersysteemmaatregelen vergt een groot aantal transportbewegingen. Zeker in de varianten met een waterstand van 0,15 m NAP en 0,30 m NAP moet op verschillende aantal locaties grond aangevoerd of verwerkt worden. Dit leidt tot overlast (geluidsoverlast, wegafsluitingen) en een risico op gevaarlijke verkeerssituaties. Alle varianten scoren daarom negatief en de varianten 0,15 m NAP en 0,30 m NAP zeer negatief.

4.5 Samenvatting multicriteria-analyse

Tabel 8 vat de resultaten van de afweging van de varianten samen. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de kosteneffectiviteit en de effecten van de varianten op de onderscheidende criteria in paragraaf 4.4.

Tabel 8: Samenvatting afweging varianten.

Criterion	Variant 0 m NAP	Variant 0,15 m NAP	Variant 0,30 m NAP
Verlaging maatgevende waterstand op de boezem	5 cm	15 cm	25 cm
Totale investeringskosten incl. btw	€ 3.429.000	€ 6.660.000	€ 12.290.000
Netto positief effect op opgave waterveiligheid	€ 1.071.000	€ 5.340.000	€ 2.710.000
Onderscheidende criteria			
Landbouw	o	o	o
Beschikbaarheid infrastructuur	o	-	--
Landschap	o	o	-
Uitvoeringsoverlast	-	--	--

++ (zeer positief), + (positief), o (neutraal of niet significant), - (negatief), -- (zeer negatief)

Uit tabel 8 volgen onderstaande conclusies:

- Een verhoging van de maximale waterstand in het bergingsgebied tot 0 m NAP heeft een beperkt netto positief effect op de opgave in het kader van de waterveiligheid. Daarbij is het effect op de omgeving, met uitzondering van overlast tijdens de uitvoering, zeer beperkt.
- Een verhoging van de maximale waterstand in het bergingsgebied tot 0,15 m NAP heeft het grootste positieve effect op de opgave in het kader van de waterveiligheid. In deze variant wordt een kostenreductie ingeschat van € 5.340.000,-- ten opzichte van het verhogen van regionale keringen in de Electraboezem (als de berging niet geoptimaliseerd wordt). Omdat de ruimtelijke ingreep groter is, ontstaan negatieve effecten voor de beschikbaarheid van inliggende infrastructuur bij het volledig benutten van de waterberging. Ook ontstaat meer overlast tijdens de uitvoering.
- De variant waarin de waterberging wordt benut tot een maximale waterstand van 0,30 m NAP heeft veel hogere investeringskosten dan beide overige varianten. Omdat deze extra kosten niet opwegen tegen de besparing op regionale keringen elders in de Electraboezem, is het netto positief effect kleiner. Bovendien worden grotere negatieve effecten op de omgeving verwacht.

4.6 Voorkeursalternatief

Het verhogen van de maximale waterstand in de waterberging De Onlanden heeft in alle gevallen een positief effect op de waterveiligheid en is kosteneffectief. Gelet op bovenstaande afweging van de varianten, adviseren wij de verdere uitwerking van de variant met een maximale waterstand van 0,15 m NAP. Deze variant is het meest kosteneffectief en gelijk aan het gekozen uitgangspunt in de maatregelenstudie Droge Voeten 2050. De effecten op het gebied van natuur, de beschikbaarheid van infrastructuur en overlast tijdens de uitvoering dienen in het ontwerp zoveel mogelijk beperkt te worden.

5 CONCLUSIE

In de maatregelenstudie Droge Voeten 2050 is voorgesteld de waterberging De Onlanden te optimaliseren door een vergroting van de maximale bergingscapaciteit. Om dit te bereiken neemt de maximale waterstand in het gebied eens in de 100 jaar toe tot boven de huidige ontwerpwaterstand van -0,20 m NAP. In een variantenstudie is beoordeeld in hoeverre de voorgestelde toename van de maximale waterstand tot 0,15 m NAP en twee andere varianten (maximale waterstanden van 0 m NAP en 0,30 m NAP) kosteneffectief zijn en welke effecten dit heeft op de omgeving.

Om de vergroting van de bergingscapaciteit te bewerkstelligen zijn inrichtingsmaatregelen noodzakelijk. Het gaat daarbij om:

- Het vervangen van drie vaste drempels (twee op de overgang van de slenken naar het Leekstermeer en één bij de Weringsedijk) door stuwen met een regelbare klep. Deze watersysteemmaatregelen zijn voor alle varianten noodzakelijk.
- Het verhogen van kades rondom de waterberging tot een veilig niveau en de aanleg van een nieuwe kade langs het Leekstermeer. De mate waarin dit noodzakelijk is en de totale omvang van de werkzaamheden verschilt per variant.

Van de drie varianten zijn de investeringskosten uitgewerkt en de omgevingseffecten gescoord aan de hand van 17 criteria. Bovendien is bepaald in hoeverre de optimalisatie leidt tot een meer kosteneffectieve invulling van de totale opgave voor de waterveiligheid in de Electraboezem. De variantenstudie wijst uit dat:

- Alle beoordeelde varianten voor het vergroten van de bergingscapaciteit zijn kosteneffectief. De verwachte besparing op het verhogen van regionale keringen in de Electraboezem is hoger dan de benodigde investeringskosten. Er is een netto-vermindering van de totale opgave voor de regionale veiligheid in de Electraboezem.
- De geoptimaliseerde waterberging wordt zeer laagfrequent ingezet. De verwachting is dat niet vaker dan eens per 10 jaar actief gestuurd wordt en niet vaker dan eens per 25 jaar de huidige maximale waterstand van -0,20 m NAP wordt overschreden (ongeacht de te kiezen voorkeursvariant). Dit maakt dat het reguliere waterbeheer niet of nauwelijks verandert als gevolg van de optimalisatie. Van de 17 overwogen criteria is het overgrote deel daarmee niet onderscheidend voor de keuze voor een voorkeursvariant.
- De variant met een maximale waterstand van 0 m NAP heeft zeer beperkte effecten op de omgeving. Echter zijn met deze variant aanvullende maatregelen (in de vorm van het verhogen van regionale keringen) nodig omdat de maatgevende waterstanden in de Electraboezem hoger zijn dan vastgesteld in Droge Voeten 2050. Dit maakt dat deze variant de minst kosteneffectieve is.
- De variant uit de maatregelenstudie Droge Voeten 2050, met een maximale waterstand van 0,15 m NAP is het meest kosteneffectief. De kosten van een dergelijke optimalisatie van de waterberging liggen naar verwachting ruim 5 miljoen euro lager dan een alternatief waarin de berging ongemoeid wordt gelaten en regionale keringen in de Electraboezem verhoogd worden.
- Bij een maximale waterstand van 0,15 m NAP of 0,30 m NAP treden tijdens de uitvoeringsfase en bij maximale inzet van de berging eens in de 100 jaar negatieve effecten op richting de omgeving. Daarbij gaat het met name om aantasting van natuurwaarden, overlast tijdens de uitvoering en (in de variant met een maximale waterstand van 0,30 m NAP) mogelijk aantasting van de landschappelijke waarde.

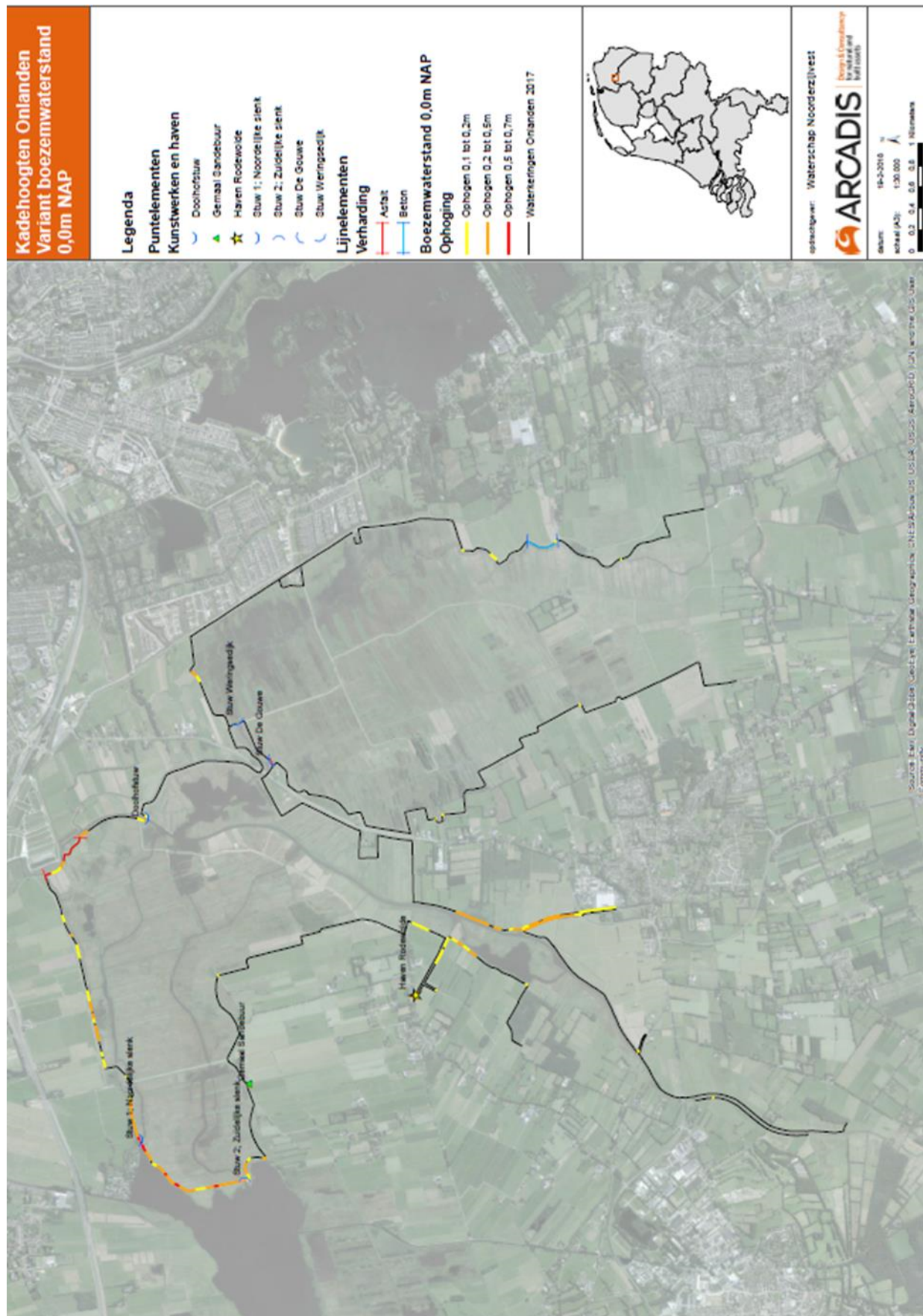
Om te borgen dat de berging op een verantwoorde wijze wordt gestuurd, is een concept beheerprotocol opgesteld waarin de uitgangspunten voor sturing zijn opgenomen. Dit protocol voorziet ook in ruimte om te sturen ten goede van natuurbeheer (op initiatief van terreinbeherende organisaties). Na iedere hoogwaterperiode, en minimaal vijfjaarlijks, wordt het protocol geëvalueerd.

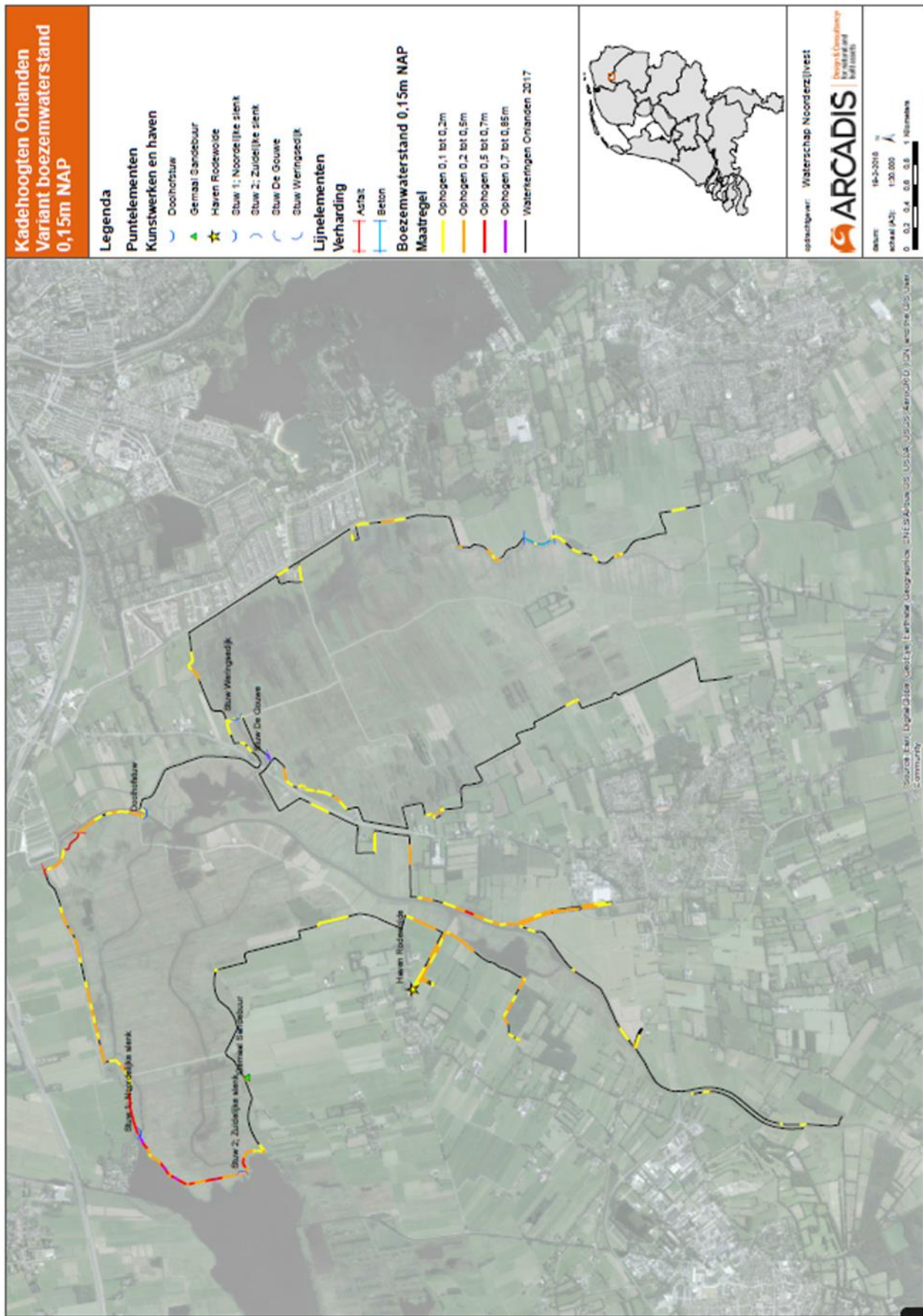
5.1 Aanbevelingen

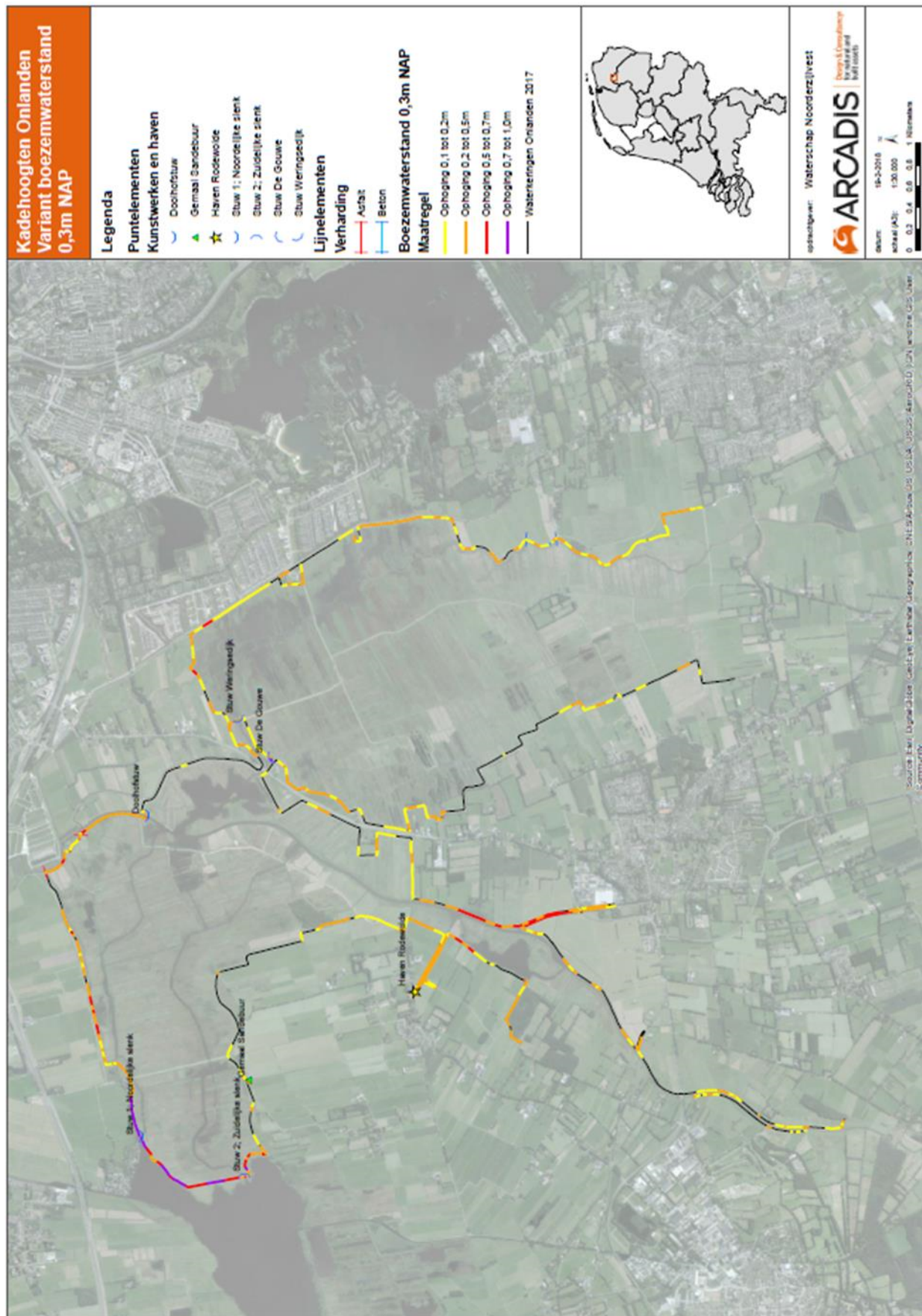
Naast een goede vergelijking van de kosteneffectiviteit en overige effecten, op basis waarvan een keuze gemaakt kan worden voor een voorkeursvariant, leidt het onderzoek tot een aantal aanbevelingen:

- Op dit moment zijn beperkt monitoringsgegevens beschikbaar van het gedrag van het watersysteem rondom de berging bij extreem hoge afvoer. Na de inrichting van het waterbergingsgebied en het hoogwater van 2012 zijn aanvullende meetlocaties ingericht. Wij bevelen aan na een volgend hoog water het functioneren van de (geoptimaliseerde) waterberging te evalueren.
- Voor de inzet van actieve sturing van de waterberging, is een concept beheerprotocol uitgewerkt. Dit protocol vraagt om nadere invulling in samenhang met overige maatregelen uit het plan Droge Voeten 2050. Daarbij dient aandacht te zijn voor de timing en volgorde van inzet (welke maatregelen zet je wanneer in en welke het eerst?).
- In overleg met terreinbeherende organisatie is geconstateerd dat de optimalisatie ook kansen biedt voor natuurbeheerders, bijvoorbeeld ter bestrijding van verdroging, om de dynamiek in het systeem incidenteel te vergroten of beheer en onderhoud eenvoudiger uit te voeren. Het is aan te bevelen na de keuze voor een voorkeursvariant deze kansen of wensen verder uit te werken, zodat het detailontwerp op deze kansen aansluit.

BIJLAGE A MAATREGELENKAARTEN







BIJLAGE C BEARGUMENTERING DIMENSIES KUNSTWERKEN

Voor het bepalen van de dimensies van de kunstwerken (automatische stuwen) in het gebied zijn vier gebeurtenissen onderscheidend, namelijk:

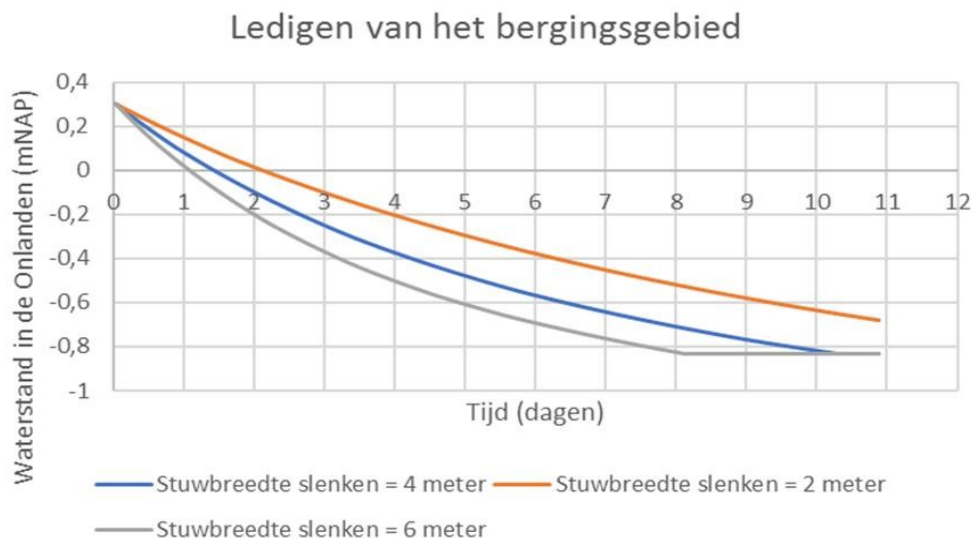
1. Het afvoeren van water jaarrond, waarbij de stuwkleppen een vast niveau hanteren.
2. Het vasthouden van water in droge perioden, met positieve effecten voor natuurbeheer.
3. Het zoveel mogelijk behouden van bergingsruimte, in de aanloop naar een hoogwatergebeurtenis.
4. Het ledigen van de waterberging na een hoogwatergebeurtenis.

De gebeurtenissen 1 en 2 zijn niet bepalend voor de dimensionering. De afvoer in deze gebeurtenissen is beperkt of gestremd en stelt daarmee geen eisen aan het doorstroomprofiel voor de stuw. Het behouden van bergingsruimte (gebeurtenis 3) is het meest effectief bij een zo breed mogelijke stuw tussen de slenken en het Leekstermeer. Bij een totale breedte (alle uitwaterende stuwen opgeteld) groter dan 4 meter is het verschil in verwachte waterstanden op de boezem en in het gebied echter marginaal (< 1 cm).

De meest bepalende gebeurtenis voor de dimensionering van de stuwen is daarmee de ledigingstijd van het bergingsgebied. Het is wenselijk om het gebied niet te lang volledig gevuld te hebben. De kans op overlast en uitstralingseffecten neemt daardoor toe. Bij extreme neerslaggebeurtenissen is de omgeving van de waterberging ook verzadigd, maar als gevolg van reguliere waterhuishouding zakken deze waterstanden in enkele dagen terug naar het streefpeil. Daarom achten wij het verstandig dat ook het bergingsgebied binnen 3 dagen gezakt is tot de huidige ontwerpwaterstand van $-0,20$ m NAP en binnen 10 dagen weer op streefpeil kan zitten (zonder verdere noemenswaardige extra neerslag).

Figuur 10 toont de ledigingstijd van het waterbergingsgebied in de variant met een maximale waterstand van $0,30$ m NAP bij verschillende breedtes van de regelbare kleppen in de aan te leggen stuwen tussen de slenken en het Leekstermeer. In de onderliggende berekeningen is:

- de ledigingstijd uitgerekend met de formule voor een overlaat, inclusief correctie voor verdrinkingsgraad.
- uitgegaan van een gedurende 10 dagen lineair aflopende boezemwaterstand van $-0,5$ m NAP tot het streefpeil.



Figuur 10: Ledigen van het bergingsgebied bij verschillende klepbreedtes.

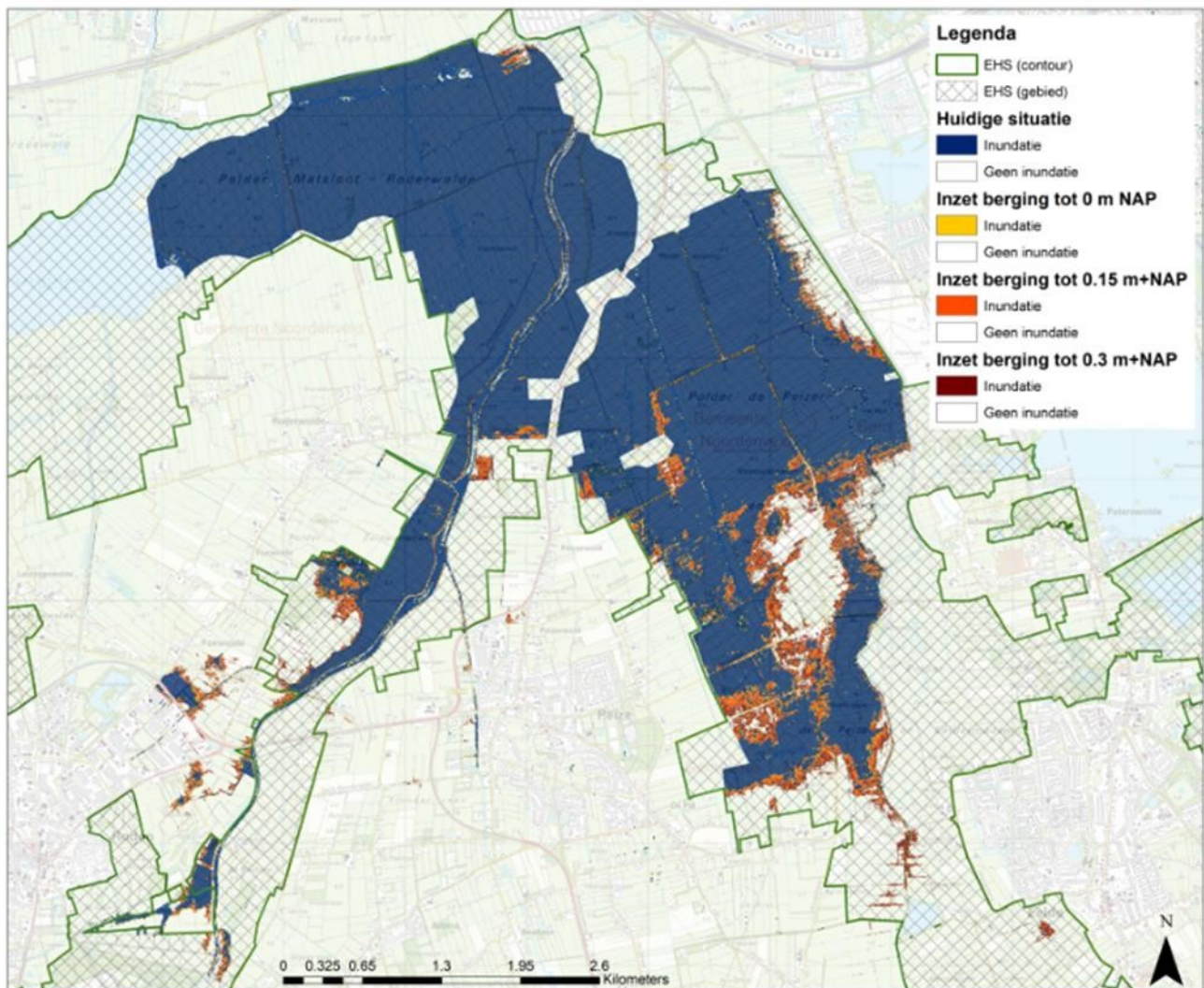
Tabel 9 toont de ledigingstijden bij verschillende klepbreedtes.

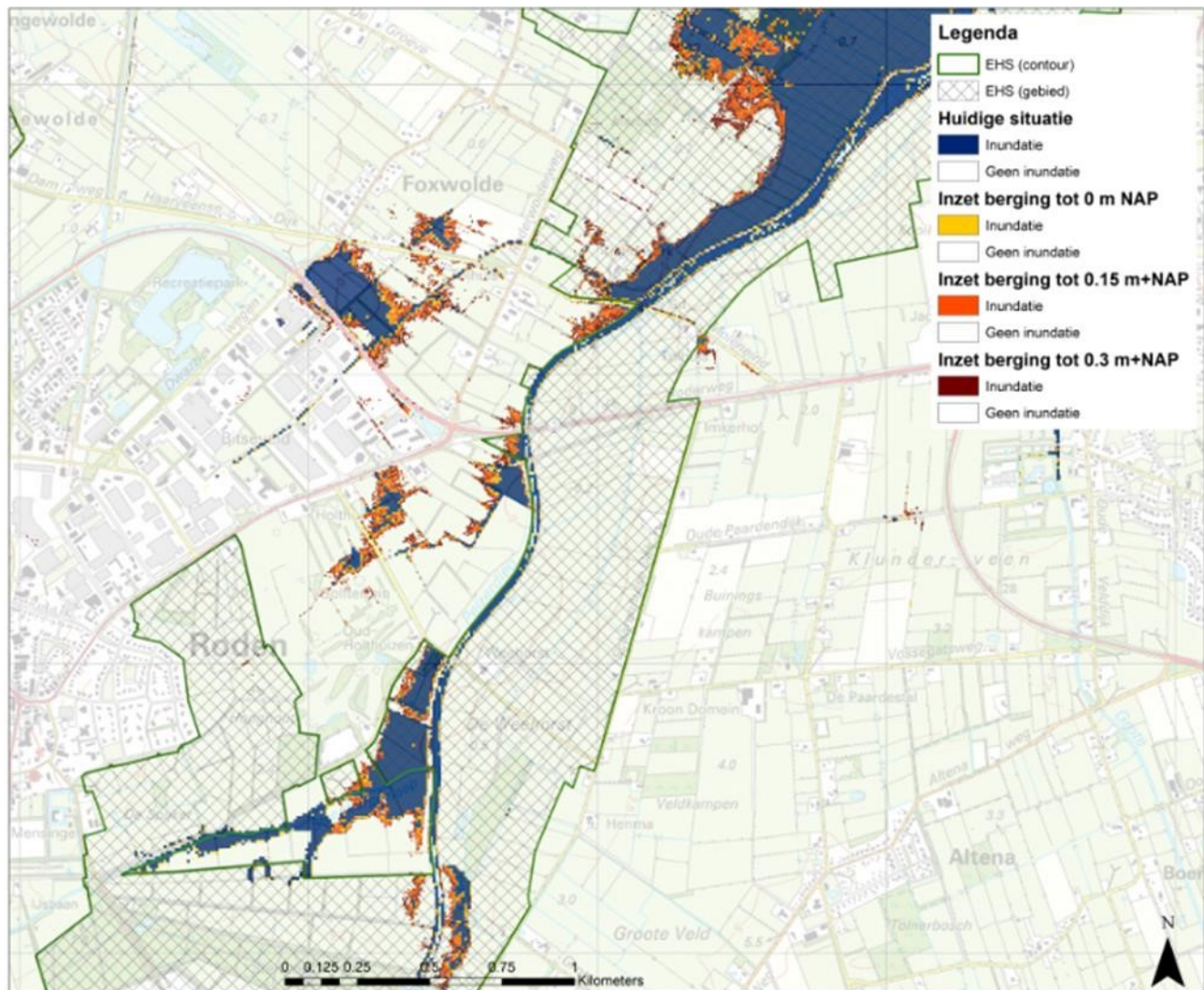
Tabel 9: Ledigingstijd.

Breedte regelbare klep stuwen/Slenken	Tijd tot -0,20 m NAP	Tijd tot streefpeil (-0,83 m NAP)
2 meter	4 dagen	>11 dagen
4 meter	2,5 dagen	10 dagen
6 meter	2 dagen	8 dagen

Een klepbreedte van 4 meter voor beide stuwen is voldoende om het gebied binnen de gestelde termijnen te ledigen. Wij stellen daarom deze maatvoering voor.

BIJLAGE D INUNDATIEKAARTEN

*Figuur 11: Inundatiekaart varianten.*



Figuur 12: Inundatiekaart varianten (detail Roden).

Principe profielen ophoogen

Tot 20 cm ophoogen
3 m³ / m³

Tot 50 cm ophoogen
8,5 m³ / m³

Tot 70 cm ophoogen
11 m³ / m³

Schouw-pad

4,00

BIJLAGE F BEHEERPROTOCOL

In de optimalisatie van de waterberging worden de bestaande vaste drempels benedenstrooms van de slenken en bij de Weringesdijk vervangen door regelbare stuwen. Deze stuwen worden alleen bediend in de aanloop naar en tijdens zeer extreme afvoeren en waterstanden (calamiteitenbeheer, frequentie kleiner dan eens per 10 jaar). In de reguliere beheersituatie functioneren de kleppen identiek aan de huidige vaste drempels.

Calamiteitenbeheer

Om te bepalen wanneer overgegaan wordt van regulier beheer naar calamiteitenbeheer is een beheerprotocol gewenst. Dit protocol geeft op een transparante manier invulling aan het moment waarop de stuwen actief gestuurd worden. Aan de hand van het protocol kan bovendien geëvalueerd worden of de inzetfrequentie en mate van sturing de juiste is.

Om te bepalen wanneer een calamiteit verwacht wordt en daarmee actieve sturing gewenst is, hanteert waterschap Noorderzijlvest een indicatoren of 'triggers'. Dit zijn:

a. De actuele waterstand in het Westerkwartier

Bij een waterstand hoger dan -0,63 m NAP in de Electraboezem start het calamiteitenplan. Indien het waterschap in het kader van dit plan actieve sturing noodzakelijk acht, gelet op het zwaarwegende belang van de waterveiligheid, wordt vooraf afgestemd met de partners in de veiligheidsregio.

b. De verwachte maximale boezemwaterstand in het Westerkwartier

Waterschap Noorderzijlvest beschikt over een voorspelinstrument, dat op basis van neerslagvoorspellingen en waterstandsvoorspellingen op de Waddenzee berekent wat de waterstanden worden in de Electraboezem. Dit instrument is langjarig operationeel en wordt jaarlijks geëvalueerd op betrouwbaarheid en actualiteit. Actieve sturing is alleen aan de orde als het voorspelinstrument aangeeft dat de maatgevende boezemwaterstand in de Electraboezem (frequentie van voorkomen van eens per 100 jaar) mogelijkwerijs optreedt. Omdat nooit met zekerheid vooraf is aan te geven of de voorspellingen kloppen, en bovendien maatregelen moeten worden genomen voor de daadwerkelijke piekwaterstand wordt bereikt, verwachten wij dat dit eens per 10 jaar gebeurt.

Behoudens deze momenten wordt (zonder verdere afspraken) geen gebruik gemaakt van de regelbare kleppen.

Communicatie

Als het waterschap overweegt om het watersysteem te sturen wordt minimaal 24 uur voorafgaand aan deze sturing contact opgenomen met de terreinbeheerders.

Overige sturen ten behoeve van het gebied

Op initiatief van de terreinbeherende organisaties is het inzetten van de peilregulerende kunstwerken om meer water vast te houden (en daarmee aan antiverdroging te doen) of ten behoeve van beheer- en onderhoudswerkzaamheden bespreekbaar. Hier dienen aanvullende afspraken over worden gemaakt.

Evaluatie

Na iedere hoogwatergebeurtenis, en ten minste iedere 5 jaar, neemt het waterschap het initiatief om het functioneren van het watersysteem te evalueren met betrokken terreinbeheerders. Van deze evaluatie wordt een verslag gemaakt.

COLOFON

OPTIMALISATIE WATERBERGING DE ONLANDEN VARIANTENSTUDIE

KLANT

Waterschap Noorderzijlvest

AUTEUR

Anne de Weme

PROJECTNUMMER

C03081.000106

ONZE REFERENTIE

083731017 A

DATUM

22 november 2018

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Arjan Schenkel
Senior projectleider

VRIJGEGEVEN DOOR

Anne de Weme
Teamleider Hydrologie en Waterkwaliteit

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com